

**ARAZİ KULLANIM/ARAZİ ÖRTÜSÜ
DEĞİŞİKLİĞİNİN VE SU KAYNAKLARINA
ETKİSİNİN BELİRLENMESİ: ERGENE
HAVZASI ÖRNEĞİ**

Bahadır ALTÜRK

Doktora Tezi

**Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Fatih KONUKCU
İkinci Danışman: Prof. Dr. Selçuk ALBUT**

2017

T.C.
NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

**ARAZİ KULLANIM/ARAZİ ÖRTÜSÜ DEĞİŞİKLİĞİNİN
VE SU KAYNAKLARINA ETKİSİNİN BELİRLENMESİ:
ERGENE HAVZASI ÖRNEĞİ**

Bahadır ALTÜRK

BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: PROF. DR. FATİH KONUKCU
İKİNCİ DANIŞMAN: PROF. DR. SELÇUK ALBUT

TEKİRDAĞ - 2017

Her hakkı saklıdır

Prof. Dr. Fatih KONUKCU danışmanlığında, Bahadır ALTÜRK tarafından hazırlanan "Arazi Kullanım/Arazi Örtüsü Değişikliğinin ve Su Kaynaklarına Etkisinin Belirlenmesi: Ergene Havzası Örneği" isimli bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Doktora Tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı: Prof. Dr. Ahmet İSTANBULLUOĞLU

İmza:

Üye: Prof. Dr. Dursun Zafer ŞEKER

İmza:

Üye: Prof. Dr. Levent GENÇ

İmza:

Üye: Prof. Dr. Fatih KONUKCU (Danışman)

İmza:

Üye: Yrd. Doç. Dr. Duygu BOYRAZ ERDEM

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Prof. Dr. Fatih KONUKCU

Enstitü Müdürü

ÖZET

Doktora Tezi

Arazi Kullanım/Arazi Örtüsü Değişikliğinin ve Su Kaynaklarına Etkisinin Belirlenmesi:
Ergene Havzası Örneği

Bahadır ALTÜRK

Namık Kemal Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Fatih KONUKCU

İkinci Danışman: Prof. Dr. Selçuk ALBUT

Arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliği, iklim değişikliğine neden olurken; her ikisi birlikte su kaynaklarını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu çalışmanın amacı; Trakya Bölgesi'nde yer alan Saray, Çorlu, Çerkezköy, Muratlı ve Lüleburgaz ilçeleri arasındaki sıcak nokta (hot spot) bölgesinde i) 1990 ve 2014 yılları arasındaki arazi kullanım/arazi örtüsü değişimlerini ve farklı senaryolara göre 2023, 2030, 2050 yılları için arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliğini belirlemek; ii) geleceğe yönelik arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliği ile birlikte olası iklim değişikliğinin su kaynaklarına (kantitatif) etkisini ortaya koymak; iii) sektörler arası su tahsisinin mevcut (2015) ve gelecekteki durumunu (2023-2030) belirlemek; ve iv) taşkın riskine karşı duyarlı alanları belirlemektir. 1990 ve 2014 yılları arasındaki arazi kullanım/arazi örtüsü değişimleri, Sınıflandırma Sonrası Karşılaştırma Tekniği ile; geleceğe yönelik arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliği ise CLUE-S modeli ile belirlenmiştir. 2016-2099, 2020-2039 ve 2040-2059 yılları arasındaki sıcaklık ve yağışta meydana gelebilecek değişikliklerin tahmininde RegCM3 Bölgesel İklim Modeli (A2 senaryosu) çıktılarından faydalanılmıştır. Arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliği ve iklim değişikliğinin araştırma bölgesinin bir alt havzası olan Bakırca Havzası'nın su bütçesine etkisi SWAT modeli ile belirlenmiştir. Sektörel su tahsisinde WEAP modelinden faydalanılırken, taşkın ve sel riski duyarlılığının belirlenmesinde Çok Kriterli Karar Verme Analizi kullanılmıştır. 1990 ve 2014 yılları arasında en fazla artışın 4813,11 ha (%111,68) ile yerleşim alanlarında, en fazla azalışın ise 7409,25 ha (%5,73) ile tarım alanlarında olduğu belirlenmiş ve bu eğilimlerin gelecek için de devam edeceği sonucuna varılmıştır. Bakırca Havzasında, 2020-2039 yılları arasında, kış ve ilkbahar mevsimlerindeki ortalama akımlarda sırasıyla %96 ve %161 artış olacağı; yaz ve sonbahar mevsimlerinde ise, sırasıyla %5 ve %29 azalış olacağı hesaplanmıştır. 2040-2059 yılları arasında kış ve ilkbahar mevsimlerindeki ortalama akımlarda sırasıyla %35 ve %111 artış olacağı; yaz ve sonbahar mevsimlerinde ise, sırasıyla %68 ve %86 azalış olacağı hesaplanmıştır. Bununla birlikte, her iki dönemde de Haziran ve Ağustos ayları arasında gerçek evapotranspirasyonun yağıştan daha fazla olacağı ve bu durumun yaz aylarında havzada su stresine sebep olacağı tahmin edilmektedir. 2030 yılında evsel, endüstriyel ve tarımsal yıllık toplam su ihtiyacının sırasıyla 59,9-134,2 hm³, 230 hm³ ve 68,1 hm³ olacağı; karşılanamayan yıllık su taleplerinin ise yine sırasıyla 0-10,5 hm³, 5,5-27,7 hm³ ve 0 hm³ olacağı hesaplanmıştır. Çorlu Akiferi'nden talep edilen su miktarının azalacağı ve akiferdeki su miktarının tekrar artacağı belirlenmiştir. Çorlu Deresi'ne ait alt havzalarda özellikle Çerkezköy ve Çorlu ilçeleri arasındaki bölgenin taşkına son derece duyarlı olduğu ve gözlemlenen taşkın alanlarının yaklaşık %72'sinin çok yüksek, %6'sının ise yüksek sel ve taşkın duyarlılığı olan bölge içerisinde yer aldığı sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliği, iklim değişikliği, hidrolojik su bütçesi, sektörel su tahsisi, taşkın riski

2017, 183 sayfa

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

Determination of Land Use/Land Cover Change and Its Effect on Water Resources: A Case Study of Ergene River Basin

Bahadır ALTÜRK

Namık Kemal University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Biosystem Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Fatih KONUKCU

Co-Supervisor: Prof. Dr. Selçuk ALBUT

While land use/land cover changes lead to climate change, both affect water resources adversely. The objectives of this research are i) to investigate land use/land cover changes between 1990 and 2014 and forecast for the years 2023, 2030 and 2050 under different scenarios; ii) to assess the impact of forecasted land use/land cover and probable climate changes on water resources in quantity; iii) to determine current (2015) and future (2023-2030) sectorial water allocation; and iv) to evaluate sensitive areas to flood risks for the hot spot area surrounded with Saray, Çorlu, Çerkezköy, Muratlı and Lüleburgaz towns located in Thrace Region. Land use/land cover changes between 1990 and 2014 were detected by Post-Classification Comparison Technique whereas CLUE-S model was used to simulate future changes under different spatial demands and scenarios. Changes in temperature and precipitation between the years 2016 and 2099, 2020 and 2039, 2040 and 2059 were forecasted using RegCM3 Regional Climate Model (A2 scenario). To model the impact of land use/land cover and climate changes on water budget of Bakırca watershed of the research area, SWAT Model was employed while WEAP model was preferred to simulate sectorial water allocation. Multi Criteria Decision Making Analysis was used to determine sensitive areas to flood risks. Between 1990 and 2014, settlement areas enlarged most with 4813,11 ha (111,68%) and agricultural areas decreased most with 7409,25 ha (5,73%) and this trend seems to continue in the future. Average streamflow between 2020 and 2039 were computed to increase by 96% and 161% for winter and spring seasons, respectively whereas to decrease by 5% and 29% for summer and autumn seasons, respectively. Similarly, streamflow between 2040 and 2059 were computed to increase by 35% and 111% for winter and spring seasons, respectively whereas to decrease by 68% and 86% for summer and autumn seasons, respectively. This trend seems to continue in the future. However, the estimated evapotranspiration, being higher than the precipitation, during June-August period of 2020-2039 and 2040-2059 will cause water stress in the region. The amount of allocated domestic, industrial and agricultural water demand were calculated as 59,9-134,2 hm³, 230 hm³ and 68,1 hm³, respectively whereas unmet demand was computed as 0-10,5 hm³, 5,5-27,7 hm³ and 0 hm³, respectively in 2030. Planned dams in the future will decrease the soaked water from the Çorlu aquifer and will help to recover its water level. Watersheds of Çorlu Creek, particularly the area between Çerkezköy and Çorlu, are highly sensitive to flood risk and 72% and 6 % of observed are located in the extremely highly and highly flood risk area, respectively,

Key Words: Land use/land cover change, hydrologic water budget, sectorial water allocation, flood risk

2017, 183 pages

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ÇİZELGE DİZİNİ	v
ŞEKİL DİZİNİ	vii
SİMGELER ve KISALTMALAR	x
ÖNSÖZ	xiii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	5
2.1. Arazi Kullanım/Arazi Örtüsü Değişikliği ve Modellenmesi	5
2.2. Hidrolojik Modelleme	9
2.3. Sektörel Su Tahsisi	13
2.3. Sel ve Taşkın Duyarlılığı	16
3. MATERYAL VE YÖNTEM	17
3.1. Materyal	17
3.1.1. Araştırma bölgesi.....	18
3.1.2. İklim.....	19
3.1.3. Araz örtüsü	19
3.1.4. Jeolojik Yapı.....	19
3.1.5. Hidrojeoloji(Yeraltı suları)	20
3.1.6. Akiferler (Sutaşlılar).....	20
3.1.7. Enerji	20
3.1.8. Sanayi	20
3.1.9. Ulaşım.....	21
3.1.10. Nüfus	21
3.1.2. CLUE-S (Conversion of Land Use Change and its Effects at Small Regional Extent) Modeli.....	22
3.1.3. SWAT (Soil Water Assesment Tool) Modeli.....	25
3.1.4. WEAP (The Water Evaluation and Planning Model) Modeli	28
3.2. Yöntem	33
3.2.1. Arazi kullanım/arazi örtüsü değişiminin belirlenmesi.....	33
3.2.2. Arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliğinin modellenmesi.....	39
3.2.3. Hidrolojik modelleme.....	48
3.2.4. Sektörel su tahsisinin modellenmesi.....	56
3.2.5. Sel ve taşkın duyarlılığının belirlenmesi	63
4.BULGULAR	73
4.1. Arazi Kullanım/Arazi Örtüsü Değişim Analizi	73
4.1.1. 1990 ve 2014 yılları için arazi kullanım/arazi örtüsü sınıflarının belirlenmesi.....	73
4.1.2. 1990 ve 2014 yılları için arazi kullanım/arazi örtüsünün değişimi	75
4.2. CLUE-S Modelleme Süreci	82
4.2.1. Modelleme sürecine yönelik oluşturulan arazi kullanım/arazi örtüsü	82
4.2.2. Yönlendirici faktörlere yönelik veri dizisi.....	83
4.2.3. Arazi kullanım/arazi örtüsüne yönelik talebin belirlenmesi	85
4.2.4. Mekansal değer atama süreci ve modelin kalibrasyonu	89
4.2.5. Geleceğe yönelik oluşturulan arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliği senaryolarına ait bulgular	94
4.3. SWAT Modelleme Süreci	110

4.3.1. Araştırma bölgesinin su toplama havzasının oluşturulması	110
4.3.2. Modelin kalibrasyonu ve doğrulanması	114
4.3.3 RegCM3 bölgesel iklim modelinden elde edilen alansal yağış ve sıcaklık verilerinin Homojenlik Testi (Mann-Whitney U (M-W)) ile değerlendirilmesi.....	117
4.3.3.1. Geleceğe yönelik yağış ve sıcaklık verilerinin analizi	119
4.3.4. Arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliği ve iklim değişikliğinin akımlara, su dengesine ve yüzey akışa etkisi.....	123
4.4. Sektörel Su Tahsisinin Modellenmesi	131
4.4.1. Sektörel su tahsisinin mevcut durumu.....	132
4.4.2. Sektörel su tahsisine ilişkin senaryolar.....	135
4.4.2.1. Senaryo 1 ile elde edilen bulgular	137
4.4.2.2. Senaryo 2 ile elde edilen bulgular	140
4.4.2.3. Senaryo 3 ile elde edilen bulgular	143
4.4.3. Çorlu Akiferi'nin beslenme miktarı ve yüzey su kaynaklarının kullanılma oranları .	145
4.5. Sel ve Taşkın Duyarlılığının Belirlenmesi	148
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	156
5.1. Arazi Kullanım/Arazi Örtüsü Değişikliğine Dair Sonuçlar	156
5.2. Hidrolojik Modelleme Sürecinin Değerlendirilmesi	159
5.3. Sektörel Su Tahsisinin Değerlendirilmesi	161
5.4. Sel Taşkın ve Duyarlılığı Analizine Yönelik Sonuçlar	163
5.5. Genel Değerlendirme ve Öneriler	164
6.KAYNAKLAR	168
ÖZGEÇMİŞ	183

ÇİZELGE DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 3.1: Araştırma bölgesinin bazı fiziksel özellikleri.....	18
Çizelge 3.2: Araştırma bölgesini kapsayan ilçelerin nüfusları (TÜİK 2015).....	22
Çizelge 3.3: SWAT modeline ait başlıca çıktı göstergeleri.....	27
Çizelge 3.4: WEAP modeline ait başlıca girdi göstergeleri	30
Çizelge 3.5: WEAP modeline ait başlıca çıktı göstergeleri.....	32
Çizelge 3.6: CORINE sınıflandırma şeması (Anonim 2011).....	34
Çizelge 3.7: GSE sınıflandırma şeması (Meirich 2008).....	36
Çizelge 3.8: Kappa değerlerinin yorumlanması	38
Çizelge 3.9: Araştırma bölgesinde arazi kullanım/arazi örtüsünü yönlendiren faktörler.....	41
Çizelge 3.10: Araştırmada, SWAT modelinde girdi olarak kullanılan veriler ve özellikleri ...	49
Çizelge 3.11: Araştırmada, SWAT modelinde kullanılan toprak grupları ve özellikleri	52
Çizelge 3.12: Havzayı temsil eden meteoroloji ve hidrometeoroloji istasyonları.....	53
Çizelge 3.13: RegCM3 bölgesel iklim modeli verileri.....	55
Çizelge 3.14: Araştırma bölgesinde su talebine ve arzına yönelik veriler	59
Çizelge 3.15: Araştırma bölgesinin 2030 yılı sektörel su kullanıcıları ve su kaynakları	61
Çizelge 3.16: Sektörel su talebi ve arzına yönelik oluşturulan yönetim senaryoları.....	63
Çizelge 3.17: Sel ve taşkına duyarlı alanların belirlenmesinde kullanılan ölçütler.....	66
Çizelge.3.18: Büyük toprak grupları ve toprak özelliklerinin birleşimine göre hidrolojik toprak grupları (Özer 1990)	68
Çizelge.3.19: Büyük Toprak Grupları (BTG) ve Eğim-Derinlik Kombinasyonunun (EDK) birleşimi	70
Çizelge.3.20: Hidrolojik toprak gruplarına göre yüzey akış eğri numaraları	71
Çizelge 4.1: 1990 yılı genel doğruluk ve Kappa istatistiği değerleri	73
Çizelge 4.2: 2014 yılı genel doğruluk ve Kappa istatistiği değerleri	76
Çizelge 4.3: 1990 ve 2014 yılları arasındaki arazi kullanım/arazi örtüsü değişimleri	76
Çizelge 4.4: 1990-2014 yılları arasındaki arazi kullanım/arazi örtüsü değişim matrisi.....	78
Çizelge.4.5: Doğrusal eğilim analizine göre arazi kullanım/arazi örtüsünün 2014-2050 yılları arasındaki değişimleri (sanayi alanlarının artmayacağı varsayımına göre)	86
Çizelge.4.6: Doğrusal eğilim analizine göre arazi kullanım/arazi örtüsünün 2014-2050 yılları arasındaki değişimleri (sanayi alanlarının 2030 yılından sonra artacağı varsayımına göre).....	87
Çizelge.4.7: 1/25000 Tekirdağ İl Çevre Düzeni Planı'na göre arazi kullanım/arazi örtüsünün 2014-2023 yılları arasındaki değişimleri.....	89
Çizelge 4.8: Arazi kullanım/arazi örtüsü sınıfları için Lojistik Regresyon Analizi sonuçları .	90
Çizelge 4.9: Arazi kullanım/arazi örtüsü sınıfları için belirlenen dönüşüm elastikiyetleri	93
Çizelge.4.10: Arazi kullanım/arazi örtüsü sınıfları arasındaki değişim kurallarını belirleyen dönüşüm matrisi	93
Çizelge.4.11: Hassaslık analizi, kalibrasyon ve belirsizlik analizleri için kullanılan parametreler	115
Çizelge 4.12: Parametrizasyon öncesi ve sonrası değerler.....	116
Çizelge 4.13: SWAT modelin performansı	117
Çizelge.4.14: Araştırma bölgesine indirgenen 1961-1990 dönemi aylık ortalama sıcaklık verilerinin M-W testi sonuçları (Zkr = 1,96)	118
Çizelge.4.15: Araştırma bölgesine indirgenen 1961-1990 dönemi aylık ortalama yağış verilerinin M-W testi sonuçları (Zkr = 1.96)	118

Çizelge 4.16: Geleceğe yönelik aylık ve mevsimlik yağış ortalamalarının değişimi.....	123
Çizelge 4.17: 2020-2039 dönemi aylık ortalama nehir akımları değişimi	126
Çizelge 4.18: 2040-2059 dönemi aylık ortalama nehir akımları değişimi.	126
Çizelge4.19: Araştırma bölgesinden suyu talep eden yerleşim alanlarının nüfus sayıları ve bu yerleşim alanlarına ait hayvan sayıları	131
Çizelge 4.20: Araştırma bölgesinin 2015 yılı sektörel su tahsisi	133
Çizelge 4.21: Senaryo 1 'e göre yıllık sektörel su tahsisleri	137
Çizelge 4.22: Senaryo 2 'ye göre yıllık sektörel su tahsisleri	140
Çizelge 4.23: Senaryo 3 'e göre yıllık sektörel su tahsisleri	143
Çizelge4.24: Mevcut durum ve senaryolara göre 2015 ve 2030 yılları Çorlu Akifer'i beslenme miktarı	146
Çizelge4.25: 2030 yılı + ek nüfus projeksiyonuna göre yerleşim alanlarının yüzey su kaynaklarını kullanma oranları.....	147
Çizelge 4.26: İkili Karşılaştırmalar Matrisi	152
Çizelge 4.27: Ölçüt katmanları ve hesaplanan ağırlıkları.....	152
Çizelge4.28: Sel ve taşkına duyarlı alanların taşkın gözlem alanları ile karşılaştırılması	155

ŞEKİL DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1: Araştırma bölgesinin konumu	18
Şekil 3.2: CLUE-S modelinin genel yapısı (Verburg 2010)	23
Şekil 3.3: SWAT modelinin tarihsel gelişimi (Gassman ve ark. 2007)	25
Şekil 3.4: SWAT modelinin hidrolojik denge şeması (Neitsch ve ark. 2000)	26
Şekil 3.5: WEAP modeline ait örnek bir şema (WEAP 2015)	29
Şekil 3.6: Araştırmanın arazi kullanım/razi örtüsü değişimleri sürecinin akış diyagramı.....	33
Şekil 3.7: Araştırmadaki arazi kullanım/razi örtüsü sınıfları.....	37
Şekil 3.8: Mekansal değer atama süreç şeması (Erdoğan 2011)	42
Şekil 3.9: Toprak örneklerine ait arazi çalışmaları	50
Şekil 3.10: Toprak örneklem noktaları	51
Şekil 3.11: Toprak örneklerinin analiz çalışmaları.....	51
Şekil 3.12: Alt havzalar ve hidrometeorolojik istasyonlar	54
Şekil 3.13: ÇÖKA yönetim şeması.....	64
Şekil 4.1: 1990 yılı arazi kullanım/razi örtüsü haritası	74
Şekil 4.2: 2014 yılı arazi kullanım/razi örtüsü haritası	75
Şekil 4.3: 1990-2014 yılları arasındaki arazi kullanım/razi örtüsü değişim haritası	77
Şekil 4.4: Tarım alanlarından diğer arazi kullanım/razi örtüsü sınıflarına dönüşen alanlar ...	79
Şekil 4.5: Orman alanları ve doğal bitki örtüsünden diğer arazi kullanım/razi örtüsü sınıflarına dönüşen alanlar	80
Şekil 4.6: Mera alanlarından diğer arazi kullanım/razi örtüsü sınıflarına dönüşen alanlar	81
Şekil 4.7: Modelleme sürecine yönelik olarak oluşturulan 1990 yılı arazi kullanım/razi örtüsü haritası.....	82
Şekil 4.8: Modelleme sürecine yönelik olarak oluşturulan 2014 yılı arazi kullanım/razi örtüsü haritası.....	83
Şekil 4.9: Araştırma bölgesine ait yönlendirici faktörler	85
Şekil 4.10: Yerleşim alanları için olasılık haritası.....	91
Şekil 4.11: Tarım alanları için olasılık haritası.....	91
Şekil 4.12: Orman alanları ve doğal bitki örtüsü için olasılık haritası	92
Şekil 4.13: Sanayi alanları için olasılık haritası	92
Şekil 4.14: 2014 yılı benzeşim (simulasyon) arazi kullanım/razi örtüsü haritası.....	100
Şekil 4.15: Senaryo 1'e göre 2023 yılı için oluşturulan arazi kullanım/razi örtüsü haritası...95	
Şekil 4.16: Senaryo 1'e göre 2030 yılı için oluşturulan arazi kullanım/razi örtüsü haritası...95	
Şekil 4.17: Senaryo 1'e göre 2050 yılı için oluşturulan arazi kullanım/razi örtüsü haritası...96	
Şekil 4.18: Senaryo 2'ye göre 2023 yılı için oluşturulan arazi kullanım/razi örtüsü haritası.97	
Şekil 4.19: Senaryo 2'ye göre 2030 yılı için oluşturulan arazi kullanım/razi örtüsü haritası.97	
Şekil 4.20: Senaryo 2'ye göre 2050 yılı için oluşturulan arazi kullanım/razi örtüsü haritası 98	
Şekil 4.21: Senaryo 3'e göre 2023 yılı için oluşturulan arazi kullanım/razi örtüsü haritası...99	
Şekil 4.22: Senaryo 3'e göre 2030 yılı için oluşturulan arazi kullanım/razi örtüsü haritası...99	
Şekil 4.23: Senaryo 3'e göre 2050 yılı için oluşturulan arazi kullanım/razi örtüsü haritası.100	
Şekil 4.24: Senaryo 4'e göre 2023 yılı için oluşturulan arazi kullanım/razi örtüsü haritası.101	
Şekil 4.25: Senaryo 4'e göre 2030 yılı için oluşturulan arazi kullanım/razi örtüsü haritası.101	
Şekil 4.26: Senaryo 4'e göre 2050 yılı için oluşturulan arazi kullanım/razi örtüsü haritası.102	
Şekil 4.27: Senaryo 1'e göre 2050 yılı için oluşturulan arazi kullanım/razi örtüsü haritası.103	
Şekil 4.28: Senaryo 2'ye göre 2050 yılı için oluşturulan arazi kullanım/razi örtüsü haritası 103	
Şekil 4.29: Senaryo 3'e göre 2050 yılı için oluşturulan arazi kullanım/razi örtüsü haritası.104	
Şekil 4.30: Senaryo 4'e göre 2050 yılı için oluşturulan arazi kullanım/razi örtüsü haritası.104	
Şekil 4.31: Senaryo 1'e göre 2023 yılı için oluşturulan arazi kullanım/razi örtüsü haritası.105	

Şekil 4.32: Senaryo 2'ye göre 2023 yılı için oluşturulan arazi kullanım/arazi örtüsü haritası	106
Şekil 4.33: Senaryo 3'e göre 2023 yılı için oluşturulan arazi kullanım/arazi örtüsü haritası.	106
Şekil 4.34: Senaryo 4'e göre 2023 yılı için oluşturulan arazi kullanım/arazi örtüsü haritası.	107
Şekil 4.35: Senaryo 5'e göre 2023 yılı için oluşturulan arazi kullanım/arazi örtüsü	108
Şekil 4.36: Senaryo 5'e göre 2030 yılı için oluşturulan arazi kullanım/arazi örtüsü	109
Şekil 4.37: Senaryo 5'e göre 2050 yılı için oluşturulan arazi kullanım/arazi örtüsü	109
Şekil 4.38: Senaryo 5'e göre 2050 yılı için oluşturulan arazi kullanım/arazi örtüsü	110
Şekil 4.39: Modelleme sürecine yönelik olarak oluşturulan 5 m çözünürlüklü DEM haritası	111
Şekil 4.40: Arazi kullanım/arazi örtüsü haritası	112
Şekil 4.41: Büyük toprak grupları haritası.....	112
Şekil 4.42: Eğim haritası	113
Şekil 4.43: HRU haritası.....	113
Şekil 4.44: Bakırca alt havzası	115
Şekil 4.45: Bakırca istasyonuna ait 2009-2011 yılları kalibrasyon dönemi hidrografi	116
Şekil 4.46: Bakırca istasyonuna ait 2013-2014 yılları doğrulama dönemi hidrografi	117
Şekil 4.47: Araştırma bölgesine indirgenen 1961-1990 dönemi aylık ortalama sıcaklık verilerinin M-W testi sonuçları.....	119
Şekil 4.48: Araştırma bölgesine indirgenen 1961-1990 dönemi aylık ortalama yağış verilerinin M-W testi sonuçları	119
Şekil 4.49: Araştırma bölgesine ait, 2016-2099 yılları arasındaki alansal yıllık toplam yağış miktarları.....	120
Şekil 4.50: Araştırma bölgesine ait, 2016-2099 yılları arasındaki alansal yıllık toplam yağış anomalisinin (1961-1990 dönemi farkı) 5 yıllık hareketli ortalamaları	121
Şekil 4.51: Araştırma bölgesine ait, 2016-2099 yılları arasındaki alansal ortalama sıcaklıklar	121
Şekil 4.52: Araştırma bölgesine ait, 2016-2099 yılları arasındaki alansal yıllık ortalama sıcaklık anomalisinin (1961-1990 dönemi farkı) 5 yıllık hareketli ortalamaları .	122
Şekil 4.53: Senaryo 1'e göre 2023-2030 dönemi için oluşturulan arazi kullanım/arazi örtüsü haritası.....	124
Şekil 4.54: Senaryo 1'e göre 2030-2050 dönemi için oluşturulan arazi kullanım/arazi örtüsü haritası.....	125
Şekil 4.55: Bakırca istasyonuna ait gözlenmiş ve model (gelecek dönemler) aylık ortalama nehir akımları.....	127
Şekil 4.56: Bakırca istasyonu 2020-2039 ve 2040-2059 dönemleri aylık ortalama nehir akım anomalileri (2009-2014 dönemi farkı).....	127
Şekil 4.57: Bakırca Alt Havzası'nın 2020-2039 dönemi aylık ortalama su dengesi.....	128
Şekil 4.58: Bakırca Alt Havzası'nın 2040-2059 dönemi aylık ortalama su dengesi.....	129
Şekil 4.59: Araştırma bölgesinin su toplama havzasındaki arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliğinin aylık ortalama yüzey akışa etkisi.....	130
Şekil 4.60: Araştırma bölgesinin 2015 yılı için WEAP modeli ile oluşturulan su tahsis şeması	133
Şekil 4.61: Araştırma bölgesinin 2030 yılı için WEAP modeli ile oluşturulan su tahsis şeması	136
Şekil 4.62: Senaryo 1 ve 2023 yılı nüfus projeksiyonuna göre sektörel su tahsisi.....	138
Şekil 4.63: Senaryo 1 ve 2030 yılı nüfus projeksiyonuna göre sektörel su tahsisi.....	138
Şekil 4.64: Senaryo 1 ve 2030 yılı nüfusu"+ ek nüfus projeksiyonuna göre sektörel su tahsisi.....	138
Şekil 4.65: Senaryo 2 ve 2023 yılı nüfus projeksiyonuna göre sektörel su tahsisi.....	141
Şekil 4.66: Senaryo 2 ve 2030 yılı nüfus projeksiyonuna göre sektörel su tahsisi.....	141
Şekil 4.67: Senaryo 2 ve 2030 yılı nüfusu"+ ek nüfus projeksiyonuna göre sektörel su tahsisi	141

Şekil 4.68: Senaryo 3 ve 2023 yılı nüfus projeksiyonuna göre sektörel su tahsisi.....	144
Şekil 4.69: Senaryo 3 ve 2030 yılı nüfus projeksiyonuna göre sektörel su tahsisi.....	144
Şekil4.70: Senaryo 3 ve 2030 yılı nüfusu + ek nüfus projeksiyonuna göre sektörel su tahsisi	144
Şekil 4.71: ÇÖKA yönteminde kullanılan ölçütler	149
Şekil 4.72: ÇÖKA yönteminde kullanılan akış haritası ve bu haritayı oluşturan faktörler	150
Şekil 4.73: Normalleştirilmiş ölçüt katmanları.....	151
Şekil 4.74: Havzaya ait sel ve taşkın duyarlılık haritası.....	153
Şekil 4.75: Havzaya ait sınıflandırılmış sel ve taşkın duyarlılık haritası	153
Şekil 4.76: Taşkına duyarlı alanlar ve taşkın gözlem alanları	155

KISALTMALAR

CLUE	:Conversion of Land Use and its Effects (Arazi Kullanım Dönüşüm ve Etkileri Modelleme Çerçevesi)
TUİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
TRAGEP	: Trakya Gelişim Projesi
CLUE-S	: Conversion of Land Use and its Effects at Small Regional Extent (Arazi Kullanım Dönüşümünün Küçük Bölgesel Alanlardaki Etkileri)
SWAT	: Soil and Water Assesment Tool (Toprak Su Değerlendirme Aracı)
SWAT-CUP	: SWAT Calibration and Uncertainty Programs
IPCC	:International Panel Climate Change (Hükümetlerarası İklim değişikliği Paneli)
OSB	: Organize Sanayi Bölgesi
WEAP	: Su Değerlendirme ve Planlama Sistemi
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
NASA	:National Aeronautics and Space Administration (Amerikan Ulusal Havacılık ve Uzay Araştırmaları Merkezi)
SLEUTH	: Slope, landuse, exclusion, urban extent, transportation and hillshade
UrbanSim	: Urban Simulation
LUCAS	: Land Use/Cover Area Frame Survey
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel Araştırmalar Kurumu
UNDP	: Türkiye İklim Değişikliği Ulusal Bildirimi
ÇÖKA	: Çok Ölçütlü Karar Analizi
AGNPS	: Agricultural Non-Point Source Pollution
SHE	: Système Hydrologique Européen
WATFLOOD	: Water Flood
SWRRB	: Simulator for Water Resources in Rural Basins
TOPMODEL	: Topography based hydrological MODEL
HECHMS	: Hydrologic Modeling System
EnviroGRIDS	:Building Capacity for a Black Sea Catchment Observationand Assessment System supporting Sustainable Development
FAO	: Food and Agriculture Organization (Gıda ve Tarım Örgütü)
OPTIMA	: Optimization for Sustainable Water Resources Management
SMART	: Sustainable Management of Scarce Resources in the Coastal Zone
ASB	: Avrupa Serbest Bölgesi
ARS	: Tarımsal Araştırmalar Servisi
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
RegCM3	:Third-Generation Regional Climate Model (Bölgesel İklim Modeli 3. Versiyon)
ROC	: Receiver Operating Characteristic (Alıcı İşlem Karakteristiği)
USDA	: Amerika Birleşik Devletleri Tarım Departmanı
HRU	: Hidrolojik İşlem Birimi
DEM	: Digital Elevation Map (Sayısal Yükseklik Modeli)
DMİ	: Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
DSİ	: Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
ECHAM5	: European Centre for Medium-Range Weather Forecasts Hamburg 5.version
TESKİ	: Tekirdağ Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü
AHY	: Analitik Hiyerarşi Yöntemi
AHS	: Analitik Hiyerarşi Süreci
USGS	: United States Geological Survey (ABD Jeoloji Birimi)

CORINE	:Coordination of Information on the Environment (Çevre Bilgi Koordinasyonu)
GSE	: The GMES Service Element (Küresel Çevre ve Güvenlik İzleme Servisi)
ESA	: Avrupa Uzay Ajansı
SCS-CN	: Soil Conservation Service- Curve Number (Toprak Koruma Servisi-Yüzey Akış Eğri Numarası)
PTF	: Pedotransfer Fonksiyon
SUFI-2	: Sequential Uncertainty Fitting
TRGM	: Tarım Reformu Genel Müdürlüğü
KHGM	: Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü

SİMGELER

κ	: Kappa İstatistiği
P	: Lojistik Regresyon gözlenme olasılığı
β	: Lojistik Regresyon analizinde Bağımsız değişkenler sıfır değerini aldığı anda bağımlı değişkenin değeri
TPROP _{i,u}	: Toplam olasılık
P _{i,u}	: Regresyon analizleri sonucunda elde edilen olasılık
ELAS _{iu}	: Karar kuralları sonucunda belirlenen elastikiyet
ITER _{iu}	: İterasyon değişkenidir
SW _i	: i. gündeki son toprak su içeriği (mm)
R _i	: i. gündeki yağış miktarı (mm)
Q _{surf,i}	: i. gündeki yüzey akışı (mm)
E _{a,i}	: i. gündeki evapotranspirasyon miktarı (mm)
w _{seep,i}	: i. gündeki, toprak profillerinden sığ akifere giren su miktarı (mm)
Q _{gw,i}	: i. gündeki sığ akiferden nehre geri akış miktarı (mm)
Q	: Yüzey akış miktarı (mm)
P	: Yağış miktarı (mm)
S	: Toprak tarafından tutulan su miktarı (mm)
z	: z test istatistiği
p	: Nüfus artış katsayısı
N _y	: En son nüfus sayımındaki yerleşim yeri nüfusu
N _e	: Bir önceki nüfus sayımındaki nüfus sayısı
N _g	: Gelecekte yerleşim yerinin nüfusu
x	: Son nüfus sayımının olduğu yıl ve gelecekteki hesaplanan yıl arasındaki geçen süre
a	: İki nüfus sayımı arasındaki geçen süre

ÖNSÖZ

Bu çalışmada değerli bilgilerini ve tecrübelerini hiçbir zaman esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Fatih KONUKCU'ya; uzaktan algılama konusunda bilgilerini her zaman paylaşan II. Danışman hocam Sayın Prof. Dr. Selçuk ALBUT'a; CLUE-S modellemesinin her aşamasında çalışmaya yön veren Dr. Nurdan ERDOĞAN'a; çalışmanın her aşamasında desteklerini eksik etmeyen mesai arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Ayrıca toprak örneklerinin analiz edilmesinde bizlerle laboratuvarlarını paylaşan Atatürk Toprak Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'ne, araştırmada kullanılan verilerin temin edilmesini sağlayan DSİ 11. Bölge Müdürlüğü'ne, DSİ 11. Şube Müdürlüğü/Tekirdağ'a, T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü/Tekirdağ'a, Tekirdağ Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü'ne, Info-Mab şirketinin değerli çalışanı Reşat AKGÖZ'e teşekkürü borç bilirim.

Bu çalışmanın her anında en büyük desteği veren sevgili eşim Ferda ALTÜRK'e, bana moral olan canım kızlarım Ela ve Ece ALTÜRK'e, annem Fatma ALTÜRK'e, babam Tevfik ALTÜRK'e ve kayınvalidem Kadriye ÜSTÜN'e sevgi ve sabırla beni destekledikleri için yürek dolusu teşekkür ederim.

Ocak, 2017

Bahadır ALTÜRK

Öğretim Görevlisi

1. GİRİŞ

Arazi ve su kaynakları yaşam için vazgeçilmez bir unsurdur. Ancak bu yapı doğal ve beşeri etmenler sebebiyle sürekli değişikliğe uğramakta, atmosferdeki belirsizliklerin de bu sürece eklenmesiyle küresel ve bölgesel ölçekte çevresel, kültürel ve sosyo-ekonomik olarak birçok olumsuzluğun ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Her ne kadar iklim değişikliğinin hidrolojik süreci etkileyen en önemli faktör olduğu (IPCC 2007a), modelleme çalışmalarında bu sürecin iklim değişikliğinden en hassas şekilde etkilendiği (Arnell ve Liu 2001, Kundzewicz ve ark. 2007) düşünülse de, nüfus artışına bağlı olarak değişen arazi kullanım/arazi örtüsünün de su kaynaklarında yaratacağı değişimin en az iklim değişikliği kadar hatta bazen daha fazla (Sala ve ark. 2000, Vorosmarty ve ark.2000) dikkate alınması gereken bir konu olduğu açıkça ortadadır.

Arazi kullanım değişikliğinin neden olduğu, su teminine ve kalitesine yönelik değişimler, yüzey ve yeraltı su kaynaklarının hidrolik fonksiyonlarını etkileyen kritik bir konu haline almaktadır (Fohrer ve ark. 2005, Stonestrom ve ark. 2009). Bu değişikliğin yansıması olarak belirli bölgelerde sanayi faaliyetlerinin artması o bölgeye gelen iç göçü tetikleyerek nüfusun ve şehirleşmenin artmasına sebebiyet vermekle birlikte arazi ve su kaynaklarına olan baskıyı da arttırarak politik, sosyo-ekonomik ve çevresel birçok sorunun da artmasına neden olmaktadır. Özellikle şehirleşme; yeraltı ve yerüstü su kaynaklarının kirlenmesine, geçirimsiz yüzeylerin artmasına, yeraltı suyunun azalmasına ve daha fazla taşkın riskine neden olmaktadır. Kaynaklardaki bu azalma ve kirliliğe karşın küresel anlamda ekonomik gelişmeler, teknolojideki değişimler ve nüfus artışı sektörlerin (evsel, endüstriyel, tarımsal) yıllık kişi başı 1000 m³olan temiz su ihtiyacını günden güne arttırmaktadır (IPCC 2013). Dünya’da 100 yıl önce şehirlerde yaşayan insan sayısı %15 olmasına karşın bugün bu oranın %50’lerde olduğu (USGS 2014) ve çoğunluğu şehirde olmak üzere 1,4-2,1 milyar arasında bir nüfusun su sıkıntısı çeken havzalarda yaşadığı tahmin edilmektedir (Vörösmarty ve ark. 2000, Alcamo ve ark. 2003a, b, Oki ve ark 2003, Arnell 2004). 2050 yılında Dünya nüfusunun yaklaşık %66’sının şehirlerde yaşayacağı (Anonim 2014) düşünülürse, iklim değişikliğinin yanında, arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliği ve bunun tetiklediği nüfus dinamiklerinin de su kaynaklarına olan etkisini değerlendirmek kaçınılmaz olacaktır.

Dünyadaki her bölge iklimde ve arazide meydana gelebilecek değişikliklerden ve aynı oranda etkilenmemektedir. Yerel bölge veya havza bazında değerlendirildiğinde bu değişikliklerin yaratacağı olumlu veya olumsuz sonuçlar daha farklı olabilmektedir. Örneğin, Türkiye’nin de içinde bulunduğu Akdeniz Havzası’nın küresel iklim değişikliğinden en çok

etkilenecek bölgelerden biri olduğu, gelecekte sıcaklık ve yağışta meydana gelecek zamansal kaymalar sebebiyle havzada hidrolojik ve aşındırıcı tepkilerin olacağı, mevsimsel kuraklıkların tekrarlanma dönemlerinin sıklaşacağı öngörülmektedir (IPCC 2013). Yağış rejimi düzensiz olan Akdeniz kuşağındaki bazı bölgelerde su kaynaklarının kısıtlı olması, gelecek açısından suya yönelik sürdürülebilir bir planlama yapılmasını zorunlu kılmaktadır.

Karmaşık bir yapıya sahip olan atmosfer, arazi ve su ilişkilerini sadece iklim değişikliği açısından ele almak sağlıklı bir bölgesel planlama için yeterli olmamaktadır. Sürdürülebilir bir bölgesel planlama yönetimi için alanın içinde bulunduğu ekosistemi, ekonomiyi ve sosyal yapıyı koruyan, arazi-atmosfer-hidroloji unsurlarının bütünleşik bir yapıda ele alındığı (Costa ve ark. 2003, Brath ve ark. 2006, Wang ve ark. 2006, Wu ve ark. 2012, Chien ve ark. 2013), ekonomideki gelişmeleri ve ekosistem duyarlılığını bir arada sağlayabilecek senaryoların şekillendirdiği, geleceğe yönelik modelleme çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bazı araştırmacılar, tek faktörden ziyade iklim değişikliği ve arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliğinin beraber ele alındığı durumların hidrolojik değişimlerde daha anlamlı etki yarattığı sonucuna varmışlardır (Quilbé ve ark. 2009, Tomer ve Schilling 2009). Beraber ele alınan senaryoların sonuçları çevresel kapasite geliştirmede ve uyum stratejileri oluşturmada bölgesel planlamaya daha fazla katkı yapabilmektedir. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) 3., 4. ve 5. Değerlendirme Raporları'nda arazi kullanımı ve iklim değişikliğinin su kaynakları üzerindeki etkisi ve bu etmenlerden doğabilecek olumsuzluklara karşı geliştirilecek uyum stratejileri küresel ölçekte detaylı olarak belirlenmiştir (IPCC 2001, 2007, 2013). Bu küresel stratejiler bölgeden bölgeye farklı gösterebilmektedir. Birçok farklı küresel ve bölgesel iklim modeli çıktıları, farklı istatistiksel yaklaşımlar ve farklı sosyo-ekonomik senaryolara bağlı arazi kullanım değişikliği senaryolarının birleştirilmesiyle oluşturulan modelleme sonuçları bölgesel anlamda birbirinden oldukça uzak öngörülerin ortaya çıkmasına sebebiyet verebilmektedir (Deidda ve ark. 2013, Maraun ve ark. 2010). Bu karışıklığı önlemek için iklim değişikliği ve arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliğinin su kaynaklarına etkisinin en hassas biçimde belirlendiği, araştırılan bölgeye özel senaryoların analiz edilmesi gerekmektedir (Nunes ve ark. 2008, 2013).

Türkiye bulunduğu coğrafik ve jeopolitik konum sebebiyle ekonomik kalkınma planlarının bölgeden bölgeye değiştiği, farklı gelişme eksenlerine sahip bir ülkedir. Trakya Bölgesi İstanbul'a ve Avrupa'ya yakın olması sebebiyle sosyo-ekonomik anlamda ulusal yatırımların merkezinde olan bölgelerden bir tanesidir. Ancak şu var ki 1990'lı yıllardan itibaren İstanbul'un sanayi yükünün Trakya Bölgesi'nin İstanbul'a yakın olan Saray, Çorlu,

Çerkezköy, Muratlı, Lüleburgaz ilçelerine kaydırılması neticesinde bu bölgede dağınık ve plansız sanayi alanları oluşturulmuş, sanayileşme ile beraber gelen iç göç dalgası da çarpık şehirleşmeyi beraberinde getirmiştir. Trakya Bölgesi'nin arazi kullanım/razi örtüsü değişikliği ile beraber sosyal ve çevresel yapısının en fazla değişime maruz kaldığı bu alt bölgesi sıcak nokta (hot spot) özelliği taşımaktadır. Bunun en önemli sebebi Organize Sanayi Bölgesi (OSB) ıslah çalışmaları ile artan sanayi alanlarının, gelecekte bölgedeki göçü, nüfus artışını ve şehirleşme dinamiklerini daha fazla ivmelendirerek arazi ve su kaynaklarına olan baskıyı arttıracak olmasıdır.

Arazi kullanım/razi örtüsü değişikliği neticesinde tarım alanlarının plansız sanayi alanlarına ve düzensiz şehir alanlarına dönüşmesi bölgede çevresel, ekonomik ve sosyo-kültürel anlamda birçok problemi de beraberinde getirmiştir. Bu plansız kent ve sanayinin neden olduğu evsel ve endüstriyel atıksuların arıtılmadan Ergene Nehri'ne boşaltılması, yaklaşık otuz yıldır kirliliğe neden olmaktadır. Anonim (2014a)'ya göre yüzey suyu kirlilik parametreleri 4. sınıf su kalitesinin de çok üzerindedir. Ayrıca bu atık sular yeraltı su kaynaklarını kirletme potansiyeline de sahiptir (Ordu ve Demir 2007). Şu aşamada bölgedeki en başlıca problemi, planlanan sanayi alanlarının yarattığı göç unsuru ile birlikte artan düzensiz şehirleşme ve bu şehirleşmenin tarım alanları, orman alanları ve su kaynakları üzerinde yarattığı baskı olarak tanımlayabiliriz.

Değişen iktisadi, sosyal, kültürel ve çevresel yapısına bağlı olarak Trakya Bölgesi'nin geleceğine yönelik hazırlanan Meriç-Ergene Havzası Koruma Eylem Planı, 1/100000 Trakya Çevre Düzeni Planı, 1/25000 Tekirdağ İl Çevre Düzeni Planı, Ergene Derin Deniz Deşarj Projesi, TR21 Bölge Planı Taslağı gibi birçok yönetim planları ile Trakya Bölgesi'nin geleceğinin sürdürülebilir ve bütünleşik bir yapıda planlanması hedeflenmektedir. Bu planlara ait uygulama faaliyetlerinin gerçekleştirilebilmesi amacıyla 10 milyar TL'lik yatırım bütçesi olan Trakya Gelişim Projesi (TRAGEP) hayata geçmiş bulunmaktadır.

Arazi ve su kaynaklarının sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesinde ihtiyaç duyulan karar-destek sistemleri, altyapı yatırımlarının çevresel ve sosyo ekonomik etkilerinin yanında olası iklim değişikliği ve arazi kullanım/razi örtüsü değişikliğini de mutlaka dikkate alması gerekmektedir.

Bu hassasiyetler göz önünde bulundurularak, araştırma bölgesinin arazi kullanım/razi örtüsünün gelecekte nasıl değişeceği ve bu değişikliğin iklim değişikliği ile birlikte su kaynaklarına nasıl etki edeceği belirlenmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda, Trakya Bölgesi'nde yer alan Saray, Çorlu, Çerkezköy, Muratlı ve Lüleburgaz ilçeleri arasındaki sıcak nokta (hot spot) bölgesinde;

- i) 1990 ve 2014 yılları arasındaki arazi kullanım/arazi örtüsü değişimlerini ve farklı senaryolara göre 2023, 2030, 2050 yılları için arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliğini belirlemek;
- ii) geleceğe yönelik arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliği ile birlikte olası iklim değişikliğinin su kaynaklarına (kantitatif) etkisini ortaya koymak;
- iii) sektörler arası su tahsisinin mevcut (2015) ve gelecekteki durumunu (2023-2030) belirlemek; ve
- iv) taşkın riskine karşı duyarlı alanları belirlemektir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Su kaynaklarının kullanılabilirliği ve yerel ekosistemlerin sürdürülebilirliği ile son derece ilişkili olan havzaları etkileyen en önemli etmenlerin başında arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliği ve iklim değişikliği gelmektedir. Özellikle hızlı sanayileşme ve buna bağlı olarak artan nüfus ve şehirleşme, su kaynakları ve birlikte arazi yapısında büyük baskı yaratmaktadır. Su kaynaklarının azalması gıda güvenliği ve ekonomik gelişimi tehlikeye soktuğu gibi ekosistemin de sağlığını olumsuz etkilemektedir (Cheng ve ark. 2007, Notter ve ark. 2012). Son yıllarda, arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliği ve iklim değişikliğinin su kaynaklarına etkisinin birlikte değerlendirildiği çalışmalar dikkat çekmektedir (Jeuland ve ark. 2014, Zhang ve ark. 2015). Her ne kadar iklim değişikliğinin hidrolojik bütçeye etkisi çok fazla olsa da, bölgesel hidrolojik döngülerdeki değişkenlikler arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliği ile yakından ilişkilidir (Lee ve ark. 2007). Arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliğinin su kaynaklarına etkileri genellikle su bütçesinin tekil bileşenlerine özel olarak incelenmiştir. Arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliği; yüzey akışları (Sajikumar ve ark. 2015), toprağın su alma hızını (Ghimire ve ark. 2014), toprak yüzeyinden buharlaşmayı (Metzger ve ark. 2014) etkilemektedir. Bununla birlikte havzaların hidrolojik sürecini etkileyen arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliği veya iklim değişikliğinden hangisinin bu sürece daha fazla katkı yaptığı belirsizliğini korumaktadır (Luo ve ark. 2016). Çalışmanın özel amaçları doğrultusunda; arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliği ve modellenmesine dair kaynak özetleri başlık 2.1’de, hidrolojik modellemeye dair kaynak özetleri başlık 2.2’de, sektörel su tahsisine yönelik kaynak özetleri başlık 2.3’de, sel ve taşkın duyarlılığının belirlenmesine yönelik kaynak özetleri 2.4’de sunulmuştur.

2.1. Arazi Kullanım/Arazi Örtüsü Değişikliği ve Modellenmesi

Arazi kullanım/arazi örtüsü birbirinin yerine sık sık kullanılan farklı terimlerdir (Dimiyati ve ark. 1996). Arazi örtüsü dünya yüzeyinin fiziksel elemanlarını (toprak, su, bitki örtüsü vb.) ifade etmekte iken buna karşılık arazi kullanım ise arazinin fiziksel ve biyolojik özelliklerinin, diğer bir ifadeyle arazi örtüsünün insanlar tarafından hangi amaçlar doğrultusunda (ormancılık, doğa koruma alanları, kentler, sanayi alanları, vb.) işlendiğini ifade etmektedir (Verburg 2000).

Arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliği önemlidir ve daha çok insan kaynaklı değişiklikler Dünya’nın işleyişini etkilemektedir (Lambin ve ark. 2001, Turner ve ark. 1990). Arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliği biyoçeşitlilik, iklim değişikliği ve küresel ısınmayı etkilemesi dışında ayrıca dolaylı olarak insanların ve mekanların güvenlik açığını iklimsel,

ekonomik ve sosyo-ekonomik olarak etkilemektedir (Kasperson ve ark. 1995, Tyson ve ark. 2001, Verburg ve ark. 2004). Zamansal ve mekansal geniş bir aralıkta hareket eden arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliği farklı ekolojik fonksiyonlara doğru değişimlere ve bir işlev içinde kaymalara, sistemin esneklik dengesizliğine sebebiyet vermektedir (Álvarez Martínez ve ark. 2011, Shao ve ark. 2006, Zurlini ve ark. 2015). Dünya’da arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliğinden en fazla etkilenen alanlar tarımsal amaçlı kullanıma açılan yağmur ormanlarıdır. Buna karşılık birçok bölgede, tarım arazileri; sanayileşme ve hızlı nüfus artışı sonucunda kentsel alanlara dönüşmektedir. Bu durum toprağın geçirgenliğini, su tutma kapasitesini azaltmaktadır.

İnsan aktiviteleri arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliğini etkileyen en önemli faktör olarak gözüktüğü de, arazi kullanımı için doğal kapasite olarak tanımlanan biyofiziksel peyzajın temelini oluşturan faktörler de (iklim, topoğrafya, toprak, hidroloji, bitki örtüsü) arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliğini sınırlandırabilmekte ve arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliğinin yönelimlerini mekan ve zaman içinde etkileyebilmektedir (Jingan ve ark. 2005, Lambin ve ark. 2001, Geist ve ark. 2006).

Arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliğinin günümüz ve geçmiş açısından incelenmesinde uzaktan algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknikleri sık kullanılmaktadır. Uzaktan algılama, nesnelere hiçbir temas olmaksızın, bilime dair amaçlar hakkında bilgi toplanması olarak tanımlanmaktadır (Colwell 1983, Lillesand ve ark. 2004). Uzaktan algılama verilerinin uygulamaları arazi örtüsü değişimleri çalışmalarını daha hızlı, düşük maliyetli ve daha doğru kılmaktadır (Kachhwala 1985). Gelişmiş uydu sensörleriyle elde edilen multispektral veriler bitki desenlerine, orman alanlarına, kentsel genişlemelere ve arazi kullanım/arazi örtüsü değişimlerine ait bilgilerin elde edilmesine imkan sağlamaktadır.

Bounfour ve Lambin (1999) yaptıkları çalışmada, Dünya yüzeyinde belli bir bölgenin gözlemlenmesinde kullanılacak olan uzaktan algılama uygulamalarının avantajlarını fayda-maliyet analizi ile ortaya koymuşlardır. Çalışmanın sonuçlarına göre; uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri sayesinde karar vericilere çok daha yüksek güvenilirlikli bilgiler sunulduğu, bu bilgiler sayesinde politik olarak verilecek yanlış kararların önüne geçildiği, karar verme sürecinin çok daha hızlı ve düşük maliyetle uygulandığı vurgulanmıştır. Araştırmacılar ayrıca uzaktan algılama uzmanlarının ve ekonomistlerin bu konuda daha fazla işbirliği içinde olması gerektiğine vurgu yapmışlardır.

Uydu görüntüleri her ne kadar yeryüzüne ait görsel olarak bir bilgi verse de bu bilgilerin objelere tanımlanması için CBS’ye ihtiyaç duyulmaktadır. Gelişmiş CBS teknikleri, radar ve hava fotoğrafları, yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri ve görüntü işleme

tekniklerinin bütünleşik bir yapıda ele alınmasıyla günümüzde zamansal ve mekansal boyutta daha detaylı ve doğruluğu yüksek çalışmalar elde edilmektedir.

Landsat, NASA (Amerikan Ulusal Havacılık ve Uzay Araştırmaları Merkezi) tarafından geliştirilen ve uzaktan algılamada kullanılan ilk uydudur. Landsat TM görüntüleri son 30 yıldır Dünya yüzeyine ait devamlı ve faydalı kayıtlar sunmaktadır (USGS 2014). Landsat uydu arşivleri insan veya fiziksel kaynaklı değişen çevrenin izlenmesi ve tanımlanması amacıyla yapılan bilimsel çalışmalar için kamuoyuna ücretsiz olarak <http://glovis.usgs.gov> adresinden sunulmaktadır. Landsat'ın sunduğu hizmetlerle Dünya yüzeyindeki orman alanlarının azalışı, şehirleşmenin hangi boyutta olduğu, taşkın alanları, su yüzeylerindeki değişim rahatlıkla takip edilebilmektedir.

Ekosistem sürekli değişim halinde olduğundan dolayı bu değişiklikleri tahmin etmek zordur. Arazi yapısında meydana gelecek değişiklikleri hesaplayabilmek için arazi-ekosistem-ekonomi etkileşimini neden ve sonuçları ile ortaya koyabilecek modellere ihtiyaç duyulmaktadır. Arazi kullanım/arazi örtüsü değişimlerinin modellenmesi; arazi kullanım/arazi örtüsü dinamiklerinin ve geleceğe yönelik olası değişim alternatiflerinin ortaya konulabilmesi için arazi kullanım/arazi örtüsü sistemlerindeki etkileşimlerin yapay olarak sunulması olarak tanımlanmaktadır (Verburg ve ark. 2006a). Modellemede peyzaj elemanlarının dinamik süreçlerini iki farklı yaklaşımla sayısal (algoritma tabanlı) ve analitik (denklem tabanlı) ele almak mümkündür.

Arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliği modelleri, temelde alan kullanımlarının "neden", "nerede", "ne kadar" ve "ne zaman" değişeceği sorularından en az birinin yanıtlanması için kullanılmaktadır (Lambin 2004). Bu soruların yanıtlanması ile arazi kullanım/arazi örtüsüne ait yönlendirici faktörlerin ve sistem dinamiklerinin neden-sonuç ilişkisi içinde tanımlanması, gelecekteki alternatif alan kullanım/arazi örtüsü değişimlerinin tahmini ve etkilerinin değerlendirilmesi sağlanabilmektedir (Erdoğan ve ark. 2010a). Arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliği genellikle iki sebepten ötürü modellenmektedir; bunlardan ilki peyzaj dinamiklerini daha iyi anlamak, diğeri ise ekolojik, sosyo-ekonomik ve fiziksel süreçler için geleceğe yönelik farklı öneriler sunabilmek.

Özellikle tarımsal alanlar ve kentsel alanlardaki değişim süreçleri insan faaliyetlerinden en çok etkilenen iki unsurdur. Değişimler genelde orman arazilerinin tarım alanlarına dönüşmesi ve tarım alanlarının da kentsel alanlara dönüşmesiyle gerçekleşmektedir. Bu iki arazi yapısı arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliği modelleri ile biyofiziksel ve sosyo-ekonomik değişkenler yani "yönlendirici faktörler" olarak adlandırılan

unsurların seçilmesi neticesinde modellenmektedirler (Barton ve ark. 2010, Matthews ve ark. 2007, Verburg ve Veldkamp 2004).

Araştırmacılar tarafından kabul görmüş birçok arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliği modeli bulunmaktadır. Bu modellerden bazıları SLEUTH, UrbanSim, LUCAS, MOLAND, What if, CLUE ve CLUE-S'dir. Her bir model uluslararası, ulusal, bölgesel ve yerel ölçekte mekansal olarak farklı çözünürlüklerde girdi ve çıktıları olan yazılımlardır. MOLAND, What if, SLEUTH, UrbanSim modelleri daha çok kentsel alanların zamansal ve mekânsal değişimini belirlemeye yönelik olarak geliştirilen modellerdir. LUCAS, CLUE ve CLUE-S yazılımlarında ise farklı arazi kullanım/arazi örtüsü dokularının birbirleriyle olan değişimleri daha esnek yapıda analiz edilebilmektedir. Her bir modelde geleceğe yönelik mekânsal değişiklikler farklı ekonomik, sosyal ve politik kararları içeren senaryo analizleri doğrultusunda şekillenmektedir.

CLUE-S (Arazi Kullanım Dönüşümünün Küçük Bölgesel Alanlardaki Etkileri) modelleme yaklaşımı, ülkesel ve kıtasal ölçekli çalışmalar için geliştirilen CLUE modelinin, yerel ve bölgesel ölçeklerdeki çalışmalarda uygulanabilmesi doğrultusunda geliştirilmiştir (Verburg ve ark. 2002). CLUE-S modeli ile geleceğe yönelik arazi kullanım/arazi örtüsü senaryoları ile alakalı komşuluk ilişkileri, yönlendirici faktörler, arazi uygunluk gibi unsurlar hesaba katılarak zaman ve mekan ölçeğinde analizler yapılabilmektedir. Daha çok ulusal ve kıtasal çalışmalar için uygulanan CLUE modeli, bölgesel uygulamalarda kullanılmamaktadır. Plankare (piksel) büyüklüğü 7x7-32x32 km arasında değişen CLUE modelinde mekansal çözünürlük düşüktür. Bölgesel ve yerel çalışmalar için plankare büyüklüğü birkaç metreden 1x1 km'ye değişen CLUE-S modeli geliştirilmiştir.

Verburg ve ark. (2002) yaptıkları çalışmada, arazi kullanım değişikliği modellerinden, CLUE modelinin çerçevesinden ve arazi kullanım sistemlerinin karakteristiklerinden bahsettikten sonra Malezya'da ve Filipinler'de yapılan iki örnek çalışmayla, CLUE-S modelinin yapısı, işleyişi ve uygulanması hakkında bilgiler sunmuşlardır. Modelin geniş alanlar ve farklı senaryolar için rahatlıkla kullanılabileceği açıkça belirtilmiştir.

Verburg ve Overmars (2007) çalışmalarında, CLUE-S modelini Hollanda'nın doğu kesimindeki kırsal alanlar ve yoğun şehirleşmeye sahip Malezya'nın başkenti Kuala Lumpur çevresi için analiz etmişlerdir. Modelin geleceğe yönelik senaryolarda arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliğini bölge ölçeğinde hesaplamada etkin bir araç olduğunu belirtmişlerdir.

Zhu ve ark. (2010) araştırmalarında, yarı kurak bir bölge olan Çin'in Pengyang bölgesinde 1993-2000 yılları arasında, yönlendirici faktörlerin 2001-2005 yılları arazi kullanım değişikliğine nasıl etki ettiğini iki farklı senaryo ile analiz etmişlerdir. Çalışma

neticesinde, Pengyang'ın toprağı daha verimli ve sulama imkanları fazla olan güney bölgelerinde ekili alanların orman bölgelerine, daha kurak verimsiz topraklara sahip kuzey bölgelerinde ise çayırlara dönüştüğü belirtilmektedir.

Price ve ark. (2015) ise İsviçre'de hangi bölgelerin şehirleşme ve arazi terki riskiyle karşı karşıya kaldığını CLUE-S modeli ile belirlemeye çalışmışlardır. Küreselleşme, yerelleşme, pazar odaklı gelişmeler ve politik müdahaleler ekseninde, 2035 yılı için 5 farklı senaryonun ele alındığı araştırmada, İsviçre Platoları'nın ve dağlık bölgeler arasındaki vadilerin önemli derecede şehirleşme riski ile karşı karşıya kalacağı ve çayır tarımında azalma riskinin devam edeceğini ortaya koymuştur.

Güvenilir sonuçlar veren bir model olması dolayısıyla, CLUE-S tercih edilen bir arazi kullanım/arazi örtüsü yazılımıdır (Verburg 2006 a,b, Verburg ve Overmars 2009, Verburg 2010, Luo ve ark. 2010, Li-ping ve ark. 2016).

Türkiye'de bölgesel çerçevede CLUE-S modeli ile ortaya koyulan araştırmalar sınırlıdır.

Manisa-Kütahya-İzmir Çevre Düzeni Planı'nda belirlenen arazi kullanım/arazi örtüsü talepleri doğrultusunda, İzmir Karaburun Yarımadası'nın arazi kullanım/arazi örtüsünün 2010-2025 yılları arasında nasıl değişeceği CLUE-S modeli ile analiz edilmiştir. Araştırmanın sonuçlarına göre; Mordoğan ve Karaburun bölgesinde yapay inşa alanlarının tarım arazileri üzerinde artacağı ve bu durumun, geçimini tarımdan sağlayanları olumsuz yönde etkileyeceğini belirlenmiştir (Erdoğan ve ark. 2011). Aynı bölgede 35 yıllık (1975-2010) dönemde, yazlık tipi evlerin artışına bağlı olarak kentsel alanların genişlediği ve bu genişlemeden tarım arazilerinin olumsuz yönde etkilendiğini sonucuna varılmıştır (Erdoğan ve ark. 2015).

Erdoğan ve ark. (2014) diğer bir araştırmalarında SLEUTH ve CLUE-S modellerinin şehirleşmeyi tahmin etmedeki performanslarını test etmişlerdir. Didim Yarımadası'nı SLEUTH modeli ile Urla-Çeşme-Karaburun bölgesini ise CLUE-S modeli ile analiz etmişlerdir. Her iki modelin de farklı karar vericilerin beklentilerine ve farklı amaçlara yönelik zayıf ve kuvvetli yönleri bulunduğunu ortaya koymuşlardır. SLEUTH modelinin şehirleşmenin zamansal ve mekansal yapısını çok iyi tespit ettiğini, bununla birlikte CLUE-S modelinin de arazi kullanım/arazi örtüsünü modellemede iyi performans gösterdiğini belirtmişlerdir.

2.2. Hidrolojik Modelleme

Arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliği, iklim değişikliğini ve hidrolojik süreci küresel, bölgesel ve yerel anlamda tetikleyen etkenlerin başında gelmektedir. Orman alanlarının tarım

arazilerine dönüştürülmesi neticesinde, atmosfere salınan sera gazlarında artış olmaktadır. Bu gazların artışı küresel ölçekte sıcaklıkların artmasına sebebiyet vermektedir (IPCC 2007). Küresel iklimdeki değişiklikler sırasıyla ekolojik, sosyal ve ekonomik sistemleri etkileyen bölgesel ve yerel hidrolojik süreçlerde önemli etki yaratmaktadır (Dibike ve Coulibaly 2005). Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) 4. Değerlendirme Raporu'nda küresel 100 yıllık ortalama sıcaklık artışı 0.74 °C olarak belirtilmektedir (IPCC 2007). IPCC 1. Çalışma Grubu 5. Değerlendirme Raporu'na göre, küresel iklimdeki ısınma kesindir ve 1950'li yıllardan beri iklimde gözlenen değişikliklerin çoğu on yıllardan bin yıllık bir zaman dönemine kadar daha önce hiç görülmemiş düzeydedir (IPCC 2013). Aynı rapordaki geleceğe yönelik küresel ve bölgesel iklim değişikliklerine baktığımızda, artan sera gazı salımlarının daha fazla ısınmaya ve iklim sisteminin tüm bileşenlerinde değişikliklere neden olacağına vurgu yapılmaktadır.

Gelecekteki nüfus ve ekonomi aktiviteleri göz önüne alınarak IPCC tarafından farklı sera gazı emisyon senaryoları hazırlanmaktadır. Tüm senaryolarda, gelecek için sera gazı emisyonları hesaplanırken nüfus artışı, enerji kullanımı, ekonomik gelişmeler, teknolojik gelişmeler, tarım ve arazi kullanımındaki değişiklikler için farklı kabuller yapılmış ve temelde dört ana senaryo ailesi (A1, A2, B1, B2) oluşturulmuştur (IPCC 2007, Çevre ve Orman Bakanlığı 2008).

Özellikle A2 senaryosu hidrolojik sürecin geleceğe yönelik belirlenmesinde en çok kullanılan projeksiyonlardan bir tanesidir (Sen ve ark. 2010, Bozkurt ve Sen 2013, Bozkurt ve ark. 2015) Nüfus artışının devam edeceği bu senaryoda, yerel kimliklerin korunduğu, bölgesel gelişmelere dayalı heterojen bir dünyadan söz edilmektedir. Ekonomik gelişmenin bölgesel karakterinin (zengin ve fakir ülkeler arasındaki eşitsizliğin) devam edeceği ve küresel ısınma-çevre konularında mücadele için herhangi bir özel tedbirin alınmayacağı öngörülmektedir. Ekonomik büyüme ile teknolojiye yönelik değişiklikler ise diğer senaryolara göre daha yavaş işlemektedir (IPCC 2007).

Bu dört senaryo birçok araştırmada kullanılmış ve yerini 5. Değerlendirme Raporu (IPCC 2013). ile yenilenen senaryolara bırakmıştır.

Küresel ölçekteki değişiklikler her bölgeyi aynı şekilde etkilememektedir. Küresel değişimleri tanımlayarak bölgesel değişimler üzerinde yorum yapmak hatalı sonuçlar verebilmektedir. İklim değişikliğini bölge bazında değerlendirmek için küresel çıktılarının ölçeğinin küçültülmesi gerekmektedir (Bozkurt ve ark. 2012, Önoğlu ve ark. 2014). Bölgesel iklim modelleri ile küresel iklim modellerinden elde edilen veriler ölçek küçültme yöntemiyle

daha detaylı hale getirilebilmektedir. Bu yöntemle bölgesel ve yerel ölçekteki sıcaklık ve yağış değişimleri daha net anlaşılabilir. Bu yöntemle bölgesel ve yerel ölçekteki sıcaklık ve yağış değişimleri daha net anlaşılabilir.

Dünya’da gelişmiş ülkelerde bölgesel iklim modelleri kullanılarak yapılan birçok iklim değişikliği çalışması olmasına karşın Türkiye’de bu durumun sınırlı olduğu görülmektedir. Bu projelerden en önemlisi Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMI) ile İstanbul Teknik Üniversitesi Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü’nün ortaklaşa yürüttüğü “Türkiye için İklim Değişikliği Senaryoları” başlıklı TÜBİTAK projesidir (Dalfes ve Karaca 2008). Bu proje kapsamında küresel iklim modelinden elde edilen A2 senaryosuna ait çıktılar, iki farklı bölgesel iklim modeli ile ölçek küçültme yöntemi kullanılarak 1961-2000 ve 2000-2099 zaman aralıkları için detaylandırılmıştır. Projenin ilk sonuçları Türkiye’nin İklim Değişikliği Birinci Ulusal Bildirimi’nde (UNDP 2007) yayımlanmıştır. Ayrıca Önal ve Semazzi (2009), Önal ve ark. (2007), Demir ve ark. (2007), Demir ve ark. (2008) Türkiye’de iklim değişikliği konusuna katkı sağlamışlardır.

Hidrolojik döngünün genel yapısını her ne kadar kavramak ve anlamak kolay ise de sistemdeki süreçleri ölçmek bir o kadar zordur. Bu süreçlerin arazi kullanım/razi örtüsü değişikliği ve iklim değişikliğine nasıl cevap vereceği arazi ve su kaynakları yönetimi açısından çok önemlidir. Topoğrafik şartlar, arazi kullanım/razi örtüsü, iklimsel koşullar ve insan müdahalesi gibi etkenler hidrolojik süreci etkileyen başlıca unsurlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu etkenlerin bir arada ele alındığı modelleme çalışmaları ile hidrolojik sürecin zamansal ve mekansal yapısı daha iyi anlaşılabilir.

Yağış-akış modelleri; deterministik (fiziksel), parametrik (ampirik) ve matematiksel modeller olarak sınıflandırılabilirler (Dawson ve Wilby 2001). Birçok, fiziksel tabanlı dağıtılmış havza modeli (AGNPS, SHE, TOPMODEL, WATFLOOD HECHMS, HEC 2000, SWRRB VE SWAT); akışları, sediment taşınımını, erozyonu ve besin taşınımını havza ölçeğinde tahmin etmek için geliştirilmiştir. Bu modeller zamansal ve mekansal olarak hidrolojik süreçleri hesaplayabilen, arazi kullanım/razi örtüsü değişikliği ve iklim değişikliğinin bu mekanizmaya nasıl etki ettiğini belirleyebilen modellerdir.

SWAT (Toprak Su Değerlendirme Aracı), (Arnold ve ark. 1998, Arnold ve Fohrer, 2005) su kaynakları ve noktasal olmayan kaynaklı kirlilik problemlerini geniş ölçekte, çevresel koşullarda ve küresel çapta değerlendirmek için etkili bir araçtır (Gassman ve ark. 2007). Önceki birçok çalışmada, SWAT modelinin, arazi kullanım/razi örtüsü ve iklim değişikliğinin hidrolojik bileşenlere etkisini belirlemedeki yeteneği ispatlanmıştır (Fan ve Shibata 2015, Nie ve ark. 2011, Guo ve ark. 2008, Zhou ve ark. 2013, Gassman ve ark. 2007).

SWAT modelinin geleceğe yönelik tahminlerinde, arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliği haritaları ve iklim modellerinden elde edilen meteorolojik parametreler modelde rahatlıkla girdi olarak kullanılabilir. EnviroGRIDS (2009) projesi buna güzel bir örnektir. Projede, Karadeniz Havzası'nda yapılan gözlemler sonucunda elde edilmiş bilgilere dayanan bir sistem kurulması ve bu sistem yardımıyla arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliği ve iklim değişikliği senaryolarının birlikte ele alındığı modelleme çalışmalarının yapılması amaçlanmıştır. Bossa ve ark. (2014) ise SWAT modelini bölgesel ölçüğe sahip bir havzada, iklim değişikliği ve arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliğinin su-sediment-besin verimini nasıl etkilediğini bulmak için kullanmışlardır. Çalışmada, yüzey akış, yeraltı suyu akışı, sediment taşınımı, fosfor ve azot veriminin arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliğinden (-%8 +%50), su verimi ve buharlaşmanın ise iklim değişikliğinden (-%31 +%2) etkilendiği ortaya koyulmuştur. Ayrıca Ngo ve ark. (2015) araştırmalarında, Kuzey Vietnam'da bulunan Da Nehri Havzası'nda arazi kullanım değişikliğinin yüzey akışa ve sediment verimine nasıl etki ettiğini SWAT modeli ile incelemişlerdir. 1995 ve 2005 yılları arasında arazinin orman alanlarından, tarım alanlarına ve yerleşim alanlarına dönüşmesi neticesinde, yıllık ortalama yüzey akışın 182,5 mm'den 342,7 mm'ye, sediment veriminin 101,3 ton ha⁻¹'den, 148,1 ton ha⁻¹'a çıktığını hesaplanmışlardır.

SWAT modeli ve CLUE-S modelinin birlikte ele alındığı modelleme çalışmalarında;

Farklı arazi kullanım politikalarının nehir akımlarını farklı seviyelerde etkilediği, bu politikaların ayrıca su kaynaklarının dağılımında ve hidrolojik döngünün değişiminde çok etkili olduğu (Xu ve ark. 2013) belirlenmiş, alt akış ve yüzey akış miktarının şehirleşmeden en fazla etkilenen parametreler olduğu, yağışlı mevsimlerde şehirleşmenin taşkın ve sel riskini arttırdığı (Zhou ve ark. 2013) ortaya koyulmuştur.

Arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliğinin su kaynaklarına etkisinin yanı sıra atmosferik koşulların en çok etkilediği hidrolojik süreçlerden bir tanesi de nehir akımlarıdır.

Farklı küresel iklim modelleri ve farklı sera gazı emisyon senaryoları altında (A1B, A2, B1, B2) elde edilen meteorolojik verilerin SWAT modeli ile analiz edilmesi neticesinde Xiangxi Nehri'nde akımların (%13-17), Huangfuchuan Nehri'nde ise (%73-121) arasında arttığı, yıl içindeki değişikliklerin taşkın deşarjını arttırdığı (%24-93), taşkın zamanının da yazdan sonbahara kaydığı ortaya koyulmuştur (Xu ve ark. (2011).

Türkiye'nin de içinde bulunduğu Güney Avrupa'da özellikle yağışlarda, gelecekte azalmalar öngörülmektedir (Christensen ve ark. 2007). Yağıştaki bu değişimlere bağlı olarak Akdeniz Bölgesi'nin su bütçesinde %50'ye varan azalmalar meydana gelecektir (Lehner ve ark. 2001). Türkiye için yapılan kapsamlı çalışmalardan bir tanesinde, Bozkurt ve ark. (2015)

olası iklim değişikliğinin 21. yüzyılın sonuna kadar Fırat ve Dicle Nehirleri'nin akımlarını nasıl etkileyeceğini araştırmışlardır. İki farklı küresel iklim modelinden, farklı karbon emisyon senaryoları ile elde edilen çıktılar ölçek küçültme yöntemiyle araştırma bölgesine indirgenmiş, Max Planck Meteoroloji Enstitüsü'nün HD hidroloji modelinde girdi olarak kullanılmıştır. Araştırmada, 21. yüzyılın sonunda ortalama yıllık akımların %19-58 arasında azalacağı sonucuna ulaşılmıştır.

Bu çalışmalara ek olarak Türkiye'de yapılan bazı çalışmalarda iklim değişikliğinin bölgesel havzalarda gelecekte nehir akımlarını nasıl etkileyeceği, bu bölgelerde bulunan barajların su bütçelerinin bu değişiklikten nasıl etkileneceği (Fıstıkoğlu ve Okkan 2011, Okkan ve Fıstıkoğlu 2014, Okkan 2015, Okkan ve İnan 2015), meteorolojik gözlemlere dayalı verilerin yağış-akış ilişkisini ve mevsimsel değişkenlikleri nasıl değiştirdiği (Türkeş ve ark. 1995, Türkeş ve Sümer 2004, Bostan ve Akyürek 2007, Türkeş ve Tatlı 2009) araştırılmıştır.

2.3. Sektörel Su Tahsisi

Son yıllardaki sanayileşme, nüfus artışı ve şehirleşme Türkiye'de sektörler arası su kullanımının rekabetini arttırmakla birlikte, kısıtlı olan temiz su kaynaklarının yönetiminde de birçok belirsizliğe sebep olmaktadır. En uygun su kaynakları tahsisinin amacı, belirli bir bölgede adil, etkin, sürdürülebilir su ilkesine dayalı, makul bir şekilde su talebini frenleyici, artan su teminini etkin, ekolojik çevreyi olumlu olarak koruyan yaklaşımlarla sınırlı su kaynaklarını bilimsel veriler ışığında yeniden dağıtmaktır (Niksokhan ve ark. 2009, Wang ve ark. 2007).

Tarımsal, endüstriyel ve kentsel faaliyetlerin sürdürülebilirliği açısından suya olan talebin gün geçtikçe arttığı Dünya'da FAO(2007) verilerine göre sektörler arası su kullanımında tarımsal faaliyetler %69, endüstriyel faaliyetler %19, evsel içme ve kullanma ise %12'lik paya sahiptir. Bu durum gelişmiş ve gelişmekte olan bölgeler için farklılık göstermektedir. Örneğin gelişmekte olan bir ülke durumundaki Türkiye'de %11'i sanayide, %16'sı kentlerde, % 73'ü tarımda olmak üzere toplam 44 milyar m³ su kullanılmaktadır. Bu miktar kullanılabilir 112 milyar m³ suyun %39'una karşılık gelmektedir (FAO 2013, evre ve şehircilik Bakanlığı 2011). Mevcut hükümetin su yönetimine yönelik 2023 yılı hedefinde kullanılabilir 112 milyar m³ suyun, sulamaya yeni açılacak tarım alanları ile birlikte % 64'ünün tarımda, %20'sinin sanayide ve %16'sının ise evsel kullanımda değerlendirilmesi yatmaktadır.

Her ne kadar yapılan planlamalar ülkelerin ortalama su kullanımlarını genel olarak yansıtsa da bu paylaşımların havza ölçeğinde ve bölgesel ölçekte farklılık gösterdiği bir

gerçektir. Sektörel ihtiyaçların havza bazında ele alınması birçok belirsizliği de ortaya çıkarmaktadır. Havza su tahsisi için öncelikle havzalar arasında su paylaşımını belirlemek üzere, ülke düzeyinde bölgesel veya alt havza tahsis planlarının bulunması, havzadaki taşkın yönetiminin belirlenmesi, havzadaki su kullanıcılarının ve hidroelektrik enerji üretimi gibi diğer su planlamalarının bilinmesi gerekmektedir (Yıldız 2015). Özellikle Dünya’da su kısıtı yaşayan bölgelerin başında Ortadoğu ve Afrika gelmektedir. Araştırmacılar bu bölgelerdeki su tahsisini ve bu tahsise yönelik planlamaları detaylı olarak analiz etmektedirler. Bu analizlerde daha çok, sektörel su tahsis planlamasında etkin bir uygulama aracı olan WEAP modelinden (Yates ve ark. 2005) faydalanılmaktadır.

İklim değişikliği, nüfus artışı, ekonomik gelişmeler ve çevresel hususlarının sektörel su ihtiyacına etki ettiği Kuzey Afrika ve Ortadoğu hattında 2050 yılında su talebinin yılda 393 km³ artacağı ve su açığının 199 km³ olacağı hesaplanmış, bu açığın %22’sinin iklim değişikliğinden, %78’inin ise ekonomik gelişmelerden kaynaklanacağı sonucuna varılmıştır (Droogers ve ark. 2012).

Cezayir’in batısında yağış azlığı bulunan bölgelerde bugünkü koşullarda ne tarımsal sektörün ne de kentsel su ihtiyacının karşılanamadığı, 2030 yılına yönelik yapılan iyimser senaryolarla kentsel su ihtiyacının karşılanabildiği ancak tarımsal ihtiyaçta hala su açığı yaşanacağı belirlenmiştir (Hamlat ve ark. 2012).

Su tahsis planları farklı senaryolar altında incelenebilmektedir. Al-Omari ve ark. (2009) yaptıkları çalışmada, Ürdün’ün Amman Zarqa Havzası’nda sektörel su kullanımının gelecekteki durumunu (2025 yılı) WEAP modeli ile farklı senaryolar altında irdelemişlerdir. Bugünkü koşullar ve iyimser koşulları içeren senaryoların, gelişmiş arıtma yöntemleri ve Kızıldeniz Kanalı senaryolarının ele alındığı çalışmada, evsel talep ve tarımsal talebin birlikte karşılanamadığı, evsel ve endüstriyel talebin karşılanabildiği, tarımsal talebin ise bugünkü koşulları içeren senaryo ile karşılanamadığı sonucuna varmışlardır.

Sanayi, tarım ve kentsel su kullanımındaki rekabet özellikle yüzey su kaynaklarına olan baskıyı daha da arttırmaktadır. Yüzey su kaynaklarının yeterli olmaması durumunda yeraltı suyundan faydalanılmaktadır. Ancak mali ve teknolojik kısıtlamalar yeraltı suyu keşifleri için su kaynaklarında tatmin edici bir gelişmeyi kısıtlamaktadır (Höllermannve ark. 2010).

WEAP modeli hidrolojik bir model olmasına karşın havzalardaki hidrolojik süreçleri tanımlayan diğer hidrolojik modellerle de uyumlu çalışabilmektedir. Tena Bekele ve ark. (2015) yaptıkları çalışmada, Etiyopya’nın Didessa Alt Havzası’nda çevresel, kentsel ve tarımsal su ihtiyacını WEAP modeli ile belirlemişlerdir. Sektörler için gerekli yüzey suları

akımları ise SWAT modeli ile belirlenmiş, 2050 yılında Didessa Nehri'ndeki toplam yıllık su akışının 1,101milyar m³ yani %10,3 azalacağı ve sektörel su ihtiyacının karşılanamayacağı sonucuna varılmıştır.

Türkiye'de havza bazında, sektörlerin (yerleşim alanları, endüstri alanları ve tarım alanları) bir arada ele alındığı su tahsisine yönelik kapsamlı çalışmalar sınırlı sayıdadır. Bu alanda yapılan çalışmalara göz attığımızda;

Harmancıoğlu ve ark. (2008) yaptıkları çalışmada birbirinin devamı niteliğindeki "OPTIMA" ve "SMART" isimli Avrupa Birliği Projeleri'nde Gediz Havzası'nda sektörler arası su tahsisini incelemişlerdir. Mevcut eğilimler göz önünde bulundurularak iyi, kötü ve bugünkü koşulları yansıtan farklı senaryolarla, tarımsal, evsel ve endüstriyel su kullanımının mevcut ve gelecekteki durumu ortaya koyulmuştur. Sonuç olarak sulu tarım alanlarının su kısıtından en fazla etkilenecek sektör olduğunu, kurak dönemlerde endüstriyel su ihtiyacının bir bölümünün yeraltı suyundan karşılanamayacağını, evsel su ihtiyacının iyimser senaryoda karşılanabileceğini, kötümser senaryoda ise karşılanamayacağını, sulama sistemlerinde yapılacak iyileştirme ile su kısıtının azalacağını belirlemişlerdir.

