



T.C.

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

ORGANİK TARIM DOKTORA PROGRAMI

**AŞAĞI KELKİT HAVZASINDA BELİRLİ ÜRÜNLER İÇİN
ORGANİK TARIMA ELVERİŞLİ ALANLARIN CBS VE AHP İLE
MODELENMESİ VE TESPİTİ**

DOKTORA TEZİ

Doğaç Sencer YILMAZ

Danışman: Prof. Dr. Hakan Mete DOĞAN

TOKAT- 2022

ETİK SÖZLEŞME

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Prof. Dr. Hakan Mete DOĞAN danışmanlığında hazırlamış olduğum “Aşağı Kelkit Havzasında Belirli Ürünler İçin Organik Tarıma Elverişli Alanların CBS ve AHP ile Modellenmesi ve Tespiti” adlı Doktora tezinin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

23/09/2022

Tez Yazarı

Doğaç Sencer YILMAZ

İmza



ÖNSÖZ

Doktora eğitimimin başından sonuna, eğitim hayatı dışında dahi, danışabileceğim her konuda bana yardımcı olan, yol gösteren danışman hocam sayın Prof. Dr. Hakan Mete DOĞAN'a saygılarımı ve teşekkürlerimi sunarım. Bu uzun soluklu ve zorlu eğitim sürecinde desteklerini esirgemeyen ve her zaman arkamda duran sevgili aileme çok teşekkür ederim.

DOĞAÇ SENCER YILMAZ

EYLÜL 2022

ÖZET

AŞAĞI KELKİT HAVZASINDA BELİRLİ ÜRÜNLER İÇİN ORGANİK TARIMA ELVERİŞLİ ALANLARIN CBS VE AHP İLE MODELLENMESİ VE TESPİTİ

Yılmaz, Doğaç Sencer
Doktora, Tarla Bitkiler Ana Bilim Dalı Organik Tarım Programı
Tez Danışmanı: Prof. Dr. Hakan Mete Doğan
Eylül 2022, ix + 121 sayfa

Bu çalışmada Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHP) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile Aşağı Kelkit Havzası'nda farklı kültür bitkileri için organik tarıma elverişli alanların tespit edilmesinde kullanılabilecek bir model geliştirilmesi amaçlanmıştır. Seçilen on iki kültür bitkisinin (Arpa, Ayçiçeği, Bezelye, Biber, Buğday, Domates, Fasulye, Havuç, Lahana, Mısır, Patates, Soğan), Aşağı Kelkit Havzası ekolojik uygunluk durumlarının belirlenmesinde; eğim, tekstür, EC, organik madde, pH, CaCO₃ ve bakı olmak üzere yedi toprak kriteri; sıcaklık ve yağış olmak üzere de iki uzun yıllar iklim verisi kullanılmıştır. Toprak kriterleri, her kültür bitkisi için ayrı hazırlanan AHP tablolarında karşılaştırılarak ağırlık değerleri hesaplanmış ve ArcGIS Ağırlıklı Bindirme (Weighted Overlay) analizi ile toprak uygunluk haritaları üretilmiştir. Toprak uygunluk haritaları, EcoCrop modeli ile her kültür bitkisi için ayrı üretilen iklim uygunluk haritalarıyla birleştirilerek ekolojik uygunluk haritaları elde edilmiştir. Ekolojik uygunluk haritaları, ESRI ve Corine arazi kullanım haritalarından elde edilen, Aşağı Kelkit Havzası tarım arazileri haritasına göre düzenlenerek, FAO arazi uygunluk sınıflarına göre sınıflandırılmıştır. Çalışmada üretilen sonuç haritaları, kültür bitkileri ekolojik uygunluk sınıflarının tarım arazilerindeki alansal dağılımlarına göre yorumlanmış ve ilçe düzeyinde bu alanların organik tarımla üretime uygunlukları değerlendirilmiştir. Sonuç olarak; Aşağı Kelkit Havzası'nda Erbaa, Niksar ve Taşova olmak üzere üç ilçenin farklı kültür bitkileri için organik tarımla üretime diğer ilçelere göre yüksek düzeyde uygun olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Organik tarım, CBS, AHP, Ecocrop

ABSTRACT

MODELING AND DETERMINATION OF AREAS SUITABLE FOR ORGANIC AGRICULTURE FOR CERTAIN CROPS IN THE LOWER KELKIT BASIN WITH GIS AND AHP

Yılmaz, Doğaç Sencer

Phd Thesis, Field Crops Department Organic Agriculture Program

Advisor: Prof. Dr. Hakan Mete Doğan

September 2022, ix + 121 pages

In this study, it is aimed to develop a model that can be used to determine areas suitable for organic cultivation of different crops in the Lower Kelkit Basin using the Analytical Hierarchy Method (AHP) and Geographic Information Systems (GIS). In determining the ecological suitability of the selected twelve crops (Barley, Sunflower, Pea, Pepper, Wheat, Tomato, Bean, Carrot, Cabbage, Corn, Potato, Onion) in the Lower Kelkit Basin; seven soil criteria as slope, texture, EC, organic matter, pH, CaCO₃ and aspect; two long-term climate data, namely temperature and precipitation, were used. Soil criteria were compared in AHP tables prepared separately for each crop plant, and weight values were calculated and soil compatibility maps were produced with ArcGIS Weighted Overlay analysis. Ecological suitability maps were obtained by combining the soil suitability maps with the climate suitability maps produced separately for each cultivated plant with the EcoCrop model. Ecological suitability maps were arranged according to the Lower Kelkit Basin agricultural lands map obtained from ESRI and Corine land use maps and classified according to FAO land suitability classes. The result maps produced in the study were interpreted according to the areal distribution of the ecological suitability classes of cultural plants in the agricultural lands, and the suitability of these areas for production with organic agriculture at the district level was evaluated. As a result; It has been determined that three districts in the Lower Kelkit Basin, namely Erbaa, Niksar and Taşova, are highly suitable for organic farming for different crops compared to other districts.

Keywords: Organic agriculture, GIS, AHP, Ecocrop

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
Önsöz	i
ÖZET	ii
ABSTRACT.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	vi
TABLolar LİSTESİ.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETLERİ.....	3
2.1. Organik Tarım.....	3
2.2. Tarım Teknolojileri	7
3. MATERYAL ve YÖNTEM	10
3.1. Çalışma Alanı.....	10
3.2. Çalışma Veri Tabanının Oluşturulması.....	11
3.2.1. İklim haritalarının hazırlanması	13
3.2.2. Toprak değişkenleri haritalarının hazırlanması	15
3.2.3. Yardımcı haritaların hazırlanması	18
3.2.4. AHP analizi	18
3.2.5. Kültür bitkilerinin toprak isteklerinin sınıflandırılması ve AHP ile ağırlıklarının hesaplanması.....	21
3.3. Metodoloji – Yöntem	48
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	53
4.2. Ayçiçek Uygunluk Haritaları	58
4.3. Bezelye Uygunluk Haritaları.....	62
4.4. Biber Uygunluk Haritaları.....	66

4.5.	Buğday Uygunluk Haritaları	70
4.6.	Domates Uygunluk Haritaları	75
4.7.	Fasulye Uygunluk Haritaları	80
4.8.	Havuç Uygunluk Haritaları	84
4.9.	Lahana Uygunluk Haritaları.....	88
4.10.	Mısır Uygunluk Haritaları	93
4.11.	Patates Uygunluk Haritaları	97
4.12.	Soğan Uygunluk Haritaları.....	101
5.	SONUÇ ve ÖNERİLER	107
6.	KAYNAKLAR.....	109

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil No

Sayfa

Şekil 2.1. Türkiye’de organik tarım verilerinin yıllara göre dağılımı	4
Şekil 3.1. Aşağı Kelkit Havzası	10
Şekil 3.2. Çalışmanın metodolojisi	12
Şekil 3.3. Ecocrop iklim modelinin grafik gösterimi.....	15
Şekil 3.4. Aşağı Kelkit Havzası toprak kimyasal değişkenleri	15
Şekil 3.5. SAGAGIS yazılımında toprak tekstürü haritasının üretilmesi	16
Şekil 3.6. Aşağı Kelkit Havzası eğim ve bakı haritaları	17
Şekil 3.7. Aşağı Kelkit Havzası tarım arazileri haritası (ESRI)	18
Şekil 3.8. Arpa iklimsel uygunluk haritası	23
Şekil 3.9. Ayçiçeği iklimsel uygunluk haritası	25
Şekil 3.10. Bezelye iklimsel uygunluk haritası.....	27
Şekil 3.11. Biber iklimsel uygunluk haritası.....	30
Şekil 3.12. Buğday iklimsel uygunluk haritası	32
Şekil 3.13. Domates iklimsel uygunluk haritası	34
Şekil 3.14. Fasulye iklimsel uygunluk haritası	37
Şekil 3.15. Havuç iklimsel uygunluk haritası	39
Şekil 3.16. Lahana iklimsel uygunluk haritası.....	41
Şekil 3.17. Mısır iklimsel uygunluk haritası.....	43
Şekil 3.18. Patates iklimsel uygunluk haritası	45
Şekil 3.19. Soğan iklimsel uygunluk haritası	47
Şekil 3.20. ArcGIS Model Builder ile yapılan işlemler.....	48
Şekil 3.21. Uygunluk haritası modellenmesinin metodolojisi	49
Şekil 3.22. ArcGIS Weighted Overlay analiz penceresi.....	50
Şekil 3.23. Raster Calculator içerisinde gerçekleşen matematiksel işlemin şematik gösterimi	52
Şekil 4.1. Aşağı Kelkit Havzası arpa toprak uygunluk haritası	54
Şekil 4.2. Aşağı Kelkit Havzası arpa ekolojik uygunluk haritası	55
Şekil 4.3. Arpa uygunluk sınıflarının ilçelere göre alansal dağılımları	56
Şekil 4.4. Arpa ekolojik uygunluk sınıflarının Corine arazi kullanım haritasındaki alansal dağılımı	57
Şekil 4.5. Ayçiçeği toprak uygunluk haritası.....	58
Şekil 4.6. Aşağı Kelkit Havzası ayçiçeği ekolojik uyungunluk haritası.....	59
Şekil 4.7. Ayçiçeği ekolojik uygunluk sınıflarının ilçelere göre alansal dağılımları	60
Şekil 4.8. Ayçiçeği ekolojik uygunluk sınıflarının Corine arazi kullanım haritasındaki alansal dağılımı	61
Şekil 4.9. Bezelye toprak uygunluk haritası	62
Şekil 4.10. Aşağı Kelkit Havzası bezelye ekolojik uyungunluk haritası.....	63
Şekil 4.11. Bezelye ekolojik uygunluk sınıflarının ilçelere göre alansal dağılımları	64
Şekil 4.12. Bezelye ekolojik uygunluk sınıflarının Corine arazi kullanım haritasındaki alansal dağılımı	65
Şekil 4.13. Biber toprak uygunluk haritası	66
Şekil 4.14. Aşağı Kelkit Havzası biber ekolojik uyungunluk haritası.....	67
Şekil 4.15. Biber ekolojik uygunluk sınıflarının ilçelere göre alansal dağılımları	68

Şekil 4.16. Biber ekolojik uygunluk sınıflarının Corine arazi kullanım haritasındaki alansal dağılımı	69
Şekil 4.17. Buğday toprak uygunluk haritası.....	71
Şekil 4.18. Aşağı Kelkit Havzası buğday ekolojik uygunluk haritası	72
Şekil 4.19. Buğday ekolojik uygunluk sınıflarının ilçelere göre alansal dağılımları	73
Şekil 4.20. Buğday ekolojik uygunluk sınıflarının Corine arazi kullanım haritasındaki alansal dağılımı	74
Şekil 4.21. Domates toprak uygunluk haritası	76
Şekil 4.22. Aşağı Kelkit Havzası domates ekolojik uygunluk haritası.....	77
Şekil 4.23. Domates ekolojik uygunluk sınıflarının ilçelere göre alansal dağılımları....	78
Şekil 4.24. Domates ekolojik uygunluk sınıflarının Corine arazi kullanım haritasındaki alansal dağılımı	79
Şekil 4.25. Fasulye toprak uygunluk haritası.....	80
Şekil 4.26. Aşağı Kelkit Havzası fasulye ekolojik uygunluk haritası	81
Şekil 4.27. Fasulye ekolojik uygunluk sınıflarının ilçelere göre alansal dağılımları	82
Şekil 4.28. Fasulye ekolojik uygunluk sınıflarının Corine arazi kullanım haritasındaki alansal dağılımı	83
Şekil 4.29. Havuç toprak uygunluk haritası.....	84
Şekil 4.30. Aşağı Kelkit Havzası havuç ekolojik uygunluk haritası	85
Şekil 4.31. Havuç ekolojik uygunluk sınıflarının ilçelere göre alansal dağılımları	86
Şekil 4.32. Havuç ekolojik uygunluk sınıflarının Corine arazi kullanım haritasındaki alansal dağılımı	87
Şekil 4.33. Lahana toprak uygunluk haritası	88
Şekil 4.34. Aşağı Kelkit Havzası lahana ekolojik uygunluk haritası.....	90
Şekil 4.35. Lahana ekolojik uygunluk sınıflarının ilçelere göre alansal dağılımları	91
Şekil 4.36. Lahana ekolojik uygunluk sınıflarının Corine arazi kullanım haritasındaki alansal dağılımı	92
Şekil 4.37. Mısır toprak uygunluk haritası	93
Şekil 4.38. Aşağı Kelkit Havzası mısır ekolojik uygunluk haritası.....	94
Şekil 4.39. Mısır ekolojik uygunluk sınıflarının ilçelere göre alansal dağılımları	95
Şekil 4.40. Mısır ekolojik uygunluk sınıflarının Corine arazi kullanım haritasındaki alansal dağılımı	96
Şekil 4.41. Patates toprak uygunluk haritası.....	97
Şekil 4.42. Aşağı Kelkit Havzası patates ekolojik uygunluk haritası.....	98
Şekil 4.43. Patates ekolojik uygunluk sınıflarının ilçelere göre alansal dağılımları.....	99
Şekil 4.44. Patates ekolojik uygunluk sınıflarının Corine arazi kullanım haritasındaki alansal dağılımı	100
Şekil 4.45. Soğan toprak uygunluk haritası	101
Şekil 4.46. Aşağı Kelkit Havzası soğan ekolojik uygunluk haritası.....	102
Şekil 4.47. Soğan ekolojik uygunluk sınıflarının ilçelere göre alansal dağılımları.....	103
Şekil 4.48. Soğan ekolojik uygunluk sınıflarının Corine arazi kullanım haritasındaki alansal dağılımı	104

TABLolar LİSTESİ

Tablo No	Sayfa
Tablo 2.1. Organik tarım genel istatistikler (Willer ve Lernoud (2021)'den düzenlenerek).....	4
Tablo 2.2. 2021 Ürün bazlı organik tarım ihracat ve ithalat verileri (TOB, 2022).....	5
Tablo 2.3. Tokat ili organik tarım bitkisel üretim miktarları (t/ha) (Anonim, 2022a).....	6
Tablo 2.4. FAO Arazi Uygunluk Sınıflandırması (FAO, 2007).....	8
Tablo 3.1. Çalışmada kullanılan veri tabanları ve alındığı kaynaklar	11
Tablo 3.2. AHP Karşılaştırma Ölçeği (Saaty, 1990)	19
Tablo 3.3. Matris boyutlarına göre RI değerleri	20
Tablo 3.4. Arpa bitkisinin toprak isteklerinin FAO uygunluk sınıflarına göre dağılımı	22
Tablo 3.5. Toprak değişkenleri ikili karşılaştırma matrisinde arpa için hesaplanan ağırlık değerleri	22
Tablo 3.6. Ayçiçeği bitkisinin toprak isteklerinin FAO uygunluk sınıflarına göre dağılımı.....	24
Tablo 3.7. Toprak değişkenleri ikili karşılaştırma matrisinde ayçiçeği için hesaplanan ağırlık değerleri.....	24
Tablo 3.8. Bezelye bitkisinin toprak isteklerinin FAO uygunluk sınıflarına göre dağılımı	26
Tablo 3.9. Toprak değişkenleri ikili karşılaştırma matrisinde bezelye için hesaplanan ağırlık değerleri.....	26
Tablo 3.10. Biber bitkisinin toprak isteklerinin FAO uygunluk sınıflarına göre dağılımı	28
Tablo 3.11. Toprak değişkenleri ikili karşılaştırma matrisinde biber için hesaplanan ağırlık değerleri.....	29
Tablo 3.12. Buğday bitkisinin toprak isteklerinin FAO uygunluk sınıflarına göre dağılımı	31
Tablo 3.13. Toprak değişkenleri ikili karşılaştırma matrisinde buğday için hesaplanan ağırlık değerleri.....	31
Tablo 3.14. Domates bitkisinin toprak isteklerinin FAO uygunluk sınıflarına göre dağılımı	33
Tablo 3.15. Toprak değişkenleri ikili karşılaştırma matrisinde domates için hesaplanan ağırlık değerleri.....	33
Tablo 3.16. Fasulye bitkisinin toprak isteklerinin FAO uygunluk sınıflarına göre dağılımı	35
Tablo 3.17. Toprak değişkenleri ikili karşılaştırma matrisinde fasulye için hesaplanan ağırlık değerleri.....	36
Tablo 3.18. Havuç bitkisinin toprak isteklerinin FAO uygunluk sınıflarına göre dağılımı	38
Tablo 3.19. Toprak değişkenleri ikili karşılaştırma matrisinde havuç için hesaplanan ağırlık değerleri.....	38
Tablo 3.20. Lahana bitkisinin toprak isteklerinin FAO uygunluk sınıflarına göre dağılımı	40
Tablo 3.21. Toprak değişkenleri ikili karşılaştırma matrisinde lahana için hesaplanan ağırlık değerleri.....	40

Tablo 3.22. Mısır bitkisinin toprak isteklerinin FAO uygunluk sınıflarına göre dağılımı	42
Tablo 3.23. Toprak değişkenleri ikili karşılaştırma matrisinde mısır için hesaplanan ağırlık değerleri.....	42
Tablo 3.24. Patates bitkisinin toprak isteklerinin FAO uygunluk sınıflarına göre dağılımı	44
Tablo 3.25. Toprak değişkenleri ikili karşılaştırma matrisinde patates için hesaplanan ağırlık değerleri.....	45
Tablo 3.26. Soğan bitkisinin toprak isteklerinin FAO uygunluk sınıflarına göre dağılımı	46
Tablo 3.27. Toprak değişkenleri ikili karşılaştırma matrisinde patates için hesaplanan ağırlık değerleri.....	47
Tablo 3.28. FAO uygunluk sınıflarının tam sayı dönüşüm tablosu.....	50
Tablo 3.29. Toprak ve iklim haritaları piksel değerlerinin matematiksel birleştirme koşulları	51
Tablo 4.1. Arpa uygunluk sınıfları Corine alanlarının ilçelere göre dağılımı	58
Tablo 4.2. Ayçiçeği uygunluk sınıfları Corine alanlarının ilçelere göre dağılımı	61
Tablo 4.3. Bezelye uygunluk sınıfları Corine alanlarının ilçelere göre dağılımı	65
Tablo 4.4. Biber uygunluk sınıfları Corine alanlarının ilçelere göre dağılımı	70
Tablo 4.5. Buğday uygunluk sınıfları Corine alanlarının ilçelere göre dağılımı	75
Tablo 4.6. Domates uygunluk sınıfları Corine alanlarının ilçelere göre dağılımı	79
Tablo 4.7. Fasulye uygunluk sınıfları Corine alanlarının ilçelere göre dağılımı	83
Tablo 4.8. Havuç uygunluk sınıfları Corine alanlarının ilçelere göre dağılımı	88
Tablo 4.9. Lahana uygunluk sınıfları Corine alanlarının ilçelere göre dağılımı.....	92
Tablo 4.10. Mısır uygunluk sınıfları Corine alanlarının ilçelere göre dağılımı.....	96
Tablo 4.11. Patates uygunluk sınıfları Corine alanlarının ilçelere göre dağılımı	101
Tablo 4.12. Soğan uygunluk sınıfları Corine alanlarının ilçelere göre dağılımı	104
Tablo 4.13. Niksar Erbaa Almus Reşadiye İlçeleri Tarımsal Ürün ve Verim Durumu (Anonim, 2021).....	105

1. GİRİŞ

Tarımın, son yıllarda sık sık vurgulandığı üzere, stratejik öneme sahip bir konumda olduğu tespiti; ancak elinizde hem küresel hem de yerel ölçekte tarımın stratejik konumunu sağlamlaştıran uygulanabilir, sağlam temeller üzerine oturtulmuş planlarınız bulunuyorsa geçerli bir tespittir. Aksi halde, bu tespit, iklim değişikliği baskısı altında zorlu bir sınav verirken, küresel salgın hastalık ve Rusya -Ukrayna savaşının etkisi ile çarpıcı şekilde kırılgan olduğu ortaya çıkan bir sektörün durumunu perdelemekten öteye gidemeyecek, içi boş bir söylemden ibarettir. Bu noktada tarımın stratejik konumunu koruyacak planlar nedir? sorusu karşımıza çıkmaktadır. Karşımıza çıkan bu soruya farklı disiplinlerden birçok cevap verilebilse de tarımsal üretim açısından verilmesi gereken ilk cevap; üretimin, dışa bağımlılığın en düşük seviyede tutulduğu kendine yeten bir üretim olacak şekilde planlanmasıdır diyebiliriz. Tarımsal üretimin planlanmasının ilk aşamasında hedefin kaynak yönetiminin doğru şekilde ele alınması olarak belirlenmesi önem arz etmektedir. Çünkü tarımsal üretim potansiyelinizin güçlü ve zayıf yönlerini belirleyebilmeniz yolunda elinizdeki kaynaklar hakkında yeterli ve doğru bilgiye sahip olmaktan geçmektedir. Günümüz şartlarında her alanda olduğu gibi tarım alanında da yaşanan dijitalleşme sayesinde bu tür bilgilerin elde edilmesi ve ihtiyaca uygun olarak kullanılması daha kolay hale gelmiştir. Bununla beraber elde edilen bilgilerin veri setleri olarak depolanmasını, analiz edilmesini ve sunulmasını sağlayan yazılımlar hem bilgisayarlar hem de akıllı telefonlar için geliştirilmiştir.

Coğrafi bilgi sistemleri, ihtiyaca göre, verilerin toplanması, depolanması, işlenmesi, analiz edilmesi ve sunulması işlemlerinin yapılmasına olanak veren sistemler bütünüdür (ESRI, 2005). CBS için en önemli kavram veri tabanıdır. CBS veri tabanlarında depolanmış veriler ile farklı detaylara sahip haritalar üretilebilmesine imkân verir (Burrough, 1986). Bu veriler hazır olarak bulunabileceği gibi çalışma alanlarından toplanarak da hazırlanabilir. CBS'nin verileri analiz etme ve görsel hale getirme kabiliyeti günümüz tarımına büyük faydalar sağlamaktadır (Sood ve ark., 2015). Örneğin, günlük uydu görüntülerinin analiz edilmesi ile bitki sağlığı takibi ve verim analizleri yapılabilen, bunlar CBS ile harita haline getirilip, üreticinin araziye gitmeden kontrol yapabilmesi sağlanmaktadır. Bu teknolojilerden faydalanıldığında üretimde girdi maliyeti ve enerji tüketimi azaldığı tespit edilmiştir (Anonim, 2018).

Organik tarımda da bu teknolojilerden faydalanılması yukarıda bahsedilen planlamaların ve düzenlemelerin etkili bir şekilde yapılmasını sağlayacaktır.

Tarımsal üretimde hassas tarım teknolojileri kullanılırken farklı CBS analizlerine başvurulmaktadır. Genel olarak Uygunluk (Suitability) analizleri başlığı altında toplanan bu yöntemlerden en bilineni Ağırlıklı Bindirme (Weighted Overlay) yöntemidir. Bu yöntemde uygunluk tespit edilirken birden fazla etken tek seferde değerlendirilmektedir. Değerlendirme yapılırken farklı etkenler önemlerine ve önceliklerine göre farklı ağırlık değerleri almaktadır. Ağırlık değeri belirlenirken zaman zaman uzman görüşlerine başvurulabilmektedir. Bu analizler detaylı veri tabanları ile CBS ortamında kolayca yapılabilmekte ve görsel hale getirilebilmektedir.

Kelkit havzasının batı kısmını oluşturan Aşağı Kelkit havzası ülkemizin çevresel açıdan sağlıklı sayılabilecek bölgelerinden birisidir. Aşağı Kelkit alt havzası toplamda altı ilçeyi kapsamaktadır ve bu bölgede tarım ve hayvancılık ön plandadır. Bununla beraber bu havza önemli bir eko-turizm merkezi olan Niksar ilçesindeki Çamiçi Yaylası'na ev sahipliği yapmaktadır. Aynı zamanda yine bu havza içinde yer alan Erbaa ilçesinde önemli bir ihraç ürünü olan, yöreye özel asma yaprakları da üretilmektedir. Bu ve buna benzer özelliklere sahip bölgeler organik tarım açısından da önemlidir. Aşağı Kelkit havzasının bu potansiyelinin tespit edilmesi ve ortaya konması gerekmektedir.

Bu tez çalışması kapsamında Aşağı Kelkit Havzası'nda organik tarım ile üretimin planlaması için farklı kültür bitkilerinin ekolojik uygunluk koşullarının tespit edilerek haritalanmaları hedeflenmiştir. Bu hedef doğrultusunda; beş pedolojik (Tekstür, Organik Madde, pH, EC ve CaCO_3), iki topografik (Eğim, Bakı) olmak üzere yedi toprak değişkeni çok kriterli karar verme algoritması olan Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHP) ile yağış ve sıcaklık verileri EcoCrop algoritması ile değerlendirilip, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yazılımı ArcGIS ortamında modellenerek kültür bitkisi uygunluk raster haritalarının elde edilmesi amaçlanmıştır. Bunlara ek olarak çalışma kapsamında bahsi geçen tüm bu değerlendirmeleri ve hesaplamaları tek bir döngü içinde yapabilecek, düzenlenebilir ve güncellenebilir ArcGIS aracı oluşturulması da amaçlanmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETLERİ

2.1. Organik Tarım

Organik tarım modern tarıma alternatif bir üretim sistemi olarak tanımlansa da bir ideolojidir (Trewavas, 2001). Organik tarım ideolojisinin temelleri geçtiğimiz yüzyılın başında şekillenmeye başlamıştır. Ancak uzun yıllar boyunca hem üreticilerden hem de bilim dünyasından ilgi görmemiş, özellikle bilim dünyası tarafından sert şekilde eleştirilmiştir (Treadwell ve ark., 2003). Organik tarım, tüm bunlara karşın, 1960'ların sonunda ortaya çıkan ve 70'li yıllarda gelişen çevreci hareketlerle birlikte yükselişe geçmiş ve 1972 yılında Uluslararası Organik Tarım Hareketleri Federasyonu'nun (International Federation of Organic Agriculture Movements: IFOAM) kurulmasıyla birlikte uluslararası düzeyde örgütlenmiştir. Bu örgütlenme ile organik tarım, ideolojik temellerini kaybetmemekle birlikte, yönetmeliklerle düzenlenmiş ve belirli kurallara bağlı, çeşitli hedefleri ve iddiaları olan bir üretim yöntemi haline gelmiştir. Böylece daha geniş kitlelere ulaşan organik tarım fikri insanlar tarafından ilgi görmeye başlamış bu da bilim dünyasının da bu konu üzerine eğilmesine neden olmuştur (McGuire, 2017).

IFOAM ve Organik Tarım Araştırma Enstitüsü (The Forschungsinstitut für biologischen Landbau: FiBL) tarafından her yıl düzenli olarak yayınlanan organik tarım raporuna göre 2019 itibariyle tüm dünyada organik tarım; 187 ülkede, toplam 72.3 milyon hektar alanda, 3.1 milyon üretici tarafından yapılan ve 110 milyar euro pazar payına sahiptir (Tablo 2.1).

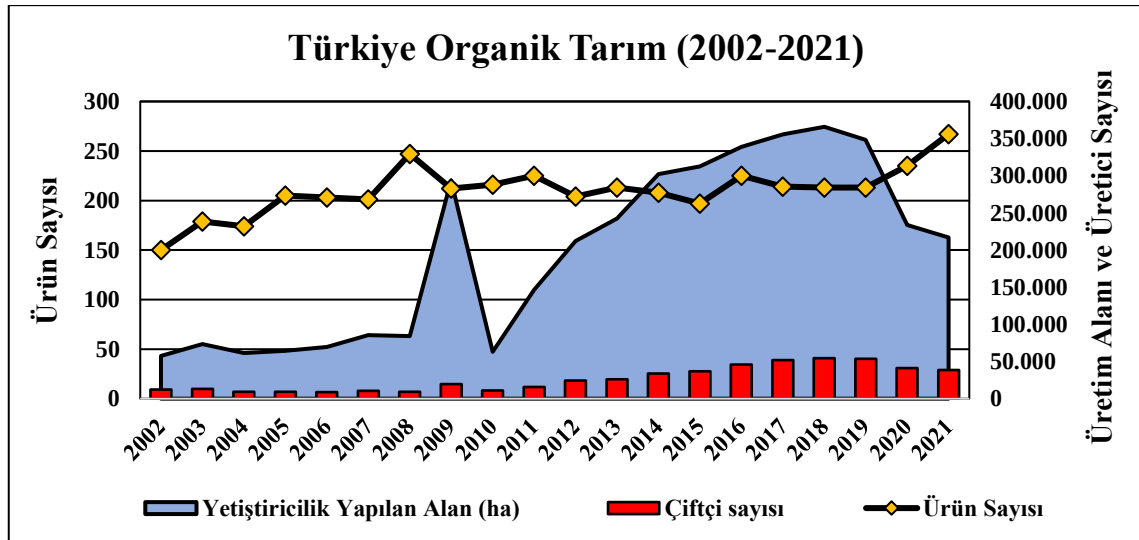
Türkiye'de organik tarımın başlangıcı Avrupa ve ABD'den farklı olarak, fikir öncüleri ve üreticilerle değil Avrupa merkezli firma talepleri üzerine başlamıştır (Demiryürek, 2011). Ülkemizde organik tarımın yasal çerçevesi 2004 yılında Resmî Gazetede yayınlanan "Organik Tarım Kanunu" ile çizilmiş ve "Organik Tarımın Esasları ve Uygulamasına İlişkin Yönetmelik" (Organik Tarımın Esasları ve Uygulanmasına İlişkin Yönetmelik, 2010) ile uygulamaya başlanmıştır. Bu kanun ve yönetmelikler AB yönetmelikleri ile uyumlu olacak şekilde hazırlanmışlardır.

Türkiye'de organik tarımın genel durumuna baktığımızda: 2021 yılı verilerine göre geçiş süreci dahil; toplam 48 244 üretici, 351 919 ha alanda üretim yapmaktadır. Yine bakanlık verilerine göre ülkemizde 267 farklı ürün toplamda 1 590 086 ton olarak yetiştirilmekte ve doğadan toplanmaktadır.

Tablo 2.1. Organik tarım genel istatistikler (Willer ve Lernoud (2021)’den düzenlenerek)

Gösterge	Dünya	Ülkeler
Organik Uygulama Yapılan Ülkeler	2019: 187 Ülke	-
Organik Tarım Alanı	2019: 72.3 milyon/ha	Avustralya: 35.7 milyon/ha Arjantin: 3.7 milyon/ha İspanya: 2.4 milyon/ha
Üretici Sayısı	2019: 3.1 milyon	Hindistan: 1 366 226 Uganda: 210 353 Etiyopya: 203 652
Organik Pazar	2019: 106.4 milyar Euro	ABD: 44.7 milyar Euro Almanya: 12 milyar Euro Fransa: 11.3 milyar Euro
Kişi Başı Tüketim	2019: 14 Euro	Danimarka: 344 Euro İsviçre: 338 Euro Lüksemburg: 265 Euro

Bu verilerin yıllara göre dağılımına baktığımızda ülkemizin organik tarım 2009 yılındaki ani yükselişin ardından 2010 yılında ani bir düşüş yaşamış ve 2010’dan itibaren yükselişe geçen bir grafik izlemiştir. Organik tarım üretimindeki bu yükseliş 2018 yılından itibaren yeniden düşüşe geçerek 2012 yılındaki düzeye gerilemiştir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Türkiye’de organik tarım verilerinin yıllara göre dağılımı

Türkiye organik tarım ekonomik verileri için yeterli veri bulunmamasının yanında bunlar için araştırmalar da yetersizdir (Demiryürek, 2011). IFOAM güncel verileri içinde dahi bu eksiklikler göze çarpmaktadır. Hazırlanan 2021 yılı raporunda ülkemiz için perakende satış ve kişi başı tüketim verileri en son 8 yıl önce raporlanmıştır. Buna göre Türkiye için 2014 yılına dayanan verilere göre organik tarım ürünleri perakende satış miktarı 46 milyon Euro iken kişi başına düşen harcama 1 Euro olarak bildirilmiştir (Willer ve ark., 2021).

Ülkemizde iç piyasada organik ürün satışı yetersiz olduğundan üretimin çok büyük kısmı ihraç edilmektedir. Organik ürünlerde ihraç oranı %85'e kadar çıkabilmektedir (Demiryürek, 2011). Türkiye'nin 2017 yılı organik tarım ithalat ve ihracat rakamları sırasıyla, 540 ve 182 milyon Euro olmuştur (Willer ve Lernoud, 2019).

Organik tarım dış ticaret verilerine baktığımızda 2018 yılına ait bakanlık verilerinden itibaren detayların azaldığı görülmektedir. Örneğin, 2018 yılı ihracat verilerinde ihraç ürünleri ve ürün ihracatı yapılan ülkeler olmak üzere ayrı veri bulunurken, 2019 yılı verilerinden itibaren ülkelere ait veri yoktur. Tarım ve Orman Bakanlığı güncel verilerine göre Türkiye organik tarım ihracat ve ithalat verileri Tablo 2.2'de verilmiştir.

Tablo 2.2. 2021 Ürün bazlı organik tarım ihracat ve ithalat verileri (Anonim, 2022)

İHRACAT		İTHALAT	
Ürün Adı	Miktar (Kg)	Ürün Adı	Miktar (Ton)
Buğday ve Buğday Ürünleri	31 194.53	Soya Fasulyesi	1 518
Meyve ve Meyve Ürünleri	16 733.92	Hurma	598
Üzüm ve Üzüm Ürünleri	9 536.31	Keten Tohumu	276
İncir ve İncir Ürünleri	6 895.86	Elma (Kurutulmuş)	137

Organik tarım ile ilgili her yıl düzenli veri raporlanmaktadır. Ancak, raporlanan bu verilerin detaylarına baktığımızda verilerin toplanmasından sunulmasına kadar önemli sorunlar barındırdıkları görülmektedir. IFOAM organik tarımda verilerin başarılı plan, program ve araştırma için önemli kaynaklar olduğunu vurgulasa da (Willer ve ark., 2021) açıklanan verilerin sistematik bir denetimden geçmeden toplanıp yayımlandığı anlaşılmaktadır. Örneğin, IFOAM tarafından bildirilen üretici ve üretim alanı verilerine baktığımızda; üretici sayıları ve üretim alanlarına geçiş sürecindeki üreticiler ve alanlar

dahil edilerek verilmektedir. Bu noktada ortaya hem üretici sayısı ve üretim alanı hem de sertifikasyonla ilgili tutarsızlıklar çıkmaktadır. Çünkü yönetmelik gereği geçiş sürecindeki bir üretici (ve arazi) organik tarım sertifikasına sahip değildir. Bu nedenle geçiş sürecindeki üreticilerin ve arazilerin sertifikalı üretici sayısına (ve arazilere) dahil edilerek sunulması tutarsız ve hatalıdır.

Benzer sorunlar Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından açıklanan verilerde de gözlenmektedir. Bakanlık IFOAM'dan farklı olarak geçiş süreci verilerini ayrı olarak açıklamaktadır. Fakat bu verilerin başka eksikliklere ve sorunlara sahip olduğu ortadadır. Bakanlığın açıkladığı tablolarda il bazında toplam bitkisel üretim alanları verilirken, ürün bazında alan verileri 2020 yılından itibaren açıklanmaya başlamıştır. Ancak bakanlık tarafından sunulan verilerle ilgili tek sorun bu değildir. Tablo 2.3'te görüldüğü üzere üretim miktarını gösteren veriler de sorunludur. Tokat ili için seçilen farklı ürünlere ait üretim miktarları arasında anormal farklar bulunmaktadır. Örneğin, 2015 yılında Tokat ili organik tarım sertifikalı mısır üretim miktarı 0.007 ton, 2016 yılında 538.7 ton, 2017 yılında 5 ton olarak açıklanmıştır (Tablo 2.3).

Tablo 2.3. Tokat ili organik tarım bitkisel üretim miktarları (t) (Anonim, 2022a)

Yıl/Ürün	Arpa	Buğday	Domates	Fasulye	Mısır	Patates	Soğan	Biber
2015	3.91	74.83	89.46	1.18	0.007	4.21	24.18	0.25
2016	31.2	435.2	10.7	138.5	538.7	155.1	27.3	0.5
2017	27.9	246.33	4.04	106.51	5.00	28.1	36.18	3.00
2018	36.9	338.8	13.3	137.5	2.5	86.7	29	0.5
2019	26.34	245.12	5.46	111.52	3.56	43.98	54.3	0.69
2020	52.55	156.42	8.767	31.1	27.76	69.43	33.17	1.58

Burada örneklendirilen verilerden anlaşılacağı üzere hem birincil veri kaynağı yetkili sertifikasyon kuruluşlarında hem de verileri toplayıp açıklayan Bakanlık tarafında çözülmesi gereken denetim ve kontrol sorunları olduğu açıktır. Bu sorunların çözümünde tarımın dijitalleşmesi ile birlikte ortaya çıkan yeni teknolojilerin yaygınlaşması önemli bir adımdır.

2. 2. Tarım Teknolojileri

Günümüzde tarımsal üretimde ve planlamada yeni teknolojilerin kullanılması önemli bir yer tutmaktadır. Tarım ve teknolojiyi bir arada kullanan sistemler bugün “Hassas Tarım” veya “Akıllı Tarım” adı altında tanımlanmaktadır. Hassas tarım kısaca; üretimde her aşamada en yeni teknolojilerden faydalanarak, yüksek kaliteli ürün elde etmeyi sağlayan yöntemlerdir (Anonim, 2018). Hassas tarımın en güçlü özelliği farklı alanları bir araya getirebilen disiplinler arası bir sistem olmasıdır (Öğüt, 2015). Hassas tarımda kullanılan başlıca teknolojiler şunlardır:

- GPS teknolojileri,
- Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS),
- Uzaktan Algılama (UA),
- Yapay zekâ.

Bu tez çalışmasında CBS ve Çok Kriterli Karar Analizi (MCDM) olan Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHP) teknikleri ile Aşağı Kelkit havzasında hem organik tarıma uygun alanların belirlenmesi hem de bu alanların farklı tarım ürünlerine uygunluğunun modellenerek tespit edilmesi amaçlanmıştır. Yeni yöntemlerin CBS çatısı altında denenmesi ve sonuçların sürdürülebilir yönetim çerçevesinde değerlendirilmesi çalışmanın özgün değerini artırmaktadır.

Toprak tarımsal üretimin en önemli kaynağı olmasının yanında, yenilenebilir olmayan bir kaynaktır. Toprağın bu durumunu önümüzdeki otuz yılda insan nüfusunun on milyara yaklaşacak olması ile birlikte değerlendirdiğimizde; toprak kaynaklarının doğru kullanılması, tarımsal üretimin geleceği için en fazla üzerinde durulması gereken konuların başında yer alıyor. Toprak sürdürülebilirliği açısından da önemli olan bu konu, ülkemizde ve diğer gelişmekte olan ülkelerde halen sorunlu bir halde önümüze çıkıyor. Şehirlerin ve yerleşim yerlerinin tarım arazileri üzerine kurulması, ormanlık arazilerin tarım için veya endüstri için yok edilmesi gibi örnekler sıklıkla karşılaşılan problemlerdir. Ülkemizde özellikle tarım arazileri büyük oranda plansız şekilde yönetilmektedir. Belirli bir plana sadık olmayan tarım arazilerinde yanlış tarımsal uygulamaların yapılması ile sorun daha da büyüyerek erozyon, kuraklık ve su kirliliği gibi olumsuz sonuçlara yol açmaktadır.

Bu sorunlar ilerleyen zamanlarda kronik hale gelerek tarım arazilerinin elden çıkmasına, üretimin düşmesine ve köyden kente göçün artmasına neden olabilmektedir (Saykılı ve ark., 2017). Yenilenebilir bir kaynak olmayan toprağın arttırılması mümkün olmadığından özellikle tarım topraklarının doğru ve iyi değerlendirilmesi, bu arazilerin tarımsal üretim dışında kullanılmasından kaçınılması gerekmektedir (Everest ve ark., 2011).

FAO raporlarına göre, arazilerin daha verimli kullanılması için farklı etkenlerin bir arada ele alındığı arazi uygunluk sınıflandırılmasının yapılması gerekmektedir (FAO, 2007). FAO'nun raporunda uygunluk sınıflandırması iki düzey altında, toplamda 5 sınıf olacak şekilde düzenlenmiştir (Tablo 2.4).

Tablo 2.4. FAO Arazi Uygunluk Sınıflandırması (FAO, 2007)

Düzen	Sınıf
Uygun (S)	S1: Son Derece Uygun
	S2: Kısmen Uygun
	S3: Kısıtlı Olarak Uygun
Uygun Olmayan (N)	N1: Halihazırda Uygun Değil
	N2: Kalıcı Olarak Uygun Değil

Arazi uygunluk sınıflandırması, tarımda, hangi ürünler hangi bölgeye uygundur sorularına yanıt olabilmektedir (Mustafa ve ark., 2011). Bu sınıflandırmanın başarılı olabilmesi ve belirli özelliklere sahip alanların doğru olarak tespiti için birçok kriterin değerlendirilmesi gerekmektedir (Belka, 2005). Söz konusu organik tarım olduğunda da arazi sınıflandırmasına daha detaylı yaklaşmak gerekmektedir. Bilindiği üzere organik tarım; çerçevesi yönetmeliklerle, çizilmiş belirli kurallara göre uygulanan bir üretim yöntemidir. Bir tarım arazisinde organik tarıma başlayabilmek için arazinin belirli özellikleri taşıması gereklidir. Organik tarım uygulanacak tarım arazisinde, iki ile üç yıl arasında değişen sürelerde, konvansiyonel yöntemlerin terk edilmiş olması şartı bulunmaktadır.

Bitkisel üretimden yüksek verim ve kârlı kazanç elde etmenin yolu, doğru ve uygun tarımsal uygulamalardan geçmektedir (Zengin ve Özbahçe, 2014). Konvansiyonel tarımda yüksek verimli üretim için birçok uygulama ve girdi seçeneği varken; organik tarımda özellikle sentetik tarım ilacı ve gübre kullanımının kısıtlanması ve yasaklanması nedeni ile üretimde verim sınırlı olmaktadır. Farklı meta-analiz çalışmalarında organik tarımın düşük verimli olduğu ortaya konulmasının yanında, organik tarımda verimin hem üretim sistemine hem de arazinin özelliklerine bağlı olduğu belirtilmiştir (De Ponti ve ark., 2012; Seufert ve ark., 2012). Bu nedenle arazi uygunluk sınıflandırmasının organik tarım ile üretimde verimi arttırmak için önemli bir yöntem olduğu söylenebilir.

Arazi uygunluğunun tespitinde iklim, toprak, vejetasyon gibi birçok veri tabanından yararlanılmaktadır (Akıncı ve ark., 2013; Karimi ve ark., 2018). Bu veri tabanları kullanılırken güncel teknolojilerden CBS ve Uzaktan Algılamanın yanında, Çok Kriterli Karar Analizi (MCDM) olan Analitik Hiyerarşi Yöntemine (AHP) başvurulmaktadır. AHP, Thomas Saaty tarafından geliştirilen ve tanımlı kriterlerin değerlendirilmesinde ihtiyaç duyulan ağırlık değerlerinin hesaplanması için sıklıkla kullanılan matematiksel bir yöntemdir (Saaty, 1990). AHP analizi, uygun görülen tüm kriterleri ikili karşılaştırma matrisinde karşılaştırır ve bunlardan hangisinin daha fazla öneme sahip olduğuna karar verir (Lupia, 2012).

CBS sayesinde geniş kapsamlı coğrafi verilerin ve veri tabanlarının analiz edilmesi kolaylaşmakta böylece arazi uygunluk tespitlerinde hassaslık artmaktadır (Karimi ve ark., 2018).