Orman ve Su İşleri Bakanlığı'nın Nisan 2015'te başlattığı "Seyhan Havzası Sektörel Su Tahsis Planı Hazırlanması Projesi" sektörler arası su tahsisine yönelik bugüne kadar ki en kapsamlı çalışma olarak göze çarpmaktadır. Farklı disiplinlerden araştırmacıların bir araya geldiği bu projede;

- Havzanın kullanılabilir su potansiyeli,
- Havzada çevresel, sektörel ve münferit olarak su ihtiyaçları,
- Kuraklık öngörüsüne karşılık alınacak tedbirler,
- Su kaynaklarının korunması için en uygun kullanım yaklaşımları,
- Sektör bazında bir su yılı içinde su ihtiyacı ve havzaya özgü en uygun sektörel faaliyetler belirlenecektir.

Trakya bölgesinde daha önce sektörler arası su tahsisine yönelik bir çalışma yapılmamıştır. Sektörler arası su tahsisine yönelik bir çalışma olmasa da;

İstanbulluoğlu ve ark. (2007) araştırmalarında, Trakya Bölgesinin kent-kır nüfusu ve hayvan varlığının ihtiyacı olan içme ve kullanma suyu miktarını nüfus projeksiyonları doğrultusunda gelecek için belirlemeye çalışmışlardır. Çalışmada, 2020, 2030, 2040 ve 2050 yılları için toplam içme ve kullanma suyu miktarları sırasıyla; 1,45, 1,94, 2,58 ve 3,44 km³ olarak hesaplanmıştır. Araştırmacılar, artan nüfus ve aldığı göçler nedeniyle bölgede içme ve kullanma suyuna olan talebin hızla artmasının yanında, tarımın ve yoğun endüstrileşmenin

ihtiyaç duyduğu su miktarının karşılanamayacağını ve önlem alınmadığı takdirde büyük su krizlerinin yaşanacağını öngörmüşlerdir.

2.4. Sel ve Taşkın Duyarlılığı

Artan nüfus ve beraberinde getirdiği şehirleşme, arazinin mekânsal örüntüsünü hızla değiştirerek geçirimsiz yüzeylerin artmasına ve ani yağışlarda daha fazla yüzey akışa sebep olmaktadır. Bu durum taşkın ve sel riskini arttırmaktadır. Sel ve taşkın riski problemlerinde bilgi temini, afetzedede ve kurumlar arasındaki koordinasyonun iyileştirilmesi çalışmaları için günümüzde CBS sistemleri sıkça kullanılmaktadır. CBS yardımıyla belli ölçütler kullanılarak elde edilen taşkın duyarlılık alanları, modelleme çalışmalarıyla (Danish Hydraulic Institute 2001, Sobey 2001, HEC-RAS 2002) elde edilen sonuçlara göre daha az detaylı olsa da, güvenilir sonuçlar vermektedir.

Çok Kriterli Karar Verme Analizi (ÇÖKA) yöntemiyle elde edilen bu haritalarda hangi arazi sınıfının ne derecede taşkın riskinden etkileneceği genel olarak belirlenebilmektedir. CBS-ÇÖKA'nın bütünleşmesi karar verme sürecinde planlı ve programlı ilerleme kaydedilmesine ve karar vericilere daha tutarlı kararlar alınmasında fayda sağlamaktadır (Eastman ve ark 1993, Ascough ve ark 2002). Özellikle kentsel gelişim alanları planlanırken bu yöntemle elde edilen haritalar şehir plancılarına çok fayda sağlamaktadır.

Özcan ve ark. (2009)'a göre taşkın risk alanlarını belirlemeye yönelik yapılan hesaplamalarda hidrolojik modelleme yöntemi ÇÖKA yönteminden daha doğru bir sonuç ortaya koymaktadır.

Öztürk (2009) yaptığı çalışmada ÇÖKA yöntemleri ile Güney Marmara Havzası'nda sel ve taşkın duyarlılığını belirlemeye çalışmıştır. ÇÖKA ve CBS entegrasyonuna dayalı bir modelin tasarlandığı çalışmada, önerilen model ve geliştirilen ara yüz kullanılarak elde edilen sonuçlar taşkın gözlem verileriyle karşılaştırılmış, modelin tutarlı değerler ortaya koyduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Yalçın (2012) ise İstanbul Avrupa yakasında sel ve taşkına duyarlı alanları ÇÖKA yöntemi ile araştırmış, elde edilen duyarlılık alanlarının rasyonel yöntemle üretilmiş sel ve taşkın alanlarına %97 oranında benzerlik gösterdiği sonucuna varmıştır.

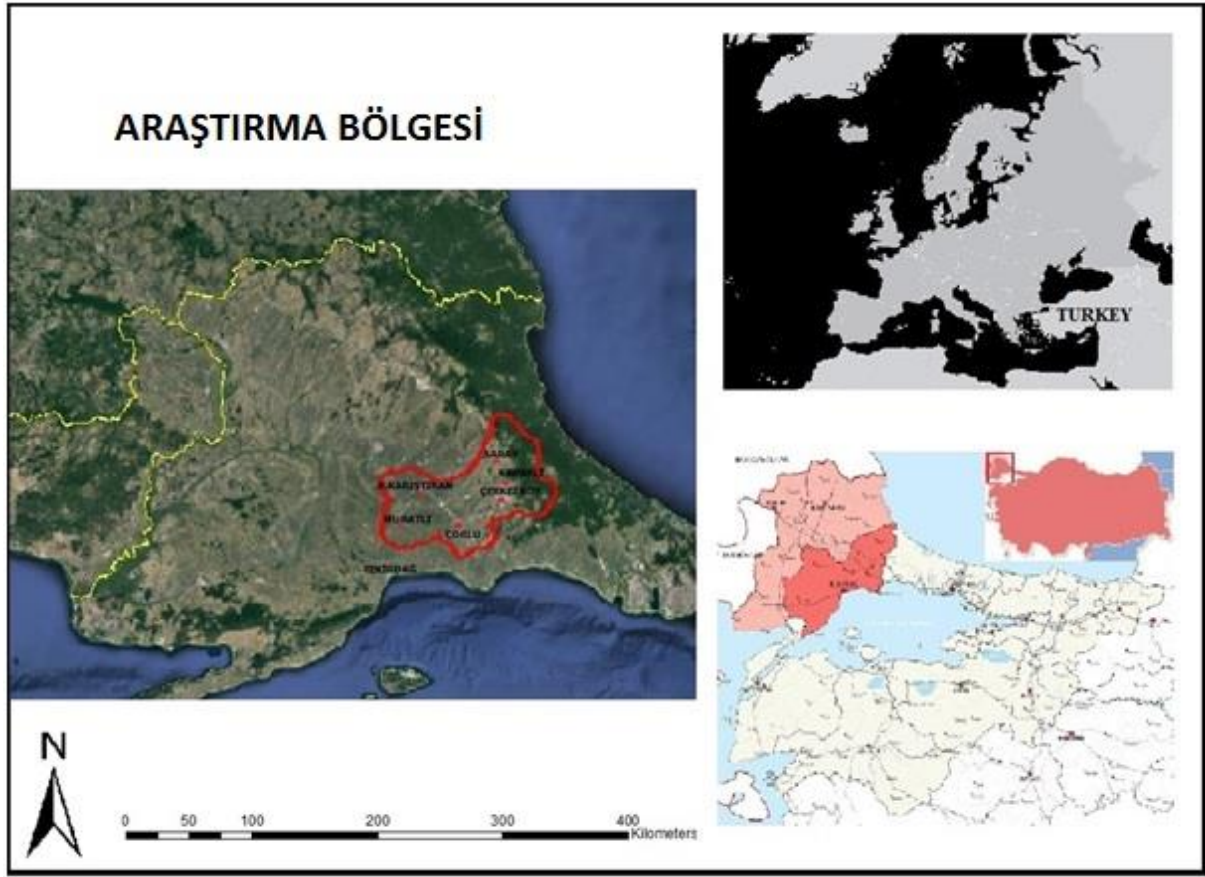
3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma bölgesi

Trakya Bölgesi; Türkiye'nin ticari, siyasi ve sosyo-kültürel açıdan en fazla gelişmiş bölgelerinden biri olan Marmara Bölgesi'nde yer alması, İstanbul'a ve Avrupa'ya yakın olması sebebiyle ülke açısından stratejik öneme sahip bir alandır. Bölge, kendi içerisindeki gelişme dinamikleri dikkate alınarak 1/100000 ölçekli Trakya Çevre Düzeni Planı'nda farklı planlama bölgelerine ayrılmıştır.

Trakya Bölgesi'nin sanayi ve hizmet odaklı doğu kısmı, sanayi alanlarının ve yerleşim alanlarının en yoğun olduğu bölge niteliği taşımaktadır. Arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliğinin en fazla yaşandığı bu bölge, göç, nüfus artışı, sanayileşme ve şehirleşme dinamiklerinin geçmişte olduğu gibi gelecekte de ivme kazanarak artacağı bir sıcak nokta (hot spot) konumunda yer almaktadır. Araştırma bölgesinin büyük bir kısmını oluşturan Çorlu ve Ergene Dereleri'ne ait havza sınırları, Çorlu ilçe merkezinin bir kısmını ve bazı sanayi alanlarını kapsamamaktadır. Bölgedeki yerleşim alanlarının ve sanayi alanlarının gelecekteki mekânsal değişimini tam olarak ortaya koyabilmek açısından, araştırma bölgesi; ilçe merkezlerine ait yerleşim alanlarını ve Çerkezköy, Saray, Muratlı Çorlu, Büyükkarıştıran bölgesindeki tüm organize sanayi alanlarını kapsayacak şekilde genişletilmiştir. Şekil 3.1 ve Çizelge 3.1'de araştırma bölgesinin konumuna ve bazı fiziksel özelliklerine ait bilgiler sunulmaktadır.



Şekil 3.1. Araştırma bölgesinin konumu

Çizelge 3.1. Araştırma bölgesinin bazı fiziksel özellikleri

Araştırma bölgesinin alanı (km ²)	1937,41
Araştırma bölgesinin çevre uzunluğu (km)	228,79
Araştırma bölgesine ait havzanın su toplama alanı (km ²)	1504,92
Araştırma bölgesine ait havzanın çevre uzunluğu (km)	342,22
Araştırma bölgesinin maksimum yüksekliği (m)	490
Araştırma bölgesinin minimum yüksekliği (m)	35
Havza koordinatları	27°4'-28°2'E 41°06'-41°57'N

Araştırma bölgesi başlıca iki ana alt havzadan oluşmaktadır. İlki Çorlu Deresi'ni kapsayan, diğeri ise Ergene Deresi'ni kapsayan havzalardır. Tekirdağ İl Çevre ve Orman Müdürlüğü (2005) verilerine göre havzanın önemli akarsularından olan ve Çerkezköy'ün doğusunda Istranca Dağları'ndan doğan Çorlu Deresi'nin toplam uzunluğu 86 km, Tekirdağ'ın Saray ilçesinin kuzeyindeki Yıldız Dağları'nın 312 m rakımlı Taşpınar Tepesi

civarındaki kaynaklardan doğan Ergene Deresi'nin uzunluğu ise 91 km'dir. Ergene Deresi ve Çorlu Deresi, Muratlı ilçesi yakınlarında birleştikten sonra Ergene Nehri adıyla Ege Denizi'ne doğru akışını sürdürmektedir.

3.1.2. İklim

Anonim (2013)' de belirtildiği üzere araştırma bölgesinin iklimi ve arazi özellikleri genellikle Ergene Havzası ile aynı karakteristiğe sahip olup yazları genellikle kurak, kışları orta derecede yağışlı ve soğuk karasal iklim tipinin etkisi altındadır. Aralık ve Ocak ayları yılın en yağışlı, Temmuz ve Ağustos en az yağışlı aylardır. Yıllık ortalama yağış 600 mm civarında olup, ortalama sıcaklık 13°C civarındadır. Sadece Saray ilçesinin yüksek yerlerinde yağışlar topoğrafik koşullar nedeniyle bölge ortalamasının üzerindedir.

3.1.3. Arazi örtüsü

(Anonim 2010)'a göre araştırma bölgesinde başlıca arazi örtüsü tarım ve orman alanlarıdır. Özellikle Çorlu ilçesi Tekirdağ il sınırları içerisinde en fazla tarım alanına sahip bölgedir. Daha çok kuru tarımın yapıldığı bölgede sulu tarım alanları yok denecek kadar azdır. Bölgede başlıca ekilen bitkiler arasında buğday, ayçiçek, kanola ve mısır önemli yer tutmaktadır. Saray, Çerkezköy ve Kapaklı civarı orman varlığı açısından daha zengindir. 1/25000 ölçekli toprak haritasına göre Kireçsiz Kahverengi (U), Vertisol (V) toprak grubu tarım arazilerinin içerisinde önemli yer teşkil etmektedir.

3.1.4. Jeolojik yapı

Anonim (2010)'a göre; Araştırma bölgesinin büyük bir kısmı Trakya Kocaeli pennepleni (yarıova) ile kaplıdır. Bu platolar bir aşınma yüzeyi özelliği taşır. Bu yarı ovaların ortalama yükseltisi 150-200 m seviyesindedir. Çorlu ilçesi sınırları içinde kalan kesimlerde, Seymen-Çorlu ve Marmaracık-Ulaş arasında topraklar önemli ölçüde aşınmıştır. Kuzey ve doğu kesimler batı ve güney kesimlere göre daha engebeli ve yüksektir. Jeolojik yapı ise oldukça gençtir. I. zamanda aşınmalar nedeniyle denizlerin dibinde karasal kökenli tortular oluşmuş, II. zamanda yükselme-alçalma hareketleri başlamış ve araştırma alanının içinde bulunduğu Tekirdağ tamamen su altında kalmıştır. Daha önceden kıvrılmış ve sertleşmiş olan eski temel ve tortul tabakalar da yer yer kırılmış ve kıvrılmıştır. III. zamanın sonunda, Neojende Tekirdağ yeniden alçalmış ve düzleşmiştir. Dirençsiz kesimler boyunca yüzeye çıkan lavlar, Muratlı ilçesinin Deregündüzlü Köyü çevresindeki bazaltları oluşturmuştur. En kısa jeolojik dönem olmasına karşın, İl'in yapısının belirlenmesi açısından en önemli jeolojik dönem IV. zamandır. Tekirdağ ili, günümüzdeki görüntüsünü IV. zamanda almıştır. Anadolu ve Trakya yükselirken Ege, Marmara ve Karadeniz Havzaları alçalmıştır. Tekirdağ ilinde bu

zamanda ortaya çıkan Marmara Çukuru ve Ganos Körfezi arasında, Muratlı ve Çorlu ilçelerinden başlayarak güneybatıya uzanan üç kırık çizgi oluşmuştur.

3.1.5. Hidrojeoloji (Yeraltı suları)

Anonim (2010)'a göre; Trakya Alt Bölgesi'nde akarsular, kuzeyde Istranca Dağları'ndan doğup, güney ve güneybatıya doğru yönelerek akmaktadır. Dolayısıyla bölgedeki yüzeysel akış ve yeraltı suyu beslenmesi, kuzeyden güneye doğru olmaktadır. 18812 km²'lik alan kaplayan Trakya Alt Bölgesi'nin 10952 km²'lik kısmı "Ergene Havzası" olarak isimlendirilmektedir. Yeraltı suları açısından önem taşıyan alan da burasıdır. Ergene Havzası, Ergene Nehri ile Çorlu Dereleri'nin başlangıç kesimleri ve bu nehirlere ait yüzey beslenme alanlarını kapsamaktadır. Ergene Nehri, İnanlı köyü yakınlarında Çorlu Deresi ile birleşerek, akışına Ergene Nehri olarak devam eder ve tüm Trakya Alt Bölgesi Havzası'nı kaplar.

3.1.6. Akiferler (Sutaşlılar)

Anonim (2010)'a göre, inceleme alanının büyük bir kesiminde gözlenen Ergene Formasyonu ve Trakya Formasyonu ise akifer potansiyeli yönünden önemlidirler. İnceleme alanında yer alan geçirimli ortamlar yüzeyden su alabildikleri ve bu suyun sızmasını engelleyen geçirimsiz bir litoloji olmadığı için serbest akifer niteliğindedir. Havzanın büyük bir kesiminde gözlenen akiferin kalınlığı güneyde 900 m, kuzeyde 100 m arasında değişmektedir.

3.1.7. Enerji

Anonim (2010)'a göre, Tekirdağ ilinde zengin doğalgaz ve linyit kömürü yatakları bulunmaktadır. İlde birçok bölgede farklı elektrik üretim santrali faaliyet göstermektedir. Araştırma bölgesinde bu santraller daha çok Çorlu ve Çerkezköy bölgesinde yoğunlaşmıştır. Yenilenebilir enerji açısından bölgede güneş enerjisinin potansiyeli rüzgar enerjisine oranla daha fazla olmasına rağmen ulusal enerji planlarında kuzey bölgelerin lisanslı üretim tesisi kurmasına ilk etapta izin verilmeyeceğine karar verilmiştir. Araştırma bölgesinde rüzgar potansiyeli özellikle Çorlu ve Çerkezköy ilçelerinde daha fazladır. Bu kaynaklara ilave olarak Trakya Bölgesi'nde kayagazı ile ilgili çalışmaların da yapılacağı planlanmaktadır.

3.1.8. Sanayi

Anonim (2013)'de belirtildiği gibi araştırma alanı içerisinde 10 adet Organize Sanayi Bölgesi; Çerkezköy, Çorlu Deri, Ergene1, Ergene2, Veliköy, Velimeşe, Muratlı, Türkgücü, Karaağaç, Yalıboyu ve 1 adet Avrupa Serbest Bölgesi (ASB) bulunmaktadır. Mevcut alanlarda yaklaşık 1100 sanayi tesisi faaliyet göstermektedir. Bölgede sanayi siciline kayıtlı firmaların dağılımına göz atıldığında; tekstil, dokuma, giyim ve deri sanayi %33'lük pay ile

ilk sırada yer alırken, onu %23'lük payla; gıda, içki ve tütün sanayi, %11'lik payla; taş, toprak ve maden sanayi, %10'luk paylarla; makine, teçhizat, otomotiv yan sanayi ile plastik, kimya, boya ve cam sanayi takip etmektedir. Yine bölgede özellikle Çerkezköy-Çorlu-Lüleburgaz aksı üzerinde, OSB dışında yer alan sanayi varlığının özellikle arıtma tesisi konusunda altyapı eksikleri bulunmaktadır. Bu bölgede yer alan plansız sanayi varlığının kontrollü bir yapıda muhafaza ve gelişimine imkân vermek üzere bir planlama çalışması yapılması öncelikli konular arasındadır.

3.1.9. Ulaşım

Anonim (2013)'de belirtilen bölgenin ayrıntılı ulaşım bilgilerinde, uluslararası öneme sahip olan İstanbul-Kapıkule TEM otoyolunun (O-3), araştırma bölgesindeki ulaşım alt yapısının ana aksını oluşturduğu ifade edilmektedir. İstanbul ile bağlantıyı sağlayan doğu-batı yönündeki diğer önemli karayolları ise İstanbul-Kapıkule bağlantısı D100 Karayolu, D020 Karayolu, Kınalı-Çerkezköy-Kırklareli-Edirne Devlet Yolu'dur. D100 Karayolu, Kınalı-Çorlu arasında ve bazı şehir geçişlerinde bölünmüş yol durumunda olup büyük bölümünde 2x1 iz genişliğindedir. D020 Karayolu'nun ise sadece Çerkezköy O-1 Otoyolu arasındaki kısmı bölünmüş yoldur. İstanbul-Sirkeci'den başlayan demiryolu hattı, Edirne ili sınırlarından Kapıkule hudut kapısı ile Bulgaristan'a, Pazarkule ve İpsala hudut kapıları ile Yunanistan üzerinden Avrupa'ya bağlantı sağlamaktadır. İstanbul'dan Trakya Alt Bölgesi'ne giden bölgesel yolcu trenleri Sirkeci'den hareket edip Çerkezköy, Çorlu, Muratlı istasyonlarından Uzunköprü ve Edirne istasyonlarına yolcu ve yük taşımacılığı yapmaktadır. Avrupa hızlı tren projesinin bir parçası olan Halkalı ile Bulgaristan sınırı arasındaki bölüm tamamlandığında Halkalı-Çatalca-Çerkezköy-Büyükkarıştıran-Lüleburgaz-Babaeski-Edirne ve Kapıkule'de olmak üzere 8 istasyon, Karaağaç ve Büyükkarıştıran'da 2 adet lojistik köy yer alacaktır. Yerel ölçekte yapımı devam eden Tekirdağ-Muratlı-Büyükkarıştıran Demiryolu projesinin güzergahı ise 45 km uzunluğunda olacaktır. Proje tamamlandığında Tekirdağ Limanı'nın mevcut demiryolu ile bağlantısı sağlanmış olacaktır. Demiryolu ağının gelişmesi Trakya Bölgesi'nin mevcut ticari potansiyeline, turizm ve kültürel faaliyetlerine önemli katkı sağlayacaktır.

3.1.10. Nüfus

Araştırma alanı Trakya Bölgesi'nin en fazla nüfusa sahip bölgesidir. Özellikle 1990'lı yıllardan sonra hızlı sanayileşme beraberinde göçü getirmiş ve bölgenin nüfusu da bununla birlikte hızla artmıştır. TÜİK 2015 verilerine göre Çorlu ilçesi 245588 kişilik nüfusu ile araştırma bölgesinin en fazla nüfusa sahip yerleşim yeridir. Çorlu ilçesini nüfus büyüklüklerine göre sırası ile; Çerkezköy, Kapaklı, Ergene, Saray ve Muratlı ilçeleri takip

etmektedir. Araştırma alanındaki yerleşim yerlerine ait nüfus sayıları Çizelge 3.2’de belirtilmiştir.

Çizelge 3.2. Araştırma bölgesini kapsayan ilçelerin nüfusları (TÜİK 2015)

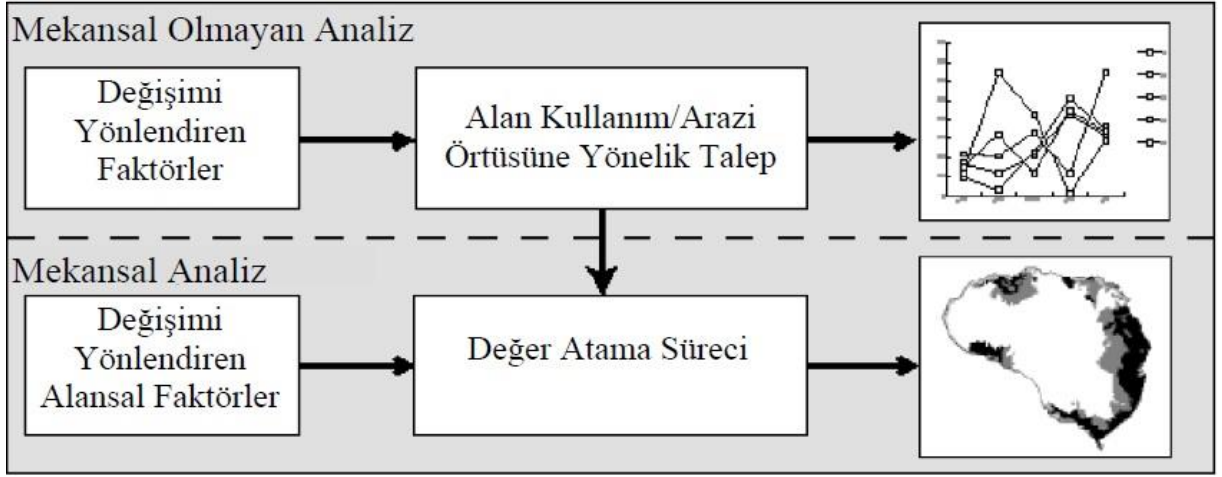
İlçe	Toplam kişi
Çorlu	245588
Çerkezköy	133626
Kapaklı	97700
Ergene	58311
Saray	48272
Muratlı	26987

3.1.2. CLUE-S (Conversion of Land Use Change and its Effects at Small Regional Extent) modeli

CLUE (Arazi Kullanım Dönüşüm ve Etkileri Modelleme Çerçevesi), (Veldkamp ve Fresco 1996, Verburg ve ark. 1999) arazi kullanım ve onun yönlendirici faktörleri arasındaki ampirik sayısallaştırılmış ilişkilerini kullanarak arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliğini modellemek için geliştirilmiştir. Daha çok kıtasal ve ulusal ölçekler için geliştirilen modelin Kosta Rika, Ekvador, Honduras, Orta Amerika, Çin, Endonezya, Filipinler, Malezya, Venezuela ve Vietnam’da uygulamaları bulunmaktadır.

CLUE-S (Arazi Kullanım Dönüşümünün Küçük Bölgesel Alanlardaki Etkileri) modeli ülkesel ve kıtasal ölçekli çalışmalar için geliştirilen CLUE modelinin, yerel ve bölgesel ölçeklerdeki çalışmalarda uygulanabilmesi doğrultusunda geliştirilmiştir (Verburg ve ark. 2002). Çok ölçekli arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliği olan bu model arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliğini yönlendiren biyofiziksel ve sosyo-ekonomik kuvvetlerin etkisini anlamak ve tahmin etmek için kullanılmaktadır. CLUE modelinde mekansal çözünürlük 7x7-32x32 km olmasına karşın CLUE-S modelinde bu çözünürlük birkaç metreden 1x1 km’ye değişmektedir

Modelin genel yapısı mekansal olmayan talep ve mekansal değer atama sürecinden oluşmaktadır (Verburg ve ark. 2002, Verburg 2010), (Şekil 3.2). Mekansal olmayan bölümde, alansal değişim talepleri bütün arazi kullanım/arazi örtüsü için hesaplanmaktadır.



Şekil 3.2. CLUE-S modelinin genel yapısı (Verburg 2010)

CLUE-S sadece, talep edilen arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliğini mekansal olarak çalışma alanına yansıtmaktadır. Arazi kullanım/arazi örtüsü talep miktarları için eğilim analizleri ve karmaşık ekonomik modeller kullanılabilir. Arazi kullanım/arazi örtüsü şekillerine yönelik talep, her yıl için ayrı olarak belirlenmekte ve dağıtım modülünün doğrudan girdi verisi olarak kullanılmaktadır (Verburg ve ark. 2002). Mekansal değer atama sürecinde her yıl için belirlenen arazi kullanım/arazi örtüsü talepleri, arazi sınıflarını yönlendiren faktörler doğrultusunda dinamik olarak modellenmektedir.

Mekansal analiz bölümünde ise öncelikle bağımlı değişkenler ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişki lojistik regresyon istatistiği ile ortaya koyulmaktadır. Bağımlı değişkenler, çalışma alanının gerçek arazi kullanım/arazi örtüsünü oluştururken, bağımsız değişkenler ise arazi kullanım/arazi örtüsünü yönlendiren faktörlerdir. Kabul edilen yönlendirici güçlerin listesi, arazi kullanım/arazi örtüsü yönlendirici faktörlerinin genel kabul gören teorilerine (Lambin ve ark. 2001, Kaimowitz ve Angelsen 1998, Turner ve ark. 1993) ve çalışma alanındaki koşullar hakkındaki bilgiye dayanmaktadır.

Yapılan mekansal analizlere ek olarak, arazi kullanım/arazi örtüsü sınıfının özelliklerini, bu sınıfların birbirleriyle olan ilişkilerini, değişimleri engelleyen ve kısıtlayan durumları modelleme sürecine dahil etmek gerekmektedir. Bu durumlar dönüşüm elastikiyetleri ve dönüşüm matrisleri olmak üzere karar kuralları başlığı altında belirlenmiştir.

Arazi kullanım türleri ve bölgeye özel karar kuralları kullanıcı tarafından belirlenebilmektedir (Verburg ve ark. 2002). Bölgeye özel kararlar; doğal alanlar, özel koruma alanları, sit alanları vb. alanlar olabilmektedir. Bu alanlarda dönüşüme genellikle izin verilmemektedir. Bazı arazi kullanım/arazi örtüsü sınıfları diğer sınıflara kolayca dönüşebilirken bazılarının ise geri dönüşü olmamaktadır. Her bir arazi kullanım/arazi örtüsü

sınıfı için karar kuralları bölgenin yapısına bağlı olarak dönüşümü kolay olan, dönüşümü kolay olmayan ve ikisi arasında görece elastikiyet durumu olan şekilde belirlenmektedir.

Arazi kullanım/arazi örtüsü sınıfları için belirlenen mekansal talepler doğrultusunda lojistik regresyon analizi ile belirlenen olasılık değerleri, tekrarlama (iteratif) süreci ile birlikte çalışma alanını temsil eden plankarelere atanmaktadır. Simulasyon sonucu talep edilen arazi kullanım/arazi örtüsü miktarları gerçek değerleri ile örtüşmüyorsa karar kuralları ve tekrarlama değeri tekrar gözden geçirilmektedir. Simulasyon değerleri gerçek değerleri yakalayınca kadar model çalıştırması tekrarlanmaktadır.

Modelin kalibrasyon aşamalarında öncelik, lojistik regresyon analizinin ROC analizi ile değerlendirilmesidir. ROC değerinin 0,7 den büyük olması gerekmektedir. Diğer bir aşama ise her bir bağımlı değişken için elde edilen olasılık haritalarının değerlendirilmesidir. Bu aşamalar modelleme sürecinin iyi işleyip işlemediğini göstermektedir. Son aşamada, elde edilen simulasyon haritasının plankare bazında gerçek harita değerleriyle karşılaştırılmasıdır. Modelin doğruluğu belirlendikten sonra, geleceğe yönelik arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliği, farklı senaryolar çerçevesinde analiz edilmektedir. CLUE-S modelinin;

- Uluslararası düzeyde birçok farklı coğrafik bölgede güvenilir sonuçlar doğrultusunda uygulama alanı bulmuş olması,
- Farklı arazi kullanım/arazi örtüsü yapısını aynı anda farklı çevresel ve sosyo-ekonomik yönlendirici faktörler doğrultusunda analiz edebilmesi,
- Modelleme sürecinde farklı uzman görüşlerinin, ulusal ve bölgesel çaptaki plan kararlarının özellikle senaryo aşamasında modele kolayca entegre edilebilmesi,
- Esnek yapısı sayesinde hem dinamik hem mekânsal çözümlenmelere olanak sağlaması gibi avantajları bu yazılımın araştırmada tercih edilmesinde etkili olmuştur.

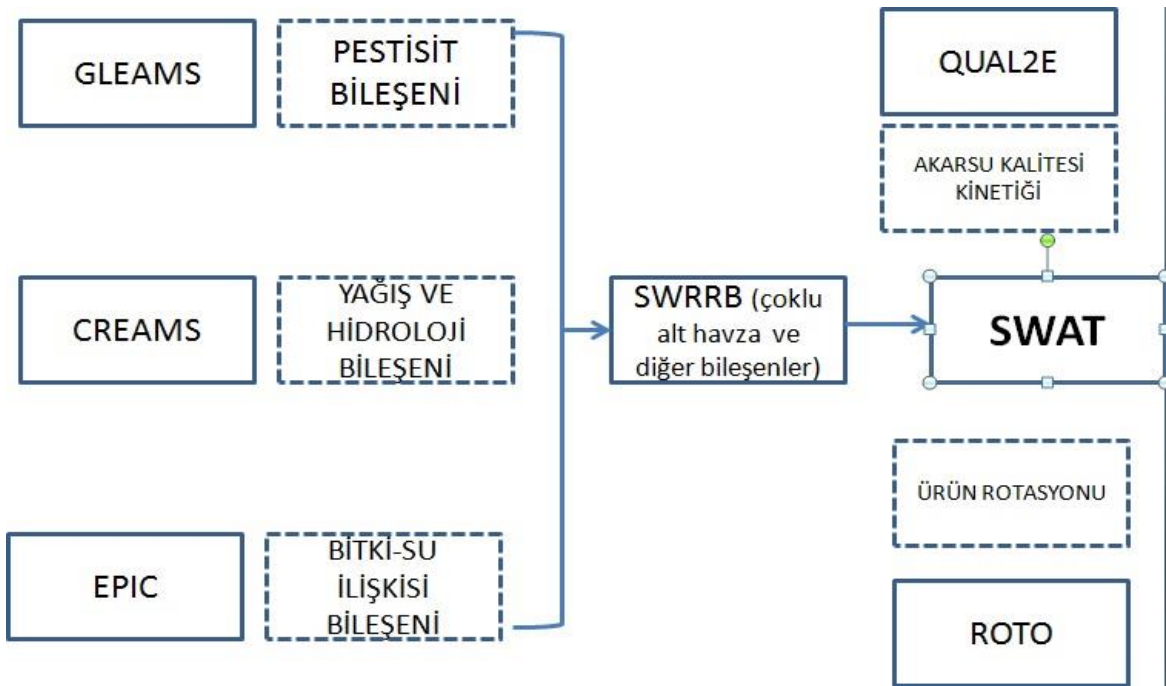
Model birçok avantajının yanı sıra;

- Girdi haritalarında en fazla 1200X1200 plankareye izin vermesi
- Analiz aşamasında en fazla 10 bağımlı değişken ve 30 yönlendirici faktörü ele alabilmesi
- Arazinin yapısında değişikliğe sebebiyet verebilecek, gelecekteki olası yönlendirici faktörlerin modele girilememesi gibi bazı olumsuz kısıtlamalara sahiptir.

Modelin çerçevesine ve yapısına dair teorik ve uygulamalı bilgiler Verburg (2010) tarafından detaylı olarak sunulmuştur.

3.1.3. SWAT (Soil Water Assessment Tool) Modeli

SWAT (Toprak Su Değerlendirme Aracı), Amerika Birleşik Devletleri'nde (A.B.D) kırsal havzalarda noktasal olmayan kirlenmenin uzun dönemli etkilerini belirlemek, su kaynaklarının yönetimi ve nehir ölçekli havzalarda temel hidrolojik işlemlerin anlaşılmasını sağlamak için geliştirilmiş bir havza modelidir (Arnold ve ark. 1998). SWAT modelinin geliştirilmesine 1990'lı yılların başlarında Amerika Birleşik Devletleri Tarım Departmanı (USDA) ve Tarımsal Araştırmalar Servisi tarafından başlanmıştır (ARS). Şekil 3.3'de modelin tarihsel gelişimi gösterilmektedir.



Şekil 3.3. SWAT modelinin tarihsel gelişimi (Gassman ve ark. 2007)

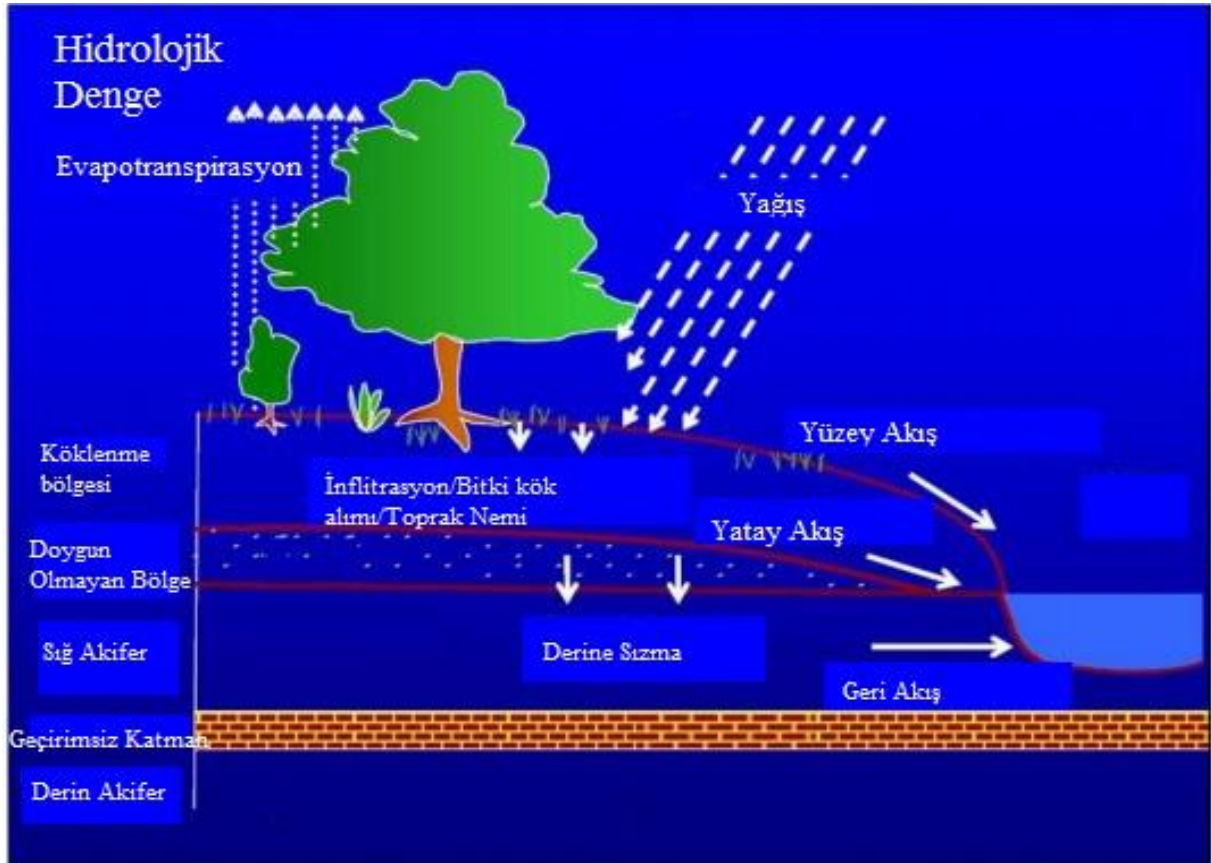
Parametrik havza tabanlı, sürekli zamanlı bir model olan SWAT farklı toprak yapısı ve arazi kullanım/arazi örtüsü koşullarında yüzey su miktarını, sediment taşınımını, tarımsal kaynaklı kirlilik yüklerini uzun zaman dilimlerinde hesaplayabilen bir modeldir. Sadece büyük havzaları değil küçük havzaları da başarıyla modelleyebilmektedir (Gassman ve ark. 2007). Model A.B.D. ve Avrupa'nın birçok farklı bölgesinde iklim değişikliği, insan aktiviteleri (Gassman ve ark. 2007), vb. faktörlerin su kaynaklarına etkilerini günümüz ve gelecek açısından analiz etmek için kullanılmıştır. Özellikle su kaynakları yönetiminde söz sahibi olan devlet kurumlarının planlamaya yönelik ihtiyaçları için sıkça tercih edilen bir yazılımdır.

Modelin ana bileşenleri; iklim, hidroloji, bitki gelişimi, bitki besin elementleri, zirai ilaçlar (pestisit), toprak özellikleri, bakteri, patojenler ve arazi yönetimidir.

Modelin çalıştırılabilmesi için, sayısal yükseklik haritası (DEM), arazi kullanım/arazi örtüsü haritası, eğim haritası, toprak özellikleri ve meteorolojik verilere, evapotranspirasyonda Penman-Monteith (Monteith 1965) veya Priestly-Taylor (Priestly ve Taylor 1972) yöntemi kullanılacaksa bağıl neme ihtiyaç vardır.

Modelde havzanın bütünü alt havzalara bölünmekte, her havzaya gelen yükler hesaplanıp bir alt havzaya iletilmektedir. HRU (Hidrolojik İşlem Birimi) drenaj alanı içerisinde homojen arazi kullanım/arazi örtüsü, toprak ve eğim özelliklerini içeren alanlardır.

Her hidrolojik işlem biriminde hidrolojik ve karasal besin elementi-kirletici hareketleri ile ilgili hesaplar yapılmaktadır. Hidrolojik işlem birimlerinden elde edilen sonuçlar kullanılarak alt havzalar üzerinden su ve besin elementi-kirletici bütçeleri belirlenmektedir. Kendi alt havzasından gelen yayılı yük, kaynağından gelen besin elementi-kirletici miktarı, ayrıca tanımlanan noktasal yük verileri ve su kalitesi kinetiği kullanılarak besin elementi-İlgili kirleticiler için su kalitesi hesapları yapılmaktadır. SWAT modelinin hidrolojik döngü şeması Şekil 3.4'de gösterilmektedir.



Şekil 3.4. SWAT modelinin hidrolojik denge şeması (Neitsch ve ark. 2000)

Hidrolojik modelleri doğru kullanabilmek için model girdilerinin ve çıktılarının tutarlı olması gerekmektedir. Modelden elde edilen sonuçların doğruluğunun kabul edilebilmesi, gözlenmiş değerlerle bu çıktıların istatistiksel olarak uygun sonuç vermesine bağlıdır. SWAT modelden elde edilen verilerin kalibrasyonu ve doğrulanması için birçok farklı yöntem mevcuttur. Kullanıcı, kalibrasyonu manuel ve otomatik olarak yapabilmektedir. SWAT-CUP programı, SWAT modelinin kalibrasyonu için geliştirilen ve modele adapte edilen bir yazılımdır.

Hidrolojik işlem birimleri SWAT modelinin en küçük yapı taşlarıdır. Arazi kullanım, eğim ve toprak özelliklerinin kombinasyonu olan bu birimler alt havzaların bölümlerini oluşturmaktadırlar. Alt havzalarda oluşturulan hidrolojik işlem birimleri (HRU) sayesinde kullanıcı topoğrafyaya ait eşikleri kendi belirleyebilmektedir. Kullanıcılar; arazi kullanım/arazi örtüsü, toprak özellikleri ve eğim özelliklerine ait oranları %0-100 arasında değiştirebilmektedirler. Havzayı arazi kullanımının veya toprak özelliklerinin baskın olduğu alt havzalara bölmek mümkündür (Gassman ve ark. 2007). HRU özellikle büyük havzaların daha kolay bölümlenebilmesini sağlamaktadır. Modelde, hidrolojik süreçlerin tanımlanabilmesi için çalışma alanını temsil eden; DEM, eğim, arazi kullanım/arazi örtüsü, toprak haritasının, iklim ve toprak özellikleri verilerinin modele girdi olarak eklenmesi zorunludur. Her bir hidrolojik işlem birimi simülasyon tamamlandıktan sonra, hidrolojik dengeyi oluşturan yağış, evapotranspirasyon, yüzey akış, derine sızma, toprak su içeriği, yatay akış, yer altı suyu akışı, toprağın su alma hızı gibi bileşenleri içermektedir.

Farklı arazi kullanım/arazi örtüsü, topoğrafik koşullar, toprak özellikleri ve iklim verilerinin havza bazında ele alındığı modelin yüzey su kaynaklarına ait çıktıları Çizelge 3.3 'de sunulmaktadır.

Çizelge 3.3. SWAT modeline ait başlıca çıktı göstergeleri

Parametre
Yağış miktarı
Toprak nemi
Evapotranspirasyon
Yüzey akış
Havzaya giren akım
Havzadan çıkan akım
Havzaya giren sediment

Çizelge 3.3. Devam

Havzadan çıkan sediment
Derine Sızma
Yeraltı suyu akışı
Yatay akış
Havzadan çıkan nitrat
Havzadan çıkan amonyum
Havzadan çıkan mineral fosfor

Modelin farklı fiziksel yapıdaki havzalarda, farklı hidrolojik süreçlerin yönetiminde uygulama alanı bulması, bu süreçlere ait düzeltmelerin uzman araştırmacılar tarafından geliştiriliyor olması, literatüre her geçen gün daha fazla araştırma sonucunun eklenerek modele ait bilgi birikiminin artması, simulasyon sonuçlarının hidrolojik süreçlerde daha doğru ve tutarlı sonuç vermesine neden olmaktadır. Bu etkenler SWAT modelinin güçlü yanlarını oluşturmaktadır. Avantajlarının yanı sıra hidrolojik parametrelere ait gözlem ağının bazı bölgelerde az olması, modelin girdi verilerinin yeterli olmaması ve basitleştirilmemiş hidrolojik işlem birimleri (HRU) modelin simulasyon sonuçlarını etkileyerek, havzadaki gerçek fiziksel hidrolojik süreçlerin model tarafından doğru tahmin edilmesini kısıtlamaktadır.

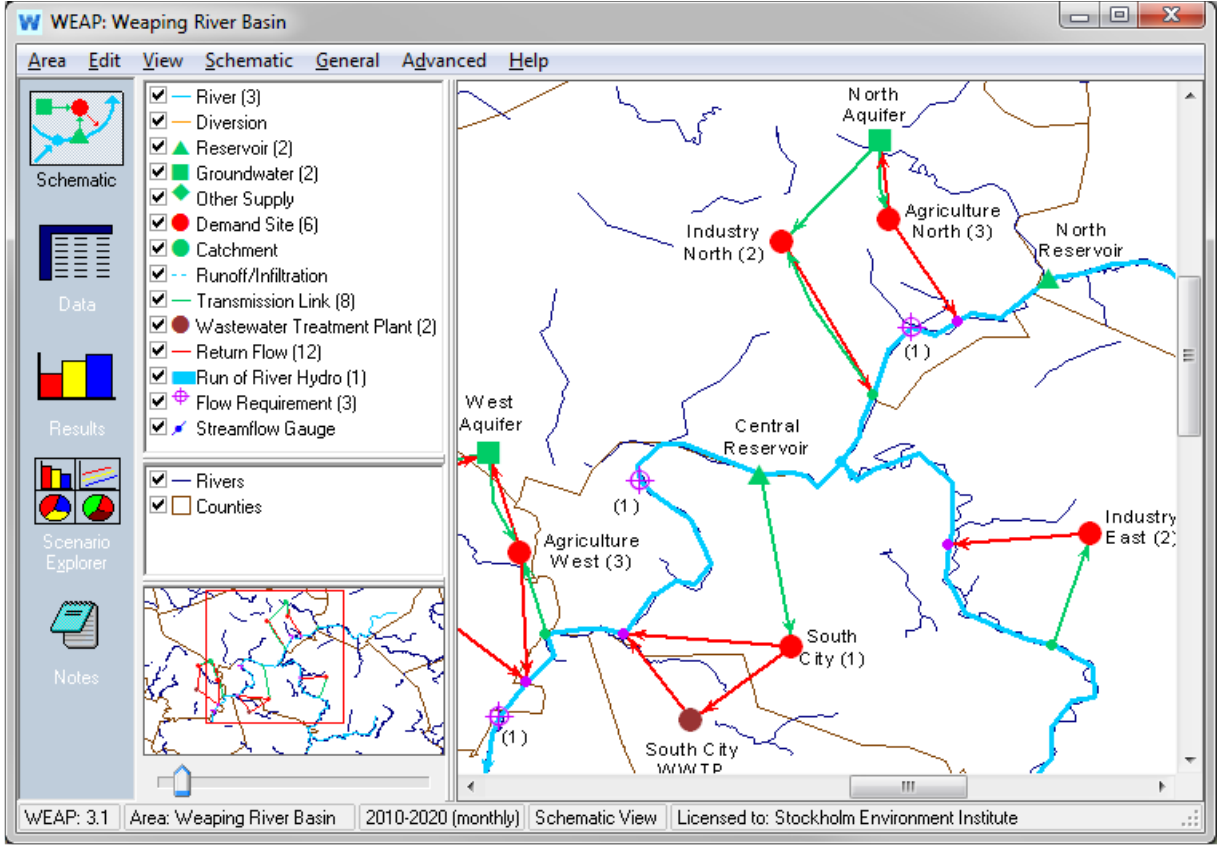
3.1.4. WEAP (The Water Evaluation and Planning Model) Modeli

WEAP (Su Değerlendirme ve Planlama Modeli), havzalarda zamanla değişen biyofiziksel ve sosyo-ekonomik koşulları kullanıcı tarafından geliştirilen senaryolar ışığında değerlendirmek için tasarlanan bir bütünleşik havza yönetimi aracıdır (Yates ve ark. 2005). Bu model ilk defa Raskin ve ark. (1992) tarafından Aral Gölü'nün incelenmesinde kullanılmıştır.

WEAP, su talebi ve arzına ait bilgiler için bir sistem sağlamaktadır. Model ile su talebi, su arzı, nehir akışları, kirlilik değerleri, depolama hacimleri, arıtma ve deşarj miktarları benzeştirilebilmektedir. Bir karar verme analiz aracı olarak WEAP, suyun geliştirilmesi ve yönetimi aşamasında çoklu ve rekabetçi kullanımları dikkate almaktadır. Modelin, Almanya, Kenya, Hindistan, Güney Kore, Yunanistan, İran, Gana, Türkiye, Nepal, Tayland ve daha birçok ülkede kullanım alanı bulunmaktadır (Yates ve ark. 2005).

Model başlıca; 5 ana bölümden; şema yapısı (Şekil 3.5), veriler, sonuçlar, senaryo bölümü ve notlardan oluşmaktadır.

CBS tabanlı ara yüzü ile çalışma alanına ait su tahsis şemasının öğeleri (talep ve tedarik noktaları, iletim bağlantıları, nehirler, arıtma sistemleri vb. yapılar) rahatlıkla oluşturulabilmektedir. Şemanın daha rahat çizilebilmesi için araştırma alanına ait raster veya vektör biçimindeki haritalar arka plana yerleştirilebilmektedir.



Şekil 3.5. WEAP modeline ait örnek bir şema (WEAP 2015)

WEAP yazılımı yüzey su kaynaklarının miktar ve kalitesinin belirlenmesinde, yeraltı suyunun modellenmesinde, nehirlerin hidroelektrik enerjisinin belirlenmesinde kullanılan yazılımlarla uyumlu olarak çalışmaktadır. WEAP21 yazılımı bütünleşik havza yönetiminin modellenmesi için geliştirilmiş bir programdır. Su kaynaklarındaki taleplerin, önceliklerin ve tercihlerin farklı yaklaşımlarla değerlendirilmesinde kullanıcıya esnek ve gelişmiş ara yüzü ile kolaylıklar sağlamaktadır. Özellikle sektörel su tahsis modülü suyu talep eden ve bu talebe cevap verebilecek arz kaynaklarının oluşturulmasında kullanılmaktadır.

Su kullanımı planlamasında modelin gereksinim duyduğu başlıca girdiler arasında arz eden ve talep eden noktalar bulunmaktadır. Modele ait başlıca girdiler Çizelge 3.4'de gösterilmektedir.

Çizelge 3.4. WEAP modeline ait başlıca girdi göstergeleri

Talep Eden Sektörler	Parametre
Kentsel Endüstriyel Tarımsal	Yıllık su kullanımı
	Hangi amaçla kullanıldığı
	Aylık kullanım oranları
	Kayıp-kaçak oranı dahil su kullanımı
	Kayıp-kaçak oranı
	Atık suyun tekrar kullanılma oranı
Arz Eden Kaynaklar	Parametre
Nehirler	Yüzey akışla gelen su miktarı
	Alt akış ile gelen su miktarı
	Yeraltı suyuna giren miktar
	Buharlaşma
Akiferler	Akiferin toplam kapasitesi
	Akiferin başlangıç kapasitesi
	Akiferden yıllık veya aylık maksimum çekilen su miktarları
	Yeniden beslenme miktarı
Barajlar	Barajın toplam kapasitesi
	Akiferin başlangıç kapasitesi
	Hacim-yükseklik eğrisi
	Net buharlaşma
	Barajın fiziksel bölümüne ait veriler

Talepler: Talep bölümünde suyu kullanan öğelerin bu suya hangi zamanda ve ne kadar miktarda ihtiyacı olduğunun bilinmesi gerekmektedir. Talebin belirlenmesinde araştırmacıya yardımcı olacak konular şunlardır:

- Hangi sektör ve özel su kullanıcısının ne kadar su tükettiği
- Çalışma alanında su yönetimi için yapılmış veya yapılacak olan ulusal, bölgesel planların ve akademik araştırmaların ortaya konması
- Yerleşim alanları için nüfus projeksiyonları, sanayi alanlarının üretimde kullandığı su aktiviteleri, tarım alanlarının bitki ürün deseni ve hangi yöntemle sulama yapıldığı

- Araştırma alanındaki arıtma sistemlerinden geri dönüştürülecek suyun ne kadarının tekrar kullanılacağı gibi veriler talep modülünde kullanıcıya fayda sağlamaktadır.

Sektörler: Suya ihtiyacı olan birçok farklı sektör bulunmaktadır. Sektörler araştırmadaki ihtiyaca göre şekillenmektedirler. Suyu en çok talep eden sektörlerin başında, yerleşim alanları, tarım alanları, sanayi alanları, hidro-enerji sektörü, nehirlerdeki yaşayan canlılar, nehirleri ulaşım amaçlı kullanan taşımacılık sektörleri gelmektedir.

Alt sektörler: Her bir sektör kendi içinde farklı iş kolları ile tanımlanabilmektedirler. Örneğin sanayi sektöründeki alt sektörler tekstil, kimya, gıda, petrol, enerji, mobilya, inşaat vb. alt sektörler, tarıma ise hayvancılık veya bitkisel üretim gibi alt sektörler tanımlanabilmektedir.

Son Kullanım: Bu kısımda örneğin hangi iş kolunda suyun ne amaçla kullanılacağı tanımlanmaktadır. Örneğin sanayide soğutma amaçlı kullanım.

Araç ve Yöntem: Suyun hangi araç veya yöntemle kullanılacağı belirtilmektedir. Tarımda sulama sistemi olarak damla sulama, yağmurlama sistemleri, evsel kullanımda yıkanma amaçlı veya tuvalet amaçlı gibi özel kullanım faaliyetleri belirtilmektedir.

Arz ve Kaynaklar: Suyu talep eden sektörel kullanıcıların suyu hangi zamanda ve hangi miktarda, hangi sağlayıcıdan temin edeceğinin belirlendiği kısımdır. Arz ve kaynakların belirlenmesinde yardımcı olacak veriler aşağıdaki gibidir:

- Akım gözlem kayıtları ve bulunduğu konumlar
- Baraj veya gölet depolama hacimleri, hacim-kot-yükseklik ilişkileri, net buharlaşma miktarları, drenaj alanları ve balıklar, hidroenerji, ulaşım, rekreasyon, vahşi yaşam ve diğer koruma öğeleri için gerekli su miktarları
- Yeraltı suyuna giren ve çıkan su miktarları, yeniden dolun miktarı
- İletim hatlarının kapasitesi ve kayıplar
- Atıksu ve atık yönlendirme
- İletilen suyun fiyatıdır

İletim Bağlantıları: Suyu kaynağından talep eden sektörler ile ileten bağlantılar iletim hatları ile tanımlanmaktadır. İletim hatlarındaki kayıplar su gereksinimini artırmaktadır.

Nehirler ve Yönlendirmeler: Nehirlere yüzeyden gelen akışlar, barajların özellikleri ve operasyonları, hidroenerji tesisleri, nehir akışı gereksinimleri, çevresel akış, yüzey ve yeraltı suyu etkileşimleri ve nehir akım gözlem istasyonları bu bölümde tanımlanmaktadır.

Yerel Rezervuarlar: Nehir üzerinde bulunmayan depolama tesisleri

Geri Dönüş Akışı: Atıksu arıtma tesislerinden talep eden noktaya temin edilen su veya bu tesislerden nehirlere yeniden boşaltılan atıksular bu bölümde tanımlanmaktadır.

Sektörel su tahsisine yönelik bilgiler modele tanıtıldıktan sonra, oluşturulan şemadaki her bir öğeye ait analiz sonuçları model tarafından ayrıntılı çıktılar halinde kullanıcıya sunulmaktadır. Model ait başlıca çıktılar Çizelge 3.5 'de gösterilmektedir

Çizelge 3.5. WEAP modeline ait başlıca çıktı göstergeleri

Talep Eden Sektörler	Parametre
Kentsel Endüstriyel Tarımsal	Sektörlerin su ihtiyacı
	Sektörlerin kayıp-kaçak dahil su ihtiyacı
	Sektörel kullanıcılara kaynaklar tarafından iletilen su miktarı
	Karşılanamayan talep miktarı
Arz Eden Kaynaklar	Parametre
Nehirler	Nehir akımlarındaki değişim
	Ulaşım, doğal hayat ve enerji için gerekli su miktarı
Akiferler	Akiferdeki yıllık ve aylık değişim miktarı
	Akifere giren ve çıkan su miktarı
Barajlar	Barajın her bir bölümündeki su hacmi
	Barajdaki su seviyesi
	Buharlaşma

Sektörel su tahsis planlamasına yönelik yapılan araştırmalarda WEAP modelinin en fazla tercih edilen modeller arasında olmasının başlıca sebepleri arasında:

- Kullanıcı ara yüzünün sade olması,
- Birçok farklı sektörün ve su kaynağının arz ve taleplerini içeren karışık şemalarda dahi basit ve anlaşılır hesaplama yöntemleriyle araştırmacıya net sonuçlar verebilmesi,
- Çıktıların raporlanma aşamasında zengin tablo ve grafik seçenekleri sunması,
- Farklı veri yapısı içeren yazılımlarla uyumlu çalışması,
- Çok farklı ülkelerden binlerce araştırmacının bilgilerini paylaşabildiği bir kullanıcı forumuna sahip olması gibi etkenler sayılabilir.

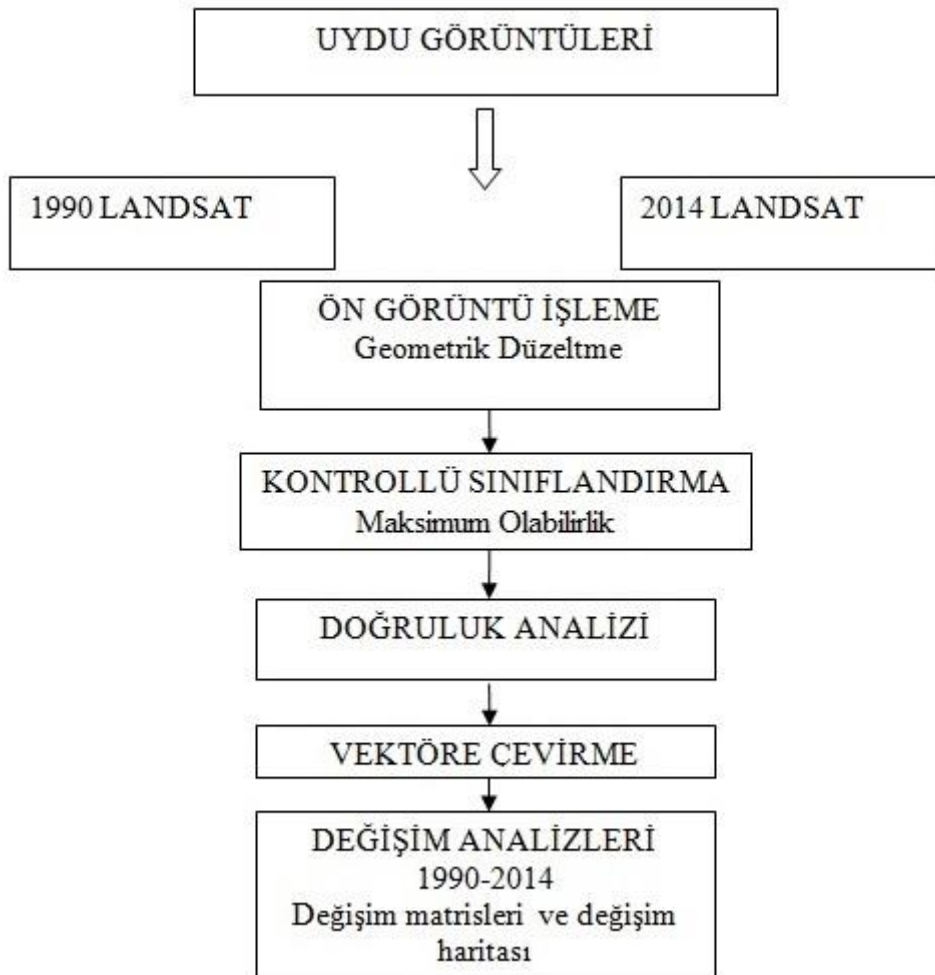
Modele ait uygulamalı bilgiler (WEAP 2015)'de detaylı olarak sunulmuştur.

3.2. Yöntem

3.2.1. Arazi kullanım/arazi örtüsü değişiminin belirlenmesi

Araştırma bölgesi 1990'lı yıllardan itibaren sanayileşme ve beraberindeki nüfus artışı ile birlikte artan kentleşme neticesinde arazi kullanım/arazi örtüsünde hızlı bir dönüşüme girmiş bir alandır. Geleceğe yönelik arazi kullanım/arazi örtüsündeki değişiklikleri belirlemeden önce arazi sınıflarının geçmiş ve günümüz arasındaki değişim eğilimlerini ortaya koymak gerekmektedir.

Değişim analizlerine yönelik veri setinin hazırlanması; verilerin elde edilmesi, uydu görüntüleri için ön hazırlık işlemlerinin uygulanması, görüntülerin sınıflandırılması ve haritalanması aşamalarından oluşmaktadır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Araştırmanın arazi kullanım/arazi örtüsü değişimleri sürecinin akış diyagramı

Arazi kullanım/arazi örtüsü değişiminin belirlenmesinde uydu görüntüleri, hava fotoğrafları, topoğrafik haritalar vb. malzemelerden yararlanılmaktadır. Çalışmada araştırma bölgesinin tamamını kapsayan, 30 m yersel çözünürlüğe sahip 07.08.1990 tarihli LANDSAT

TM ve 10.09.2014 tarihli LANDSAT 8 haritaları kullanılmıştır. Sınıflandırmanın doğruluğunu arttırmak için dönemsel olarak tarihlerin birbirine yakın olmasına ve bulutluluk değerlerinin yüzde olarak çok az veya hiç olmamasına dikkat edilmiştir. LANDSAT uydu görüntülerinin ön hazırlık işlemlerinde geometrik düzeltme (retrifikasyon) işlemi yapılmıştır. Bu düzeltme işleminde referans olarak geometrik düzeltmesi yapılmış daha yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri kullanılmıştır. Geometrik düzeltmede hata oranının genellikle 0,5 pikselden az olması istenmektedir (Richards 1993). İki farklı görüntü için maksimum karesel ortalama hata oranları 0,5 pikselden daha az bulunmuştur.

Sınıflandırma işlemi uzaktan algılama teknikleri kullanılarak farklı amaçlar için yapılmaktadır. Araştırmacılar yaptıkları çalışmalarda, belirledikleri arazi kullanım/razi örtüsü sınıfları için ihtiyaçlarını karşılayacak sınıflandırma şemalarını kullanmaktadırlar. Araştırmada, CORINE (Co-Ordination of Information on the Environment - Çevresel Bilgi İşbirliği) ve GSE (Küresel Çevre ve Güvenlik İzleme Servisi) sınıflandırma şemalarından faydalanılmıştır.

CORINE sınıflandırması 1985 yılında Avrupa Birliği tarafından 27 Avrupa Birliği üyesi ülke ve diğer Avrupa ülkelerinin arazi kullanım/razi örtüsünün envanterini oluşturmak için geliştirilen bir şemadır (Anonim 2011). Çalışmalar Avrupa Birliği Çevre Ajansı tarafından yürütülmektedir. 1:100000 ölçeğinde ele alınan haritalarda 3 düzey ve 44 sınıf bulunmaktadır. Türkiye’de yapılan çalışmalarda bu 44 sınıfa, Avrupa’da yer almayan, Türkiye’ye özel 12 arazi sınıfı daha eklenmiştir (Anonim 2011). Sınıflandırma şeması Çizelge 3.6’da sunulmuştur.

Çizelge 3.6. CORINE sınıflandırma şeması (Anonim 2011)

Düzye 1	Düzye 2	Düzye 3
1. Yapay Yüzeyler	1.1 Şehir Yapısı	1.1.1 Devamlı Şehir Yapısı 1.1.2 Devamlı Olmayan Şehir Yapısı
	1.2 Endüstriyel, Ticari ve Taşıma Birimleri	
	1.3 Maden, Boşaltım ve İnşaat Alanları	
	1.4 Tarım Dışı Yapay, Yeşil Alanlar	

Çizelge 3.6. Devam

2. Tarım Alanları	2.1 Tarıma Uygun Alanlar	2.1.1 Sulanmayan Tarımsal Araziler 2.1.2 Sürekli Sulanan Araziler 2.1.3 Çeltik Tarlaları
	2.2 Sürekli Ürünler	2.2.1 Bağlar 2.2.2 Meyve Bahçeleri 2.2.3 Zeytin Bahçeleri
	2.3 Meralar	2.3.1 Meralar
	2.4 Heterojen Tarımsal Alanlar	2.4.1 Sürekli Ürünlerle Birlikte Bulunan Senelik Ürünler 2.4.2 Karışık Tarım Alanları 2.4.3 Doğal Bitki Örtüsü İle Birlikte Bulunan Tarımsal Araziler 2.4.4 Orman Tarımı Arazileri
3. Orman ve Yarı Doğal Alanlar	3.1. Orman Alanları	3.1.1 Geniş Yapraklı Ormanlar 3.1.2 Kozalaklı Ağaç Ormanlar 3.1.3 Karışık Ormanlar
	3.2 Funda ve/veya Otsu Bitkilerin Birleşimi	3.2.1 Doğal Çayırliklar 3.2.2 Fundaliklar 3.2.3 Sklerofil Bitki Örtüsü 3.2.4 Geçici Orman-Çalılık
	3.3 Bitki Örtüsü Az ya da Hiç Olmayan Açık Alanlar	3.3.1 Sahiller, Kumsallar, Kum Düzlikleri 3.3.2 Çıplak Kayalık 3.3.3 Seyrek Bitkili Alanlar 3.3.4 Yanmış Alanlar 3.3.5 Buzullar ve Kalıcı Kar
4. Islak Alanlar	4.1 İç Islak Alanlar	4.1.1 İç Bataklıklar 4.1.2 Turbalıklar
	4.2 Kıyıya Yakın Islak Alanlar	4.2.1 Tuz Bataklığı 4.2.2 Tuzlalar 4.2.3 Gel-Git Olayı İle Oluşan Düzlikler
5. Su Toplulukları	5.1 İçsel Sular	5.1.1 Su Yolları 5.1.2 Su Kütleleri
	5.2 Deniz Suları	5.2.1 Kıyı Lagünleri 5.2.2 Haliçler(Nehir Ağzları) 5.2.3 Deniz ve Okyanus

GSE (Küresel Çevre ve Güvenlik İzleme Servisi) Arazi Bilgi Servisi, Avrupa Uzay Ajansı (ESA) ve Avrupa Komisyonu tarafından desteklenen bir projedir. Bu proje büyük alanlar için birçok arazi uygulamasında kullanılabilecek yersel bilgiyi üretmeyi amaçlamaktadır (Akar 2011). Bu amaçla geliştirdikleri Urban Atlas sistemine 1:10000 ölçeğinde ve haritada gösterilen en küçük özelliğin 0.25 hektar olduğu bir sistem geliştirilmiştir (Garzon 2006). Bu sistemde kullanılan sınıflandırma şeması Çizelge 3.7'de gösterilmiştir.

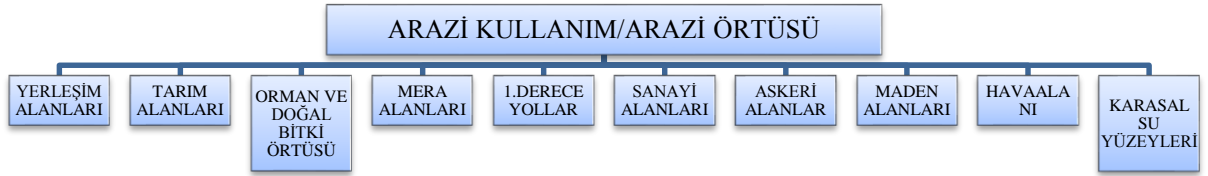
Çizelge 3.7. GSE sınıflandırma şeması (Meirich 2008)

GSE		
Arazi Kodları	Vektör Veri Kodları	Arazi Kullanım/Arazi Örtüsü Sınıfları
1		Yapay Yüzeyley
1.1		Şehir Yapısı
1.1.1	11100	Sürekli Şehir Yapısı (S.L. > 80%)
1.1.2	11200	Süreksiz Şehir Yapısı (S.L. 10% - 80%)
1.1.2.1	11210	Süreksiz Yoğun Şehir Yapısı (S.L.:50% - 80%)
1.1.2.2	11220	Süreksiz Orta Yoğun Şehir Yapısı (S.L.: 30% - 50%)
1.1.2.3	11230	Süreksiz Seyrek Şehir Yapısı (S.L.: 10% - 30%)
1.1.3	11300	İzole Yapılar
1.2		Endüstriyel, Ticari, Kamu, Askeri, Özel Alanlar, Ulaşım Birimleri
1.2.1	12100	Endüstriyel, Ticari, Kamu, Askeri, Özel Alanlar
1.2.2	12200	Karayolları ve Demiryolları
1.2.2.1	12210	Transit Yollar
1.2.2.2	12220	Diğer Yollar
1.2.2.3	12230	Demiryolları
1.2.3	12300	Limanlar
1.2.4	12400	Havaalanları
1.3		Maden, Çöp ve İnşaat Alanları
1.3.1	13100	Maden ve Çöp Alanları
1.3.3	13300	İnşaat Alanları
1.3.4	13400	Kullanılmayan Kara Yüzeyley
1.4		Yapay Tarım Dışı Ekili Alanlar
1.4.1	14100	Yeşil Şehir Alanları
1.4.2	14200	Sosyal Alanlar ve Spor Alanları

Çizelge 3.7. Devam

2	20000	Tarımsal – Yarı Doğal Alanlar + Sulak Alanlar
3	30000	Ormanlar
4	40000	Sulak Alanlar
5	50000	Su Yüzeyleri

Arazi kullanım/arazi örtüsü seçiminde sınıflandırılacak alanların hangi düzeyde belirleneceği; araştırmanın amacı, çalışma bölgesinin mekansal özellikleri ve gelecekteki arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliği modellenmesi dikkate alınarak yapılmıştır. Bu doğrultuda arazi kullanım/arazi örtüsü; tarım alanları, mera alanları, yerleşim alanları, orman alanları ve doğal bitki örtüsü, sanayi alanları, 1. derece yollar, askeri alanlar, havaalanı, karasal su yüzeyleri ve maden alanları olarak belirlenmiştir (Şekil 3.7). Modelleme sürecinde ise mera alanları tarım alanları içerisinde, 1. derece yollar, askeri alanlar, havaalanı, karasal su yüzeyleri ve maden alanları ise, diğer grubu içerisinde ele alınmıştır.



Şekil 3.7 Araştırmadaki arazi kullanım/arazi örtüsü sınıfları

Sınıflandırma aşamasında yakın yansıma değerlerine sahip arazi sınıfları genellikle birbirleriyle karışmaktadır. Bu sorunu ortadan kaldırmak için yerleşim alanları, sanayi alanları, madenler, havaalanı, mera alanları ve askeri alanlar büyük ölçekli mekânsal yerleşim haritaları kullanılarak vektör veri haline dönüştürülmüştür. Sanayi alanlarının vektör veriye dönüştürülmesinde 1/5000 ölçekli nazım imar planları, yerleşim alanlarının vektör veriye dönüştürülmesinde 1/1000 ölçekli uygulama imar planları kullanılmıştır.

Görüntülerinin piksel tabanlı sınıflandırılmasında Kontrollü Sınıflandırma yöntemlerinden En Yüksek Olabilirlik (Maximum Likelihood) algoritması kullanılmıştır. Kontrollü sınıflandırmada çalışma alanındaki yeryüzü özelliklerini tanımlayan yeterli sayıdaki örnek bölgeler (test alanlar) kullanılarak, sınıflandırılacak her bir cisim için spektral özellikleri tanımlı özellik dosyaları oluşturulmaktadır. Her bir görüntü elemanı (piksel), hesaplanan olasılık değerlerine göre en çok benzer olduğu sınıfa atanmaktadır. En Yüksek

Olabilirlik yönteminin etkinliği her spektral sınıf için ortalama vektör ile kovaryans matrisin doğru biçimde tahmin edilmesine bağlıdır. Doğru tahmin edebilmenin koşulu ise her bir sınıf için yeterli örnekleme verisinin (piksel) bulunmasıdır. Seçilen bantlar değerlendirildiğinde her bir pikselin oluşturduğu spektral modelin, kontrol sınıflarının spektral modellerine ne oranda benzediği saptanır. Hücrenin spektral modeli arazi kullanım/razi örtüsü sınıflarından hangisine en çok benziyorsa piksel o sınıfa atanmaktadır (Aldrich 1997).

Araştırma sonucu uzaktan algılama teknikleri kullanılarak elde edilen sınıflandırılmış görüntülerin doğruluğunun değerlendirilmesi gerekmektedir (Congalton ve Green 1999). Araştırmanın sınıflandırma aşamasında tarım alanları; mera alanları, yerleşim alanları, sanayi alanları, askeri alanlar maden alanları ile, yerleşim alanları ise; sanayi alanları, havaalanı, askeri alanlar ve 1. derece yollar ile karışmaktadır. Bu karışıklığı önlemek için piksel tabanlı sınıflandırma, dört farklı sınıf; yapay yüzeyler, orman alanları ve doğal bitki örtüsü, tarım alanları ve su kütleleri için oluşturulmuştur. Her bir sınıfa ait örnekler araziden toplanarak, bu örnekler üzerinden sınıflandırma yapılmıştır (Jensen 1996).

Bu çalışmada, kontrollü sınıflandırılan arazi kullanım/razi örtüsü değerlerinin doğruluğunun istatistiksel olarak değerlendirilmesinde, en çok kullanılan yöntemlerden bir tanesi olan kappa istatistiği kullanılmıştır (3.1). Cohen'in kappa katsayısı iki değerleyici arasındaki karşılaştırmalı uyuşmanın güvenilirliğini ölçen bir istatistik yöntemidir (Cohen 1960).

$$\kappa = \frac{P_r(a) - P_r(e)}{1 - P_r(e)} \quad (3.1)$$

Burada; $P_r(a)$, iki değerleyici için gözlemlenen uyuşmaların toplama orantısı; $P_r(e)$ ise bu uyuşmanın şans eseri ortaya çıkma olasılığını ifade etmektedir. Landis ve Koch (1977) elde edilen κ değerlerini yorumlamak için Çizelge 3.8'i sunmuşlardır.

Çizelge 3.8. Kappa değerlerinin yorumlanması

κ	Yorum
< 0	Hiç uyuşma olmaması
0,0 — 0,20	Önemsiz uyuşma olması
0,21 — 0,40	Orta derecede uyuşma olması
0,41 — 0,60	Ekseriyetle uyuşma olması
0,61 — 0,80	Önemli derecede uyuşma olması
0,81 — 1,00	Neredeyse mükemmel uyuşma olması

Sınıflandırmanın doğruluğu, gelişigüzel atanan 120 nokta ile değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmede referans veri olarak yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden, amenajman haritalarından ve bölgeyi bilen tecrübeli kişilerden yararlanılmıştır.

Analizin son aşamasında 1990 ve 2014 yılları arasındaki arazi kullanım/razi örtüsünün birbirleriyle olan değişimleri saptanmıştır. Sınıflandırma Sonrası Karşılaştırma Tekniğinin (Post-Classification Comparison Technique) kullanıldığı analizde; farklı tarihlere ait iki görüntü birbirinden bağımsız olarak sınıflandırılmakta, değişim alanlarındaki “den- e” (from-to) değişim bilgisi elde edilmektedir (Nurlu ve ark. 2009).

3.2.2 Arazi kullanım/razi örtüsü değişikliğinin modellenmesi

Araştırma kapsamında geleceğe yönelik arazi kullanım/razi örtüsü değişikliğinin belirlenmesinde CLUE-S (Arazi Kullanım Dönüşümünün Küçük Bölgesel Alanlardaki Etkileri) modeli kullanılmıştır. Değişikliği mekansal olarak ele alan bu modelde, “mekansal olmayan talep” ve “mekansal değer atama” süreci sonucun ortaya konmasındaki iki alt bölümü oluşturmaktadır. Mekansal değer atama bölümü; mekansal analiz, karar kuralları ve dinamik simülasyon süreci olan değer atama sürecinden oluşmaktadır. Mekansal olmayan talep bölümünde arazi kullanım/razi örtüsündeki geleceğe yönelik alansal değişimlerin miktarları belirlenmektedir.

Modelleme yaklaşımının metodolojisi, güncel alan kullanım/razi örtüsü yapısı ile bu yapıyı etkileyen yönlendirici faktörler arasındaki mekansal ilişkilerin sayısal olarak belirlenmesine dayanmaktadır (Erdoğan 2011). Mevcut arazi kullanım/razi örtüsü (bağımlı değişkenler) ve yönlendirici faktörler (bağımsız değişkenler) arasındaki istatistiksel ilişki neticesinde her bir plankareye olasılık değerleri atanmaktadır. Değer atama sürecinde, gelecekte arazi kullanım/razi örtüsüne ait talepte meydana gelebilecek değişim miktarları hesaplanan olasılık değerlerine göre plankarelere atanmaktadır.

Araştırmada CLUE-S modeli kullanılarak 2023, 2030, 2050 yılları için arazi kullanım/razi örtüsü değişikliği senaryoları ortaya koyulmuştur. Modelin kalibrasyonu 1990-2014 yılları arasında yapılmış ve 2014 yılı için modele ait arazi kullanım/razi örtüsü oluşturulmuştur. 2014 yılı gerçek arazi kullanım/razi örtüsü haritası ile modelden elde edilen 2014 yılı arazi kullanım/razi örtüsü haritası karşılaştırılarak modelin doğruluğu test edilmiştir. Son aşamada, doğruluğu kabul edilen model gelecek senaryoları için çalıştırılmıştır.

CLUE-S modeli satır ve sütun sayısı olarak bir haritada en fazla 1200X1200 plankareye izin vermektedir. Bu hassasiyet gözetilerek, modelleme sürecinde kullanılacak,

arazi kullanım/arazi örtüsüne, yönlendirici faktörlere ve koruma alanlarına yönelik üç farklı veri seti, 100X100 m (1 ha) plankare çözünürlüğünde hazırlanmıştır.

Günümüz gerçek arazi kullanım/arazi örtüsü ve bu yapıyı etkileyen yönlendirici faktörler modelleme sürecini belirlemektedir. Yönlendirici faktörlerin mekânsal olarak gelecek açısından etkilemediği, modelleme sürecine dahil edilmeyecek arazi sınıfları diğer grubu içerisinde ele alınmıştır. Modelleme kapsamında oluşturulan arazi sınıfları; yerleşim alanları, orman alanları ve doğal bitki örtüsü, tarım alanları ve sanayi alanlarıdır. Diğer grubuna dahil edilen alanlar ise; askeri alanlar, havaalanı, maden alanları, 1. derece yollar, mera alanları ve karasal su yüzeyleridir.

Yönlendirici faktörler; alan kullanım/arazi örtüsü değişimlerini etkileyen konumsal özelliklerdir (Erdoğan 2011). Araştırmada bu faktörler; uzman görüşleri, geçmiş ve günümüz arasındaki değişim analizleri, bölgedeki planlar ve stratejiler detaylı olarak incelendikten sonra belirlenmiştir. Yönlendirici faktörler, sosyo-ekonomik ve doğal faktörler olmak üzere iki grupta incelenmektedir. Sosyo-ekonomik faktörler, arazi kullanım/arazi örtüsünün mekansal dağılımını, miktar ve hızını etkilerken, doğal faktörler daha çok dokuyu şekillendirmektedir. Doğal faktörlerde genellikle topoğrafya, toprak yapısı, jeolojik yapı, hidrolojik yapı ve iklim yapısı ele alınmaktadır. Sosyo-ekonomik faktörlerde ise genellikle kent merkezine uzaklık, nüfus yapısı, yollara olan uzaklık, mekansal gelişim alanları gibi etmenler kullanılmaktadır. Araştırmada kullanılan yönlendirici faktörlere yönelik veriler Çizelge 3.9'da detaylı olarak sunulmuştur.

Modellemede, arazi kullanım/arazi örtüsünün mekânsal değişikliğini kısıtlayan, engelleyen veya arttıran durumlar karar kuralları adı altında modele dahil edilmektedir. Araştırma bölgesinde milli park, tabiat parkı, doğa koruma alanları ve sit alanları olmadığı için için modelleme sürecine dahil edilmemiştir.