Tarımsal üretimde arazi uygunluk tespiti yapılan birçok çalışmada CBS ve AHP birlikte kullanılmıştır (Akıncı ve ark., 2013; Ennaji ve ark., 2018; Mustafa ve ark., 2011). Ancak bu çalışmaların büyük kısmının odak noktası konvansiyonel tarımdır. Organik tarım için yapılan çalışma sayısı fazla değildir. Organik tarım için yapılan çalışmalar ise konu belirli sınırlar içerisinde değerlendirilmiştir. Mishra ve ark., (2015) tarafından yapılan çalışmada organik tarıma uygun alanlar araştırılırken, Karimi ve ark., (2018) tarafından yapılan çalışmada organik sertifikalı buğday yetiştirmeye uygun alanlar araştırılmıştır. Ülkemizde de bu konu üstüne eğilen çalışmalar yapılmıştır. Diyarbakır ili için yapılan projede organik tarım arazileri ve ürün desenleri farklı kriterlere göre puanlanarak belirlenmiştir (Anonim, 2011).

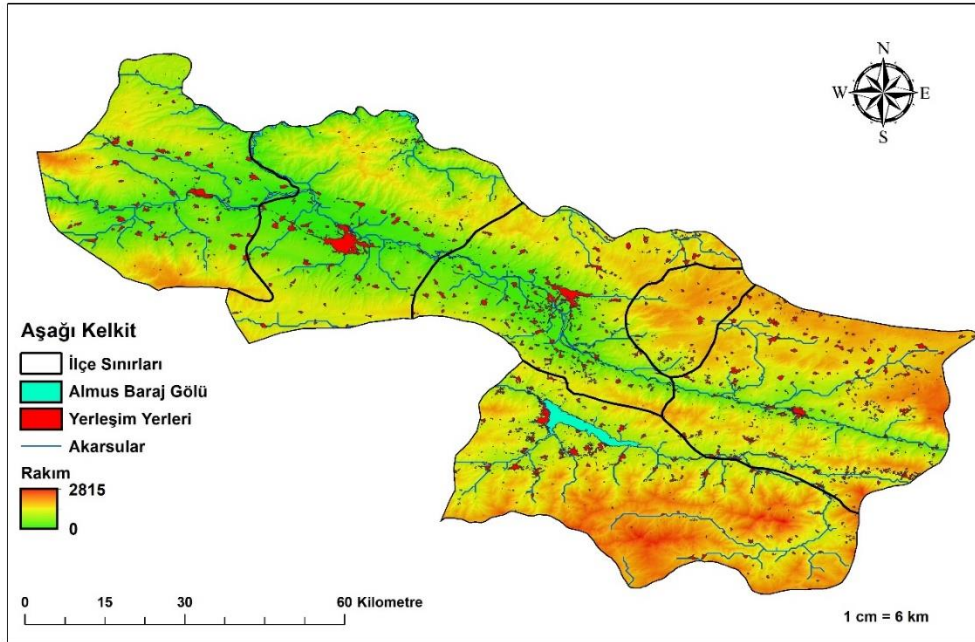
Esetlili ve ark., (2017) tarafından yapılan başka bir çalışmada Güzelhisar havzasında organik tarıma uygun alanlarla birlikte organik sertifikalı hayvancılık ve arıcılık için uygun alanlar Çok Kriterli Karar Analizi yapılarak tespit edilmiştir.

Bu çalışmada ise yukarıdaki araştırmalardan farklı olarak organik alanların ve bu alanlara uygun ürün deseninin belirlenmesinde CBS, MCDM ve AHP birlikte kullanılarak havza bazında tespit ve sınıflandırma yapılması amaçlanmıştır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Çalışma Alanı

Çalışma alanı olarak belirlenen Aşağı Kelkit Havzası, Tokat ilinin Almus, Başçiftlik, Erbaa, Niksar, Reşadiye ve Amasya ilinin Taşova ilçelerini kapsamakta ve toplam alanı 5597,45 km²'dir (Şekil 3.1). Çalışma alanı, konumu nedeniyle İç Anadolu ile Orta Karadeniz arasında geçiş halinde bulunması Aşağı Kelkit Havzasında her iki bölgenin iklim özelliklerinin de görülmesini sağlamaktadır. Bununla beraber arazinin jeomorfolojisi ve topoğrafı da bölgenin iklimi üzerinde etki yaratmaktadır. Havza içerisinde alt seviyelerden 800 – 900 m yüksekliğe kadar Akdeniz İklimi görülürken yükselti arttıkça ve havzada batıdan doğuya gittikçe iklim bu durum değişmekte ve karasal iklim özellikleri görülmeye başlamaktadır (Doğan ve Aslan, 2013).



Şekil 3.1. Aşağı Kelkit Havzası

3.2. Çalışma Veri Tabanının Oluşturulması

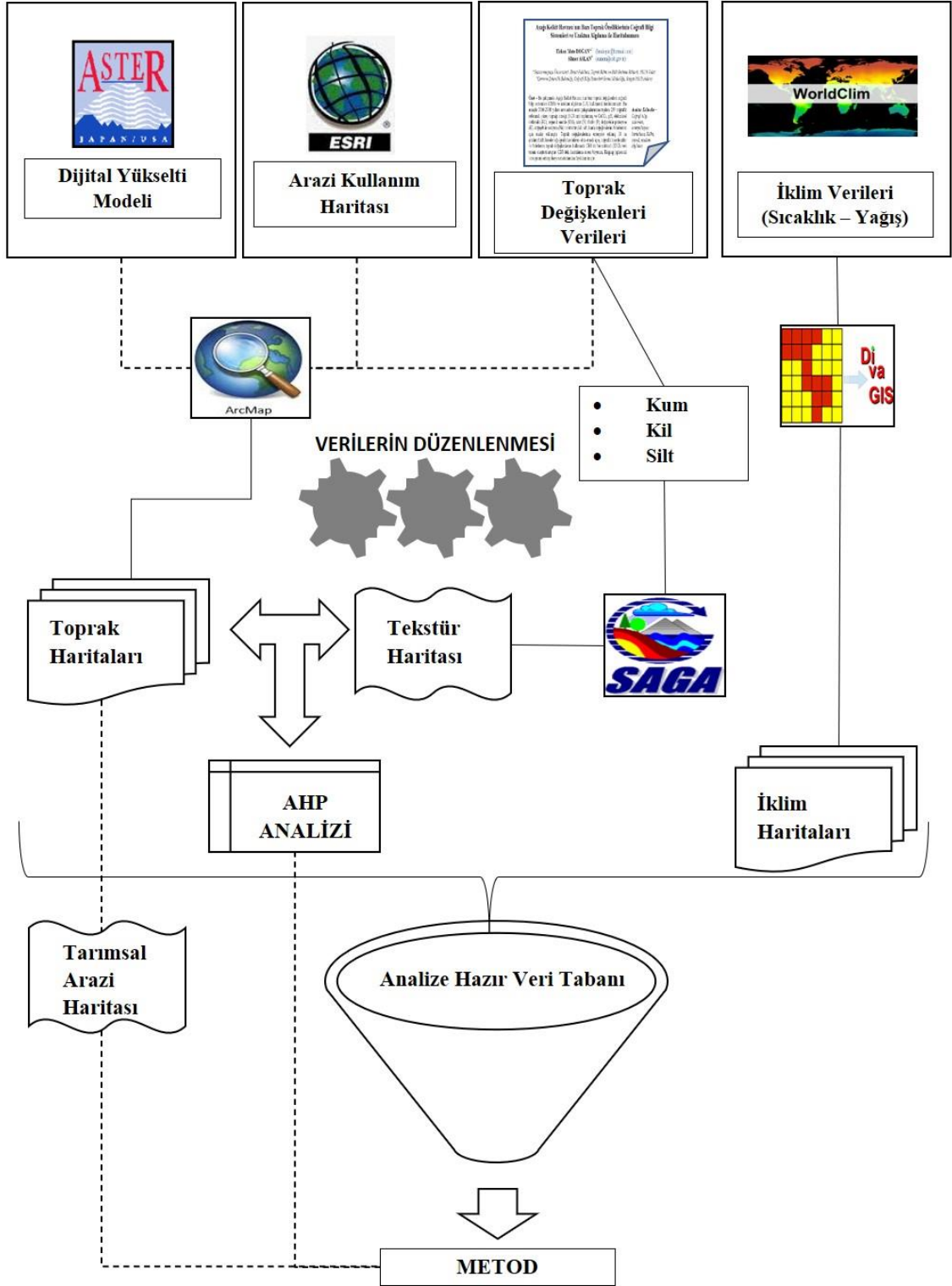
Çalışmanın yürütülmesinde üç ana başlık altında toplanan veri tabanları kullanılmıştır. Bu veri tabanları sırasıyla;

- İklim veri tabanları
- Toprak değişkenleri veri tabanları
- Yardımcı veri tabanlarıdır.

Çalışmada kullanılan veri tabanları, elde edildiği kaynaklar ve alternatif veri kaynakları Tablo 3.1’de listelenmiştir. Elde edilen veri tabanlarının düzenlenmesi ve analize hazır hale getirilmesi süreci Şekil 3.2’de özetlenmiştir.

Tablo 3.1. Çalışmada kullanılan veri tabanları ve alındığı kaynaklar

Veri Tabanı	Veri Kaynağı
İklim verileri	WorldClim-Global Climate Data http://www.worldclim.org
Toprak değişkenleri (pH, EC, Kum, Kil, Silt, CaCO ₃ , Organik Madde)	Doğan ve Aslan, (2013)
Yardımcı veriler (Tarım arazileri verisi)	Corine Land Cover, 100 m https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc2018?tab=download ESRI Land Cover, 10 m https://livingatlas.arcgis.com/landcover/
Yükselti verisi	ASTER Global Digital Elevation Model (ASTER GDEM) https://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp



Şekil 3.2. Çalışmanın metodolojisi

3.2.1. İklim haritalarının hazırlanması

WorldClim veri tabanı DIVA – GIS (Hijmans ve ark., 2012) yazılımı kullanılarak EcoCrop modeli ile seçilen her kültür bitkisi için iklimsel uygunluk haritaları üretilmiştir (Şekil 3). İklimsel uygunluk haritaları, Hijmans ve ark, (2012) tarafından geliştirilen, sıcaklık ve yağış olmak üzere, iki ekolojik koşulu içeren bir hesaplama dayalı algoritma ile modellenmektedir. Bu algoritmada iklimsel uygunluk üç basamakta hesaplanmaktadır (Hijmans ve ark., 2012; Ramirez-Villegas ve ark., 2013).

I. Basamak: İncelenen kültür bitkisinin gelişme dönemi boyunca gerekli sıcaklık koşullarının hesaplanmasını kapsamaktadır. Buna göre;

$$T_{SUITi} = \begin{cases} 0 & T_{MIN-Pi} < T_{KILL-M} \\ 0 & T_{MEAN-Pi} < T_{MIN-C} \\ a_{T1} + m_{T1} * T_{MEAN-Pi} & T_{MIN-C} \leq T_{MEAN-Pi} < T_{OPMIN-C} \\ 100 & T_{OPMIN-C} \leq T_{MEAN-Pi} < T_{OPMAX-C} \\ a_{T2} + m_{T2} * T_{MEAN-Pi} & T_{OPMAX-C} \leq T_{MEAN-Pi} < T_{MAX-C} \\ 0 & T_{MEAN-Pi} \geq T_{MAX-C} \end{cases}$$

formülü ile hesaplanmaktadır. Formül, ilgili kültür bitkisinin yetiştirme dönemini dikkate alacak şekilde çalışmaktadır. Formülde T_{SUITi} belirli bir bölgede (P) incelenen aydaki (i) hesaplanan sıcaklığın ilgili bitki için uygunluk değerini göstermektedir. Sıcaklık uygunluğu hesaplanırken her bitkinin yetiştirilmesinde etkili en yüksek ve en düşük sıcaklıklar (T_{MIN-C} , T_{MAX-C}), en yüksek ve en düşük optimum sıcaklıklar ($T_{OPMIN-C}$, $T_{OPMAX-C}$), i ayının ortalama sıcaklığı ($T_{MEAN-Pi}$) ve bitkinin donarak öldüğü sıcaklığın 4 ile toplanması ile elde edilen bitki ölüm değeri (T_{KILL-M}) dikkate alınarak hesaplama yapılmaktadır. Formülde, a_{T1} ve m_{T1} [T_{MIN-C} , 0] ve [$T_{OPMIN-C}$, 100] değerleri ile oluşan regresyon eğrisinin kesişim ve eğim değerleri iken; a_{T2} ve m_{T2} [T_{MAX-C} , 0] ve [$T_{OPMAX-C}$, 100] değerleri ile oluşan regresyon eğrisinin kesişim ve eğim değerleridir.

Sıcaklık uygunluk değeri, tüm veriler hesaplandıktan sonra modelde potansiyel bitki yetiştirme sezonu olarak kabul edilen on iki ay için hesaplanan en düşük değerden elde edilmektedir.

II. Basamak: İncelenen kültür bitkisinin gelişme dönemi boyunca gelen yağış koşullarının hesaplanmasını kapsamaktadır. Buna göre;

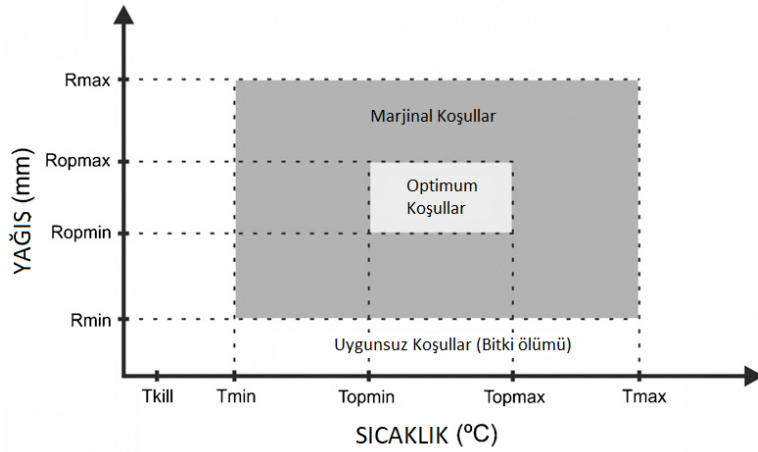
$$R_{SUIT} = \begin{cases} 0 & R_{TOTAL-P} < R_{MIN-C} \\ a_{R1} + m_{R1} * R_{TOTAL-P} & R_{MIN-C} \leq R_{TOTAL-P} < R_{OPMIN-C} \\ 100 & R_{OPMIN-C} \leq R_{TOTAL-P} < R_{OPMAX-C} \\ a_{R2} + m_{R2} * R_{TOTAL-P} & R_{OPMAX-C} \leq R_{TOTAL-P} < R_{MAX-C} \\ 0 & R_{TOTAL-P} \geq R_{MAX-C} \end{cases}$$

Yağış uygunluk değeri (R_{SUIT}) hesaplanırken her bitki için gereken en yüksek ve en düşük yağış değerleri (R_{MIN-C} , R_{MAX-C}), en düşük ve en yüksek optimum yağış değerleri ($R_{OPMIN-C}$, $R_{OPMAX-C}$) ve belirli bölgeye (P) bitkinin yetiştirme sezonunda düşen toplam yağış miktarı ($R_{TOTAL-P}$) ile hesaplanmaktadır. Formülde, a_{R1} ve m_{R1} [R_{MIN-C} , 0] ve [$R_{OPMIN-C}$, 100] değerleri ile oluşan regresyon eğrisinin kesişim ve eğim değerlerini, a_{R2} ve m_{R2} [$R_{OPMAX-C}$, 100] ve [R_{MAX-C} , 0] değerleri ile oluşan regresyon eğrisinin kesişim ve eğim değerlerini göstermektedir.

Şekil 3.3'te iklim modelinin grafiğe dökülmüş hali verilmiştir.

III. Basamak: Elde edilen sıcaklık ve yağış uygunluk değerleri çarpılarak bitki iklimsel uygunluk değeri elde edilmektedir. Buna göre;

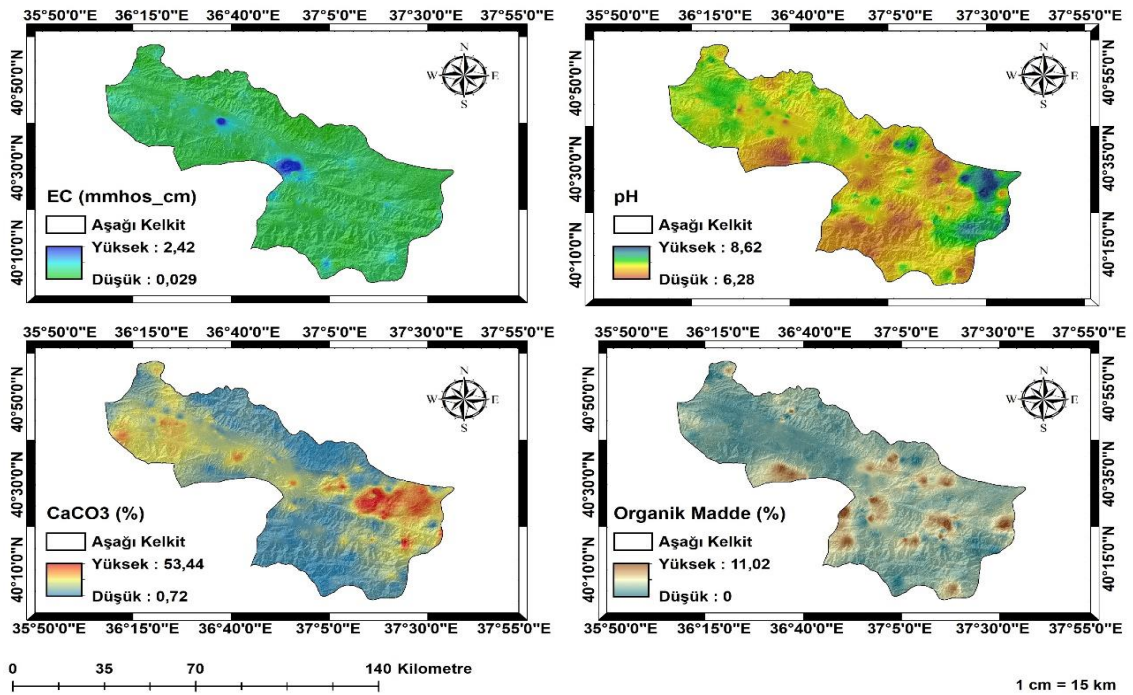
$SUIT = RSUIT * TSUIT$ 'dir.



Şekil 3.3. Ecocrop iklim modelinin grafik gösterimi

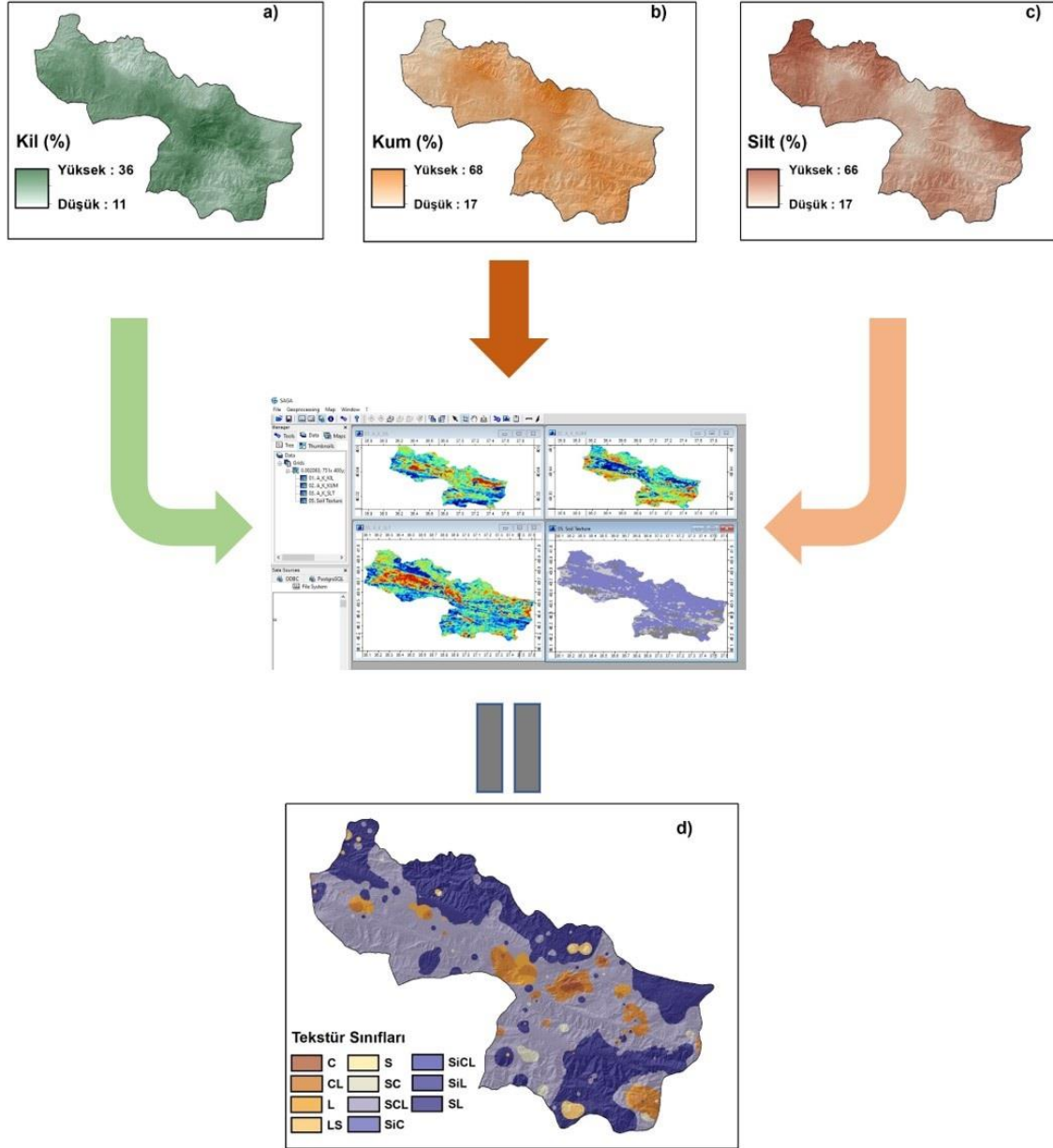
3.2.2. Toprak değişkenleri haritalarının hazırlanması

Toprak haritalarının hazırlanmasında, ISRIC World Soil Information (WoSIS) tarafından üretilen (Batjes ve ark., 2017) toprak veri tabanları kullanılmıştır. Bunun yanında, önceki yıllarda Aşağı Kelkit Havzasında Doğan ve Aslan, (2013) tarafından yürütülen çalışmalarda elde edilen toprak değişkenleri verileri kullanılarak ArcGIS yazılımında toprak değişkenleri haritaları üretilmiştir (Şekil 3.4).



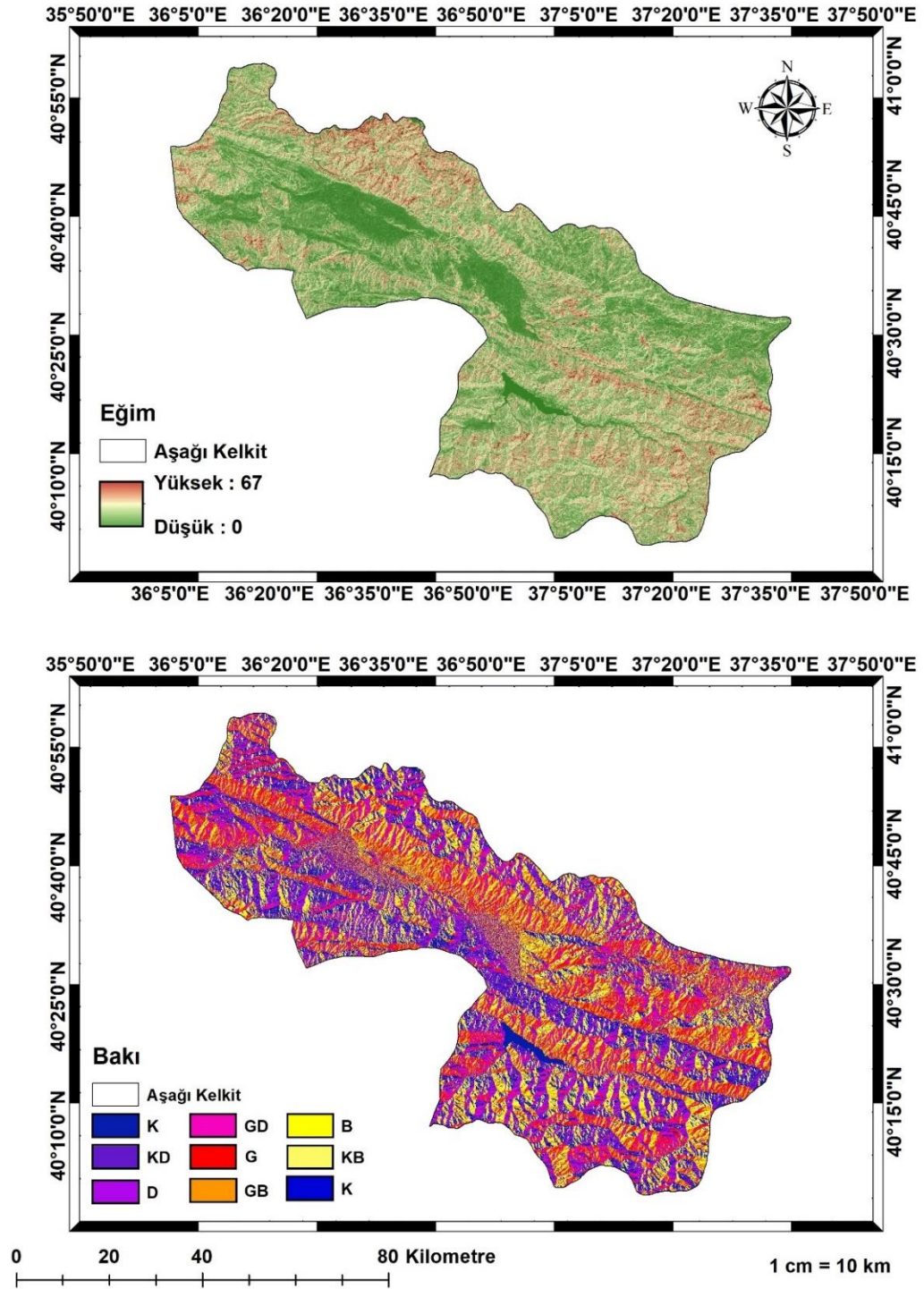
Şekil 3.4. Aşağı Kelkit Havzası toprak kimyasal değişkenleri

Tekstür haritaları Doğan ve Aslan, (2013) veri tabanından elde edilen Kum, Kil ve Silt verilerinin SAGAGIS (Conrad ve ark., 2015) yazılımı içerisindeki tekstür modülü kullanılarak üretilmiştir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. SAGAGIS yazılımında toprak tekstürü haritasının üretilmesi

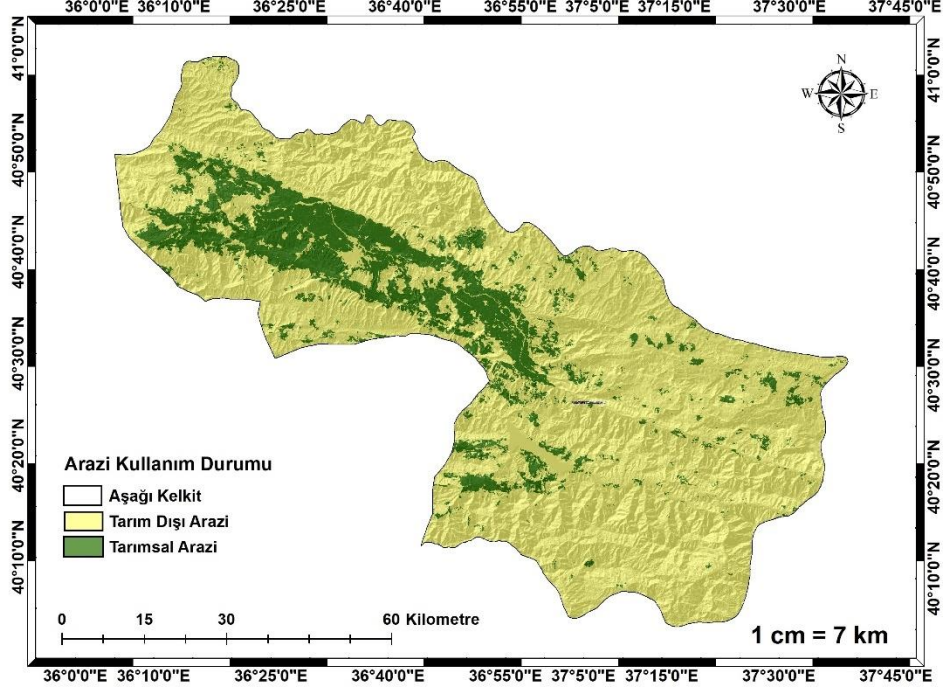
Toprak değişkenleri verileri dışında kalan Eğim ve Bakı haritaları ASTER dijital yükseklik modeli (DEM) kullanılarak ArcGIS yazılımında üretilmiş çalışma alanı sınırlarını kapsayacak şekilde analize hazır hale getirilmiştir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Aşağı Kelkit Havzası eğim ve bakı haritaları

3.2.3. Yardımcı haritaların hazırlanması

Çalışmada yardımcı harita, ESRI tarafından üretilen, 10 m çözünürlüğe sahip arazi kullanım haritası çalışma alanı sınırlarını kapsayacak şekilde düzenlenmiştir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Aşağı Kelkit Havzası tarım arazileri haritası (ESRI)

3.2.4. AHP analizi

Çalışmada, Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemi olarak seçilen AHP yöntemi, altı basamaktan oluşan bir dizi işlemi takip etmektedir.

Birinci basamak: Belirlenen her bir ölçütün karşılaştırıldığı bir matris oluşturulur. Bu matris köşegeni 1 olan bir kare matris yapısındadır ve ölçüt değerlerinin birbirine göre hangi oranda tercih edildiğini göstermektedir.

$$\begin{bmatrix} 1 & a_{ij} & \dots & a_{in} \\ a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}} & 1 & \dots & a_{nj} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{ni} = \frac{1}{a_{in}} & a_{nj} = \frac{1}{a_{jn}} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Matriste a_{ij} , i ölçütü ile j ölçütünün birbiriyle karşılaştırma değerini gösterirken, a_{ji} değeri $1/a_{ij}$ hesaplanarak elde edilir. Ölçütlerin hangi oranlarda birbirine göre tercih edildiği Saaty, (1990) tarafından tanımlanan değerler ile yapılır (Tablo 3.2).

Tablo 3.2. AHP Karşılaştırma Ölçeği (Saaty, 1990)

Değer	Önem Derecesi
1	Eşit Derecede Önemli
3	Biraz Önemli
5	Önemli
7	Çok Önemli
9	Son Derece Önemli
2, 4, 6, 8	Ara Değerler

İkinci basamak: Karşılaştırma matrisi normalize edilir. Bu basamakta her matris elemanı bulunduğu sütünün toplam değerine bölünür. Böylece her sütunun toplam değeri 1'e eşit olur.

$$a_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{n=1}^n a_{ij}} \quad (2)$$

Üçüncü basamak: Normalize edilen matrisin her satır toplamı matrisin boyutuna bölünür ve ortalaması alınır. Hesaplanan bu değer her ölçütün önem ağırlığını (w_i) gösteren öncelik vektörünü oluşturur.

$$w_i = \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{i=1}^n a_{ji} \quad (3)$$

Dördüncü basamak: Karşılaştırmalar ve öncelik vektörü hesaplanmasının ardından hazırlanan matrisin tutarlılık oranı hesaplanır. AHP yönteminde bir matrisin tutarlılık oranını hesaplamak için öncelikle “Tutarlılık İndeksi (Consistency Index-CI)” katsayısının hesaplanması gerekir. Tutarlılık İndeksi aşağıdaki eşitlikle hesaplanır:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (4)$$

Bu eşitlikte;

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{\sum_{j=1}^n a_{ij} w_j}{w_i} \right) \quad (5)$$

ile hesaplanmaktadır.

Beşinci basamak: Matrisin tutarlılığını değerlendirebilmek için Tutarlılık İndeksi ile birlikte “Rassal İndeks (Random Index-RI)” değerinin de bilinmesi gerekmektedir. RI değeri n boyutlu bir matris için Saaty, (1990) tarafından tanımlanmıştır. Tablo 3.4’te RI değerleri verilmiştir.

Tablo 3.3. Matris boyutlarına göre RI değerleri

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,53	1,56	1,57	1,59

CI ve RI değerleri belirlendikten sonra “Tutarlılık Oranı (Consistency Ratio-CR)” değeri hesaplanır.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (6)$$

Altıncı basamak: Son basamakta hesaplanan CR değerinin 0,1’den küçük bir değer olup olmadığı kontrol edilir. CR değeri 0.1’den küçük bir değerse matrisin tutarlı olduğu kabul edilir. CR değeri 0,1 değerinden büyük bir değer çıkarsa bu matrisin tutarsız olduğunu gösterir. Bu durumda karşılaştırma matrisinin yeniden düzenlenmesi gerekmektedir.

Çalışmada ölçütlerin ağırlıklarını belirlemek üzere, Excel ortamında, yukarıda bahsi geçen tüm basamaklardaki hesaplamaları yapabilen, 7x7 boyutlarında bir matris hazırlanmış ve kullanılmıştır.

3.2.5. Kùltür bitkilerinin toprak isteklerinin sınıflandırılması ve AHP ile ağırlıklarının hesaplanması

Çalışmada ekolojik uygunluk haritaları hazırlanmak üzere on iki farklı kùltür bitkisi seçilmiştir. Seçilen her kùltür bitkisi için literatür takip edilerek kùltür bitkilerinin yetişmesi için gerekli toprak koşulları, hazırlanan toprak değişkenleri haritalarına göre belirlenmiş ve bunlar FAO arazi uygunluk cetveline göre alt guruplara ayrılarak sınıflandırılmıştır. Bununla beraber belirlenen toprak değişkenlerinin her kùltür bitkisinin yetişmesindeki ağırlıkları AHP yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Elde edilen tüm bu veriler ve iklim uygunluk haritaları seçilen kùltür bitkileri için ayrı başlıklar altında sunulmuştur.

Arpa (*Hordeum vulgare*)

Arpa, buğdaydan sonra en fazla yetiştirilen serin iklim tahılıdır. Başta hayvan yemi üretiminde ve bira sanayisinde ham madde olarak üretilmesinin yanında çeşitli kullanım alanları bulunan arpa, birincil gen merkezi olarak, Türkiye'nin de içinde bulunduğu, Bereketli Hilal sınırlarını aşarak tüm dünyada yetiştirilen en önemli tahıllardan birisidir (Fox, Glen Li, 2020).

Arpa, iyi dreneja sahip, derin, ağır bünyeli olmayan (tınlı, siltli- tınlı) topraklarda iyi yetişen bir bitkidir (Zengin ve Özbahçe, 2014). Kök derinliği 1.5 metreye ulaşabilen arpa, 5.5 – 8.5 pH aralığına sahip topraklarda gelişebilirken, pH aralığı 6.2 – 8 olan topraklarda optimum gelişim gösterir. Elektriksel iletkenliği (EC) 8 dS/m'e kadar olan topraklarda verim kaybı olmadan gelişebilen arpa tuza dayanıklı bir kùltür bitkisidir (Sys, ve ark., 1993). Tablo 3.4'te arpanın toprak istekleri bakımından FAO toprak uygunluk sınıflandırılması verilmiştir. Tablo 3.5'te arpanın gelişiminde toprak değişkenlerinin etki ağırlıkları AHP yöntemi ile literatür takip edilerek hazırlanmıştır. Hazırlanan matrisin tutarlılık değeri 0.08 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan tutarlılık değeri 0.1 değerinden küçük olduğu için matris tutarlıdır.

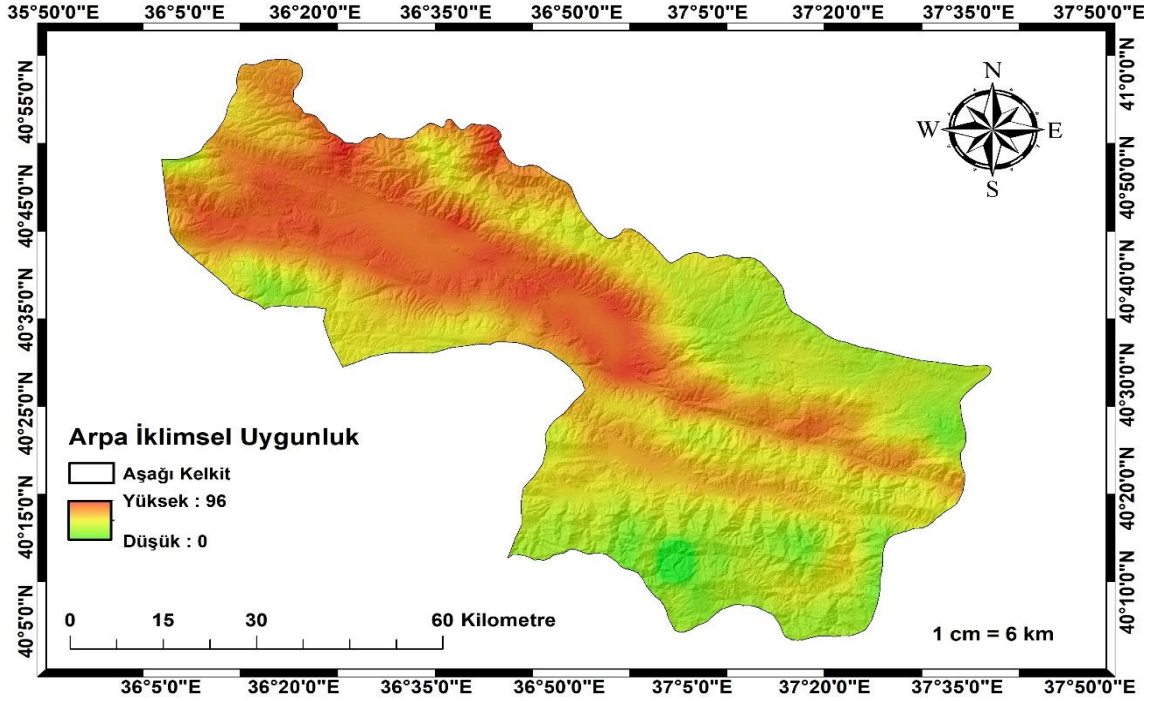
Tablo 3.4. Arpa bitkisinin toprak isteklerinin FAO uygunluk sınıflarına göre dağılımı

ARPA							
Sınıf	EC dS/m	Eğim %	Tekstür	OM %	pH	Bakı	CaCO ₃ %
S1	0 – 12	0 – 8	SiC, SiCL, SiL, CL, SC, L	> 2 – 1.2	6.2 – 8	G, GB, GD	3 – 30
S2	12 – 16	8 – 12	SCL	0.8 – 1.2	8 – 8.2	D, B	30 – 40
S3	16 – 20	16 – 24	SL, LS	0.8>	> 8.2	KD, KB	40 – 60
N	> 20	> 30	-	-		K	-

Tablo 3.5. Toprak değişkenleri ikili karşılaştırma matrisinde hesaplanan ağırlık değerleri

Ölçütler	EC	Eğim	Tekstür	OM	PH	BAKI	CaCO ₃	Ağırlık
EC	1	0.14	0.20	0.20	0.33	0.20	1	0.04
Eğim		1	3	3	3	3	3	0.32
Tekstür			1	3	3	3	3	0.22
OM				1	0.33	3	2	0.12
PH					1	2	2	0.14
BAKI						1	2	0.10
CaCO ₃							1	0.06
CR Değeri	0.08							

Arpa, yetiştirme sezonu süresince, ortalama sıcaklığın 20 °C'in altında olan ve düzenli bir dağılım gösteren 300 – 1100 mm yağış alan bölgelerde yetiştirilir. Serin iklim tahılları arasında hem vejetatif hem de generatif gelişime dönemlerinde nemden hoşlanan tahıl arpadır aynı zamanda uzun gün bitkisi (Sys ve ark., 1993; Zengin ve Özbahçe, 2014). Aşağı Kelkit Havzası'nın arpa iklimsel uygunluk haritası Şekil 3.8'de verilmiştir. Buna göre havzanın batı ve orta kesimleri arpa için yüksek uygunluk değerleri alırken havzanın doğusuna doğru iklimsel uygunluk değerlerinde az da olsa bir düşüş olduğu görülmektedir (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Arpa iklimsel uygunluk haritası

Ayçiçeği (*Helianthus annuus*)

Ayçiçeği, hemen hemen tüm bitki aksamından faydalanılarak; hayvan yeminden süs bitkisine, tohumlarından çerezlik üretilirken kuru gövdesinden yakacak olarak çok geniş bir yelpazede kullanılmaktadır. Ancak, ayçiçeği tüm bunların ötesinde, özellikle de Şubat 2022’de başlayan Rusya – Ukrayna savaşıyla birlikte çarpıcı bir şekilde görüldüğü üzere, küresel düzeyde stratejik öneme sahip bir yağ bitkisidir.

Toprak isteği bakımından ayçiçeğine baktığımızda; derin, nemli, su tutma kapasitesi yüksek, organik madde açısından zengin toprakların yetiştiriciliğe uygundur (Geçit ve ark., 2011). Yeterli drenaj sağlandığı durumlarda, kumlu tekstürden killi tekstüre sahip topraklar ayçiçeği tarımı için yeterlidir (Zengin ve Özbahçe, 2014). Asitli topraklara hassas bir bitki olan ayçiçeği pH 5 – 8.5 aralığına sahip topraklarda yetiştirilebilse de optimum pH 6 – 7.5 düzeyinde olması yetiştiricilikte daha iyi sonuçlar verir. Bununla beraber toprak tuzluluğuna hassas bir bitki olan ayçiçeği için EC değerinin 1 dS/m’nin altında olması gereklidir.

EC değeri yükseldikçe çimlenme oranı ve verim düşüşünün yanında özellikle tohumların yağ kapasiteleri de azalmaktadır (Sys ve ark., 1993; Zengin ve Özbahçe, 2014). Ayçiçeği tarımı için uygun toprak koşullarının FAO arazi uygunluk sınıflarına göre dağılımı Tablo 3.6’da verilmiştir. Tablo 3.7’de toprak değişkenlerinin ayçiçeği tarımı için önem ağırlıklarının hesaplandığı ikili karşılaştırma matrisi verilmiştir. Tabloya göre yapılan analiz sonucunda tutarlılık oranı 0.08 olarak hesaplanmıştır ve karşılaştırma matrisinin tutarlı olduğu sonucuna varılmıştır.

Tablo 3.6. Ayçiçeği bitkisinin toprak isteklerinin FAO uygunluk sınıflarına göre dağılımı

AYÇİÇEĞİ							
Sınıf	EC dS/m	Eğim %	Tekstür	OM %	pH	Bakı	CaCO3 %
S1	0-4	0-4	SiC, SiL, SCL, L, CL	>1.2	6-7.5	G, GB, GD	0-15
S2	4-9	4-8	SL, LS	0.8-1.2	7.5-8	D, B	15-25
S3	9-12	8-16	S	0.5-0.8	8-8.5	KD, KB	25-35
N	12 <	16 <		-	<6-8.5<	K	35 <

Tablo 3.7. Toprak değişkenleri ikili karşılaştırma matrisinde ayçiçeği için hesaplanan ağırlık değerleri

Ölçütler	EC	Eğim	Tekstür	OM	PH	BAKI	CaCO3	Ağırlık
EC	1	3	3	2	3	4	3	0.29
Eğim		1	0.50	0.33	3	3	3	0.13
Tekstür			1	0.33	2	2	2	0.12
OM				1	4	4	4	0.25
PH					1	3	3	0.09
BAKI						1	3	0.07
CaCO3							1	0.05
CR Değeri	0.08							

Dünyada geniş yayılış gösteren ayçiçeği, farklı iklim koşullarına kolay uyum sağlamış bir kültür bitkisidir. Yüksek sıcaklıklara ve soğuğa karşı dayanıklı olan ayçiçeği bitkisi için gelişme dönemi boyunca gerekli optimum sıcaklık 18 - 26 °C arasında kabul edilirken, ayçiçeği için ideal hava sıcaklığı 22 °C’dir (Geçit ve ark., 2011; Sys ve ark., 1993).