Çizelge 3.9. Araştırma bölgesinde arazi kullanım/arazi örtüsünü yönlendiren faktörler

YÖNLENDİRİCİ FAKTÖRLER		BİRİM	VERİ ADI	VERİ KAYNAĞI
DOĞAL FAKTÖRLER	YÜKSEKLİK	m	Sayısal Yükseklik Modeli (DEM) 5m	T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü/TEKİRDAĞ
	EĞİM	derece	Sayısal Yükseklik Modeli (DEM) 5m	T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü/TEKİRDAĞ
	BAKI	derece	Sayısal Yükseklik Modeli (DEM) 5m	T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü/TEKİRDAĞ
	BÜYÜK TOPRAK GRUPLARI		1/25000 Ölçekli Toprak Haritası	T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü/TEKİRDAĞ
SOSYO-EKONOMİK FAKTÖRLER	I. DERECE YOLLARA UZAKLIK	m	1/25000 Ölçekli Topoğrafik Harita	1/25000 Ölçekli Harita Gen. Kom. (HGK) Topoğrafik Haritaları
	II. DERECE YOLLARA UZAKLIK	m	1/25000 Ölçekli Topoğrafik Harita	1/25000 Ölçekli Harita Gen. Kom. (HGK) Topoğrafik Haritaları
	NEHİRLERE UZAKLIK	m	1/25000 Ölçekli Topoğrafik Harita	1/25000 Ölçekli Harita Gen. Kom. (HGK) Topoğrafik Haritaları
	SANAYİ GELİŞİM ALANLARINA UZAKLIK	m	1/25000 ölçekli Raster Tekirdağ İl Çevre Düzeni Paftaları	T.C. Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü/TEKİRDAĞ
	NÜFUS YOĞUNLUĞU	kişi/km ²	1990, 2014 Yılı Nüfus İstatistikleri	Türkiye İstatistik Kurumu

Modelleme sürecinin mekansal olmayan talep bölümünde geleceğe yönelik mekansal değişim miktarları; eğilim analizleri ve sosyo-ekonomik göstergelere dayalı analizler ile belirlenebilmektedir. Çalışmada geleceğe yönelik arazi kullanım/arazi örtüsü değişim miktarlarının belirlenmesinde doğrusal eğilim analizi kullanılmıştır (3.2).

$$y=a+bx$$

(3.2)

Denklemden;

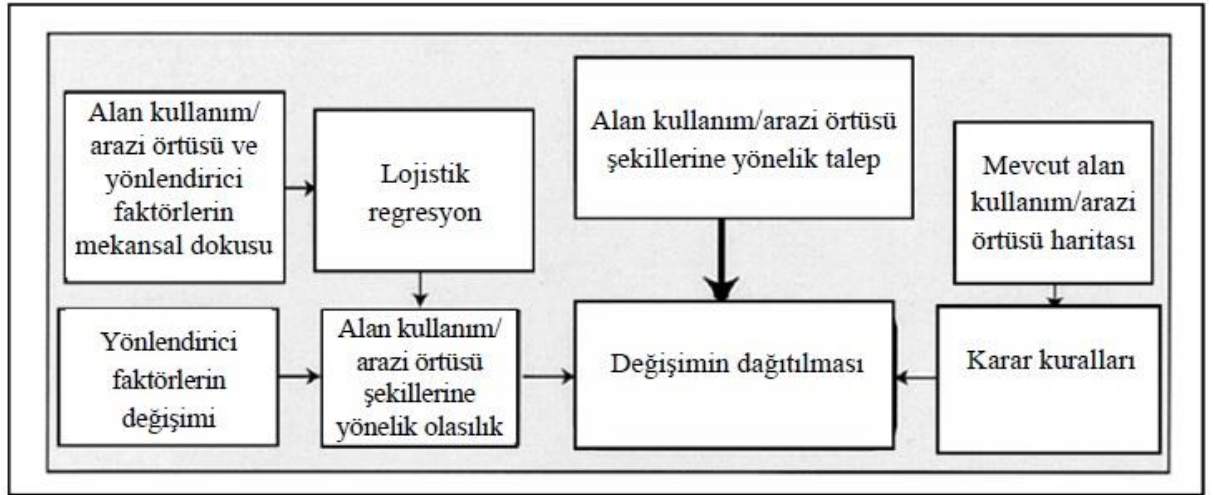
y: Arazi kullanım/arazi örtüsü miktarının belirli bir yılda alacağı değer,

a ve b: Doğrusal eğilim analizi katsayıları,

x: Değişkenin yılı olarak ifade edilmektedir.

Doğrusal eğilim analizi ile 2023, 2030 ve 2050 yıllarına ait arazi kullanım/arazi örtüsü değişim miktarları belirlenmiştir. Analizde, 1990 ve 2014 yılları arasındaki arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliği eğiliminin, bölgesel gelişim planları çerçevesinde gelecekte de doğrusal olarak devam edeceği varsayımı yapılarak arazi kullanım/arazi örtüsü talebi oluşturulmuştur. İkinci olarak, arazi kullanım/arazi örtüsünün belirlenmesinde 1/25000 Tekirdağ İl Çevre Düzeni Planı kullanılmıştır. Planda belirlenen sanayi ve kentsel gelişim alanları sayısallaştırılarak 2014 yılı gerçek arazi kullanım/arazi örtüsü haritasından çıkartılmış ve her bir sınıfa ait 2023 yılına kadar olan değişim miktarları belirlenmiştir.

Belirlenen talep miktarlarının, modelleme sürecinde mekânsal olarak araştırma bölgesinde dağıtılması gerekmektedir. Mekansal değer atama süreci olarak da adlandırılan bu bölüm arazi kullanım/arazi örtüsü ve yönlendirici faktörler arasındaki ilişkinin belirlendiği mekansal analiz ve dönüşüm matrislerinden, dönüşebilme elastikiyetlerinin belirlendiği karar kuralları ve değer atama süreçlerinden oluşmaktadır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Mekansal değer atama süreç şeması (Erdoğan 2011)

Yönlendirici faktörler ile arazi kullanım/arazi örtüsü arasındaki ilişkinin sayısal olarak belirlendiği mekansal analiz bölümünde lojistik regresyon analizi kullanılmıştır. Lojistik

Regresyon Analizi, arazi kullanım değişikliği çalışmalarında çok kullanılan bir yöntemdir (Geoghegan ve ark. 2001, Serneels ve Lambin 2001). Analizde, arazi kullanım/arazi örtüsü bağımlı değişkenleri ifade ederken, yönlendirici faktörler bağımsız değişkenleri ifade etmektedir. İekli lojistik regresyonunda bağımlı değişken, "var-yok", "başarılı-başarısız", "olumlu-olumsuz" ifadeler şeklinde iki düzeyli kategorik verilerden oluşmaktadır (Erdoğan 2011). Her bir bağımlı değişken için bağımsız değişkenlerin tümü analizde ayrı ayrı incelenmiştir. Lojistik regresyon (3.3) ile ifade edilmektedir.

$$P = \frac{e^{(\beta + a_1x_1 + \dots + a_nx_n)}}{1 + e^{(\beta + a_1x_1 + \dots + a_nx_n)}} \quad (3.3)$$

P: Gözlenme olasılığını,

β : Bağımsız değişkenler sıfır değerini aldığında bağımlı değişkenin değerini, yani sabiti,

$\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$: Bağımsız değişkenin regresyon katsayılarını,

x_1, x_2, \dots, x_n : Bağımsız değişkenleri,

n_a : Bağımsız değişken katsayısını,

e: 2,718 sayısını göstermektedir.

Bu denklemde, incelenen bir olasılığın (P) lojit değeri doğrusal modele eşitlendiğinde aşağıdaki denklem (3.4) elde edilmektedir (Erdoğan 2011).

$$\text{Logit}[P] = \ln\left(\frac{P}{1-P}\right) = \beta_0 + \beta_1X_1 + \beta_2X_2 + \dots + \beta_kX_k \quad (3.4)$$

Regresyon katsayıları genellikle En Yüksek Olabilirlik (Maximum Likelihood) yöntemi ile tahmin edilebilmektedir (Menard 2002). Bağımlı değişken 0 ve 1 arasında değer almaktadır. "1" değeri %100 olma olasılığını ifade ederken "0" değeri olasılık olmadığını göstermektedir.

Göreceli olasılıklar oranı (odds ratio) "Exp (β)" olarak ifade edilmektedir. Bir olayın bir grup için olasılıklar oranının başka bir grup için olasılıklar oranına olan oranıdır. Lojistik regresyon analizi sonucunda Exp(β) değeri en çok dikkat edilmesi gereken parametrelerden bir tanesidir. Odds (Exp(β)) oranı, sürekli bağımsız değişkenlerde değişkenin birim değişmesi sonucunda bağımlı değişkenin olma olasılığının değişim yüzdesini (%), kesikli bağımsız değişkenlerde ise kaç kat değişeceğini ifade etmektedir (Erdoğan 2011).

Modelin uyum seviyesi (goodness of fit) lojistik regresyon analizinin uyumunu belirlemek için kullanılmaktadır. ROC (Receiver Operating Characteristic-Alııcı İşletim Karakteristiği) eğrisi, ikili sınıflandırma sistemlerinde ayırım eşik değerinin farklılık gösterdiği

durumlarda hassasiyetin kesinliliğe olan oranıyla ortaya çıkmaktadır (Erdoğan 2011). Lojistik Regresyon sonuçlarının kabul edilebilir olması için ROC değerinin 0,7'den büyük olması gerekmektedir. Lojistik Regresyon Analizi, 2014 yılı arazi kullanım/razi örtüsü haritası referans alınarak, bağımlı ve bağımsız değerler arasında, her bir arazi kullanım/razi örtüsü sınıfına yönelik olarak uygulanmıştır.

Araştırma bölgesinde yapılan mekansal analizlere ek olarak, arazi kullanım/razi örtüsü sınıfının özelliklerini, bu sınıfların birbirleriyle olan ilişkilerini, değişiklikleri engelleyen ve kısıtlayan durumları modelleme sürecine dahil etmek gerekmektedir. Dönüşüm elastikiyetleri ve dönüşüm matrisleri olmak üzere karar kuralları belirlenmiştir.

Dönüşüm elastikiyetlerinde 3 kural bulunmaktadır;

1. Arazi kullanım/razi örtüsünün diğer arazi sınıflarına dönüşümün mümkün olmadığı durumlarda "1" değeri kullanılmaktadır.
2. Arazi kullanım/razi örtüsünün diğer arazi sınıflarına dönüşümün çok kolay olduğu durumlarda "0" değeri kullanılmaktadır.
3. Göreli elastikiyet durumu 0 ve 1 değerleri arasında arazi kullanım/razi örtüsünün alabileceği değerdir. Bir arazi sınıfının diğer arazi sınıfına dönüşüm değeri, arazi kullanım/razi örtüsünün geçmişteki değişim miktarları ve gelecekteki değişim olasılıkları göz önünde bulundurularak verilmelidir. Göreli elastikiyet değeri kullanıcıya bağlıdır. Modelleme aşamasında değiştirilebilmektedir.

Dönüşüm matrislerinde ise arazi kullanım/razi örtüsü sınıflarının birbirine dönüşmesine izin verilip verilmeyeceği kararlaştırılmaktadır. Dönüşüm matrislerinde belirlenen "1" değeri arazi kullanım/razi örtüsü sınıfının diğer arazi kullanım/razi örtüsü sınıfına dönüşebileceğini, "0" değeri ise dönüşümün olmayacağını göstermektedir. Dönüşüm matrislerinde, araştırma alanına yönelik plan kararlarının ya da araştırma alanındaki koruma alanlarının arazi kullanım/razi örtüsü üzerindeki etkileri belirtilmektedir. Araştırmada tarım ve orman alanlarının diğer arazi kullanım/razi örtüsü sınıflarına dönüşümüne herhangi bir kısıtlama getirilmemiş, yerleşim alanları ve sanayi alanlarının tarım ve orman alanlarına dönüşümü engellenmiştir. Yerleşim alanları ve sanayi alanlarının birbirine dönüşümlerine engel konmamıştır. Modelleme aşamasında bu matrise ait değerlerde tekrar düzeltme yapılabilmektedir.

Bir sonraki aşama değer atama sürecidir. Değer atama; yönlendirici faktörler, talep miktarları, karar kuralları ve her bir plankare için belirlenen olasılık değerleri doğrultusunda tekrarlayan bir süreçtir. Benzeşim (Simulasyon) 5 aşamada gerçekleşmektedir;

1-) Birinci adımda değişikliğe izin verilecek plankareler belirlenmektedir. Koruma altındaki alanlar değişikliğe izin verilmeyecek, arazi kullanım/arazi örtüsü alanları hesaplama dışı bırakılacaktır.

2-) Toplam değişebilme olasılığı, her bir plankare için, her bir arazi kullanım/arazi örtüsü şekline yönelik olarak ayrı ayrı belirlenmektedir (3.5).

$$TPROP_{i,u}: P_{i,u} + ELAS_u + ITER_{ui} \quad (3.5)$$

Burada;

$TPROP_{i,u}$: Toplam olasılık,

$P_{i,u}$: Regresyon analizleri sonucunda elde edilen olasılık,

$ELAS_{iu}$: Karar kuralları sonucunda belirlenen elastikiyet,

$ITER_{iu}$: İterasyon değişkenidir.

3-) En yüksek olasılık değerlerine göre plankarelere dağıtılan arazi kullanım/arazi örtüsü sınıfları için aynı tekraralama değerleri verilerek ön değer ataması yapılmaktadır.

4-) Plankarelere dağıtılan arazi kullanım/arazi örtüsü sınıfları sonuçları ile talep bölümünde belirlenen arazi kullanım/arazi örtüsü miktarları karşılaştırılmaktadır. Dağıtımı yapılan arazi kullanım/arazi örtüsü miktarı talep edilen miktardan küçükse tekraralama değişkeni yükseltilir, büyükse tekraralama değişkeni düşürülür.

5-) Talep edilen arazi kullanım/arazi örtüsü miktarları ve modelleme sonucu elde edilen miktarlar doğru değilse 2. ve 4. aşamalar tekrar edilir. Miktarlar eşitlendiği zaman son harita kaydedilerek bir sonraki yıllık zaman dilimi için modellemeye devam edilir.

Modelin doğruluğunun değerlendirilmesi için değer atama süreci 1990 ve 2014 yılları arasında gerçekleştirilmiştir.

Geleceğe yönelik tutarlı tahminler yapabilmek için geçmiş ve güncel yıllar arasında modelin kalibrasyonunun yapılması gerekmektedir. Model performansının değerlendirildiği bu bölümde, elde edilen sonuçlar doğrultusunda modelin kısıtları ve potansiyelleri kullanıcıya genel bir fikir vermektedir.

Modelin doğrulanmasında farklı aşamalar bulunmaktadır. Bu aşamalardan ilki lojistik regresyon sonuçlarının ROC analizi ile değerlendirilmesidir. Bu sonuçların 0,7'den büyük olması bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin uyumlu olduğunun göstergesidir. Lojistik regresyon analizi sonucunda belirlenen olasılık değerlerinin plankarelere atanmasıyla elde edilen modele ait arazi kullanım/arazi örtüsü haritası ve güncel arazi kullanım/arazi örtüsü haritasının görsel olarak yorumlanması ikinci aşamayı oluşturmaktadır. Birinci ve

ikinci aşamalar modelleme sürecinin daha çok doğru bir şekilde devam edip etmediğini göstermektedir. Üçüncü aşamada ise benzeşim (simulasyon) sonucu elde edilen arazi kullanım/arazi örtüsü haritası ile gerçek arazi kullanım/arazi örtüsü haritası plankare bazında karşılaştırılarak modelin doğruluğu test edilmektedir. Çalışmada kalibrasyon süreci 1990 ve 2014 yılları arasında gerçekleştirilmiştir. Çoklu Çözünürlük Prosedürü yöntemiyle değerlendirilebilen sonuçlar, elde edilen simülasyon haritasının doğruluğu hakkında bilgi vermektedir. Bu yöntemde plankareler öncelikle tek tek, daha sonra ise "2x2, 3x3, 4x4 "şeklindeki gruplar halinde karşılaştırılmaktadır. Çalışmada, 2014 yılı için elde edilen benzeşim haritası ve 2014 yılı gerçek arazi kullanım/arazi örtüsü haritaları 1x1 plankare temelinde karşılaştırılarak sonucu değerlendirilmiştir.

Modelin doğruluğu belirlendikten sonra gelecekte arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliğini saptayabilmek ve bu değişikliği zamansal ve mekânsal açıdan tutarlı bir şekilde yönlendirebilmek için araştırma bölgesine yönelik bazı senaryolar üretilmiştir. Senaryoların belirlenmesinde ulusal ve bölgesel düzeydeki sosyo-ekonomik, kültürel, çevresel ve siyasi kararlar ve bu kararlar doğrultusunda oluşturulan planlar ve projeler temel alınmıştır.

Bu bağlamda, doğrusal eğilim analizi ile belirlenen arazi kullanım/arazi örtüsü talep miktarlarına göre; 2023, 2030 ve 2050 yılları, 1/25000 Tekirdağ İl Çevre Düzeni Planı dikkate alınarak belirlenen talep miktarlarına göre; 2023 yılı için senaryolar üretilmiştir. Senaryolarda mevcut OSB alanlarına gelecekte izin verilmemesi ve izin verilmesi durumu dikkate alınarak oluşturulan çerçeveye göre;

1. Çalışma alanında hiçbir koruma uygulaması yapılmaması,
2. Sadece, arazi kullanım kabiliyetine göre I., II. ve III. sınıf tarım arazilerinin koruma alanı olarak belirlenmesi,
3. Orman alanlarının ve arazi kullanım kabiliyetine göre I., II. ve III. sınıf tarım arazilerinin birlikte koruma alanı olarak belirlenmesi,
4. Çalışma alanındaki yeraltı suyu besleme alanlarının koruma alanı olarak belirlenmesi,
5. Nüfus yoğunluğunun yönlendirici faktör olarak ele alınmaması varsayımları gelecek açısından değerlendirilmiştir.

Modelleme için belirlenen projeksiyon zamanları ve senaryoların gerekçeleri ayrıntılı olarak değerlendirilmiştir.

2023 yılı: Türkiye Cumhuriyeti'nin 100. yılı olması sebebiyle mevcut hükümetin siyasi, ekonomik, kültürel ve toplumsal vizyonunun bu yıla göre belirlenmesi,

2030 yılı: Araştırma bölgesindeki sanayi alanlarının tamamen dolacağı, bölgeye gelen göç unsuru ile birlikte şehirleşmenin bu yıla kadar aynı hızda devam edeceğinin varsayılması,

2050 yılı: 21. yy'ın yarısı olması, 2030 yılından sonra sanayi alanlarının daha kontrollü bir şekilde planlanacak olması hatta yeni sanayi alanlarına izin verilmeme ihtimalinin de olması gibi faktörler modellemede bu zaman dilimlerinin seçiminde önemli rol oynamıştır.

Senaryo 1: Araştırma bölgesinde koruma uygulaması yapılabilecek önemli bir doğal ve arkeolojik sit alanı bulunmamaktadır. Özellikle bazı tarım alanları, orman alanları ve sulak alanlar yasalarla koruma altına alınmış olmasına rağmen bu koruma ilkeleri geçmişten günümüze uygulanmamaktadır. Bu durumun gelecekte de devam edeceği öngörüsü bu senaryonun gerekçesini oluşturmaktadır.

Senaryo 2: Verimli tarım arazilerine sahip bölgede özellikle tahıl ve endüstri bitkilerindeki verim Türkiye ortalamasının üzerindedir. Ancak özellikle son 25 yıldır bu verimli tarım arazileri üzerinde şehirleşme ve sanayileşme hızla artış göstermiştir. Önlem alınmadığı takdirde gelecekte de bu artış eğilimi devam edecektir. Gıda güvenliği açısından ülke ekonomisi olumsuz etkileyecek bu durum göz önünde bulundurularak bu senaryo oluşturulmuştur.

Senaryo 3: Araştırma bölgesi verimli tarım arazilerinin yanı sıra ekolojik değeri yüksek orman arazilerine de sahiptir. Bölgenin daha eğimli ve yüksek bölgelerinde bulunan bu alanlar aynı zamanda yeraltı suyunun da ana kaynağını oluşturmaktadır. Orman alanlarının su kaynakları, yaban hayatı, iklim, insan sağlığı üzerindeki olumlu etkisi düşünülerek koruma altına alınması gerekliliği bu senaryonun oluşturulmasında ana sebeptir.

Senaryo 4: Araştırma bölgesinde suyu talep eden bütün sektörel su kullanıcıları ihtiyacı olan suyu yeraltından karşılamaktadır. Özellikle sanayi alanlarının aşırı su tüketimi nedeniyle ortaya çıkan su seviyesindeki alansal azalmaların miktarı DSİ ölçümlerinde açıkça ortaya koyulmuştur (Anonim 2008). Yeraltı suyu besleme alanlarında şehirleşme ve sanayileşmenin hız kesmeden devam ediyor olması hem su tüketiminin hem de geçirimsiz yüzeylerin daha da artmasına sebebiyet verecektir. Bu hassasiyet göz önünde bulundurularak bu senaryo oluşturulmuştur.

Senaryo 5: Nüfus yoğunluğunun şehirleşmede en önemli sosyo-ekonomik yönlendirici faktör olarak gözükmemesinin dışında, yerel yönetimlerin şehir çevresinde aldıkları imar-uygulama kararları da şehrin genişlemesinde etkili olmaktadır. Ancak şu var ki, kısa bir zaman dilimi içerisinde şehirleşmenin Çorlu ve Çerkezköy ilçelerinde daha da artacak olması birçok yönetsel ve teknik problemi beraberinde getirecektir. Altyapı ve üstyapı

olanaklarının hızlı nüfus artışına cevap verememesi neticesinde, ilçelerin bu nüfusu taşıyacak kapasitesi aşılabacaktır. Nüfus yoğunluğunun yönlendirici faktör olmaması koşulunun bölgedeki mekânsal dağılımı nasıl etkileyeceğinin sonuçları bu senaryo ile irdelenmiştir.

Çalışmada CBS ve Uzaktan Algılama olanaklarından faydalanılmıştır. Arazi kullanım/arazi örtüsü sınıflandırmasında uydu görüntülerindeki yansıma değerlerine göre belirlenemeyen bazı alanlar için saha çalışması yapılmıştır. Bu arazilerin örneklem bölgeleri küresel yer belirleme sistemi (GPS) aletiyle belirlenmiştir. 1990 ve 2014 yılları için arazi kullanım/arazi örtüsü sınıflandırmasında, uydu görüntülerinin geometrik düzeltme, mozaikleme ve değişim analizleri işlemlerinde ERDAS IMAGINE 9.1 programı kullanılmıştır. Arazi sınıflarının vektör veri haline getirilmesinde, mekansal analizlerde, yönlendirici faktörlere yönelik verilerin hazırlanmasında ArcGIS 9.3 programından yararlanılmıştır. Arazi kullanım/arazi örtüsü yapısı ve bu yapıyı yönlendiren etmenler arasındaki ilişkinin belirlendiği lojistik regresyon istatistiği SPSS programı ile analiz edilmiştir.

3.2.3. Hidrolojik modelleme

Araştırmada, arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliği ve iklim değişikliğinin araştırma alanına ait su toplama havzasının su bütçesine nasıl etki edeceği SWAT modeli yardımıyla analiz edilmiştir. SWAT modeli, nehir ölçekli havzalarda temel hidrolojik işlemlerin anlaşılmasını sağlamak için geliştirilmiş, birçok araştırmacı tarafından kullanılan bir yazılımdır. ArcSWAT yazılımı ise SWAT modeli için ArcGIS-ArcView programının grafik ara yüzünü kullanabilen bir programdır. Farklı arazi kullanım/arazi örtüsü ve iklim değişikliği verilerinin rahatlıkla uygulanabildiği bu yazılım güvenilir sonuçlar üretmektedir.

Modelin çalıştırılabilmesi için sayısal yükseklik haritasına (DEM), arazi kullanım/arazi örtüsü haritasına, toprak haritasına, eğim haritasına, havzayı temsil eden meteorolojik verilere ve toprak özelliklerine ihtiyaç vardır. Modelde girdi olarak kullanılan verilere ait özellikler Çizelge 3.10'da detaylı olarak sunulmuştur.

Çizelge 3.10. Araştırmada, SWAT modelinde girdi olarak kullanılan veriler ve özellikleri

VERİ ADI		BİRİM	VERİ KAYNAĞI
YÜKSEKLİK (DEM- 5 m)		m	T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü/TEKİRDAĞ
EĞİM (DEM- 5 m)		derece	T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü/TEKİRDAĞ
BÜYÜK TOPRAK GRUPLARI (1/25000 ölçek)			T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü/TEKİRDAĞ
ARAZİ KULLANIM/ARAZİ ÖRTÜSÜ			LANDSAT 8 uydu görüntüsü (www.glovis.usgs.gov)
METEOROLOJİK VERİLER (günlük)	En Yüksek Sıcaklık	°C	DMİ ve DSİ
	En Düşük Sıcaklık	°C	DMİ ve DSİ
	Yağış	mm	DMİ ve DSİ
	Rüzgar Hızı	m/s	DMİ ve DSİ
	Ortalama Bağıl Nem	%	DMİ ve DSİ
	Global Güneş Radyasyonu	MJ/m ²	DMİ ve DSİ

SWAT modelinde; havza su dengesi, toprak içerisindeki su akışı ve suyun havza boyunca kanalizasyon olmasını sağlayan temel bileşenler kütlenin korunumu esas alınarak hesaplanmaktadır (3.6). Bu hesaplama; arazi kullanım/razi örtüsü, toprak yapısı ve eğim özellikleri kombinasyonlarını içeren hidrolojik işlem birimlerine ayrılarak yapılmaktadır.

$$SW_i = SW_{i-1} + R_i - Q_{surf,i} - E_{a,i} - w_{seep,i} - Q_{gw,i} \quad (3.6)$$

Eşitlikte; SW_i , i. gündeki son toprak su içeriği (mm); SW_{i-1} , i-1. gündeki başlangıçtaki toprak su içeriği (mm); R_i , i. gündeki yağış miktarı (mm); $Q_{surf,i}$, i. gündeki yüzey akış miktarı (mm); $E_{a,i}$, i. gündeki evapotranspirasyon miktarı (mm); $w_{seep,i}$, i. gündeki, toprak profillerinden sığ akifere giren su miktarı (mm); $Q_{gw,i}$, i. gündeki sığ akiferden nehre geri akış miktarıdır (mm).

Toprakta tutulan su miktarı, toprağın geçirgenliği, derine sızma ve yüzey akış değerlerinin hesaplanmasında toprağın fiziksel özelliklerinin önemi çok büyüktür. SWAT modeli girdi olarak, toprağın farklı katmanlarındaki tekstür, hacim ağırlığı, hidrolik iletkenlik, organik madde, tarla kapasitesi, solma noktası, su tutma kapasitesi, pH gibi özellikleri kullanmaktadır.

Araştırmada, havza alanını temsil eden toprak örnekleri 6 farklı noktadan 3 katman halinde (30 cm, 60 cm, 90 cm), büyük toprak grubu, eğim ve derinlik faktörleri göz önünde

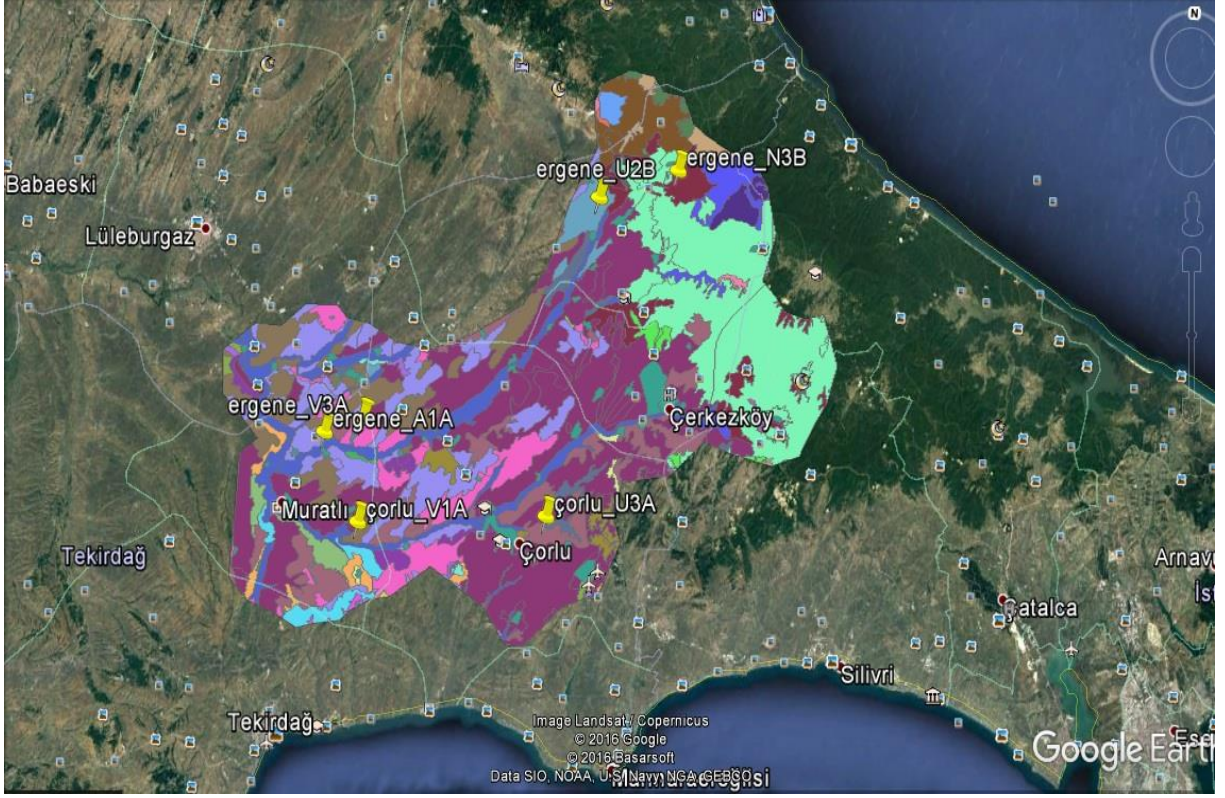
bulundurularak, arazi çalışmaları neticesinde elde edilmiştir. Toprak analizleri için araziden hem bozulmamış hem de bozulmuş toprak örnekleri alınmıştır. Toprakların hidrolik iletkenlik dışındaki özellikleri Kırklareli Atatürk Toprak Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma İstasyonu Müdürlüğü'nde analiz edilmiştir. Doymun koşullarda hidrolik iletkenlik hesabı için pedotransfer fonksiyonları (PTF) kullanılmıştır.

Toprağın önemli bir özelliği olan fakat laboratuvar koşullarında belirlenmesi birçok dezavantaj taşıyan doymun hidrolik iletkenlik değerinin (Ks) tahminlenmesinde başvuru yollardan biri PTF'nin kullanımınıdır (Goncalves ve ark. 1997). Pedotransfer eşitlikler kolay ölçülen toprak özelliklerinden modelleme yolu ile zahmetli, zaman alıcı, birçoğu kullanışsız, kimi zaman da pahalı yöntemlerle ölçülen toprak özelliklerini tahminleyebilen araçlardır (McBratney ve ark. 2006). Hidrolik iletkenlik değerleri için çalışmada van Genuchten (1980) ve Mualem (1976) fonksiyonları kullanılmıştır.

Toprak örneklerinin elde edilmesine ait saha çalışmaları Şekil 3.9'da, toprak örneklem noktaları Şekil 3.10'da, Kırklareli Atatürk Toprak Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma İstasyonu Müdürlüğü'nde yapılan toprak analizi çalışmaları ise Şekil 3.11'de sunulmuştur. Ayrıca toprak analizlerine ait sonuçlar Çizelge 3.11'de verilmiştir.



Şekil 3.9. Toprak örneklerine ait arazi çalışmaları



Şekil 3.10. Toprak örneklem noktaları



Şekil 3.11. Toprak örneklerinin analiz çalışmaları

Çizelge 3.11. Araştırmada, SWAT modelinde kullanılan toprak grupları ve özellikleri

	Profilin Kodu	Derinlik (cm)	Su ile Doy. Top. pH	Organik Madde	Kil (%)	Silt (%)	Kum (%)	Hacim Ağırlığı (gr/cm ³)	Tarla Kapasitesi (%)	Solma Noktası (%)	Su Tutma Kapasitesi	Hidrolik İletkenlik (mm/h)
					Tekstür							
1	ÇU3A	0-30	5,43	0,65	20,83	8,33	70,83	1,56	18,52	8,91	0,16	7,07
2	ÇU3A	30-60	5,93	0,52	25,00	4,17	70,83	1,54	17,32	9,55	0,13	7,09
3	ÇU3A	60-90	6,77	0,31	25,00	2,08	72,92	1,61	16,73	8,61	0,14	5,42
4	EN3B	0-30	7,97	1,19	18,75	16,67	64,58	1,59	17,38	6,23	0,21	2,35
5	EN3B	30-60	7,94	0,96	18,75	14,58	66,67	1,54	18,32	6,68	0,21	3,44
6	EN3B	60-90	7,94	0,75	22,92	18,75	58,33	1,52	18,69	8,23	0,17	4,37
7	EU2B	0-30	7,69	0,74	31,25	10,42	58,33	1,45	19,65	12	0,11	8,90
8	EU2B	30-60	7,78	0,52	41,67	8,33	50,00	1,48	19,61	9,73	0,16	3,16
9	EU2B	60-90	7,9	0,32	33,33	14,58	52,08	1,50	24,21	13,04	0,19	2,25
10	ÇV1A	0-30	7,63	0,93	33,33	14,58	52,08	1,53	35,68	15,54	0,35	1,64
11	ÇV1A	30-60	7,67	0,68	31,25	14,58	54,17	1,49	27	12,77	0,23	3,89
12	ÇV1A	60-90	7,77	0,42	37,50	14,58	47,92	1,46	32,51	16,95	0,26	2,55
13	EA1A	0-30	4,74	1,15	10,42	12,50	77,08	1,72	15,06	5,92	0,17	6,86
14	EA1A	30-60	4,92	1	10,42	10,42	79,17	1,73	14,66	5,64	0,16	11,95
15	EA1A	60-90	5,78	0,69	14,58	12,50	72,92	1,69	19,64	8	0,21	4,04
16	EV3A	0-30	7,51	0,95	27,08	12,50	60,42	1,61	30,4	14,23	0,27	2,29
17	EV3A	30-60	7,65	0,84	41,67	12,50	45,83	1,49	29,2	14,57	0,24	2,29
18	EV3A	60-90	7,69	0,51	33,33	14,58	52,08	1,52	28,34	13,32	0,26	2,03

Toprak verilerinin modele detaylı olarak tanıtılmasından sonraki aşama, havzayı temsil eden meteorolojik parametrelerin modele tanıtılması işlemidir. Özellikle havza alanı büyük olduğu zaman havzayı temsil eden meteoroloji istasyonlarının sayısı artmaktadır. Model bütün istasyonların verilerini kullanmaktan ziyade her bir alt havza için en yakın meteoroloji istasyonunun verilerini kullanmaktadır. Bütün girdiler modele tanıtıldıktan sonra alt havzaların hidrolojik işlem birimini (HRU) oluşturan arazi kullanım/arazi örtüsü, toprak ve eğim faktörleri model veritabanına otomatik olarak yazılmaktadır. Böylelikle modelleme sürecinin başlatılması için gerekli aşamalar tamamlanmaktadır.

Araştırma bölgesinin su toplama havzasındaki başlıca yüzey su kaynakları, Ergene Nehri'nin en önemli iki kolu olan Ergene Deresi ve Çorlu Deresi'dir. Çorlu Deresi, evsel ve endüstriyel atık sular sebebiyle kaynağına yakın bir noktadan başlamak üzere doğal akış düzenini kaybetmiştir. Ergene Deresi'nin ise kaynağından, sanayi bölgelerine kadar olan kısmı nispeten doğal akış düzenini korumaktadır. Havzada, Ergene Deresi üzerinde 3 adet akım gözlem istasyonu mevcuttur. Bakırca istasyonuna ait akım gözlem verileri diğer istasyonlara göre daha uzun süreli ve sağlıklı ölçüm verilerine sahip olduğu için modelin kalibrasyon aşamasında tercih edilmiştir. Havzanın çıkış noktasındaki İnanlı istasyonuna ait

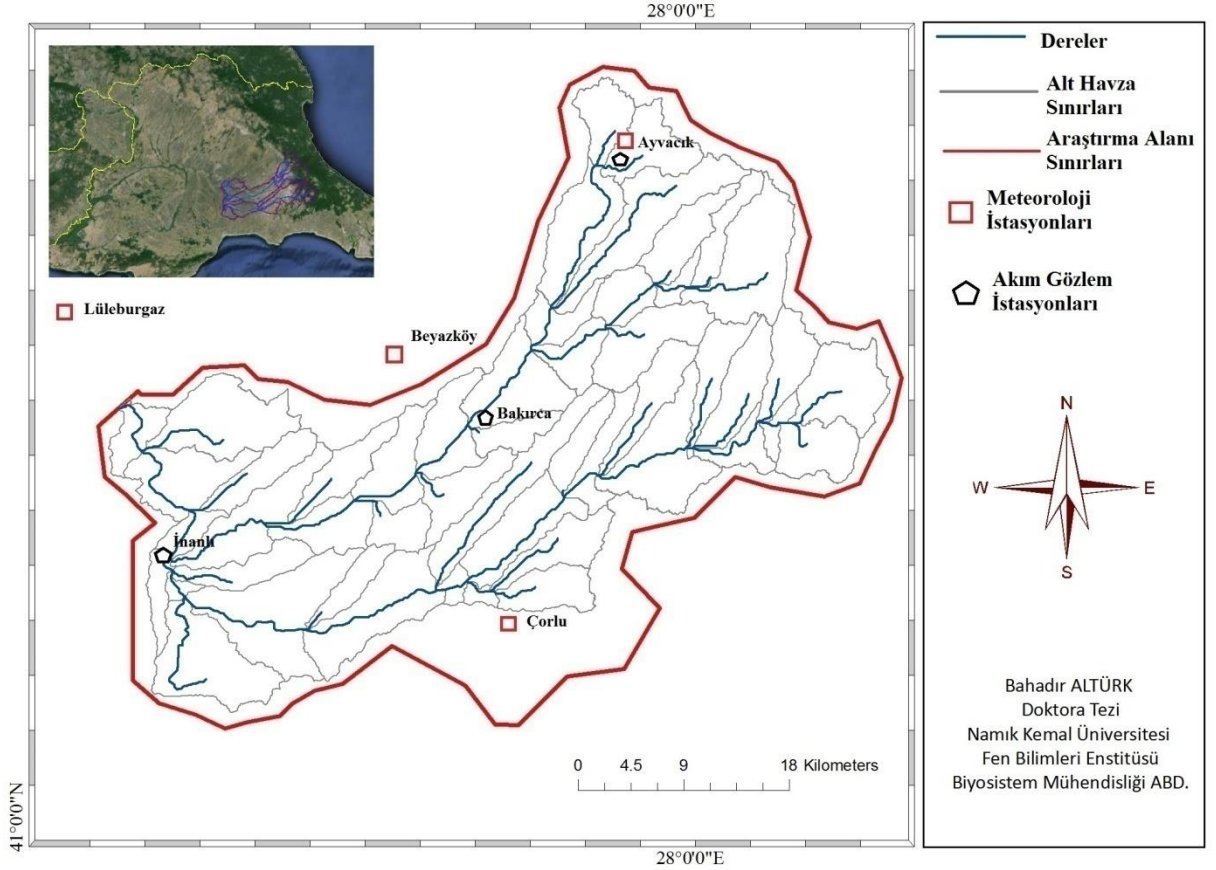
akım ölçümleri ise nehirlerin doğal akış düzenini kaybetmesinden dolayı kalibrasyon aşamasında kullanılmamıştır. Alt havzalar ve hidrometeorolojik istasyonlar Çizelge 3.12 ve Şekil 3.12’de detaylı olarak belirtilmiştir.

Modelden elde edilen sonuçların doğruluğunun kabul edilebilmesi, gözlenmiş değerlerle model çıktılarının istatistiksel olarak kabul edilebilir sonuç vermesine bağlıdır. SWAT modelinden elde edilen verilerin kalibrasyonu ve doğrulaması için birçok farklı yöntem mevcuttur. Kullanıcı, kalibrasyonu manuel ve otomatik olarak yapabilmektedir. SWAT-CUP programı, SWAT modelinin kalibrasyonu için geliştirilen bir yazılımdır. Farklı kalibrasyon yöntemlerini içinde barındıran bu yazılımda Sıralı Belirsizlik Uygunluğu (SUFI-2) (Abbaspour ve ark. 2004, 2007) algoritması kullanılmıştır.

Çizelge 3.12. Havzayı temsil eden meteoroloji ve hidrometeoroloji istasyonları

İstasyon Tipi	İstasyon Adı	Kot (m)	Kurum	Rasat Aralığı	Toplam Yağış	Ortalama Sıcaklık	Ortalama Akım
					(mm/yıl)	(°C/yıl)	(m ³ /s)
Meteoroloji	Çorlu	183	DMİ	1970-2014	560,4	12,9	-----
Meteoroloji	Lüleburgaz	46	DMİ	1970-2014	551,9	13,2	-----
Meteoroloji	Beyazköy	90	DSİ	1965-2014	521,8	13,1	-----
Meteoroloji	Ayvacık	238	DSİ	1970-2014	728,6	12,1	-----
Hidrometeoroloji	Bakırca	101	DSİ	2009-2014	-----	-----	3,2
Hidrometeoroloji	Ayvacık	238	DSİ	2004-2014	-----	-----	0,32

ALT HAVZALAR VE HİDROMETEOROLOJİK İSTASYONLAR



Şekil 3.12. Alt havzalar ve hidrometeorolojik istasyonlar

Kalibrasyon dönemi için hassaslık analizi ile belirlenen parametre değerleri, validasyon (doğrulama) aşamasında da değerlendirilerek model sonuçları ile gözlenmiş akımlar arasındaki uyum incelenmiştir. Bu uyumun istatistiksel olarak performansı; determinasyon katsayısı (R^2) ve Nash-Sutcliffe (NS) istatistiklerine göre %95 güvenirlilik seviyesinde test edilmiştir.

Arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliğinin yanında iklim değişikliğinin de su kaynaklarına etkisi çok fazladır. Ancak geleceğe yönelik iklim verilerini üretmek zahmetli ve zaman alıcı bir işlemdir. Bu işlemi gerçekleştirebilmek için yüksek hesaplama gücüne sahip süper bilgisayarlara gereksinim duyulmaktadır. Süper bilgisayarların yardımıyla elde edilen küresel iklim modellerine ait atmosferik çıktılar bölgesel iklim modelleri vasıtasıyla ölçek küçültme yöntemine tabi tutulmakta ve araştırma yapılan alan için daha detaylı veriler elde edilmektedir.

Tez kapsamında, araştırma bölgesini kapsayan geleceğe yönelik iklim verileri İstanbul Teknik Üniversitesi Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü İklim ve Deniz Bilimleri Anabilim Dalı'nın 2008 yılında tamamladığı "Türkiye için İklim Değişikliği Senaryoları" başlıklı

Tübitak projesinden temin edilmiştir. Bu projede (Max Planck Meteoroloji Enstitüsü, Almanya) temin edilen Genel Sirkülasyon Modeli (ECHAM5 modeli) A2 seragazı salım senaryosuna ait iklim verileri, Bölgesel İklim Modeli (RegCM3) kullanılarak 27 km çözünürlüğe indirgenmiştir. Model 1961-1990 referans dönem ve 2001-2099 gelecek dönem için çalıştırılmıştır. Araştırma kapsamında RegCM3 modelinden temin edilen veriler Çizelge 3.13’de sunulmuştur.

Çizelge 3.13. RegCM3 bölgesel iklim modeli verileri

VERİ ADI	BİRİM	VERİ KAYNAĞI	VERİ ARALIĞI
En Yüksek Sıcaklık	°K	RegCM3 bölgesel iklim modeli	1961-1990/2001-2099 (günlük)
En Düşük Sıcaklık	°K	RegCM3 bölgesel iklim modeli	1961-1990/2001-2099 (günlük)
Rüzgar Hızı	m/s	RegCM3 bölgesel iklim modeli	1961-1990/2001-2099 (günlük)
Yağış	mm	RegCM3 bölgesel iklim modeli	1961-1990/2001-2099 (günlük)
Ortalama Bağıl Nem	%	RegCM3 bölgesel iklim modeli	1961-1990/2001-2099 (günlük)
Global Güneş Radyasyonu	W/cm ²	RegCM3 bölgesel iklim modeli	1961-1990/2001-2099 (günlük)

İklim modellerinden elde edilen verilerin geleceğe yönelik yapılan hidrolojik modelleme analizlerinde kullanılabilmesi için araştırma yapılan bölgenin meteorolojik gözlem verileri ile test edilmesi gerekmektedir. RegCM3 bölgesel iklim modelinden elde edilen, araştırma bölgesinin su toplama havzasına ait 1961-1990 yılı alansal yağış ve sıcaklık verilerinin tutarlılığı Mann-Whitney U (M-W) Homojenlik Testi ile sınanmıştır.

Parametrik olmayan bu test iki farklı grubun aynı dağılımdan gelip gelmediğini test etmek için kullanılmaktadır. Bu test ilk defa eşit hacimli iki örneklem verileri için Wilcoxon (1945) tarafından ortaya koyulmuştur. Daha sonra Mann and Whitney (1947) tarafından değişik büyüklükte iki örneklem problemleri analizleri için uygulanıp geliştirilmiştir. Testin yapılışında iki grup bir araya getirilerek tek dizi oluşturulmaktadır. Hangi gruba ait olduğuna bakılmaksızın her gözleme küçükten büyüğe sıra numaraları

verilmekte ve her verinin hangi örneğe ait olduğu dikkate alınarak sıralama puanları örneklere göre toplanmaktadır. Öncelikle 1. örneğe ait gözlemlerin sıralama puanları toplamı R_1 , 2. örneğe ait olanları toplamı R_2 bulunur ve ayrı ayrı U_1 (3.7) ve U_2 (3.8) değerleri hesaplanır.

$$U_1 = R_1 - \frac{n_1(n_1+1)}{2} \quad (3.7)$$

$$U_2 = R_2 - \frac{n_2(n_2+1)}{2} \quad (3.8)$$

Burada, n_1 ve n_2 , karşılaştırılan gruplara ait veri sayılarını simgelemektedir. U_1 ve U_2 değerlerinden büyük olanı (U^*) seçilmekte ve z test istatistiği (3.9) hesaplanmaktadır.

$$z = \frac{U^* - \frac{n_1 n_2}{2}}{\sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1)}{12}}} \quad (3.9)$$

Belirlenen z değeri, α önemliliği tablo değeri (z_{kr}) ile karşılaştırılmaktadır. Eğer z istatistiğinin mutlak değeri z_{kr} değerinden küçük ise istatistiksel açıdan anlamlı bir fark yoktur.

Hidrolojik modellemenin son aşamasında CLUE-S modelinden 2023, 2030, 2050 yılları için elde edilen arazi kullanım/arazi örtüsü verileri ve Çizelge 3.13'de belirtilen RegCM3 bölgesel iklim modelinden elde edilen meteorolojik veriler birleştirilerek havzanın akımlarında, yüzey akışlarında ve su dengesinde meydana gelebilecek olası değişimler 20 yıllık dönemler halinde (2020-2039, 2040-2059) iki farklı dönem için ve 2060-2099 dönemi için ortaya koyulmuştur.

3.2.4. Sektörel su tahsisinin modellenmesi

Havza paydaşlarına yönelik bütüncül yaklaşımlarla ortaya koyulan projeksiyonlar su kaynaklarının hem çevresel hem de sosyo-ekonomik olarak adil bir şekilde planlanmasını kolaylaştırmaktadır. Sektörler arası su rekabetinin hızla arttığı günümüzde adil bir paylaşım sergileyebilmek suyu talep eden birimlerin ve bu talebi karşılayacak kaynakların zaman ve miktar açısından uyumunun sağlanmasıyla mümkün olmaktadır. Ayrıca ulusal ve bölgesel kalkınma planları dikkate alınarak elde edilecek veriler de sağlıklı bir tahsis şemasının oluşturulmasında önemli rol oynamaktadır.

Araştırma bölgesindeki mevcut su kaynaklarının ve bu kaynaklara olan sektörel su talebinin günümüzdeki mevcut durumu ve geleceğe yönelik planlama aşamaları WEAP modeli ile ortaya koyulmuştur. WEAP modeli, bütünleşik havza yönetimi yaklaşımıyla sektörlerin ihtiyacı olan suyu kalite ve miktar açısından detaylı olarak irdeleyerek ortaya

koymaktadır. Modelin sağlıklı sonuçlar verebilmesi, araştırma alanına ait suyu talep eden ve bu taleplere cevap verecek tedarik noktalarının bilinmesiyle mümkün olmaktadır.

Mevcut durumda, 11 adet sanayi alanı, 8 adet yerleşim alanı (il, ilçe), hayvansal su ihtiyacı bölgenin su kaynakları için rekabet etmektedir. Araştırma kapsamında, sektörel su tahsisi günümüz (2015) ve gelecek (2023 ve 2030) yıllar için hesaplanmıştır. Gelecekteki kentsel su ihtiyacı, 1/25000 ölçekli Tekirdağ İl Çevre Düzeni Planı'na ait 2023 yılı nüfus sayıları ve İller Bankası yöntemiyle 2030 yılı için hesaplanan nüfus sayılarına göre belirlenmiştir.

İller Bankası yöntemi su kaynaklarının planlanması ve geliştirilmesinde sıkça kullanılmaktadır. Bu yöntemde öncelikle geçmiş yıllara ait Türkiye İstatistik Kurumu (TUIK) nüfus verileri ve 3.10'da sunulan eşitlik kullanılarak yerleşim alanlarına ait nüfus artış katsayıları belirlenmiştir

$$P = \left(\sqrt[a]{\frac{N_y}{N_e}} - 1 \right) * 100 \quad (3.10)$$

Burada; p, nüfus artış katsayısı; N_y , en son nüfus sayımındaki yerleşim yeri nüfusu; N_e , bir önceki nüfus sayımındaki nüfus sayısı; a, iki nüfus sayımı arasındaki geçen süredir.

Eğer; p değeri $1 \leq p \leq 3$ ise, p değerinin kendisi; $p < 1$ ise, $p = 1$; $p > 3$ ise, $p = 3$ olmalıdır. Artış katsayısı belirlendikten sonra 2030 yılına ait nüfus sayıları (3.11)'de gösterilen denkleme göre, her bir yerleşim alanı için hesaplanmıştır.

$$N_g = N_y \left[1 + \left(\frac{p}{100} \right) \right]^x \quad (3.11)$$

Burada; N_g , gelecekte yerleşim yerinin nüfusu; x, son nüfus sayımının olduğu yıl ve gelecekteki hesaplanan yıl arasındaki geçen süredir.

1/25000 ölçekli Tekirdağ İl Çevre Düzeni Planı'nda gelecek için hesaplanan nüfus projeksiyonları 2023 yılını kapsamaktadır. Hesaplamalarda sanayi alanlarının tam dolacağı varsayılarak, mevcut artış eğilimi nüfusuna sanayinin ve hizmet sektörünün getireceği ek nüfus eklenmiş ve 2023 yılı nüfus projeksiyonu oluşturulmuştur. Ancak Ergene Derin Deniz Deşarj Projesi'nde sanayi alanlarının 2030 yılında dolacağı varsayılmaktadır ve sanayi için gerekli su ihtiyacı bu yıla göre projelendirilmiştir.

Araştırmada, İller Bankası yöntemiyle 2030 yılı için belirlenen nüfus projeksiyonlarına ek olarak bir üçüncü projeksiyon daha yapılmıştır. Bu hesaplamada mevcut

artış eğilimi nüfus projeksiyonuna sanayi ve hizmet alanlarının getireceği ek nüfus da eklenerek (2030 yılı+ek nüfus) 2030 yılı için farklı bir projeksiyon daha oluşturulmuştur.

Ek nüfusun belirlenmesinde 1/25000 Tekirdağ İl Çevre Düzeni Planı dikkate alınmıştır. (Anonim 2010)' a göre sanayi alanlarında çalışacak nüfus hesabı yapılırken, önce sanayi alanının yarısı çalışma alanının gerçekleşeceği kapalı alan olarak düşünülüp 2'ye bölünür. Daha sonra 1 hektarda 40 kişinin çalışabileceği düşünülüp, hane halkı ortalaması 4 kişi alınarak sanayide çalışan nüfusun ailesiyle birlikte kaç kişi olacağı hesaplanır. Çıkan sayının hizmetler sektöründe yaratacağı çarpan etkisi için 1 sanayi işçisine 2 hizmet çalışanı düştüğü varsayılmıştır. Bu hesaplamalarda lojistik alanında 1 hektarda çalışan sayısı 4 kişi olarak alınmıştır. 1/25000 Tekirdağ İl Çevre Düzeni Planı'nda sanayi alanlarının 2023 yılında tamamen dolacağı varsayımına dayanılarak hedeflenen nüfus projeksiyonları oluşturulmuştur. Araştırmada ise sanayi alanlarının 2030 yılında tamamen dolacağı varsayımı yapılarak 2030 yılında İller Bankası yöntemiyle oluşturulan nüfus projeksiyonlarına hizmet ve sanayinin getireceği ek nüfus eklenmiştir. Böylelikle yerleşim alanlarının ihtiyacı olan su miktarları 3 farklı projeksiyonla; 2023 yılı nüfus sayıları, 2030 yılı nüfus sayıları ve 2030 yılı nüfusu+ek nüfus sayıları göz önünde bulundurularak hesaplanmıştır.

Kentsel su kullanımında, yerleşim birimlerinin 2015 yılı için tükettiği su miktarları, yerleşim alanlarına ait nüfusa bölünerek her bir kişi için yıllık su tüketimi hesaplanmıştır. Ayrıca bu tüketimlere kayıp-kaçak oranı da eklenmiştir. Tekirdağ Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü (TESKİ)'den temin edilen kentsel su tüketim bilgilerinde kayıp-kaçak oranı günümüzde yaklaşık olarak %45 civarındadır.

Sanayinin 2015 yılı mevcut su tüketimi ve 2030 yılı için öngörülen su tüketimleri Veliköy Organize Sanayi Bölge Müdürlüğü'nden ve Ergene Derin Deniz Deşarj A.Ş'den temin edilmiştir.

Tarımsal su kullanımında bir büyükbaş hayvan için günlük 50 litre, küçükbaş hayvan için 15 litre ve kümes hayvanı için 0.15 litre su tüketimi esas alınmıştır (Yardımcı 1994). 2030 yılı için öngörülen hayvan sayıları İller Bankası yöntemiyle hesaplanmıştır.

Araştırma bölgesindeki tahsis edilebilir su potansiyeli, sektörlerin talep durumları, sektörel gelişimler ve su tahsisi konusundaki ulusal ve bölgesel planlara ait veriler çalışma kapsamında resmi kurumlardan elde edilmiştir. Çizelge 3.14'de araştırma bölgesinin mevcut ve gelecekteki planlanan su tahsis şemaları için gerekli veriler detaylı olarak açıklanmıştır.

Çizelge 3.14. Araştırma bölgesinde su talebine ve arzına yönelik veriler

	SEKTÖREL SU TAHSİSİ	SEKTÖR VE KAYNAK TÜRÜ	VERİ ADI	VERİ KAYNAĞI
TALEP EDEN ALANLAR	ÇERKEZKÖY OSB	Sanayi	Su Tüketim Bilgileri	ERGENE DERİN DENİZ DEŞARJ A.Ş
	ÇORLU DERİ OSB	Sanayi	Su Tüketim Bilgileri	ERGENE DERİN DENİZ DEŞARJ A.Ş
	VELİMEŞE OSB	Sanayi	Su Tüketim Bilgileri	ERGENE DERİN DENİZ DEŞARJ A.Ş
	VELİKÖY OSB	Sanayi	Su Tüketim Bilgileri	ERGENE DERİN DENİZ DEŞARJ A.Ş
	ERGENE 1 OSB	Sanayi	Su Tüketim Bilgileri	ERGENE DERİN DENİZ DEŞARJ A.Ş
	ERGENE 2 OSB	Sanayi	Su Tüketim Bilgileri	ERGENE DERİN DENİZ DEŞARJ A.Ş
	MURATLI OSB	Sanayi	Su Tüketim Bilgileri	ERGENE DERİN DENİZ DEŞARJ A.Ş
	TÜRKGÜCÜ OSB	Sanayi	Su Tüketim Bilgileri	ERGENE DERİN DENİZ DEŞARJ A.Ş
	KARAAĞAÇ OSB	Sanayi	Su Tüketim Bilgileri	ERGENE DERİN DENİZ DEŞARJ A.Ş
	YALIBOYU OSB	Sanayi	Su Tüketim Bilgileri	ERGENE DERİN DENİZ DEŞARJ A.Ş
	AVRUPA SERBEST BÖLGESİ	Sanayi	Su Tüketim Bilgileri	ERGENE DERİN DENİZ DEŞARJ A.Ş
	ÇORLU	Kentsel	Su Tüketim Bilgileri ve Nüfus Bilgileri	TESKİ ve TUİK
	ÇERKEZKÖY	Kentsel	Su Tüketim Bilgileri ve Nüfus Bilgileri	TESKİ ve TUİK
	SÜLEYMANPAŞA	Kentsel	Su Tüketim Bilgileri ve Nüfus Bilgileri	TESKİ ve TUİK
	MURATLI	Kentsel	Su Tüketim Bilgileri ve Nüfus Bilgileri	TESKİ ve TUİK
	SARAY	Kentsel	Su Tüketim Bilgileri ve Nüfus Bilgileri	TESKİ ve TUİK
	KAPAKLI	Kentsel	Su Tüketim Bilgileri ve Nüfus Bilgileri	TESKİ ve TUİK
	ERGENE	Kentsel	Su Tüketim Bilgileri ve Nüfus Bilgileri	TESKİ ve TUİK

	MARMARA EREĞLİSİ	Kentsel	Su Tüketim Bilgileri ve Nüfus Bilgileri	TESKİ ve TUİK
	SULANACAK TARIM ALANLARI	Tarımsal	Su Tüketim Bilgileri ve Sulu Tarıma Açılması Planlanan Alan Miktarı	TESKİ
	HAYVAN SU İHTİYACI	Tarımsal	Hayvan Sayıları	TARIM REFORMU GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
TEDARİK EDEN ALANLAR	ÇORLU AKİFER	Yeraltı suyu	Akifer Emniyetli Verim Haddi	TESKİ VE DSİ
	KÖMÜRKÖY BARAJI	Yüzey Suyu	İçme ve Kullanma Tahsis Miktarları	TESKİ VE DSİ
	AMBARDERE REGÜLATÖRÜ	Yeraltı suyu	İçme ve Kullanma Tahsis Miktarları	TESKİ VE DSİ
	KIZILAĞAÇ BARAJI	Yüzey Suyu	İçme ve Kullanma Tahsis Miktarları	TESKİ VE DSİ
	BALABAN BARAJI	Yüzey Suyu	İçme ve Kullanma Tahsis Miktarları	TESKİ VE DSİ
	TÜRKMENLİ BARAJI	Yüzey Suyu	İçme ve Kullanma Tahsis Miktarları	TESKİ VE DSİ
	YONCALI BARAJI	Yüzey Suyu	İçme ve Kullanma Tahsis Miktarları	TESKİ VE DSİ
	NAİP BARAJI	Yüzey Suyu	İçme ve Kullanma Tahsis Miktarları	TESKİ VE DSİ
	DEDECİK BARAJI	Yüzey Suyu	İçme ve Kullanma Tahsis Miktarları	TESKİ VE DSİ
	İNECİK BARAJI 1	Yüzey Suyu	İçme ve Kullanma Tahsis Miktarları	TESKİ VE DSİ
	İNECİK BARAJI 2	Yüzey Suyu	İçme ve Kullanma Tahsis Miktarları	TESKİ VE DSİ
	SARAY KAYNAKLARI	Yeraltı suyu	İçme ve Kullanma Tahsis Miktarları	TESKİ VE DSİ
	AYVACIK GÖLETİ	Yüzey Suyu	İçme ve Kullanma Tahsis Miktarları	TESKİ VE DSİ
	BAHÇEKÖY GÖLETİ	Yüzey Suyu	İçme ve Kullanma Tahsis Miktarları	TESKİ VE DSİ
	ERGENE GÖLETİ	Yüzey Suyu	İçme ve Kullanma Tahsis Miktarları	TESKİ VE DSİ
SEYMEN GÖLETİ	Yüzey Suyu	İçme ve Kullanma Tahsis Miktarları	TESKİ VE DSİ	

Ergene Eylem Planı ve Trakya Gelişim Projesi dahilinde, karar vericiler tarafından bölgenin sektörel su ihtiyacını karşılamaya yönelik, 2017-2023 yıllarını kapsayan planlar ortaya koyulmuştur. Sektörel su ihtiyacının yeraltı suyuna olan bağımlılığını azaltmaya yönelik bu çalışmalar çerçevesinde birçok baraj, gölet ve atıksu arıtma tesisi şu an yapım aşamasındadır. Daha çok yüzey su kaynaklarından yararlanmaya yönelik bu tesisler tam haliyle 2017-2025 yılları arasında işletmeye alınacaklardır. Gelecekteki planlamalara yönelik oluşturulan sektörel su kullanımı ve su kaynakları ile ilgili detaylar Çizelge 3.15’de gösterilmektedir.

Çizelge 3.15. Araştırma bölgesinin 2030 yılı sektörel su kullanıcıları ve su kaynakları

Talep Eden Birim	Su Kaynağı
Çerkezköy_OSB	Meriç Su Temini
Çorlu_Deri_OSB	Meriç Su Temini
ASB (Avrupa Serbest Bölgesi)	Meriç Su Temini
Velimeşe_OSB	Meriç Su Temini
Velikoy_OSB	Meriç Su Temini
Karaağaç_OSB	Meriç Su Temini
Yalıboyu_OSB	Meriç Su Temini
Ergene1_OSB	Meriç Su Temini
Ergene2_OSB	Meriç Su Temini
Türkgücü_OSB	Meriç Su Temini
Muratlı_OSB	Meriç Su Temini
Süleymanpaşa	Naip Barajı
	İncik1 ve İncik 2 Barajları
	Dedecik Barajı
Çorlu	Kömürköy Barajı
	Kızılağaç Barajı
	Balaban Barajı
Çerkezköy	Ambardere Regülatörü
Kapaklı	Ayvacık Göleti
	Bahçeköy Göleti
	Ergene Göleti

Çizelge 3.15. Devam

Ergene	Kömürköy Barajı
	Kızılağaç Barajı
	Balaban Barajı
Saray	Saray Kaynakları
	Yoncalı Barajı
Marmara Ereğlisi	Türkmenli Barajı
	Seymen Göleti
	Çorlu Akifer
Muratlı	Çorlu Akifer
Hayvan İçme Suyu İhtiyacı	Çorlu Akifer
Sulanacak Tarım Alanlarının İhtiyacı	Evsel Atık Su Arıtma Tesisleri

Araştırma bölgesi içinde bulunmayan ancak mevcut durumda bu saha içinden su temin eden Süleymanpaşa (Tekirdağ Merkez) ve Marmara Ereğlisi ilçeleri, geleceğe dair yapılan planlamalarda ihtiyaçları olan suyu araştırma bölgesi dışındaki baraj ve göletlerden temin edeceklerdir. Ancak bu yerleşim alanlarında kurak mevsimlerde yüzey su kaynaklarının yetersiz kalması ve nüfusun planlanandan daha fazla olması halinde yeraltı suyuna olan bağımlılık devam edecektir. Geleceğe yönelik senaryolar oluşturulurken bu durum dikkate alınmış ve hazırlanan su tahsis şemasına bu yerleşim alanları tekrar dahil edilmiştir.

Yapılan su tahsisi planlamalarında yeraltı suyuna olan talep neredeyse tamamen sonlandırılarak ihtiyacın yüzey su kaynaklarından temin edilmesi amaçlanmaktadır. Özellikle suyu en çok talep eden sektör olan sanayi alanlarının su ihtiyacı Meriç Nehri'nden havzalar arası su transferi ile sağlanacaktır. Şu aşamada yeraltı suyuna sadece Muratlı ilçesi ve kırsal kesimde yapılan hayvancılık faaliyetleri bağımlı kalmaktadır. Araştırma bölgesinde DSİ tarafından gelecekte hedeflenen projelerden bir tanesi de bazı tarım alanlarının sulamaya açılmasıdır. TESKİ ve DSİ 'den edinilen bilgilere göre yaklaşık 64000 ha alanın sulu tarıma açılması ve hektar başına ortalama 4000 m³ su tüketiminin sulama amaçlı kullanılacağı hesaplanmaktadır. Sulanacak alanlar için gerekli suyun evsel atıksu arıtma tesislerinden karşılanacağı öngörülmektedir. TESKİ tarafından yapılan altyapı iyileştirme ve yenileme projeleri ile bölgede evsel su tüketiminde kayıp-kaçak oranının % 20'ye düşürülmesi hedeflenmektedir.

Sektörel su kullanımına dair araştırma bölgesinde yapılan planlar ve gerekli kaynak taramaları çerçevesinde, sektörlerin su talebi ve bu talebi karşılayacak kaynakların su arzı geleceğe yönelik olarak 3 farklı nüfus projeksiyonu ve 3 farklı senaryo ile analiz edilmiştir. Senaryolarda öncelikli olarak evsel kullanım dikkate alınmıştır.

2023 ve 2030 yılları sektörel su talebi ve arzı için oluşturulan senaryolarda;

Senaryo 1: Kayıp-kaçak oranının evsel kullanımda %20'ye düşürülmesi

Senaryo 2: Kayıp-kaçak oranının evsel kullanımda %30'a düşürülmesi

Senaryo 3: Kayıp-kaçak oranının evsel kullanımda, bugünkü koşullarda yani %45'te kalması, bir iyileştirme yapılamaması varsayımları değerlendirilmiştir.

Çizelge 3.16'da, araştırma kapsamında oluşturulan yönetim senaryoları detaylı olarak gösterilmektedir. Senaryolarda belirlenen kayıp-kaçak oranları sadece yerleşim alanlarının ihtiyacı olan evsel kullanım için geçerlidir.

Çizelge 3.16. Sektörel su talebi ve arzına yönelik oluşturulan yönetim senaryoları

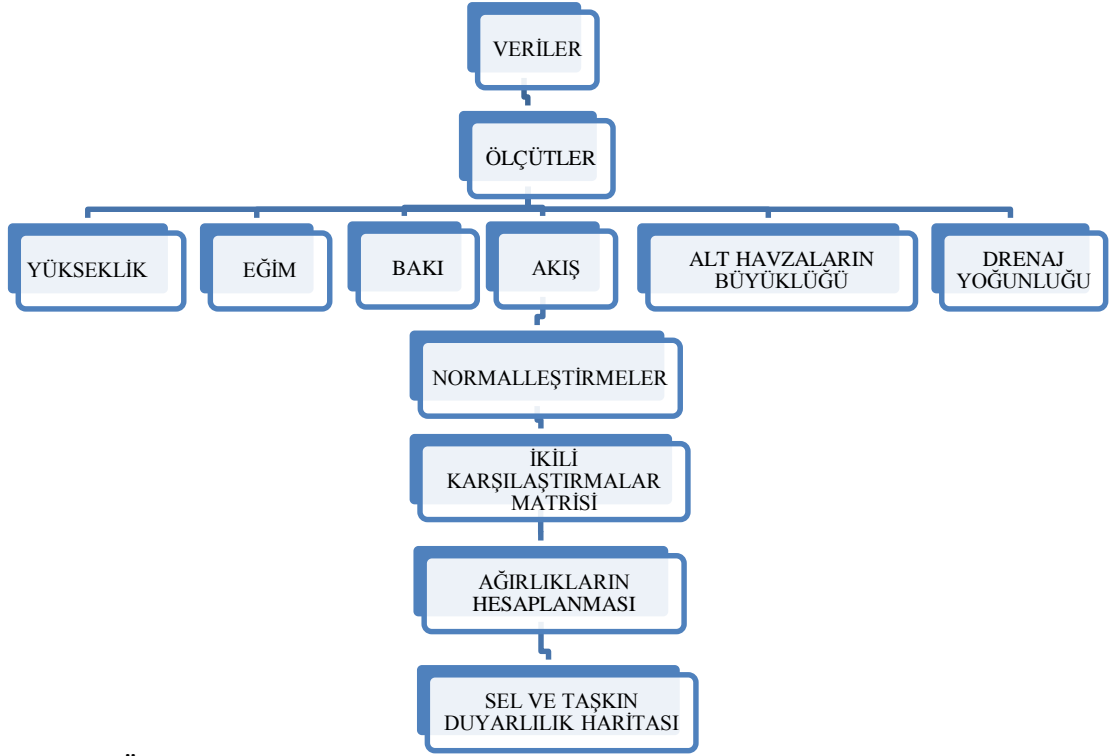
YÖNETİM SENARYOLARI	NÜFUS PROJEKSİYONLARI (kişi)				SEKTÖR ADI	KAYIP- KAÇAK ORANI (%)
	2015 yılı	2023 yılı	2030 yılı	2030 yılı + ek nüfus		
MEVCUT DURUM	821663				EVSEL KULLANIM	45
					ENDÜSTRİYEL KULLANIM	0
					TARIMSAL KULLANIM	0
SENARYO 1		1523000	1207653	1814000	EVSEL KULLANIM	20
					ENDÜSTRİYEL KULLANIM	0
					TARIMSAL KULLANIM	0
SENARYO 2		1523000	1207653	1814000	EVSEL KULLANIM	30
					ENDÜSTRİYEL KULLANIM	0
					TARIMSAL KULLANIM	0
SENARYO 3		1523000	1207653	1814000	EVSEL KULLANIM	45
					ENDÜSTRİYEL KULLANIM	0
					TARIMSAL KULLANIM	0

3.2.5. Sel ve taşkın duyarlılığının belirlenmesi

Sel ve taşkına duyarlı alanların belirlenmesinde farklı yöntemler kullanılmaktadır. Özellikle taşkın risk alanlarının gelişmiş modellerle 1 ve 2 boyutlu olarak modellenmesi taşkın risk alanlarının belirlenmesinde, haritalanmasında ve bu riskleri önleme yöntemlerinin

belirlenmesinde kullanıcılara detaylı çözümler sunmaktadır. Ancak modellemenin iyi sonuç verebilmesi için maliyetli arazi çalışmalarına, yüksek fiyatlı yazılımlara ihtiyaç vardır. Taşkın risk alanlarının belirlenmesinde kullanılan diğer bir yöntem ise Çok Kriterli Karar Verme Analizidir (ÇÖKA). Modellemeye göre çok daha basit bir yöntem olmasına rağmen özellikle alt havza ölçeğinde hangi bölgenin ne derecede taşkına duyarlı olduğu hakkında genel bir fikir sağlamaktadır. Çok Kriterli Karar Verme Analizinde, sonlu sayıda seçeneğin seçilme, sıralanma, sınıflandırma, önceliklendirme veya elenme amacıyla, genellikle ağırlıklandırılmış, birbirleri ile çelişen ve aynı ölçü birimini kullanmayan, hatta bazıları nitel değerler alan çok sayıda ölçüt kullanılarak değerlendirilmesi yapılmaktadır (Yoon ve Hwang 1995). ÇÖKA tekniklerinden bir tanesi olan ve ilk olarak 1970'li yıllarda Thomas L. Saaty tarafından ortaya koyulmuş Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS), araştırma bölgesine ait su toplama havzasının sel ve taşkın duyarlılığının belirlenmesinde kullanılmıştır. Bu yöntem karmaşık karar problemlerinin analizinde kullanılan Çok Kriterli Karar Verme tekniklerinden birisidir (Saaty 1980).

ÇÖKA süreci en genel şekliyle karar probleminin tanımlanması, değerlendirme ölçütlerinin belirlenmesi, ölçüt katmanlarının hazırlanması ve normalleştirilmesi, ölçüt ağırlıklarının belirlenmesi ve karar analizinin uygulanması adımlarından oluşmaktadır (Malczewski 1999b). Araştırmada kullanılan ÇÖKA yöntemi akış şeması Şekil 3.13'de ayrıntılı olarak verilmiştir.



Şekil 3.13. ÇÖKA yönetim şeması

Araştırmaya konu olan öğelerin problemleri net ve açık bir şekilde tanımlanmalıdır. Mevcut durumun ne olduğu ve istenen durum arasındaki farkın ortaya konması problemin tanımlanmasında yardımcı olmaktadır. Sel ve taşkın sorunlarının yapılandırılması ikiye ayrılmaktadır.

- Çok ölçütlü risk değerlendirme: Sel ve taşkın riskinin nerelerde yüksek olduğunu belirleme problemidir. Amaç taşkın ve selin zararlarını azaltmak ya da yok etmek için sel ve taşkın riskinin yüksek olduğu bölgelerin belirlenmesidir (Meyer 2007).
- Çok ölçütlü proje değerlendirme; Sel ve taşkın açısından yüksek riskli bölgeler belirlendikten sonra karar probleminin ikinci kısmı sel ve taşkın riskinin uygun bir düzeye indirilmesi için en uygun stratejinin belirlenmesidir (Meyer 2007).

Ölçütler elde edilecek sonuçları doğrudan etkilemesi açısından, çalışmanın amaçlarını karşılayacak nitelikte belirlenmelidir. Her bir ölçüt CBS tabanlı hazırlanmalı ve aynı veri biçiminde işlem görmelidir. Ölçütlerin belirlenebilmesi için iki teknik bulunmaktadır (Malczewski 1999a);

- İlgili literatür taramalarının yapılmasıyla diğer çalışmalarda kullanılan ölçütlerin araştırılması ve
- Örnekleme araştırmaları ve ilgili kişiler, karar vericiler ya da uzmanlardan bilgi edinmedir

Araştırmada, ilgili kaynak taraması ve uzman görüşleri neticesinde; yükseklik, eğim, baki, alt havzaların büyüklüğü, akış ve drenaj yoğunluğu olmak üzere 6 farklı ölçütte karar kılınmıştır. Ölçütlere ait veri biçimleri farklı yapıda olduğu için analiz aşamasında herhangi bir biçim hatası ile karşılaşmamak için bütün ölçütler aynı projeksiyon sistemine ve her bir plankare 10x10 m ölçeğine dönüştürülmüştür. Ölçütlerin hazırlanmasında kullanılan verilere ait bilgiler Çizelge 3.17’de belirtilmiştir.

Çizelge 3.17. Sel ve taşkına duyarlı alanların belirlenmesinde kullanılan ölçütler

ÖLÇÜTLER		BİRİM	VERİ ADI	VERİ KAYNAĞI
YÜKSEKLİK		m	Sayısal Yükseklik Modeli (DEM) 5m	<u>T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü/Tekirdağ</u>
EĞİM		derece	Sayısal Yükseklik Modeli (DEM) 5m	<u>T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü/Tekirdağ</u>
BAKI		puan	Sayısal Yükseklik Modeli (DEM) 5m	<u>T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü/Tekirdağ</u>
ALT HAVZALARIN BÜYÜKLÜĞÜ		km ²	Sayısal Yükseklik Modeli (DEM) 5m	<u>T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü/Tekirdağ</u>
DRENAJ YOĞUNLUĞU		m/m ²	1/25000 Ölçekli Topoğrafik Harita	1/25000 Ölçekli Harita Gen. Kom. (HGK) Topoğrafik Haritaları
YÜZEY AKIŞ	HİDROLOJİK TOPRAK GRUPLARI		1/25000 Ölçekli Toprak Haritası	<u>T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü/Tekirdağ</u>
	ARAZİ KULLANIM/ARAZİ ÖRTÜSÜ		LANDSAT 8 Uydu Görüntüsü	www.glovis.usgs.gov
	HAVZA YAĞIŞ HARİTASI	mm	Yıllık Ortalama Yağış Verisi	DMİ

Eğim, bakı ve alt havzaların büyüklüğü haritası sayısal yükseklik modeli (DEM) haritasından türetilmiştir. Drenaj yoğunluğu; birim alana düşen akarsu uzunluğu olarak tanımlanmaktadır. Drenaj yoğunluğu, su toplama havzasındaki drenaj ağı kolları uzunluğunun havzanın alanına bölümünden elde edilir (4.1), (Bayazit 1999). Yüzey akışı hesaplamak için yağış, hidrolojik toprak grubu ve arazi kullanım/arazi örtüsü verileri kullanılmıştır. Hesaplama, Amerika Toprak Koruma Servisi tarafından geliştirilen yüzey akış eğri numarası yöntemi (SCS-CN) kullanılmıştır (3.12).

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S} \quad (3.12)$$

$$I_a = 0.2S \quad (3.13)$$

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (3.14)$$

Burada; Q, yüzey akış miktarı (mm); P, yağış miktarı (mm), S, toprak tarafından tutulan su miktarıdır (mm). Yağış haritası havzayı temsil eden meteoroloji istasyonlarına ait yağış verileri esas alınarak Kriging (Krige 1951) enterpolasyon yöntemiyle oluşturulmuştur. Havzanın hidrolojik toprak grupları; büyük toprak grupları, toprak özellikleri kombinasyonu ve arazi toprak sınırlamaları esas alınarak belirlenmiştir (Çizelge 3.18). Hidrolojik toprak grupları Tarım Reformu Genel Müdürlüğü (TRGM) eski adıyla Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü (KHGM)'nin hazırlamış olduğu 1/25000 ölçekli ulusal toprak veri tabanı içerisindeki büyük toprak grupları ve toprak özellikleri birleşiminden elde edilmektedir. 2014 yılı için hazırlanan arazi kullanım/arazi örtüsü haritası bu çalışma için de kullanılmıştır. Daha sonra hidrolojik toprak grupları ve arazi kullanım/arazi örtüsü verileri birleştirilip, Çizelge 3.20'deki değerlere göre yüzey akış eğri numaraları oluşturulmuştur (Soil Conservation Service 1986, Halley ve ark. 2000). En son aşamada ise her bir plankare için yüzey akış değerleri üretilmiştir

Çizelge 3.18. Büyük toprak grupları ve toprak özelliklerinin birleşimine göre hidrolojik toprak grupları (Özer 1990)

Hidrolojik Toprak Grubu	Büyük Toprak Grubu	Toprak Özelliklerinin Kombinasyonu (TOK) ve Arazi Kullanım Kabiliyeti Alt Sınıf (ATS) birleşimi
A Minimum İnfiltrasyon Derecesi: 7,5-10 mm/sa	L	1-11, 13-15, 17-19, 21, 22
	A	3, 6, 9, 10
	E,T	1-16
	O	m, p, r ya da bunlarla birlikte h, s, a, k, v sembollerinden biri ya da daha fazlası ile
B Minimum İnfiltrasyon Derecesi: 3-7,5 mm/sa	P, G	1, 2, 5, 6, 9, 10
	C, D, M, N	1-10
	E, T	17-24
	B, F, R, Y	1-8
	U	1, 2, 3
	L	12, 16, 20, 24
	X	1-4
	K	4-6, 13-15, 22-24
A	3, 6, 9, 10 ile h, s, a, k, v sembollerinden biri ya da daha fazlası ile	
C Minimum İnfiltrasyon Derecesi: 0.8-3 mm/sa	P, G	3, 4, 7, 8, 11-22
	C, D, M, N	11-18
	B, F	9-23
	U	4-21
	R	9-21
	L, E, T	25
	Y	9-25
	X	5-20
	K	1-3, 10-12, 19-32
	Ç	3, 6, 9
A	2, 5, 8 ile h, s, a, k, v sembollerinden biri veya daha fazlası ile	

Çizelge 3.18. Devam

D Minimum İnfiltrasyon Derecesi: 0-0.8 mm/sa	P, G	23, 24, 25
	C, D, M, N	19-25
	B, F	24, 25
	R, U	22-25
	V	1-25
	Z	1-4
	A	1, 4, 7 ya da h, s, a, k, v, y sembollerinden biri ya da daha fazlası ile
	H	H veya h, s, a, k, v sembollerinden biri veya daha fazlası ile
	S	S veya h, s, a, k, v sembollerinden biri veya daha fazlası ile
	X	21-25
	Ç	1, 2, 4, 5, 7, 8

Çizelge 3.18’de; m, maksimum bünyeli; p, pit bünyeli; r, karışık bünyeli organik toprakları; h, hafif tuzlu; s, tuzlu; a, alkali; k, hafif tuzlu-alkali; v, tuzlu-alkali toprakları ifade etmektedir. Çizelge 3.18’e ek olarak Büyük Toprak Grubu (BTG) ve Eğim Derinlik Kombinasyonunu (EDK) içeren özellikler Çizelge 3.19’da sunulmuştur.

Çizelge 3.19 Büyük Toprak Grupları (BTG) ve Eğim-Derinlik Kombinasyonunun (EDK) birleşimi

BTG		EDK					
Sembol	Tanım	Eğim (%)	Derinlik (cm)				
			Derin 90+	Orta Derin 90-50	Sığ 50-20	Çok Sığ 20-0	Litozolik
L	Regosoller	A 0 – 2	1	2	3	4	25
A	Alüvyal Topraklar						
E	Kırmızı Kahverengi Akdeniz Toprakları	B 2 – 6	5	6	7	8	26
T	Kırmızı Akdeniz Toprakları						
O	Organik Topraklar	C 6 – 12	9	10	11	12	27
P	Kırmızı Sarı Podzolik Topraklar						
G	Gri Kahverengi Podzolik Topraklar	D 12 – 20	13	14	15	16	28
C	Tuzlu Alkali Topraklar						
D	Kırmızımsı Kestane rengi Topraklar	E 20 – 30	17	18	19	20	29
M	Kahverengi Orman Toprakları						
N	Kireçsiz Kahverengi Orman Toprakları	F 30 +	21	22	23	24	30
B	Kahverengi Topraklar						
F	Kırmızımsı Kahverengi Topraklar						
R	Rendzinalar						
Y	Yüksek Dağ Çayır Toprakları						
U	Kireçsiz Kahverengi Topraklar						
X	Bazaltik Topraklar						
Ç	Çayır Toprakları						
V	Vertisoller						
Z	Sierozemler						
H	Hidromorfik Topraklar						
S	Alüvyal Sahil Topraklar						
X	Bazaltik Topraklar						

Çizelge 3.20. Hidrolojik toprak gruplarına göre yüzey akış eğri numaraları

Arazi Örtüsü	Açıklamalar	Ortalama Geçirimsiz Alan (%)	Hidrolojik Toprak Gruplarına Göre Yüzey Akış Eğri Numaraları			
			A	B	C	D
Yerleşim (Yüksek yoğunluklu)	Çoklu-Aile, Apartmanlar, Daireler, Karavan Kampı	65	77	85	90	92
Yerleşim (Orta yoğunluklu)	Tek-Aile – Yoğun	30	57	72	81	86
Yerleşim (Düşük yoğunluklu)	Tek-Aile - Düşük	15	48	66	78	83
Ticari alanlar	Perakendeciler, Alışveriş Merkezleri, Ticari Bölgeler	85	89	92	94	95
Endüstriyel alanlar	Arıtma Tesisleri, Okullar, Hafif Sanayi Alanları	72	81	88	91	93
Geçici, Bozulmuş Alanlar	Gelişme Sahaları, Taş ocağı, Çakıllı Bölgeler	5	76	85	89	91
Zirai Alanlar	Ekili Araziler, Bakliyat Ürünleri, Bitkiler	5	67	77	83	87
Açık alanlar	Parklar, golf sahaları, çim saha, mezarlıklar	5	39	61	74	80
Çayır	Mera, Çayır, Otlak	5	30	58	71	78
Orman (Sık)	Karışık Orman, Fundalık ve toprak birleşimi	5	30	55	70	77
Orman (Seyrek)	Koruluk, Ağaç ve çim birleşimi	5	43	65	76	82
Geçirimsiz Alanlar	Kaplamalı Otopark, Alışveriş Merkezleri, Yollar	98	98	98	98	98
Sulak alanlar	Su Oluşumu, Göller, Havuzlar, Sulak Alanlar	100	100	100	100	100

Ölçüt değerlerindeki birim farklılıklardan dolayı haritaları karşılaştırma işleminde hatalar ortaya çıkacaktır. Her bir ölçüt katmanı, farklı ölçü birimlerinde olabileceğinden, bu katmanların birbirleriyle karşılaştırılabilir biçimde normalleştirilmesi gerekir (Öztürk 2009).