Toprak tuzuna hassas bir bitki olan bezelye, EC değeri 0.5 dS/m üzerine seyrettiğinde verim kaybı görülmeye başlar (Sys ve ark., 1993). Bezelye yetiştiriciliği için gerekli toprak koşullarının FAO uygunluk sınıflarına göre dağılımı Tablo 3.8’de verilmiştir.

Bezelye için toprak değişkenlerinin etki ağırlıklarının hesaplandığı ikili karşılaştırma matrisine göre en yüksek ağırlık değerlerine sahip değişkenler sırasıyla EC %31, Eğim %22, Tekstür %16 ve Organik Madde %12 olarak hesaplanmıştır (Tablo 3.9). İkili karşılaştırma matrisinin tutarlılık oranı 0.096 olarak hesaplanmıştır. Buna göre matriste yapılan karşılaştırma tutarlıdır (Tablo 3.9).

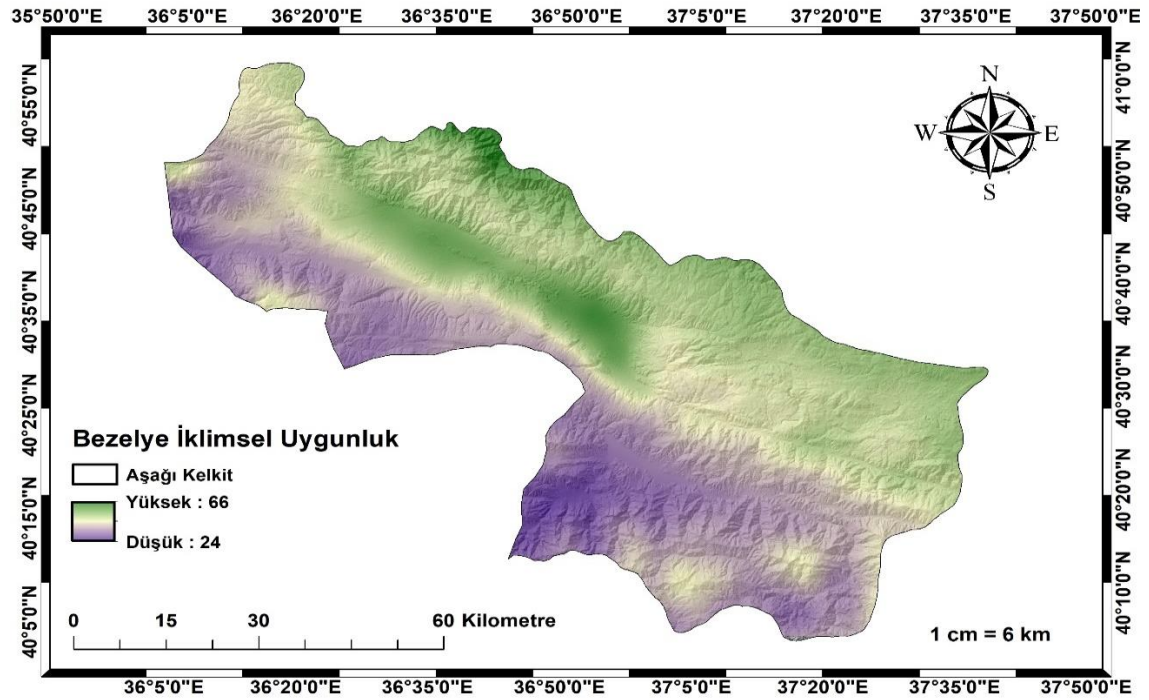
Tablo 3.8. Bezelye bitkisinin toprak isteklerinin FAO uygunluk sınıflarına göre dağılımı

BEZELYE							
Sınıf	EC dS/m	Eğim %	Tekstür	OM %	pH	Bakı	CaCO3 %
S1	0.5-1	0-4	SiC, CL, SCL	1.2-2<	6-7.5	G, GB, GD	0-15
S2	1-1.5	4-8	SL, LS	0.8-1.2	7.5-8	D, B	15-25
S3	1.5-2.5	8-16	S	0.5-0.8	8-8.2	KD, KB	25-35
N	2.5<	16<	-	1.2-2<	<6-8.2<	K	35<

Tablo 3.9. Toprak değişkenleri ikili karşılaştırma matrisinde bezelye için hesaplanan ağırlık değerleri

Ölçütler	EC	Eğim	Tekstür	OM	PH	BAKI	CaCO3	Ağırlık
EC	1	3	3	3	3	5	3	0.31
Eğim		1	3	3	3	5	3	0.22
Tekstür			1	3	3	3	3	0.16
OM				1	3	3	3	0.12
PH					1	3	3	0.09
BAKI						1	0.33	0.04
CaCO3							1	0.07
CR Değeri	0.096							

Bir serin iklim bitkisi olan bezelye, serin ve nemli havalarda iyi gelişirken, yüksek sıcaklıklar ve kuraklık bitki gelişimini ve çiçeklenmeyi olumsuz etkilemektedir (Geçit ve ark., 2011; Zengin ve Özbahçe, 2014). Genç bitkiler donma noktasına yakın düşük sıcaklıklara dayanıklıdır. Bezelye gelişimi için gerekli optimum sıcaklıklar 14 – 20 °C arasında değişirken, günlük ortalama sıcaklığın 17 °C olduğu koşullarda en iyi gelişim göstermektedir (Sys ve ark., 1993). Bezelye, yetiştirme süresinde düzenli ve yeteli suya ihtiyaç duymaktadır. Ortalama yağışın 800 – 1000 mm olduğu bölgelerde tarımı yapılabilirken, yetiştirme döneminde 350 – 600 mm yağış bitki gelişimi için optimum düzeydir (Geçit ve ark., 2011; Sys ve ark., 1993). Çalışma alanı sınırları içinde bezelyenin iklimsel uygunluk modeli Şekil 3.10'da verilmiştir. Bezelyenin Aşağı Kelkit havzasında iklimsel uygunluk bakımından aldığı en yüksek puan 66, en düşük puan ise 24 olarak hesaplanmıştır (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Bezelye iklimsel uygunluk haritası

Biber (*Capsicum annum*)

Biber, toprak seçen bitki olmamakla birlikte, tınlı, kumlu tınlı, derin, su tutma kapasitesi iyi, organik maddesi yüksek ve iyi dreneja sahip topraklarda iyi gelişir ve bu tip topraklarda biberden yüksek verim elde edilir (Eren ve ark., 2021; Sys ve ark., 1993; Zengin ve Özbahçe, 2014). Hassas köklere sahip olan biber, yüksek miktarda su tutan, ağır killi topraklarda iyi gelişemez (Eren ve ark., 2021). Toprak pH'sı bakımından pH aralığı 5.2 – 8.2 arasında yetiştirilebilmekle birlikte pH 6 – 6.5 ve pH 6 – 7.6 aralığı biber için optimum düzeylerdir (Eren ve ark., 2021; Sys ve ark., 1993). Toprak EC değeri 1.5 dS/m'e kadar olan değerler biber için uygunken EC değeri 2.2 dS/m ve üzerinde olmasıyla birlikte biberde verim düşüşü başlamaktadır (Sys ve ark., 1993). FAO arazi uygunluk sınıflarına göre biberin toprak isteklerinin dağılımı Tablo 3.10'da verilmiştir. Biberin gelişimi üzerinde etkili olan ölçütlerin ağırlıklarının tespit edildiği ikili karşılaştırma matrisine göre, tekstür %32 ile en etkili ölçüt olurken bunu %20 ile eğim, %17 ile organik madde ve %12 ile pH takip etmektedir (Tablo 3.11). Karşılaştırma matrisinin tutarlılık oranı 0.09 olarak hesaplanmıştır. Buna göre matris tutarlıdır.

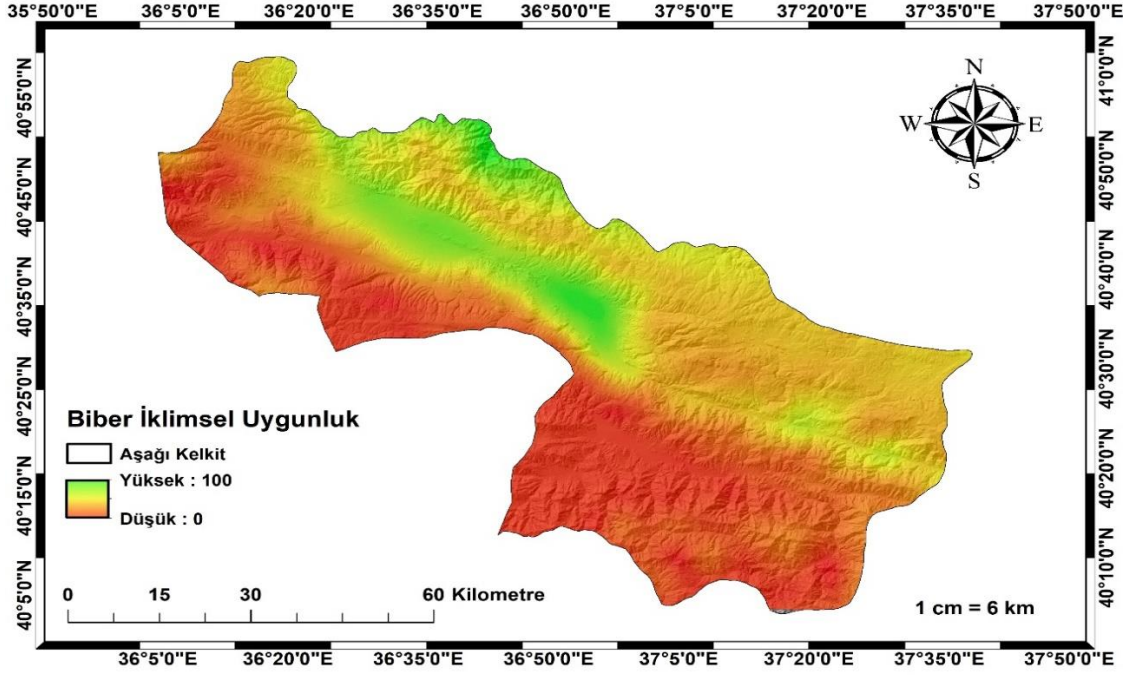
Tablo 3.10. Biber bitkisinin toprak isteklerinin FAO uygunluk sınıflarına göre dağılımı

BİBER							
Sınıf	EC dS/m	Eğim %	Tekstür	OM %	pH	Bakı	CaCO3 %
S1	0-3	0-4	SCL, SL, L, SiC	0.8-1.5<	6-7.6	G, GB, GD	0-5
S2	3-5	4-8	LS, S	0.5-0.8	7.6-8	D, B	5-10
S3	5-7	8-16	C	<0.5	8-8.2	KD, KB	10-20
N	7<	16<	-	-	<5.2- 8.2<	K	20<

Tablo 3.11. Toprak değişkenleri ikili karşılaştırma matrisinde biber için hesaplanan ağırlık değerleri

Ölçütler	EC	Eğim	Tekstür	OM	PH	BAKI	CaCO3	Ağırlık
EC	1	0.33	0.33	0.33	0.33	3	3	0.09
Eğim		1	0.33	3	2	3	3	0.20
Tekstür			1	3	3	5	5	0.32
OM				1	3	3	5	0.17
PH					1	3	3	0.12
BAKI						1	3	0.06
CaCO3							1	0.04
CR Değeri	0.09							

Sıcak ve ılıman iklimlerde başarılı şekilde üretilen biber, 14 – 28⁰C sıcaklarda gelişebilirken, bitki gelişme döneminde optimum sıcaklıklar 18 – 26⁰C veya 20 – 25⁰C olarak kabul edilir (Sys ve ark., 1993; Zengin ve Özbahçe, 2014). Sıcaklığı yüksek olması bitki gelişimi açısından olumsuz etki yapmaktadır ancak, ışık şiddeti biber için faydalıdır. Nötr gün bitkisi olmasına karşın, ışık şiddeti azaldığında bitkinin vejetatif aksamında artış ortaya çıkmakta ve çiçek oluşumu azalırken meyve verimi de düşmektedir (Eren ve ark., 2021; Zengin ve Özbahçe, 2014). Yetiştirme süresi boyunca biber gelişimi için gerekli yağışın düzenli ve 600 – 1200 mm olması gerekir (Sys ve ark., 1993). Yüksek sıcaklıklar, sağanak yağış ve sert rüzgarlar çiçek tutumu, meyve gelişimi açısından zararlıdır. Biber için üretilen iklimsel uygunluk haritasında havzanın orta kesimleri en yüksek iklimsel uygunluk değerini almıştır (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Biber iklimsel uygunluk haritası

Buğday (*Triticum durum*)

Buğday, Antarktika hariç bütün kıtalarda yetişebilen, insan beslenmesinde toplam kalori tüketiminin 4'te 1'inden fazlasını karşılayan temel besin kaynağı olmasının yanında, dünya ticaretinde stratejik önemi en yüksek tarım ürünlerinin başında gelmektedir (Geçit ve ark., 2011; Oleson, 1994).

Buğday tarımı için en elverişli topraklar; derin, organik madde ve kalsiyum açısından zengin, tınlı, killi tınlı tekstüre sahip topraklardır (Zengin ve Özbahçe, 2014). Toprak pH'sı optimum 6 – 8.2 düzeyde uygun olmakla birlikte, pH aralığı 5.2 – 8.5 değişen topraklar buğday yetiştiriciliği açısından yeterlidir (Sys ve ark., 1993). Buğday, toprak tuzluluğuna çimlenme döneminde daha fazla hassasiyet gösterirken, gelişim döneminde 6 dS/m ulaşan EC değerlerine karşı dayanıklıdır (Sys ve ark., 1993). Buğdayın toprak isteklerinin FAO uygunluk sınıflarına göre dağılımı detaylı olarak Tablo 3.12'te verilmiştir. Toprak değişkenleri ölçütlerinin ikili karşılaştırma matrisine göre buğday için EC %30, Eğim %22, pH %15 ve Tekstür %11 ağırlığa sahip olduğu hesaplanmıştır (Tablo 3.13). Matrisin tutarlılık oranı 0.097'dir. Buna göre karşılaştırma matrisi tutarlıdır.

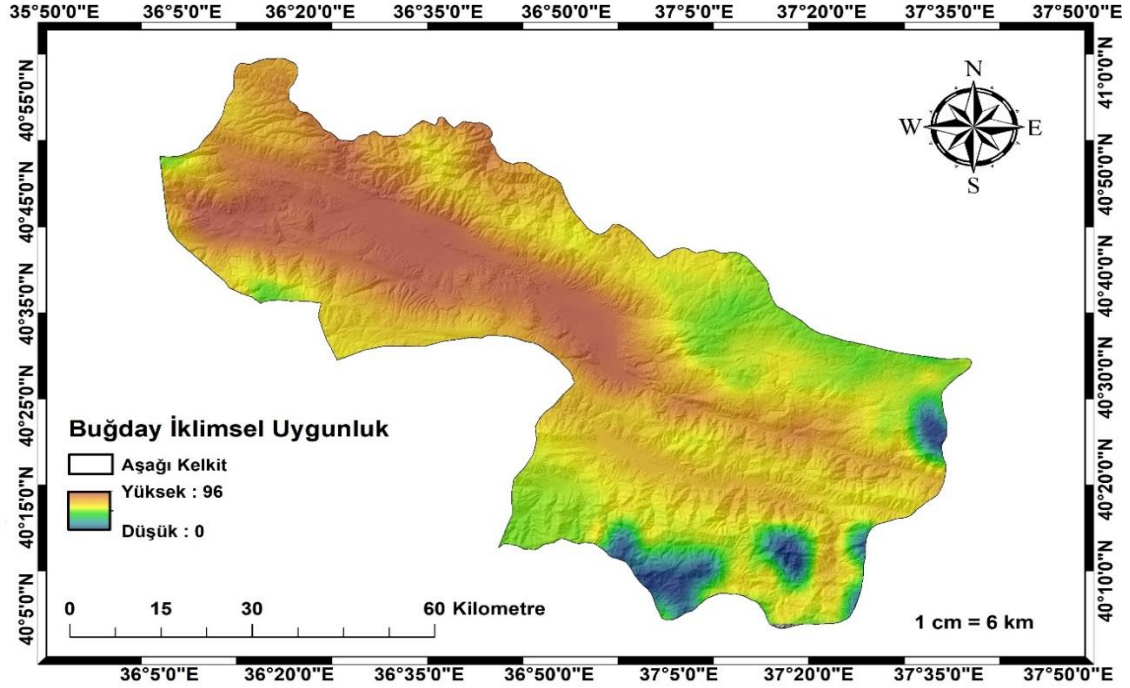
Tablo 3.12. Buğday bitkisinin toprak isteklerinin FAO uygunluk sınıflarına göre dağılımı

BUĞDAY							
Sınıf	EC dS/m	Eğim %	Tekstür	OM %	pH	Bakı	CaCO ₃ %
S1	0-3	0-4	SiC, L, CL	>2.5-1.5	6-8.2	G, GB, GD	3-30
S2	3-5	4-8	SCL	1.5-1	8.2-8.3	D, B	30-40
S3	5-6	8-16	SL	<1	8.3-8.5	KD, KB	40-60
N	6<	16<	-	-	<6-8.5<	K	60<

Tablo 3.13. Toprak değişkenleri ikili karşılaştırma matrisinde buğday için hesaplanan ağırlık değerleri

Ölçütler	EC	Eğim	Tekstür	OM	PH	BAKI	CaCO ₃	Ağırlık
EC	1	3	3	3	3	3	3	0.30
Eğim		1	2	3	3	3	5	0.22
Tekstür			1	3	0.33	2	1	0.11
OM				1	0.33	3	2	0.09
PH					1	2	2	0.15
BAKI						1	2	0.07
CaCO ₃							1	0.06
CR Değeri	0.097							

Tüm serin iklim tahılları gibi buğday da bir uzun gün bitkisi olarak; yeşil aksam gelişim döneminde düşük sıcaklık, tane oluşum döneminde ise sıcak güneşli hava koşullarına ve günlük 15 saate yakın ışıklanmaya ihtiyaç duymaktadır (Geçit ve ark., 2011; Zengin ve Özbahçe, 2014). Buğdayın optimum gelişimi için gereken sıcaklık 12 – 23 °C arasında değişmektedir (Sys ve ark., 1993). Yıllık ortalama 450 – 1250 mm yağış alan bölgelerde sulamaya gerek olmadan buğday tarımı yapılabilir (Sys ve ark., 1993; Zengin ve Özbahçe, 2014). Buğdayın Aşağı Kelkit Havzasına için modellenmiş iklimsel uygunluk haritasına göre havzanın tamamına yakını yüksek uygunluk değerlerini almıştır (Şekil 3.12). İklimsel uygunluk değeri havzanın batı ve orta kesimlerinde en yüksek seviyeye ulaşırken, havzanın doğu kesimlerine doğru iklimsel uygunluk değerleri azalmakta, havzanın güney doğusunda ise en düşük uygunluk değerlerini almaktadır (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Buğday iklimsel uygunluk haritası

Domates (*Lycopersicon esculentum*)

Domates, farklı tekstüre çeşitli topraklarda yetiştirilebilse de az siltli, tınlı ve killi tınlı topraklarda daha yüksek verim elde edilmektedir (Eren ve ark., 2021; Zengin ve Özbahçe, 2014). Bununla beraber derin, mineral ve organik madde bakımından zengin, su tutma kapasitesi iyi, süzek topraklarda başarılı bir şekilde yetiştirilmektedir (Sys ve ark., 1993; Zengin ve Özbahçe, 2014). Genç bitkilerin toprak tuzluluğuna karşı az da olsa hassasiyet göstermelerinin yanında, domates tuza karşı dayanıklı bir bitkidir. EC değeri 3.5 – 4 dS/m'e kadar ulaşan topraklarda verim düşüşü olmadan yetiştirebilmektedir (Sys ve ark., 1993; Zengin ve Özbahçe, 2014). Domates için optimum pH değeri 6 – 7.5 arasındadır. Domatesin toprak isteklerinin FAO uygunluk sınıflarına göre dağılımı Tablo 3.14'te verilmiştir. Toprak değişkenlerinin domates yetiştiriciliği üzerindeki etki ağırlıklarının belirlenmesi için hazırlanan karşılaştırma matrisine göre en yüksek ağırlığa sahip toprak değişkenleri sırasıyla Eğim %32, pH %22, Bakı %17 ve Organik Madde %11 olarak, 0.098 tutarlılık oranıyla hesaplanmıştır (Tablo 3.15).