Kaynak taramaları neticesinde katmanlara ait veriler, en büyük değer yöntemine göre; en yüksek değer en yüksek veya en düşük değer en yüksek olacak şekilde normalleştirilmiştir.

En büyük değere göre doğrusal ölçek dönüşümünde, en büyük değer en büyük olacaksa (3.15), En küçük değer en büyük olacaksa (3.16) kullanılmaktadır.

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij}}{x^{\max}_j} \quad (3.15)$$

$$x'_{ij} = 1 - \frac{x_{ij}}{x^{\max}_j} \quad (3.16)$$

x'_{ij} , i. seçeneğin j. ölçüt için normalleştirilmiş değeridir.

Ölçütler karar vericiler için farklı ağırlıklarda olabilir. Ağırlık verme işlemi genelde her bir ölçüte, diğer ölçütlere göre bağıl önemini gösteren bir ağırlığın atanmasıyla gerçekleştirilir (Malczewski 1999a). İkili Karşılaştırma yöntemi ölçüt ağırlıklarının belirlenmesinde ve Analitik Hiyerarşi analizinde kullanılan bir yöntemdir (Saaty 1980). Ölçütler kendi aralarında ikili gruplar halinde karşılaştırılmaktadır. İkili karşılaştırmaların tutarlılığını belirlemek için Saaty (1980) tarafından belirlenen tutarlılık oranı kullanılmaktadır. Tutarlılık sınırı en fazla 0,1 olmalıdır. Bu değerin üstünde bir sayı elde edilirse karşılaştırmalar tekrar gözden geçirilmelidir.

Ölçüt ağırlıklarının belirlenmesinde Öztürk (2009)'un yaptığı çalışma esas alınmıştır. Ölçüt katmanlarının her bir plankaresi için ağırlık katmanı değerleri ve normalleştirilmiş değerler çarpılmaktadır. Bunun neticesinde havzanın sel ve taşkına duyarlılık haritası elde edilmektedir. Elde edilen harita 5 farklı duyarlılık derecesine göre sınıflandırılarak hangi bölgenin hangi derecede sel ve taşkına duyarlı olduğu ortaya çıkmaktadır. Araştırmanın son aşamasında, yapılan çalışmanın doğruluğunun belirlenmesi için ÇÖKA yöntemiyle elde edilen duyarlılık haritası, DSİ 113. Bölge Müdürlüğü/Tekirdağ kurumundan temin edilen gözlemlenmiş taşkın alanları haritaları ile karşılaştırılmıştır.

4. BULGULAR

4.1. Arazi Kullanım/Arazi Örtüsü Değişim Analizi

4.1.1. 1990 ve 2014 yılları için arazi kullanım/arazi örtüsü sınıflarının belirlenmesi

Araştırmada, dört farklı arazi kullanım/arazi örtüsü; yapay yüzeyler (yerleşim alanları ve sanayi alanları), tarım alanları, karasal su yüzeyleri, orman alanları ve doğal bitki örtüsü için piksel tabanlı sınıflandırma uygulanmıştır. Elde edilen arazi kullanım/arazi örtüsü verilerinin doğruluğu, araştırma bölgesine ait yer kontrol gözlem verileri ve yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri ile istatistiksel olarak test edilmiştir. Doğrulama Kappa istatistiğinin kullanıldığı analizde, 1990 ve 2014 yılları için ayrı ayrı oluşturulan hata matrisi sırasıyla Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2.'de sunulmuştur. Sınıflandırma hata matrisleri incelendiğinde, sınıfların toplam Kappa değeri 1990 yılı için 0.89, 2014 yılı için 0,91 olarak belirlenmiştir. Bu değerler maksimum değer olan 1,0 ile karşılaştırıldığında, oldukça iyi sonuç elde edildiği belirlenmiştir. Landsat uydu görüntülerinden elde edilen sınıflandırmanın doğruluğunun oldukça yüksek çıkmasının en önemli sebepleri; sınıflandırılan arazi kullanım/arazi örtüsünün az olması ve bu arazilerin yansıma değerlerinin birbiriyle karışmamasıdır.

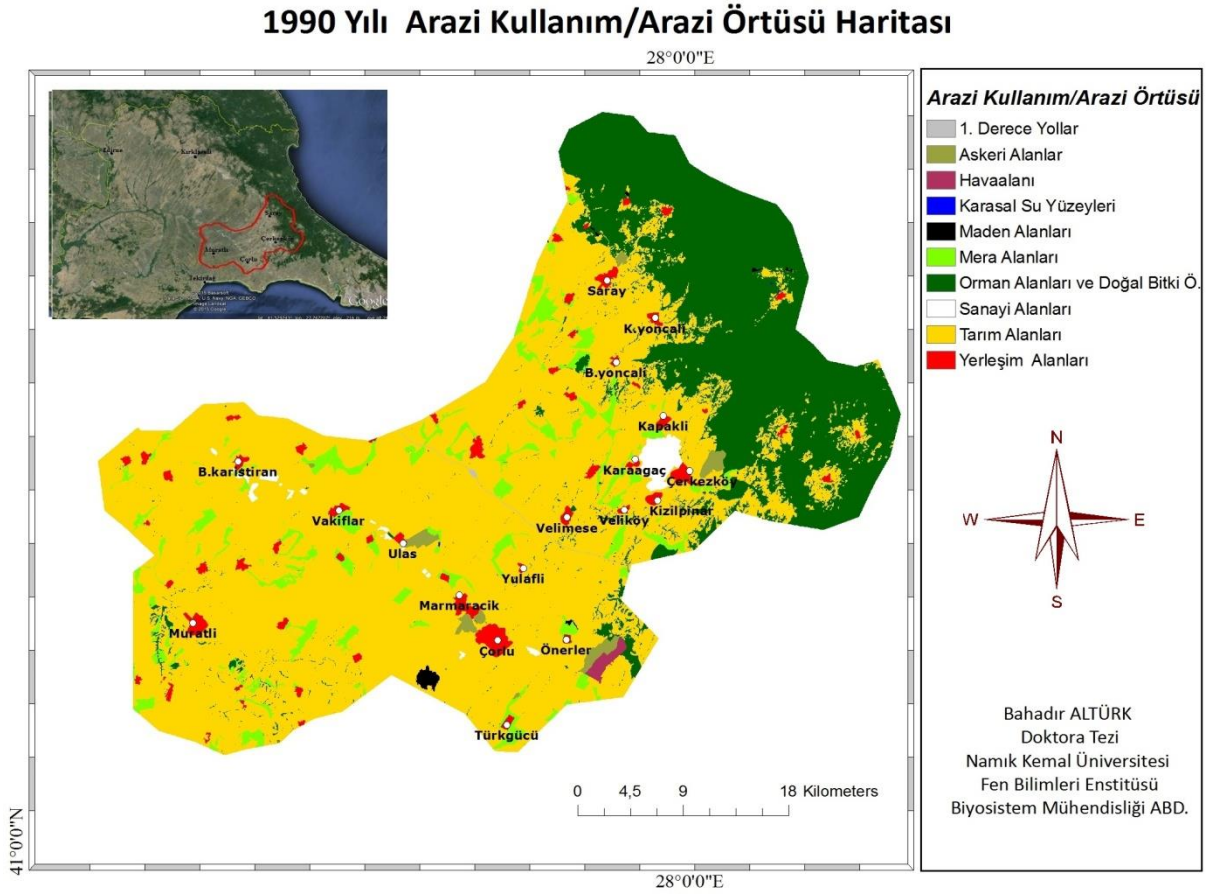
Çizelge 4.1. 1990 yılı genel doğruluk ve Kappa istatistiği değerleri

Sınıf Adı	Toplam referans	Toplam sınıflandırılan	Doğru Sayısı	Doğruluk (%)		Kappa
				Üretici	Kullanıcı	
Tarım Alanları	49	50	46	0,94	0,92	0,86
Orman Alanları	29	30	27	0,93	0,90	0,87
Yapay Yüzeyler	21	20	18	0,86	0,90	0,88
Karasal Su Yüzeyleri	21	20	20	0,95	1,00	1,00
Toplamlar	120	120	111	92,50		0,89

Çizelge 4.2. 2014 yılı genel doğruluk ve Kappa istatistiği değerleri

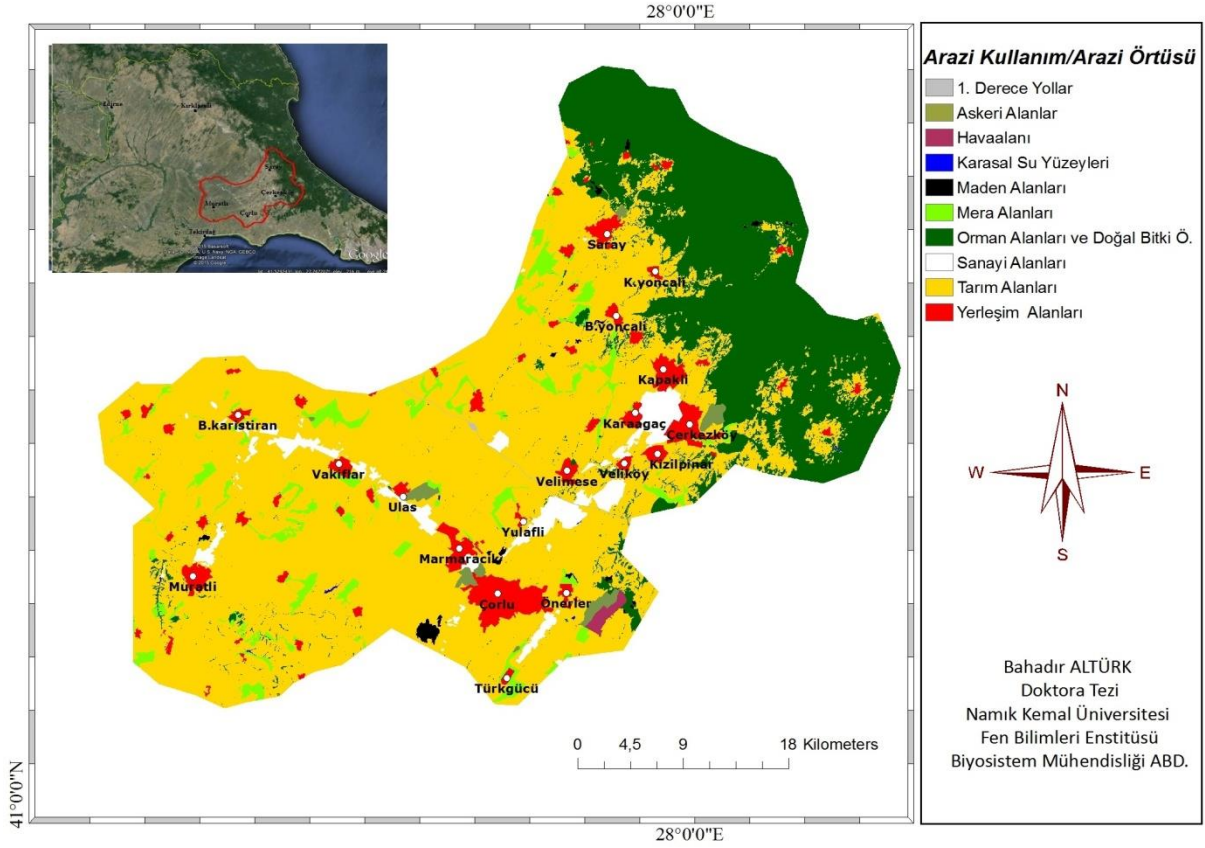
Sınıf Adı	Toplam referans	Toplam sınıflandırılan	Doğru Sayısı	Doğruluk (%)		Kappa
				Üretici	Kullanıcı	
Tarım Alanları	50	49	46	0,92	0,94	0,90
Orman Alanları	30	29	29	0,97	1,00	1,00
Yapay Yüzeyler	23	22	21	0,91	0,95	0,94
Karasal Su Yüzeyleri	17	20	17	1,00	0,85	0,83
Toplamlar	120	120	113	94,2		0,91

İstatistiksel olarak kabul edilebilir doğruluk değerleri elde edildikten sonra mera alanları, sanayi alanları, yerleşim alanları, maden alanları, askeri alanlar, havaalanı ve 1.derece yollar daha büyük ölçekli imar planı haritaları ve yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri kullanılarak vektör veri haline getirilmiştir. Bu alanlar raster veri biçimindeki orman alanları ve doğal bitki örtüsü, tarım alanları ve karasal su yüzeyleri sınıfları ile birleştirilerek 30 m yersel çözünürlüklü, 1990 (Şekil 4.1) ve 2014 (Şekil 4.2) yılları arazi kullanım/arazi örtüsü haritaları elde edilmiştir.



Şekil 4.1. 1990 yılı arazi kullanım/arazi örtüsü haritası

2014 Yılı Arazi Kullanım/Arazi Örtüsü Haritası



Şekil 4.2. 2014 yılı arazi kullanım/azari örtüsü haritası

1990 yılı arazi kullanım/azari örtüsü haritası incelendiğinde, tarım alanlarının araştırma bölgesinde 129298 ha ile en fazla yer kaplayan sınıf olduğu görülmektedir. Yerleşim alanlarının Çorlu, Çerkezköy ve Muratlı ilçeleri civarında yoğunlaştığı, sanayi alanlarının ise Çerkezköy Organize Sanayi Bölgesi hariç genellikle dağınık bir şekilde Büyükkarıştıran-Çorlu hattında konumlandığı görülmektedir.

2014 yılı arazi kullanım/azari örtüsü haritası incelendiğinde; tarım alanlarının azalış eğiliminde olmasına rağmen bölgede yine 121889 ha ile en fazla yer kaplayan arazi sınıfı olduğu, dağınık sanayi alanlarının OSB niteliği kazanmasından sonra alansal olarak çok fazla artış gösterdiği, yerleşim alanlarının da sanayi bölgeleri ile beraber arttığı, bununla birlikte maden alanları, karasal su yüzeylerinin ve mera alanlarının da azalış gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır.

4.1.2. 1990 ve 2014 yılları arasındaki arazi kullanım/azari örtüsünün değişimi

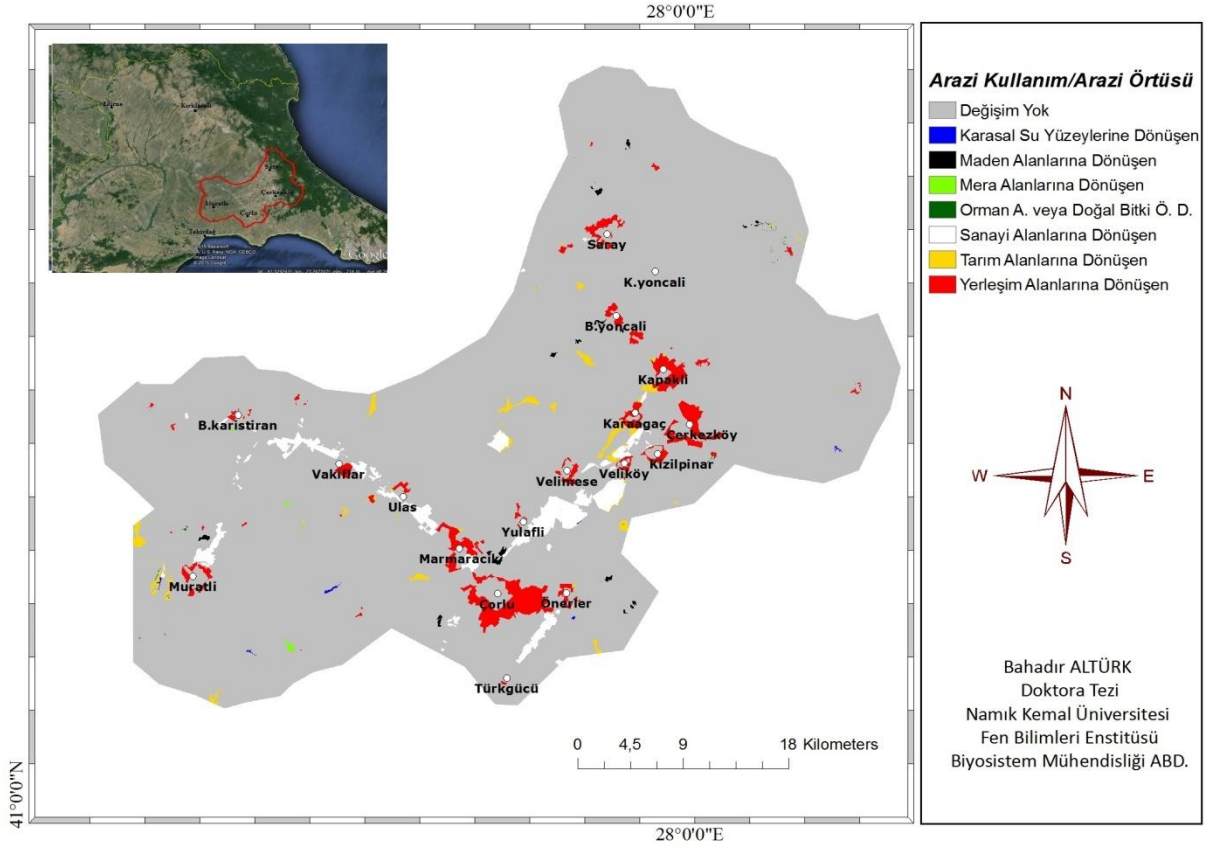
Araştırma bölgesinde 1990 ve 2014 yılları arasındaki arazi kullanım/azari örtüsü sınıflarının değişimleri irdelenmiştir (Çizelge 4.3). Sınıflandırma Sonrası Karşılaştırma Tekniği kullanılarak oluşturulan mekânsal değişim haritası (Şekil 4.3) ve değişim matrisi

(Çizelge 4.4), arazi sınıflarının birbirleriyle olan dönüşümleri hakkında genel bir fikir sağlamaktadır. Bununla birlikte tarım alanları, orman alanları ve doğal bitki örtüsü, yerleşim alanları, mera alanları ve sanayi alanlarında meydana gelen değişimler alt başlıklar halinde daha detaylı olarak açıklanmıştır.

Çizelge 4.3. 1990 ve 2014 yılları arasındaki arazi kullanım/arazi örtüsü değişimleri

ARAZİ KULLANIM/ARAZİ ÖRTÜSÜ	1990 (ha)	1990 (%)	2014 (ha)	2014 (%)	Değişim (ha)	Değişim (%)
Tarım alanları	129298,32	66,74	121889,07	62,91	-7409,25	-5,73
Orman alanları ve doğal bitki örtüsü	46397,70	23,95	46294,02	23,89	-103,68	-0,22
Mera alanları	9664,38	4,99	7643,97	3,95	-2020,41	-20,91
Yerleşim alanları	4309,65	2,22	9122,76	4,71	4813,11	111,68
Askeri alanlar	1398,33	0,72	1398,33	0,72	0	0
Maden alanları	351,54	0,18	629,46	0,32	277,92	79,06
Sanayi alanları	1743,75	0,90	6123,87	3,16	4380,12	251,19
Karasal su yüzeyleri	11,43	0,01	73,62	0,04	62,19	544,09
Havaalanı	426,24	0,22	426,24	0,22	0	0
1. derece yollar	140,58	0,07	140,58	0,07	0	0

1990 - 2014 Yılları Arası Arazi Kullanım/Arazi Örtüsü Değişim Haritası



Şekil 4.3. 1990-2014 yılları arasındaki arazi kullanım/arazi örtüsü değişim haritası

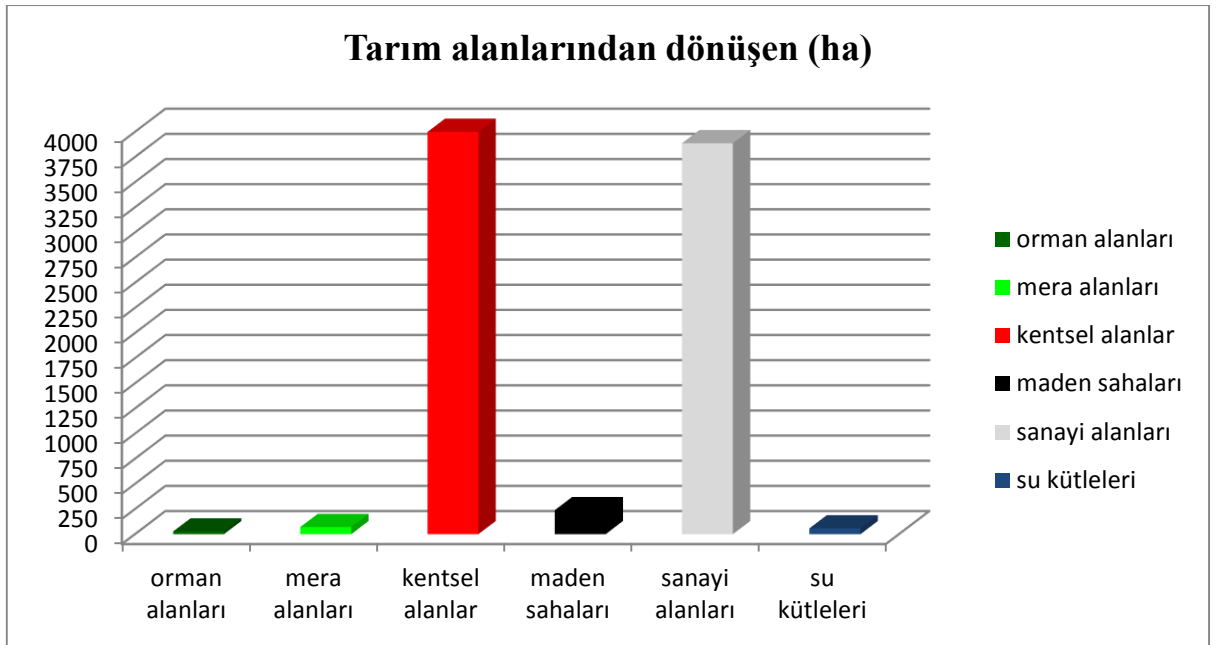
Çizelge 4.4. 1990-2014 yılları arasındaki arazi kullanım/razi örtüsü değişim matrisi

	ARAZİ KULLANIM/ARAZİ ÖRTÜSÜ 2014										
	Tarım Alanları	Orman Alanları ve Doğal Bitki Örtüsü	Mera Alanları	Yerleşim Alanları	Askeri Alanlar	Maden Sahaları	Sanayi Alanları	Karasal Su Yüzeyleri	Havaalanı	Yollar	TOPLAM (1990)
Tarım Alanları	120654,36*	26,91	71,01	4361,9	0	238,95	3886,92	58,23	0	0	129298,32
Orman alanları ve Doğal Bitki Örtüsü	47,34	46254,06*	0	30,69	0	38,97	24,21	2,43	0	0	46397,7
Mera Alanları	1187,37	13,05	7572,96*	463,32	0	0	426,15	1,53	0	0	9664,38
Yerleşim Alanları	0	0	0	4213,5*	0	0	96,12	0	0	0	4309,65
Askeri Alanlar	0	0	0	0	1398,33*	0	0	0	0	0	1398,33
Maden Sahaları	0	0	0	0	0	351,54*	0	0	0	0	351,54
Sanayi Alanları	0	0	0	53,28	0	0	1690,47*	0	0	0	1743,75
Karasal Su Yüzeyleri	0	0	0	0	0	0	0	11,43*	0	0	11,43
Havaalanı	0	0	0	0	0	0	0	0	426,24*	0	426,24
Yollar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	140,6*	140,6
TOPLAM (2014)	121889,1	46294,0	7644,0	9122,8	1398,3	629,5	6123,9	73,6	426,2	140,6	
Sınıf değişimleri	1234,7	40,0	71,0	4909,2	0,0	277,9	4433,4	62,2	0,0	0,0	
Toplam değişim	-7409,3	-103,7	-2020,4	4813,1	0,0	277,9	4380,1	62,2	0,0	0,0	

* Aynı arazi sınıflarındaki değişim olmayan alanları ifade etmektedir

Tarım alanları:

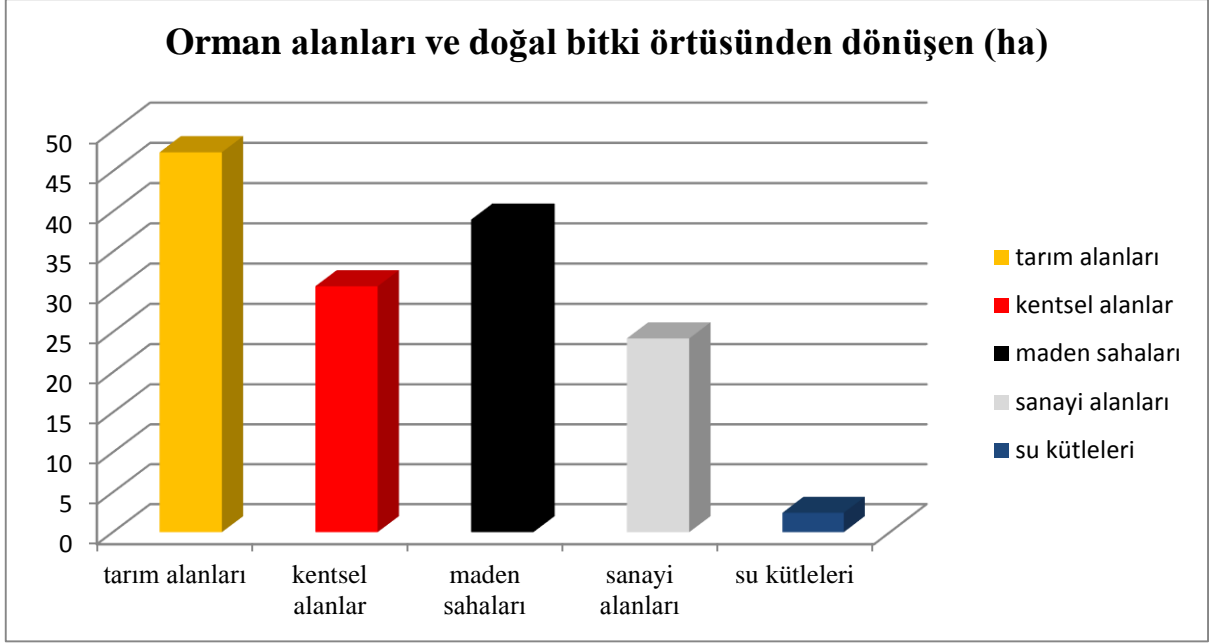
- 25 yıllık dönemde; 26,91 ha alan orman alanları ve doğal bitki örtüsüne, 71,01 ha alan mera alanlarına, 4361,94 ha alan yerleşim alanlarına, 238,95 ha alan maden alanlarına, 3886,92 ha alan sanayi alanlarına, 58,23 ha alan karasal su kütlelerine dönüşmüştür (Şekil 4.4).
- 47,34 ha orman ve doğal bitki örtüsü alanı ve 1187,37 ha mera alanı, tarım alanlarına dönüşmüştür.
- Tarım alanlarındaki azalma 7409,25 ha (%5,73) olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 4.4. Tarım alanlarından diğer arazi kullanım/arazi örtüsü sınıflarına dönüşen alanlar

Orman alanları ve doğal bitki örtüsü:

- 25 yıllık dönemde; 47,34 ha alan tarım alanlarına, 30,69 ha alan yerleşim alanlarına, 37,98 ha alan maden alanlarına, 24,21 ha alan sanayi alanlarına, 2,43 ha alan karasal su kütlelerine dönüşmüştür (Şekil 4.5).
- 26,91 ha tarım alanı ve 13,05 ha mera alanı, orman alanları ve doğal bitki örtüsüne dönüşmüştür.
- Orman alanları ve doğal bitki örtüsündeki azalma 103,68 ha (%0,22) olarak gerçekleşmiştir.



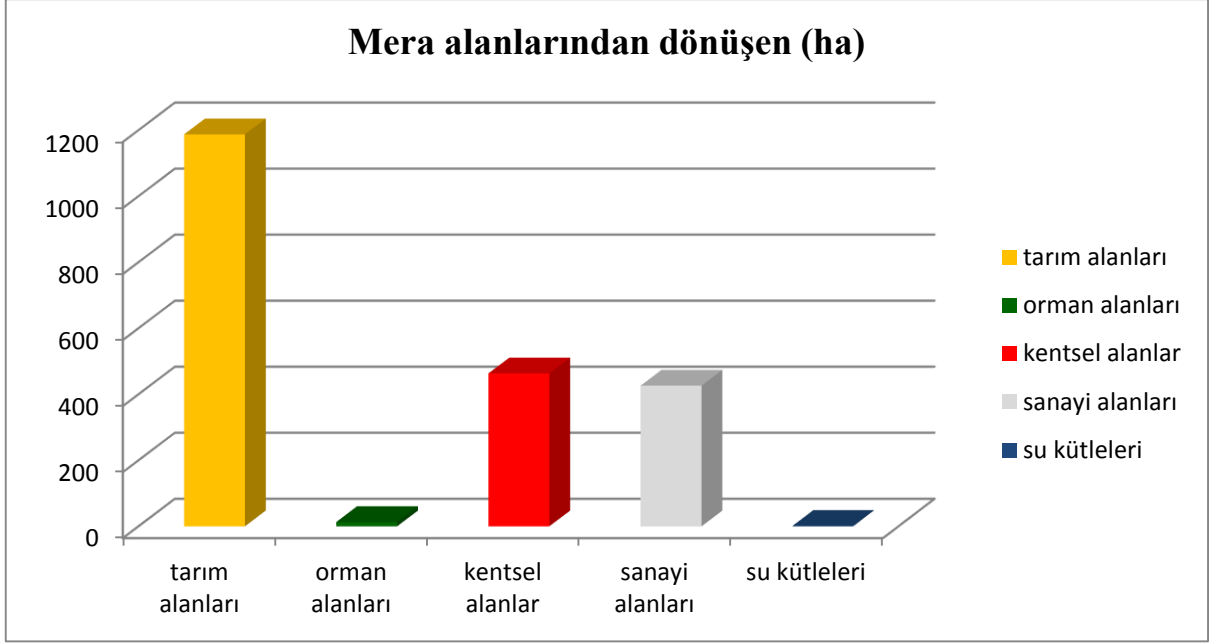
Şekil 4.5. Orman alanları ve doğal bitki örtüsünden diğer arazi kullanım/arazi örtüsü sınıflarına dönüşen alanlar

Yerleşim alanları:

- 25 yıllık dönemde, 96,12 ha alan sanayi alanlarına dönüşmüştür.
- 4361,94 ha tarım alanı, 30,69 ha orman ve doğal bitki örtüsü alanı, 463,32 ha mera alanı ve 53,28 ha sanayi alanı yerleşim alanlarına dönüşmüştür.
- Yerleşim alanlarındaki artış 4813,11 ha (%111,68) olarak gerçekleşmiştir.

Mera alanları:

- 25 yıllık dönemde; 1187,37 ha alan tarım alanlarına, 13,05 ha alan orman alanları ve doğal bitki örtüsüne, 463,32 ha alan yerleşim alanlarına, 426,15 ha alan sanayi alanlarına, 1,53 ha alan karasal su kütlelerine dönüşmüştür (Şekil 4.6).
- 71,01 ha tarım alanı, mera alanlarına dönüşmüştür.
- Mera alanlarındaki azalış 2020,41 ha (%20,91) olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 4.6. Mera alanlarından diğer arazi kullanım/arazi örtüsü sınıflarına dönüşen alanlar

Sanayi alanları:

- 25 yıllık dönemde, 53,28 ha alan yerleşim alanlarına dönüşmüştür.
- 3886,92 ha tarım alanı, 24,21 ha orman alanları ve doğal bitki örtüsü, 426,15 ha mera alanı, 96,12 ha yerleşim alanı sanayi alanlarına dönüşmüştür.
- Sanayi alanlarındaki artış 4380,12 ha (% 251,19) olarak gerçekleşmiştir.

Bunların dışında; 73,6 ha karasal su kütlelerine, 629,5 ha maden alanlarına dönüşmüştür. Askeri alanlar, havaalanı ve 1. derece yollarda herhangi bir değişim olmamıştır.

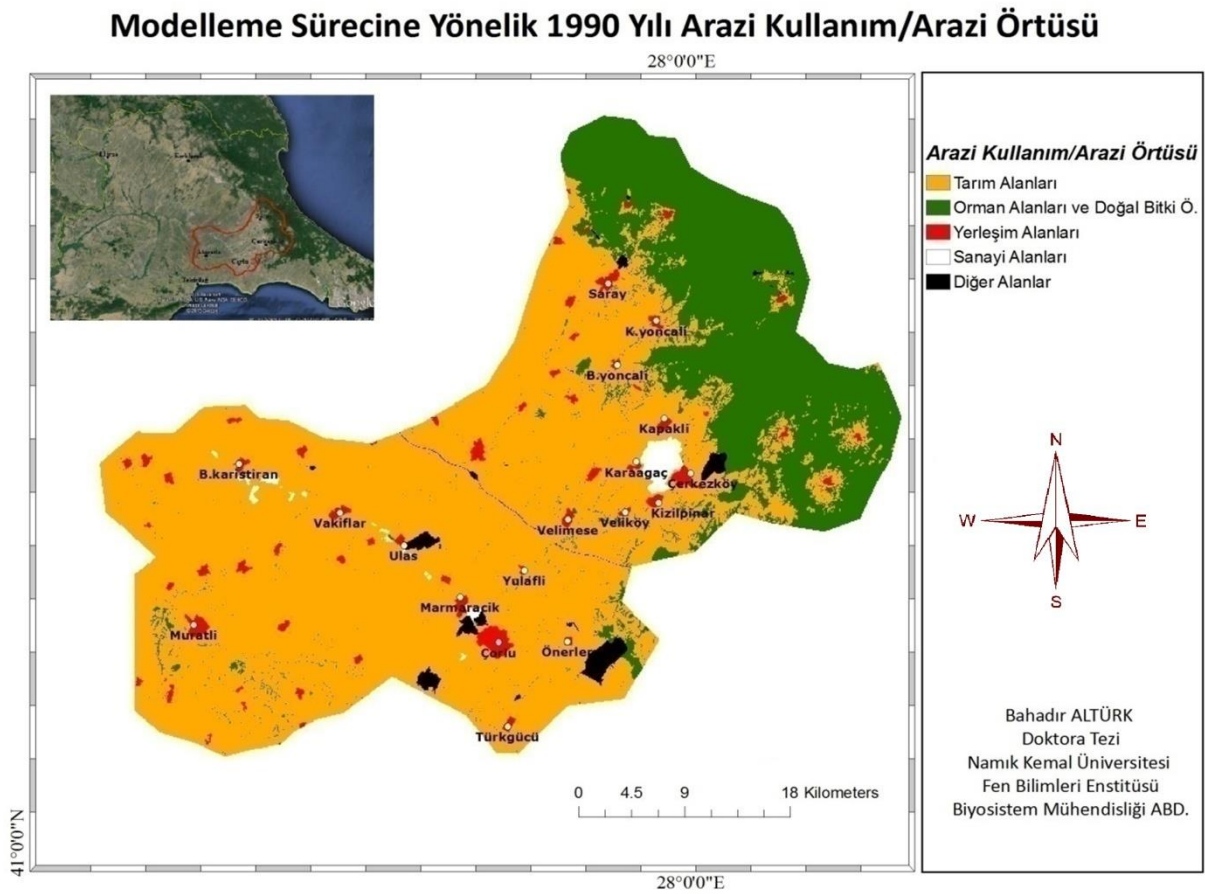
Arazi kullanım/arazi örtüsü değişimlerine ait 25 yıllık dönem incelendiğinde, en fazla azalışın tarım alanlarında meydana geldiği görülmektedir. Tarım alanlarındaki azalmaya karşılık bölgede sanayi ve yerleşim alanlarında hızlı bir artış meydana gelmiştir. Sanayi alanlarındaki artışın en önemli sebebi dağınık sanayi bölgelerinin OSB çatısı altında birleştirilmeleridir. Sanayi alanları ile birlikte yerleşim alanlarının tarım arazileri üzerinde genişlemesi tarım arazilerinin hızlı bir şekilde azalmasına sebebiyet vermiştir. Mera alanlarının da CORINE sınıflandırma şemasında düzey 1’de tarım alanları niteliğinde olması sebebiyle toplamda 9429,66 ha tarım alanının araştırma bölgesinde azaldığını söyleyebiliriz. Mera alanları kanunlarla koruma altında olmasına rağmen bu kuralların yeteri kadar uygulanamamasından dolayı yerleşim alanlarına ve ekilebilir tarım alanlarına dönüştürülmüştür. Orman alanları ve doğal bitki örtüsünde çok fazla değişim olmamasının sebepleri arasında, sanayi gelişim alanlarının bu bölgeye uzak olması, eğimli arazi yapısı, 1.

ve 2. derece yolların bu alanlar içerisinde olmaması ve yerleşim alanlarının bu bölgenin dışında gelişmiş olması gibi faktörler sayılabilir.

4.2. CLUE-S Modelleme Süreci

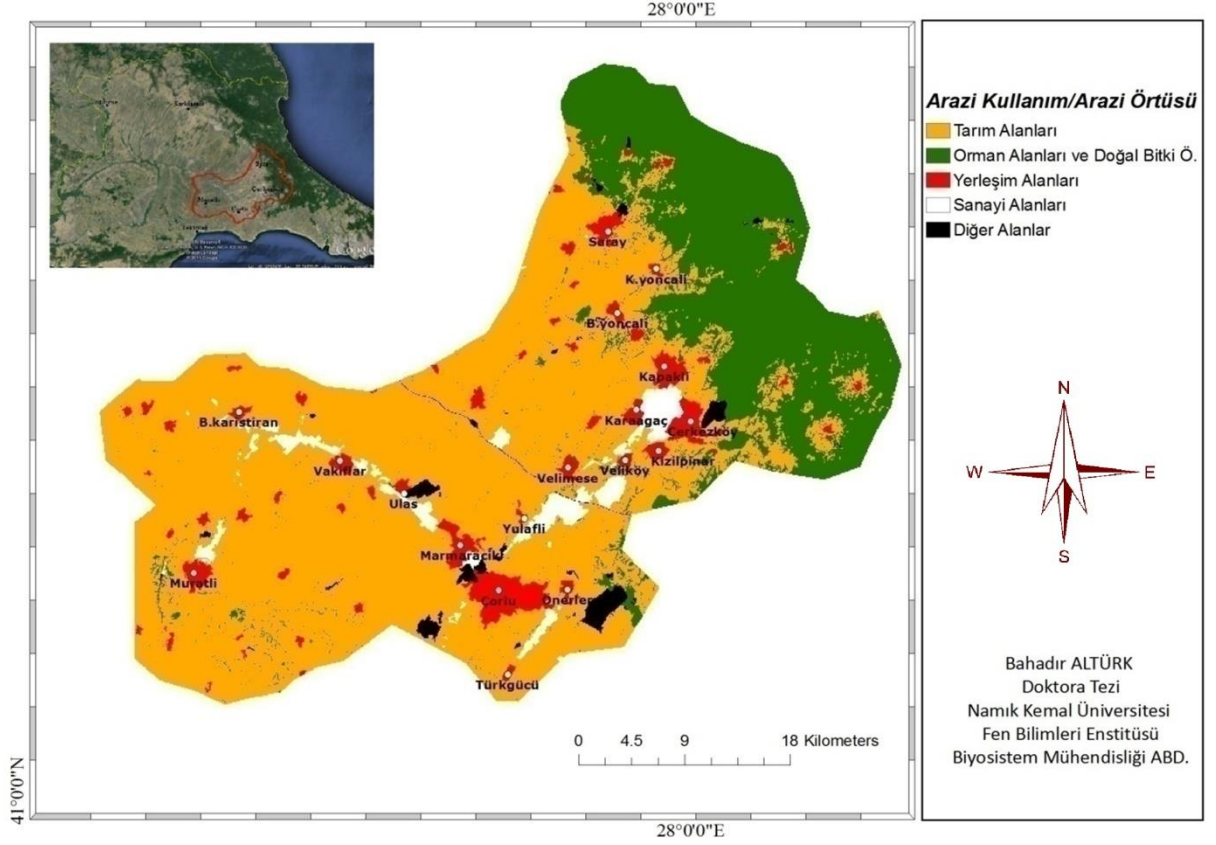
4.2.1. Modelleme sürecine yönelik oluşturulan arazi kullanım/arazi örtüsü

Modellemede kullanılacak arazi kullanım/arazi örtüsü haritası, 1990 ve 2014 yıllarına ait gerçek arazi kullanım/arazi örtüsü haritaları referans alınarak oluşturulmuştur (Şekil 4.7, Şekil 4.8). Araştırma bölgesi, modelleme kapsamında; tarım alanları, yerleşim alanları, sanayi alanları, orman alanları ve doğal bitki örtüsü ve diğer sınıfı olmak üzere 5 sınıfta ele alınmıştır.



Şekil 4.7. Modelleme sürecine yönelik olarak oluşturulan 1990 yılı arazi kullanım/arazi örtüsü haritası

Modelleme Sürecine Yönelik 2014 Yılı Arazi Kullanım/Arazi Örtüsü

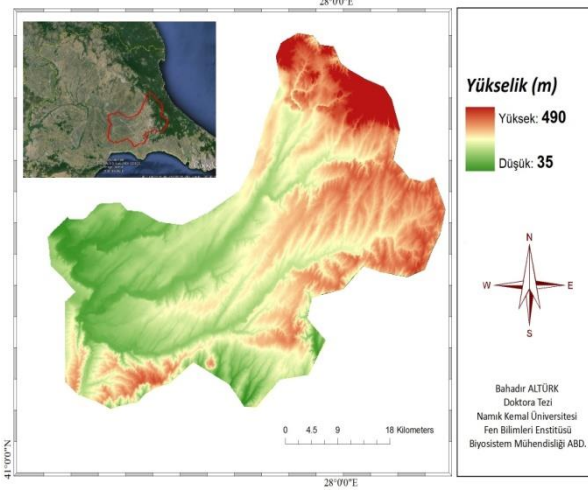


Şekil 4.8. Modelleme sürecine yönelik olarak oluşturulan 2014 yılı arazi kullanım/razi örtüsü haritası

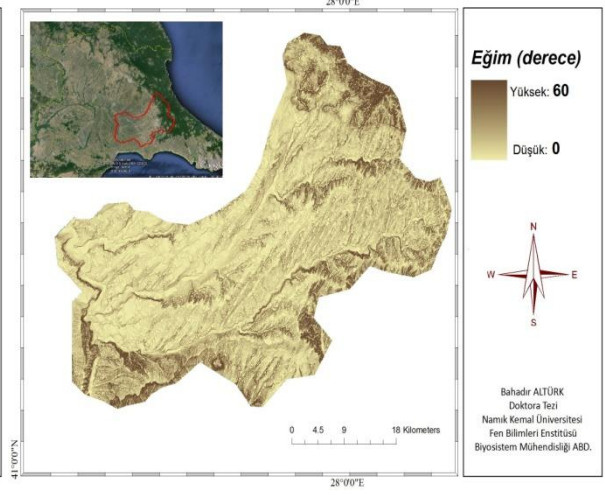
4.2.2. Yönlendirici faktörlere yönelik veri dizisi

Araştırma alanındaki arazi kullanım/razi örtüsünü şekillendiren doğal ve sosyo-ekonomik faktörlere bağlı yönlendirici faktörler; kaynak taramaları, geçmiş ve mevcut arazi kullanım/razi örtüsü değişimlerine bağlı olarak seçilmiştir (Şekil 4.9).

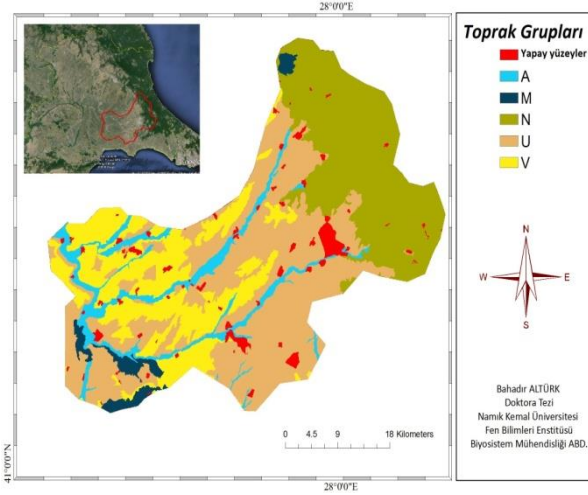
YÜKSEKLİK HARİTASI



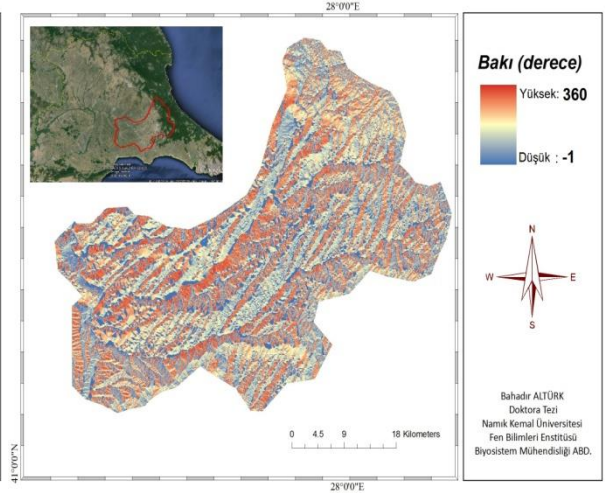
EĞİM HARİTASI



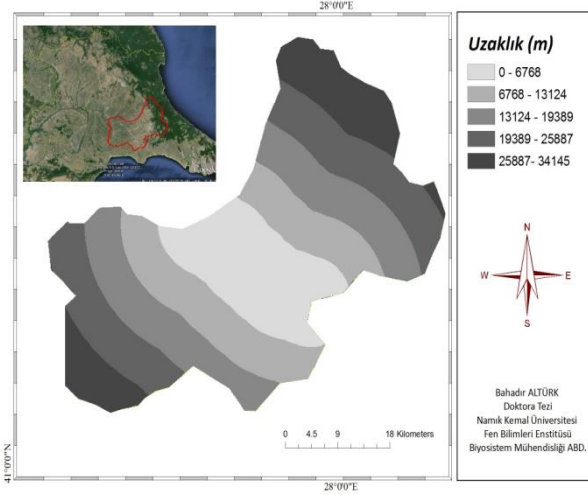
BÜYÜK TOPRAK GRUPLARI



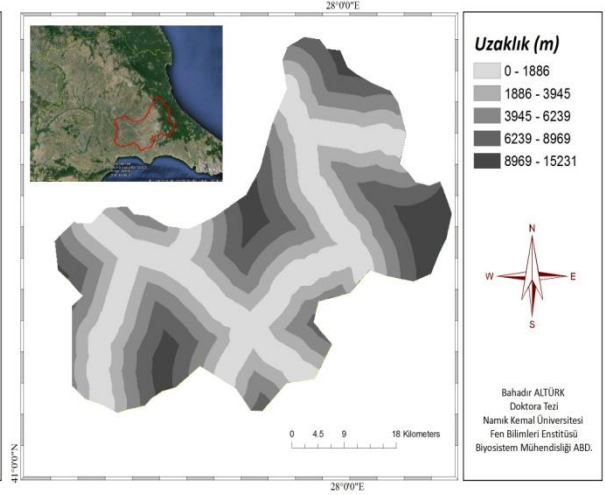
BAKİ HARİTASI

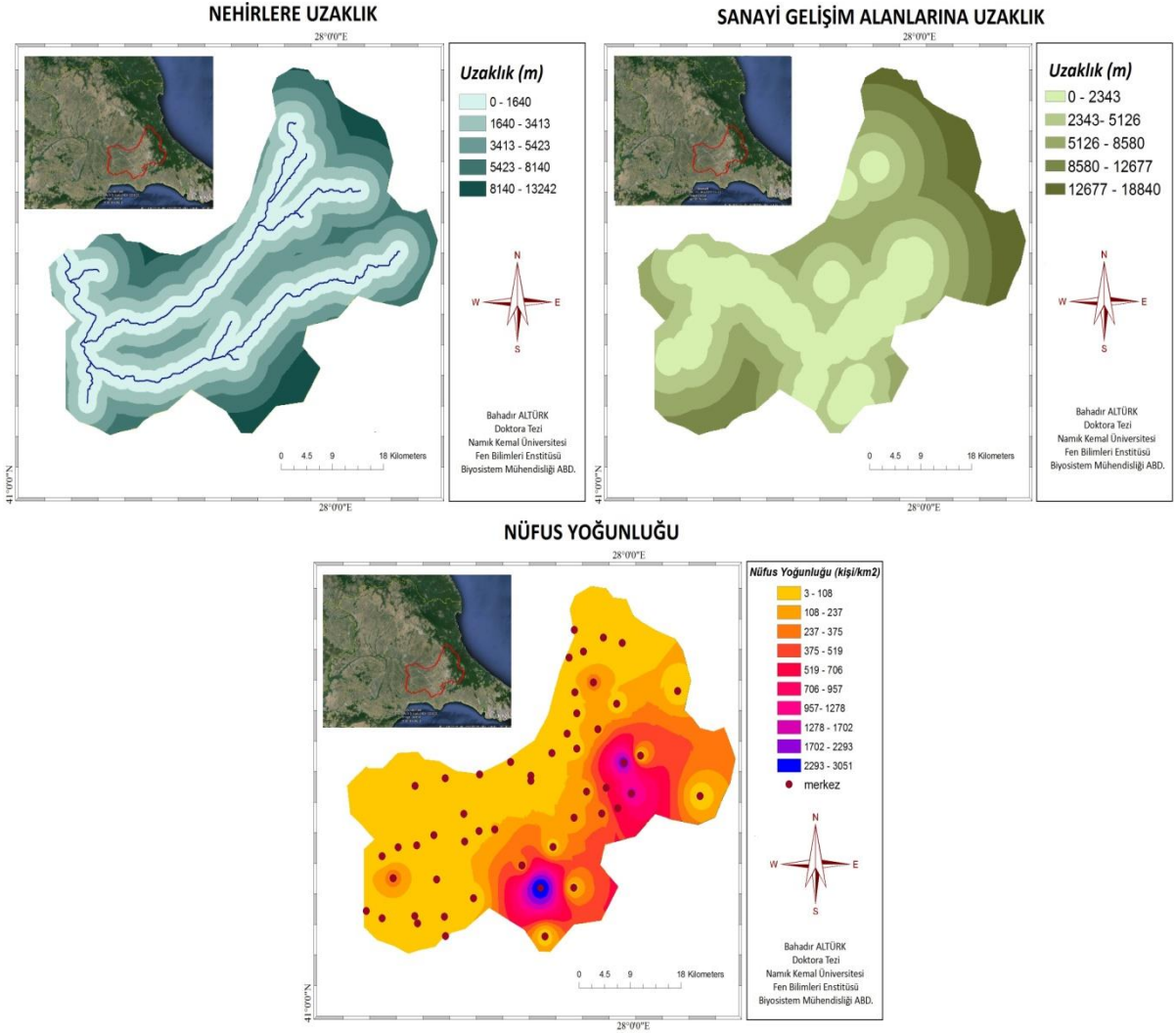


1. DERECE YOLLARA OLAN UZAKLIK



2. DERECE YOLLARA OLAN UZAKLIK





Şekil 4.9. Araştırma bölgesine ait yönlendirici faktörler

4.2.3. Arazi kullanım/arazi örtüsüne yönelik talebin belirlenmesi

Araştırma bölgesinde, gelecekte meydana gelebilecek arazi kullanım/arazi örtüsü değişim miktarları iki farklı şekilde belirlenmiştir. Bunlardan ilki, 2023, 2030 ve 2050 yıllarına ait değişim miktarlarının belirlendiği doğrusal eğilim analizidir.

Doğrusal eğilim analizinde, 1990 ve 2014 yılları arasındaki doğrusal artış veya azalışlar dikkate alınarak 2050 yılına kadar olan arazi kullanım/arazi örtüsü talep miktarları hesaplanmıştır. Talep miktarlarının belirlenmesinde iki farklı varsayım yürütülmüştür. Bunlardan ilki sanayi alanlarının 2050 yılına kadar değişmeyeceği (Çizelge 4.5), diğeri ise sanayi alanlarının 2030 yılına kadar değişmeyip, 2030 ve 2050 yılları arasında artacağı varsayımdır (Çizelge 4.6). Sanayi alanlarının artacağı varsayımına dayanarak oluşturulan talep miktarlarında sanayi alanlarının bölgeye getireceği ek nüfus yükü için gerekli kentsel gelişim alanları, doğrusal artışa ek olarak hesaplanmıştır.

Arazi kullanım/arazi örtüsü değişimlerinin belirlenmesinde kullanılan diğer yöntem ise 1/25000 Tekirdağ İl Çevre Düzeni Planı'nda belirlenen kentsel gelişim alanlarının miktarıdır. Planda belirtilen kentsel gelişim alanları sayısallaştırılarak 2014 yılı arazi kullanım/arazi örtüsü haritasından çıkartılmış ve her bir arazi sınıfına ait, 2023 yılına kadar olan değişim miktarları belirlenmiştir (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.5. Doğrusal eğilim analizine göre arazi kullanım/arazi örtüsünün 2014-2050 yılları arasındaki değişimleri (sanayi alanlarının artmayacağı varsayımına göre)

Yıllar	Tarım Alanları (ha)	Orman Alanları ve Doğal Bitki Örtüsü (ha)	Yerleşim Alanları (ha)	Sanayi Alanları (ha)	Diğer Alanlar(ha)
2014	129595,34	46116,60	9025,13	6169,81	2328,12
2015	129399,12	46112,28	9225,68	6169,81	2328,12
2016	129202,89	46107,96	9426,22	6169,81	2328,12
2017	129006,66	46103,64	9626,77	6169,81	2328,12
2018	128810,44	46099,32	9827,32	6169,81	2328,12
2019	128614,21	46095,00	10027,86	6169,81	2328,12
2020	128417,98	46090,68	10228,41	6169,81	2328,12
2021	128221,76	46086,36	10428,95	6169,81	2328,12
2022	128025,53	46082,04	10629,50	6169,81	2328,12
2023	127829,31	46077,72	10830,05	6169,81	2328,12
2024	127633,08	46073,40	11030,59	6169,81	2328,12
2025	127436,85	46069,08	11231,14	6169,81	2328,12
2026	127240,63	46064,76	11431,69	6169,81	2328,12
2027	127044,40	46060,44	11632,23	6169,81	2328,12
2028	126848,17	46056,12	11832,78	6169,81	2328,12
2029	126651,95	46051,80	12033,32	6169,81	2328,12
2030	126455,72	46047,48	12233,87	6169,81	2328,12
2031	126259,50	46043,16	12434,42	6169,81	2328,12
2032	126063,27	46038,84	12634,96	6169,81	2328,12
2033	125867,04	46034,52	12835,51	6169,81	2328,12
2034	125670,82	46030,20	13036,06	6169,81	2328,12

Çizelge 4.5. Devam

2035	125474,59	46025,88	13236,60	6169,81	2328,12
2036	125278,36	46021,56	13437,15	6169,81	2328,12
2037	125082,14	46017,24	13637,69	6169,81	2328,12
2038	124885,91	46012,92	13838,24	6169,81	2328,12
2039	124689,69	46008,60	14038,79	6169,81	2328,12
2040	124493,46	46004,28	14239,33	6169,81	2328,12
2041	124297,23	45999,96	14439,88	6169,81	2328,12
2042	124101,01	45995,64	14640,43	6169,81	2328,12
2043	123904,78	45991,32	14840,97	6169,81	2328,12
2044	123708,55	45987,00	15041,52	6169,81	2328,12
2045	123512,33	45982,68	15242,06	6169,81	2328,12
2046	123316,10	45978,36	15442,61	6169,81	2328,12
2047	123119,88	45974,04	15643,16	6169,81	2328,12
2048	122923,65	45969,72	15843,70	6169,81	2328,12
2049	122727,42	45965,40	16044,25	6169,81	2328,12
2050	122531,20	45961,08	16244,80	6169,81	2328,12

Çizelge 4.6. Doğrusal eğilim analizine göre arazi kullanım/arazi örtüsünün 2014-2050 yılları arasındaki değişimleri (sanayi alanlarının 2030 yılından sonra artacağı varsayımına göre)

Yıllar	Tarım Alanları (ha)	Orman Alanları ve Doğal Bitki Örtüsü (ha)	Yerleşim Alanları (ha)	Sanayi Alanları (ha)	Diğer Alanlar(ha)
2014	129595,34	46107,96	9025,13	6169,81	2328,12
2015	129399,12	46103,64	9225,68	6169,81	2328,12
2016	129202,89	46099,32	9426,22	6169,81	2328,12
2017	129006,66	46095,00	9626,77	6169,81	2328,12
2018	128810,44	46090,68	9827,32	6169,81	2328,12
2019	128614,21	46086,36	10027,86	6169,81	2328,12
2020	128417,98	46082,04	10228,41	6169,81	2328,12

Çizelge 4.6. Devam

2021	128221,76	46077,72	10428,95	6169,81	2328,12
2022	128025,53	46073,40	10629,50	6169,81	2328,12
2023	127829,31	46069,08	10830,05	6169,81	2328,12
2024	127633,08	46064,76	11030,59	6169,81	2328,12
2025	127436,85	46060,44	11231,14	6169,81	2328,12
2026	127240,63	46056,12	11431,69	6169,81	2328,12
2027	127044,40	46051,80	11632,23	6169,81	2328,12
2028	126848,17	46047,48	11832,78	6169,81	2328,12
2029	126651,95	46043,16	12033,32	6169,81	2328,12
2030	126100,57	46038,84	12406,51	6352,32	2328,12
2031	125549,20	46034,52	12779,70	6534,82	2328,12
2032	124997,83	46030,20	13152,89	6717,33	2328,12
2033	124446,45	46025,88	13526,08	6899,83	2328,12
2034	123895,08	46021,56	13899,27	7082,34	2328,12
2035	123343,71	46017,24	14272,46	7264,84	2328,12
2036	122792,33	46012,92	14645,64	7447,35	2328,12
2037	122240,96	46008,60	15018,83	7629,85	2328,12
2038	121689,59	46004,28	15392,02	7812,36	2328,12
2039	121138,21	45999,96	15765,21	7994,86	2328,12
2040	120586,84	45995,64	16138,40	8177,37	2328,12
2041	120035,46	45991,32	16511,59	8359,87	2328,12
2042	119484,09	45987,00	16884,78	8542,38	2328,12
2043	118932,72	45982,68	17257,96	8724,88	2328,12
2044	118381,34	45978,36	17631,15	8907,39	2328,12
2045	117829,97	45974,04	18004,34	9089,89	2328,12
2046	117278,60	45969,72	18377,53	9272,40	2328,12
2047	116727,22	45965,40	18750,72	9454,90	2328,12
2048	116175,85	45961,08	19123,91	9637,41	2328,12
2049	115624,48	45965,40	19497,10	9819,91	2328,12
2050	115073,10	45961,08	19870,29	10002,42	2328,12

Çizelge 4.7. 1/25000 Tekirdağ İl Çevre Düzeni Planı'na göre arazi kullanım/arazi örtüsünün 2014-2023 yılları arasındaki değişimleri.

Yıllar	Tarım Alanları (ha)	Orman Alanları ve Doğal Bitki Örtüsü (ha)	Yerleşim Alanları (ha)	Sanayi Alanları (ha)	Diğer Alanlar(ha)
2014	129595,34	46116,60	9025,13	6169,81	2328,12
2015	129008,34	46116,60	9612,13	6169,81	2328,12
2016	128421,34	46116,60	10199,13	6169,81	2328,12
2017	127834,34	46116,60	10786,13	6169,81	2328,12
2018	127247,34	46116,60	11373,13	6169,81	2328,12
2019	126660,34	46116,60	11960,13	6169,81	2328,12
2020	126073,34	46116,60	12547,13	6169,81	2328,12
2021	125486,34	46116,60	13134,13	6169,81	2328,12
2022	124899,34	46116,60	13721,13	6169,81	2328,12
2023	124312,34	46116,60	14308,13	6169,81	2328,12

4.2.4. Mekansal değer atama süreci ve modelin kalibrasyonu

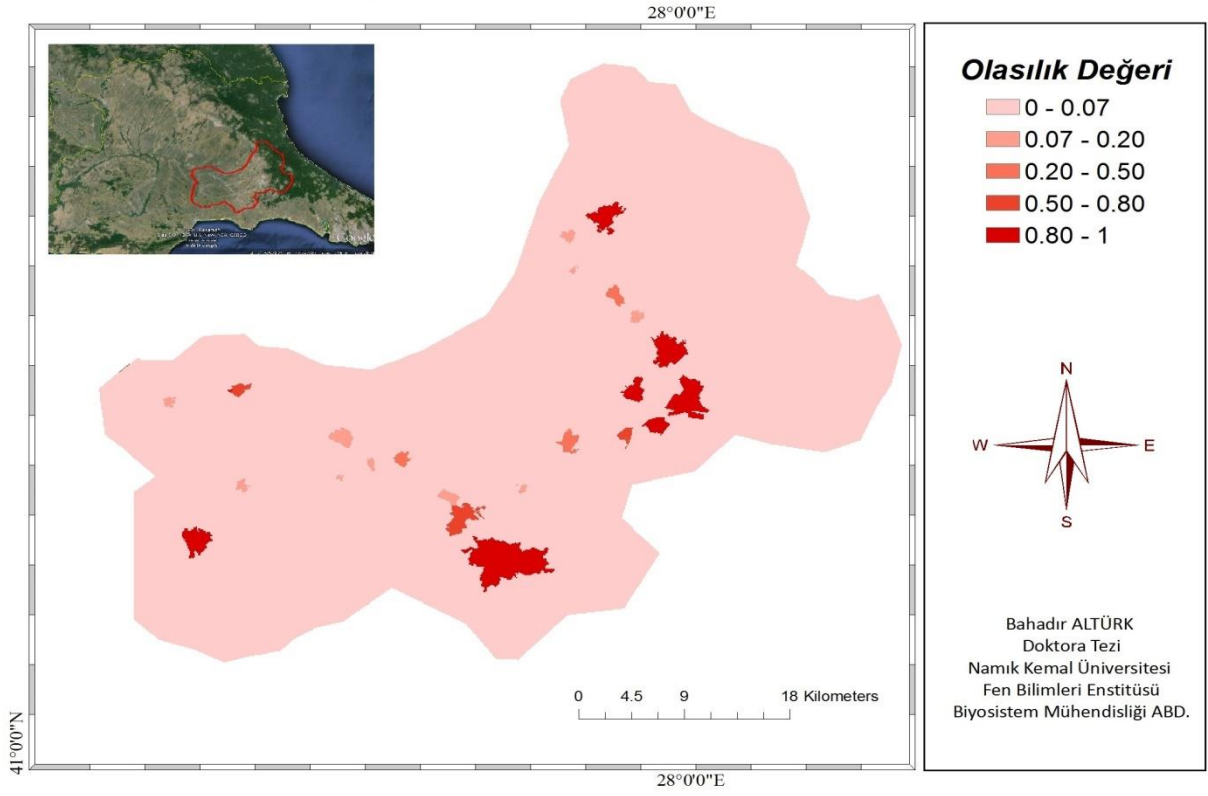
Araştırmada, arazi kullanım/arazi örtüsü sınıfları ile yönlendirici faktörler arasındaki ilişkiyi anlayabilmek için her bir arazi kullanım/arazi örtüsü sınıfı ve yönlendirici faktör lojistik regresyon analizine tabi tutulmuştur. Analizde, 2014 yılı arazi kullanım/arazi örtüsü verileri kullanılmıştır. Her bir sınıf için belirlenen; kestirilen katsayı (β), kestirilen odds oranı ($\text{Exp}(\beta)$), ve ROC Analizi sonuçları Çizelge 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Arazi kullanım/arazi örtüsü sınıfları için Lojistik Regresyon Analizi sonuçları

	Tarım Alanları		Orman Alanları		Yerleşim Alanları		Sanayi Alanları	
	β	Exp (β)	β	Exp (β)	β	Exp (β)	β	Exp (β)
Yükseklik	-0,00965	0,99	0,02028	1,02	-0,0065	0,99	0,02341	1,02
Eğim	-0,08174	0,92	0,09109	1,09	-0,0483	0,95	-0,10729	0,89
Bakı	-0,00053	1,00	-0,0006	0,99	0,00089	1,00	0,001314	1,00
1.derece yollara uzaklık	0,00002	1,00	-0,00001	0,99	-0,00002	0,99	0,00006	1,00
2.derece yollara uzaklık	0,00007	1,00	0,0000	1,00	-0,00010	0,99	-0,00009	0,99
Nehirlere uzaklık	-0,00005	0,99	0,00004	1,00	-0,00017	0,99	-0,0000	0,99
Nüfus yoğunluğu	-0,00118	0,99	-0,057	0,94	0,01784	1,01	-0,00293	0,99
Sanayi gelişim alanlarına uzaklık	-0,00005	0,99	0,0001	1,00	0,00003	1,00	-0,00531	0,99
Büyük toprak grupları	5,97989	395,39	4,5647	96,034	-----	-----	-----	----
Sabit	-1,164735		-7,398700		-1,948700		-3,477869	
Doğru sınıflandırma yüzdesi	96,3		96,2		98		98,3	
ROC değeri	0,97		0,98		0,92		0,99	

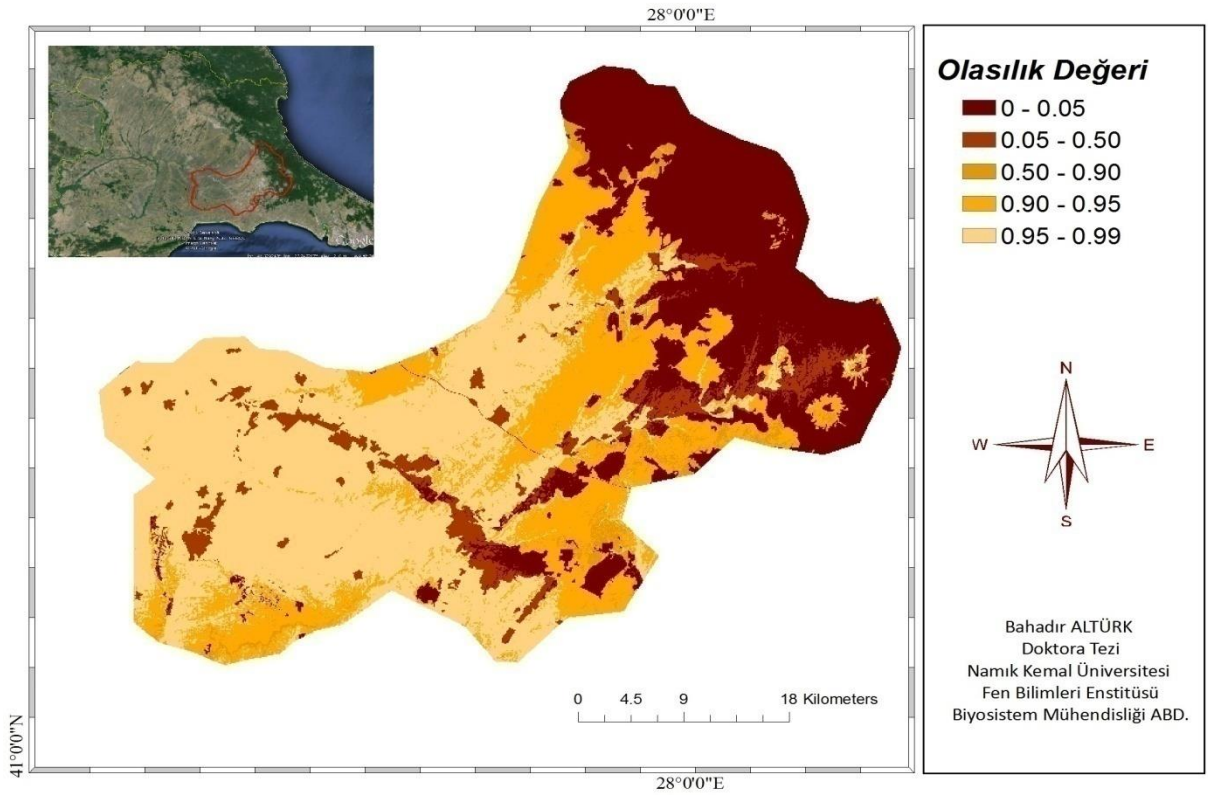
Lojistik Regresyon Analizi sonuçlarına göre yerleşim alanları, tarım alanları, orman alanları ve sanayi alanları için olasılık haritaları oluşturulmuştur (Şekil 4.10, Şekil 4.11, Şekil 4.12, Şekil 4.13).

YERLEŞİM ALANLARI OLASILIK HARİTASI



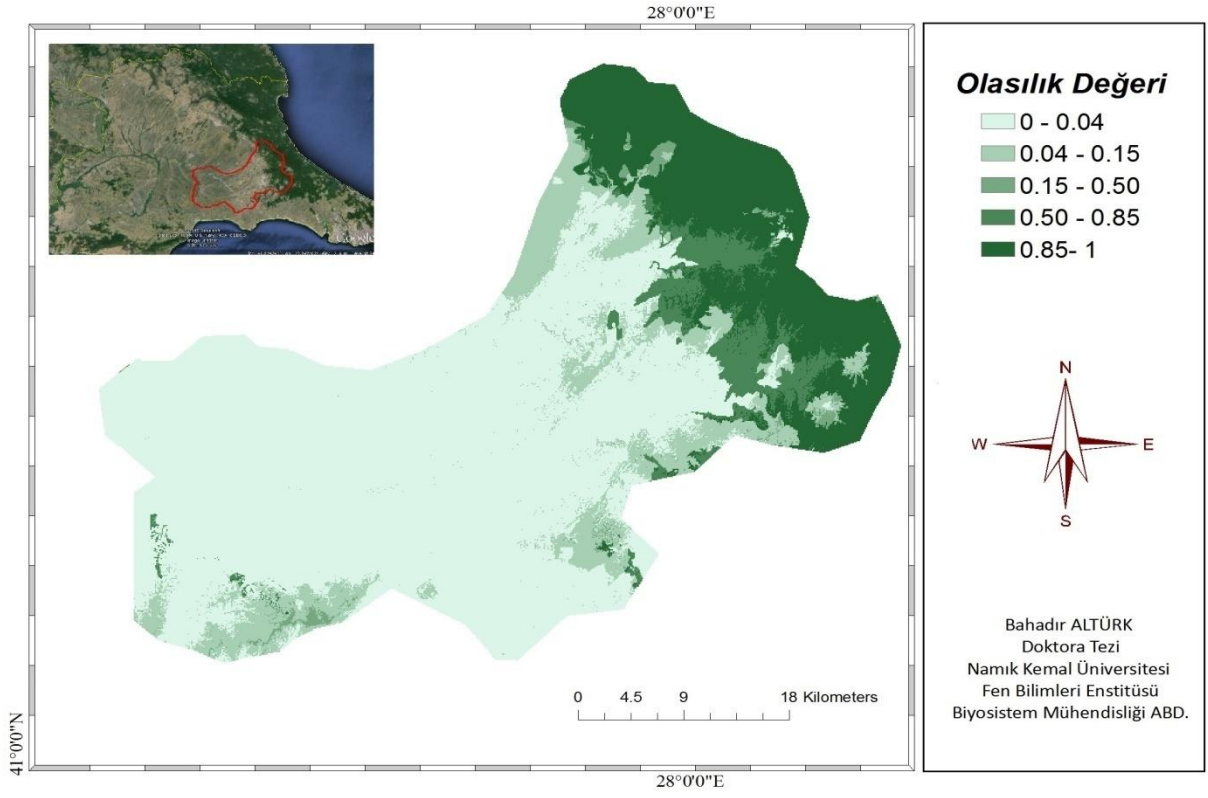
Şekil 4.10. Yerleşim alanları için olasılık haritası

TARIM ALANLARI OLASILIK HARİTASI



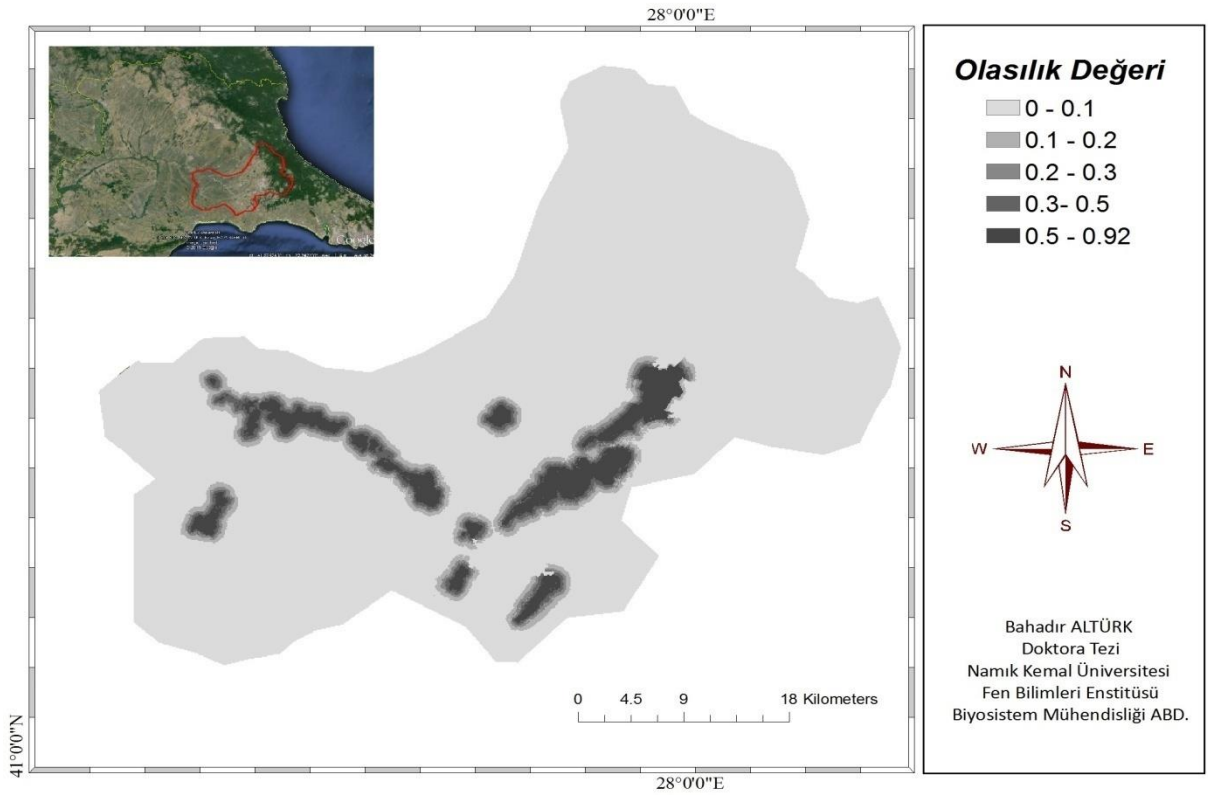
Şekil 4.11. Tarım alanları için olasılık haritası

ORMAN ALANLARI OLASILIK HARİTASI



Şekil 4.12. Orman alanları ve doğal bitki örtüsü için olasılık haritası

SANAYİ ALANLARI OLASILIK HARİTASI



Şekil 4.13. Sanayi alanları için olasılık haritası

Mekansal analizlere ek olarak arazi kullanım/arazi örtüsü sınıfının özelliklerini, bu sınıfların birbirleriyle olan ilişkilerini, değişimleri engelleyen ve kısıtlayan durumları modelleme sürecine dahil etmek için karar kuralları belirlenmiştir. Modelleme sürecinin ön test aşamasında arazi kullanım/arazi örtüsü dönüşüm elastikiyetlerinin belirlenmesi için sınıflara birçok farklı değer uygulanmış, en iyi kombinasyonun Çizelge 4.9’da belirtilen değerler olduğuna karar kılınmıştır.

Çizelge 4.9. Arazi kullanım/arazi örtüsü sınıfları için belirlenen dönüşüm elastikiyetleri

DÖNÜŞÜM ELASTİKİYETLERİ	TARIM ALANLARI	ORMAN ALANLARI	YERLEŞİM ALANLARI	SANAYİ ALANLARI
	0	0,8	1	1

Araştırma bölgesinde tarım alanları en kolay dönüşebilen yapı olurken, yerleşim alanları ve sanayi alanlarının diğer alanlara dönüşümü kısıtlanmıştır.

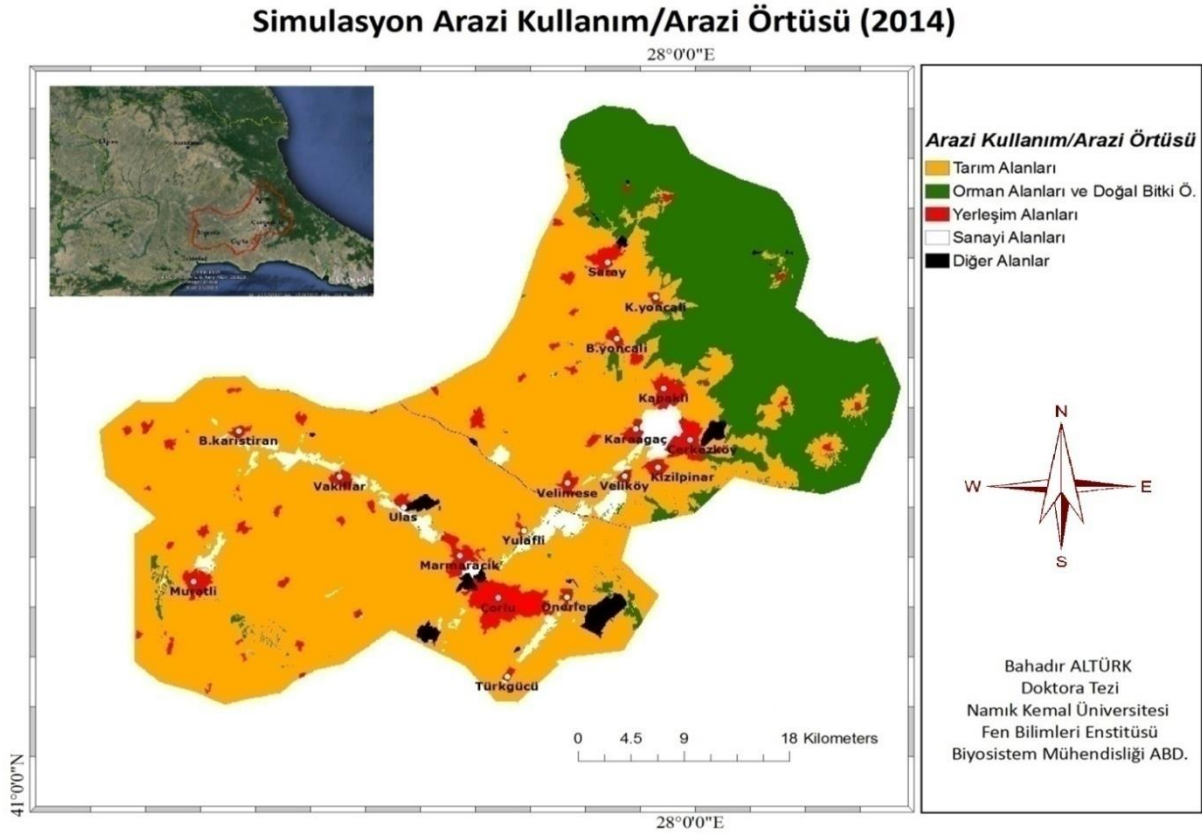
Arazi kullanım/arazi örtüsü sınıflarının birbirine dönüşmesine izin verilip verilmeyeceği dönüşüm matrisleri ile kararlaştırılmaktadır. Tarım ve orman alanlarının diğer alanlara dönüşümü serbest bırakılırken, yerleşim alanları ve sanayi alanlarının sadece kendi aralarında birbirlerine dönüşümü serbest bırakılmıştır. Yerleşim alanları ve sanayi alanlarının, tarım alanları ve orman alanlarına dönüşümü engellenmiştir. Araştırma bölgesi için belirlenen dönüşüm matrisi Çizelge 4.10’da sunulmuştur.

Çizelge 4.10. Arazi kullanım/arazi örtüsü sınıfları arasındaki değişim kurallarını belirleyen dönüşüm matrisi

ARAZİ KULLANIM/ARAZİ ÖRTÜSÜ	TARIM ALANLARI	ORMAN ALANLARI	YERLEŞİM ALANLARI	SANAYİ ALANLARI
TARIM ALANLARI	1	1	1	1
ORMAN ALANLARI	1	1	1	1
YERLEŞİM ALANLARI	0	0	1	1
SANAYİ ALANLARI	0	0	1	1

Araştırma bölgesinde önemli bir sit alanı ve doğa koruma alanı bulunmadığından bu etmenler kalibrasyon aşamasında dikkate alınmamıştır. Modelleme için gerekli olan karar kuralları, alansal talep miktarları, her bir plankarenin çözünürlüğü, yönlendirici faktörlere ait lojistik regresyon analizi sonuçları, tekrarlamaya periyodu, kalibrasyon başlangıç ve bitiş

tarihleri hazırlandıktan sonra, model çalıştırılmış ve 2014 yılı için arazi kullanım/arazi örtüsü benzeşim (simülasyon) haritası oluşturulmuştur (Şekil 4.14).