Tablo 3.14. Domates bitkisinin toprak isteklerinin FAO uygunluk sınıflarına göre dağılımı

DOMATES							
Sınıf	EC dS/m	Eğim %	Tekstür	OM %	pH	Bakı	CaCO3 %
S1	0 – 5	0 – 2	CL, L, SiCL, Si, SiC, SC, SCL	> 2 – 1.2	6 – 7.5	G, GB, GD	0 – 5
S2	5 – 8	2 – 4	LS	1.2 – 0.8	7.5 – 8	D, B	5 – 10
S3	8 – 10	4 – 6	C	<0.8	8 – 8.2	KD, KB	10 – 25
N	> 10	> 6	-	-	> 8.2	K	> 25

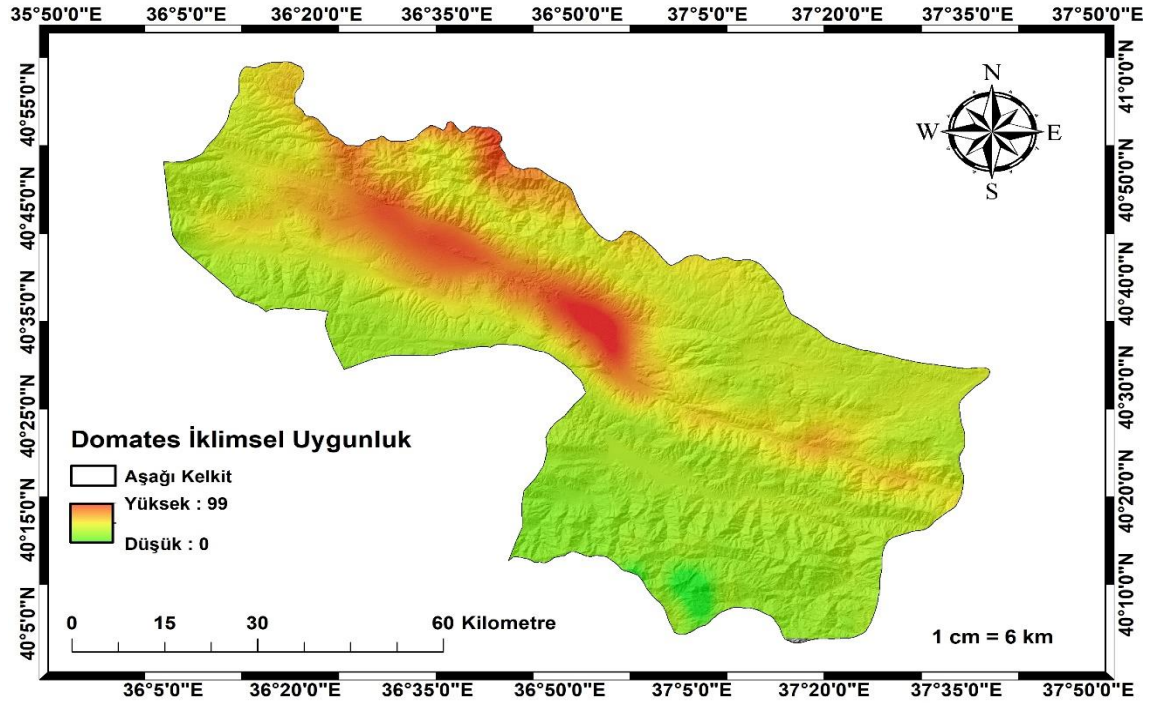
Tablo 3.15. Toprak değişkenleri ikili karşılaştırma matrisinde domates için hesaplanan ağırlık değerleri

Ölçütler	EC	Eğim	Tekstür	OM	PH	BAKI	CaCO3	Ağırlık
EC	1	0.33	0.33	0.33	0.20	0.33	3	0.06
Eğim		1	5	3	3	3	5	0.32
Tekstür			1	0.33	0.33	0.33	2	0.07
OM				1	0.33	0.33	3	0.11
PH					1	3	3	0.22
BAKI						1	5	0.17
CaCO3							1	0.04
CR Değeri	0.098							

Sıcak iklim sebzesi olan domates, sıcak ve ılıman havalara sahip, gece gündüz sıcaklık farkının 6 – 10 °C aşmadığı geçit bölgelerde iyi gelişmektedir (Eren ve ark., 2021; Sys ve ark., 1993; Zengin ve Özbahçe, 2014). Ortalama sıcaklığın 15 – 28°C olduğu bölgeler domates yetiştiriciliği için uygun kabul edilmekle birlikte, optimum sıcaklığın büyüme döneminde 18 – 26°C, çiçeklenme döneminde 18 - 24°C olması başarılı bir üretim için gereklidir (Sys ve ark., 1993; Zengin ve Özbahçe, 2014). Hava sıcaklığının 30°C ve üzerinde olması polen çimlenmesini olumsuz etkiler ve çiçek dökülmesine neden olur. Bununla beraber çok düşük sıcaklıklar meyvelerin bozuk şekilde gelişmesine neden olur. Dona karşı çok hassas olan domates, sıcaklığın 0°C altına düştüğünde ölmektedir (Eren ve ark., 2021; Sys ve ark., 1993). Domates, gölgede kalmaya veya düşük ışığa karşı

tolerans göstermemektedir ve böyle şartlarda bitki gelişimi zayıflarken, meyve tutumu ve kalitesi de düşmektedir (Eren ve ark., 2021; Sys ve ark., 1993).

Domatesin yetiştirme sürecinde 400 – 700 mm yağış alan bölgeler yetiştiricilik açısından uygun olmakla birlikte (Sys ve ark., 1993) verimli ve kaliteli ürün elde etmek için sulama yapılması gerekmektedir. Domatesin iklimsel uygunluğunun modellenmesi ile elde edilen haritada, Aşağı Kelkit Havzası'nda çok sınırlı miktarda bir alanın yüksek uygunluk değerleri aldığı ortaya çıkmıştır (Şekil 3.13). Havza genel itibariyle domates için orta ve düşük iklimsel uygunluk değerleri almıştır (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. Domates iklimsel uygunluk haritası

Fasulye (*Phaseolus vulgaris*)

Fasulye, çok hafif kumlu olmayan, iyi drene edilmiş, derinliği 75 cm'den fazla olan, organik maddece zengin, geçirgen ve su tutma kapasitesi iyi olan topraklarda yetiştirilebilmektedir (Geçit ve ark., 2011; Sys ve ark., 1993; Zengin ve Özbahçe, 2014). Toprak tuzluluğuna karşı yüksek hassasiyet gösteren bir bitkidir. Tuzluluk düzeyinin 1 dS/m ve üzerinde olması bitkinin verim kaybetmeye başlamasına neden olmakla beraber EC değeri 3.5 dS/m civarına ulaştığında verim kaybı %50 seviyesine ulaşmaktadır (Sys ve ark., 1993). Fasulye için optimum toprak pH aralığı 6 – 7'dir. Fazla asidik topraklarda bitki gelişimini olumsuz etkilerken, pH 5.2 altında bitkide manganez zehirlenmesi görülürken, pH 7.5 üzerinde ise bitki manganez eksikliği yaşamaktadır (Geçit ve ark., 2011). Fasulyenin toprak isteklerinin FAO uygunluk düzeylerine uygun şekilde sınıflandırılması Tablo 3.16'da verilmiştir. Toprak değişkenlerinin fasulyenin yetişmesi üzerindeki etkilerinin ağırlık değerlerinin hesaplandığı karşılaştırma matrisi Tablo 3.17'de verilmiştir. Buna göre, toprak değişkenleri arasında en yüksek ağırlık değerini %40 ile EC alırken bunu %22 ile eğim ve %11'er ağırlıkla organik madde ve pH takip etmektedir. (Tablo 3.17). Karşılaştırma matrisi için hesaplanan tutarlılık oranı 0.097'dir ve bu değere göre matris tutarlıdır.

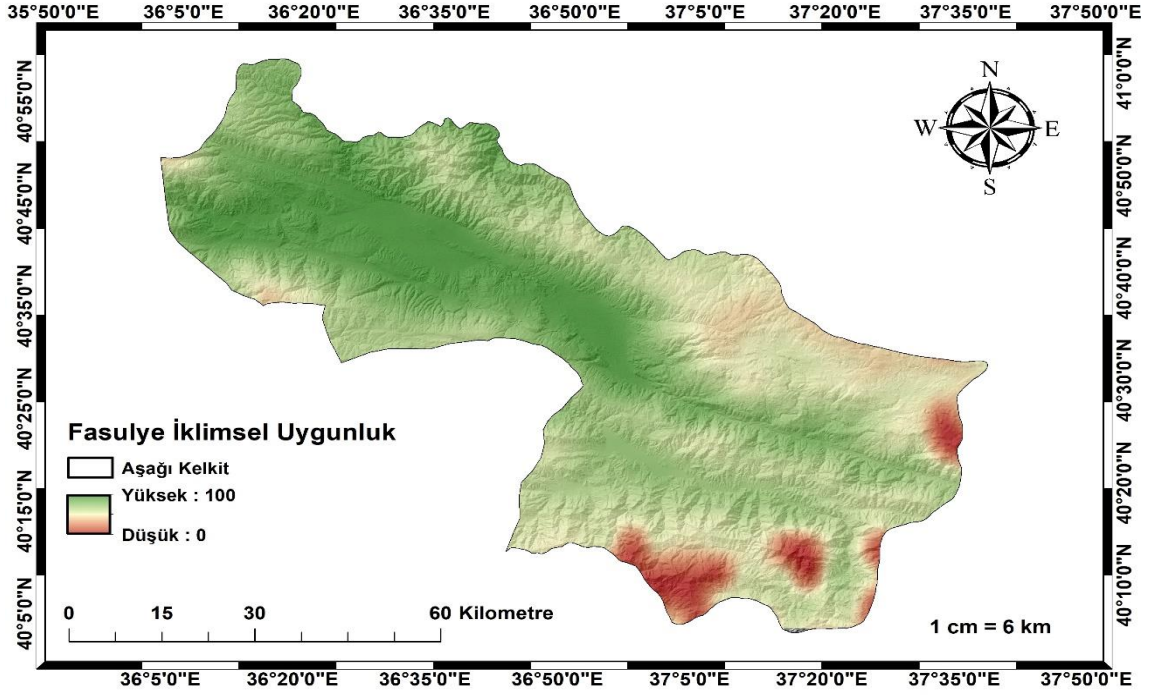
Tablo 3.16. Fasulye bitkisinin toprak isteklerinin FAO uygunluk sınıflarına göre dağılımı

FASULYE							
Sınıf	EC dS/m	Eğim %	Tekstür	OM %	pH	Bakı	CaCO ₃ %
S1	0 – 5	0 – 2	SiCL, CL, Si, SiL, L, SCL	> 2 – 1.2	5.6 – 7.6	G, GB, GD	6 – 12
S2	5 – 8	2 – 4	SL, LS	1.2 – 0.8	7.6 – 8	D, B	12 – 20
S3	8 – 12	4 – 6	S	<0.8	8 – 8.2	KD, KB	20 – 25
N	> 12	> 6	-	-	> 8.2	K	> 25

Tablo 3.17. Toprak değişkenleri ikili karşılaştırma matrisinde fasulye için hesaplanan ağırlık değerleri

Ölçütler	EC	Eğim	Tekstür	OM	PH	BAKI	CaCO3	Ağırlık
EC	1	5	5	5	5	7	5	0.40
Eğim		1	5	3	3	5	7	0.22
Tekstür			1	0.50	0.33	3	5	0.08
OM				1	2	3	3	0.11
PH					1	4	5	0.11
BAKI						1	1	0.04
CaCO3							1	0.04
CR Değeri	0.097							

İklim isteği bakımından fasulye belirli dönemlere göre hassasiyet gösteren bir kültür bitkisidir (Zengin ve Özbahçe, 2014). Sıcaklık aralığı 18 - 30°C arasında değişen bölgeler fasulye için uygun şartları sağlamakla birlikte, optimum sıcaklık aralığı 15 - 24°C'dir (Sys ve ark., 1993; Geçit ve ark., 2011). Fasulye, özellikle çiçeklenme döneminde, 30°C üstü ve 5°C altı sıcaklıklara ve dona karşı yüksek oranda duyarlıdır. Sıcaklık yükseldiğinde çiçek dökülmesi hızlanmakta, düşük sıcaklıklarda bitki ölmektedir (Sys ve ark., 1993; Geçit ve ark., 2011; Zengin ve Özbahçe, 2014). Yıllık ortalama yağışın 500 – 1500 mm civarında olduğu veya yetiştirme döneminde 400 – 500 mm yağış alan bölgelerde sulamadan fasulye tarımı yapılabilir (Sys ve ark., 1993; Geçit ve ark., 2011). Aşağı Kelkit Havzası'nın fasulye iklimsel uygunluk haritasına göre havzanın büyük kısmı yüksek uygunluk değerlerine sahiptir (Şekil 3.14). Havzanın batı ve orta kesimlerinde yüksek uygunluk değerine sahip alanların daha geniş olduğu görülürken, havzanın doğusuna doğru yüksek uygunluğa sahip alanlar daralmaktadır (Şekil 3.14).



Şekil 3.14. Fasulye iklimsel uygunluk haritası

Havuç (*Daucus carota*)

Kil oranı yüksek tekstüre sahip topraklar havuç için uygun değildir. Havuç yetiştiriciliği için kumlu ve tınlı topraklar tercih edilmelidir (Sys ve ark., 1993). Serin, besin maddelerince zengin, derin, iyi işlenebilen, fazla asidik olmayan ve uygun düzeylerde kireç içeren topraklar havuç için en uygun topraklardır (Sys ve ark., 1993; Zengin ve Özbahçe, 2014). Havuç pH aralığı 6 – 7 olan topraklarda optimum gelişme gösterir. Toprak tuzluluğu 1 dS/m civarında verim üzerinde olumsuz bir etki gözlenmeden havuç yetişebilir ancak, EC değeri 4.5 dS/m düzeylerine ulaştığında %50'e varan oranlarda verim kaybı görülebilir (Sys ve ark., 1993). Havucun toprak isteklerinin FAO uygunluk sınıflarına göre dağılımı Tablo 3.18'de verilmiştir. Toprak değişkenlerinin havuç yetiştiriciliği üzerindeki etki ağırlıklarının hesaplandığı karşılaştırma matrisine göre en yüksek ağırlık değeri alan değişkenler eğim %26, tekstür %24, EC %18 ve organik madde %13 olarak hesaplanmıştır (Tablo 3.19). Matrisin tutarlılık oranı 0.09 olarak hesaplanmıştır ve bu değere göre yapılan karşılaştırmalar tutarlıdır (Tablo 3.19).

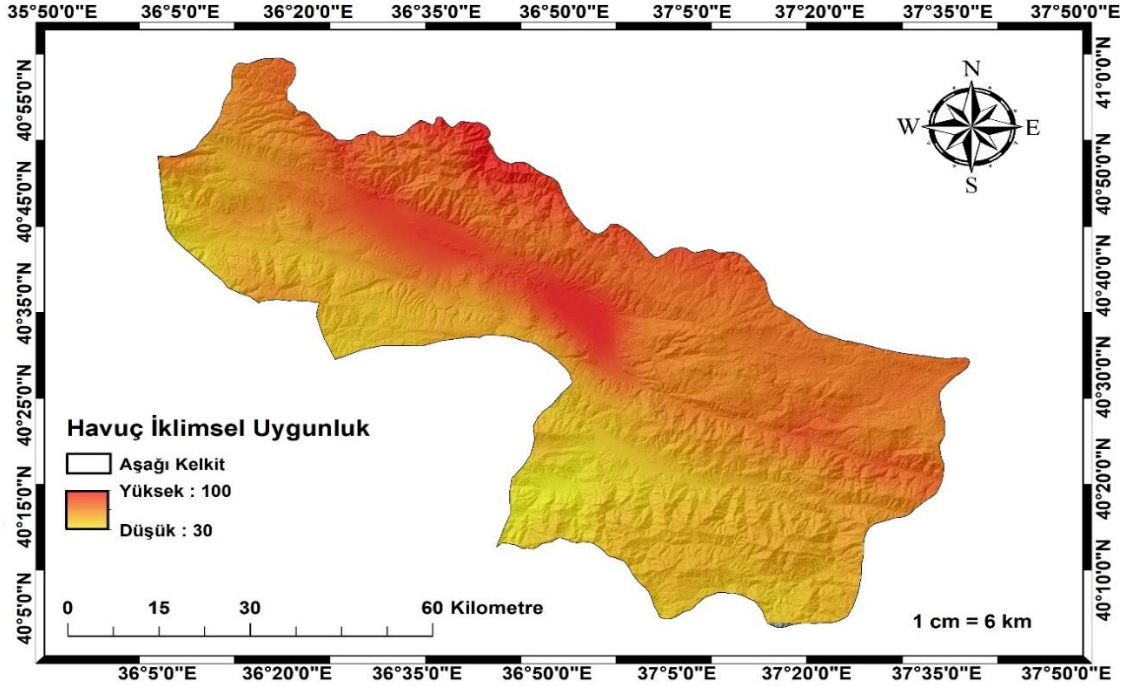
Tablo 3.18. Havuç bitkisinin toprak isteklerinin FAO uygunluk sınıflarına göre dağılımı

HAVUÇ							
Sınıf	EC dS/m	Eğim %	Tekstür	OM %	pH	Bakı	CaCO ₃ %
S1	0 – 1.5	0 – 2	L, SL, LS, SCL, SiCL	> 2 – 1.2	6 – 7	G, GB, GD	0 – 5
S2	1.5 – 4.5	2 – 4	SiC, SC, S	1.2 – 0.8	7 – 7.6	D, B	5 – 10
S3	4.5 – 7	4 – 6	C	<0.8	7.6 – 8.2	KD, KB	10 – 20
N	> 7	> 6	-	-	>8.2	K	>20

Tablo 3.19. Toprak değişkenleri ikili karşılaştırma matrisinde havuç için hesaplanan ağırlık değerleri

Ölçütler	EC	Eğim	Tekstür	OM	PH	BAKI	CaCO ₃	Ağırlık
EC	1	2	0.50	1	2	3	3	0.18
Eğim		1	3	3	3	3	5	0.26
Tekstür			1	3	3	5	5	0.24
OM				1	1	5	3	0.13
PH					1	2	3	0.09
BAKI						1	3	0.06
CaCO ₃							1	0.04
CR Değeri	0.09							

Havuç bir serin iklim sebzesidir ve iyi bir gelişim için gerekli optimum sıcaklık 15 - 22⁰C arasındadır (Sys ve ark., 1993; Zengin ve Özbahçe, 2014). Sıcaklığın yüksek olması havuç bitkisinin kökünde renk açılmasına, kök çapının küçülmesine ve tat kaybına neden olmaktadır. Bununla beraber havuç bir kısa gün bitkisidir ve en iyi düzeyde gelişimi ışık yoğunluğunun az, sıcaklığın düşük olduğu koşullarda göstermektedir (Sys ve ark., 1993; Zengin ve Özbahçe, 2014). Yetiştirme sezonunda gerekli yağış miktarı 300 – 350 mm'dir (Sys ve ark., 1993). Çalışma alanında havucun iklimsel uyumluğunu belirlemek için üretilen model haritasına göre; en yüksek iklimsel uyum değerleri Erbaa ve Niksar çevresinde gözlenmektedir (Şekil 3.16). Bununla beraber Aşağı Kelkit Havzası'nın güney doğu bölgesinde uyumluluk değerleri en düşük seviyeye ulaşmaktadır (Şekil 3.16).



Şekil 3.15. Havuç iklimsel uygunluk haritası

Lahana (*Brassica oleracea*)

Lahana, farklı toprak tiplerinde yetişebilen bir bitki olarak, toprak istekleri bakımından seçici olmamakla birlikte tınlı ve killi tınlı topraklarda daha iyi yetişmektedir (Sys ve ark., 1993; Zengin ve Özbahçe, 2014). Lahana sonbahar ve yaz döneminde ağır bünyeli topraklarda daha iyi yetişirken, kış mevsiminin sonunda veya bahar döneminde kumlu tınlı gibi daha ince bünyeli tekstüre sahip topraklarda iyi yetişmektedir (Swiader ve Ware, 2002). Su tutma kapasitesi iyi, pH aralığı optimum 6 – 7.5 olan topraklar lahana üretimi için uygundur. Toprak EC değeri 1.8 dS/m seviyesine kadar lahana bitkisinin gelişiminde bir sorun gözlenmezken, EC 2.8 dS/m seviyesinden itibaren verim kaybı riski ortaya çıkabilir (Swiader ve Ware, 2002; Sys ve ark., 1993). Lahananın toprak isteklerinin FAO toprak uygunluk sınıflarına göre dağılımı Tablo 3.20’de verilmiştir. Toprak değişkenleri ikili karşılaştırma matrisine göre; Lahana için hesaplanan en yüksek ağırlık değeri %36 ile eğim kriteri olmuştur. Bunu takiben diğer önemli kriterler ve ağırlık değerleri sırasıyla, tekstür %20, organik madde %15 ve pH %11 olarak hesaplanmıştır (Tablo 3.21). Yapılan AHP analizi sonucunda tutarlılık değeri (CR) 0.097 olarak hesaplanmıştır. Bu değer yapılan karşılaştırmanın tutarlı olduğunu göstermektedir.

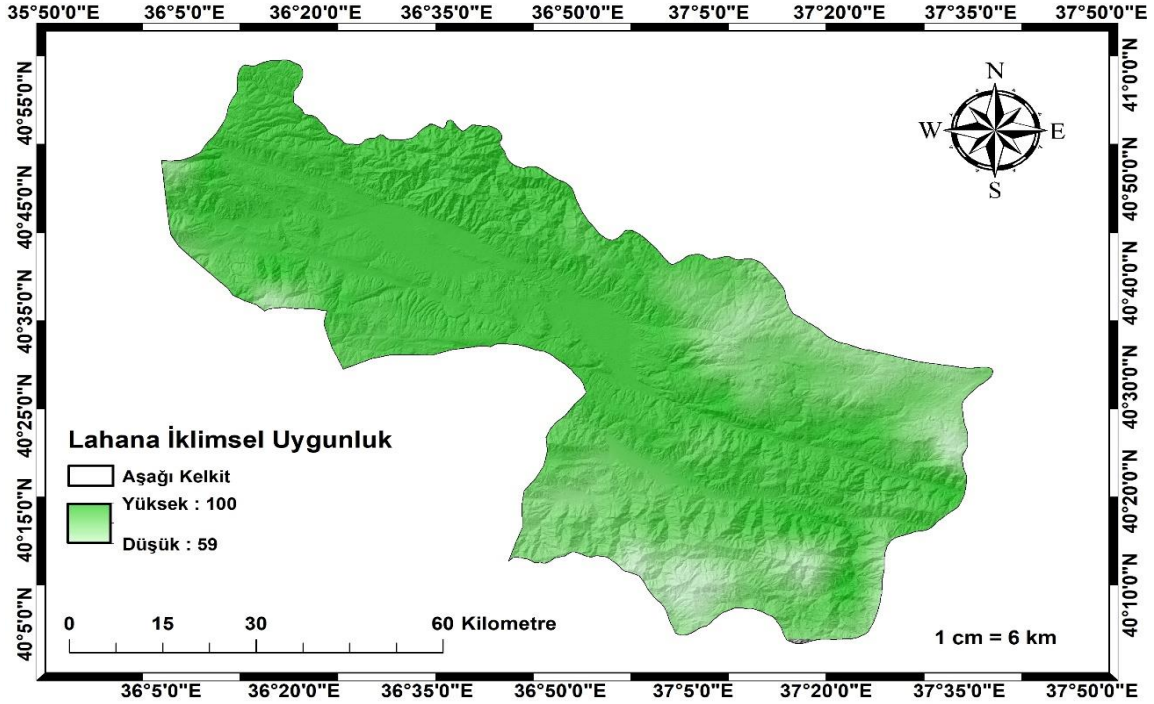
Tablo 3.20. Lahana bitkisinin toprak isteklerinin FAO uygunluk sınıflarına göre dağılımı

LAHANA							
Sınıf	EC dS/m	Eğim %	Tekstür	OM %	pH	Bakı	CaCO ₃ %
S1	0-4.5	0-4	L, SCL, SC, CL	0.8-1.5<	6-7.8	G, GB, GD	0-15
S2	4.5-7	4-8	LS, C	0.5-0.8	7.8-8	D, B	15-25
S3	7-10	8-16	S	<0.5	8-8.2	KD, KB	25-35
N	10<	16<	-	-	<6-8.2<	K	35<

Tablo 3.21. Toprak değişkenleri ikili karşılaştırma matrisinde lahana için hesaplanan ağırlık değerleri

Ölçütler	EC	Eğim	Tekstür	OM	PH	BAKI	CaCO ₃	Ağırlık
EC	1	0.20	0.33	0.25	0.33	0.33	3	0.06
Eğim		1	3	5	3	5	5	0.36
Tekstür			1	3	3	3	3	0.20
OM				1	3	3	3	0.15
PH					1	2	3	0.11
BAKI						1	3	0.08
CaCO ₃							1	0.04
CR Değeri	0.097							

Lahana, geniş bir sıcaklık aralığına uyum sağlayabilen bir bitki olmakla beraber, nemli ve serin koşullarda en iyi şekilde yetişmektedir. Lahananın optimum düzeyde geliştiği sıcaklık aralığı 15 – 20 °C'dir. Genç bitkiler aşırı yüksek ve düşük sıcaklıklara yaşlı bitkilerden daha fazla tolerans gösterebilmektedir (Sys ve ark., 1993; Swiader ve Ware, 2002; Zengin ve Özbahçe, 2014). Yağış bitki gelişimi için önemlidir ve gelişme döneminde lahananın ihtiyaç duyduğu en düşük yağış miktarı 250 – 300 mm civarındadır. Bununla beraber gelişme döneminde 400 – 500 mm yağış optimal koşul olarak kabul edilmektedir (Sys ve ark., 1993; Zengin ve Özbahçe, 2014). Lahana için yapılan iklim modellemesi sonucuna göre; çalışma alanı lahana için çok yüksek seviyede uygun çıkmıştır (Şekil 3.16). Havzanın tamamına yakını en yüksek iklimsel uygunluk değeri olan 100'e ulaşmıştır. Buna göre havzada lahana yetiştiriciliği açısından iklimsel olarak sınırlayıcı bir durum bulunmamaktadır.