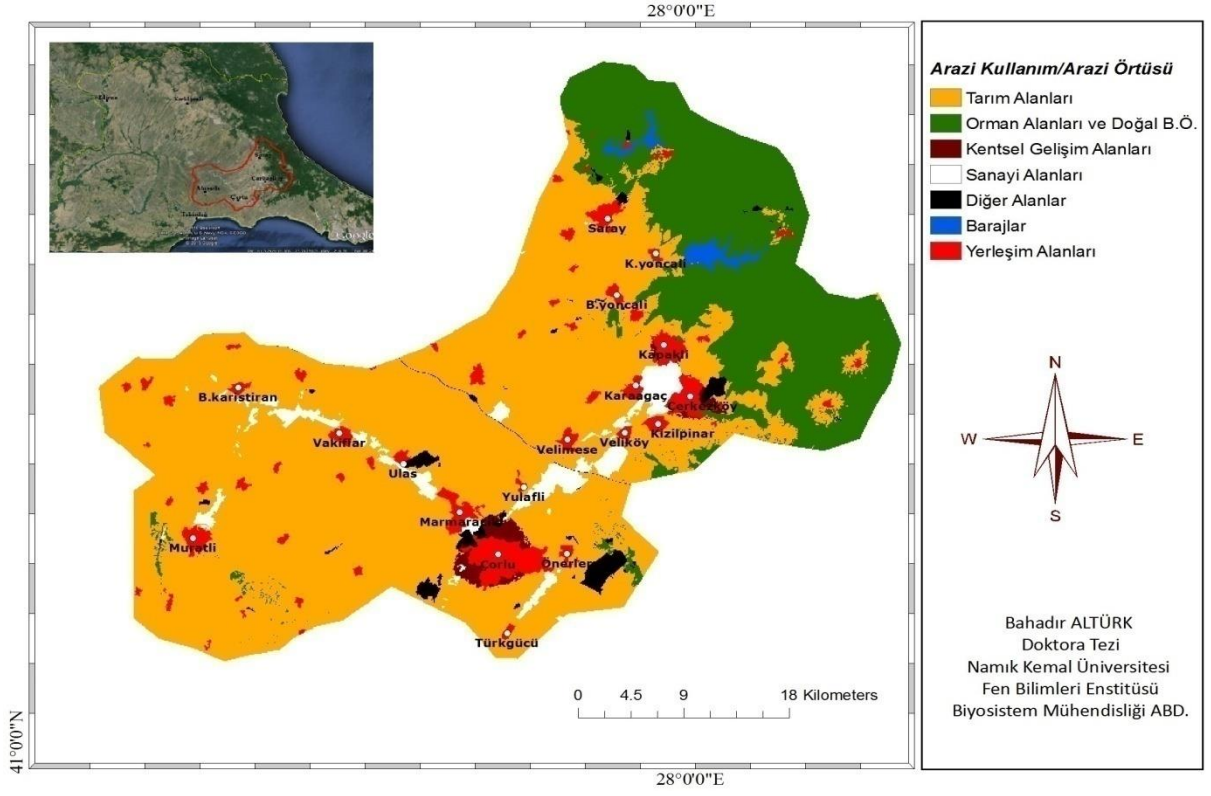
Şekil 4.14. 2014 yılı benzeşim (simülasyon) arazi kullanım/arazi örtüsü haritası

Oluşturulan 2014 yılı simülasyon haritasının doğruluğu 1x1 plankare ölçeğinde, 2014 yılı gerçek arazi kullanım/arazi örtüsü ile karşılaştırılmıştır. 1x1 plankare (100x100 m= 1 ha) bazında karşılaştırılan haritalarda %94 gibi yüksek bir doğruluk oranına ulaşılmıştır. Bu oranın yüksek olmasının en önemli sebepleri; kalibrasyon aşamasında sadece dört sınıf arazi kullanım/arazi örtüsünün işleme tabi tutulması, orman ve tarım alanları hariç diğer arazi sınıflarının daha detaylı olarak vektör veriye çevrilmesidir.

4.2.5. Geleceğe yönelik oluşturulan arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliği senaryolarına ait bulgular

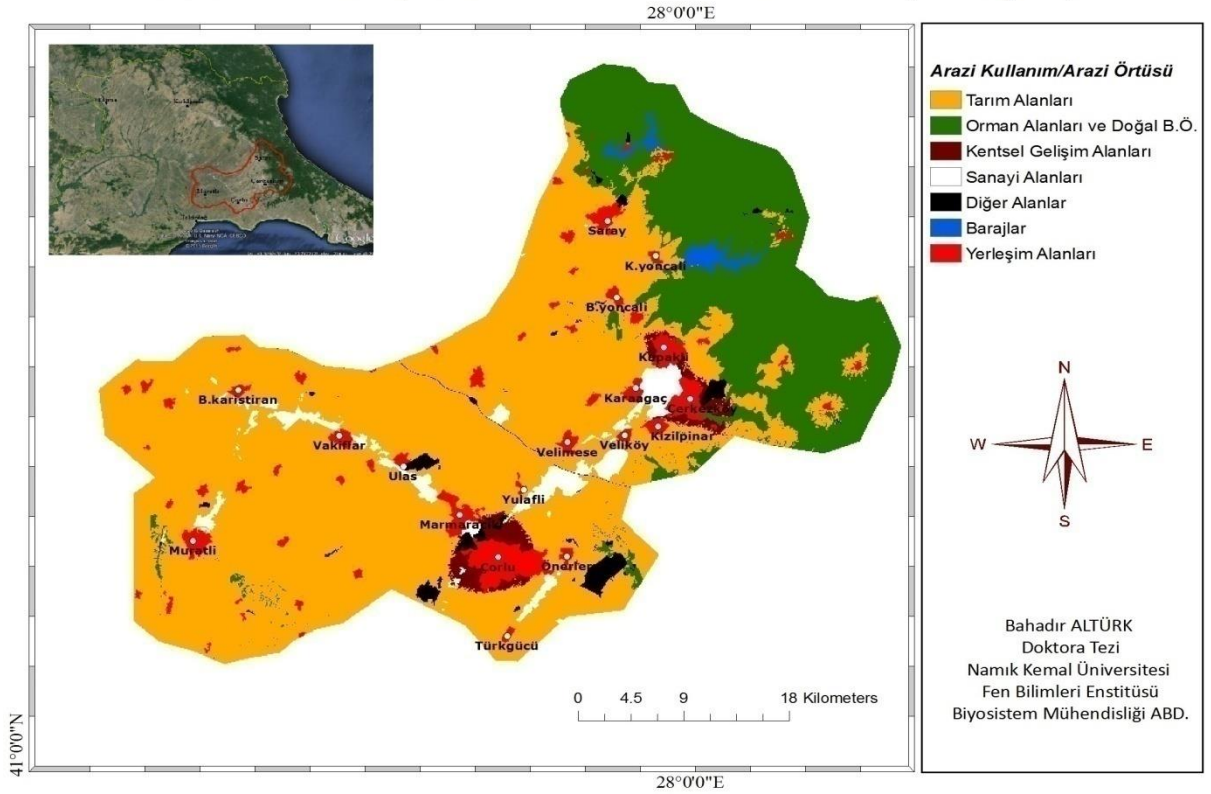
Modelin tutarlılığı belirlendikten sonra doğrusal eğilim analizi sonucunda belirlenen arazi kullanım/arazi örtüsü talep miktarlarına göre sanayi alanlarının artmayacağı varsayımı ve senaryo 1'e göre 2023, 2030 ve 2050 yılları için arazi kullanım/arazi örtüsü haritaları oluşturulmuştur (Şekil 4.15, Şekil 4.16, Şekil 4.17).

ARAZİ KULLANIM/ARAZİ ÖRTÜSÜ HARİTASI - 2023 (Senaryo 1)



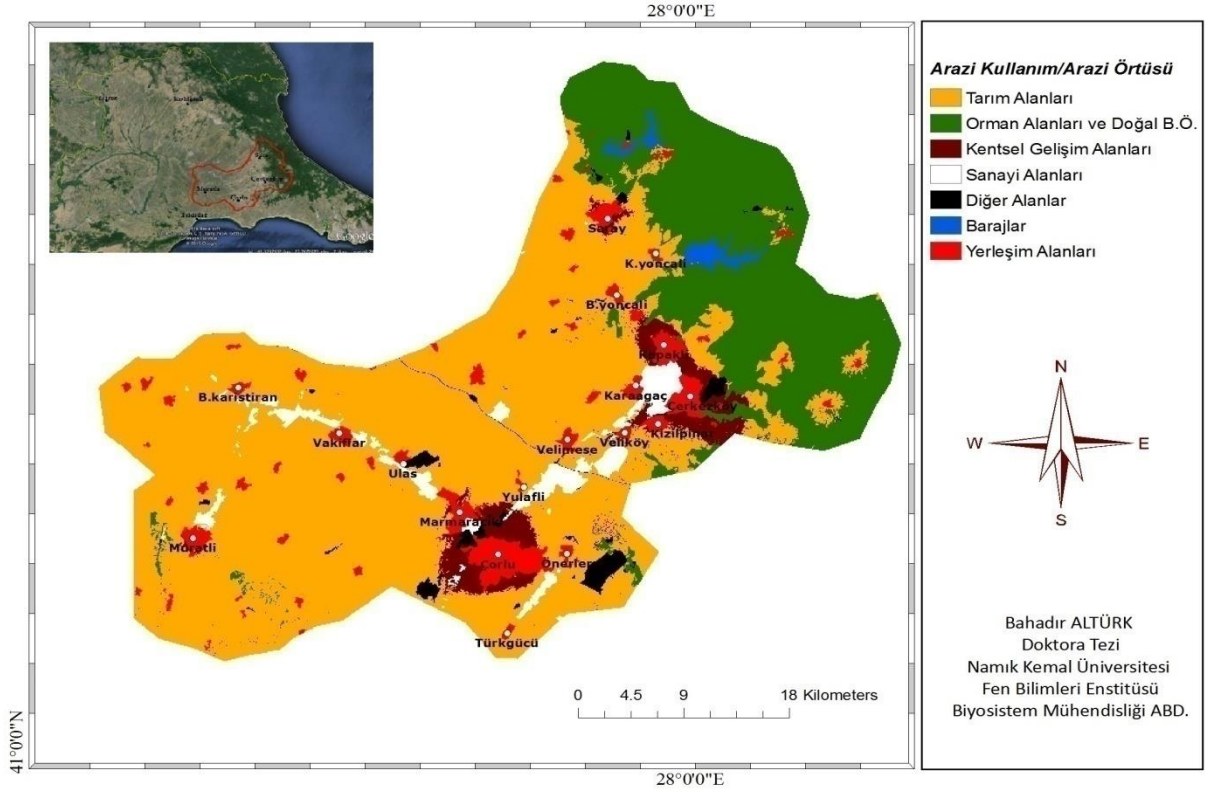
Şekil 4.15. Senaryo 1'e göre 2023 yılı için oluşturulan arazi kullanım/razi örtüsü haritası

ARAZİ KULLANIM/ARAZİ ÖRTÜSÜ HARİTASI - 2030 (Senaryo 1)



Şekil 4.16. Senaryo 1'e göre 2030 yılı için oluşturulan arazi kullanım/razi örtüsü haritası

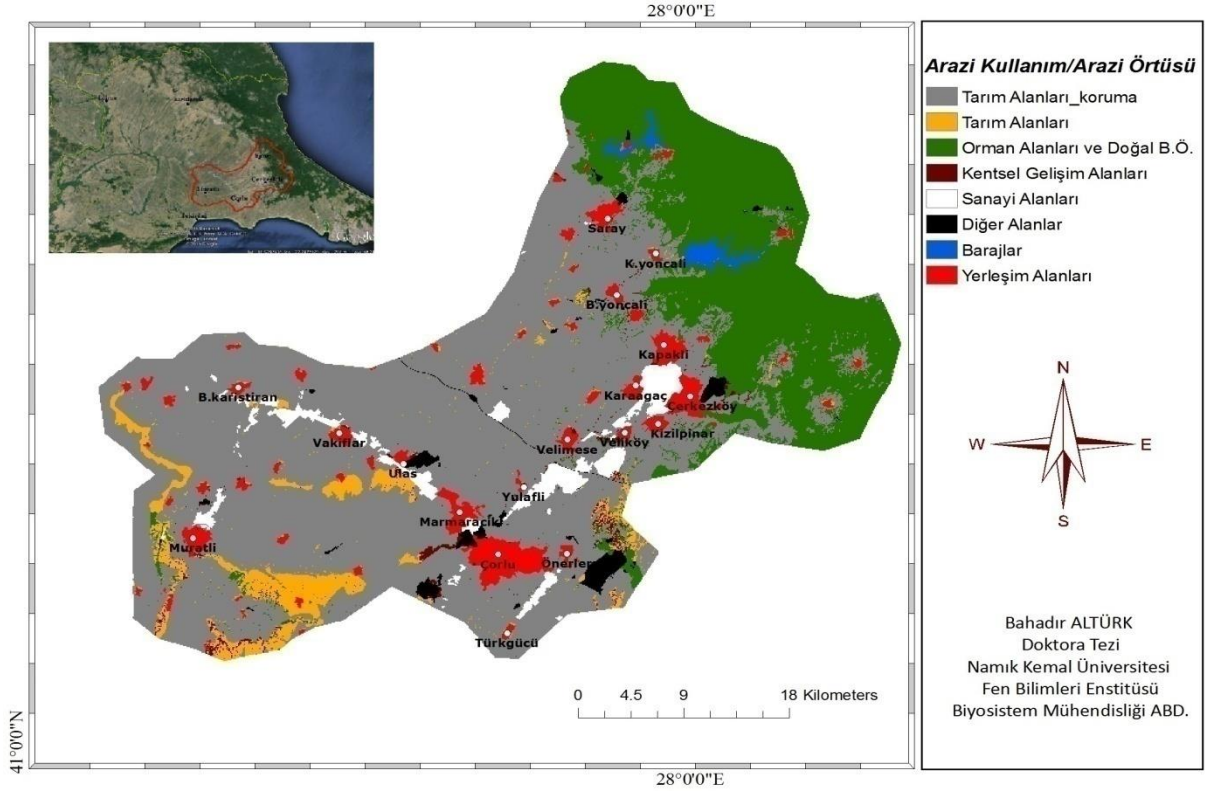
ARAZİ KULLANIM/ARAZİ ÖRTÜSÜ HARİTASI - 2050 (Senaryo 1)



Şekil 4.17. Senaryo 1'e göre 2050 yılı için oluşturulan arazi kullanım/razi örtüsü haritası

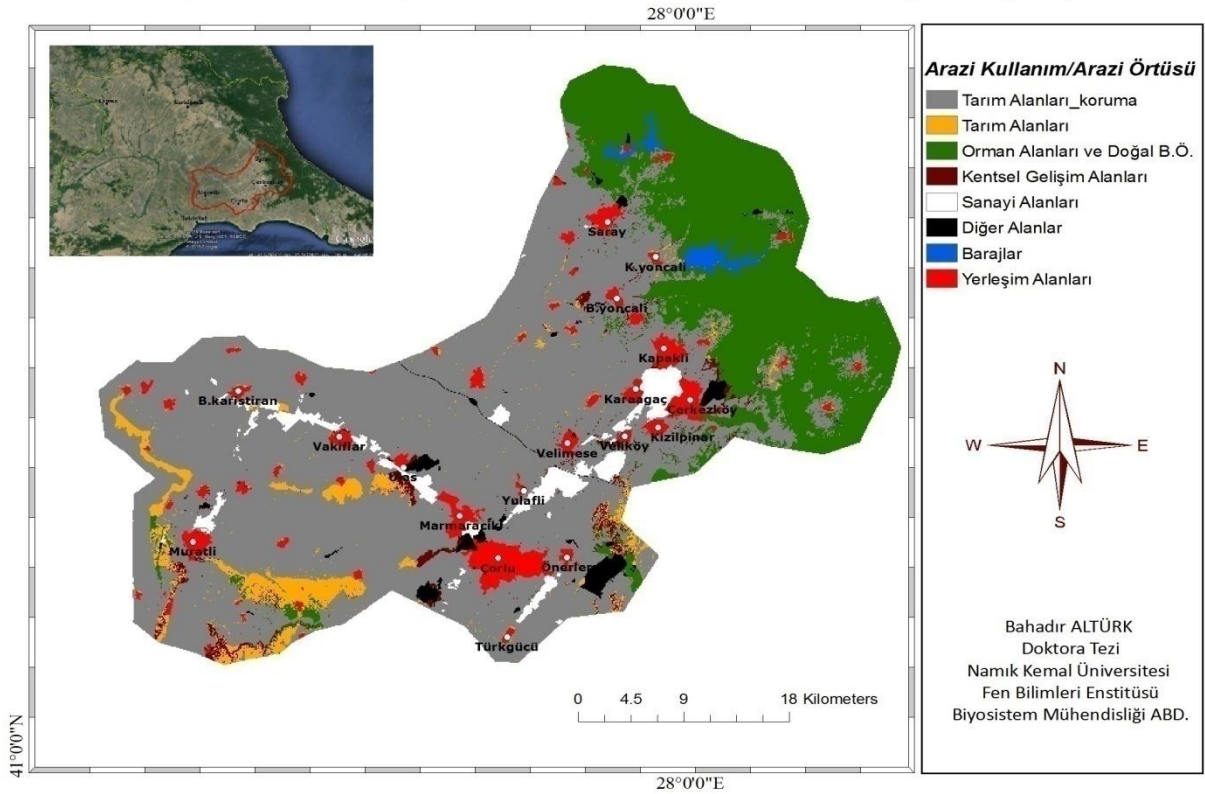
Doğrusal eğilim analizi sonucunda belirlenen arazi kullanım/razi örtüsü talep miktarlarına göre sanayi alanlarının artmayacağı varsayımı ve senaryo 2'ye göre 2023, 2030 ve 2050 yılları için arazi kullanım/razi örtüsü haritaları oluşturulmuştur (Şekil 4.18, Şekil 4.19, Şekil 4.20).

ARAZİ KULLANIM/ARAZİ ÖRTÜSÜ HARİTASI - 2023 (Senaryo 2)



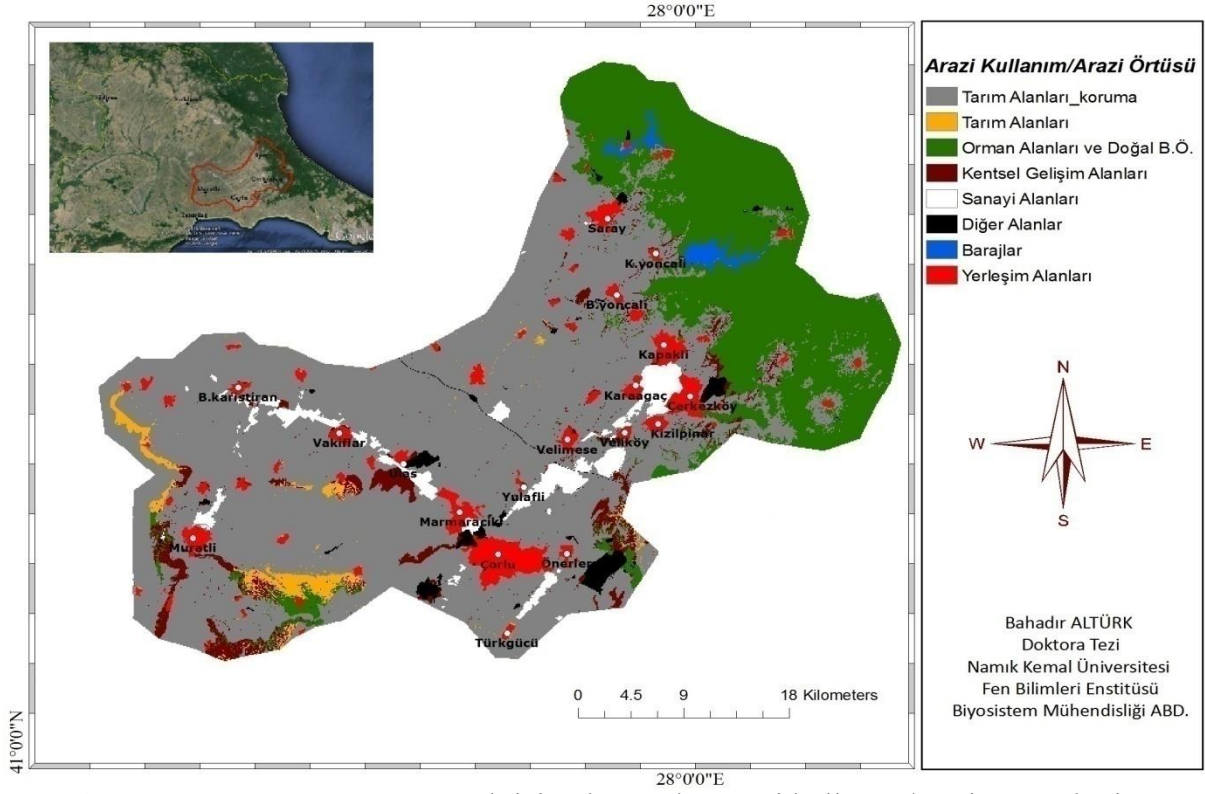
Şekil 4.18. Senaryo 2'ye göre 2023 yılı için oluşturulan arazi kullanım/azazi örtüsü haritası

ARAZİ KULLANIM/ARAZİ ÖRTÜSÜ HARİTASI - 2030 (Senaryo 2)



Şekil 4.19. Senaryo 2'ye göre 2030 yılı için oluşturulan arazi kullanım/azazi örtüsü haritası

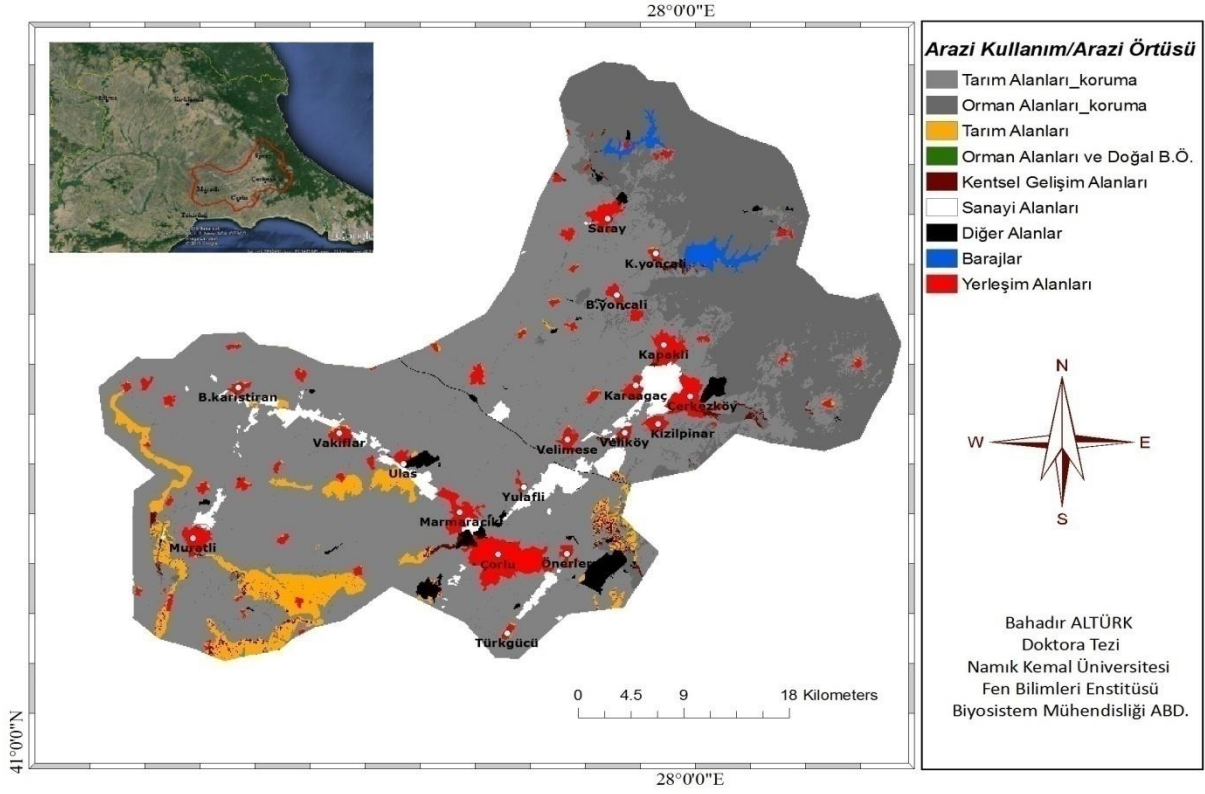
ARAZİ KULLANIM/ARAZİ ÖRTÜSÜ HARİTASI - 2050 (Senaryo 2)



Şekil 4.20. Senaryo 2'ye göre 2050 yılı için oluşturulan arazi kullanım/razi örtüsü haritası

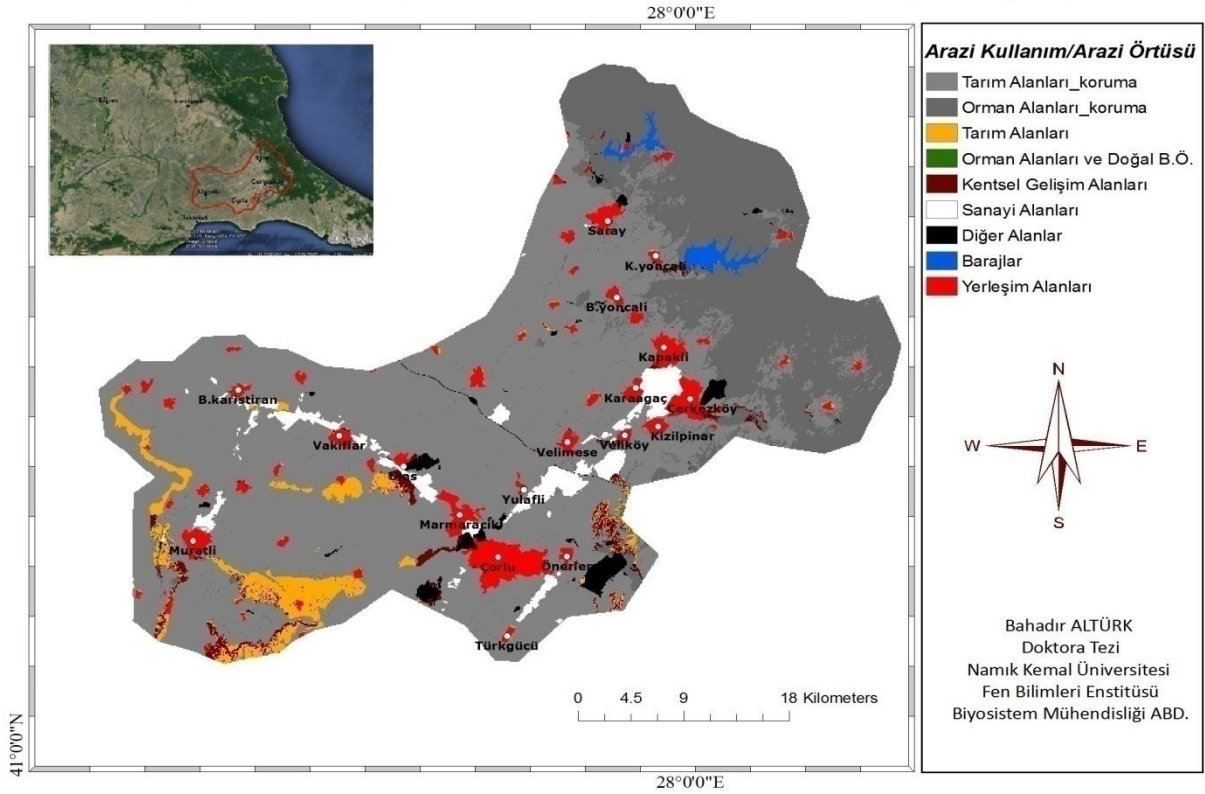
Doğrusal eğilim analizi sonucunda belirlenen arazi kullanım/razi örtüsü talep miktarlarına göre sanayi alanlarının artmayacağı varsayımı ve senaryo 3'e göre 2023, 2030 ve 2050 yılları için arazi kullanım/razi örtüsü haritaları oluşturulmuştur (Şekil 4.21, Şekil 4.22, Şekil 4.23).

ARAZİ KULLANIM/ARAZİ ÖRTÜSÜ HARİTASI - 2023 (Senaryo 3)



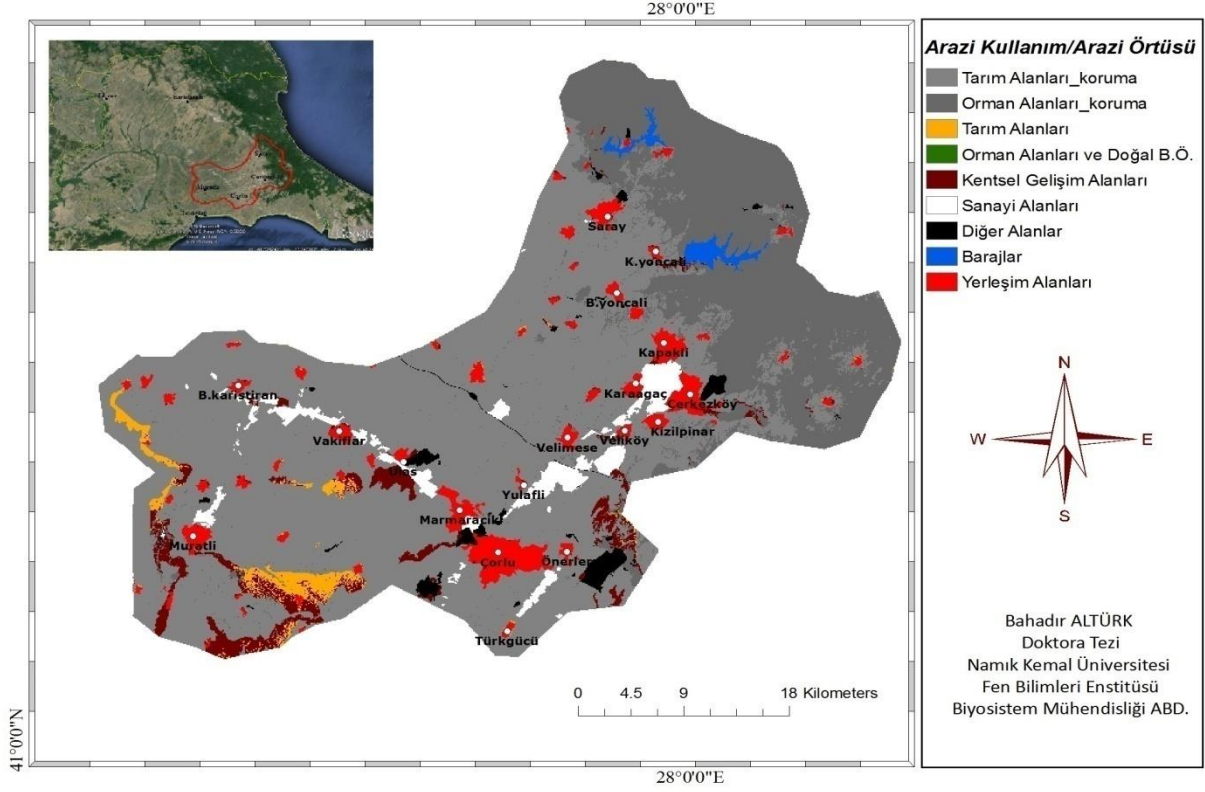
Şekil 4.21. Senaryo 3'e göre 2023 yılı için oluşturulan arazi kullanım/razi örtüsü haritası

ARAZİ KULLANIM/ARAZİ ÖRTÜSÜ HARİTASI - 2030 (Senaryo 3)



Şekil 4.22. Senaryo 3'e göre 2030 yılı için oluşturulan arazi kullanım/razi örtüsü haritası

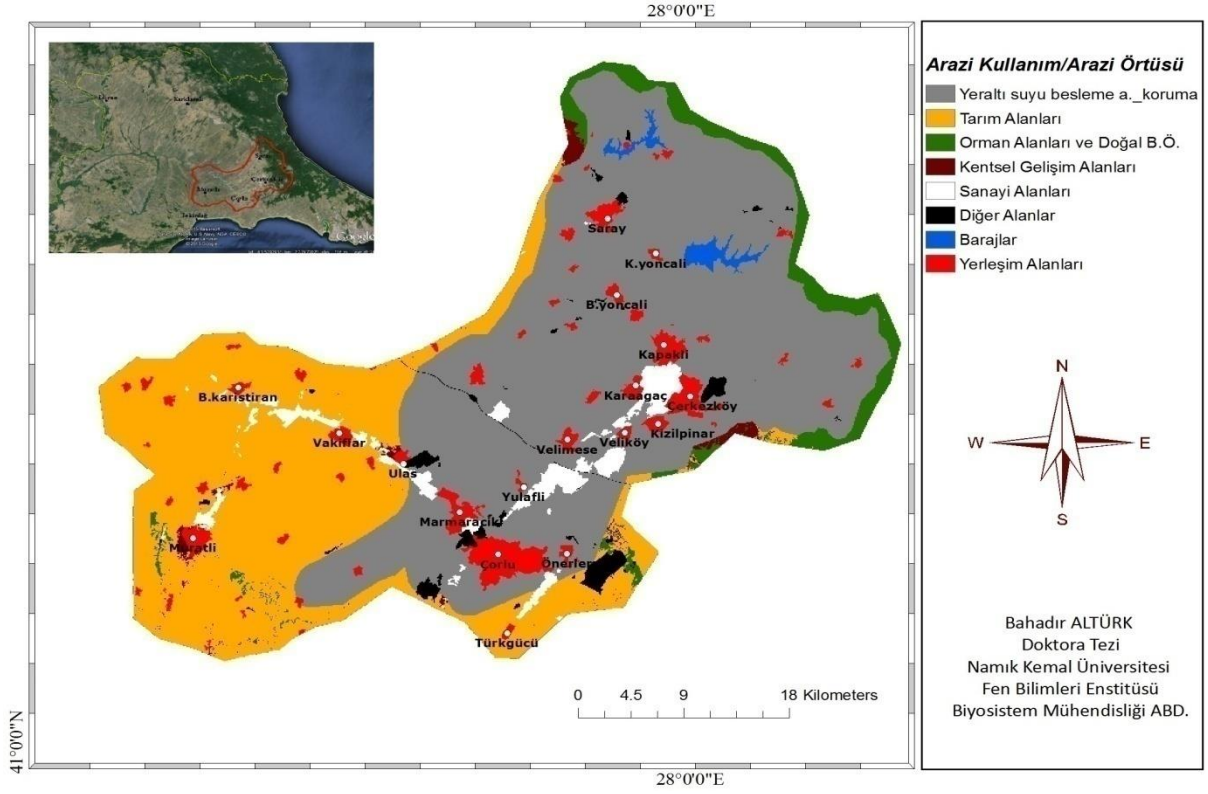
ARAZİ KULLANIM/ARAZİ ÖRTÜSÜ HARİTASI - 2050 (Senaryo 3)



Şekil 4.23. Senaryo 3'e göre 2050 yılı için oluşturulan arazi kullanım/razi örtüsü haritası

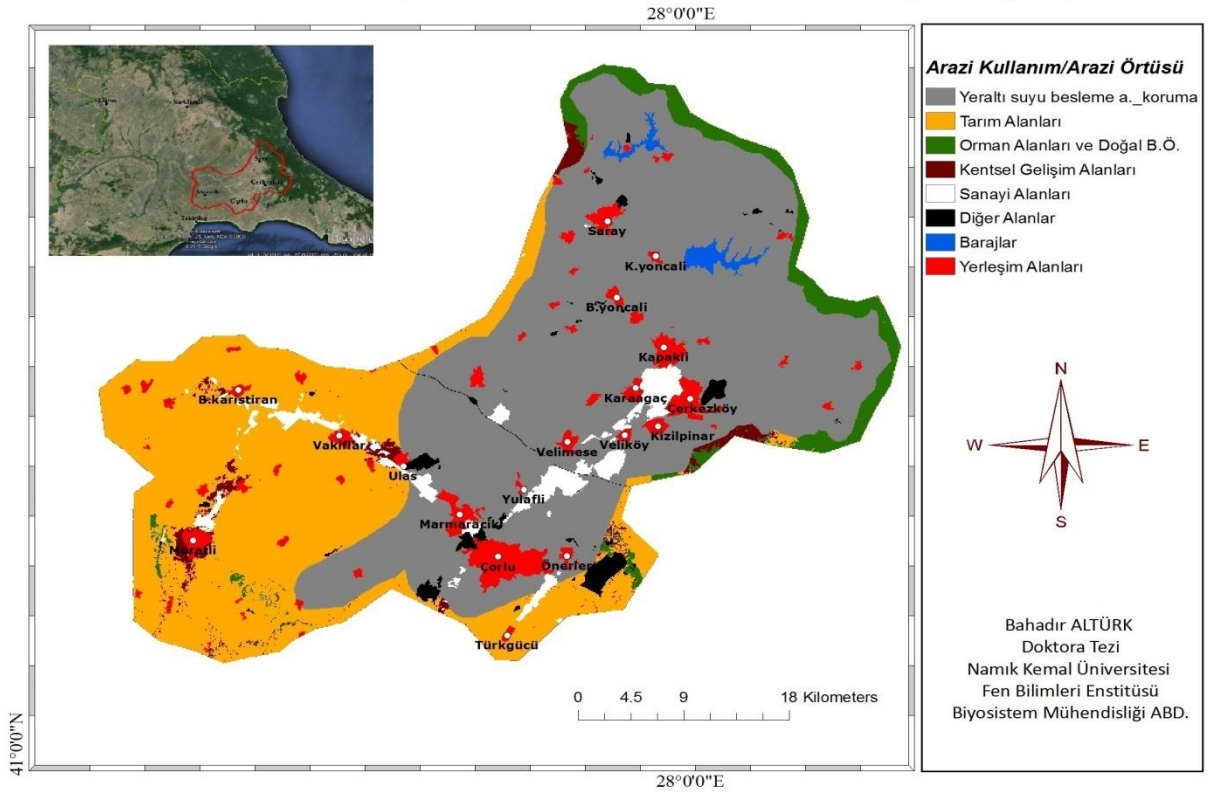
Doğrusal eğilim analizi sonucunda belirlenen arazi kullanım/razi örtüsü talep miktarlarına göre sanayi alanlarının artmayacağı varsayımı ve senaryo 4'e göre 2023, 2030 ve 2050 yılları için arazi kullanım/razi örtüsü haritaları oluşturulmuştur (Şekil 4.24, Şekil 4.25, Şekil 4.26).

ARAZİ KULLANIM/ARAZİ ÖRTÜSÜ HARİTASI - 2023 (Senaryo 4)



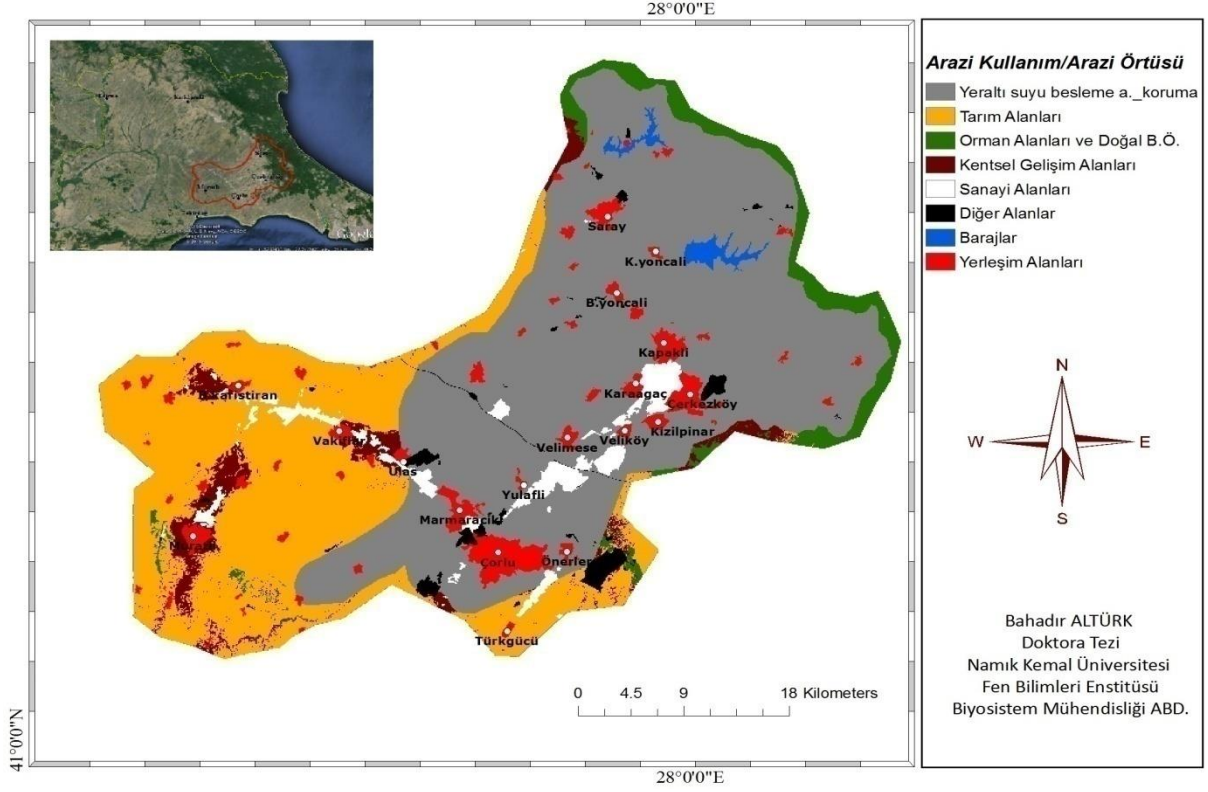
Şekil 4.24. Senaryo 4'e göre 2023 yılı için oluşturulan arazi kullanım/razi örtüsü haritası

ARAZİ KULLANIM/ARAZİ ÖRTÜSÜ HARİTASI - 2030 (Senaryo 4)



Şekil 4.25. Senaryo 4'e göre 2030 yılı için oluşturulan arazi kullanım/razi örtüsü haritası

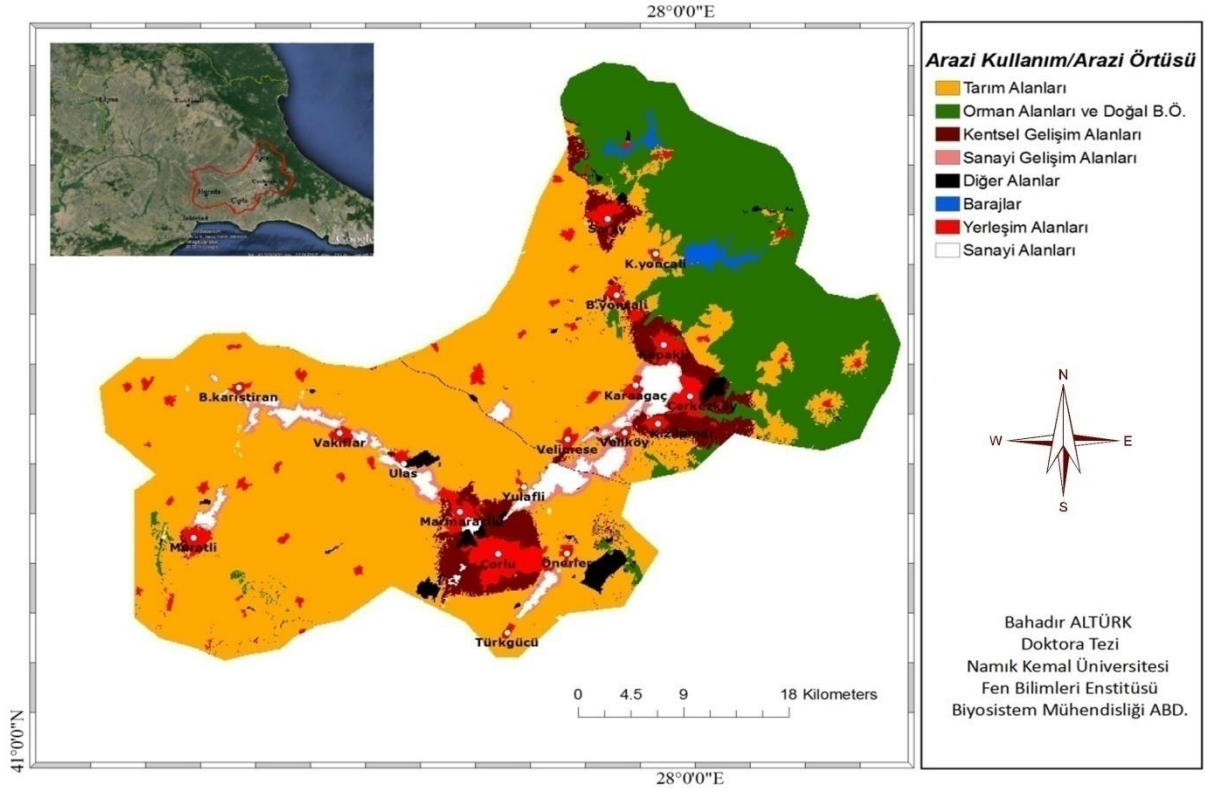
ARAZİ KULLANIM/ARAZİ ÖRTÜSÜ HARİTASI - 2050 (Senaryo 4)



Şekil 4.26. Senaryo 4'e göre 2050 yılı için oluşturulan arazi kullanım/razi örtüsü haritası

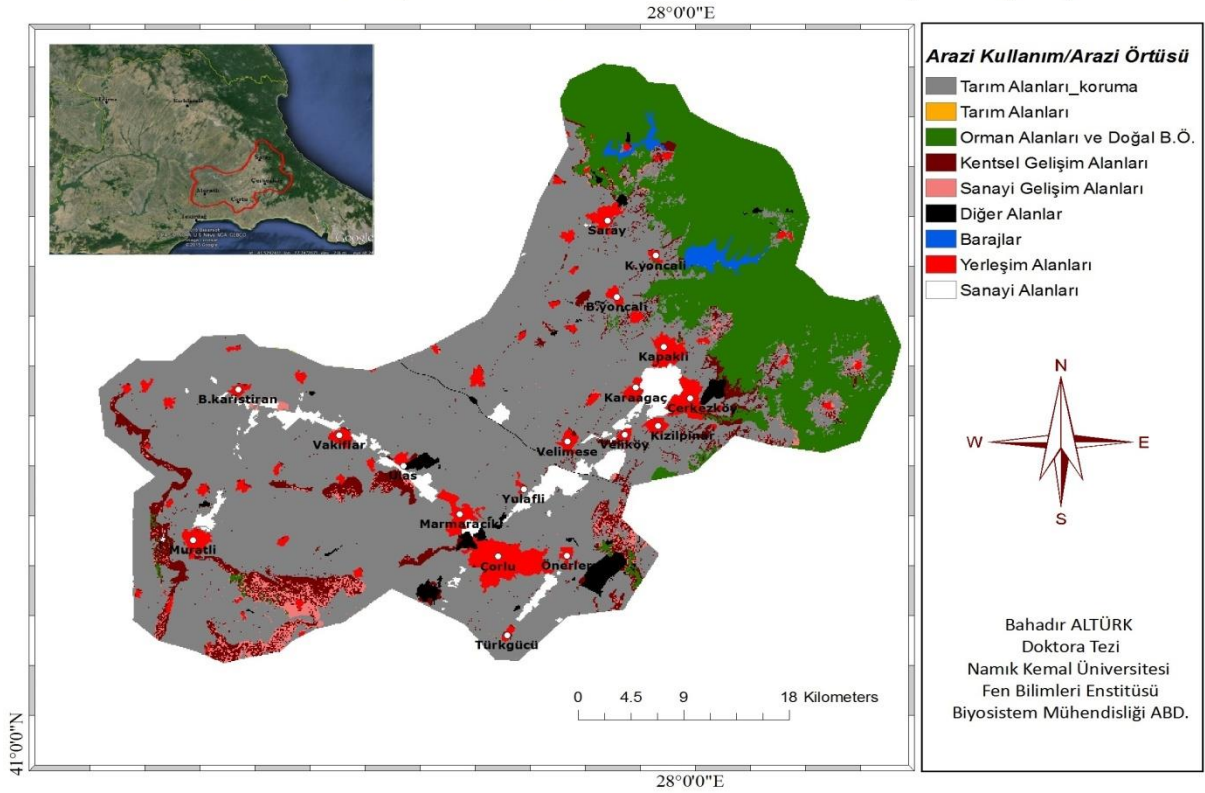
Doğrusal eğilim analizi sonucunda belirlenen arazi kullanım arazi örtüsü talep miktarlarına göre, sanayi alanlarının 2030 yılından sonra artacağı varsayımına bağlı olarak, geleceğe yönelik senaryo; 1, 2, 3, 4'e göre arazi kullanım/razi örtüsü haritaları oluşturulmuştur (Şekil 4.27, Şekil 4.28, Şekil 4.29, Şekil 4.30).

ARAZİ KULLANIM/ARAZİ ÖRTÜSÜ-2050 (Senaryo 1)



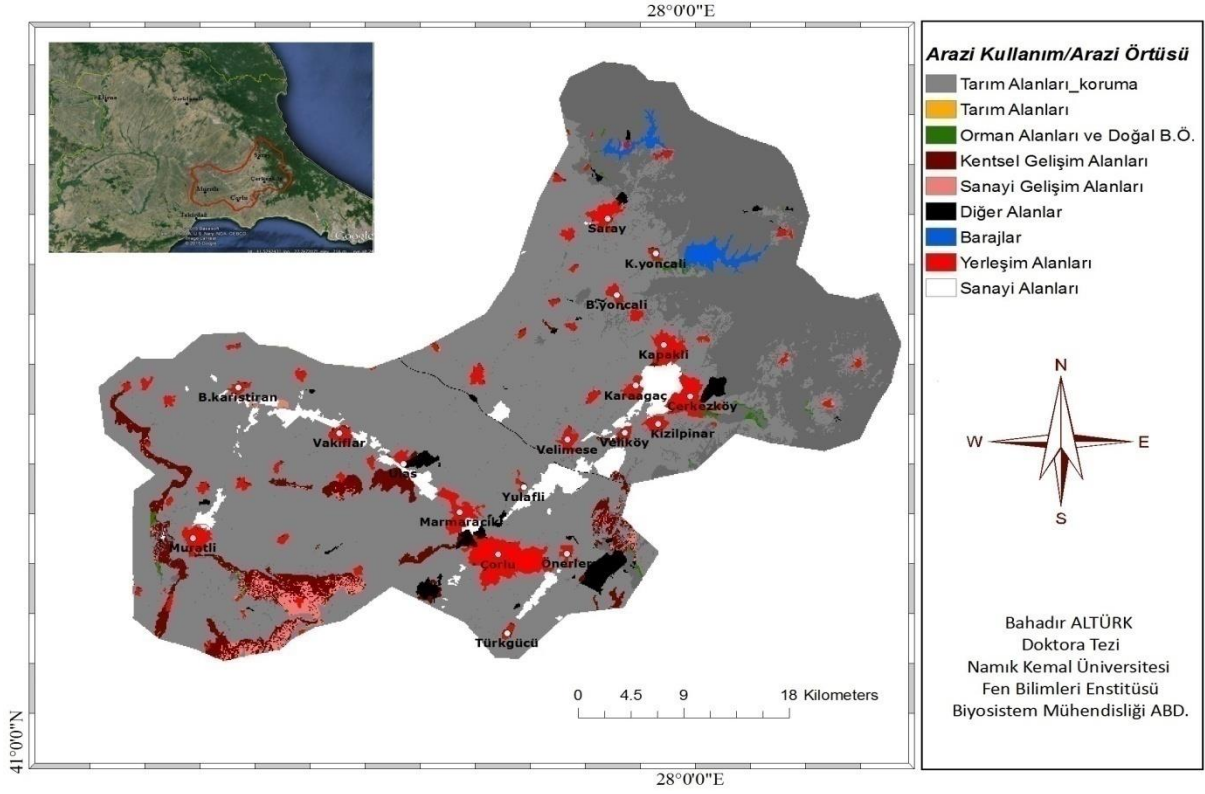
Şekil 4.27. Senaryo 1'e göre 2050 yılı için oluşturulan arazi kullanım/arazi örtüsü haritası

ARAZİ KULLANIM/ARAZİ ÖRTÜSÜ HARİTASI - 2050 (Senaryo 2)



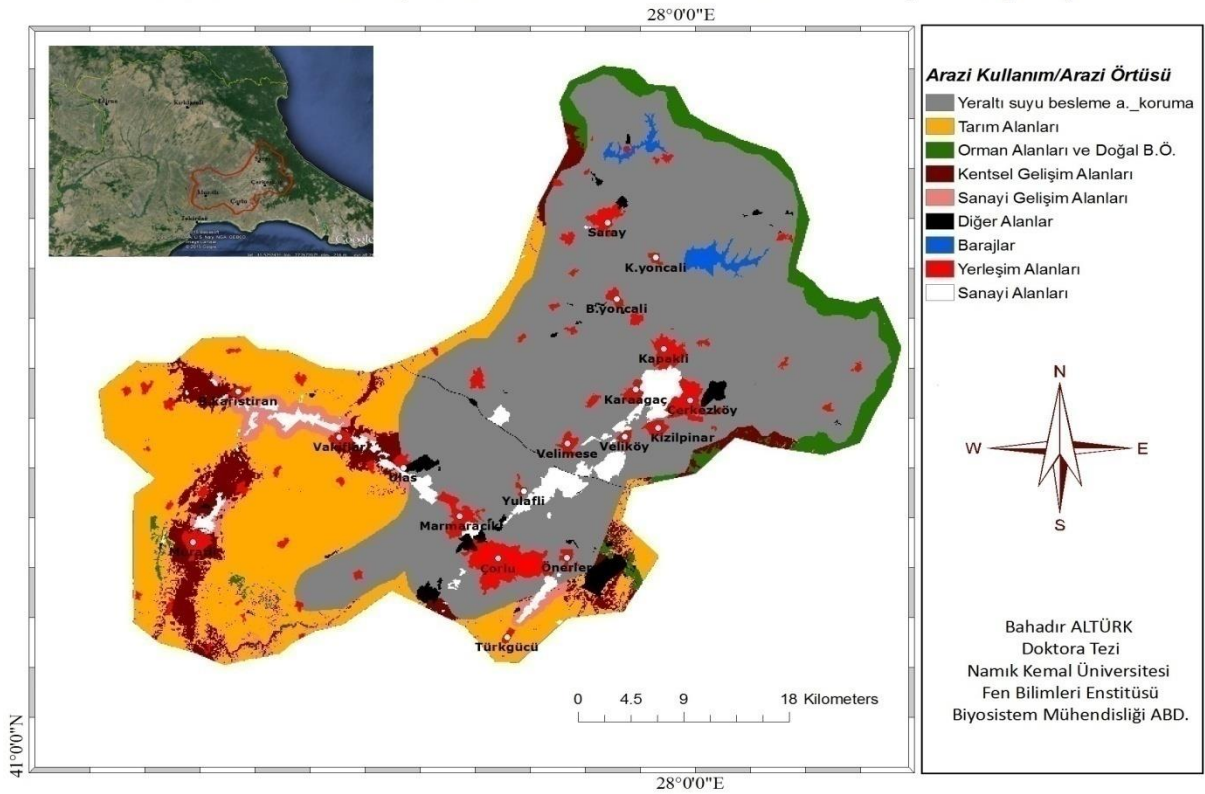
Şekil 4.28. Senaryo 2'ye göre 2050 yılı için oluşturulan arazi kullanım/arazi örtüsü haritası

ARAZİ KULLANIM/ARAZİ ÖRTÜSÜ HARİTASI - 2050 (Senaryo 3)



Şekil 4.29. Senaryo 3'e göre 2050 yılı için oluşturulan arazi kullanım/razi örtüsü haritası

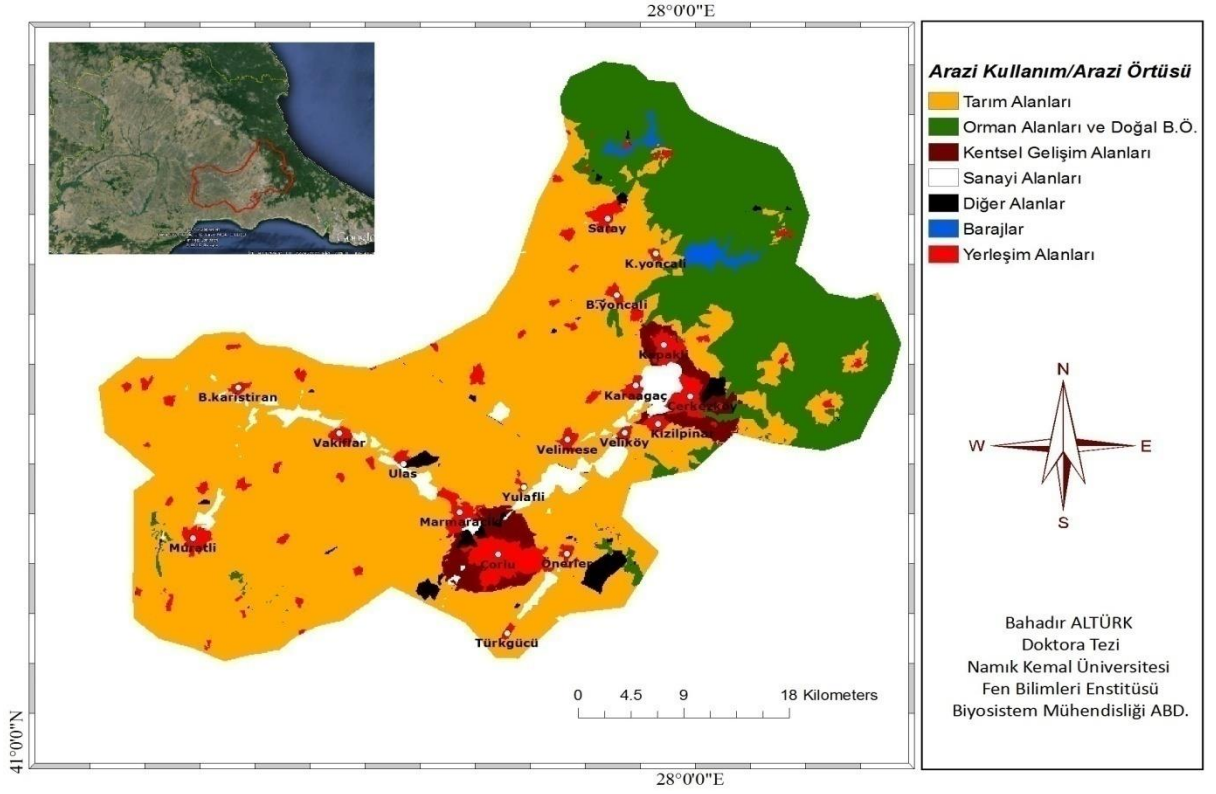
ARAZİ KULLANIM/ARAZİ ÖRTÜSÜ HARİTASI - 2050 (Senaryo 4)



Şekil 4.30. Senaryo 4'e göre 2050 yılı için oluşturulan arazi kullanım/razi örtüsü haritası

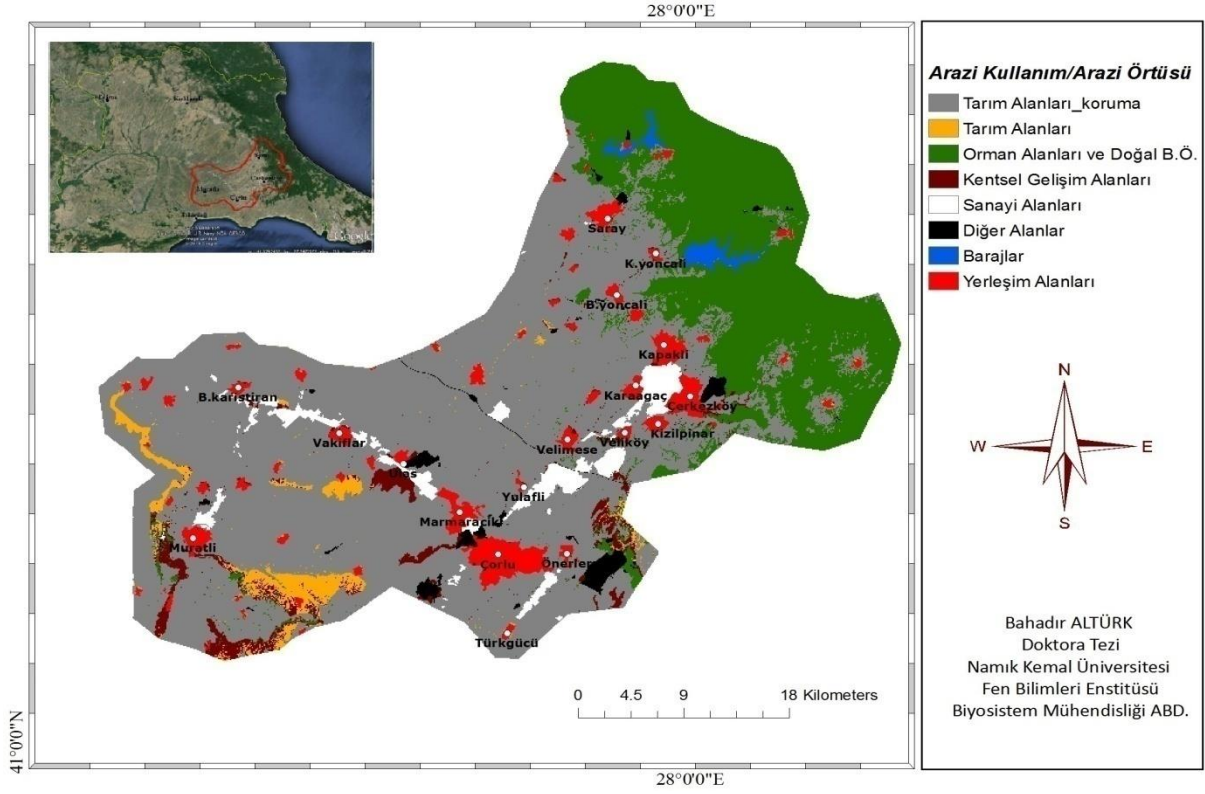
1/25000 ölçekli Tekirdağ İl Çevre Düzeni Planı dikkate alınarak belirlenen arazi kullanım arazi örtüsü talep miktarları doğrultusunda, geleceğe yönelik senaryo; 1, 2, 3, 4' göre arazi kullanım/arazi örtüsü haritaları oluşturulmuştur (Şekil 4.31, Şekil 4.32, Şekil 4.33, Şekil 4.34).

ARAZİ KULLANIM/ARAZİ ÖRTÜSÜ HARİTASI - 2023 (Senaryo 1)



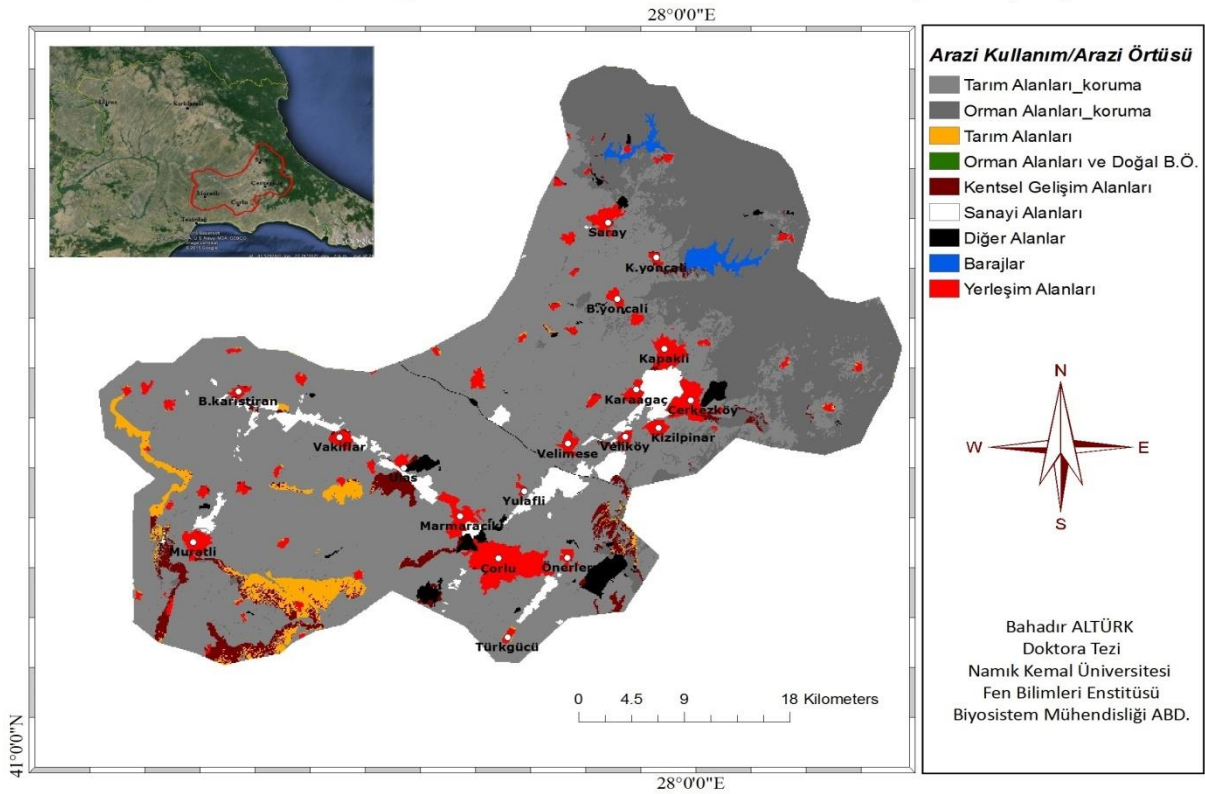
Şekil 4.31. Senaryo 1'e göre 2023 yılı için oluşturulan arazi kullanım/arazi örtüsü haritası

ARAZİ KULLANIM/ARAZİ ÖRTÜSÜ HARİTASI - 2023 (Senaryo2)



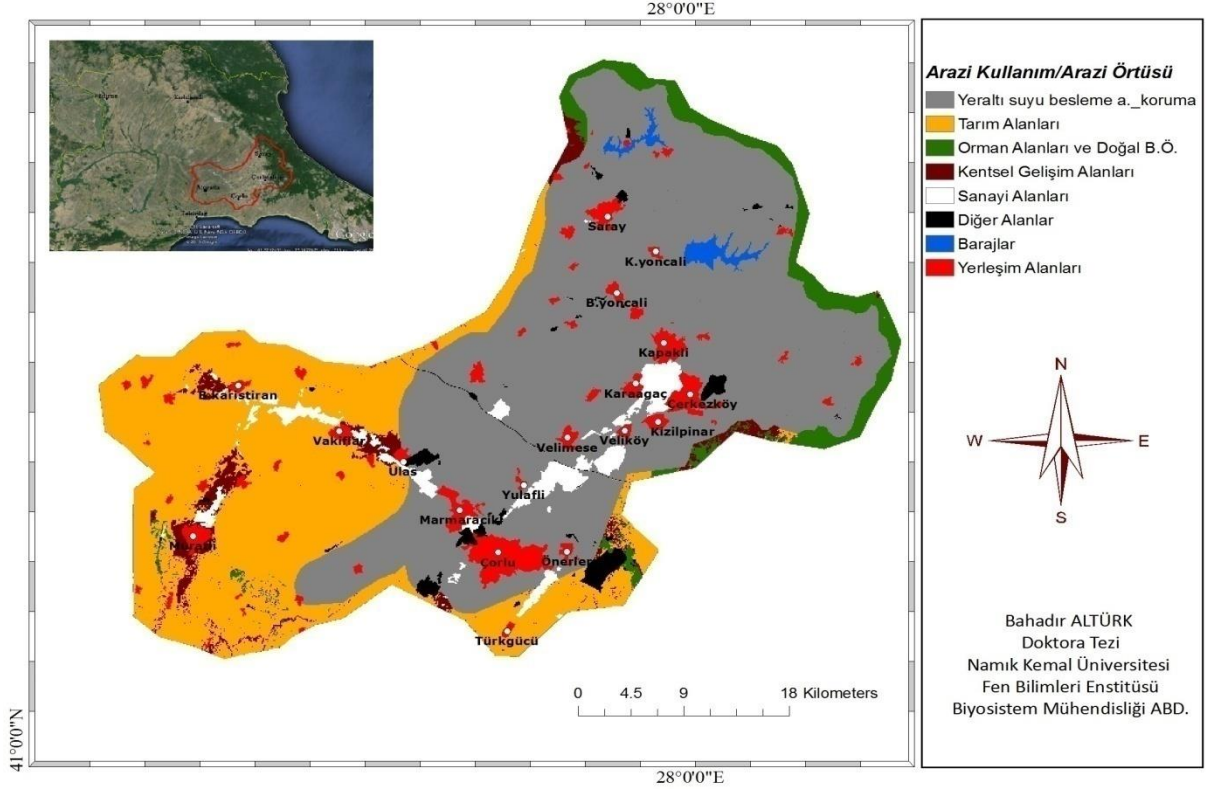
Şekil 4.32. Senaryo 2'ye göre 2023 yılı için oluşturulan arazi kullanım/razi örtüsü haritası

ARAZİ KULLANIM/ARAZİ ÖRTÜSÜ HARİTASI - 2023 (Senaryo3)



Şekil 4.33. Senaryo 3'e göre 2023 yılı için oluşturulan arazi kullanım/razi örtüsü haritası

ARAZİ KULLANIM/ARAZİ ÖRTÜSÜ HARİTASI - 2023 (Senaryo4)



Şekil 4.34. Senaryo 4'e göre 2023 yılı için oluşturulan arazi kullanım/razi örtüsü haritası

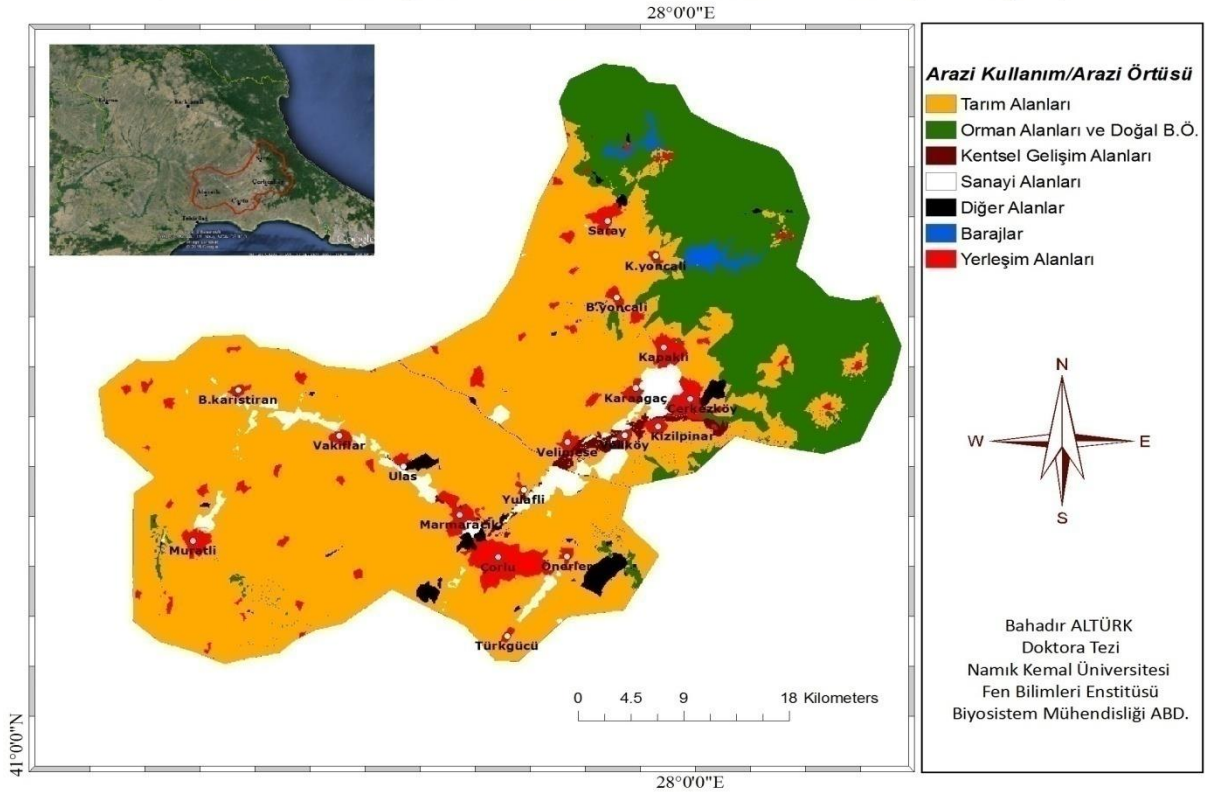
Model çıktıları değerlendirildiğinde, tüm senaryolarda göze çarpan en önemli özellik yerleşim alanlarındaki artışın tarım alanları üzerinde olacağı bulgusudur. Koruma uygulaması yapılmayan senaryo 1'de kentsel gelişim daha çok nüfus yoğunluğu fazla olan Çorlu, Çerkezköy, Ergene ve Kapaklı ilçelerinde yayılmaktadır. I., II. ve III. sınıf tarım arazilerinin ve orman alanlarının koruma uygulaması kapsamında tutulması neticesinde özellikle kentsel gelişimin ve sanayi gelişiminin I., II. ve III. sınıf tarım arazilerinin dışında kalan dar bir bölgede, Ulaş beldesi ve Muratlı ilçesi civarlarında yoğunlaştığı model çıktıları gözükmemektedir. Yeraltı suyu besleme alanlarının koruma bölgesi olarak ele alınması neticesinde kentsel gelişim ve sanayi gelişim alanları, Ulaş-Büyükkarıştıran beldeleri aksında ve Muratlı ilçesi civarında yoğunlaşmaktadır.

Koruma uygulaması yapılmayan senaryo 1'in sonuçları değerlendirildiğinde; yerleşim alanlarının, nüfus yoğunluğu en fazla olan Çerkezköy ve Çorlu ilçelerinde genişlediği görülmektedir. Nüfus yoğunluğunun şehirleşmede en önemli sosyo-ekonomik yönlendirici faktör olarak gözükmesinin dışında, yerel yönetimlerin şehir çevresinde aldıkları imar-uygulama kararları da şehirleşmede etkili olmaktadır.

Ancak şu var ki, kısa bir zaman dilimi içerisinde şehirleşmenin Çorlu ve Çerkezköy ilçelerinde daha da artacak olması birçok yönetsel ve teknik problemi beraberinde getirecektir. Alt yapı ve üst yapı olanaklarının hızlı nüfus artışına cevap verememesi neticesinde, ilçelerin bu nüfusu taşıyacak kapasitesi aşılabacaktır. Bu durum göz önünde bulundurularak nüfus yoğunluğunun yönlendirici faktör olmaması durumunda şehirleşmenin araştırma bölgesinde nasıl değişeceği 5. bir senaryo ile ortaya koyulmuştur. Doğrusal eğilim analizine göre belirlenen talep miktarları çerçevesinde oluşturulan senaryoda, mevcut OSB alanlarına gelecekte izin verilmemesi ve 2030 yılından sonra izin verilmesi varsayımlarına göre 2023, 2030 ve 2050 yılları için arazi kullanım/razi örtüsü değişikliği sonuçları değerlendirilmiştir.

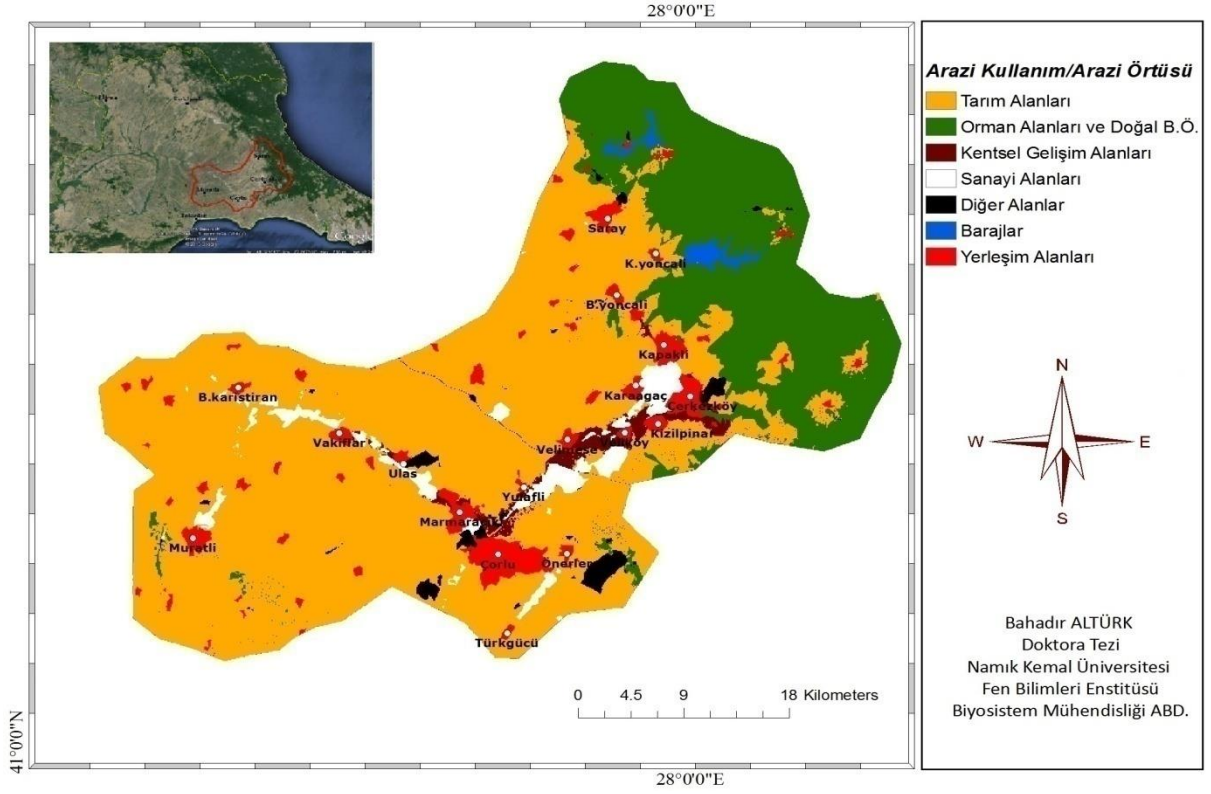
Doğrusal eğilim analizi sonucunda belirlenen arazi kullanım/razi örtüsü talep miktarlarına göre sanayi alanlarının artmayacağı varsayımı ve senaryo 5'e göre 2023, 2030 ve 2050 yılları için arazi kullanım/razi örtüsü haritaları oluşturulmuştur (Şekil 4.35, Şekil 4.36, Şekil 4.3).

ARAZİ KULLANIM/ARAZİ ÖRTÜSÜ HARİTASI - 2023 (Senaryo5)



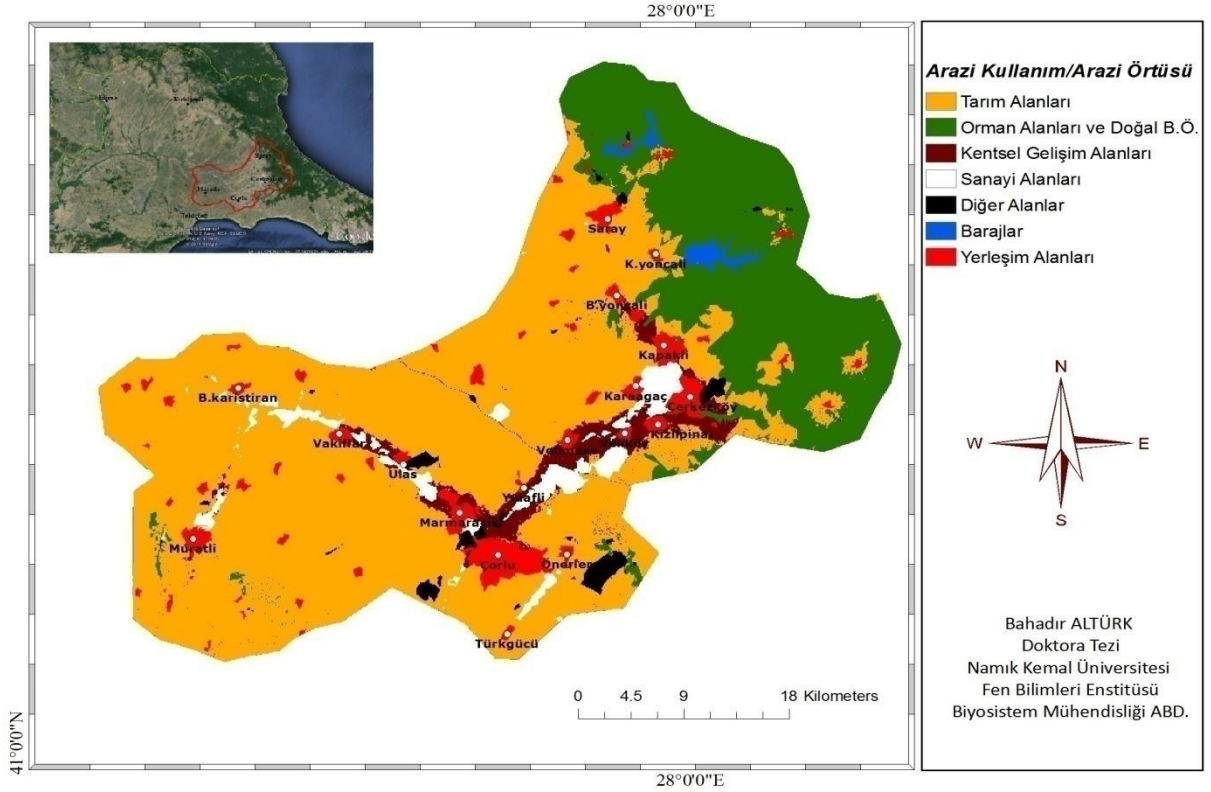
Şekil 4.35. Senaryo 5'e göre 2023 yılı için oluşturulan arazi kullanım/razi örtüsü

ARAZİ KULLANIM/ARAZİ ÖRTÜSÜ HARİTASI - 2030 (Senaryo5)



Şekil 4.36. Senaryo 5'e göre 2030 yılı için oluşturulan arazi kullanım/arazi örtüsü

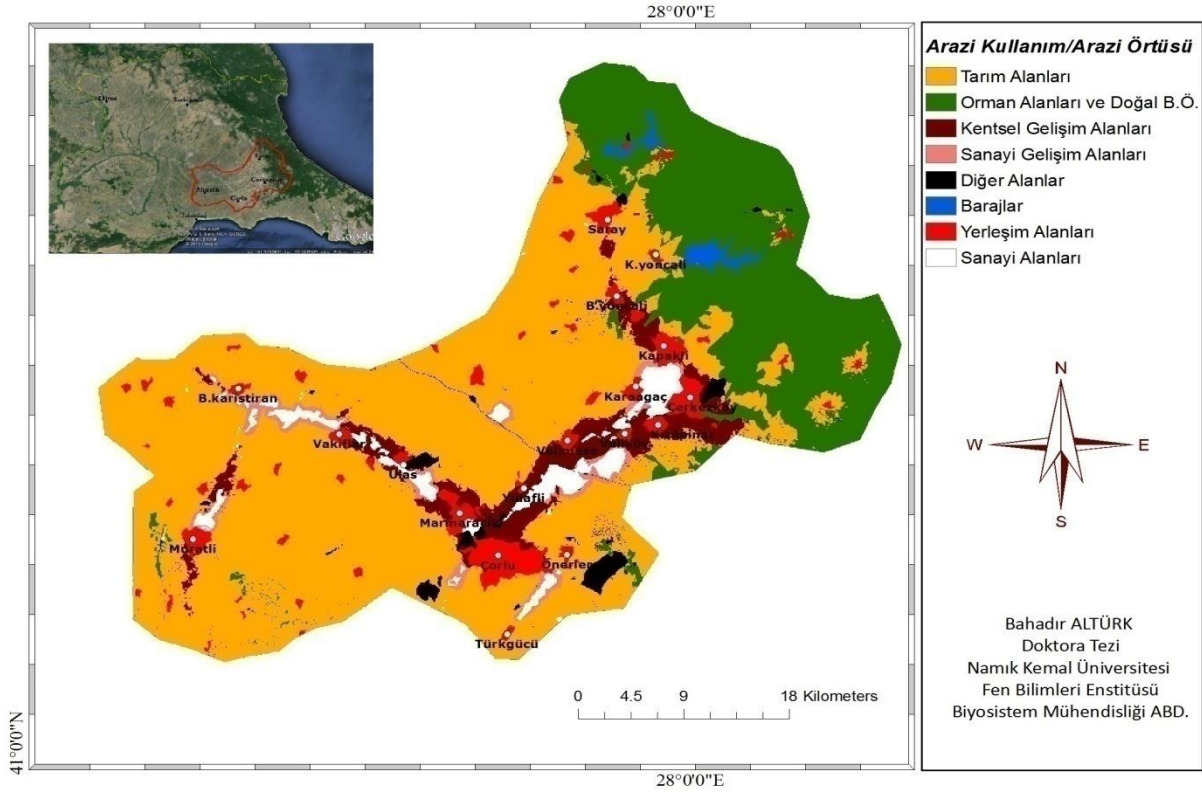
ARAZİ KULLANIM/ARAZİ ÖRTÜSÜ HARİTASI - 2050 (Senaryo5)



Şekil 4.37. Senaryo 5'e göre 2050 yılı için oluşturulan arazi kullanım/arazi örtüsü

Doğrusal eğilim analizi sonucunda belirlenen arazi kullanım arazi örtüsü talep miktarlarına göre sanayi alanlarının 2030 yılından sonra artacağı varsayımı ve senaryo 5'e göre 2050 yılı için arazi kullanım/arazi örtüsü haritası oluşturulmuştur (Şekil 4.38).

ARAZİ KULLANIM/ARAZİ ÖRTÜSÜ HARİTASI - 2050 (Senaryo5)



Şekil 4.38. Senaryo 5'e göre 2050 yılı için oluşturulan arazi kullanım/arazi örtüsü

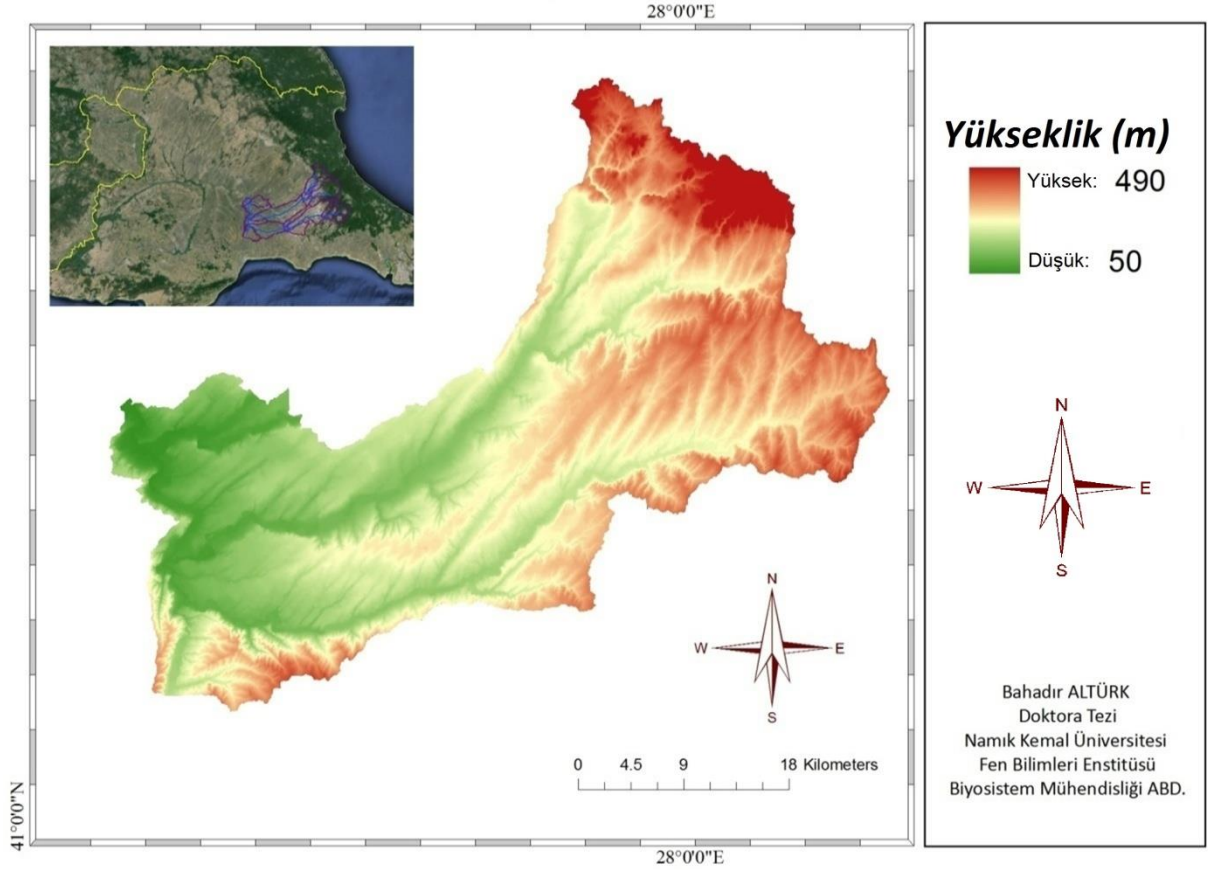
Senaryo 5'in sonuçları değerlendirildiğinde; yerleşim alanlarının sadece, yoğun nüfusa sahip Çorlu ve Çerkezköy ilçelerinde değil Çorlu-Çerkezköy aksı ve Çorlu-Büyükkarıştıran aksında sanayi ile birlikte eşit ve düzenli bir şekilde genişleme göstereceği, bu aksların dışında diğer ilçe ve beldelerde de kentsel genişlemenin eşit bir şekilde dağılacığı, sanayi alanlarının ise Organize Sanayi Bölgeleri'nin hemen yanında bu alanların devamı şeklinde büyüme göstereceği sonucuna varılmıştır.

4.3. SWAT Modelleme Süreci

4.3.1. Araştırma bölgesinin su toplama havzasının oluşturulması

Araştırmada, 5 m çözünürlüklü sayısal yükseklik modeli (DEM) (Şekil 4.39) kullanılarak, öncelikle araştırma bölgesinin su toplama havzasına ait nehir katmanları ve alt havzaları oluşturulmuştur (Şekil 3.12). Her bir alt havzaya ait özellikler model tarafından otomatik olarak belirlenmektedir.

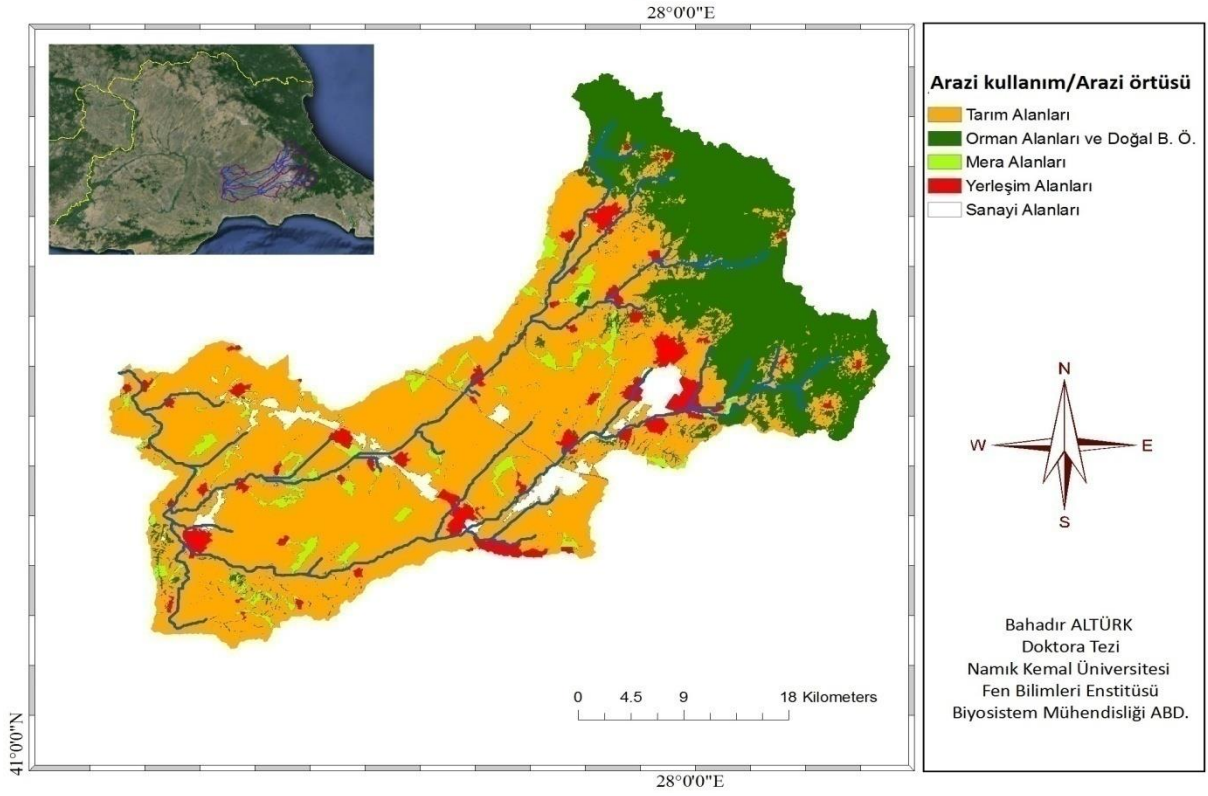
HAVZA YÜKSEKLİK



Şekil 4.39. Modelleme sürecine yönelik olarak oluşturulan 5 m çözünürlüklü DEM haritası

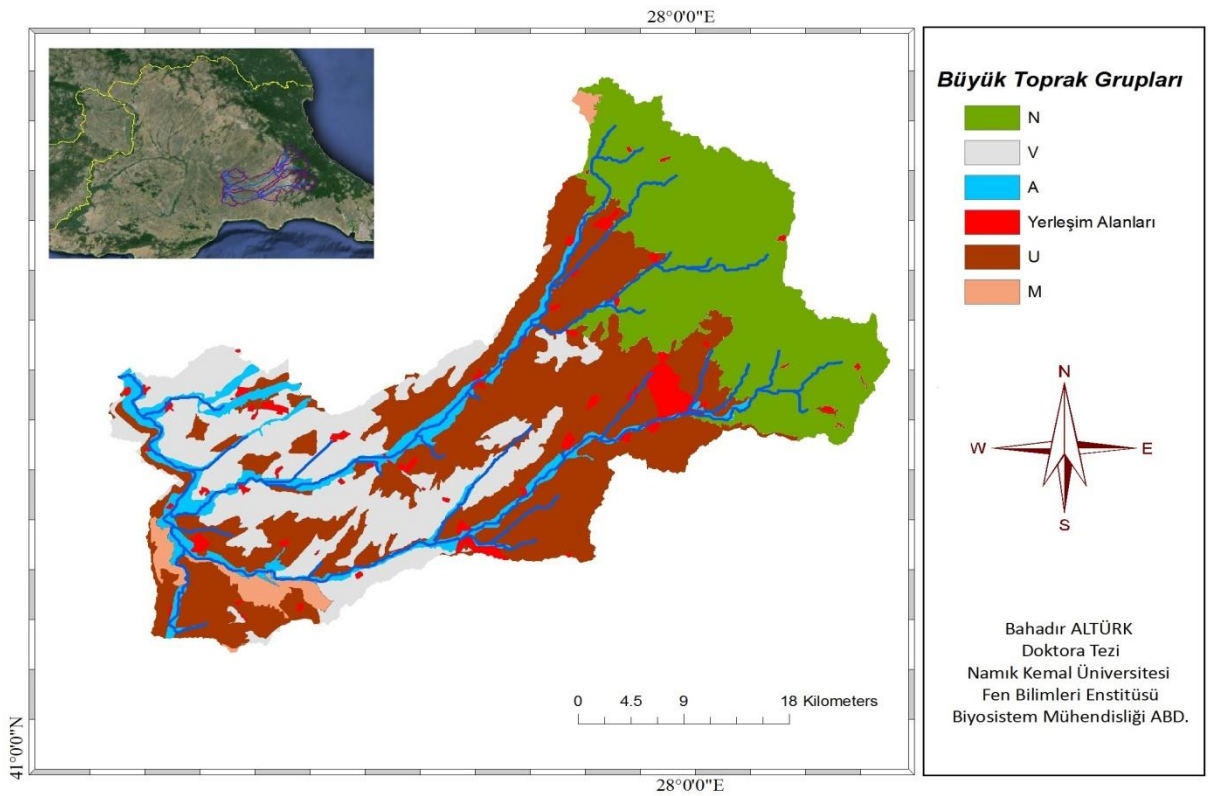
Havzada hidrolojik döngünün belirlenebilmesi için arazi kullanım/arazi örtüsü, iklim, toprak grupları ve eğim özelliklerini kapsayan verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Özellikle modelde toprak gruplarına ait fiziksel özellikler detaylı olarak tanımlanmaktadır. Modelleme aşamasında havzayı temsil eden arazi kullanım/arazi örtüsü haritası (Şekil 4.40), toprak grupları haritası (Şekil 4.41) ve eğim haritası (Şekil 4.42) üst üste çakıştırılarak her bir alt havza için hidrolojik işlem birimleri (HRU) oluşturulmuştur (Şekil 4.43).

ARAZİ KULLANIM/ARAZİ ÖRTÜSÜ



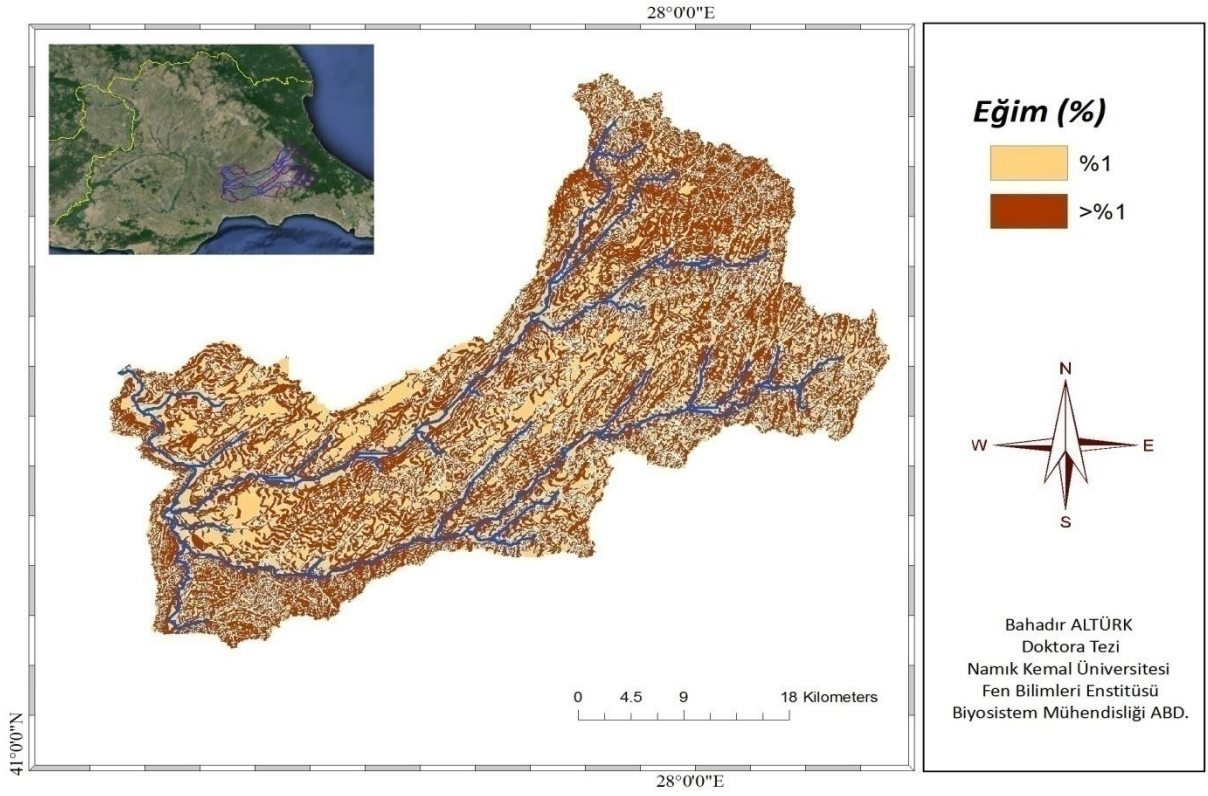
Şekil 4.40. Arazi kullanım/arazi örtüsü haritası

TOPRAK GRUPLARI



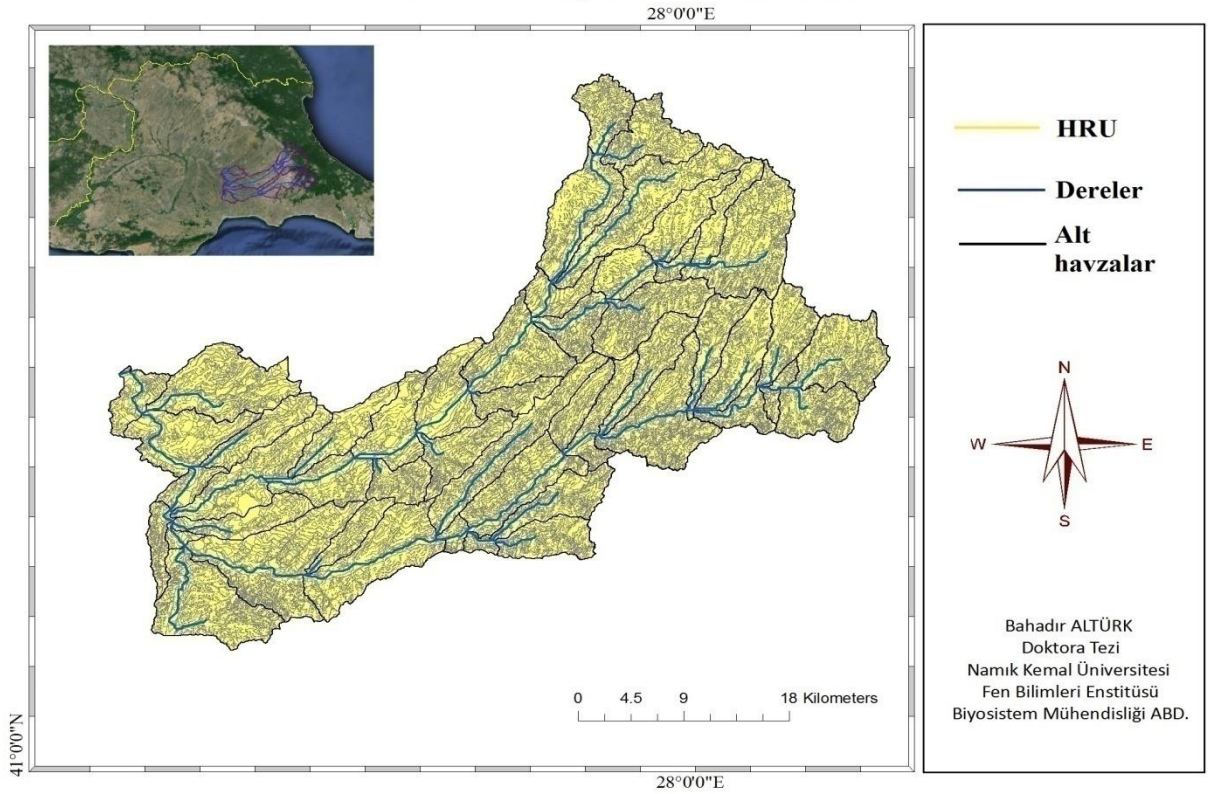
Şekil 4.41. Büyük toprak grupları haritası

EĞİM



Şekil 4.42. Eğim Haritası

HİDROLOJİK İŞLEM BİRİMLERİ



Şekil 4.43. HRU haritası

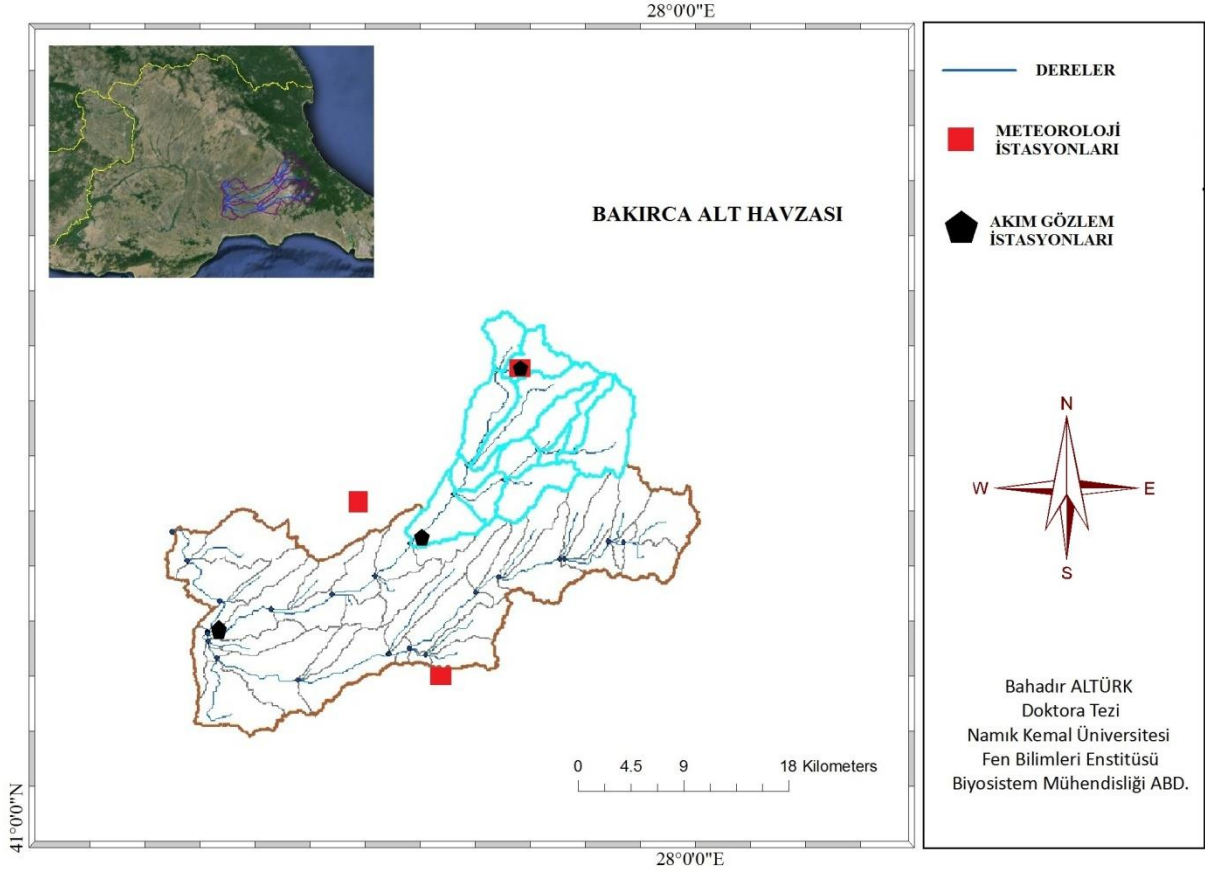
Her bir alt havza kendisine en yakın meteoroloji istasyonlarının verilerini kullanmaktadır. Meteorolojik veriler ve her bir alt havza için gerekli girdiler belirlendikten sonra alt havzaların hidrolojik işlem birimini (HRU) oluşturan arazi kullanım/arazi örtüsü, toprak ve eğim faktörleri model veritabanına otomatik olarak yazılmaktadır. Böylelikle modelleme sürecinin başlatılması için gerekli aşama tamamlanmaktadır.

4.3.2. Modelin kalibrasyonu ve doğrulanması

Araştırma bölgesinin su toplama havzasındaki başlıca yüzey su kaynakları, Ergene Nehri'nin en önemli iki kolu olan Ergene Deresi ve Çorlu Deresi'dir. Çorlu Deresi, evsel ve endüstriyel atık sular sebebiyle kaynağına yakın bir noktadan başlamak üzere doğal akış düzenini kaybetmiştir. Ergene Deresi'nde ise kaynağından sanayi bölgelerine kadar olan kısmı nispeten doğal akış düzenini korumaktadır. Havzada Ergene Deresi üzerinde 3 adet akım gözlem istasyonu mevcuttur. Bakırca istasyonuna ait akım gözlem verileri diğer istasyonlara göre daha uzun süreli ve sağlıklı ölçüm verilerine sahip olduğu için modelin kalibrasyon aşamasında kullanılmıştır (Şekil 4.44). Havzanın çıkış noktasındaki İnanlı istasyonuna ait akım ölçümleri nehirlerin doğal akış düzenini kaybetmesinden dolayı kalibrasyon aşamasında tercih edilmemiştir.

Kalibrasyon dönemi için belirlenen parametre değerleri, doğrulama aşamasında (validasyon) da değerlendirilerek model sonuçları ile gözlenmiş akımlar arasındaki uyum incelenmiştir. Bu uyumun istatistiksel olarak performansı determinasyon katsayısı (R^2) ve Nash-Sutcliffe (NS) istatistiklerine göre %95 güvenirlilik seviyesinde test edilmiştir.

ALT HAVZALAR VE HİDROMETEOROLOJİK İSTASYONLAR



Şekil 4.44. Bakırca alt havzası

Sonuçların hangi parametrelere daha duyarlı olduğunu belirlemek için öncelikle kalibrasyon aşamasında hassaslık analizi yapılması gerekmektedir. Çalışmada, 9 farklı parametre ve 100 tekrarlama (iterasyon) sonucu ile akım değerlerinin hangi parametreye daha duyarlı olduğu hassaslık analizi ile test edilmiştir. Çizelge 4.11’de hassaslık analizinde kullanılan parametreler gösterilmektedir.

Çizelge 4.11. Hassaslık analizi, kalibrasyon ve belirsizlik analizleri için kullanılan parametreler

No	Kod	Tanım
1	ALPHA_BF	Alt akış alfa faktörü (gün)
2	GW_DELAY	Yeraltı suyu gecikmesi (gün)
3	GW_REVAP	Yeraltı suyu “revap” faktörü
4	CN2	Başlangıç yüzey akış eğri numarası
5	SOL_K	Doygun hidrolik iletkenlik (mm/sa)

Çizelge 4.11. Devam

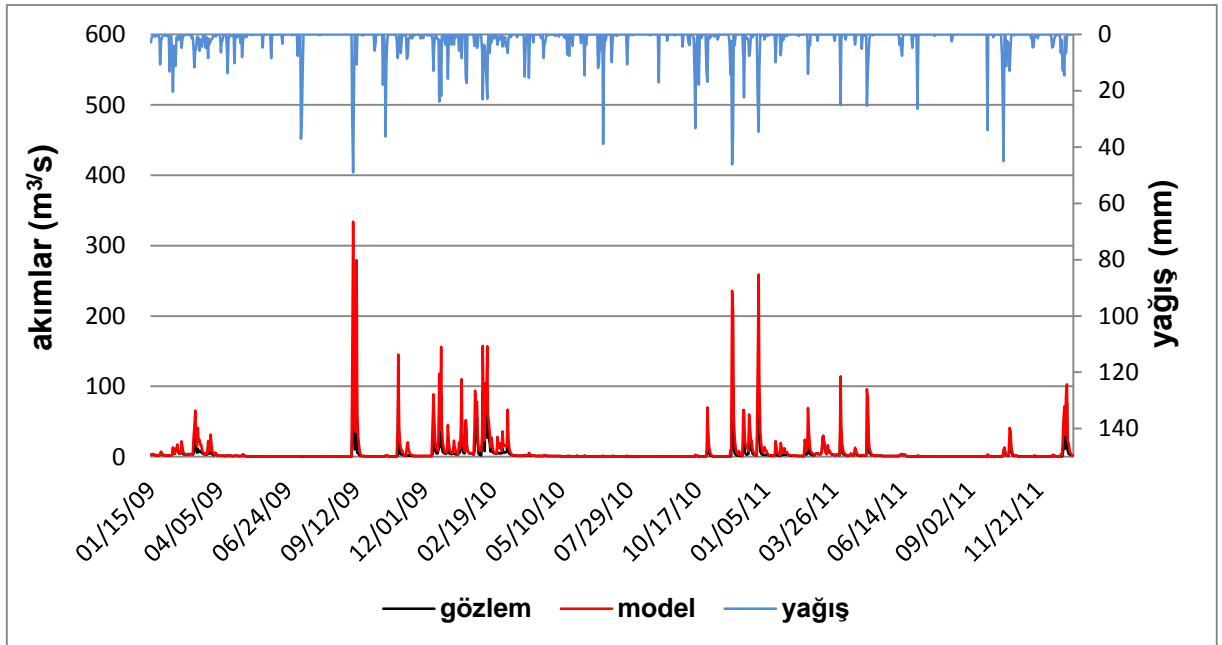
6	SOL_AWC	Su tutma kapasitesi (mm su/mm toprak)
7	ESCO	Toprakta buharlaşma faktörü
8	SFTMP	Kar yağışı sıcaklığı (°C)
9	CH_N	Manning's değeri (ana kanal için)

Analiz sonucunda en hassas parametrelerin; ALPHA_BF, CN2 ve GW_DELAY olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.12).

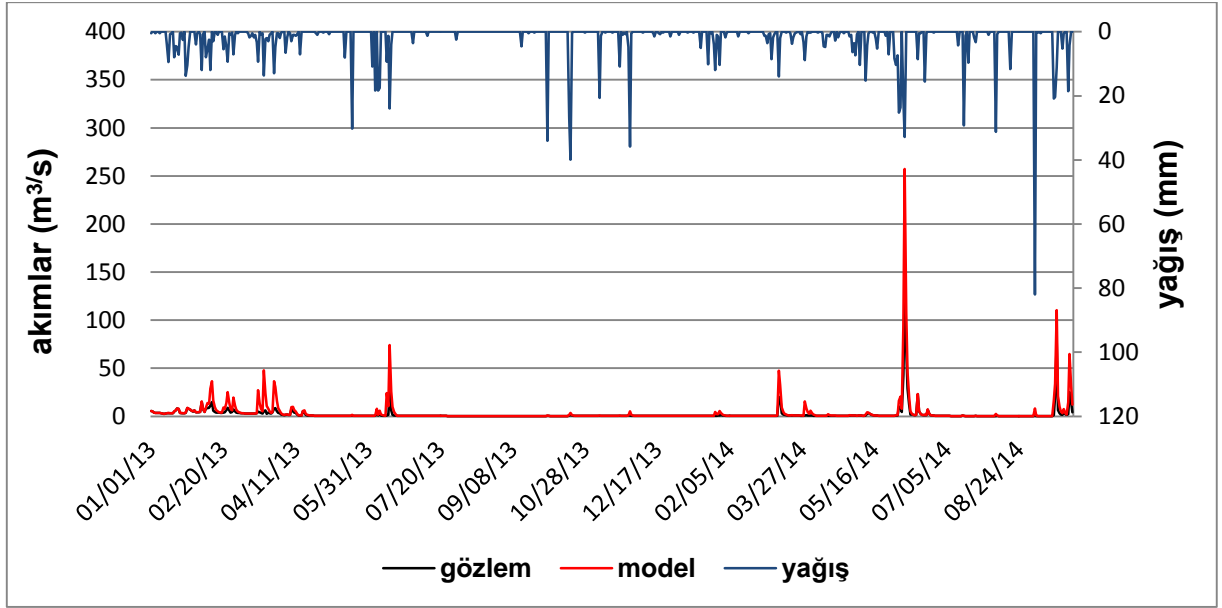
Çizelge 4.12. Parametrizasyon öncesi ve sonrası değerler

No	Kod	Başlangıç Değerleri	Kalibrasyon Sonrası Değerler
1	ALPHA_BF	0.....1	0.....1
2	GW_DELAY	30.....450	-30.....40
3	CN2	-0,2.....0,2	-0,3.....0,3

Model, günlük olarak 2009-2011 yılları arasında kalibre edilmiştir. Modelin doğrulama performansı ise 2013-2014 yılları arasında değerlendirilmiştir. Şekil 4.45'de Bakırca alt havzasına ait gözlem ve model akım değerlerinin kalibrasyon grafiği, Şekil 4.46'da ise Bakırca alt havzasına ait gözlem ve akım değerlerinin doğrulama grafiği sunulmuştur.



Şekil 4.45. Bakırca istasyonuna ait 2009-2011 yılları kalibrasyon dönemi hidrografı



Şekil 4.46. Bakırca istasyonuna ait 2013-2014 yılları doğrulama dönemi hidrografi

Modelin istatistiksel performansı, determinasyon katsayısı (R^2) ve Nash-Sutcliffe (NS) testi ile değerlendirilmiştir (Çizelge 4.13).

Çizelge 4.13. SWAT modelin performansı

Kalibrasyon	2009-2011	$R^2 = 0,75$	NS =0,56
Doğrulama	2013-2014	$R^2 = 0,71$	NS =0,70

SWAT-CUP yazılımı ile kalibre edilen model ve gözlem sonuçlarının hem kalibrasyon aşamasında hem de doğrulama aşamasında istatistiksel açıdan anlamlı sonuçlar verdiğini söyleyebiliriz. Doğrulama dönemi için 2013-2014 yıllarının seçilmesinin en önemli nedeni 2012 yılında model ve gözlem ilişkisinin istatistiksel açıdan çok düşük çıkmasıdır. Bunun en önemli sebeplerinden bir tanesi bu dönemde gözlenmiş yağış verilerinin havzada tam olarak yağış-akış ilişkisini temsil edememesidir. İstatistiksel test sonuçlarını etkileyen diğer önemli bir faktör de akım verilerinin ölçüm döneminin kısa olmasıdır. Aylık kalibrasyon için uzun dönemli gözlem verilerine ihtiyaç vardır. Bütün çalışmalar için olmasa da genellikle yetersiz istatistiksel sonuçlar günlük tahminlerde çıkmaktadır (Grizzetti ve ark. 2005).

4.3.3. RegCM3 bölgesel iklim modelinden elde edilen alansal yağış ve sıcaklık verilerinin Homojenlik Testi (Mann-Whitney U (M-W)) ile değerlendirilmesi

Geleceğe yönelik yapılan hidrolojik modelleme senaryolarında kullanılacak olan, iklim modellerinden türetilen sıcaklık ve yağış verilerinin hidrolojik modelde kullanılmadan

önce, araştırma bölgesini temsil eden meteorolojik gözlem verileri ile test edilmesi gerekmektedir. RegCM3 bölgesel iklim modelinden elde edilen, araştırma bölgesinin su toplama havzasını temsil eden 1961-1990 yılı alansal yağış ve sıcaklık verilerinin tutarlılığı, Mann-Whitney U (M-W) Homojenlik Testi ile sınanmıştır. Gözlem verisi olarak, havzayı genel anlamda temsil eden Çorlu meteoroloji istasyonuna ait sıcaklık ve yağış verileri kullanılmıştır. Alansal sıcaklık ve yağış ortalamalarına ait aylık, mevsimsel ve yıllık değerlerin homojenlik testi sonuçları Çizelge 4.14 ve 4.15’de verilmektedir. Ayrıca 1961-1990 yılları alansal aylık ortalama sıcaklıkların homojenlik testi grafiği Şekil 4.47’de, alansal aylık ortalama yağışların homojenlik testi grafiği Şekil 4.48’de sunulmuştur.

Çizelge 4.14. Araştırma bölgesine indirgenen 1961-1990 dönemi aylık ortalama sıcaklık verilerinin M-W testi sonuçları (Zkr = 1,96)

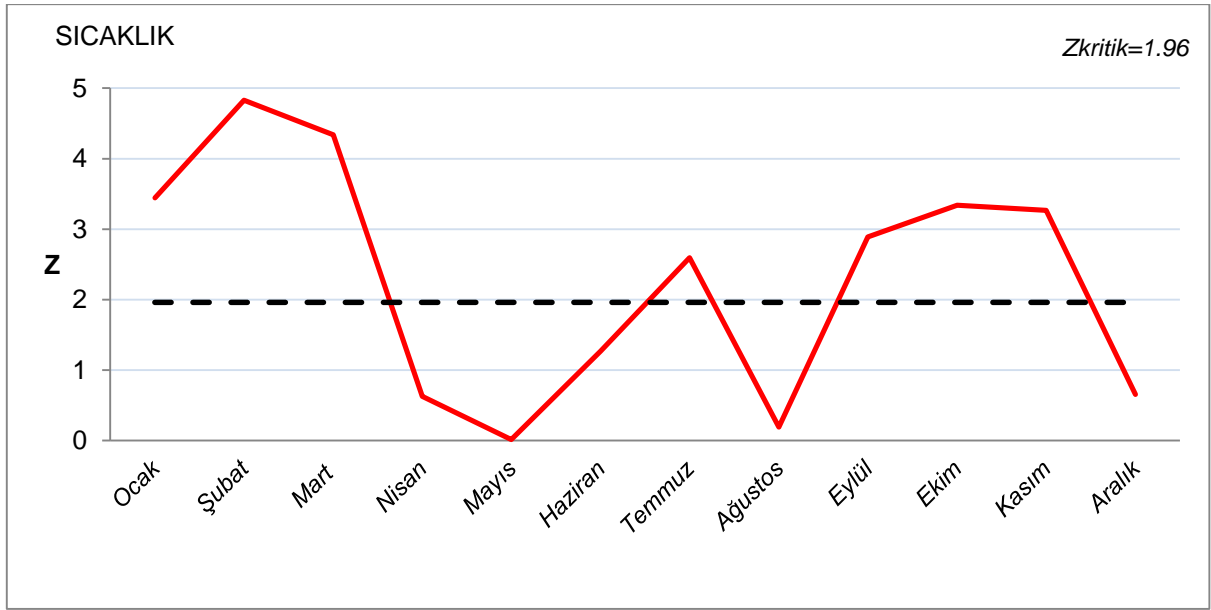
Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
	3,44	4,83	4,34	0,63	0,01	1,27	2,59	0,19	2,89	3,34	3,26	0,66	1,65
Mevsim	Kış		İlkbahar			Yaz			Sonbahar				
	4,07		2,46			1,42			4,32				

Koyu değerler H_0 hipotezinin kabul olduğunu göstermektedir.

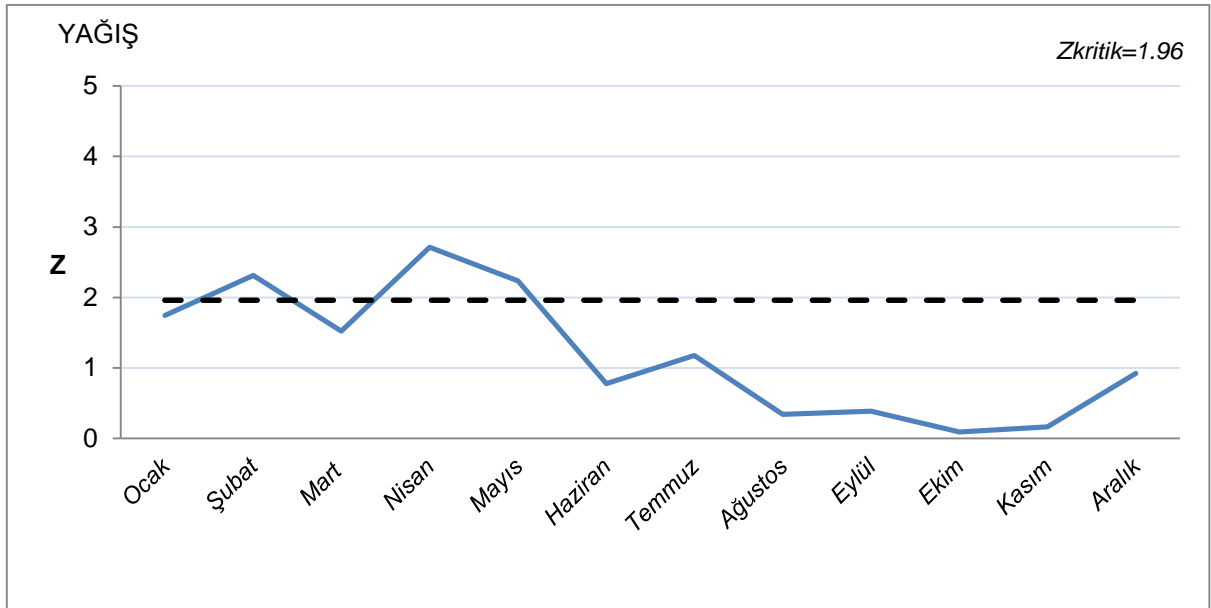
Çizelge 4.15. Araştırma bölgesine indirgenen 1961-1990 dönemi aylık ortalama yağış verilerinin M-W testi sonuçları (Zkr = 1,96)

Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
	1,74	2,31	1,52	2,71	2,24	0,78	1,18	0,34	0,39	0,09	0,16	0,92	1,95
Mevsim	Kış		İlkbahar			Yaz			Sonbahar				
	1,40		3,29			1,36			0,64				

Koyu değerler H_0 hipotezinin kabul olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.47. Araştırma bölgesine indirgenen 1961-1990 dönemi aylık ortalama sıcaklık verilerinin M-W testi sonuçları

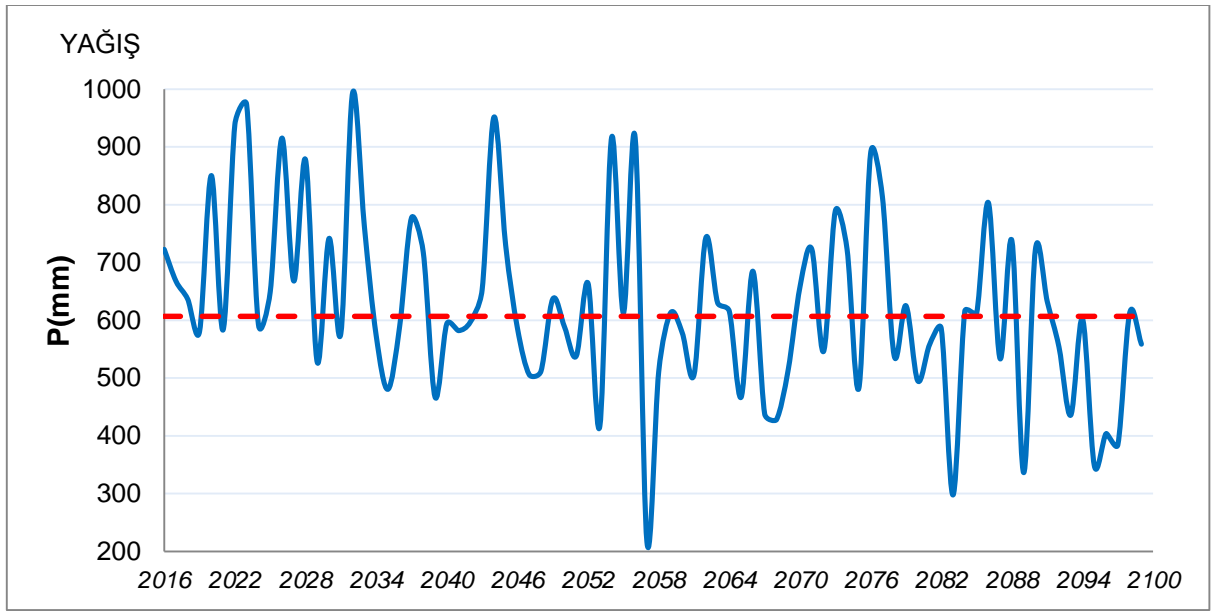


Şekil 4.48. Araştırma bölgesine indirgenen 1961-1990 dönemi aylık ortalama yağış verilerinin M-W testi sonuçları

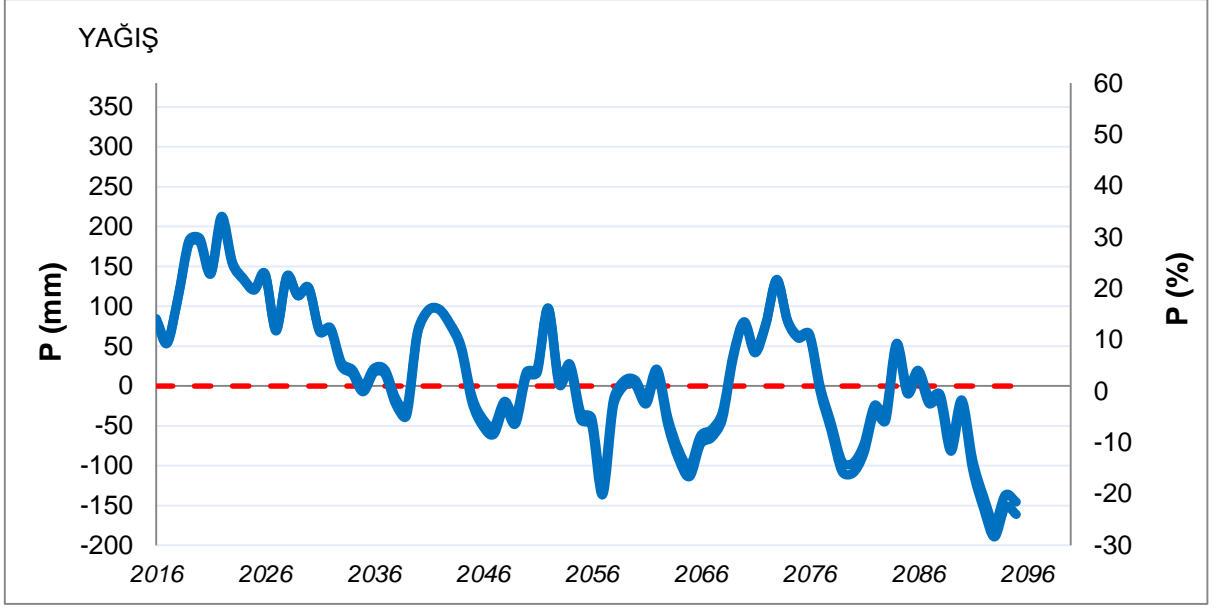
4.3.3.1. Geleceğe yönelik yağış ve sıcaklık verilerinin analizi

Referans döneme ait (1961-1990), RegCM3 bölgesel iklim modelinden elde edilen sıcaklık ve yağış verilerinin homojenlik testi yapıldıktan sonra, 2016-2099, 2020-2039, 2040-2059 ve 2060-2099 dönemleri için alansal yıllık toplam yağış ve alansal yıllık ortalama sıcaklık değişiklikleri belirlenmiştir. 2016-2099 dönemi için alansal yıllık toplam yağışlar

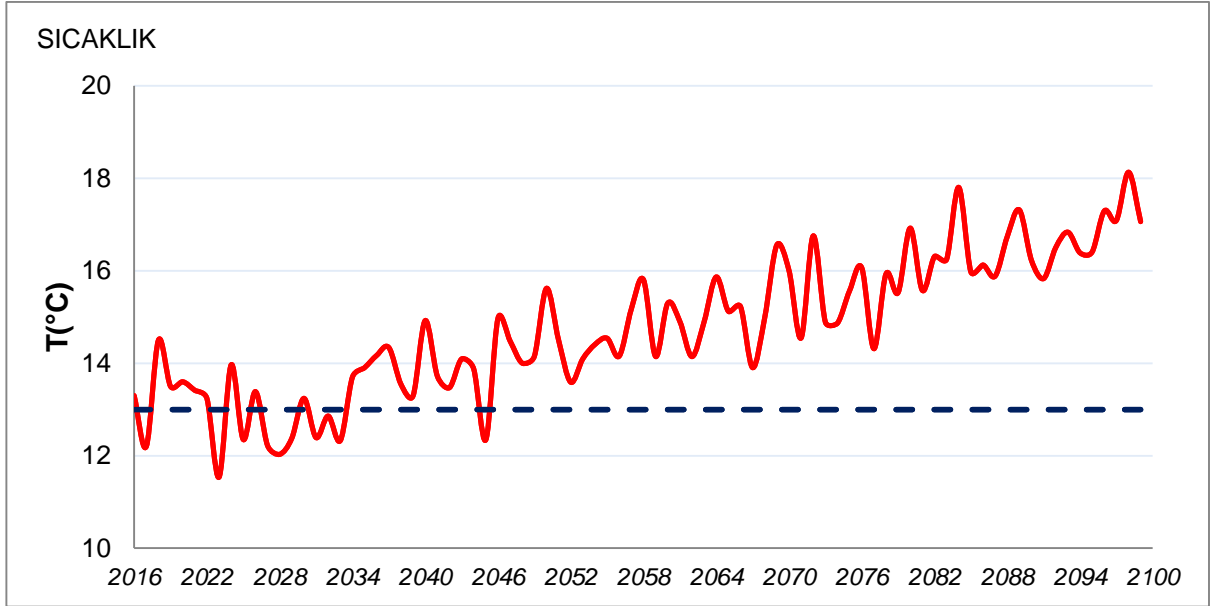
Şekil 4.49’da, alansal yıllık ortalama sıcaklıklar Şekil 4.50’de gösterilmektedir. 2016-2095 yılları alansal yıllık toplam yağış ve alansal yıllık ortalama sıcaklık anomalilerine (1961-1990 dönemi ortalamalarından farklar) ait değerler 5 yıllık hareketli ortalama grafikleri ile ortaya koyulmuştur (Şekil 4.51, Şekil 4.52). Gözlenmiş yağış ve sıcaklık verilerinin değerlendirilmesinde araştırma bölgesini temsil eden meteorolojik ölçüm istasyonları; Çorlu, Muratlı, Ayvacık, Beyazköy, Lüleburgaz referans alınmıştır. Ölçüm istasyonlarından elde edilen bulgular neticesinde araştırma bölgesine ait 1961-1990 dönemi alansal ortalama yıllık toplam yağış değeri 607 mm, alansal yıllık ortalama sıcaklık değeri ise 13 °C’dir.



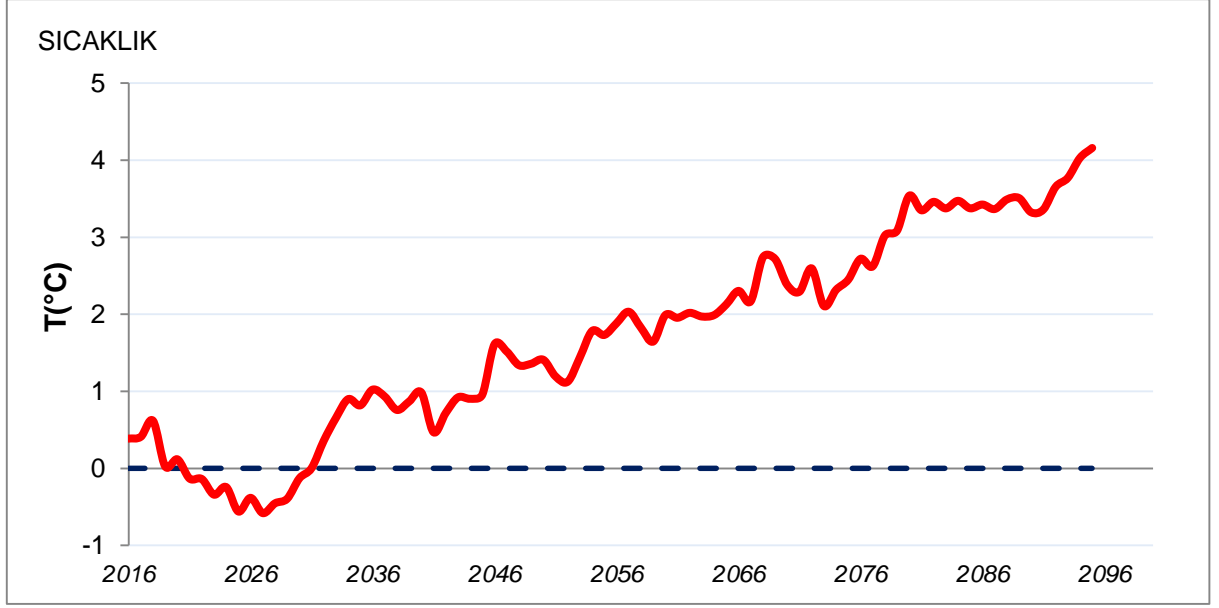
Şekil 4.49. Araştırma bölgesine ait, 2016-2099 yılları arasındaki alansal yıllık toplam yağış miktarları.



Şekil 4.50. Araştırma bölgesine ait, 2016-2099 yılları arasındaki alansal yıllık toplam yağış anomalisinin (1961-1990 dönemi farkı) 5 yıllık hareketli ortalamaları



Şekil 4.51. Araştırma bölgesine ait, 2016-2099 yılları arasındaki alansal ortalama sıcaklıklar



Şekil 4.52. Araştırma bölgesine ait, 2016-2099 yılları arasındaki alansal yıllık ortalama sıcaklık anomalisinin (1961-1990 dönemi farkı) 5 yıllık hareketli ortalamaları

İklim modeli sonuçlarına göre, gelecekte araştırma bölgesine ait alansal yıllık toplam yağışların; 2016-2099 döneminde ortalama %3, 2020-2039 döneminde ortalama %17, 2040-2059 döneminde ortalama %2 artacağı, bununla birlikte 2060-2099 döneminde ise %4 azalacağı öngörülmektedir.

Alansal yıllık ortalama sıcaklıkların, 2016-2099 döneminde ortalama 1,76 °C, 2020-2039 döneminde ortalama 0,1 °C, 2040-2059 döneminde 1,3 °C, 2060-2099 döneminde 2,95 °C artacağı öngörülmektedir.

Yağışları aylık ve mevsimsel olarak incelediğimizde; 2020-2039 döneminde aylık yağış ortalamalarının özellikle sonbahar mevsiminde azalacağı, diğer mevsimlerde artış göstereceği, 2040-2059 döneminde ise aylık yağış ortalamalarının yaz ve sonbahar mevsimlerinde azalacağı, kış ve ilkbahar dönemlerinde ise artış göstereceği Çizelge 4.16'da detaylı olarak gösterilmektedir.

Çizelge 4.16. Geleceğe yönelik aylık ve mevsimlik yağış ortalamalarının değişimi

Aylar	1961-1990	2020-2039	2040-2059	2020-2039	2040-2059
	(mm)	(mm)	(mm)	ortalama değişim (%)	ortalama değişim (%)
1	59,8	92,4	68,0	54,5	13,8
2	53,0	82,4	66,0	55,5	24,6
3	51,0	77,4	70,4	51,7	38,1
4	42,9	62,0	62,0	44,6	44,7
5	46,1	61,5	58,8	33,4	27,6
6	38,0	41,8	30,9	10,0	-18,7
7	25,1	27,1	13,5	7,9	-46,4
8	18,9	17,1	18,2	-9,4	-3,7
9	36,1	17,7	25,4	-51,1	-29,9
10	57,9	50,9	39,1	-12,0	-32,4
11	70,4	84,0	70,7	19,3	0,4
12	80,6	96,4	79,6	19,7	-1,3
Mevsimler					
Kış	64,4	90,4	71,2	40,3	10,5
İlkbahar	46,7	67,0	63,8	43,5	36,6
Yaz	27,3	28,7	20,9	4,9	-23,7
Sonbahar	54,8	50,9	45,1	-7,2	-17,8

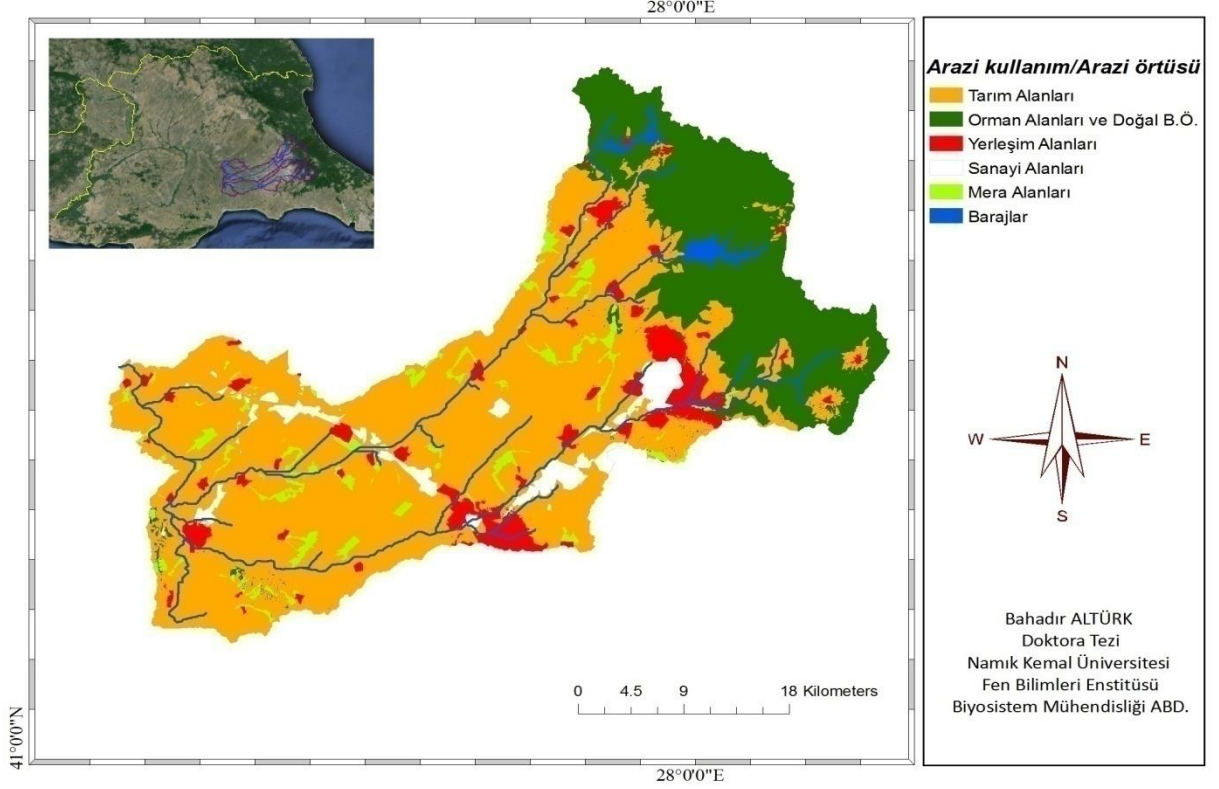
4.3.4. Arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliği ve iklim değişikliğinin akımlara, su dengesine ve yüzey akışa etkisi

Havzadaki hidrolojik bütçenin gelecek açıdan irdelenmesi, arazi kullanım/arazi örtüsü ve iklim koşullarının ne ölçüde değişeceğine bağlıdır. Özellikle arazi kullanım/arazi örtüsündeki değişiklikler toprağa giren su miktarını etkileyerek su bütçesinde değişikliklere yol açmaktadır. Bununla birlikte iklim koşullarının dönemsel ve mevsimsel değişiklikleri su dengesini önemli ölçüde etkilemektedir.

Araştırmada 2020-2039 dönemi için, doğrusal eğilim analizi talep miktarları göz önünde bulundurularak, araştırma alanında hiçbir koruma uygulaması yapılmaması (senaryo1) varsayımı ile CLUE-S modelinden elde edilen 2030 yılı arazi kullanım/arazi örtüsü haritası, 2040-2059 dönemi için ise 2050 yılı arazi kullanım/arazi örtüsü haritası, SWAT modelinde

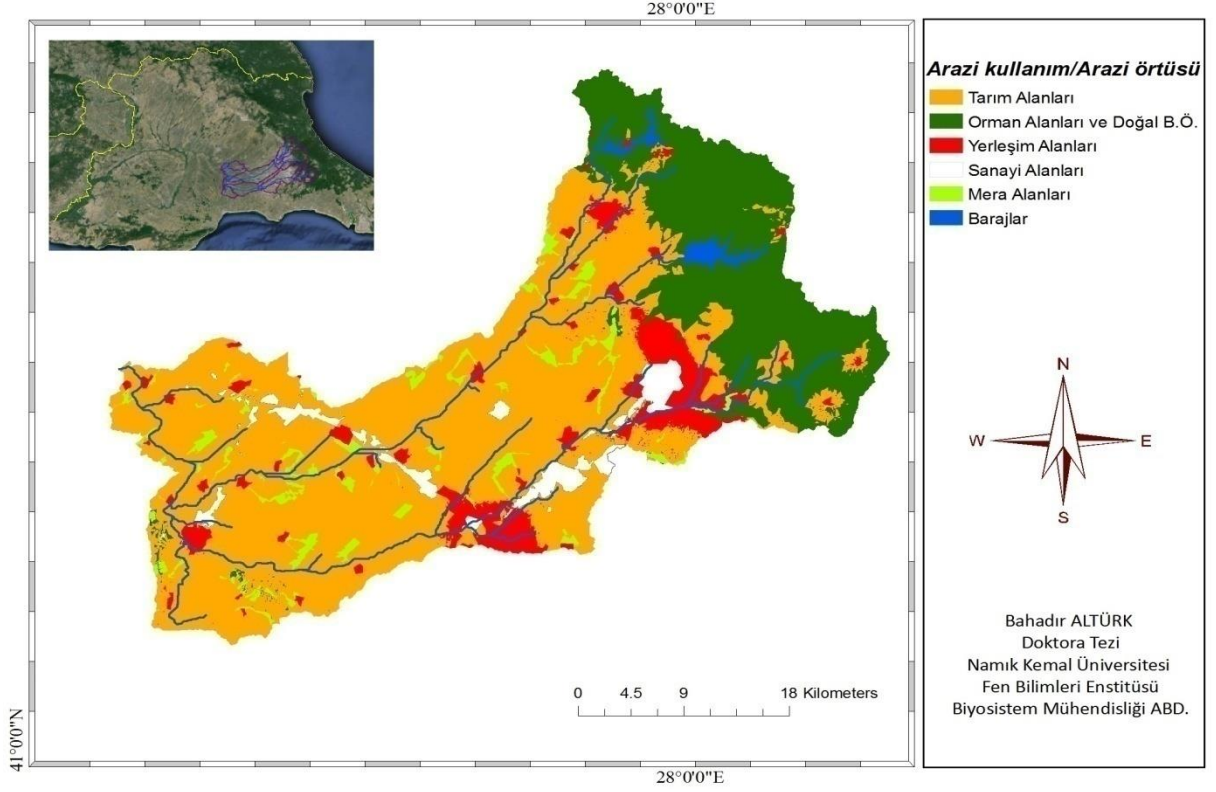
girdi olarak kullanılmıştır. Arazi kullanım/arazi örtüsü senaryoları ile birlikte, RegCM3 bölgesel iklim modelinden elde edilen, 2 farklı dönemi kapsayan meteorolojik veriler çalışmada kullanılmıştır. Böylelikle arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliği ve iklim değişikliği kombinasyonunun gelecekte nehir akımlarına ve su dengesine nasıl etki edeceği belirlenmiştir. SWAT modelinde girdi olarak kullanılan arazi kullanım/arazi örtüsü haritaları Şekil 4.53 ve Şekil 4.54 'de gösterilmektedir.

SWAT MODEL (2023-2030) ARAZİ KULLANIM/ARAZİ ÖRTÜSÜ



Şekil 4.53. Senaryo 1'e göre 2023-2030 dönemi için oluşturulan arazi kullanım/arazi örtüsü haritası

SWAT MODEL (2030-2050) ARAZİ KULLANIM/ARAZİ ÖRTÜSÜ



Şekil 4.54. Senaryo 1'e göre 2030-2050 dönemi için oluşturulan arazi kullanım/arazi örtüsü haritası

Araştırmada, arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliği ve iklim değişikliği senaryolarının beraber kullanıldığı SWAT model çalışması ile 2020-2039, 2040-2059 dönemlerine ait aylık ortalama akımlar belirlenmiştir. 2020-2039, 2040-2059 dönemlerindeki aylık ortalama akım değerlerinin 2009-2014 dönemine ait gözlemlenen aylık ortalama akımlarından farkı Çizelge 4.17 ve Çizelge 4.18'de gösterilmektedir.

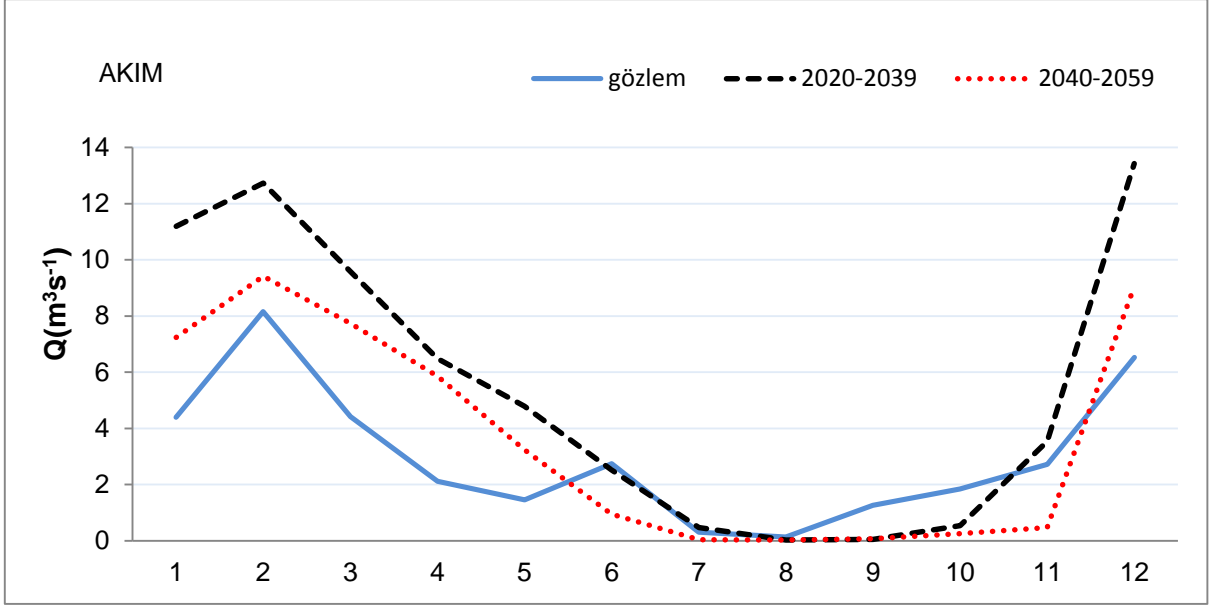
Şekil 4.55'de 2009-2014, 2020-2039, 2040-2059 dönemleri için gözlem ve modele ait aylık ortalama akım değerleri sunulmuştur. 2020-2039 ve 2040-2059 dönemlerine ait aylık ortalama nehir akım anomalileri ise Şekil 4.56'da gösterilmektedir.

Çizelge 4.17. 2020-2039 dönemi aylık ortalama nehir akımları değişimi

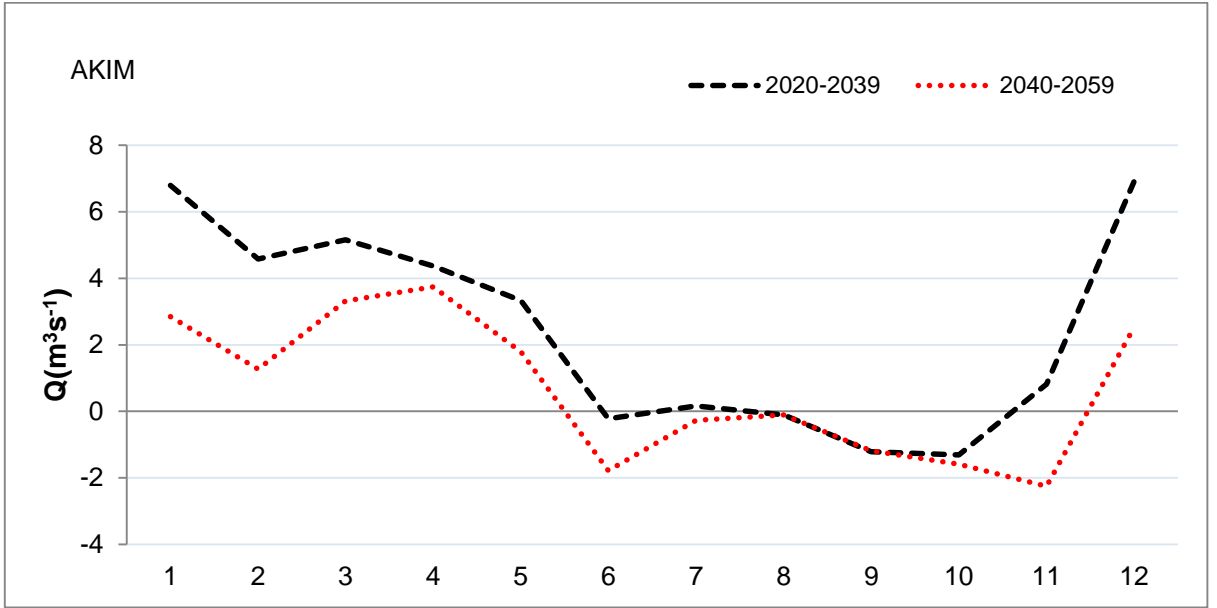
Aylar	Gözlem (2009-2014) (m³s⁻¹)	Model (2020-2039) (m³s⁻¹)	Ortalama Değişim (m³s⁻¹)	Ortalama Değişim (%)
1	4,40	11,20	6,80	154,70
2	8,20	12,70	4,60	56,20
3	4,40	9,60	5,20	116,80
4	2,10	6,50	4,40	206,20
5	1,50	4,80	3,30	228,80
6	2,70	2,50	-0,20	-8,20
7	0,30	0,50	0,20	52,50
8	0,10	0,03	-0,10	-80,70
9	1,30	0,04	-1,30	-96,50
10	1,80	0,50	-1,30	-71,00
11	2,70	3,50	0,80	30,00
12	6,50	13,40	6,90	105,70

Çizelge 4.18. 2040-2059 dönemi aylık ortalama nehir akımları değişimi.

Aylar	Gözlem (2009-2014) (m³s⁻¹)	Model (2040-2059) (m³s⁻¹)	Ortalama Değişim (m³s⁻¹)	Ortalama Değişim (%)
1	4,40	7,20	2,80	64,80
2	8,20	9,40	1,20	15,50
3	4,40	7,70	3,30	75,20
4	2,10	5,90	3,80	176,90
5	1,50	3,20	1,70	122,90
6	2,70	1,00	-1,70	-65,20
7	0,30	0,04	-0,30	-88,00
8	0,10	0,03	-0,10	-79,50
9	1,30	0,10	-1,20	-94,00
10	1,80	0,30	-1,50	-86,30
11	2,70	0,50	-2,20	-82,70
12	6,50	9,10	2,60	38,70



Şekil 4.55. Bakırca istasyonuna ait gözlenmiş ve model (gelecek dönemler) aylık ortalama nehir akımları



Şekil 4.56. Bakırca istasyonu 2020-2039 ve 2040-2059 dönemleri aylık ortalama nehir akım anomalileri (2009-2014 dönemi farkı)

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, Bakırca Alt Havzası'nda aylık ortalama akımların gelecekte her iki dönemde de kış ve ilkbahar mevsimlerinde artacağı, yaz ve sonbahar mevsimlerinde ise azalacağı tahmin edilmektedir. 2020-2039 yılları arasındaki dönemde;

Kış ve ilkbahar mevsimlerindeki ortalama akımlardaki artışın sırasıyla yaklaşık olarak

%96 ve %161 olacağı,

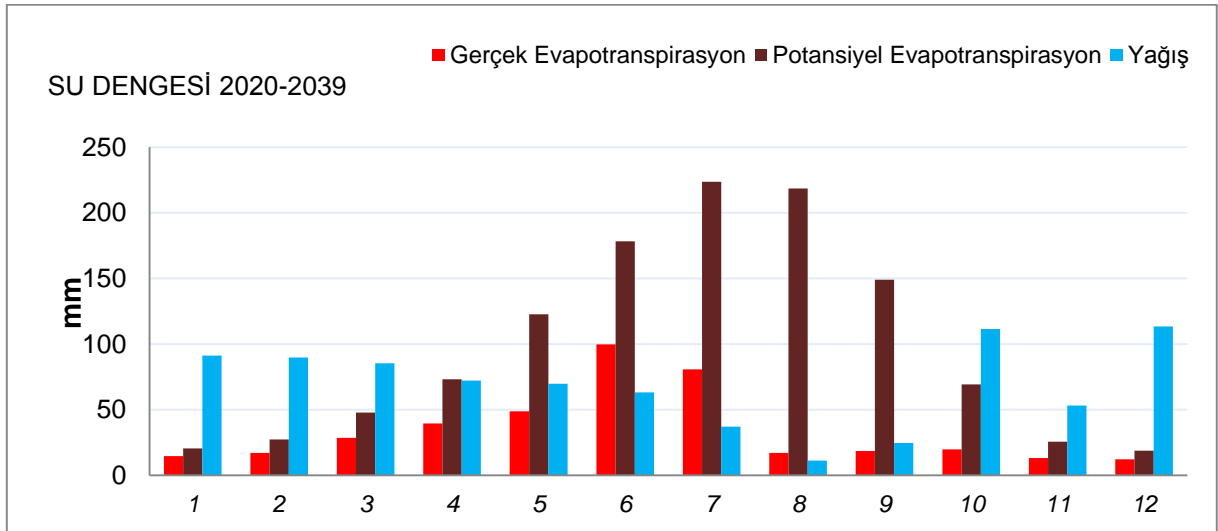
Yaz ve sonbahar mevsimlerindeki azalışın ise, sırasıyla yaklaşık olarak %5 ve %29 olacağı hesaplanmıştır.

2040-2059 yılları arasındaki dönemde;

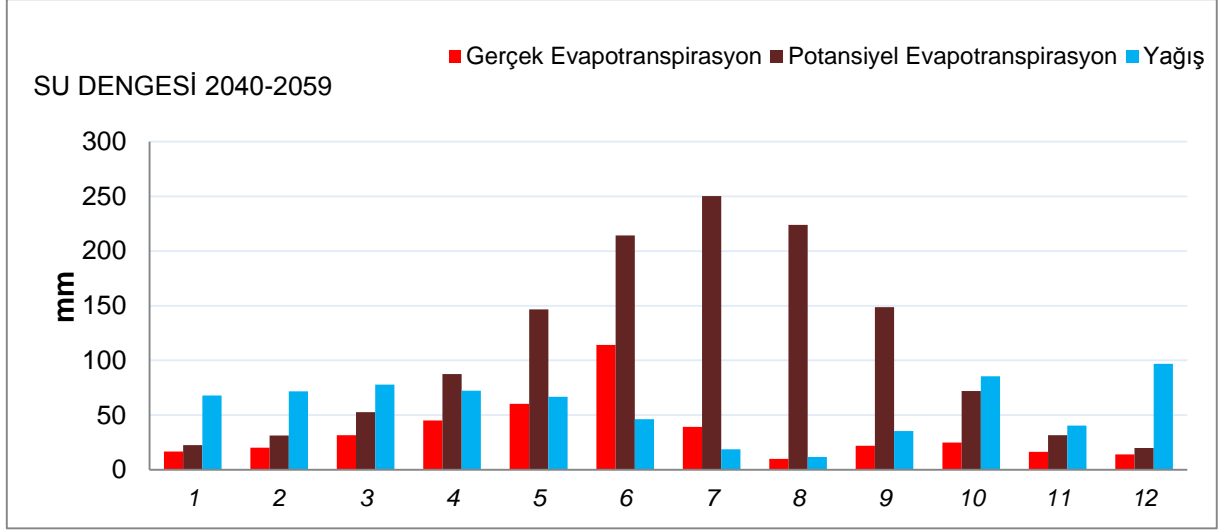
Kış ve ilkbahar mevsimlerindeki ortalama akımlardaki artışın sırasıyla yaklaşık olarak %35 ve %111 olacağı,

Yaz ve sonbahar mevsimlerindeki azalışın ise, sırasıyla yaklaşık olarak %68 ve %86 olacağı hesaplanmıştır.

Geleceğe yönelik su yönetimi planlarında havza su dengesinin iyi hesaplanması gerekmektedir. Özellikle tarım faaliyetlerinin ve yoğun şehirleşmenin ön plana çıktığı havzalarda yağış-evapotranspirasyon dengesinin aylık ve mevsimlik olarak gelecek yönünden hesaplanması arazi ve su kaynakları yönetiminde fayda sağlamaktadır. Araştırmada, Bakırca Alt Havzası'nın 2020-2039, 2040-2059 dönemleri için su dengesi aylık ortalama olarak hesaplanmıştır. Şekil 4.57'de 2020-2039 dönemine, Şekil 4.58'de 2040-2059 dönemine ait su dengesi gösterilmektedir.



Şekil 4.57. Bakırca Alt Havzası'nın 2020-2039 dönemi aylık ortalama su dengesi



Şekil 4.58. Bakırca Alt Havzası'nın 2040-2059 dönemi aylık ortalama su dengesi

Bakırca Alt Havzası'nın su dengesine ait sonuçları incelendiğinde; gelecekte her iki dönemde de Haziran ve Ağustos ayları arasında gerçek evapotranspirasyonun yağıştan daha fazla olacağı ve bu durumun yaz aylarında havzada su stresine sebep olacağı tahmin edilmektedir.

Araştırma bölgesinin su toplama havzasının iki önemli yüzey su kaynağı Ergene Deresi ve Çorlu Deresidir. Bu iki dereye ait alt havzalar araştırma bölgesinin genel su toplama havzasını oluşturmaktadır. Havzada genelinde su bütçesine dair hesaplama yapılabilmesinin en önemli koşullarından bir tanesi havzanın çıkış noktasındaki gözlenmiş istasyon verileri ile model çıktılarının kalibre edilmesidir. Ergene ve Çorlu Dereleri havzanın çıkış bölgesine yakın bir konumda yer alan Muratlı İlçesi'nin İnanlı köyünde birleşmektedirler. Hidrolojik bütçenin, günümüz koşulları ve gelecek senaryoları altında, havza geneli açısından modellenebilmesi, İnanlı hidrometeoroloji istasyonuna ait akım gözlem verileri ile model çıktılarının kalibre edilmesine bağlıdır. Ancak sanayi ve evsel atıksu deşarjlarından dolayı Çorlu Deresi'nin kaynağına yakın bir noktada, Ergene Deresi'nin ise Ulaş Beldesi'nden sonra doğal akış düzenini kaybetmesi neticesinde, havza çıkış noktasındaki İnanlı gözlem istasyonu verileri ile model çıktılarının kalibre edilmesi olanaksızdır. Bununla birlikte su bütçesi hesabını zorlaştıran diğer sebeplerden bir tanesi de havzadaki hidrometeoroloji istasyonlarının sınırlı sayıda olmasıdır.

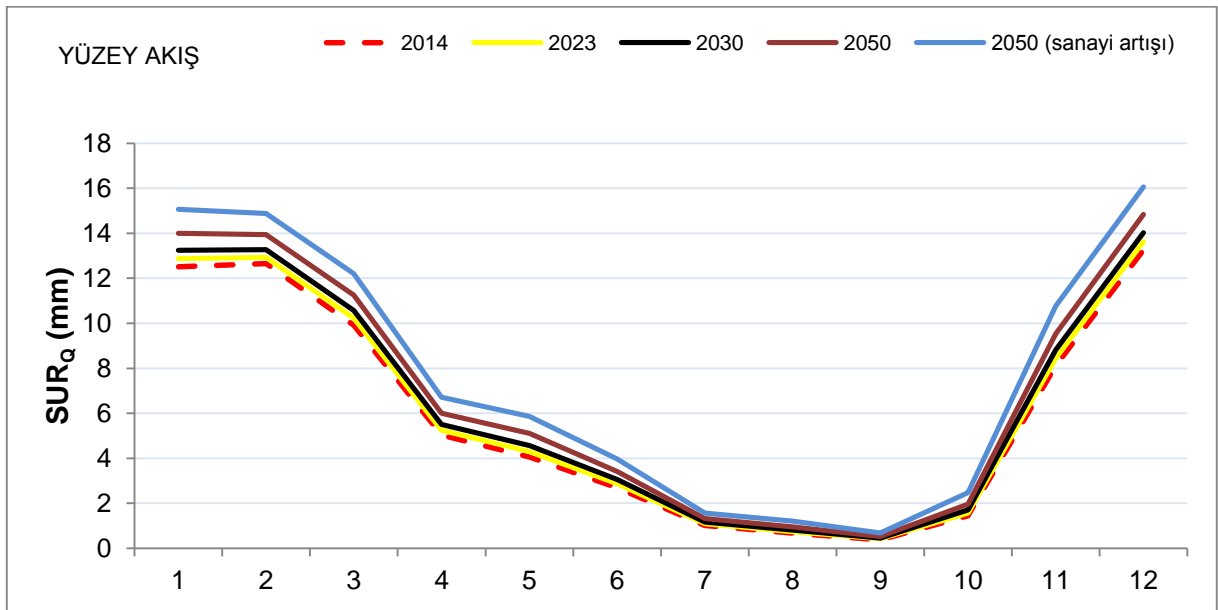
Araştırmada, Bakırca Alt Havzası'nın modellenmesinin en önemli sebeplerinden bir tanesi nispeten bu bölgenin doğal akış düzenine sahip olmasıdır. Diğer önemli bir sebep ise Bakırca Alt Havzası'nın çıkış noktasında hidrometeorolojik gözlem istasyonunun

bulunmasıdır. Ancak ne var ki bu alt havza iklim değişikliğinden havzanın geneliyle aynı ölçüde etkilenmesine karşın arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliğinden havzanın bütünüyle aynı ölçüde etkilenmemektedir.