Şekil 3.16. Lahana iklimsel uygunluk haritası

Mısır (*Zea mays indentata*)

Mısır hem yem hem de yağ bitkisi olarak yetiştirilebilen küresel ölçekte tarımsal değeri yüksek bir kültür bitkisi. Stratejik bir kültür bitkisi olan mısır, çok farklı yapıya sahip topraklarda yetiştirilmektedir. Ağır killi ve kumlu olmayan, iyi havalanabilen, su hareketi kolay olan, tınlı veya siltli tınlı, yeterli organik madde içeren topraklar mısırın yüksek verimli olmasını sağlayan topraklardır (Sys ve ark., 1993; Geçit ve ark., 2011; Zengin ve Özbahçe, 2014). Mısır toprak asitliğine karşı hassas bir bitki olmakla beraber, yüksek pH'ya sahip topraklarda mikro besin alımı sorunları yaşayabilen bir bitkidir. Bu nedenlerle verimli bir mısır tarımı için optimum pH aralığı 6 – 7.8 olarak kabul edilmektedir (Sys ve ark., 1993; Geçit ve ark., 2011; Zengin ve Özbahçe, 2014). Toprak tuzluluğuna hassasiyet gösteren mısır, EC değeri yaklaşık 1.7 dS/m'e kadar olan topraklarda sorunsuz yetiştirilebilir (Sys ve ark., 1993). Mısırın toprak isteklerinin FAO uygunluk sınıflarına göre dağılımları Tablo 3.22'de verilmiştir. Toprak kriterlerinin mısır yetiştiriciliği üzerindeki etkilerinin değerlendirildiği AHP matrisine göre; EC %31 ağırlık değeri olarak en önemli ölçüt olarak hesaplanmıştır.

Bunu %24 ile eğim, %14 ile OM, %12 ile pH ve %10 ile bakı takip etmiştir (Tablo 3.23). AHP matrisinin tutarlılık oranı 0,094 olarak hesaplanmıştır. Buna göre matriste yapılan değerlendirme tutarlıdır.

Tablo 3.22. Mısır bitkisinin toprak isteklerinin FAO uygunluk sınıflarına göre dağılımı

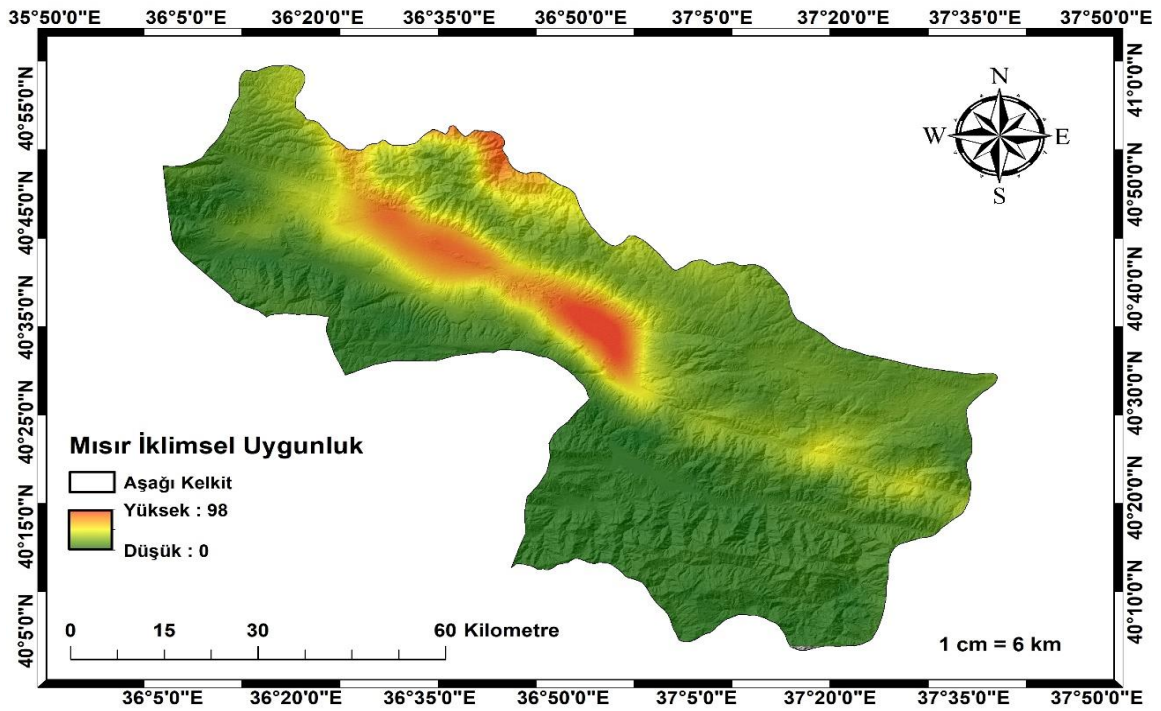
MISIR							
Sınıf	EC dS/m	Eğim %	Tekstür	OM %	pH	Bakı	CaCO3 %
S1	0 – 4	0 – 2	SiC, SiCL, SiL, L, SCL	>2 – 1.2	5.8 – 7.8	G, GB, GD	0 – 15
S2	4 – 6	2 – 4	SL, LS	1.2 – 0.8	7.8 – 8.2	D, B	15 – 25
S3	6 – 8	4 – 6	S	<0.8	8.2 – 8.5	KD, KB	25 – 35
N	>8	>6	C	-	>8.5	K	>35

Tablo 3.23. Toprak değişkenleri ikili karşılaştırma matrisinde mısır için hesaplanan ağırlık değerleri

Ölçütler	EC	Eğim	Tekstür	OM	PH	BAKI	CaCO3	Ağırlık
EC	1	3	5	3	3	3	5	0.31
Eğim		1	5	3	3	4	5	0.24
Tekstür			1	0.33	0.33	0.33	3	0.05
OM				1	3	1	5	0.14
PH					1	3	5	0.12
BAKI						1	5	0.10
CaCO3							1	0.03
CR Değeri	0.094							

Mısır tek yıllık ve sıcak iklim tahıllarına dahil bir kültür bitkisidir. Bir sıcak iklim tahılı olarak birçok farklı çevre şartlarında yetiştirilebilse de mısır için yetiştirme döneminde don olmaması çok önemlidir (Sys ve ark., 1993). Mısır sıcak iklim bitkisi olduğundan verimli bir üretim için fazla sıcaklık istemekte, güneşli ve sıcak günlerde hızlı gelişim göstermektedir (Geçit ve ark., 2011; Zengin ve Özbahçe, 2014). Bitkinin optimum gelişme gösterdiği sıcaklık aralığı 20 – 32 °C'dir. Bununla beraber, mısır, on saat üzerinde ışıklanmaya da ihtiyaç duyan bir bitkidir (Sys ve ark., 1993; Zengin ve Özbahçe, 2014). Mısır için bir diğer önemli iklim faktörü ise yağıştır. Yıllık toplam yağış miktarının 500 – 1200 mm olduğu bölgeler mısır yetiştiriciliği için uygundur (Sys ve ark., 1993).

Optimal verim için mısırın yetiştirme döneminde gerekli yağış miktarı 450 – 800 mm arasında ve yağışın aylara dağılışı düzenli olmalıdır (Geçit ve ark., 2011; Zengin ve Özbahçe, 2014). Ülkemizde bu miktarda yağış alabilen bölgeler sınırlı olduğundan sulanmaksızın mısır üretimi mümkün olmamaktadır. Çalışma alanında mısır bitki için hazırlanan iklimsel uygunluk modelinde de bu durum net bir şekilde görülmektedir. Buna göre Aşağı Kelkit Havzasında sadece Niksar ilçesi çevresi en yüksek uygunluk değerlerine ulaşabilmiştir (Şekil 3.17). Bunun dışında havzanın büyük bölümü iklimsel olarak mısır bitkisi için uygun değildir ve en düşük uygunluk değerini almıştır (Şekil 3.17).



Şekil 3.17. Mısır iklimsel uygunluk haritası

Patates (*Solanum tuberosum*)

Patates hem dünyada hem de ülkemizde tahıllardan sonra en önemli bitkisel gıda kaynaklarından biridir. Tınlı, kumlu tınlı ve siltli killi tınlı topraklarda en iyi şekilde yetişebilen patates bitkisi, ağır killi ve kireçli topraklar dışında farklı toprak tiplerinde gelişebilmektedir. İyi havalanabilen, sus tutma kapasitesi yüksek, kolay ısınan ve organik madde içeriği yüksek topraklar patates için idealdir (Sys ve ark., 1993; Geçit ve ark., 2011; Zengin ve Özbahçe, 2014). Kültür bitkileri arasında asidik topraklarda yetişebilen nadir bitkilerden birisi de patatestir ve yetişebildiği toprak pH düzeyi 4.5 – 8 arasında olup, optimum pH aralığı 5.5 – 7’dir (Sys ve ark., 1993; Zengin ve Özbahçe, 2014). Toprak kriterlerinin patatesin toprak isteklerine göre ve FAO uygunluk sınıflarına göre dağılımları Tablo 3.24’te verilmiştir. Toprak kriterlerinin patates yetiştiriciliğindeki etki ağırlıklarının hesaplandığı AHP matrisi Tablo 3.15’te verilmiştir. Buna göre patates için en önemli toprak kriterleri ve ağırlıkları sırasıyla: EC %26, Eğim %24, Tekstür %19 ve OM %14 olarak hesaplanmıştır. AHP matrisinin hesaplanan tutarlılık değeri 0.09’dur. Bu değer yapılan karşılaştırmaların tutarlı olduğunu göstermektedir (Tablo 3.15).

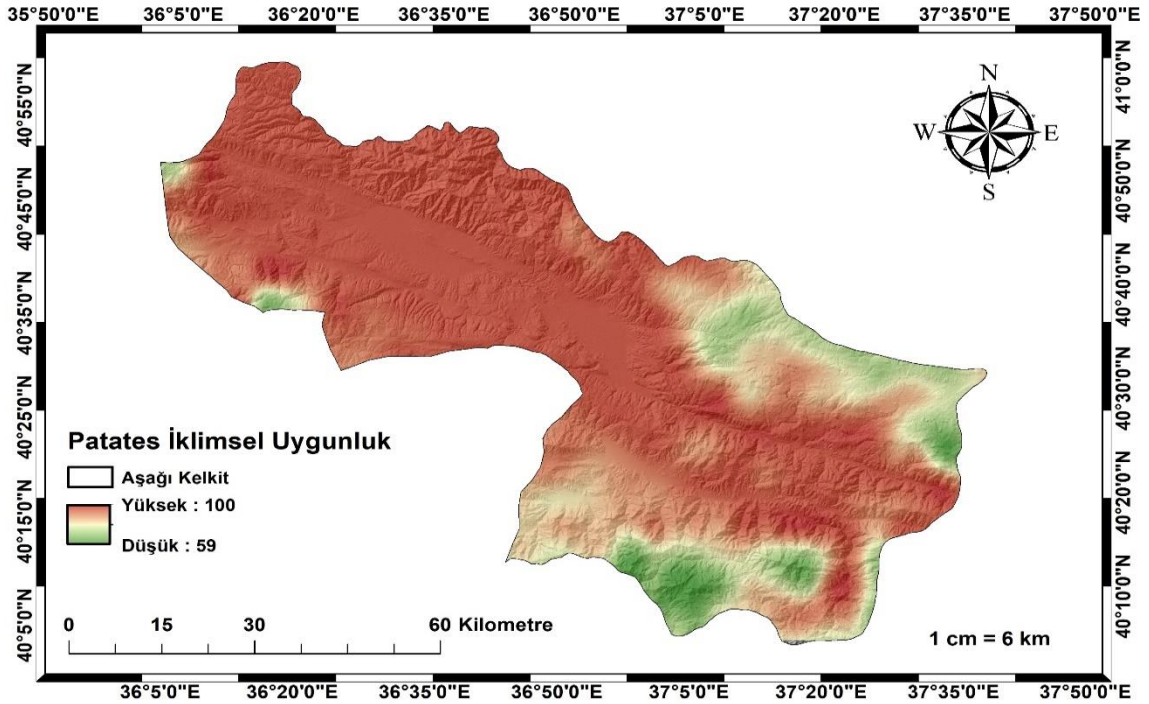
Tablo 3.24. Patates bitkisinin toprak isteklerinin FAO uygunluk sınıflarına göre dağılımı

PATATES							
Sınıf	EC dS/m	Eğim %	Tekstür	OM %	pH	Bakı	CaCO ₃ %
S1	0-3	0-4	L, SCL, SL	1,2-2<	5.6-7	G, GB, GD	0-10
S2	3-5	4-8	LS	0,8-1,2	7-8	D, B	10-15
S3	5-6	8-16	C, SiC	0,5-0,8	8-8.2	KD, KB	15-30
N	6<	16<	S	-	<5.6-8.2<	K	30<

Tablo 3.25. Toprak değişkenleri ikili karşılaştırma matrisinde patates için hesaplanan ağırlık değerleri

Ölçütler	EC	Eğim	Tekstür	OM	PH	BAKI	CaCO3	Ağırlık
EC	1	2	2	2	3	4	5	0.26
Eğim		1	3	3	3	4	5	0.24
Tekstür			1	4	3	4	4	0.19
OM				1	3	5	4	0.14
PH					1	4	3	0.09
BAKI						1	0.33	0.04
CaCO3							1	0.05
CR Değeri	0.09							

Patates fazla suya ihtiyaç duymayan, serin ve ılıman iklimlerde yetişebilen bir bitkidir. Tahıllara yakın bir yayılım gösteren patates bitkisi, yumruları yüksek miktarda su içerdiğinden, ilk ve son donlar arası bir dönemde yetiştirmeye uygundur. Patatesin optimum sıcaklık isteği 15 – 20 °C civarındadır. Gelişme dönemi boyunca 300 – 700 mm düzenli yağış patates için yeterli olmaktadır (Sys ve ark., 1993; Geçit ve ark., 2011; Zengin ve Özbahçe, 2014). Patatesin çalışma alanı iklimsel uygunluk modeline göre, arazinin tamamına yakını yüksek uygunluk değerleri almıştır (Şekil 3.18).



Şekil 3.18. Patates iklimsel uygunluk haritası

Soğan (*Allium cepa*)

Soğan farklı tekstür tiplerinde yetiştirilebilen bir kültür bitkisidir. İyi havalanabilen, kaymak tabakası oluşturmeyan, iyi drenaja sahip, tınlı tekstürlü topraklar verimli bir soğan üretimi için en uygun topraklardır. Bununla beraber organik maddece zengin topraklarda soğan verimi yükselmektedir. Soğan yetiştirilecek topraklarda optimum pH değeri 6.5 – 7.8 aralığındadır. Toprak tuzluluğuna orta düzeyde dayanıklılık gösterebilen soğan, EC değeri 1.2 dS/m'e kadar olan topraklarda olumsuz bir etki gözlenmeksizin yetiştirilebilir (Swiader ve Ware, 2002; Zengin ve Özbahçe, 2014). Toprak kriterlerinin soğan için uygunluk değerleri ve bu değerlerin FAO uygunluk sınıflarına göre dağılımları Tablo 3.26'da verilmiştir.

Çalışmada soğanın toprak uygunluğunu belirlemek için kriterlerin ikili olarak karşılaştırıldığı AHP matrisi ve matrisin tutarlılık oranı Tablo 3.27'de verilmiştir. Yapılan AHP analizine göre soğanın toprak uygunluğunda en önemli kriterler ve hesaplanan ağırlık değerleri sırasıyla, OM %32, Eğim %21, Tekstür %15 ve EC %12'dir. Matrisin tutarlılık oranı 0.096 değeri tutarlılık sınırları içinde olarak hesaplanmıştır (Tablo 3.27).

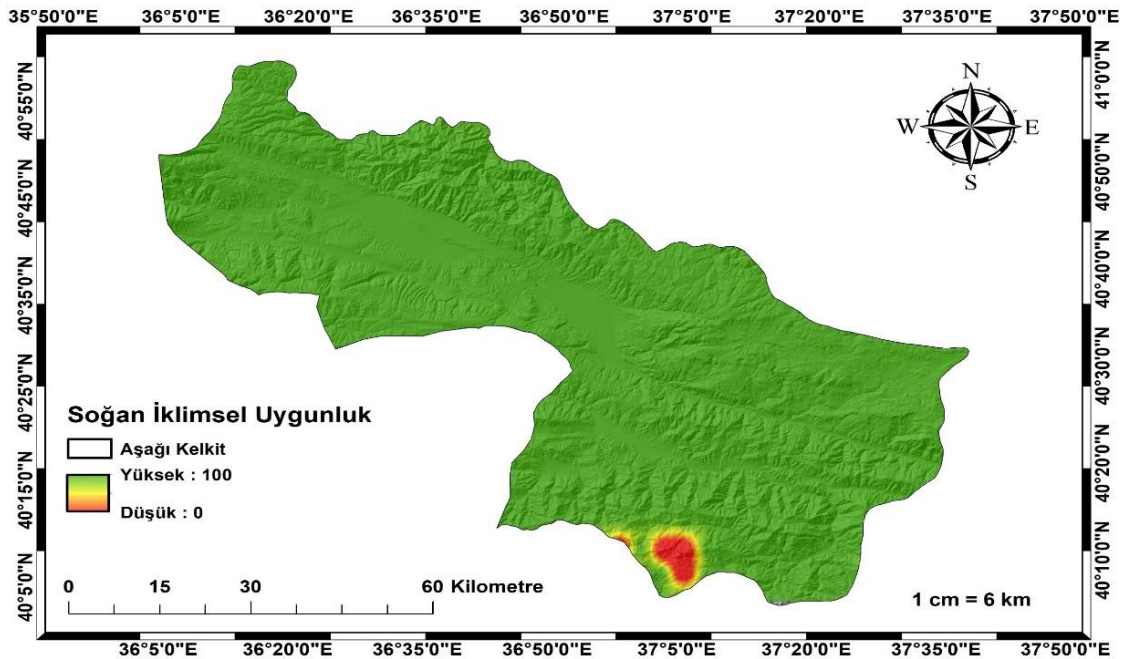
Tablo 3.26. Soğan bitkisinin toprak isteklerinin FAO uygunluk sınıflarına göre dağılımı

SOĞAN							
Sınıf	EC dS/m	Eğim %	Tekstür	OM %	pH	Bakı	CaCO3 %
S1	0 – 2	0 – 2	L, SC, SCL, SL, Si	>2 – 1.2	6 – 7.8	G, GB, GD	0 – 5
S2	2 – 3	2 – 4	LS	1.2 – 0.8	7.8 – 8	D, B	5 – 10
S3	3 – 5	4 – 6	S	<0.8	8 – 8.2	KD, KB	10 – 20
N	>5	>6	C	-	>8.2	K	>20

Tablo 3.27. Toprak değişkenleri ikili karşılaştırma matrisinde patates için hesaplanan ağırlık değerleri

Ölçütler	EC	Eğim	Tekstür	OM	PH	BAKI	CaCO3	Ağırlık
EC	1	0.33	0.33	0.33	3	3	3	0.12
Eğim		1	3	0.33	3	4	3	0.21
Tekstür			1	0.20	3	3	3	0.15
OM				1	3	4	3	0.32
PH					1	2	2	0.08
BAKI						1	2	0.06
CaCO3							1	0.05
CR Değeri	0.096							

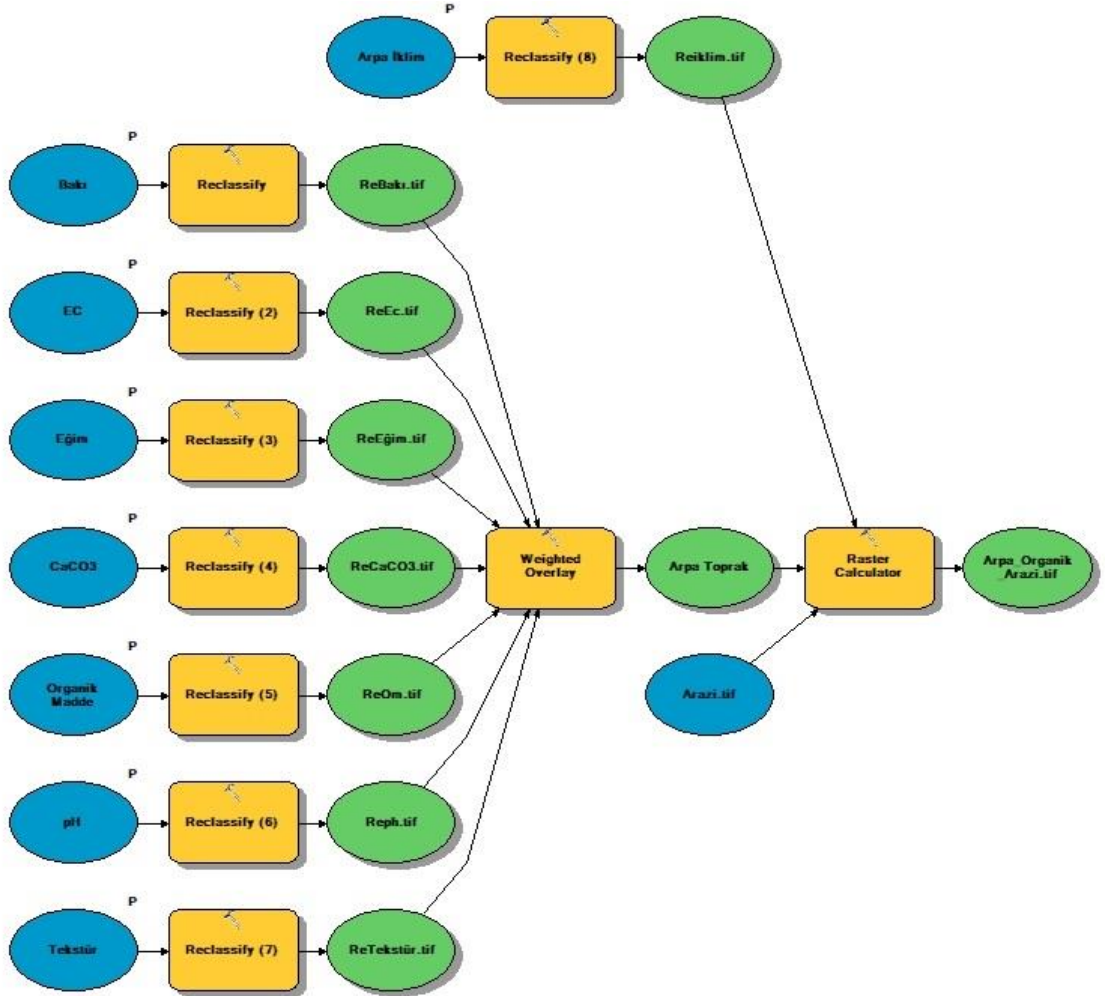
Soğan, gelişiminin erken dönemlerinde yeterli düzeyde nemli serin, gelişimin geç dönemlerinde sıcak ve kuru hava şartları isteyen bir kültür bitkisidir (Swiader ve Ware, 2002; Sys ve ark., 1993; Zengin ve Özbahçe, 2014). Soğanın optimum gelişim gösterdiği sıcaklık aralığı 15 – 25 °C, yağış aralığı 350 – 600 mm’dir (Swiader ve Ware, 2002; Sys ve ark., 1993; Zengin ve Özbahçe, 2014). Çalışma alanının soğan uygunluk iklim modeline göre arazinin tamamı soğan için yüksek iklimsel uygunluk göstermektedir (Şekil 3.19).