Yapılan senaryolarda arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliğine bağlı olarak artacak şehir ve sanayi alanlarının gelecekte de şu an olduğu gibi Çorlu Deresi Havzası'nda yoğunlaşacak olması özellikle hidrolojik bütçenin günümüzden daha farklı olmasına sebebiyet verecektir.

Araştırmada arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliğine bağlı olarak artacak geçirimsiz yüzeylerin yüzey akışa nasıl etki edeceği görsel olarak ortaya koyulmuştur. Modelin çıktılarına ait elde edilen miktarlar kalibrasyon sürecinin havzanın çıkış noktasında yapılamamasından dolayı tam olarak doğrulanamamıştır.

Doğrusal eğilim analizi talep miktarları göz önünde bulundurularak, araştırma alanında hiçbir koruma uygulaması yapılmaması (senaryo1) varsayımı ile CLUE-S modelinden elde edilen; 2016-2023, 2023-2030, 2030-2050 (sanayi alanlarında artış yok) ve 2030-2050 (sanayi alanlarında artış var) dönemlerine ait arazi kullanım/arazi örtüsü haritaları SWAT modelde girdi olarak kullanılmıştır. İklim değişikliğinin oluşturacağı dönemsel belirsizlikleri ortadan kaldırmak için 2016-2050 yıllarının ortalamasını kapsayan geleceğe yönelik meteorolojik değerler SWAT modelde her bir dönem için girdi olarak kullanılmıştır. Bu analizdeki en önemli amaç gelecekteki arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliğinin dönemsel olarak yüzey akışa nasıl etki edeceğinin belirlenmesidir (Şekil 4.59).



Şekil 4.59. Araştırma bölgesinin su toplama havzasındaki arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliğinin aylık ortalama yüzey akışa etkisi

Gelecek dönemde havzada arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliği nedeniyle artacak şehirleşme ve sanayileşme sonucu 2023-2050 yılları arasında yüzey akışlarda kademeli olarak artış meydana gelecektir. Özellikle yağışın daha fazla olduğu sonbahar ve kış dönemlerinde toprağın doygun hale gelmesi ve bitki örtüsünün daha az olması sebebiyle bu artış ilkbahar ve yaz dönemine göre daha belirgin olmaktadır.

4.4. Sektörel Su Tahsisinin Modellenmesi

Araştırma bölgesinde sanayi alanları ve kentsel alanlar su kaynaklarına rekabetçi durumunda olan en önemli iki sektördür. Bölgede sulu tarım alanlarının olmaması mevcut durumda tarım alanlarını suya ortak etmemektedir. Ancak sadece hayvansal su ihtiyacı tarımsal ihtiyaç anlamında değerlendirilmelidir.

Araştırmada, endüstriyel su ihtiyacının mevcut durumu ve gelecekteki talebi Veliköy Organize Sanayi Bölge Müdürlüğü'nden ve Ergene Derin Deniz Deşarj A.Ş.'den temin edilmiştir. Kentsel su ihtiyacı için mevcut durumda 2015 yılı nüfus verileri kullanılmıştır. Gelecekteki su ihtiyacı ise 2023 ve 2030 yılları için 3 farklı nüfus projeksiyonu doğrultusunda belirlenmiştir. Hayvan su ihtiyacı için bölgedeki 2015 yılı hayvan sayıları, gelecekte ise 2030 yılı için yapılan nüfus projeksiyonları esas alınmıştır. Yerleşim alanlarının 2015 yılı mevcut nüfusları, 2023, 2030 yılları için öngörülen nüfus sayıları ve ayrıca 2015 ve 2030 yılı hayvan sayıları Çizelge 4.19'da gösterilmektedir.

Çizelge 4.19. Araştırma bölgesinden suyu talep eden yerleşim alanlarının nüfus sayıları ve bu yerleşim alanlarına ait hayvan sayıları.

Yerleşim Alanları	NÜFUS PROJEKSİYONLARI				HAYVAN SAYISI					
	2015	2023	2030	2030+ EK NÜFUS	Büyükbaş		Küçükbaş		Kanatlı	
Süleymanpaşa	187727	286000	249879	330000	-----		-----		-----	
Çorlu ve Ergene	303899	600000	473465	770000	3475		12550		8520	
Çerkezköy	133626	295000	208185	268000	3494		12117		2493	
Kapaklı	97700	110000	152213	212000	4980		9500		8350	
Saray	48272	85000	56042	86000	12504		21695		40975	
Marmara Ereğlisi	23452	85000	36537	91000	-----		-----		-----	
Muratlı	26987	62000	31331	57000	7342		15010		97700	
Toplam	821663	1523000	1207653	1814000	2015	40657	2015	93592	2015	584388
					2030	47673	2030	109744	2030	584388

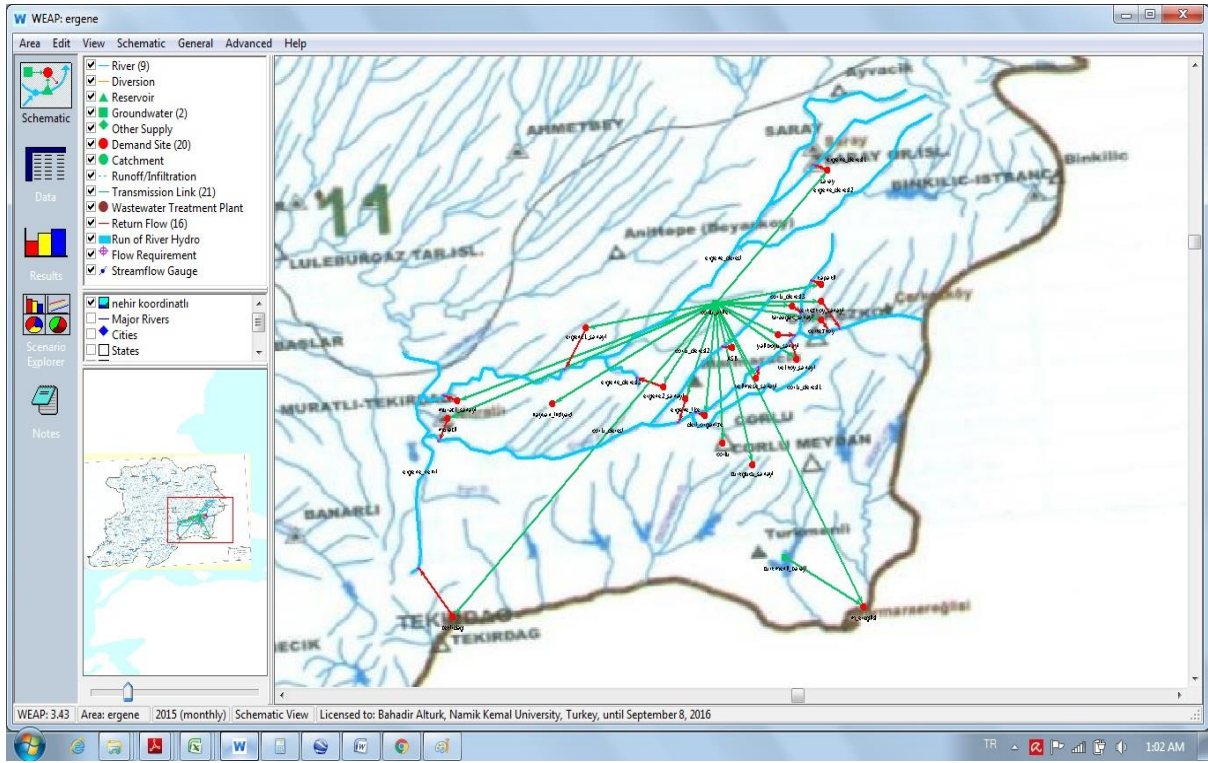
Marmara Ereğlisi ve Süleymanpaşa (Tekirdağ merkez) ilçeleri araştırma bölgesinin içinde yer almadığı için hayvan su tüketimi bu ilçeler için hesaplanmamıştır.

4.4.1. Sektörel su tahsisinin mevcut durumu

Araştırma bölgesinde büyük barajların projelendirilmesi için topoğrafik koşulların uygun olmaması (İstanbuluoğlu ve ark. 2006) ve bölgedeki nehirlerin evsel ve sanayi atıkları nedeniyle aşırı derecede kirlenmiş olması yüzey su kaynaklarından faydalanmayı günümüz koşullarında kısıtlamaktadır. Bu nedenle sektörlerin ihtiyacı olan su yeraltı suyundan sağlanmaktadır. Araştırma bölgesindeki en önemli yeraltı su kaynağı Çorlu Akiferi'dir. Çorlu Akiferi'nin emniyetli verim haddi DSİ verilerine göre ortalama yıllık 61,8 hm³ tür. Su kaynağına havza dışından ve içinden olan kentsel talep, üretimde suyu çok kullanan sanayi tesislerinin ve münferit kaçak kuyuların varlığı yeraltı suyunun bütçesini olumsuz şekilde etkilemektedir. DSİ ölçümlerine göre yeraltı su seviyesinde büyük düşüşlerin olduğu ve şu an akiferin yeni tahsislere kapatıldığı bilinmektedir.

Evsel su kullanımında TESKİ tarafından belirlenen kayıp-kaçak oranı %45 civarındadır. Araştırma bölgesinde projelendirilmiş sulu tarım alanları bulunmadığından dolayı tarımsal su kullanımında sadece hayvan ihtiyacı dikkate alınmıştır.

Her ne kadar sektörlerin ihtiyacı olan su miktarları günümüzde akiferden eksiksiz sağlanıyor olsa da emniyetli verim haddini (sektörlere tahsis edilebilecek su miktarı) aşan su tüketimleri sektörlerin karşılanamayan su miktarı olarak değerlendirilmelidir. Çalışmada, öncelikle sektörel su tahsisinin mevcut durumu ortaya koyulmuştur. Bu doğrultuda araştırma bölgesine ait 2015 yılı su tahsis şeması WEAP modeli ile hazırlanmıştır (Şekil 4.60).



Şekil 4.60. Araştırma bölgesinin 2015 yılı için WEAP modeli ile oluşturulan su tahsis şeması

Çizelge 4.20’de mevcut (2015 yılı) su tahsis şeması temel alınarak araştırma bölgesinden suyu talep eden birimlerin su ihtiyacı, kayıp-kaçak oranı dahil su ihtiyacı, kaynaktan temin edilen su miktarı, karşılanamayan talep ve talep edilen su kaynağı detaylı olarak ortaya koyulmuştur.

Çizelge 4.20. Araştırma bölgesinin 2015 yılı sektörel su tahsisi

Talep Eden Birim	Su ihtiyacı (hm ³)	Su ihtiyacı (% 45 kayıp-kaçak dahil) (hm ³)	İletilen su miktarı (hm ³)	Karşılanamayan talep (hm ³)	Su Kaynağı
Çerkezköy_OSB	32,9	32,9	10,2	22,7	Çorlu Akifer
Çorlu_Deri_OSB	9,1	9,1	2,8	6,3	Çorlu Akifer
ASB (Avrupa Serbest Bölgesi)	0,4	0,4	0,1	0,3	Çorlu Akifer
Velimeşe_OSB	39,8	39,8	12,3	27,4	Çorlu Akifer

Çizelge 4.20. Devam

Velikoy_OSB	3,5	3,5	1,1	2,4	Çorlu Akifer
Karaağaç_OSB	0,2	0,2	0,1	0,1	Çorlu Akifer
Yalıboyu_OSB	3,7	3,7	1,1	2,5	Çorlu Akifer
Ergene1_OSB	18,3	18,3	5,7	12,6	Çorlu Akifer
Ergene2_OSB	19,8	19,8	6,1	13,7	Çorlu Akifer
Türkgücü_OSB	2,1	2,1	0,7	1,5	Çorlu Akifer
Muratlı_OSB	9,1	9,1	2,8	6,3	Çorlu Akifer
Süleymanpaşa	8,7	15,9	4,9	11,0	Çorlu Akifer
Çorlu	9,2	16,7	5,2	11,5	Çorlu Akifer
Çerkezköy	3,9	7,1	2,2	4,9	Çorlu Akifer
Kapaklı	2,9	5,2	1,6	3,6	Çorlu Akifer
Ergene	2,6	4,8	1,5	3,3	Çorlu Akifer
Saray	2,5	4,5	1,4	3,1	Çorlu Akifer
Marmara Ereğlisi	1,9	3,5	1,4	2,0	Çorlu Akifer ve Türkmenli Barajı
Muratlı	1,3	2,3	0,7	1,6	Çorlu Akifer

Çizelge 4.20. Devam

Hayvan İçme Suyu İhtiyacı	3,5	3,5	1,1	2,4	Çorlu Akifer
Evsel Kullanım	33,0	60,0	19,0	41,0	
Endüstriyel Kullanım	138,7	138,7	43,0	95,7	
Tarımsal Kullanım	3,5	3,5	1,1	2,4	
Toplam	175,2	202,2	63,1	139,1	
Çorlu Akiferi su bütçesi: -139,1 hm ³					

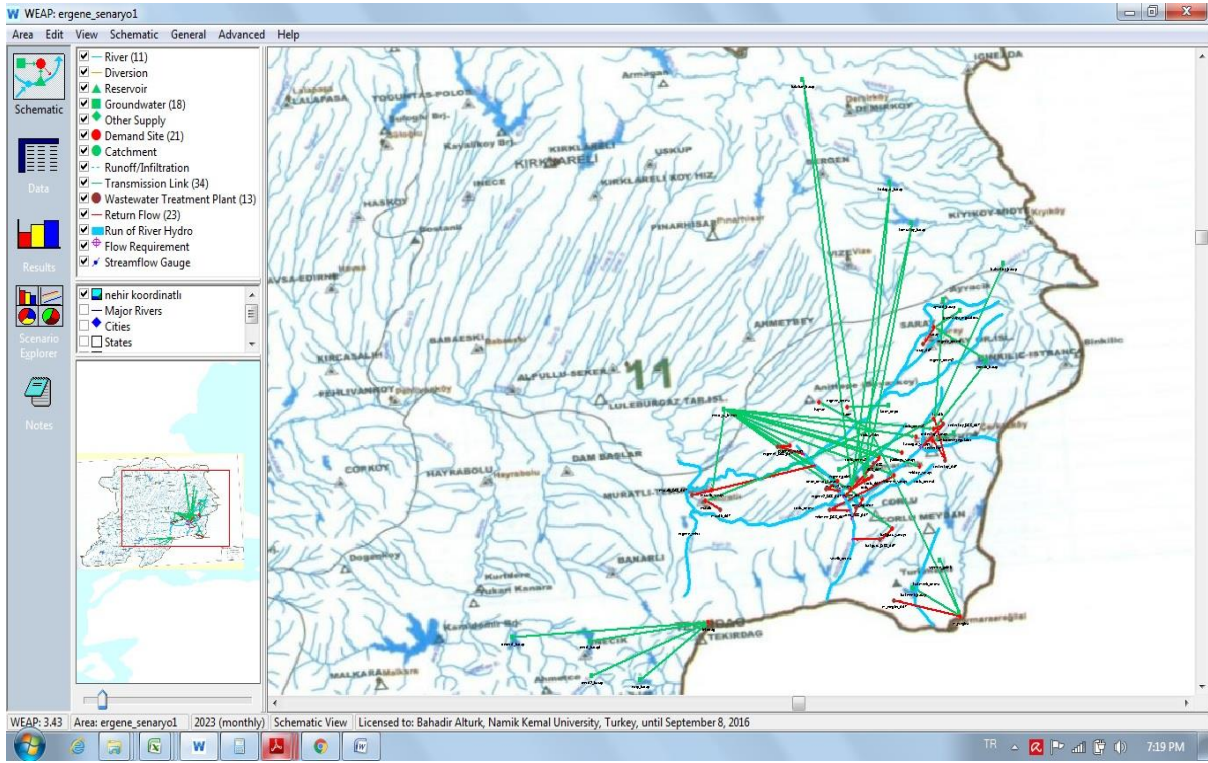
Marmara Ereğlisi'nin ihtiyacı olan suyun Türkmenli Barajı'ndan karşılanan 1,3 hm³'lük kısmı hariç, suyu talep eden tüm kullanıcılar tedarik ettikleri suyun tamamını Çorlu Akiferi'nden karşılamaktadırlar. 202,2 hm³ sektörel su gereksiniminin içerisindeki %68,6'lık pay sanayiye, %29,7'lik pay evsel kullanıma ve %1,7'lik pay tarımsal kullanıma aittir. Her ne kadar kullanıcıların kayıp-kaçak dahil ihtiyaçları olan su miktarı akifer tarafından karşılanırsa da emniyetli verim haddini aşan miktar yeraltı su bütçesinde azalmaya sebebiyet vermektedir. Mevcut su kullanımındaki hesaplamalar akiferin emniyetli verim haddine ve her kullanıcının toplam su ihtiyacı içerisindeki yüzde oranına göre belirlediğinde kaynaktan iletilen su miktarı ve karşılanamayan talep ortaya çıkmaktadır.

Su talebinin en fazla olduğu sanayi sektörünün ihtiyacı olan 138,7 hm³ suyun 95,7 hm³'ü kaynaktan karşılanamamaktadır. Bununla birlikte karşılanamayan su miktarları evsel kullanım için 41 hm³, hayvan ihtiyacı için ise 2,4 hm³'tür. Akiferin su bütçesindeki yıllık 139,1 hm³'lük su açığından dolayı su seviyesinde yıldan yıla azalmalar meydana gelmektedir. Ortalama yıllık 61,8 hm³'lük dolum su bütçesini dengelemeye yetmemektedir.

4.4.2. Sektörel su tahsisine ilişkin senaryolar

Yerel ve ulusal planlar dahilinde sektörün ihtiyacı olan suyun yeraltından ziyade yerüstü kaynaklardan temin edilecek olması ve buna yönelik yapılan çalışmalar, mevcut su tahsis şemasının gelecekte farklı bir hal almasına sebebiyet verecektir. Bu planlar

çerçevesinde araştırma bölgesi için 2030 yılına yönelik yeni bir su tahsis şeması hazırlanmıştır (Şekil 4.61).



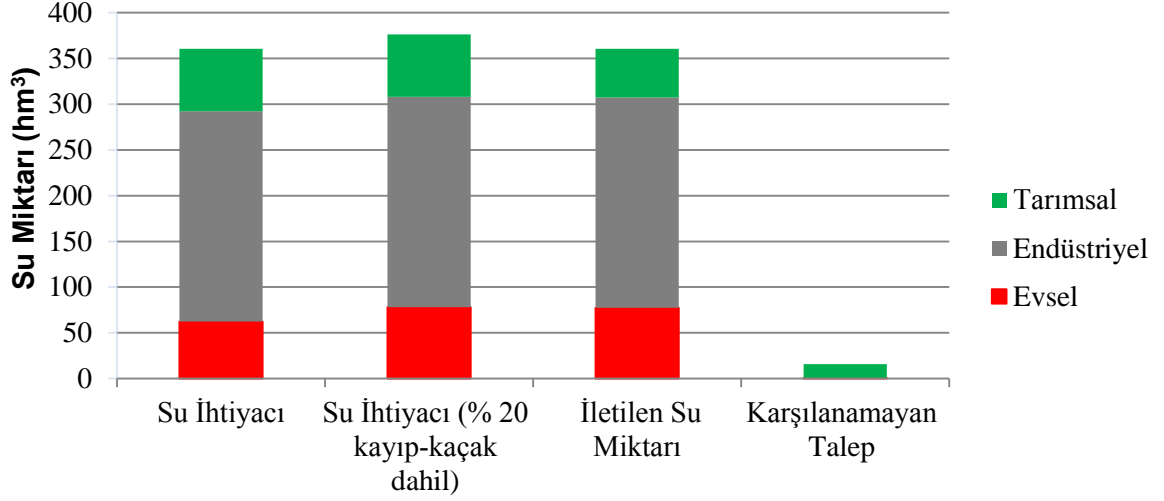
Şekil 4.61. Araştırma bölgesinin 2030 yılı için WEAP modeli ile oluşturulan su tahsis şeması

Yapılan planlamalarda hedeflenen nüfus öngörülerini ve altyapı iyileştirmelerini bölgede daha çok evsel su kullanımına etki etmektedir. Özellikle kayıp-kaçak oranlarının azaltılması suyu temin eden kaynağın işletme hesaplarında önemli rol oynamaktadır. Bu hassasiyet göz önünde bulundurularak gelecek için yapılan senaryolarda evsel su kullanımı öncelikli olarak dikkate alınmıştır. Üç farklı nüfus projeksiyonu ile birlikte üç farklı kayıp-kaçak oranının sektörel su tahsisine etkisi gelecek açısından irdelenmiştir. Mevcut (2015 yılı) şemadan farklı olarak, geleceğe yönelik karar vericiler tarafından belirlenen sulu tarım alanlarının ihtiyacı da hesaba katılmıştır. Bu doğrultuda senaryo 1 için sektörlerin ihtiyacı olan su miktarları, kayıp-kaçak oranı dahil ihtiyacı olan su miktarları ve yüzde oranı, sektörlerle iletilen su miktarları ve sektörlerin karşılanamayan talep miktarları Çizelge 4.21’de sunulmuştur. Ayrıca Senaryo 1 ve 2023 yılı nüfus projeksiyonuna göre belirlenen sektörel su tahsisi Şekil 4.62’de, Senaryo 1 ve 2030 yılı nüfus projeksiyonuna göre belirlenen sektörel su tahsisi Şekil 4.63’de, Senaryo 1 ve 2030 yılı nüfusu+ek nüfus projeksiyonuna göre belirlenen sektörel su tahsisi Şekil 4.64’de ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

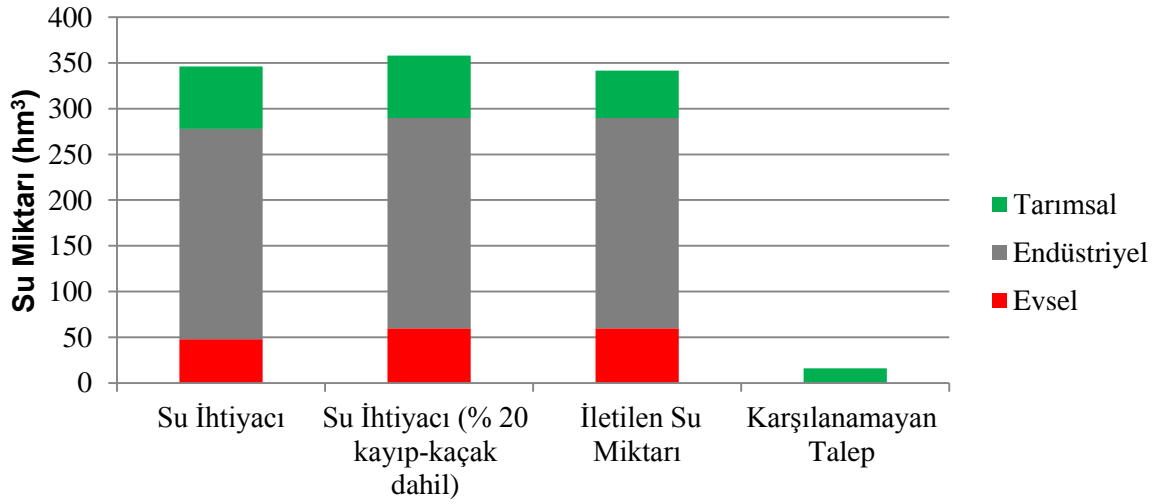
4.4.2.1. Senaryo 1 ile elde edilen bulgular

Çizelge 4.21. Senaryo 1'e göre yıllık sektörel su tahsisleri

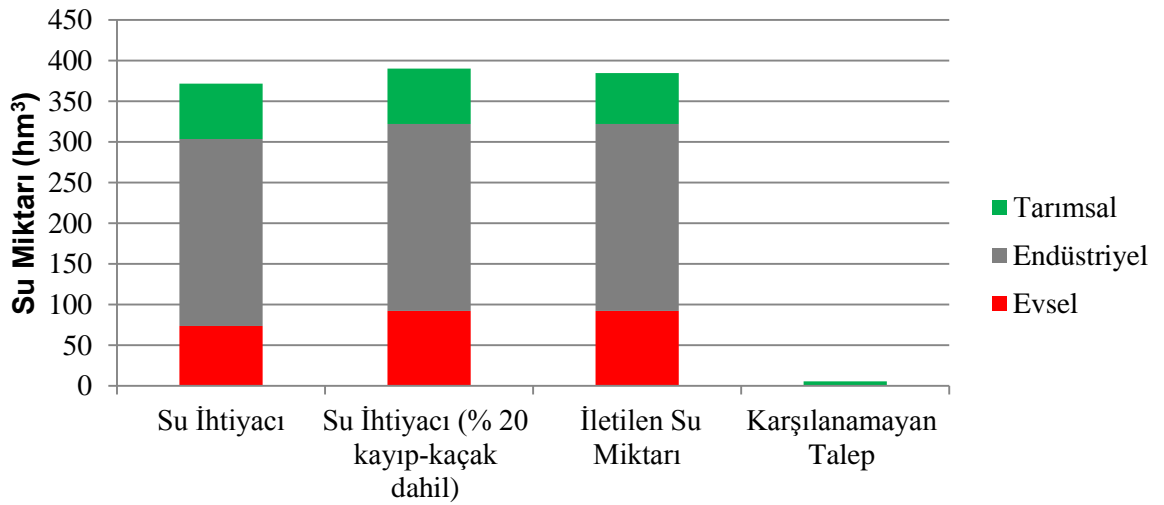
Sektörlerin su ihtiyacı (hm³)	2023 yılı	2030 yılı	2030 yılı + ek nüfus
Evsel	62,4	47,9	73,8
Endüstriyel	230	230	230
Tarımsal	68,1	68,1	68,1
Toplam	360,5	346	371,9
Sektörlerin su ihtiyacı (% 20 kayıp-kaçak dahil- hm³)	2023 yılı	2030 yılı	2030 yılı + ek nüfus
Evsel	78,1	59,9	92,3
Endüstriyel	230,0	230	230
Tarımsal	68,1	68,1	68,1
Toplam	376,1	357,9	390,4
Sektörlerin su ihtiyacı (% 20 kayıp-kaçak dahil- %)	2023 yılı	2030 yılı	2030 yılı + ek nüfus
Evsel	20,8	16,7	23,6
Endüstriyel	61,1	64,2	58,9
Tarımsal	18,1	19	17,5
Toplam	100	100	100
Sektörlere iletilen su miktarı (hm³)	2023 yılı	2030 yılı	2030 yılı + ek nüfus
Evsel	77,3	59,9	92,2
Endüstriyel	230	230	230
Tarımsal	53,3	52	62,6
Toplam	360,5	341,7	384,7
Sektörlerin karşılanamayan su talepleri (hm³)	2023 yılı	2030 yılı	2030 yılı + ek nüfus
Evsel	0,8	0	0,1
Endüstriyel	0	0	0
Tarımsal	14,9	16,1	5,5
Toplam	15,7	16,1	5,6



Şekil 4.62. Senaryo 1 ve 2023 yılı nüfus projeksiyonuna göre sektörel su tahsisi



Şekil 4.63. Senaryo 1 ve 2030 yılı nüfus projeksiyonuna göre sektörel su tahsisi



Şekil 4.64. Senaryo 1 ve 2030 yılı nüfusu + ek nüfus projeksiyonuna göre sektörel su tahsisi

1/25000 Tekirdağ İl Çevre Düzeni Planı'na göre 2023 yılı için belirlenen nüfus projeksiyonu ve senaryo 1 değerlendirildiğinde; sanayinin günümüzde 138,7 hm³ olan su ihtiyacının 230 hm³'e, kayıp-kaçak oranları dahil 60 hm³ olan evsel su ihtiyacının 78,1 hm³'e, 3,5 hm³ olan tarımsal su ihtiyacının planlanan sulu tarım alanları ile 68,1 hm³'e çıkacağı ve toplam su ihtiyacının gelecekte 376,1 hm³ olacağı tahmin edilmektedir. Evsel kullanımda 0,8 hm³, tarımsal kullanımda ise 14,9 hm³ suyun planlanan kaynaklar tarafından karşılanamayacağı, endüstriyel kullanımda ise karşılanamayan talebin olmayacağı öngörülmektedir.

İller Bankası yöntemiyle 2030 yılı nüfus projeksiyonu neticesinde belirlenen nüfusa göre senaryo 1 değerlendirildiğinde; sanayinin günümüzde 138,7 hm³ olan su ihtiyacının 230 hm³'e, kayıp-kaçak oranları dahil 60 hm³ olan evsel su ihtiyacının 59,9 hm³'e ineceği, 3,5 hm³ olan tarımsal su ihtiyacının planlanan sulu tarım alanları ile 68,1 hm³'e çıkacağı ve toplam su ihtiyacının gelecekte 357,9 hm³ olacağı tahmin edilmektedir. Tarımsal kullanımda 16,1 hm³ suyun planlanan kaynaklar tarafından karşılanamayacağı, endüstriyel ve evsel kullanımda ise karşılanamayan talebin olmayacağı öngörülmektedir.

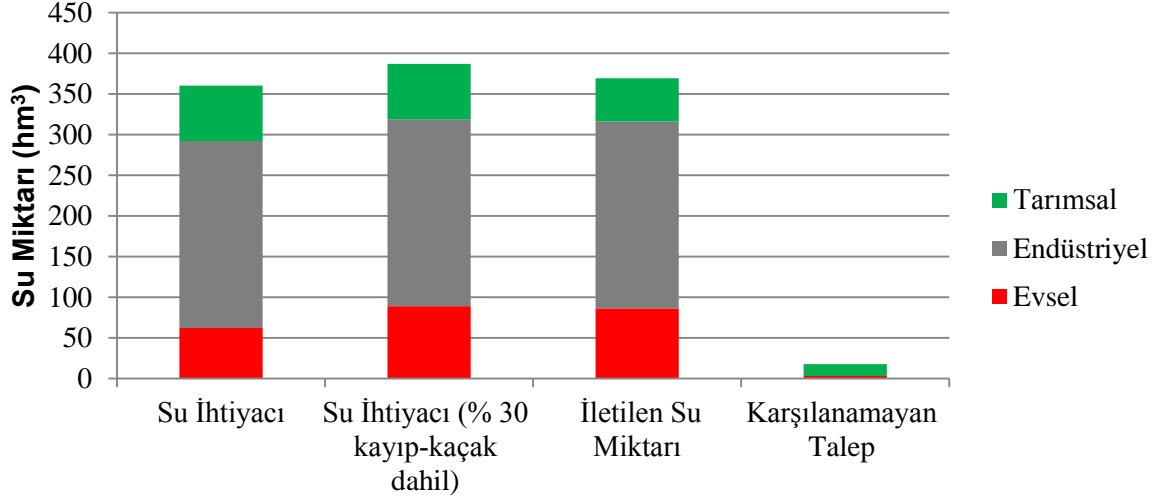
İller Bankası yöntemiyle oluşturulan 2030 yılı nüfus projeksiyonuna ek nüfusun eklenmesi neticesinde belirlenen nüfusa göre senaryo 1 değerlendirildiğinde; sanayinin günümüzde 138,7 hm³ olan su ihtiyacının 230 hm³'e, kayıp-kaçak oranları dahil 60 hm³ olan evsel su ihtiyacının 92,3 hm³'e, 3,5 hm³ olan tarımsal su ihtiyacının planlanan sulu tarım alanları ile 68,1 hm³'e çıkacağı ve toplam su ihtiyacının gelecekte 390,4 hm³ olacağı tahmin edilmektedir. Evsel kullanımda 0,1 hm³, tarımsal kullanımda ise 5,5 hm³ suyun planlanan kaynaklar tarafından karşılanamayacağı, endüstriyel kullanımda ise karşılanamayan talebin olmayacağı öngörülmektedir.

Senaryo 2 için sektörlerin ihtiyacı olan su miktarları, kayıp-kaçak oranı dahil ihtiyacı olan su miktarları ve yüzde oranı, sektörlerle iletilen su miktarları ve sektörlerin karşılanamayan talep miktarları Çizelge 4.22'de sunulmuştur. Senaryo 2 ve 2023 yılı nüfus projeksiyonuna göre belirlenen sektörel su tahsisi Şekil 4.65'de, Senaryo 2 ve 2030 yılı nüfus projeksiyonuna göre belirlenen sektörel su tahsisi Şekil 4.66'de, Senaryo 2 ve 2030 yılı nüfusu + ek nüfus projeksiyonuna göre belirlenen sektörel su tahsisi Şekil 4.67'de ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

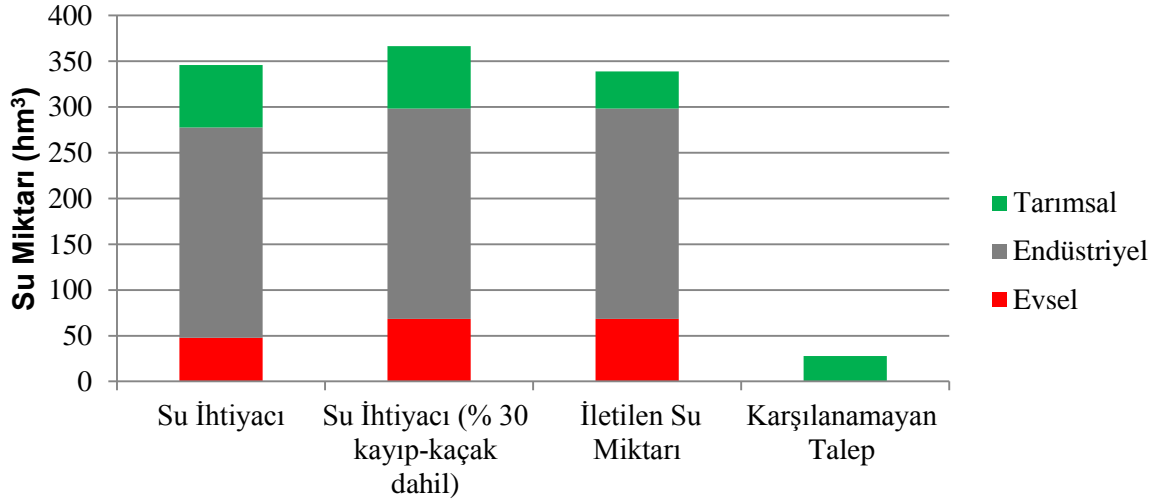
4.4.2.2. Senaryo 2 ile elde edilen bulgular

Çizelge 4.22. Senaryo 2'ye göre yıllık sektörel su tahsisleri

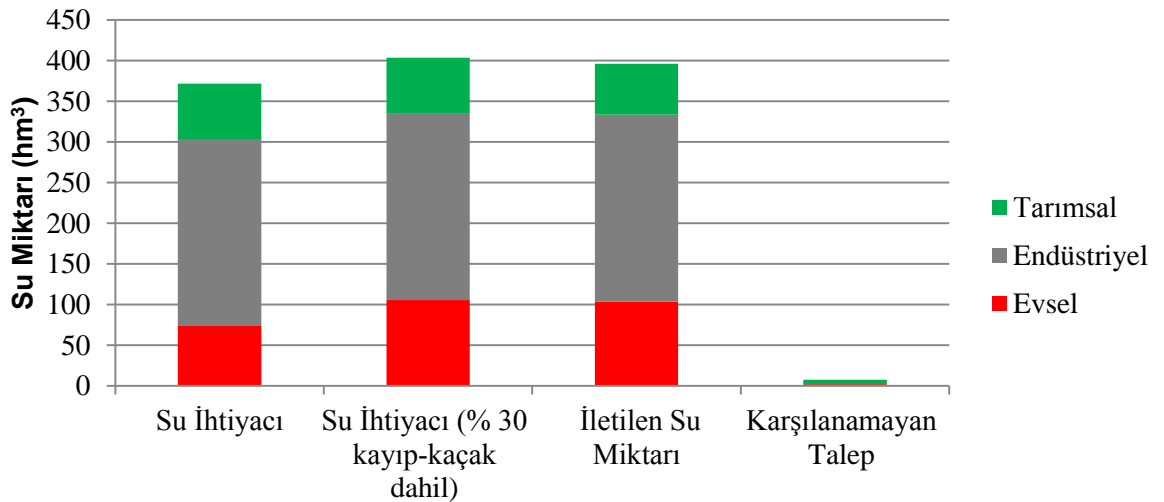
Sektörlerin su ihtiyacı (hm³)	2023 yılı	2030 yılı	2030 yılı + ek nüfus
Evsel	62,4	47,9	73,8
Endüstriyel	230	230	230
Tarımsal	68,1	68,1	68,1
Toplam	360,5	346	371,9
Sektörlerin su ihtiyacı (%30 kayıp-kaçak dahil- hm³)	2023 yılı	2030 yılı	2030 yılı + ek nüfus
Evsel	89,2	68,4	105,5
Endüstriyel	230	230	230
Tarımsal	68,1	68,1	68,1
Toplam	387,3	366,5	403,5
Sektörlerin su ihtiyacı (%30 kayıp-kaçak dahil- %)	2023 yılı	2030 yılı	2030 yılı + ek nüfus
Evsel	23	18,7	26,1
Endüstriyel	59,4	62,7	57
Tarımsal	17,6	18,6	16,9
Toplam	100	100	100
Sektörlere iletilen su miktarı (hm³)	2023 yılı	2030 yılı	2030 yılı + ek nüfus
Evsel	86,1	68,4	103,4
Endüstriyel	230	230	230
Tarımsal	53,3	40,4	62,6
Toplam	369,3	338,8	396
Sektörlerin karşılanamayan su talepleri (hm³)	2023 yılı	2030 yılı	2030 yılı + ek nüfus
Evsel	3,1	0	2
Endüstriyel	0	0	0
Tarımsal	14,9	27,7	5,5
Toplam	17,9	27,7	7,5



Şekil 4.65. Senaryo 2 ve 2023 yılı nüfus projeksiyonuna göre sektörel su tahsisi



Şekil 4.66. Senaryo 2 ve 2030 yılı nüfus projeksiyonuna göre sektörel su tahsisi



Şekil 4.67. Senaryo 2 ve 2030 yılı nüfus+ ek nüfus projeksiyonuna göre sektörel su tahsisi

1/25000 Tekirdağ İl Çevre Düzeni Planı'na göre 2023 yılı için belirlenen nüfus projeksiyonu ve senaryo 2 değerlendirildiğinde; sanayinin günümüzde 138,7 hm³ olan su ihtiyacının 230 hm³'e, kayıp-kaçak oranları dahil 60 hm³ olan evsel su ihtiyacının 89,2 hm³'e, 3,5 hm³ olan tarımsal su ihtiyacının planlanan sulu tarım alanları ile 68,1 hm³'e çıkacağı ve toplam su ihtiyacının gelecekte 387,3 hm³ olacağı tahmin edilmektedir. Evsel kullanımda 3,1 hm³, tarımsal kullanımda ise 14,9 hm³ suyun planlanan kaynaklar tarafından karşılanamayacağı, endüstriyel kullanımda ise karşılanamayan talebin olmayacağı öngörülmektedir.

İller Bankası yöntemiyle oluşturulan 2030 yılı nüfus projeksiyonu neticesinde belirlenen nüfusa göre senaryo 2 değerlendirildiğinde; sanayinin günümüzde 138,7 hm³ olan su ihtiyacının 230 hm³'e, kayıp-kaçak oranları dahil 60 hm³ olan evsel su ihtiyacının 68,4 hm³'e, 3,5 hm³ olan tarımsal su ihtiyacının planlanan sulu tarım alanları ile 68,1 hm³'e çıkacağı ve toplam su ihtiyacının gelecekte 366,5 hm³ olacağı tahmin edilmektedir. Tarımsal kullanımda 27,7 hm³ suyun planlanan kaynaklar tarafından karşılanamayacağı, endüstriyel ve evsel kullanımda ise karşılanamayan talebin olmayacağı öngörülmektedir.

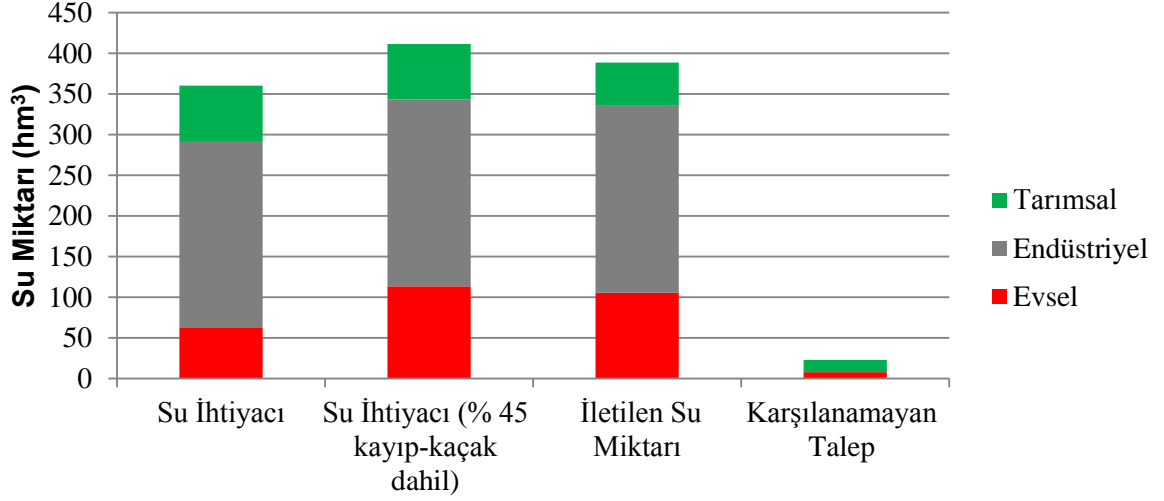
İller Bankası yöntemiyle oluşturulan 2030 yılı nüfus projeksiyonuna + ek nüfusun eklenmesi neticesinde belirlenen nüfusa göre senaryo 2 değerlendirildiğinde; sanayinin günümüzde 138,7 hm³ olan su ihtiyacının 230 hm³'e, kayıp-kaçak oranları dahil 60 hm³ olan evsel su ihtiyacının 105,5 hm³'e, 3,5 hm³ olan tarımsal su ihtiyacının planlanan sulu tarım alanları ile 68,1 hm³'e çıkacağı ve toplam su ihtiyacının gelecekte 403,5 hm³ olacağı tahmin edilmektedir. Evsel kullanımda 2 hm³, tarımsal kullanımda ise 5,5 hm³ suyun planlanan kaynaklar tarafından karşılanamayacağı, endüstriyel kullanımda ise karşılanamayan talebin olmayacağı öngörülmektedir.

Senaryo 3 için sektörlerin ihtiyacı olan su miktarları, kayıp-kaçak oranı dahil ihtiyacı olan su miktarları ve yüzde oranı, sektörlerle iletilen su miktarları ve sektörlerin karşılanamayan talep miktarları Çizelge 4.23'de sunulmuştur. Senaryo 3 ve 2023 yılı nüfus projeksiyonuna göre belirlenen sektörel su tahsisi Şekil 4.68'de, Senaryo 3 ve 2030 yılı nüfus projeksiyonuna göre belirlenen sektörel su tahsisi Şekil 4.69'da, Senaryo 3 ve 2030 yılı nüfusu + ek nüfus projeksiyonuna göre belirlenen sektörel su tahsisi Şekil 4.70'de ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

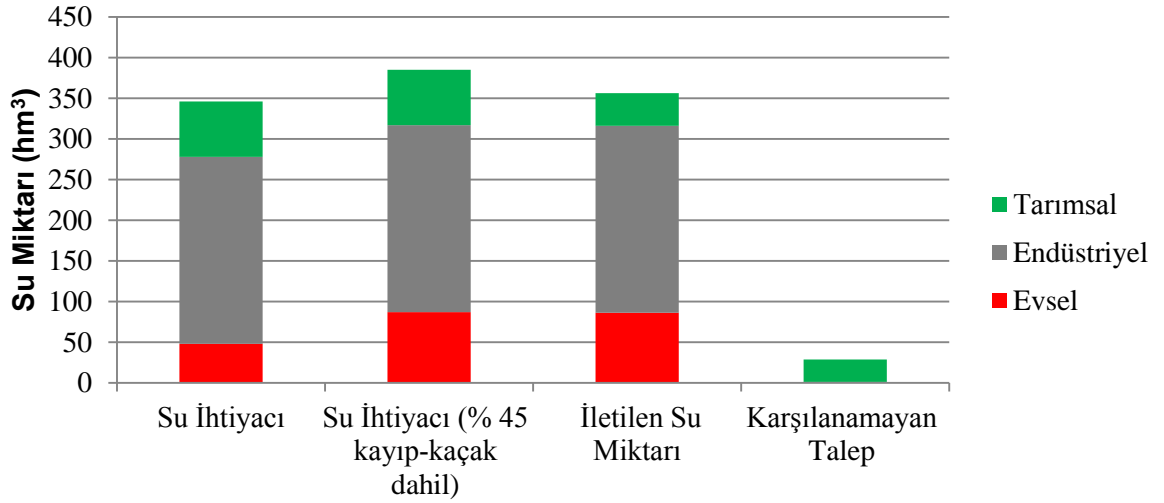
4.4.2.3. Senaryo 3 ile elde edilen bulgular

Çizelge 4.23. Senaryo 3'e göre yıllık sektörel su tahsisleri

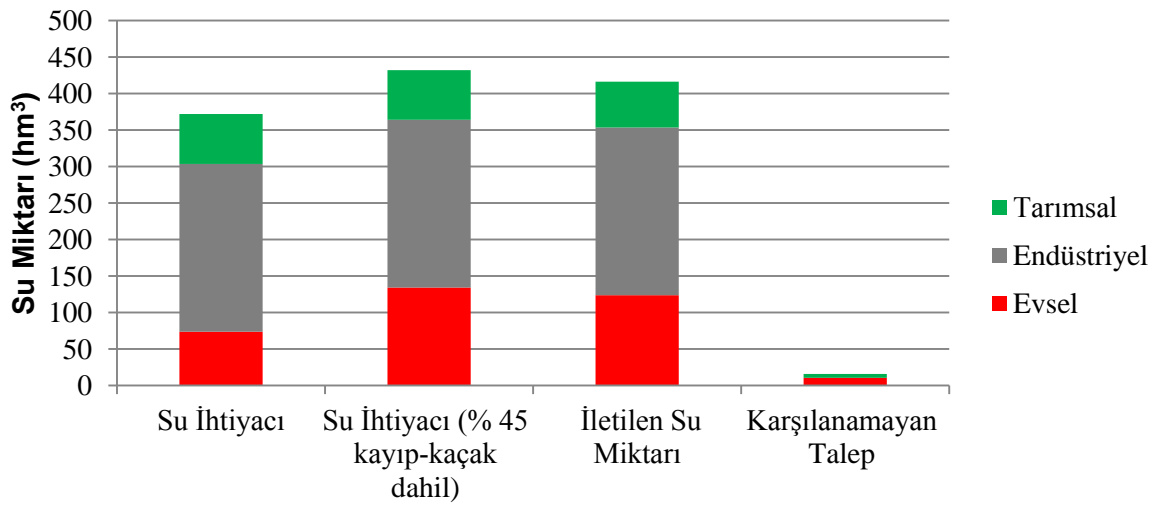
Sektörlerin su ihtiyacı (hm³)	2023 yılı	2030 yılı	2030 yılı + ek nüfus
Evsel	62,4	47,9	73,8
Endüstriyel	230	230	230
Tarımsal	68,1	68,1	68,1
Toplam	360,5	346	371,9
Sektörlerin su ihtiyacı (%45 kayıp-kaçak dahil- hm³)	2023 yılı	2030 yılı	2030 yılı + ek nüfus
Evsel	113,5	87,1	134,2
Endüstriyel	230	230	230
Tarımsal	68,1	68,1	68,1
Toplam	411,6	385,1	432,3
Sektörlerin su ihtiyacı (%45 kayıp-kaçak dahil- %)	2023 yılı	2030 yılı	2030 yılı + ek nüfus
Evsel	27,6	22,6	31,1
Endüstriyel	55,9	59,7	53,2
Tarımsal	16,5	17,7	15,8
Toplam	100	100	100
Sektörlere iletilen su miktarı (hm³)	2023 yılı	2030 yılı	2030 yılı + ek nüfus
Evsel	105,4	86	123,7
Endüstriyel	230	230	230
Tarımsal	53,3	40,4	62,6
Toplam	388,6	356,4	416,3
Sektörlerin karşılanamayan su talepleri (hm³)	2023 yılı	2030 yılı	2030 yılı + ek nüfus
Evsel	8,1	1	10,5
Endüstriyel	0	0	0
Tarımsal	14,9	27,7	5,5
Toplam	23	28,8	16



Şekil 4.68. Senaryo 3 ve 2023 yılı nüfus projeksiyonuna göre sektörel su tahsisi



Şekil 4.69. Senaryo 3 ve 2030 yılı nüfus projeksiyonuna göre sektörel su tahsisi



Şekil 4.70. Senaryo 3 ve 2030 yılı nüfusu + ek nüfus projeksiyonuna göre sektörel su tahsisi

1/25000 Tekirdağ İl Çevre Düzeni Planı'na göre 2023 yılı için belirlenen nüfus projeksiyonu ve senaryo 3 değerlendirildiğinde; sanayinin günümüzde 138,7 hm³ olan su ihtiyacının 230 hm³'e, kayıp-kaçak oranları dahil 60 hm³ olan evsel su ihtiyacının 113,5 hm³'e, 3,5 hm³ olan tarımsal su ihtiyacının planlanan sulu tarım alanları ile 68,1 hm³'e çıkacağı ve toplam su ihtiyacının gelecekte 411,6 hm³ olacağı tahmin edilmektedir. Evsel kullanımda 8,1 hm³, tarımsal kullanımda ise 14,9 hm³ suyun planlanan kaynaklar tarafından karşılanamayacağı, endüstriyel kullanımda ise karşılanamayan talebin olmayacağı öngörülmektedir.

İller Bankası yöntemiyle oluşturulan 2030 yılı nüfus projeksiyonu neticesinde belirlenen nüfusa göre senaryo 3 değerlendirildiğinde; sanayinin günümüzde 138,7 hm³ olan su ihtiyacının 230 hm³'e, kayıp-kaçak oranları dahil 60 hm³ olan evsel su ihtiyacının 87,1 hm³'e, 3,5 hm³ olan tarımsal su ihtiyacının planlanan sulu tarım alanları ile 68,1 hm³'e çıkacağı ve toplam su ihtiyacının gelecekte 385,1 hm³ olacağı tahmin edilmektedir. Evsel kullanımda 1 hm³, tarımsal kullanımda 27,7 hm³ suyun planlanan kaynaklar tarafından karşılanamayacağı, endüstriyel kullanımda ise karşılanamayan talebin olmayacağı öngörülmektedir.

İller Bankası yöntemiyle oluşturulan 2030 yılı nüfus projeksiyonuna + ek nüfusun eklenmesi neticesinde belirlenen nüfusa göre senaryo 3 değerlendirildiğinde; sanayinin günümüzde 138,7 hm³ olan su ihtiyacının 230 hm³'e, kayıp-kaçak oranları dahil 60 hm³ olan evsel su ihtiyacının 134,2 hm³'e, 3,5 hm³ olan tarımsal su ihtiyacının planlanan sulu tarım alanları ile 68,1 hm³'e çıkacağı ve toplam su ihtiyacının gelecekte 432,3 hm³ olacağı tahmin edilmektedir. Evsel kullanımda 10,5 hm³, tarımsal kullanımda ise 5,5 hm³ suyun planlanan kaynaklar tarafından karşılanamayacağı, endüstriyel kullanımda ise karşılanamayan talebin olmayacağı öngörülmektedir.

4.4.3. Çorlu Akiferi'nin beslenme miktarı ve yüzey su kaynaklarının kullanılma oranları

Özellikle baraj haznelerinin su sağlamada yeterli olmadığı aylarda sektörler ihtiyacı olan su miktarlarını yeraltı suyundan temin etme yoluna başvuracaklardır. Çorlu Akiferi'nin kullanım miktarının toplamı emniyetli verim haddini aştığı takdirde akiferin su seviyesinde mevcut durumda olduğu gibi azalmalar meydana gelecektir. 3 farklı senaryo için Çorlu Akiferi'nin beslenme miktarı Çizelge 4.24'de detaylı olarak gösterilmektedir.

Çizelge 4.24. Mevcut durum ve senaryolara göre 2015 ve 2030 yılları için Çorlu Akiferi'nin beslenme miktarı

YÖNETİM SENARYOLARI	SEKTÖR ADI	2015 yılı	NÜFUS PROJEKSİYONLARI		
			2023 yılı	2030 yılı	2030 yılı + Ek Nüfus
MEVCUT DURUM	EVSEL KULLANIM	58,7			
	ENDÜSTRİYEL KULLANIM	138,7			
	TARIMSAL KULLANIM	3,52			
	ÇORLU AKİFERİ BESLENME MİKTARI (hm ³)	-139,12			
SENARYO 1	EVSEL KULLANIM		6,88	1,88	6,48
	ENDÜSTRİYEL KULLANIM		0	0	0
	TARIMSAL KULLANIM		4,12	4,12	4,12
	ÇORLU AKİFERİ BESLENME MİKTARI (hm ³)		50,8	55,8	51,2
SENARYO 2	EVSEL KULLANIM		10,88	2,08	10,28
	ENDÜSTRİYEL KULLANIM		0	0	0
	TARIMSAL KULLANIM		4,12	4,12	4,12
	ÇORLU AKİFERİ BESLENME MİKTARI (hm ³)		46,8	55,6	47,4

Çizelge 4.24. Devam

SENARYO 3	EVSEL KULLANIM		19,78	3,78	22,68
	ENDÜSTRİYEL KULLANIM		0	0	0
	TARIMSAL KULLANIM		4,12	4,12	4.12
	ÇORLU AKİFERİ BESLENME MİKTARI (hm ³)		37,9	53,9	35

Yüzey su kaynaklarından iletilen su miktarının gelecekte sektörel ihtiyacın büyük bir kısmını karşıladığı, karşılanmayan miktarların akiferden karşılandığı takdirde bile emniyetli verim haddinin aşılmadığı ve dolayısıyla yeraltı suyunun besleniminin pozitif yönde olacağı sonucuna varılmıştır.

Yerleşim alanlarının en fazla nüfusa sahip olacağı 2030 yılı nüfusu + ek nüfus projeksiyonu doğrultusunda, yerleşim alanlarının sahip olacağı nüfusların ihtiyacı olan su miktarlarının yüzey su kaynaklarından kullanılma yüzdesi, 3 farklı senaryo ile Çizelge 4.25’de ortaya koyulmuştur.

Çizelge 4.25. 2030 yılı + ek nüfus projeksiyonuna göre yerleşim alanlarının yüzey su kaynaklarını kullanma oranları

Talep Eden Birim	Su Kaynağı	Yüzey Su Kaynağı Kullanım Oranı (%)		
		Senaryo1	Senaryo2	Senaryo3
Süleymanpaşa	Naip Barajı	75	86	100
	İncik1 ve İncik 2 Barajları			
	Dedecik Barajı			
Çorlu ve Ergene	Kömürköy Barajı	31	36	45
	Kızılağaç Barajı			
	Balaban Barajı			
Çerkezköy	Ambardere Regülatörü	98	100	100

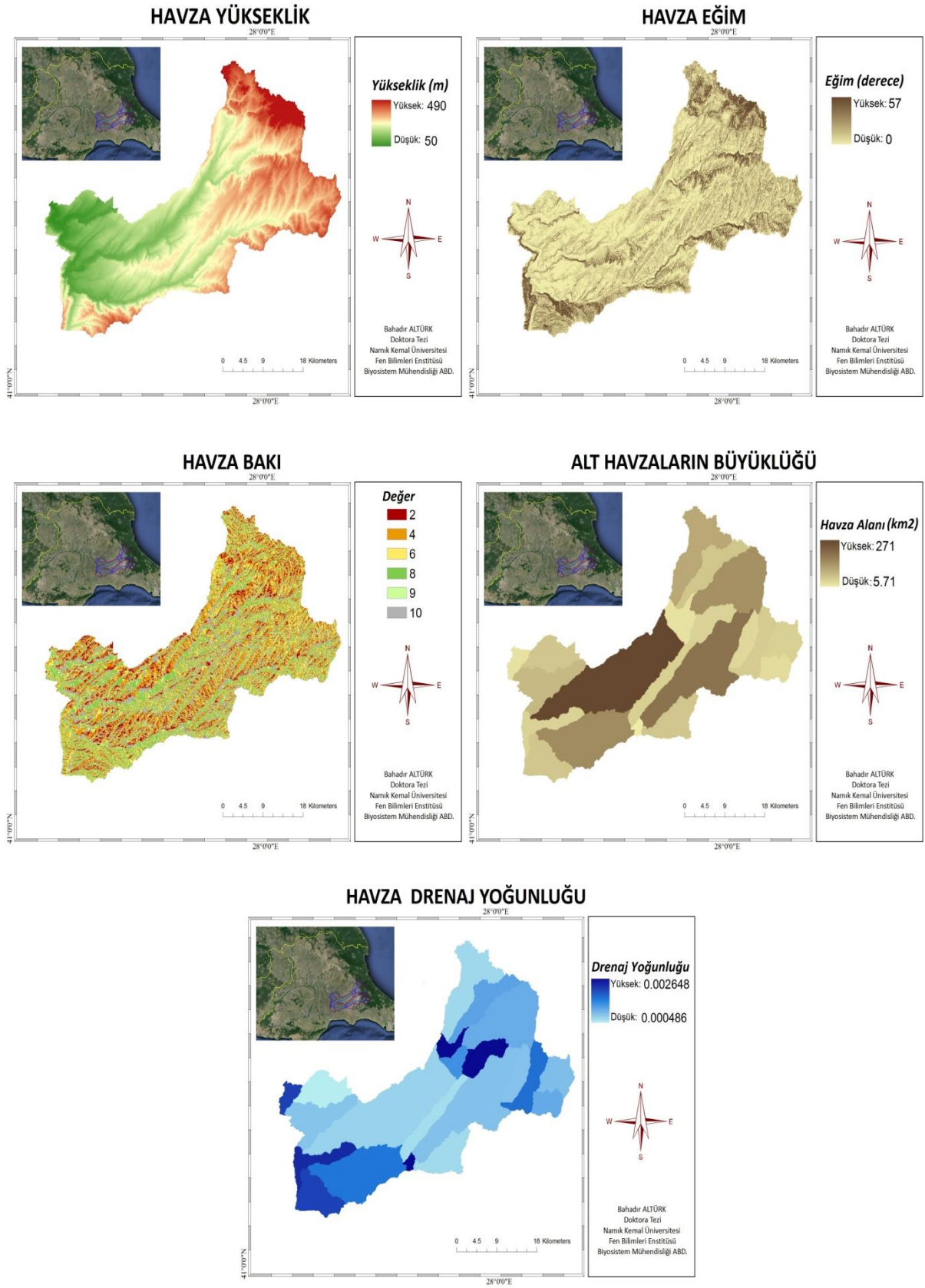
Çizelge 4.25. Devam

Kapaklı	Ayvacak Göleti	78	89	100
	Bahçeköy Göleti			
	Ergene Göleti			
Saray	Saray Kaynakları	100	100	100
	Yoncalı Barajı			
Marmara Ereğlisi	Türkmenli Barajı	100	100	100
	Seymen Göleti			

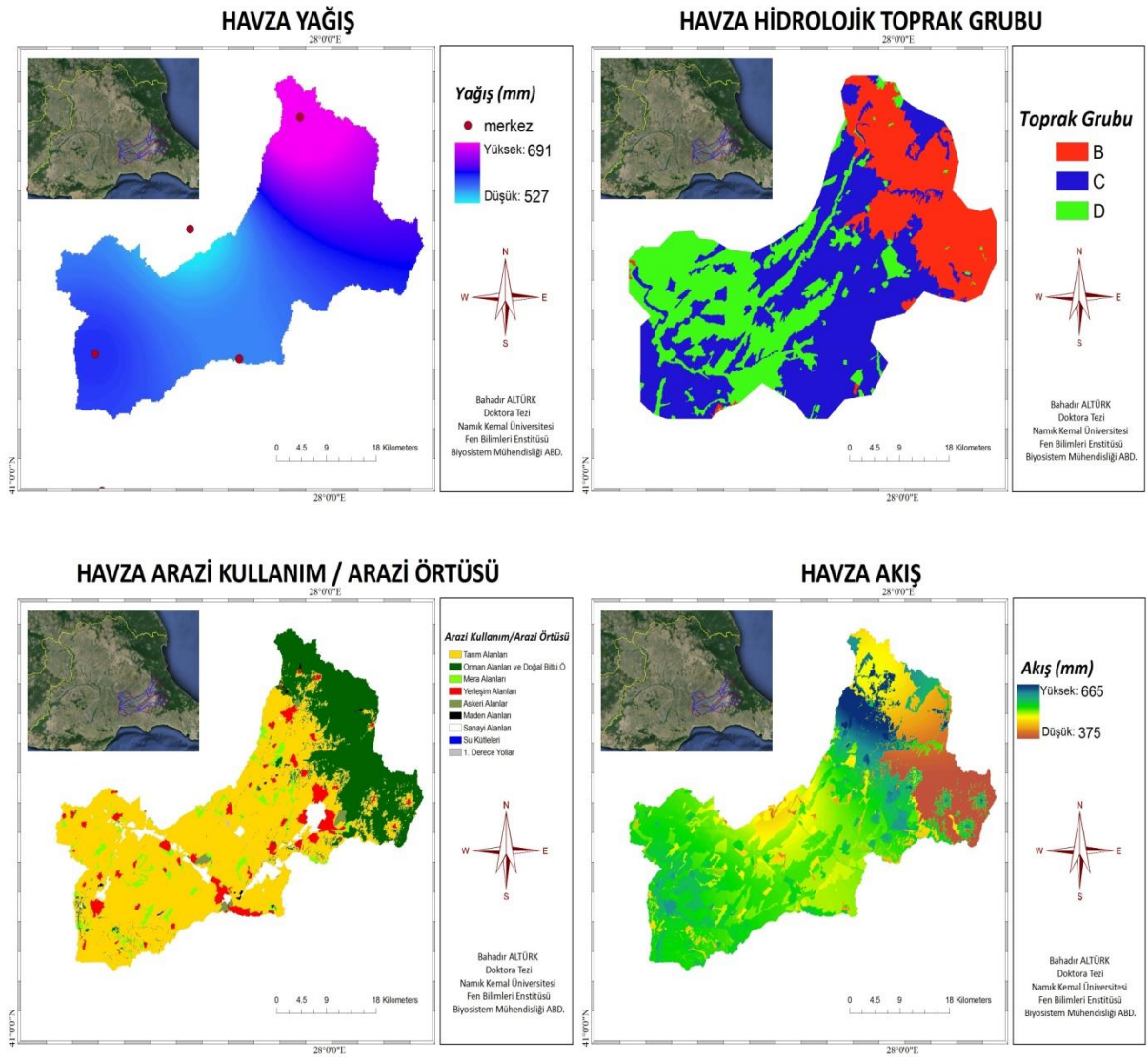
Çerkezköy, Saray ve Marmara Ereğlisi ilçeleri gelecekte su ihtiyacının yüzey su kaynaklarından karşılanacak kısmının tamamına gereksinim duymaktadır. Süleymanpaşa ilçesi için senaryo 1’de, yüzey su kaynaklarından iletilecek su miktarının %75’i su ihtiyacını karşılıyor iken, bu oran senaryo 3’de %100’e çıkmaktadır. Çorlu ve Ergene ilçeleri için planlanan yüzey su kaynaklarından su arzının; senaryo1’de %31, senaryo2’de %36, senaryo3’de %45, Kapaklı İlçesi’nde ise; senaryo1’de %78, senaryo2’de %89, senaryo3’de %100 olması öngörülmektedir. Çizelge 4.25’e Muratlı’nın dahil edilmemesinin sebebi su ihtiyacının tamamını yeraltı suyundan karşılıyor olmasıdır.

4.5. Sel ve Taşkın Duyarlılığının Belirlenmesi

Çalışmada, ÇÖKA yöntemi ile CBS bütünleştirilerek araştırma bölgesinin su toplama havzasının sel ve taşkın duyarlılığı belirlenmiştir. Bu duyarlılığın analizinde 6 farklı ölçüt kullanılmıştır. Bu ölçütlerden; yükseklik, eğim, bakı, alt havzaların büyüklüğü ve drenaj yoğunluğu haritaları Şekil 4.71’de, yüzey akış haritası ve yüzey akış haritasının oluşturulmasında kullanılan faktörlere ait haritalar 4.72’de gösterilmektedir.

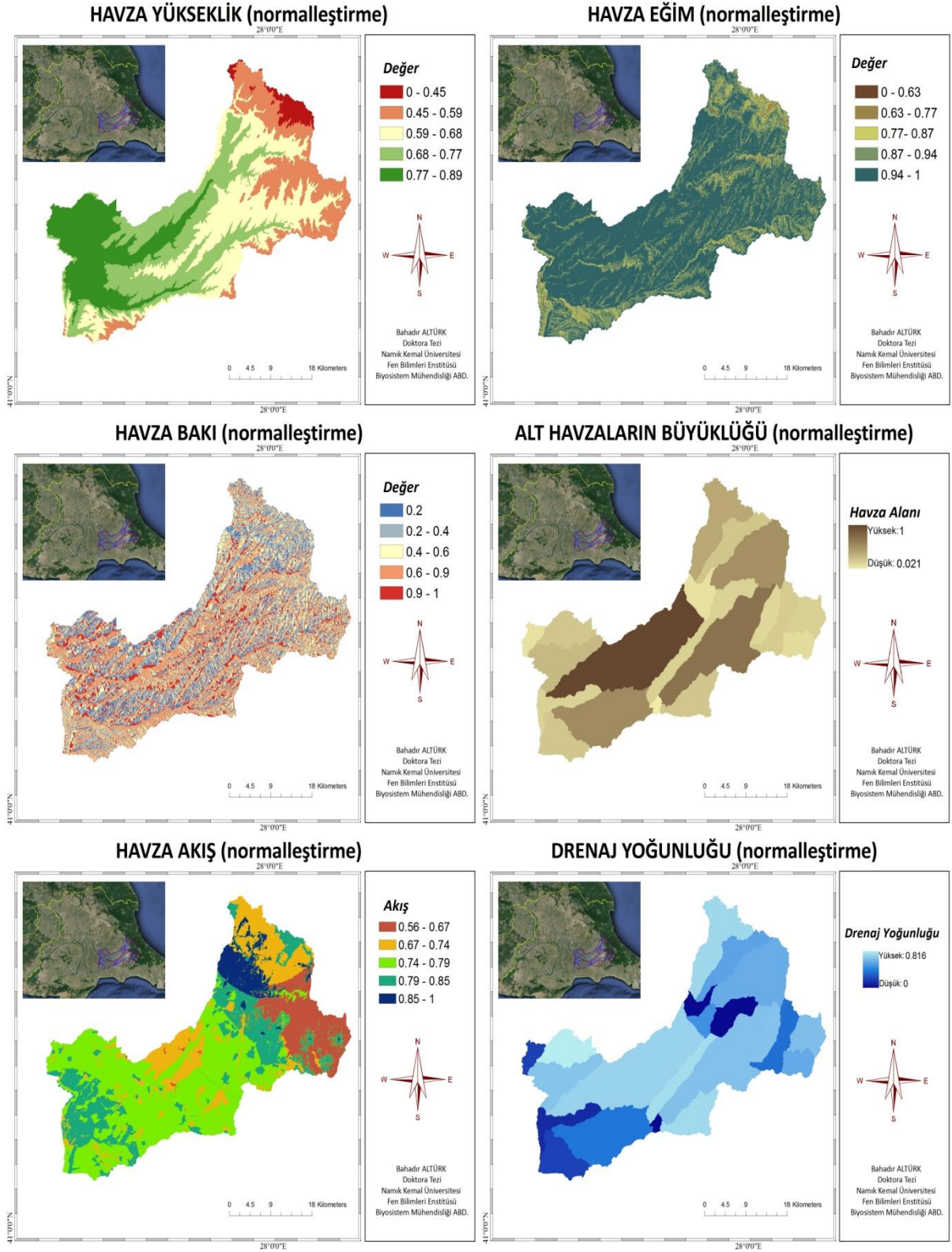


Şekil 4.71 ÇÖKA yönteminde kullanılan ölçütler



Şekil 4.72. ÇÖKA yönteminde kullanılan akış haritası ve bu haritayı oluşturan faktörler

Ölçüt katmanlarına ait değerlerin farklı olması, ölçütlerin bir arada değerlendirilmesini mümkün kılmamaktadır. Ölçütleri birbirleri ile karşılaştırabilmek için her katman 0-1 aralığında değerler alacak şekilde normalize edilmiştir (Şekil 4.73).



Şekil 4.73 Normalleştirilmiş ölçüt katmanları

Daha sonraki aşamada Analitik Hiyerarşi Yönteminin İkili Karşılaştırmalar Matrisi (Çizelge 4.26) ile her ölçüt katmanına ait ağırlık değerleri belirlenmiştir (Çizelge 4.27).

Analiz sonucunda ikili karşılaştırmaların tutarlılık oranı 0,017 bulunmuş ve bu değer 0,1'den küçük olduğu için karşılaştırmaların tutarlı olduğu sonucuna varılmıştır.

Çizelge 4.26. İkili Karşılaştırmalar Matrisi

İkili Karşılaştırmalar Matrisi	Akış	Yükseklik	Eğim	Bakı	Alt Havzaların Büyüklüğü	Drenaj Yoğunluğu
Akış	1	3	3	4	3	2
Yükseklik	0,33	1	0,5	2	1	0,5
Eğim	0,33	2	1	3	1	0,5
Bakı	0,25	0,5	0,33	1	0,5	0,33
Alt Havzaların Büyüklüğü	0,33	1	1	2	1	0,5
Drenaj Yoğunluğu	0,5	2	2	3	2	1

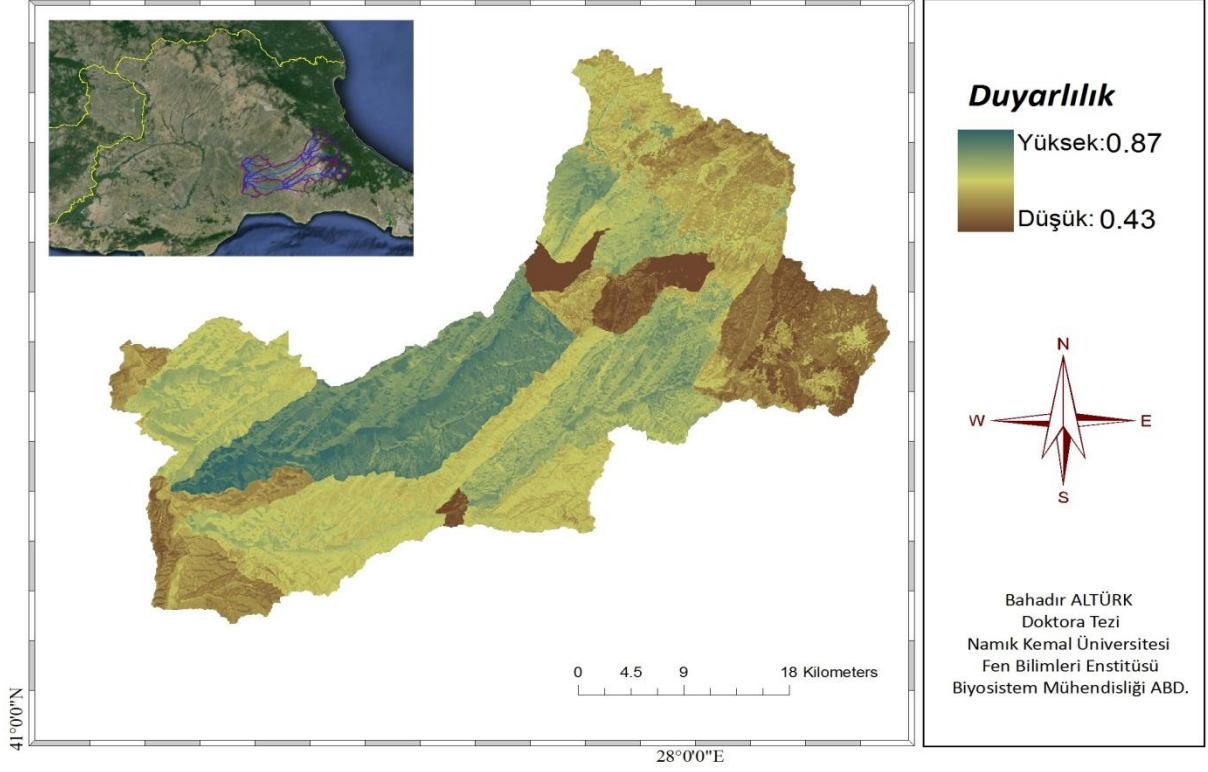
Çizelge 4.27. Ölçüt katmanları ve hesaplanan ağırlıkları

Ölçüt Katmanları	Ağırlıklar
Akış	0,35
Yükseklik	0,11
Eğim	0,15
Bakı	0,06
Alt Havzaların Büyüklüğü	0,12
Drenaj Yoğunluğu	0,21

Ölçüt katmanlarının her bir plankaresi için elde edilen ağırlık katmanı değerleri ve normalleştirilmiş değerler çarpılarak havzanın sel ve taşkına duyarlılık haritası elde edilmiştir (Şekil 4.74). Bu aşamadan sonra sel ve taşkın duyarlılık bölgeleri, doğal aralıklı sınıflandırma yöntemi ile; çok yüksek riskli, yüksek riskli, orta riskli, düşük riskli ve çok düşük riskli bölgeler olarak 5 ayrı duyarlılık derecesine göre sınıflandırılmıştır (Şekil 4.75).

SEL VE TAŞKIN DUYARLILIĞI

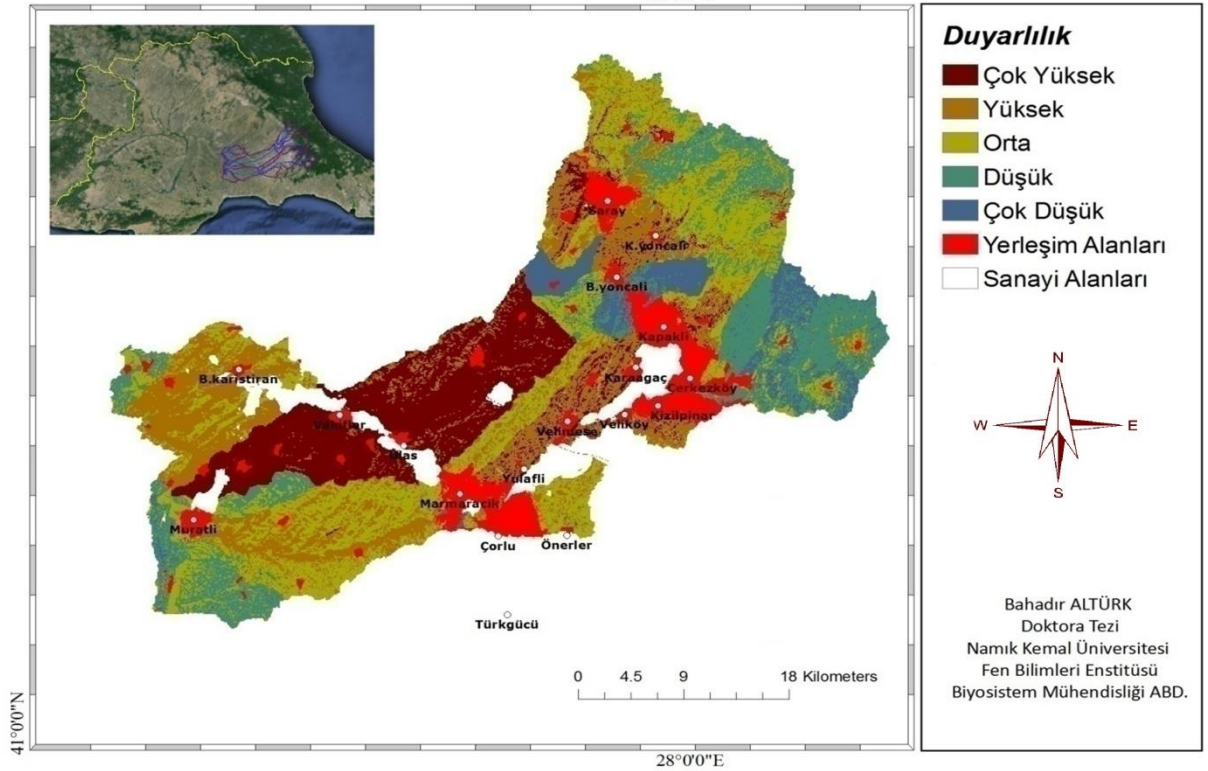
28°0'0"E



Şekil 4.74. Havzaya ait sel ve taşkın duyarlılık haritası

SEL VE TAŞKIN DUYARLILIĞI

28°0'0"E



Şekil 4.75. Havzaya ait sınıflandırılmış sel ve taşkın duyarlılık haritası

Taşkına duyarlı alanları incelediğimizde;

Ergene Deresi'nin aşağı kısmındaki alt havzada taşkın riskinin çok yüksek olduğu, bu alt havzada sanayinin yoğun yerleşim gösterdiği ve sanayi bölgelerinin taşkından etkilenebileceği,

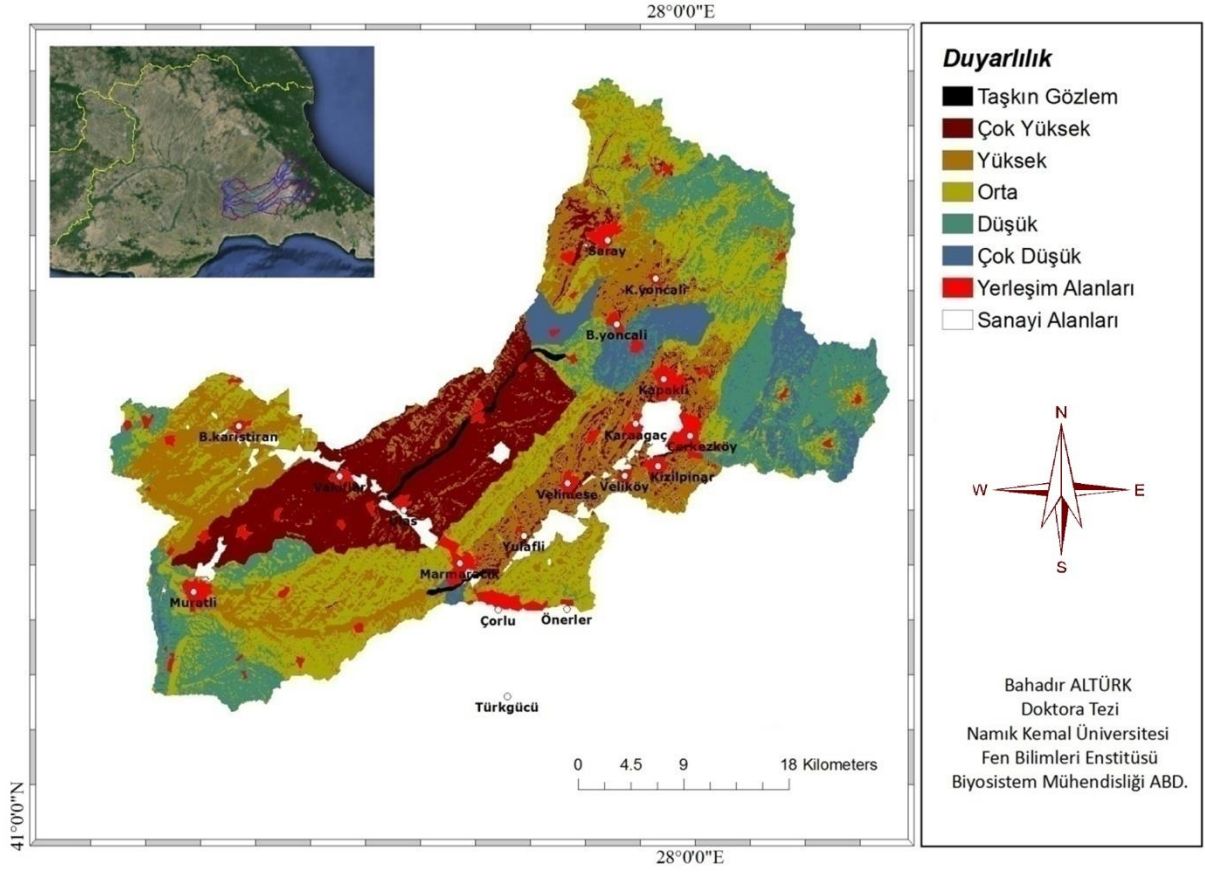
Çorlu Deresi'ne ait alt havzalarda ise özellikle Çerkezköy ve Çorlu ilçeleri arasındaki bölgenin taşkına son derece duyarlı olduğu sonucuna varılmıştır.

Ayrıca geçmiş yıllarda yerel ve ulusal basında da yer bulan, Çerkezköy, Saray ilçeleri ve Büyükkarıştıran beldesi civarında meydana gelen sel felaketlerinin de bu haritada ortaya koyulan taşkına çok yüksek ve yüksek duyarlı bölgelerde meydana geliyor olması sonuçların tutarlılığı açısından önem arz etmektedir.

ÇÖKA yöntemi ile elde edilen taşkın duyarlılığı haritasının doğruluğunun kontrol edilebilmesi için Ergene Deresi ve Çorlu Deresi'nin bazı bölgelerinde DSİ tarafından belirlenmiş taşkın gözlem alanları, taşkın duyarlılığı haritası ile karşılaştırılmıştır (Şekil4.76). Taşkın gözlem alanları Ergene Deresi üzerinde Büyükyoncalı ve Ulaş Beldesi arasındaki alanı, Çorlu Deresi üzerinde ise Çerkezköy merkez ve Çorlu merkezin belli kısımlarını kapsamaktadır.

Çakıştırılan alanlar beraber değerlendirildiğinde; gözlemlenen taşkın alanlarının yaklaşık %72'sinin çok yüksek, %6'sının ise yüksek sel ve taşkın duyarlılığı olan bölge içerisinde yer aldığı sonucuna varılmıştır (Çizelge 4.28).

TAŞKINA DUYARLI ALANLAR VE TAŞKIN GÖZLEM ALANLARI



Şekil 4.76. Taşkına duyarlı alanlar ve taşkın gözlem alanları

Çizelge 4.28. Sel ve taşkına duyarlı alanların gözlenmiş taşkın alanları ile karşılaştırılması

Sel ve Taşkın Duyarlılığı	Oran (%)
Çok Yüksek	71,8
Yüksek	5,7
Orta	13
Düşük	7,3
Çok Düşük	2,2

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tez çalışmasında, Trakya Bölgesi'nin sanayileşme ve şehirleşme dinamiklerinin en fazla yaşandığı sıcak nokta (hot spot) bölgesinde arazi kullanım/razi örtüsünün geçmişten günümüze nasıl şekillendiği, gelecekte farklı senaryolar çerçevesinde nasıl bir değişikliğe uğrayacağı, arazi kullanım/razi örtüsü değişikliğinin olası iklim değişikliği ile beraber yüzey su kaynaklarına nasıl etki edeceği, alt havzaların taşkına ne derecede duyarlı olduğu ve artan sanayileşme ve şehirleşme ile birlikte gelecekte sektörel su tahsisinin nasıl şekilleneceği kapsamlı olarak araştırılmıştır.

5.1. Arazi Kullanım/Arazi Örtüsü Değişikliğine Dair Sonuçlar

Doğal ve sosyo-ekonomik olaylar arazi yapısının mekansal değişimini farklı zaman dilimlerinde ve miktarlarda etkileyebilen etmenlerdir. Geleceğe dair iyi bir arazi planlamasının yapılabilmesi, geçmişteki değişiklikleri ve geleceğe dair ortaya koyulan ulusal, bölgesel ve yerel stratejileri iyi analiz etmekle mümkündür.

Araştırma bölgesi, modern tarım faaliyetlerinin etkin bir biçimde uygulandığı, verimli tarım arazilerine sahip bir bölgedir. Arazi kullanım/razi örtüsü olarak en fazla yer kaplayan bu sınıf 1990'lı yıllardan itibaren dağınık sanayi alanlarının bölgede hızla artması ve bu sanayi alanlarının getirdiği göç neticesinde düzensiz şehirleşme ile baskı altındadır. Şehir ve sanayi alanları gibi yapay yüzeylerin tarım arazileri üzerinde genişlemesi toprak yüzeylerin yok olmasına sebebiyet vermektedir. Bu durum ülkenin tarımsal üretimini ve gıda güvenliğini olumsuz etkilemektedir.

Araştırma bölgesinde öncelikli olarak, sanayi alanlarının yeni artmaya başladığı geçmiş (1990 yılı) ve günümüz (2014 yılı) arasındaki 25 yıllık döneme ait arazi kullanım/razi örtüsü değişikliği analiz edilmiştir.

Bu zaman diliminde arazi kullanım/razi örtüsünde meydana gelen değişimler incelendiğinde; yaklaşık 9140 ha tarım ve mera arazisinin yerleşim ve sanayi alanlarına dönüştüğü, alan artışının en fazla yerleşim ve sanayi alanlarında meydana geldiği, bu artışa karşılık en fazla azalışın da tarım ve mera alanlarında olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Her ne kadar tarım alanları ve orman alanları birlikte korunması gereken alanlar olsa da, araştırma bölgesinde tarım ve mera alanlarının, orman alanları ve doğal bitki örtüsünden çok daha fazla bir değişime maruz kaldığı ortaya çıkmıştır. Orman alanları ve doğal bitki örtüsünde çok az bir dönüşüm yaşanmasının en önemli sebeplerini; bu alanların yollara ve yerleşim bölgelerine daha uzak olması, topoğrafik açıdan daha eğimli araziler üzerinde bulunması, bazı politik kararlar ve orman alanlarındaki tahribata kamuoyunun ve sivil toplum kuruluşlarının daha

fazla tepki vermesi olarak sıralayabiliriz. Askeri alanlar, havaalanı ve 1. derece yollarda 25 yıllık zaman diliminde herhangi bir değişim meydana gelmemiştir. Karasal su yüzeylerinde her ne kadar %544'lük bir artış olsa da alansal olarak artış sadece 62 ha'dır. Karasal su yüzeylerinde alansal olarak çok fazla değişim olmamasının sebebi, araştırma bölgesinin topoğrafik yapısının büyük baraj yapımına müsait olmamasıdır. Maden alanlarında ise 278 ha'lık bir artış söz konusudur. Bu madenler daha çok taş ocakları ve kömür madenleridir.

Geçmiş ve mevcut durumdaki arazi kullanım/arazi örtüsü ortaya konduktan sonra gelecekteki arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliği CLUE-S modeli yardımıyla belirlenmiştir. Geleceğe yönelik, araştırma bölgesi için ortaya koyulan yerel ve ulusal planlar, projeler ve stratejik hedefler en ince ayrıntısına kadar incelenerek modelleme için gerekli mekansal talepler belirlenmiştir. Bu doğrultuda 1990 ve 2014 yılları arasındaki hızlı sanayileşme ve şehirleşmenin gelecekte de devam edeceği düşünülerek arazi sınıflarının ne kadar artışa ve azalışa maruz kalacağı ilk olarak doğrusal eğilim analizi ile belirlenmiştir. Talepler doğrusal eğilim analizinden farklı olarak bir de 1/25000 ölçekli Tekirdağ İl Çevre Düzeni Planı dikkate alınarak hesaplanmıştır. Çevre Düzeni Planı'nda, 2023 yılı hedef alınarak mekansal gelişim alanları ortaya koyulmuştur. Doğrusal eğilim analizi ile 2023 yılı için belirlenen yerleşim alanlarının miktarı Çevre Düzeni Planı'ndan yaklaşık 3500 ha daha azdır. Bunun en önemli nedeni Çevre Düzeni Planı'nda mevcut sanayi alanlarının 2023 yılında tamamen dolacağına varsayılarak, sanayinin getireceği ek nüfusun ihtiyacı olan kentsel alanların bu yıl için hesaba katılmış olmasıdır. Her iki mekansal hesaplamada da yerleşim alanlarının tarım alanları üzerinde genişleyeceği öngörülmüştür.

Doğrusal eğilim analizindeki talep miktarları 3 farklı yıl (2023, 2030, 2050) için hesaplanmıştır. Mevcut sanayi alanlarındaki doluluk oranı günümüz itibari ile %45-50 civarındadır. Yapılan planlamalarda yeni sanayi alanlarına izin verilebilmesi bu alanların %75'inin veya tamamının dolu olmasının şartına bağlıdır. Bu durum göz önünde bulundurularak 2050 yılına kadar sanayi alanlarının artmayacağı ve 2030 yılından sonra artacağı varsayımları değerlendirilerek doğrusal eğilim analizi ile talep miktarları belirlenmiştir.

Geleceğe yönelik analizler yapmadan önce modelin gerçek arazi kullanım/arazi örtüsü ile tutarlılığı belirlenmiştir. 1990 ve 2014 yılları referans alınarak gerçekleştirilen kalibrasyon aşaması sonucu elde edilen 2014 yılı simulasyon haritasının, 2014 yılı gerçek arazi kullanım/arazi örtüsü haritasıyla 1x1 piksel ölçeğinde karşılaştırması neticesinde %96 doğruluk oranı elde edilmiştir. Doğruluk oranının yüksek olmasının nedenlerinin başında yerleşim alanlarının imar sınırları çerçevesinde, sanayi alanlarının 1/5000 ölçekli planlar

çerçevesinde vektör veriye dönüştürülmesi gelmektedir. Bir diğer önemli bir neden de bazı yönlendirici faktörler ve arazi sınıfları arasındaki istatistiksel ilişkinin çok kuvvetli olmasıdır.

Model sonuçlarının gerçek arazi verileriyle istatistiksel açıdan doğru sonuç vermesi modelin gelecekteki senaryolar ışığında güvenle çalıştırılabileceğinin göstergesidir. Son 25 yıllık zaman diliminde, araştırma bölgesinde çevresel, ekolojik, kültürel ve ekonomik bir koruma programı uygulanmamıştır. Bu zaman diliminde verimli tarım arazileri ve yeraltı suyu besleme alanlarında sanayi ve yerleşim alanlarının hızla ve dağınık bir biçimde arttığı sonucuna varılmıştır. Tarım alanları ve orman alanları, ekolojik, çevresel ve sosyo-ekonomik açıdan çok değerli arazi sınıflarıdır. Bu alanların farklı arazi kullanım/arazi örtüsü ile bölünmesi, delinmesi ve parçalanması, geri dönüşü olmayan bir tahribata sebebiyet vermektedir. Su kaynakları, gıda güvenliği, ülke ekonomisi ve insan psikolojisi açısından bu arazilerin mutlaka koruma altında olması gerekmektedir. Bu hassasiyetler çerçevesinde geleceğe yönelik yapılan arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliği senaryolarının sonuçları değerlendirilmiştir.

Koruma uygulaması yapılmayan senaryoda, yerleşim alanlarının özellikle nüfus yoğunluğu fazla olan Çorlu ve Çerkezköy ilçelerinin etrafında yoğunlaştığı, sanayi alanlarının ise OSB'lerin hemen yanında gelişme gösterdiği sonucuna varılmıştır. Arazi kullanım/arazi örtüsündeki en fazla değişim yerleşim alanları ve tarım alanları arasında meydana gelecektir. Yerleşim alanları artan nüfusa bağlı olarak hızlı bir genişleme gösterirken, verimli tarım arazileri azalmaya devam edecektir. Orman alanları ve doğal bitki örtüsünde geçmişte olduğu gibi gelecekte de önemli bir değişim olmayacaktır. Sanayi alanlarına izin verildiği takdirde sanayi alanlarındaki genişleme mevcut OSB alanlarının hemen yanında bunlara ek olarak gerçekleşecektir.

Orman alanları ve arazi kullanım kabiliyetine göre I., II., III. sınıf tarım alanlarına koruma uygulaması yapılması durumunda, yerleşim alanları ve sanayi alanlarının koruma uygulaması yapılmayan IV. sınıf tarım arazileri ve VI-VII. sınıf (toprak işlemeli tarıma elverişsiz) araziler üzerinde genişleme göstermesine neden olacaktır. Ancak koruma uygulanmayan araziler bölgede çok sınırlıdır ve 2050 yılındaki kentsel ve sanayi alanlarına ait mekansal talebi karşılayamamaktadır. Ayrıca bu araziler fazla eğimli, yerleşim alanlarından ve yollardan uzak bölgelerdir. Yerleşim alanları ve sanayi bölgelerinin bu alanlarda genişleme göstermesi sosyal, çevresel, politik ve ekonomik açıdan araştırma bölgesi için mümkün gözükmemektedir. Kısacası bu koruma uygulaması ile mevcut nüfus artışının ve sanayinin getireceği ek nüfus yükünün ihtiyacı olan kentsel gelişim sağlanamayacak, verimli tarım arazileri ise korunmuş olacaktır.

Yeraltı suyu besleme alanlarının koruma altına alındığı senaryoda, Çerkezköy ve Çorlu ilçeleri koruma alanı içerisinde kaldığı için yerleşim alanları ve sanayi alanları daha çok Ulaş-Büyükkarıştıran aksında ve Muratlı-Büyükkarıştıran aksında gelişme gösterecektir. Muratlı ve Büyükkarıştıran aksı, Çorlu ve Çerkezköy aksından sonraki ikinci en yoğun sanayi ve kentsel gelişime sahip alandır. Bu senaryonun gerçekleşmesi neticesinde Muratlı-Tekirdağ aksında bir kentsel yayılma ihtimali de ortaya çıkmaktadır. Ayrıca yeraltı suyu besleme alanlarında koruma uygulaması yapılması özellikle araştırma bölgesinin hem yüzey hem yeraltı su kaynaklarını miktar ve kalite açısından son derece olumlu etkileyecektir.

Nüfus yoğunluğu yönlendirici faktör olarak esas alındığında Çorlu, Çerkezköy ve Kapaklı ilçeleri çok yoğun bir şehirleşmeye maruz kalacaklardır. Kısa zaman diliminde bu derece hızlı ve yoğun bir kentleşme, yönetim sorunlarını beraberinde getirmekle kalmayıp, bölgeyi politik, kültürel, teknik ve sosyolojik olarak da olumsuz etkileyecektir.

Nüfus yoğunluğunun yönlendirici faktör olarak esas alınmadığı takdirde ise Çorlu, Çerkezköy ve Kapaklı ilçelerindeki kontrolsüz büyüme kısıtlanarak, kentsel gelişme Çorlu-Çerkezköy ve Çorlu-Büyükkarıştıran aksında ve diğer yerleşim alanlarında eşit bir dağılım gösterecektir. Kentsel yayılımın bu senaryodaki gibi şekillenmesi neticesinde özellikle nüfusu daha az belde ve ilçelerdeki sosyal ve kültürel imkanlar artacak, ulaşım, sağlık, eğitim ve altyapı gibi sorunlar daha kolay çözülecektir. Bu senaryonun diğer olumlu bir yanı Çorlu-Çerkezköy aksındaki bölünmüş, delinmiş, parçalanmış tarım alanlarının yerleşim alanları ve sanayi alanları ile dolması sebebiyle çekirdek (core) tarım arazilerinin bütün halinde kalacak olmasıdır. Çekirdek (core) tarım arazileri; bölünmüş, parçalanmış ve delinmiş tarım arazilerine göre değişime daha zor uğrayan bölgelerdir. Bu senaryoda tarımsal arazilerden mekansal olarak faydalanma verimi senaryo 1'e göre çok daha fazladır.

5.2. Hidrolojik Modelleme Sürecinin Değerlendirilmesi

Arazi kullanım/razi örtüsü değişikliği ve iklim değişikliğinin su kaynaklarına etkisinin birlikte değerlendirilmesi arazi ve su kaynakları yönetimi açısından önemlidir. Su kaynaklarının geleceğe yönelik değişkenliklerinin tahmin edilebilmesi öncelikle modelin gerçek fiziksel koşullara yakın sonuçlar üretebilmesiyle mümkün olmaktadır. Kalibrasyon süreci modelin tutarlı sonuçlar verebilmesi için mutlaka yapılması gereken bir işlemdir. Kalibrasyon sürecini etkileyen birçok parametre bulunmaktadır. Her parametre kalibrasyon sürecini aynı ölçüde etkilememektedir. Bu süreci etkileyen en önemli parametreler hassaslık analizi ile en uygun değer aralıklarında belirlenmelidir. Validasyon (doğrulama) sürecinde ise kalibre edilen parametrelerin gözlenmiş değerlerle ne derece tutarlı olduğu ortaya çıkmaktadır. Modellemede 9 farklı parametre hassaslık analizine tabi tutulmuş, analiz

sonucunda hidrolojik sürecin 3 parametreye (Alt akış alfa faktörü, yeraltı suyu gecikmesi, başlangıç yüzey akış eğri numarası) hassas olduğu belirlenmiştir.

Model, Bakırca Alt Havzası'na ait nehir akım gözlem istasyonu referans alınarak kalibre edilmiştir. Gözlem verilerinin kısa dönemli olması nedeniyle model günlük olarak kalibre edilmiştir. 2009-2011 kalibrasyon döneminde %75, 2013-2014 validasyon döneminde ise %71 tutarlılık oranıyla gözlem ve model çıktılarının istatistiksel açıdan anlamlı sonuçlar verdiğini söyleyebiliriz. Kalibrasyon ve validasyon performanslarına göre SWAT modelinin, havzanın gözlenmiş akışlarını başarıyla temsil edebildiği yani havza akışlarını türetmede kullanılabileceği gösterilmiştir.

Bir sonraki aşamada, RegCM3 bölgesel iklim modelinden elde edilen, araştırma bölgesinin su toplama havzasına ait 1961-1990 yılı alansal yağış ve sıcaklık verilerinin tutarlılığı Mann-Whitney U (M-W) Homojenlik Testi ile değerlendirilmiştir. Hidrolojik süreci diğer meteorolojik parametrelere göre daha fazla etkileyen alansal yağış verilerinin, sıcaklık verilerine göre daha homojen olduğu belirlenmiştir. Hidrolojik süreci en fazla etkileyen parametrenin yağış verisi olduğu düşünülürse iklim modeli çıktılarının, araştırma bölgesini yağış bakımından güvenilir derecede temsil ettiği söylenebilir.

RegCM3 bölgesel iklim modeli A2 seragazı salım senaryosundan elde edilen yağış verilerini aylık ve mevsimsel olarak incelediğimizde; 2020-2039 döneminde aylık yağış ortalamalarının özellikle sonbahar mevsiminde azalacağı, diğer mevsimlerde artış göstereceği, 2040-2059 döneminde ise aylık yağış ortalamalarının yaz ve sonbahar mevsimlerinde azalacağı, kış ve ilkbahar dönemlerinde ise artış göstereceği sonucuna varılmıştır.

Geleceğe yönelik su bütçesini yıllık olarak hesaplamaktan ziyade dönemsel olarak ortaya koymak, iklim ve arazideki değişikliklerin su kaynakları üzerinde yarattığı etkiyi anlamak açısından daha anlamlı olmaktadır. Araştırmada, olası iklim ve arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliğinin Bakırca Alt Havzası'nda akımlara ve su dengesine nasıl etki edeceği 2020-2039 ve 2040-2059 dönemleri için ortaya koyulmuştur. Modellemede, 2020-2039 dönemi için senaryo1'den elde edilen 2030 yılı arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliği haritası, 2040-2059 dönemi için ise 2050 yılı arazi kullanım/arazi örtüsü haritası kullanılmıştır. Bakırca Alt Havzası'nda arazi kullanım/arazi örtüsünün gelecekte çok az değişikliğe uğrayacak olması, iklim değişikliğinin havzanın su kaynaklarına arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliğinden daha fazla etki edeceğinin göstergesidir.

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, Bakırca Alt Havzası'nda aylık ortalama akımların gelecekte her iki dönemde de kış ve ilkbahar mevsimlerinde artacağı, yaz ve sonbahar dönemlerinde ise azalacağı tahmin edilmektedir. Akımların, gelecekte kış ve ilkbahar

mevsiminde artış gösterecek olması sanayi ve evsel kullanım için su sağlayacak Ayvacık ve Yoncalı barajlarının su bütçesine olumlu katkı yapacaktır.

Tarımsal faaliyetlere ve su kaynaklarına yönelik planlamalarda yağış- evapotranspirasyon (su dengesi) dengesinin tahmin edilmesi büyük önem arz etmektedir. Su dengesindeki açığı zamansal ve mekansal olarak ortaya koyabilmek, su kaynaklarının yönetimini optimize etmek ve su kısıtından doğabilecek olumsuzlukları en aza indirebilmek açısından karar vericilere büyük fayda sağlamaktadır. Özellikle kurak dönemlerde barajların hazne işletim yönetiminde nasıl bir strateji sergileneceği, artan nüfusun ihtiyaçlarına mevcut kaynakların cevap verip veremeyeceği, yeni su kaynaklarına ve havzalar arası su transferine ihtiyaç duyulup duyulmayacağı, havza su dengesi analizi neticesinde ortaya çıkmaktadır.

Araştırmada, Bakırca Alt Havzası'nda her iki dönemde de gerçek evapotranspirasyonun yaz aylarında yağıştan daha fazla olacağı ve bu durumun yaz aylarında yüzey su kaynaklarının su bütçesinde azalmaya sebep olacağı tahmin edilmektedir. Ayrıca bu durum tarımsal açıdan üretim verimliliğinde kayıplara neden olacaktır.

Araştırma bölgesinde, gelecekte tarım alanları üzerinde yerleşim alanları ve sanayi alanlarının hızlı bir şekilde artacak olması geçirimsiz yüzeylerin daha da artmasına, toprağın daha az su almasına ve böylelikle yüzey akış miktarının artmasına sebebiyet verecektir. Evsel ve endüstriyel atıksuların Ergene ve Çorlu Dereleri'ne boşaltılmaları neticesinde bu dereler doğal akış düzenlerini kaybetmişlerdir. Havzanın çıkış noktasında su bütçesini hesaplamak bu açıdan mümkün olmamaktadır. Hidrolojik modelin kalibre edilmeden çalıştırılması su bütçesini oluşturan parametrelerin gelecekte miktar olarak tahmin edilmesini mümkün kılmamakla birlikte, artış ve azalışta hangi eğilimde olacağına dair genel bir fikir sağlamaktadır.

Modelleme sonucunda, arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliği nedeniyle artacak şehirleşme ve sanayileşmenin 2023-2050 yılları arasında yüzey akışta kademeli olarak artışa sebep olacağı sonucuna varılmıştır. Bununla birlikte yüzey akıştaki artış toprağa giren su miktarını azaltarak toprak neminin ve yeraltı suyu besleniminin azalmasına, toprak erozyonunun ve su kirliliğinin artmasına sebebiyet verecektir. Ayrıca sel ve taşkına duyarlı olan bölgedeki yüzey akışlardaki artışın daha sık sel ve taşkın afetlerine sebep olması kuvvetle muhtemeldir.

5.3. Sektörel Su Tahsisinin Değerlendirilmesi

Araştırma bölgesi endüstriyel ve tarımsal faaliyetlerin bir arada bulunduğu, göç unsuru ile birlikte şehirleşmenin hızla arttığı, çevresel, kültürel ve ekonomik problemlerin ön plana çıktığı bir bölgedir. Bu durum bir anlamda, gelişmekte olan ülkelerin geçirdiği evrelerin

mikro halini yansıtmaktadır. Artan endüstriyel üretim, evsel kullanım ve tarımsal faaliyetler neticesinde son 25 yılda suya olan talep hızla çoğalarak su kaynaklarının azalmasına ve kirlenmesine neden olmuştur.

Bölge için gelecek açısından ortaya koyulan ekonomik gelişim projeksiyonlarında sanayi faaliyetlerinin hız kesmeden devam edeceği, göçle birlikte nüfusun daha da artacağı ve böylelikle suya olan talebin daha rekabetçi hale geleceği bilinmektedir. Son 25 yıldır sektörlerin ihtiyacı olan su yeraltından karşılanmaktadır. Bu dönemde, DSİ verilerine göre, aşırı su tüketimi sonucu yeraltı su seviyesinde 100-150 m düşüşler meydana gelmiştir. Yerleşim alanlarındaki kayıp-kaçak oranları, özellikle tekstil, kimya ve gıda sanayinin aşırı su kullanımı ve tarımsal faaliyetler için açılan su kuyuları yeraltı suyunun azalmasındaki başlıca sebeplerdir.

Çalışmada öncelikle, araştırma bölgesinin sektörel su kullanıcıları ve bu sektörler su temin eden kaynakların mevcut durumu ortaya koyulmuştur. Bir sonraki aşamada, bölgedeki su kaynaklarının planlanmasına yönelik projeler ekseninde, sektörler arası suyun nasıl tahsis edileceği farklı senaryolarla analiz edilmiştir. Üç farklı nüfus öngörüsü ile birlikte, yerleşim alanlarındaki kayıp-kaçak oranının günümüz koşullarıyla aynı kalması ve azaltılması varsayımlarıyla oluşturulan senaryolarda, sektörlerin ihtiyacı olan su talebinin, bu ihtiyaca cevap verebilecek su arzının ve karşılanamayan talebin gelecekteki durumu detaylı olarak hesaplanmıştır.

Mevcut duruma göre elde edilen sonuçlarda, akiferin ortalama yıllık $61,8 \text{ hm}^3$ emniyetli verim haddinin sektörlerin ihtiyacı olan $202,2 \text{ hm}^3$ suyu karşılamaya yetmediği ortaya çıkmıştır.

2023 yılı için 1/25000 Tekirdağ İl Çevre Düzeni Planı'nda öngörülen, İller Bankası yöntemiyle 2030 yılı için öngörülen ve İller Bankası yöntemine ek nüfusun eklenmesiyle 2030 yılı için öngörülen nüfus projeksiyonlarının ele alındığı çalışmada sektörel su tahsisinin gelecekteki durumu üç farklı senaryo ile ortaya koyulmuştur.

1/25000 Tekirdağ İl Çevre Düzeni Planı'nda 2023 yılı için hesaplanan nüfus sayısı 1523000 kişi, İller Bankası yöntemi ile 2030 yılı için hesaplanan nüfus sayısı 1207653 kişi, İller Bankası yöntemi ile 2030 yılı için belirlenen nüfusa ek nüfusun eklenmesiyle hesaplanan nüfus sayısı 1814000 kişidir.

Nüfus projeksiyonları ve senaryolar birlikte değerlendirildiğinde, sektörlerin yıllık toplam su ihtiyacının en fazla $432,3 \text{ hm}^3$ (senaryo3+iller bankası yöntemi 2030 yılı + ek nüfus), en az $357,9 \text{ hm}^3$ (senaryo1 + iller bankası yöntemi 2030 yılı nüfusu), sektörlerin karşılanamayan taleplerinin en fazla $28,8 \text{ hm}^3$ (senaryo3 + iller bankası yöntemi 2030 yılı

nüfusu), en az 5,6 hm³ (senaryo1 + iller bankası yöntemi 2030 yılı + ek nüfus) olduğu sonucuna varılmıştır.

Sanayi alanlarına Meriç Nehri'nden su transfer edilecek olmasından dolayı endüstriyel ihtiyaçta karşılanamayan talep olmayacaktır. Yerleşim alanlarının kayıp-kaçak oranında iyileştirme yapılamaması ve nüfusun 1,5-1,8 milyon arasında olması durumunda 8-10 hm³ suyun kaynaklar tarafından karşılanamayacağı söz konusudur. Kayıp-kaçak oranının iyileştirilmesi durumunda ise karşılanamayan talep 0,1-0,8 hm³ civarında olacaktır. Tarımsal sektörde bitkisel üretimin ihtiyacı olan suyun evsel atıksulardan sağlanması planladığı için şu aşamada bu sektör için kesin sonuç çıkarımları yapmak doğru olmamaktadır. Her ne kadar analizde DSİ tarafından belirlenen tarımsal su ihtiyacı hesaba katılmış olsa da optimum bitki ürün deseni belirlenmeden, evsel atıksuların tarımda kullanılabilirliği analiz edilmeden ve hangi sulama yöntemiyle ürünlerin sulanacağına karar verilmeden, tarım sektörünün ihtiyacı olan su konusunda doğru ve sağlıklı sonuca ulaşmak mümkün değildir.

Sektörlerin ihtiyacı olan su miktarlarının barajlardan ve göletlerden karşılanamaması durumunda eksik kalan ihtiyaçlar yeraltı suyundan karşılanacaktır. Üç farklı senaryo için Çorlu Akiferi'nin beslenme miktarları değerlendirildiğinde; yıllık olarak en fazla 55,8 hm³ (senaryo1 + iller bankası yöntemi 2030 yılı nüfusu), en az 35 hm³ (senaryo1 + iller bankası yöntemi 2030 yılı + ek nüfus) olacağı hesaplanmıştır. Kayıp-kaçak oranında iyileştirilme yapılamaması durumunda (%45 kayıp-kaçak oranı), Çorlu ilçesi hariç diğer tüm yerleşim alanları suyu talep ettikleri kaynakların tamamını kullanacaklardır. Kayıp-kaçak oranının %20'ye yani hedeflenen düzeye düşürülmesi durumunda sadece Marmara Ereğlisi, Saray ve Çerkezköy ilçeleri suyu talep ettikleri kaynakların tamamını kullanacaklardır.

5.4. Sel ve Taşkın Duyarlılığı Analizine Yönelik Sonuçlar

Taşkından dolayı meydana gelen afetler maddi, manevi birçok zarara sebep olmaktadır. Araştırma bölgesinin iki önemli yüzey suyu Ergene ve Çorlu Dereleri şiddetli yağışlarda sık sık yataklarından taşarak sel baskınlarına sebebiyet vermektedirler. Özellikle yerleşim ve sanayi alanlarının dere kenarlarına çok yakın bir alanda konumlanması son 25 yıldır bölgede geçirimsiz yüzeylerde hızlı artışa sebep olmuştur. Bu durum sel ve taşkın riskinden doğan zararların daha da fazlalaşmasına sebebiyet verebilmektedir. Afet zararlarının azaltılması, ülke, bölge ve kent ölçeğindeki kalkınma planlarında, potansiyel risk alanlarının dikkate alınıp doğru stratejilerin geliştirilmesi ile sağlanabilmektedir.

ÇÖKA yöntemi, taşkına duyarlı alanları alt havza bazında incelemek için kullanılan yöntemlerden bir tanesidir. Her ne kadar taşkın risk alanlarının belirlenmesinde 1 ve 2 boyutlu taşkın risk modelleri çok daha detaylı sonuç verse de, ÇÖKA yöntemi basit ve kullanışlı

olmasından dolayı sıkça tercih edilmektedir. Yöntemin sağlıklı sonuçlar verebilmesi taşkına neden olan ölçütlerin doğru ve eksiksiz bir şekilde seçilmesine bağlıdır.

Araştırmada elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde; eğimi az, yapay yüzeylerin (yerleşim alanları, sanayi alanları) fazla olduğu alt havzalarda taşkın duyarlılığının çok yüksek ve yüksek olduğu sonucuna varılmıştır. DSI'den elde edilen taşkın gözlem alanları ile ÇÖKA yönteminden elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında, gerçek gözlem alanlarının yaklaşık %78'si taşkına çok yüksek ve yüksek duyarlı bölgeler içerisinde yer almaktadır. Bu bağlamda ÇÖKA yöntemi ile elde edilen taşkın ve sel duyarlılık haritasının doğru sonuçlar verdiği söylenebilir.

Hızlı şehirleşme ve sanayileşme baskısı altındaki bölgede taşkın riski altındaki alanların detaylı olarak belirlenmesi geleceğe yönelik bölgesel planlamanın ve imar faaliyetlerinin daha sağlıklı şekilde yürütülmesine fayda sağlayacaktır. Taşkın riski altındaki alanların taşkın koruma projeleri ile kontrol altına alınarak bu alanlarda yapılaşmaya izin verilmemesi, bu alanların afet yönetimi kapsamında değerlendirilerek sel ve taşkından doğacak maddi ve manevi olumsuzlukların en aza indirilmesi büyük önem arz etmektedir.

Sonuçların, karar vericilere, bütünleşik havza yönetiminin bir parçası olan taşkın ve sel riski potansiyelinin değerlendirilmesi konusunda bölgesel ölçekte bir öngörü sağlayacağı düşünülmektedir.

5.5. Genel Değerlendirme ve Öneriler

Araştırma bölgesi 25 yıldır plansız sanayileşme ve kentleşme çemberi içerisinde bölgesel planlama anlamında kimliğine kavuşamamış bir görüntü çizmektedir. Trakya'nın genelinde olduğu gibi yüksek tarım potansiyeline sahip bu bölge zengin tarım arazilerinin yanında doğal orman alanlarına, Ergene Nehri'nin ana kaynağına ve yeraltı suyu besleme alanlarına sahip olması bakımından sadece sanayi ve hizmet odaklı gelişim faaliyetlerine değil ekolojik gelişim potansiyeline de sahip bir bölgedir. Geleceğe yönelik yapılan planlamalarda dağılmış sanayi alanlarının OSB çatısı altında birleştirilmesi, evsel ve endüstriyel atıkların gelişmiş arıtma tesisleri ile arıtılarak kontrol altına alınacak olması, sektörlerin ihtiyacı olan suyun yeraltından ziyade yüzey su kaynaklarından karşılanacak olması, çevresel farkındalığın karar vericiler tarafından da dikkate alındığını ve atılacak adımlarla bölgede arazi ve su kaynakları yönetiminde olumlu gelişmelerin olacağını göstergesidir. Ancak OSB'lerdeki boş alanların sanayi tesisleri ile dolacak olması bölgeye gelen göçü daha da tetikleyerek şehirleşmenin artmasına, tarım alanlarının azalmasına, orman alanları ve yeraltı suyu besleme alanlarındaki baskının daha da çoğalmasına, kültürel yapının zarar görmesine ve birçok yönetsel soruna neden olmaya devam edecektir.

Bu araştırma ile, farklı senaryolar ışığında bölgenin gelecekteki arazi yapısında meydana gelebilecek değişimler, arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliği ile beraber iklim değişikliğinin nehirlerin akımlarına, su dengesine ve yüzey akışına nasıl etki edeceği, hangi alt havzaların taşkına ne derece duyarlı olduğu, sektörler arası su tahsisinin genel çerçevesi ve gelecekteki durumu belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmanın genel sonuçları ve bu sonuçlara göre ortaya koyulacak öneriler ele alındığında:

Arazi kullanım/arazi örtüsünde meydana gelecek değişimler, araştırmadaki senaryolar haricinde farklı ekonomik ve çevresel senaryolarla desteklenmelidir.

Tarımsal alanların bölünerek ve delinerek daha fazla azalmasını önlemek için kentsel ve endüstriyel gelişim alanlarının, sanayi ve yerleşim alanlarındaki parçalanmış araziler üzerinde imar edilmesi sağlanarak çekirdek (core) tarım arazilerinin yapısı korunmalıdır. Böylelikle tarımsal üretimin sürekliliği ve verimliliğinde artış sağlanacaktır.

50-100 yıllık gelişim planları ile bölgenin nüfus taşıma kapasitesi bilimsel veriler ışığında belirlenerek, bölgeye gelecek olan göçün ivedilikle sınırlandırılması gerekmektedir.

Çevre Düzeni Planları'nda belirlenen kentsel gelişim alanları ve doğal alanlar arasındaki sınır keskin hatlarla belirlenip, orman alanları, sulak alanlar ve yeraltı suyu besleme alanları koruma altına alınmalı, tarım arazileri ise tarımsal sit alanı ilan edilmelidir.

Kentsel gelişim alanları sadece ilçe merkezlerinin bulunduğu bölgede değil, diğer küçük beldeler civarında da planlanmalıdır. Bu durumda ilçelerin taşıma kapasitesi azaltılarak diğer yerleşim alanlarının gelişmesi sağlanabilir.

Gelecekte sanayi alanlarında artacak çalışan kesimin ulaşım ihtiyaçları toplu taşıma olarak raylı sistemlerle çözümlenmelidir. Ulaşım master planlarının bu çerçevede değerlendirilmesi yeni açılacak yolların en aza indirilmesini sağlayarak hem ekonomiye katkı sağlayacak hem de tarım arazilerinin daha az bölünmesine neden olacaktır.

Bölgedeki kentsel planlama projeleri gelecekteki nüfusun sadece barınmasına yönelik konut ihtiyacına göre değil, insanların sosyal ve kültürel etkinliklerden, rahat ulaşım olanaklarından, kaliteli sağlık ve eğitim hizmetlerinden ve ortak yaşam alanlarının oluşturulduğu rekreasyon alanlarından en kaliteli şekilde faydalanabileceği şekilde hazırlanmalıdır.

Araştırma bölgesinde taşkın risk yönetiminin daha kapsamlı bir şekilde yürütülebilmesi için taşkın risk modelleri kullanılarak özellikle Ergene ve Çorlu Dereleri'nin yataklarında 1 ve 2 boyutlu modelleme çalışması yapılmalı, 50, 100 ve 500 yılda bir meydana gelmesi muhtemel yağışların nehirlerde yaratacağı taşkın alanları haritalanmalıdır.

Taşkın riski bulunan alanlarda taşkından meydana gelebilecek risklerin en aza indirilmesi için gerekli önlemlerin araştırılması gereklidir.

Kent master planlarında taşkın riski bulunan alanlar çok iyi değerlendirilerek yapılaşma faaliyetleri bu alanlar dışında projelendirilmelidir.

Arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliği ve iklim değişikliği su kaynakları üzerindeki en büyük baskıyı oluşturan etmenlerdir. Yağış rejimindeki düzensizlikler, sık sık tekrarlayan kurak dönemler, su havzalarında yapılaşmaya bağlı olarak geçirimsiz yüzeylerin artması hem yeraltı hem de yerüstü su kaynaklarını kalite ve miktar açısından olumsuz etkilemektedir. Araştırmada tek bir küresel model çıktısına (ECHAM5) ve sera gazı salım senaryosuna (A2) bağlı iklim verileri kullanılarak, nehir akımları, su dengesi ve yüzey akıştaki değişimler incelenmiştir. İklim değişikliği ve arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliğinin nehir akımlarına, yüzey akışa ve su bütçesine etkisinin daha ayrıntılı bir biçimde belirlenebilmesi için farklı arazi kullanım/arazi örtüsü ve iklim değişikliği senaryoları ile de modellenmesi gerekmektedir.

İklim değişikliği ve arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliği sektörlerin ihtiyacı olan suyun temin edilmesinde gelecekte büyük sorunlara neden olabilir. Bu sebeplerden kaynaklanabilecek sorunlara karşı hem ulusal hem de bölgesel ölçekte planlama yapılması, sorunların en aza indirilmesi için alınacak önlemlerin ivedilikle ortaya konması gerekmektedir.

Sanayi, tarım ve kentsel faaliyetlerin iç içe geçtiği araştırma bölgesinin en önemli sorunlarından bir tanesi de sektörlerin adil bir şekilde sınırlı su kaynaklarını nasıl paylaşacağıdır. Sektörler arası su rekabetini sadece talep olarak değil, bu ihtiyaçlara cevap verebilecek su kaynakları açısından da değerlendirmek büyük önem arz etmektedir. Araştırma bölgesinde yeraltı suyuna olan aşırı bağımlılık kaynağın azalmasına hatta gelecekte cevap veremeyecek duruma gelmesine sebep olabilir. Bölgede özellikle yüzey su kaynaklarına yapılan yatırımlarla sektörlerin yeraltı suyuna olan talebinin azaltılmasına hatta tamamen sonlandırılmasına çalışılmaktadır. Araştırmada, sektörler arası su tahsisine yönelik yapılan mevcut durum analizi ve gelecekteki senaryo analizleri, sektörel su tahsis planı hazırlama projeleri için bir ön çalışma niteliği taşımaktadır.

Sektörler arası su paylaşımlarının havza ölçeğinde ve bölgesel ölçekte farklılık gösterdiği bir gerçektir. Sektörel ihtiyaçları havza bazında ele almak birçok belirsizliği de ortaya çıkarmaktadır. Meriç-Ergene Havzası'nda sektörel su tahsisine yönelik sağlıklı ve doğru bir analiz yapabilmek için ülke düzeyinde bölgesel veya alt havza tahsis planlarının bulunması, havzadaki taşkın yönetiminin belirlenmesi, hidroelektrik enerji potansiyelinin ve

doğal hayatın sürekliliği için gerekli çevresel akışın hesaplanması, yeraltı suyu bütçesinin izlenmesi ve bölgedeki barajların işletme hesaplarının çok iyi analiz edilmesi gerekmektedir. Bu eksiklikler giderilmeden ortaya konacak her türlü plan ve proje zaman kaybına, ciddi masraflara sebebiyet verecektir.

Arazi, su kaynakları ve iklim uyumunun bölgesel anlamda küçük ölçekte ele alındığı bu araştırmanın, Trakya Bölgesi'nin stratejik planlarına ve Ergene Havzası Eylem Planı'nın alt hedeflerine bilimsel veriler ışığında bir katkı sağlayacağı, bölgesel ve ulusal anlamda daha büyük ölçekteki çalışmalara yol göstereceği, bütünleşik bir yapı gösteren arazi ve su kaynakları yönetiminde farklı stratejilerin geliştirilmesi, planlanması ve uygulanması aşamalarında ulusal ve bölgesel karar vericilere bir karar-destek mekanizması sağlayacağı düşünülmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Abbaspour K.C, Yang J, Maximov I, Siber R, Bogner K, Mieleitner J, Zobrist J, Srinivasan R (2007). Modelling Hydrology and Water Quality in the Pre-alpine/Alpine Thur Watershed Using SWAT. *Journal of Hydrology*, 333:413-430.
- Abbaspour K.C, Johnson A, van Genuchten M.Th (2004). Estimating Uncertain Flow and Transport Parameters Using a Sequential Uncertainty Fitting Procedure. *Vadose Zone Journal*, 3(4): 1340-1352.
- Al-Omari A, Al-Quraan S, Al-Salihi A and Abdulla F (2009). A Water Management Support System for AZB in Jordan. *Water Resources Management*, 23: 3165-3189.
- Akar İ. (2011). Çok Zamanlı Uydu Görüntüleri Kullanılarak Acıgöl (Türkiye)-Urumiye (İran) Göllerinde Su Yüzeyi Değişimleri ve Yakın Çevresinde Arazi Kullanımının Belirlenmesi, Yüksek Lisans tezi, Marmara Üniversitesi Ortadoğu Araştırmaları Enstitüsü Ortadoğu Coğrafyası Anabilim Dalı, İstanbul.
- Alcamo, J., P. Döll, T. Henrichs, F. Kaspar, B. Lehner, T. Rösch and S. Siebert, (2003a): Development and testing of the WaterGAP 2 global model of water use and availability. *Hydrol. Sci. J.*, 48, 317–338.
- Alcamo, J., P. Döll, T. Henrichs, F. Kaspar, B. Lehner, T. Rösch and S. Siebert, 2003b: Global estimates of water withdrawals and availability under current and future “business-as-usual” conditions. *Hydrol. Sci. J.*, 48, 339–348.
- Aldrich, John (1997). "R. A. Fisher and the making of maximum likelihood 1912–1922". *Statistical Science*. 12 (3): 162–176
- Álvarez Martínez J.M, Suárez-Seoane S, De Luis Calabuig E (2011). Modelling the Risk Ofland Cover Change from Environmental and Socio-Economic Drivers in Heterogeneous and Changing Landscapes: The role of Uncertainty. *Landscape Urban Plan*, 101: 108–119.
- Anonim (2005). T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, 2005.Tekirdağ İl Çevre Durum Raporu, Tekirdağ Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, [Tekirdağ.http://cdr.cevre.gov.tr/icd_raporlari/tekirdag2005.pdf](http://cdr.cevre.gov.tr/icd_raporlari/tekirdag2005.pdf), (erişim tarihi, 27.06.2016).
- Anonim (2008). T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü. Meriç-Ergene Havzası KorumaEylem Planı, http://www.uhabtsgp.com/resim/file/Ergene_Havzasi_Koruma_Eylem_Plani%5B1%5D.pdf (erişim tarihi, 27.06.2016).
- Anonim (2010). Tekirdağ İl Çevre Düzeni Planı Analitik Raporu. İstanbul Büyükşehir Belediye Başkanlığı Metropolitan Planlama ve Kentsel Tasarım Merkezi.
- Anonim (2011). T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ulusal Arazi Örtüsü Sınıflandırma Sistemi. <http://aris.ormansu.gov.tr>, (erişim tarihi, 27.06.2016).

- Anonim (2013). TR 21 Trakya Bölgesi 2014-2023 Bölge Planı Taslağı. <http://www.trakyaka.org.tr/uploads/docs/2014%20202023%20B%C3%96LGE%20PLANI%20TASLA%20C4%9EI%20BASKI.pdf>(erişim tarihi, 27.06.2016).
- Anonim (2014). World Population Prospects: The Revision 2014. <https://esa.un.org/unpd/wup/Publications/Files/WUP2014-Highlights.pdf> (erişim tarihi, 27.06.2016).
- Anonim (2014a). Ergene Havzası Su Kalitesi İzleme Raporu- Evsel ve Endüstriyel Kirlilik İzleme Programı. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ÇED İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü Laboratuvar Ölçüm ve İzleme Dairesi Başkanlığı.
- Arnell, N. and C. Liu (2001). Hydrology and Water Resources. Chapter 4 in Climate Change 2001: Impacts, Adaptation & Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). J. J. McCarthy, O. F. Canziani, N. A. Leary, D. J. Dokken and K. S. White. Cambridge, Cambridge University Press: 195-233.
- Arnell, N.W., 2004: Climate change and global water resources: SRES emissions and socio economic scenarios. Global Environmen. Chang., 14, 31–52.
- Arnold J.G, Neitsch S.L and Williams J.R (1998). Soil and Water Assesment Tool User Manual (version 98.1). USDA. ARS, Blackland Research Center, Temple, TX.
- Arnold J.G and Fohrer N (2005). SWAT2000: Current Capabilities and Research Opportunities in Applied Watershed Modeling. Hydrol. Process., 19(3): 563-572.
- Ascough, J.C., Rector, H.D., Hoag, D.L., McMaster, G.S., Vandenberg, B.C., Shaffer, M.J., Weltz, M.A. ve Ahjua, L.R., (2002). Multicriteria spatial decision support systems: overview, applications, and future research directions, Proceedings of The International Environmental Modelling And Software Society, Lugano, Switzerland.
- Barton C.M, Ullah I.I and Bergin S, (2010). Land Use, Water and Mediterranean Landscapes: Modelling Long-Term Dynamics of Complex Socio-Ecological Systems. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series A. 368(1931): 5275–5297
- Bayazıt M (1999). Hidroloji. İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, İstanbul. 1605: 127-131.
- Brath A, MontanariA, Moretti G (2006). Assessing the Effect on Flood Frequency of Land Use Change via Hydrological Simulation (With Uncertainty). J. Hydrol., 324: 141–153.
- Bossa A.Y, Diekkrüger B, Agbossou E.K (2014). Scenario-Based Impacts of Land Use and Climate Change on Land and Water Degradation from the Meso to Regional Scale. *Water*, 6: 3152-3181.
- Bostan A ve Akyürek Z (2007). Türkiye'nin Yıllık ve Mevsimsel Ortalama Yağış ve Sıcaklık Değerlerinin Trend Analizi. V. Ulusal Hidroloji Kongresi Bildiriler Kitabı,(83-92), Ankara.

- Bounfour A and Lambin E. F(1999). How Valuable Is Remotely Sensed Information? The Case of Tropical Deforestation Modelling. *Space Policy*, 15(3):149–158.
- Bozkurt, D., Turuncoglu, U., Sen, O.L., Onol, B., Dalfes, H.N., (2012). Downscaled simulations of the ECHAM5, CCSM3 and HadCM3 global models for the eastern Mediterranean-Black Sea region: Evaluation of the reference period. *Climate Dynamics*, 39 (1-2): 207-225.
- Bozkurt D., Sen, O.L., (2013). Climate change impacts in the Euphrates-Tigris Basin based on different model and scenario simulations. *Journal of Hydrology*, 480, 149-161
- Bozkurt D, Sen O.L, Hagemann S (2015). Projected River Discharge in the Euphrates-Tigris Basin from a Hydrological Discharge Model Forced with RCM and GCM Outputs. *Clim Res*, 62:131-147.
- Cheng, Y.-f., Wang, G.-x. & Xi, H.-y. & Wang, J.-d. Variations of land evapotranspiration in the plain of the middle reaches of Heihe River in the recent 35 years. *Journal of Glaciology and Geocryology* 29, 406–412 (2007)
- Chien H, Yeh P.J.F, Knouft J.H (2013). Modeling the Potential Impacts of Climate Change on Streamflow in Agricultural Watersheds of the Midwestern United States. *J. Hydrol.*, 491: 73–88.
- Christensen J.H., Hewitson, B., ve Busuioc, A. (2007). Regional climate projections. In Solomon S, Qin D, Manning M ve ark. (eds) *Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Cohen J (1960). A Coefficient of Agreement for Nominal Scales. *Educational and Psychological Measurement* Vol.20, No.1: 37-46.
- Congalton R G & Green K (1999). *Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data*. CRC Press, Boca Raton, FL. pp 137
- Colwell R. (1983). *Manual of Remote Sensing*. American Society of Photogrammetry and Remote Sensing, 2nd Edition. Falls Church, VA.
- Costa M.H, Botta A, Cardille J.A (2003). Effects of Large-Scale Changes in Land Cover on the Discharge of the Tocantins River, Southeastern Amazonia. *J. Hydrol.*, 283: 206–217.
- Çevre ve Orman Bakanlığı (2008). İklim Değişikliği ve Yapılan Çalışmalar Raporu İçinde (9-100), İstanbul.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2011). Türkiye Çevre Durum Raporu, Ankara.
- Dalfes N ve Karaca M (2008). Türkiye İçin İklim Değişikliği Senaryoları, TÜBİTAK KAMAG Projesi. Proje No:105G015.

- Danish Hydraulic Institute, 2001, MIKE 11 Reference manual, Appendix A. Scientific background, Danish Hydraulic Institute.
- Dawson C.W, Wilby R.L (2001). Hydrological Modelling Using Artificial Neural Networks. *Prog. Phys. Geog.*, 25: 80–108.
- Deidda R., Marrocu M., Caroletti G., Pusceddu G., Langousis A., Lucarini V., Puliga M., Speranza A., (2013). Regional climate models' performance in representing precipitation and temperature over selected Mediterranean areas. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 17, 5041–5059
- Demir İ, Kılıç G, Coşkun M (2007) Türkiye ve Bölgesi için PRECIS Bölgesel İklim Modeli Çalışmaları, I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi Bildiri Kitabı, 252-261, İstanbul.
- Demir İ, Kılıç G, Coşkun M (2008). PRECIS Bölgesel İklim Modeli ile Türkiye İçin İklim Öngörülere: HadAMP3 SRES A2 Senaryosu. IV. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, 365-373, İTÜ Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- Dibike Y.B, Coulibaly P (2005) Hydrologic Impact of Climate Change in the Saguenay Watershed: Comparison of Downscaling Methods and Hydrologic Models. *J. Hydrol.*, 307: 145–163.
- Dimiyati M, Mizuno K, Kitamura T (1996). An Analysis of Land Use/Cover Change Using the Combination of MSS Landsat and Land Use Map: A Case Study in Yogyakarta, Indonesia. *Inter. J. Rem. Sen.*, 17: 931–944.
- Droogers P, Immerzeel W.W, Terink W, J. Hoogeveen M.F.P, Bierkens L.P.H, Van Beek B. D (2012). Water Resources Trends in Middle East and North Africa Towards 2050. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 16: 3101-3114.
- Eastman, J.R., Kyem, P.A.K., Toledano, J. ve Jin, W., (1993). GIS and decision making, Explorations in Geographic Information System Technology, 4 (Geneva: UNITAR).
- EnviroGRIDS(2009). EnviroGRIDS Projesi. <http://www.envirogrids.net>, (erişim tarihi, 28.06.2016).
- Erdoğan N (2011). İzmir İli Örneğinde Peyzaj Değişim Senaryolarına Yönelik Modelleme Yaklaşımı: CLUE-S. Doktora tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Erdoğan N, Nurlu E ve Erdem Ü (2010a). Karaburun Yarımadası Örneğinde Alan Kullanım Değişimlerinin CLUE-S Yaklaşımı ile Modellenmesi, I. Ulusal Planlamada Sayısal Modeller Sempozyumu. Bildiriler Kitabı, 265- 278, İstanbul.
- Erdoğan N, Nurlu E, Erdem Ü (2011). Modelling Land Use Changes in Karaburun by Using CLUE-S. *ITU AZ*, 2: 91-102.

- Erdogan N, Kesgin Atak B, Nurlu E (2014) Modeling of Land Use Dynamics: Case Studies on Urban Growth in Turkey, *URBAN and URBANIZATION*.pp.11-25. Efe, R., Onay, T.T., Sharuho, I., Atasoy, E. (Eds.), 792 p. St. Kliment Ohridski University Press, Sofia, Bulgaria, ISBN: 978-954-07-3772-0
- Erdoğan N, Nurlu E, Güvensen A, Erdem Ü (2015). Land Use/Land Cover Change Detection for Environmental Monitoring in Turkey. A Case Study in Karaburun Peninsula *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 16, No 1, 252–263
- Fan M, Shibata H (2015). Simulation of Watershed Hydrology and Stream Water Quality Under Landuse and Climate Change Scenarios in Teshio River Watershed, Northern Japan. *Ecol. Indic.*, 50: 79–89.
- FAO(2007). Food and Agriculture Organization of the United Nations. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1200e/a1200e00.pdf>, (erişim tarihi, 28.06.2016).
- FAO (2013). Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/docrep/018/i3434e/i3434e.pdf>, (erişim tarihi, 28.06.2016).
- Fıstıkoğlu O and Okkan U (2011). Statistical Downscaling of Monthly Precipitation Using NCEP/NCAR Reanalysis Data for Tahtali River Basin in Turkey. *ASCE Journal of Hydrologic Engineering*, 16(2): 157-164.
- Fohrer N, Haverkamp S, Frede H.G (2005). Assessment of the Effects of Land Use Patterns on Hydrologic Landscape Functions: Development of Sustainable Land Use Concepts for Low Mountain Range Areas. *Hydrol. Process.*, 19: 659–672.
- Garzon A (2006). *Urban Atlas & Spatial Planning Services*, Brussels.
- Gassman P.W, Reyes M.R, Green C.H and Arnold J.G (2007). The Soil and Water Assessment Tool: Historical Development, Applications, and Future Research Directions. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*, ISSN: 0001-2351.
- Geist H, McConnell W, Lambin E, Moran E, Alves D, Rudel T (2006). Causes and Trajectories of Land-Use/Cover Change. Ed: Lambin E, Geist H, Land-Use and Land-Cover Change. Springer, Berlin, Heidelberg, 41–70.
- Geoghegan J, Villar S.C, Klepeis P, Mendoza P.M, Ogneva-Himmelberger Y, Chowdhury R. R, Turner II B.L and Vance C(2001). Modeling Tropical Deforestation in the Southern Yucata'n Peninsular Region: Comparing Survey and Satellite Data. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 85: 25– 46.
- Ghimire, C. P., Bruijnzeel, L. A., Lubczynski, M. W. & Bonell, M. Negative trade-off between changes in vegetation water use and infiltration recovery after reforesting degraded pasture land in the Nepalese Lesser Himalaya. *Hydrol Earth Syst Sc* 18, 4933–4949, doi: 10.5194/hess-18-4933-2014 (2014).
- Goncalves M.C, Pereira L.S and Leij F.J (1997). Pedo-Transfer Functions for Estimating Unsaturated Hydraulic Properties of Portuguese Soils. *Euro. J. Soil. Sci.*, 48: 387-400.

- Grizzetti B, Bouraoui F and De Marsily G(2005). Modelling Nitrogen Pressure in River Basins: A Comparison Between a Statistical Approach and the Physically Based SWAT model. *Physics Chem. Earth*,30(8-10): 508-517.
- Guo H, Hu Q, Jiang T (2008). Annual and Seasonal Streamflow Responses to Climate and Land-Cover Changes in the Poyang Lake Basin, China. *J. Hydrol.*, 355 (1): 106–122.
- Halley M.C, White S.O and Watkins E.W (2000). ArcView GIS Extension for Estimating Curve Numbers, ESRI User Conference, San Diego.
- Hamlat A, Errih M, Guidoum A (2012). Simulation of Water Resources Management Scenarios in Western Algeria Watersheds Using WEAP Model. *Arabian Journal of Geosciences*, 7 (2013-07): 2225-2236.
- HEC-RAS Hydraulic Reference Manual, Version 3.1 November 2002, available for download at www.hec.usace.army.mil.
- Höllermann B, Simone G and Bernd D (2010). Benin 2025— Balancing Future Water Availability and Demand Using the WEAP ‘Water Evaluation and Planning’ System. *Water Resources Management*, 24 (13) (March 24): 3591–3613.
- IPCC (2001). *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press
- IPCC (2007). *Climate Change 2007: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Summary for Policy Makers*.
- IPCC (2007a). *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, Cambridge University Press
- IPCC (2013). *Summary for Policymakers Climate Change 2013. The Physical Science Basis Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Ed: Thomas F. Stocker, Dahe Qin, Gian-Kasper Plattner, Tignor Simon K. Allen, Judith Boschung, Alexander Nauels, Yu Xia, Vicent Bex, Pauline Midgley, Cambridge University Press, Cambridge.
- İstanbuluoğlu A., Konukçu, F., Kocaman, İ., 2006, “Trakya Bölgesi Su Kaynaklarının Geliştirilmesi ve Sulu Tarım Uygulamaları: Mevcut Verilerin Sorunların Çözümü İçin Analizi” *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* ss. 140 3 (2).
- İstanbuluoğlu A, Konukcu F, Kocaman İ ve Göçmen E (2007). Trakya Bölgesi İçme ve Kullanma Suyu İhtiyacının Belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 4(2): 187-194
- Jensen, J.R. 1996. *Introductory digital image processing: A remote sensing perspective*. Prentice-Hall, UpperSaddle River, NJ.

- Jeuland, M. & Whittington, D. Water resources planning under climate change: Assessing the robustness of real options for the Blue Nile. *Water Resour Res* 50, 2086–2107, doi: 10.1002/2013wr013705 (2014).
- Jingan S, Jiupai N, ChaofuW, Deti X (2005). Land Use Change and Its Corresponding Ecological Responses: A Review. *J. Geogr. Sci.*, 15: 305–328.
- Kachhwala T.S (1985). Temporal Monitoring of Forest Land for Change Detection and Forest Cover Mapping through Satellite Remote Sensing. *Proceedings of the 6th Asian Conference on Remote Sensing*. National Remote Sensing Agency, 77–83, Hyderabad.
- Kasperson J.X, Kasperson R.E, Turner B.L II (1995). *Regions at Risk: Comparisons of Threatened Environments*. United Nations University, Tokyo.
- Kaimowitz D and Angelsen A (1998). *Economic Models of Tropical Deforestation—A Review*. Center for International Forestry Research, Bogor.
- Krige, D. G. (1951). A statistical approach to some basic mine valuation problems on the Witwatersrand. *Journal of the Chemical, Metallurgical and Mining Society of South Africa* 52, 119–139.
- Kundzewicz Z. W., L. J. Mata, N. W. Arnell, P. Döll, P. Kabat, B. Jiménez, K. A. Miller, T. Oki, Z. Sen and I. A. Shiklomanov (2007). Freshwater resources and their management. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof et al. Cambridge, UK, Cambridge University Press: 173-210.
- Lambin EF, Turner BL, Geist HJ, Agbola SB, Angelsen A, Bruce JW, Coomes OT, Dirzo R, Fischer G, Folke C, George PS, Homewood K, Imbernon J, Leemans R, Li X, Moran EF, Mortimore M, Ramakrishnan PS, Richards JF, Skanes H, Steffen W, Stone GD, Svedin U, Veldkamp TA, Vogel C, Xu J (2001) The Causes of Land-Use and Land-Cover Change: Moving Beyond the Myths. *Glob Environ Change*, 11(4): 261–269.
- Lambin E.F (2004). Modelling Land-Use Change, *Environmental Modelling: Finding Simplicity in Complexity*, Ed: John W and Mulligan M, 245-254, 408 p, London.
- Lambin E.F, Geist H and Rindfuss R.R (2006). Introduction: Local Process with Global Impacts, *Land Use and Land Cover Changes: Local Process and Global Impacts*, Ed: Lambin E.F and Geist H, *Global Change – The IGBP Series*, Springer-verlag, 1-8, 222p Berlin, Germany.
- Landis J.R ve Koch G.G (1977) The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics. Cilt.*, 33: 159-174.
- Lee, K. S. & Chung, E. S. Hydrological effects of climate change, groundwater withdrawal, and land use in a small Korean watershed. *Hydrol Process* 21, 3046–3056 (2007).

- Lehner, B., Henrichs, T., Döll, P., ve Alcamo, J. eds. (2001). EuroWasser – Modelbased assessment of European water resources and hydrology in the face of global change. Kassel World Water Series, 5, 124 pp. Center for Environmental SystemsResearch, University of Kassel, Germany.
- Lillesand T and Kiefer R (2004). Remote Sensing and Image Interpretation, Fifth Edition, John Wiley & Sons, Inc, New York.
- Li-ping Abbaspour, Shi-wen ZHANG, Zhi-ming ZHOU, Sen HOU, Yuan-fang HUANG and Wei-dong CAO (2016). Spatial distribution prediction and benefits assessment of green manure in the Pinggu District, Beijing, based on the CLUE-S model. *Journal of Integrative Agriculture*, 15(2) 465
- Luo G, Yin C, Chen X, Xu W, Lu L (2010) Combining system dynamic model and CLUE-S model to improve land use scenario analyses at regional scale: A case study of Sangong watershed in Xinjiang, China. *Ecological Complexity* 7: 198–207.
- Luo K, Tao F, Moiwo J. P, Xiao D (2016) Attribution of hydrological change in Heihe River Basin to climate and land use change in the past three decades. *Sci. Rep.* 6, 33704; doi: 10.1038/srep33704.
- McBratney A.B, Minasny B and Rossel R.V (2006). Spectral Soil Analysis and Inference Systems: A Powerful Combination for Solving the Soil Data Crisis. *Geoderma*, 136: 272- 278.
- Malczewski J (1999a). GIS and Multicriteria Decision Analysis, John Wiley and Sons, New York.
- Malczewski J (1999b). Spatial Multicriteria Decision Analysis, Part 1 in Decision Making and Analysis: A Geographic Information Sciences Approach. Ed: Jean-Claude Thill, New York.
- Maraun D., Wetterhall F., Ireso, A.M., Chandler R.E., Kendon E.J., Widmann M., Brienens, S., Rust H.W., Sauter T., Themeßl M., Venema V.K.C., Chun K.P., Goodess C.M., Jones, R.G., Onof C., Vrac M., Thiele-Eich I., (2010). Precipitation downscaling under climate change: recent developments to bridge the gap between dynamical models and the end user. *Rev. Geophys.* 48, RG3003.
- Matthews R.B, Gilbert N.G, Roach A, Polhill J.G and Gotts N.M (2007). Agent-Based Land-Use Models: A Review of Applications. *Landscape Ecology*, 22(10): 1447–1459.
- Meirich S (2008). Mapping Guide for a European Urban Atlas Report ITD-0421-GSELand-TN-01. GSE Land Information Services, GSE Land Consortium.
- Menard Scott W (2002). Applied Logistic Regression (2nd ed.). SAGE, ISBN: 978-0-7619-2208-7.
- Metzger, J. C., Landschreiber, L., Grongroft, A. & Eschenbach, A. Soil evaporation under different types of land use in southern African savanna ecosystems. *J Plant Nutr Soil Sc* 177, 468–475, doi: 10.1002/jpln.201300257 (2014).

- Meyer V (2007). GIS-based Multicriteria Analysis as Decision Support in Flood Risk Management. Helmholtz Centre for Environmental Research, Department of Economics, Leipzig.
- Monteith J.L.(1965). Evaporation and the Environment. In *The State and Movement of Water in Living Organisms*, Proc. 19th Symp., Society of Experimental Biology, Cambridge University Press, Swansea, U.K.
- Mualem Y (1976). A New Model Predicting the Hydraulic Conductivity of Unsaturated Porous Media. *Water Resour. Res.*, 12 (1976): 513–522.
- Neitsch SL, Arnold J G, Kiniry JR, Williams JR, King KW (2002) Soil water assessment tool, theoretical documentation—Version 2000. Texas Water Resources Institute, College Station, Texas. TWRI Report TR-191
- Ngo T.S, Nguyen D.B, Shrestha R.P (2015) Effect of Land Use Change on Runoff and Sediment Yield in Da River Basin of Hoa Binh Province, Northwest Vietnam. *Journal of Mountain Science*, 12(4): 1051-1064.
- Nie W, Yuan Y, Kepner W, Nash M.S, Jackson M, Erickson C (2011). Assessing Impacts of Landuse and Landcover Changes on Hydrology for the Upper San Pedro Watershed. *J. Hydrol.*, 407(1): 105–114.
- Niksokhan M.H, Kerachian R, Karamouz M (2009). A Game Theoretic Approach for Trading Discharge Permits in Rivers. *Water Sci. Technol.*, 60: 793–804.
- Notter, B., Hurni, H., Wiesmann, U. & Abbaspour, K. C. Modelling water provision as an ecosystem service in a large East African river basin. *Hydrol Earth Syst Sc* 16, 69–86, doi: 10.5194/hess-16-69-2012 (2012).
- Nunes J.P., Seixas J., Pacheco N.R., (2008). Vulnerability of water resources, vegetation productivity and soil erosion to climate change in Mediterranean watersheds. *Hydrol. Process.* 22, 3115–3134.
- Nunes J.P., Seixas J., Keizer J.J., (2013). Modeling the response of within-storm runoff and erosion dynamics to climate change in two Mediterranean watersheds: a multi-model, multi-scale approach to scenario design and analysis. *Catena* 102, 27–39.
- Nurlu E, Erdem Ü, Güvensen A ve Erdoğan N (2009). CORINE Standartlarına Göre Karaburun Yarımadası Örneğinde Alan/Arazi Örtüsü Değişiminin Saptanması Üzerine Araştırma, E.Ü. Bilimsel Araştırma Fonu, Proje No: 2005- ÇSUM-005.
- Oki T., Y. Agata, S. Kanae, T. Saruhashi and K. Musiaké, 2003: Global water resources assessment under climatic change in 2050 using TRIP. *Water Resources: Systems Water Availability and Global Change*, S.W. Franks, G. Böschl, M. Kumagai, K. Musiaké and D. Rosbjerg, Eds., IAHS Publication, 124–133.
- Okkan U and Fıstıkoğlu O (2014). Evaluating Climate Change Effects on Runoff by Statistical Downscaling and Hydrological Model GR2M. *Theoretical and Applied Climatology*, 117(1-2): 343-361.

- Okkan U (2015) Assessing the Effects of Climate Change on Monthly Precipitation: Proposing of a Downscaling Strategy Through a Case Study in Turkey. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 19(4): 1150-1156.
- Okkan U and İnan G (2015) Statistical Downscaling of Monthly Reservoir Inflows For Kemer Watershed in Turkey: Use of Machine Learning Methods, Multiple GCMs and Emission Scenarios. *International Journal of Climatology*, 35: 3274–3295.
- Ordu Şand Demir A (2007). Determination of Water Quality of Ergene River by Planning Environmental Information System. *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, Vol.(Cilt) 25, Issue(Sayı) 1, p. 101, İstanbul.
- Önol B, Semazzi F, Unal Y.S, Dalfes H.N (2007). Regional Climatic Impacts of Global Warming over the Eastern Mediterranean. *Proceedings of the International Conference on Climate Change and Middle East; Past, Present and Future*, İstanbul.
- Önol B and Semazzi F.H.M (2009). Regionalization of climate change simulations over Eastern Mediterranean. *Journal of Climatology*, 22: 1944-1961.
- Önol, B., Bozkurt, D., Turunçoğlu, U.U., Sen, O.L., Dalfes, H.N., (2014). Evaluation of the 21st century RCM simulations driven by multiple GCMs over the Eastern Mediterranean-Black Sea region. *Climate Dynamics*, 42:1949-1965.
- Özer Z (1990). *Su Yapılarının Projelendirilmesinde Hidrolojik ve Hidrolik Esaslar (Teknik Rehber)*, Ankara.
- Özcan O, Musaoğlu N, Şeker D.Z, (2009). Taşkın Alanlarının CBS ve Uzaktan Algılama Yardımıyla Belirlenmesi ve Risk Yönetimi: Sakarya Havzası Örneği. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Ankara.
- Öztürk D (2009). CBS Tabanlı Çok Ölçütlü Karar Analizi Yöntemleri İle Sel ve Taşkın Duyarlılığının Belirlenmesi: Güney Marmara Havzası Örneği, Doktora tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Price B, Kienast F, Seidl I, Ginzler C, Verburg P.H, Bolliger J (2015). Future Landscapes of Switzerland: Risk Areas for Urbanisation and Land Abandonment. *Applied Geography*, 57: 32-41.
- Priestly C.H.B and Taylor R.J(1972). On the Assessment of Surface Heat Flux and Evaporation Using Large Scale Parameters. *Monthly Weather Rev.*,100(2):81-92.
- Proctor W and Qureshi E (2005). “Multi-criteria Evaluation Revisited”, *Conference Proceedings: Ecological Economics in Action*, Australia New Zealand Society for Ecological Economics, Massey University, Palmerston North, New Zealand.
- Quilbé R., Rousseau, A.N, Moquet J.S, Savary S, Ricard S, Garbouj M.S. (2009). Hydrological responses of a watershed to historical land use evolution and future land use scenarios under climate change conditions. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 12, 101–110.

- Raskin P, Hansen E, Zhu Z and Stavisky D (1992). Simulation of Water Supply and Demand in the Aral Sea Basin. *Water International*, 17: 55-67.
- Richards J.A (1993). *Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction*, Springer-Verlag, Heidelberg.
- Saaty T.L (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill Comp, U.S.A.
- Sajikumar, N. & Remya, R. S. Impact of land cover and land use change on runoff characteristics. *J Environ Manage* 161, 460–468, doi: 10.1016/j.jenvman.2014.12.041 (2015).
- Sala OE, Chapin FSI, Armesto JJ, Berlow E, Bloomfield J, Dirzo R, Huber-Sanwald E, Huenneke LF, Jackson RB, Kinzig A, Leemans R, Lodge DM, Mooney HA, Oesterheld M, Poff NL, Sykes MT, Walker BH, Walker M, Wall DH. (2000). Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science* 287: 1770– 1774.
- Sen, O.L., Unal, A., Kindap, T., Bozkurt, D., Dalfes, H.N., and Karaca, M., (2010). Past and future changes in the discharges of the Euphrates and Tigris Rivers. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 12, EGU2010-10135.
- Serneels S and Lambin E. F (2001). Proximate Causes of Land Use Change in Narok District Kenya: A Spatial Statistical Model. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 85:65–82.
- Shao J, Wei C, Xie D (2006). An Insight on Drivers of Land Use Change at Regional Scale. *Chin. Geogr. Sci.*, 16: 176–182.
- Srinivasan R and Arnold J.G(1994). Integration of a Basin Scale Water Quality Model With GIS. *Water Resour. Bull.*, (30) 3: 453-462.
- Sobey R. J. 2001, Evaluation of Numerical Models of Flood and Tide Propagation in Channels, *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCE, Vol. 127 No 10, pp 805-824.
- Soil Conservation Service (1986). *Urban Hydrology for Small Watersheds*, Technical Release 55 (TR-55). <http://www.cpsc.org/reference/tr55.pdf> (erişim tarihi, 27.06.2016).
- Stonestrom D.A, Scanlon B.R, Zhang L (2009). Introduction to Special Section on Impacts of Land Use Change on Water Resources. *Water Resour. Res.*, 45: W00A00.
- Tena Bekele A, Srinivasa Rao G.V.R, Abbulu Y (2015) *WEAP Modelling of Surface Water Resources in Didissa Sub-Basin, West Ethiopia*. *Sustainable Water Resources Management*, ISSN: 2363-5037, DOI 10.1007/s40899-015-0041-4, Springer Publications.
- Tomer M.D, Schilling K.E (2009). A simple approach to distinguish land-use and climate-change effects on watershed hydrology. *J. Hydrol.* 376, 24–33.

- Triantaphyllou E and Mann S. H (1989). An Examination of the Effectiveness of Multi-Dimensional Decision-Making Methods: A Decision-Making Paradox. *Decision Support Systems*, 5:303-312.
- TÜİK (2015). Türkiye İstatistik Kurumu. http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1059 (erişim tarihi, 27.06.2015).
- Turner B. L. II, Kasperson R. E, Meyer W. B, Dow K. M, Golding D, Kasperson J.X, Mitchell R. C, Ratick S. J (1990) Two Types of Global Environmental Change: Definitional and Spatial-Scale Issues in Their Human Dimensions. *Glob Environ Change*, 1(1):14–22
- Turner II B.L, Ross R.H and Skole D.L(1993). Relating Land Use and Global Land Cover Change. IGBP Report 24, HDP Report 5.
- Turner M.G, Gardner R.H and O’Neil R.V (2001). *Landscape Ecology in Theory and Practise*, ISBN:0-387-95122-9, Springer-Verlag, 401p, New York, USA.
- Türkeş M, Sümer U.M ve Kılıç G (1995). Variations and Trends in Annual Mean Air Temperatures in Turkey with Respect to Climatic Variability. *International Journal of Climatology*, 15: 557–569.
- Türkeş M, ve Sümer U.M (2004). Spatial and Temporal Patterns of Trends and Variability in Diurnal Temperature Ranges of Turkey. *Theoretical and Applied Climatology*, 77: 195-227.
- Türkeş M ve Tatlı H (2009). Use of the Standardized Precipitation Index (SPI) and Modified SPI for Shaping the Drought Probabilities Over Turkey. *International Journal of Climatology*, 29: 2270–2282.
- Tyson P, Steffen W, Mitra AP, Fu C, Lebel L (2001). The Earth System: Regional-Global Linkages. *Reg Environ Change.*, 2: 128–140.
- UBM (2001). Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Su Kaynakları Ulusal Bilgi Merkezi, Uzaktan Algılama Teknikleri Kullanılarak Arazi Kullanım Sınıfları Tespiti Çalışması, Ankara.
- USGS (2014). The Water Cycle. <http://water.usgs.gov/edu/watercycle.html> (erişim tarihi, 28.06.2016).
- Xu H, Taylor R.G and Xu Y (2011). Quantifying Uncertainty in the Impacts of Climate Change on River Discharge in Sub-Catchments of the Yangtze and Yellow River Basins, China. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 15: 333-344.
- Xu H, Xu C.Y, Zhou B and Singh V.P (2013). Modelling Runoff Response to Land-Use Change Using an Integrated Approach in Xiangjiang River Basin, China. *IAHS Red Book Series*, ISSN: 0144-7815, 390- 396.
- van Genuchten M.Th (1980) A Closed-Form Equation for Predicting the Hydraulic Conductivity of Unsaturated Soils. *Soil Sci. Am. J.*, 44: 892–898.

- van Griensven A and Bauwens W(2003). Multiobjective Autocalibration for Semi distributed Water Quality Models. *WaterResour. Res.*,39(12): SWC 9.1- SWC 9.9.
- van Griensven A and Bauwens W(2005). Application and Evaluation of ESWAT on the Dender Basin and Wister Lake Basin. *Hydrol. Process.*,19(3): 827-838.
- Veldkamp A and Fresco L.O (1996). CLUE-CR: An Integrated Multi-Scale Model to Simulate Land Use Change Scenarios in Costa Rica. *Ecological modelling*, 91: 231-248.
- Veldkamp and Lambin (2001) *Predicting Land-Use Change Agriculture, Ecosystems and Environment*, Ed: A Veldkamp, E.F Lambin, 85: 1–6.
- Verburg P.H (2000). *Exploring The Spatial and Temporal Dynamics of Land Use with Special Reference to China*, PhD Thesis Wageningen Agricultural University, Wageningen.
- Verburg P.H 2010. *The CLUE Model. Hands-on Exercises. Course Material. Institute for Environmental Studies, University of Amsterdam*, p.53. Available at: <http://www.cluemodel.nl/Exercises.pdf>.
- Verburg P.H, Veldkamp A, de Koning G.H.J, Kok K and Bouma J (1999). A Spatial Explicit Allocation Procedure for Modelling the Pattern of Land Use Change Based Upon Actual Land Use. *Ecological modelling*, 116: 45-61.
- Verburg P.H, Soepboer W, Veldkamp A, Limpiada R, Espaldon V and Mastura S.S.A (2002). Modeling the Spatial Dynamics of Regional Land Use: The CLUE-S Model, *Environmental Management*, 30 (3): 391-405.
- Verburg P.H and Veldkamp A (2004). Projecting Land Use Transitions at Forest Fringes in the Philippines at Two Spatial Scales. *Landscape Ecology*, 19(1): 77–98.
- Verburg P.H, de Nijs T.C.M, van Ritsema Eck J, Visser H, de Jong K (2004). A Method to Analyse Neighbourhood Characteristics of Land Use Patterns. *Comput Environ Urban Syst.*, 28(6): 667–690.
- Verburg P.H, Kok K, Pontius Jr. R.G and Veldkamp A (2006a). *Modelling Land Use and Land Cover Changes, Land Use and Land Cover Changes: Local Process and Global Impacts*, Ed: Lambin E.F and Geist H, *Global Change – The IGBP Series*, Springer-Verlag, 222p, 117-135, Berlin, Germany.
- Verburg P.H., Overmars, K.P., Huigen, M.G.A., De Groot, W.T. and Veldkamp, A., 2006b, Analysis of the effects of land use change on protected areas in the Philippines, *Applied Geography*, 26 (2): 153-173.
- Verburg P.H., Overmars, K.P., Huigen, M.G.A., De Groot, W.T. and Veldkamp, A., 2006b, Analysis of the effects of land use change on protected areas in the Philippines, *Applied Geography*, 26 (2): 153-173.

- Verburg P.H and Overmars K.P (2007). Dynamic Simulation of Land-Use Change Trajectories with the CLUE-S Model, Modelling Land Use Change: Progress and applications, Ed: Koomen E, Stillwell J, Bakema A and Scholten H.J, ISBN: 978-1-4020-5647-5, The GeoJournal Library Volume 90, 398p, 321-338 Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- Verburg P.H. and Overmars, K.P., 2009, Combining top-down and bottom-up dynamics in land use modeling: exploring the future of abandoned farmlands in Europe with the Dyna-CLUE model. *Landscape Ecology* 24(9): 1167-1181.
- Vorosmarty CJ, Green P, Salisbury J, Lammers R. 2000. Global water resources: vulnerability from climate change and population growth. *Science* 289: 284– 288.
- Wang G, Zhang Y, Liu G, Chen L (2006). Impact of Land-Use Change on Hydrological Processes in the Maying River Basin, China. *Sci. China Ser. D: Earth Sci.*, 49: 1098–1110.
- Wang L, Fang L, Hipel K.W (2007). Mathematical Programming Approaches for Modeling Water Rights Allocation. *Water Resour. Plan. Manag.*, 133: 50–59.
- WEAP (2015). WEAP Tutorial: A collection of stand-alone modules to aid learning the WEAP software. http://www.weap21.org/downloads/WEAP_Tutorial.pdf (erişim tarihi, 28.06.2016).
- Winchell M, Srinivasan R, di Luzio M and Arnold J (2010). Arc-SWAT Interface for SWAT2009 Users' Guide. Grassland, Soil and Water Research Laboratory, Agricultural Research Service, and Blackland Research Center, Texas Agricultural Experiment Station, Temple, Tex, USA.
- Wu Y, Liu S, Gallant A.L (2012). Predicting Impacts of Increased CO2 and Climate Change on the Water Cycle and Water Quality in the Semiarid James River Basin of the Midwestern USA. *Sci. Total Environ.*, 430: 150–160.
- Yalçın M (2012). Afet Yönetimi-Hazırlık Bileşeni için Konumsal Veri Altyapısı Tasarlanması, Sel ve Taşkına Duyarlı Alanlar: İstanbul Avrupa Yakası Örneği, Yüksek Lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yardımcı N (1994). Su Getirme. Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Ders Yayınları, 216 s, Erzurum.
- Yates D, Sieber J, Purkey D and Huber-Lee A 2005 WEAP21—a demand-, priority-, and preference-driven water planning model part 1: model characteristics *Water Int.* 30 487–500
- Yıldız D (2015). Havza Ölçeğinde Su Tahsisi Planlaması ve Belirsizlikler. <http://www.supolitikalariderneği.org>, (erişim tarihi, 28.06.2016).
- Yoon K, Hwang, C (1995). Multiple Attribute Decision Making: An Introduction, Sage Publications, Thousand Oaks, CA.

- Zhang, Y. G. et al. Impact of projected climate change on the hydrology in the headwaters of the Yellow River basin. *Hydrol Process* 29, 4379–4397, doi: 10.1002/hyp.10497 (2015).
- Zhu Z, Liu L, Chen Z, Zhang J, Verburg P.H (2010) Land-Use Change Simulation and Assessment of Driving Factors in the Loess Hilly Region—A Case Study as Pengyang County 164:133–142.
- Zhou F, Xu Y.P, Chen Y, Xu C.Y, Gao Y.Q, Du J.K (2013). Hydrological Response to Urbanization at Different Spatio-Temporal Scales Simulated by Coupling of CLUE-S and The SWAT Model in the Yangtze River Delta Region. *J Hydrol*, 485: 113-125.
- Zurlini G, Li B.L, Zaccarelli N, Petrosillo I (2015). Spectral Entropy, Ecological Resilience, and Adaptive Capacity for Understanding, Evaluating, and Managing Ecosystem Stability and Change. *Global Change Biol.*, 21: 1377–1378.

ÖZGEÇMİŞ

1982 yılında Tekirdağ'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Tekirdağ'da tamamladıktan sonra 2000 yılında üniversite eğitimi için Ankara'ya yerleşti. 2004 yılında Hacettepe Üniversitesi Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği'nden mezun olduktan sonra özel sektörde çeşitli firmalarda çalıştı. 2007-2009 yıllarında İstanbul Teknik Üniversitesi Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü İklim ve Deniz Bilimleri Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimini tamamladı. 2011 yılına kadar tekrar özel sektörde çalıştı. 2011 yılında Namık Kemal Üniversitesi'ne öğretim görevlisi olarak atandı. Aynı zamanda doktora eğitimine bu yıl başladı. Halen aynı üniversitede öğretim görevlisi ünvanıyla çalışmaktadır. Evli ve 2 çocuk babasıdır.