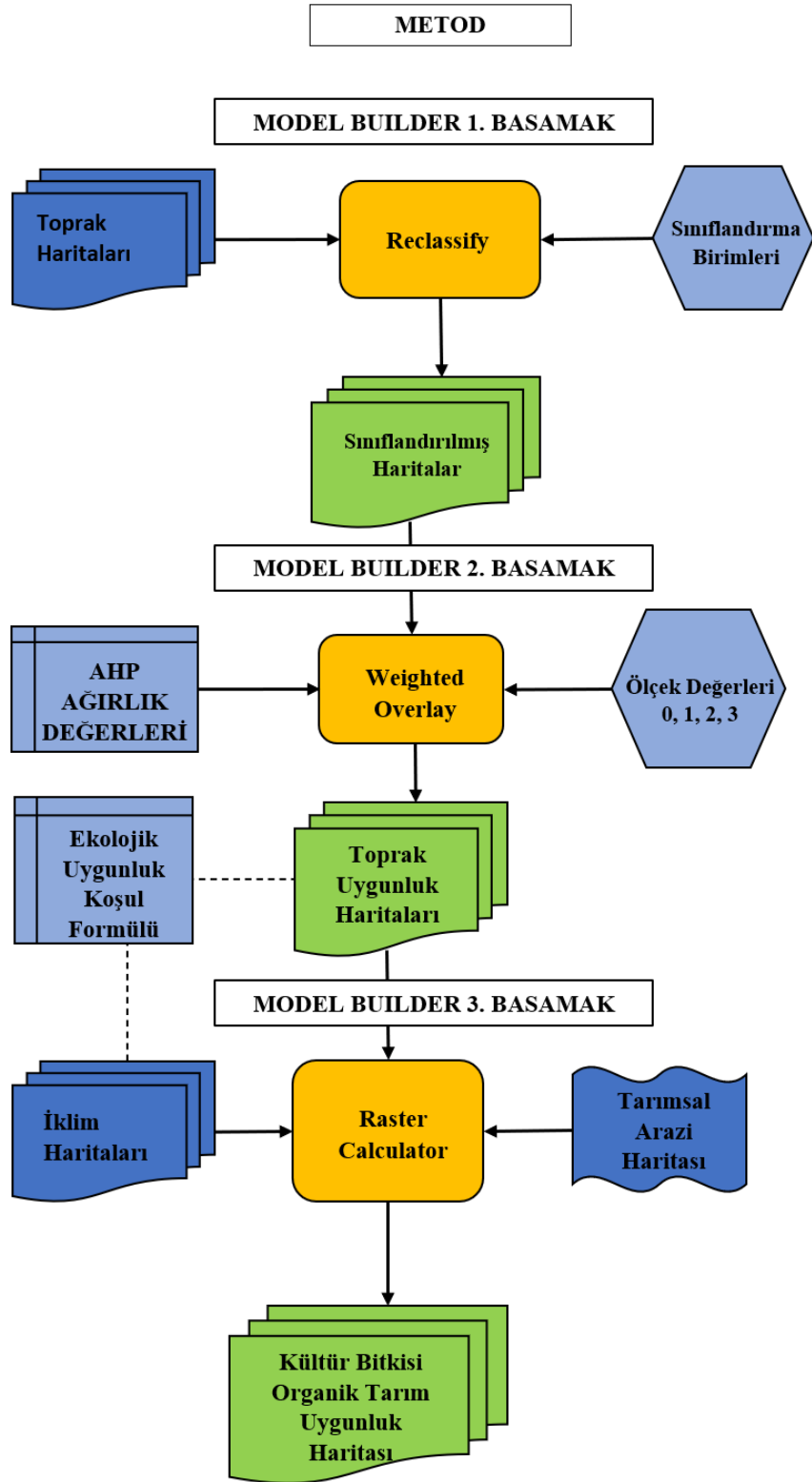
Şekil 3.19. Soğan iklimsel uygunluk haritası

3.3. Metodoloji – Yöntem

Çalışmada analize hazır hale getirilen verilerin işlenmesinde ArcGIS yazılımı içinde bulunan Model Builder modülü kullanılmıştır (Şekil 3.20). Model Builder ile birden fazla analiz tek seferde yapılarak sonuç elde edilmektedir. Çalışmada Model Builder içinde gerçekleşen işlemler ve sonuç Şekil 3.21’de şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.20. ArcGIS Model Builder ile yapılan işlemler



Şekil 3.21. Uygunluk haritası modellenmesinin metodolojisi

Model Builder modülünde analiz üç aşamada sonuçlanmaktadır. Buna göre; ilk aşamada hazırlanan toprak ve iklim haritalarının yeniden sınıflandırılması (Reclassify) işlemi yapılmaktadır. Bu işlemin kullanılmasının nedeni Ağırlıklı Bindirme (Weighted Overlay) analizinde sadece tam sayı değerine sahip verilerin işlenebilmesidir. Toprak ve iklim haritalarındaki verilerin tam sayı dönüşümleri Tablo 3.28’de verilmiştir.

Tablo 3.28. FAO uygunluk sınıflarının tam sayı dönüşüm tablosu

Sınıflandırılan Veri	Tam Sayı Karşılığı
S1	3
S2	2
S3	1
N	0

Sınıflandırma işleminden sonra sadece toprak haritaları Ağırlıklı Bindirme analizine parametre olarak eklenmiştir. Ağırlıklı Bindirme analizinde her parametrenin incelenen durum üzerindeki etkisinin farklı ağırlıklara sahip olduğu mantığı takip edilerek bir sonuç elde edilmektedir. Burada bahsi geçen parametre ağırlıklarının toplam değeri 100 olmalıdır (Şekil 3.22).

Weighted Overlay

Weighted overlay table

Raster	% Influence	Field	Scale Value
ReEc.tif	4	Value	3
		3	3
		NODATA	NODATA
ReEgim.tif	32	Value	0
		0	Restricted
		1	1
		2	2
		3	3
ReCaCO3.tif	6	Value	NODATA
		0	Restricted
		1	1
		2	2
		3	3
ReOm.tif	12	Value	NODATA
		0	Restricted
		1	1
		2	2

Sum of influence: 100

Set Equal Influence

Evaluation scale: 1 to 3 by 1

From: To: By:

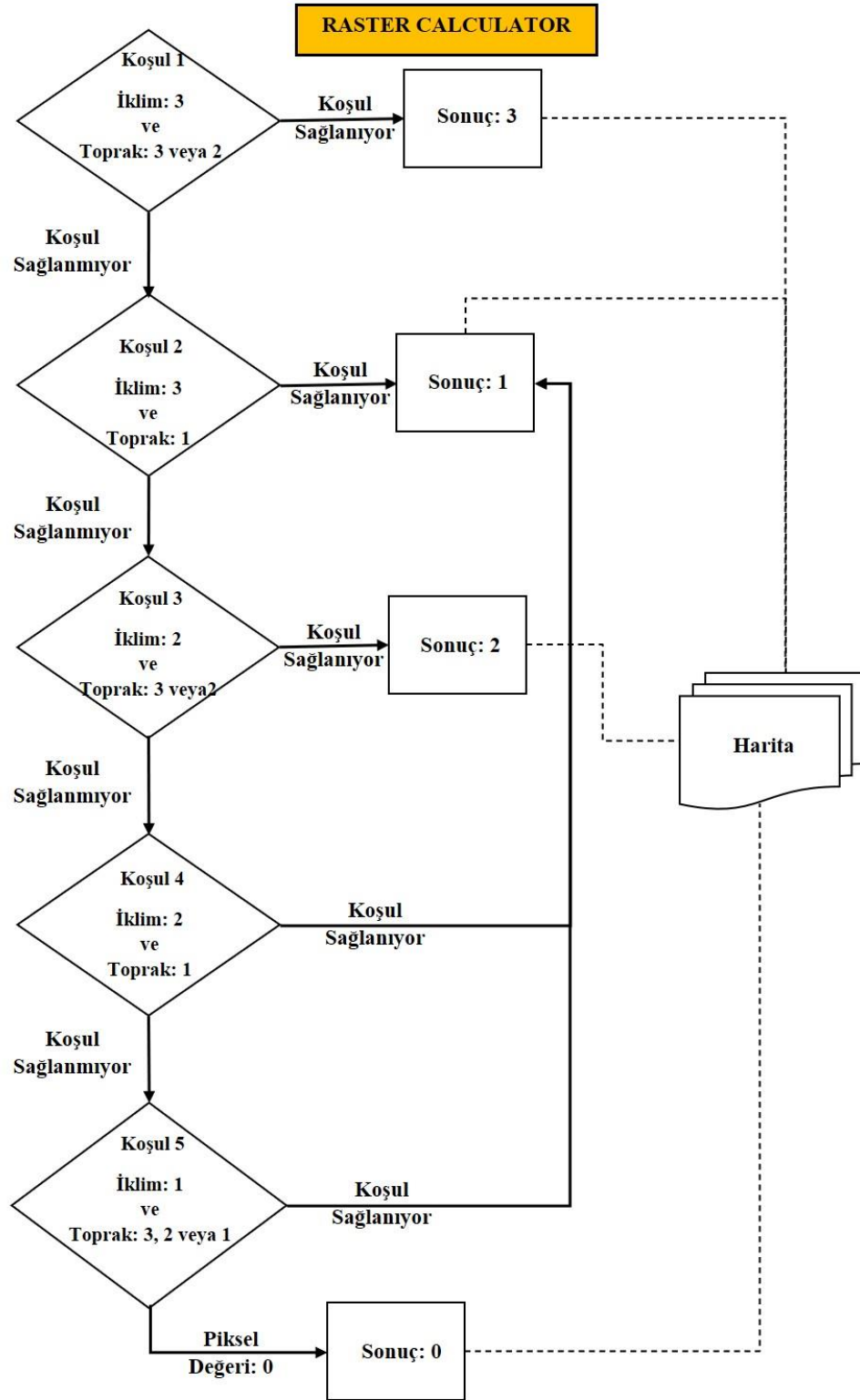
Şekil 3.22. ArcGIS Weighted Overlay analiz penceresi

Çalışmada Ağırlıklı Bindirme analizinde parametre olarak yedi ayrı toprak değişkeni verisi kullanılmıştır. Bu parametreler ilgili kültür bitkisi için ayrı ayrı hesaplanan AHP ağırlık değerleri kullanılarak analiz edilmiş ve 0 – 3 değer aralığında ölçeklendirilmiştir. Analiz sonucunda ilgili kültür bitkisinin gelişmesinde etkili toprak değişkenlerinin ağırlıklarına göre her kültür bitkisine özel Toprak Uygunluk haritaları oluşturulmuştur.

Toprak Uygunluk Haritaları oluşturulduktan sonraki aşama bu haritaların iklim haritaları ile birleştirilerek ilgili kültür bitkisi için Ekolojik Uygunluk haritaları oluşturulmasıdır. Ekolojik Uygunluk Haritalarının oluşturulması için iklim ve toprak haritalarının Raster Calculator aracı ile matematiksel hesaplamaadan geçmesi gerekmektedir. Bu hesaplamada toprak ve iklim haritalarındaki her bir pikselin nasıl birleştirileceğinin koşulları oluşturulmaktadır. Çalışmada iklim ve toprak haritalarının birleştirilmesinde, toprak uygunluk sınıfı en düşük uygunluk sınıfı S3 ve uygun olmama sınıfı N olmadığı koşula, uygunluk sınıfını belirleyici faktörün iklim olduğu kabul edilmiş ve koşul formülü buna göre oluşturulmuştur. Harita piksellerinin değerleri ve bu değerlerin birleştirilme koşullarına göre çıkan sonuçları Tablo 3.29’da gösterilmiştir. Koşul formülünün çalışma mantığı Şekil 3.23’teki akış diyagramında verilmiştir.

Tablo 3.29. Toprak ve iklim haritaları piksel değerlerinin matematiksel birleştirme koşulları

İklim/Toprak	S1 (3)	S2 (2)	S3 (1)	N (0)
S1 (3)	S1 (3)	S1 (3)	S2 (2)	N (0)
S2 (2)	S2 (2)	S2 (2)	S3 (1)	N (0)
S3 (1)	S3 (1)	S3 (1)	S3 (1)	N (0)
N (0)	N (0)	N (0)	N (0)	N (0)



Şekil 3.23. Raster Calculator içerisinde gerçekleştirilen matematiksel işlemin şematik gösterimi

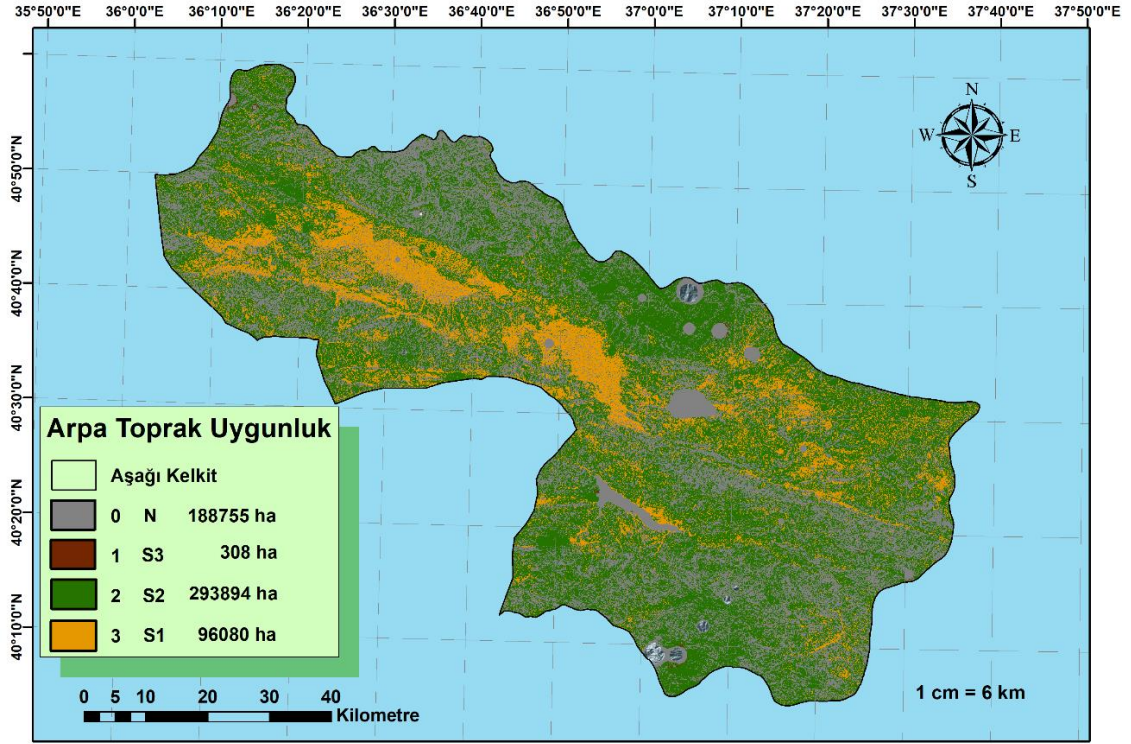
İşlem sonuçlandıktan sonra elde edilen Ekolojik Uygunluk Haritaları Arazi Kullanım Haritası ile matematiksel çarpma işlemiyle birleştirilerek ilgili kültür bitkisi için tarımsal üretim uygunluk haritası oluşturulmaktadır.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Çalışmada işlem sırasına göre ilk olarak seçilen her kültür bitkisi için toprak uygunluk haritaları elde edilmiş daha sonra bu haritalar kullanılarak kültür bitkisi ekolojik uygunluk haritaları üretilmiştir. Üretilen ekolojik uygunluk haritaları ESRI ve Corine arazi kullanım haritalarıyla birleştirilerek her kültür bitkisi için uygunluk haritaları üretilmiş ve bu haritalarda FAO uygunluk sınıflarının alansal dağılımları hektar (ha) olarak hesaplanmıştır. Bununla beraber ürün uygunluk sınıflarının çalışma alanı sınırlarında kalan her ilçe için ayrı ayrı alansal dağılımları hesaplanmıştır. Üretilen tüm haritalar her ürün için ayrı başlıklar altında açıklanmıştır.

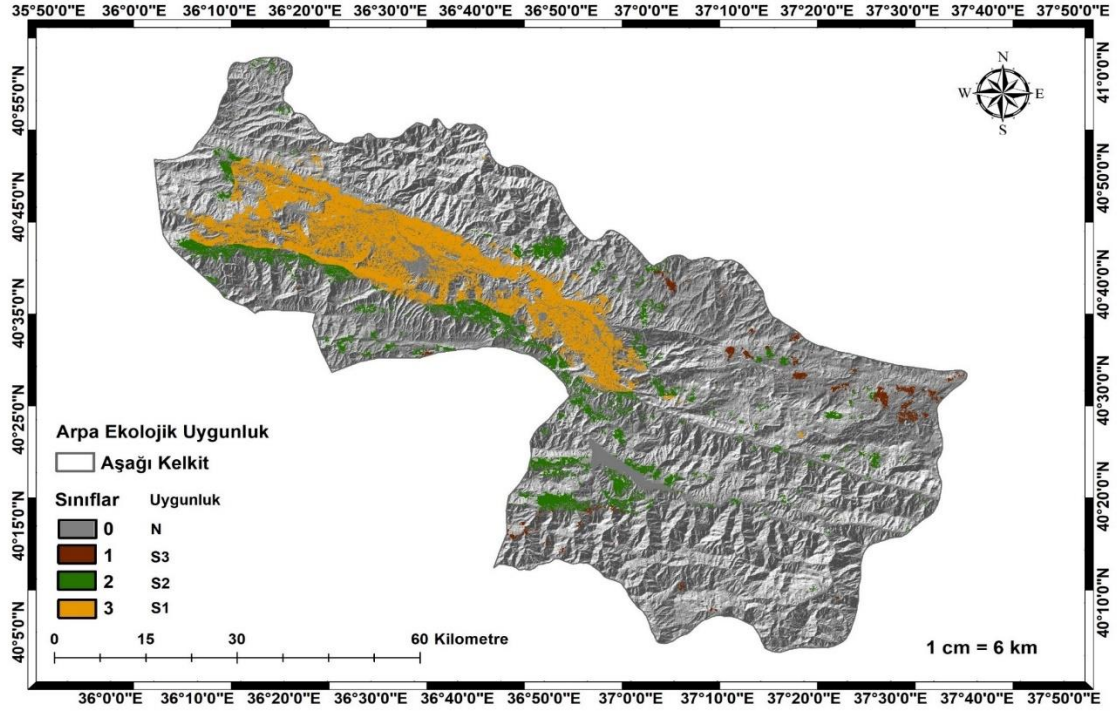
4.1. Arpa Uygunluk Haritaları

AHP analizi ile elde edilen ağırlık değerleri kullanılarak hesaplanan arpa toprak uygunluk haritası Şekil 4.1’de verilmiştir. Buna göre Aşağı Kelkit Havzası’nda arpa toprak uygunluğu üç uygunluk sınıfına dahil olacak şekilde modellenmiştir. Bu uygunluk sınıfları sırasıyla; S1 96 080 ha, S2 293 394 ha S3 308 ha alan olarak hesaplanmıştır. Havzada 188 755 ha alan ise N (uygunsuz) sınıfına dahil olmuştur.

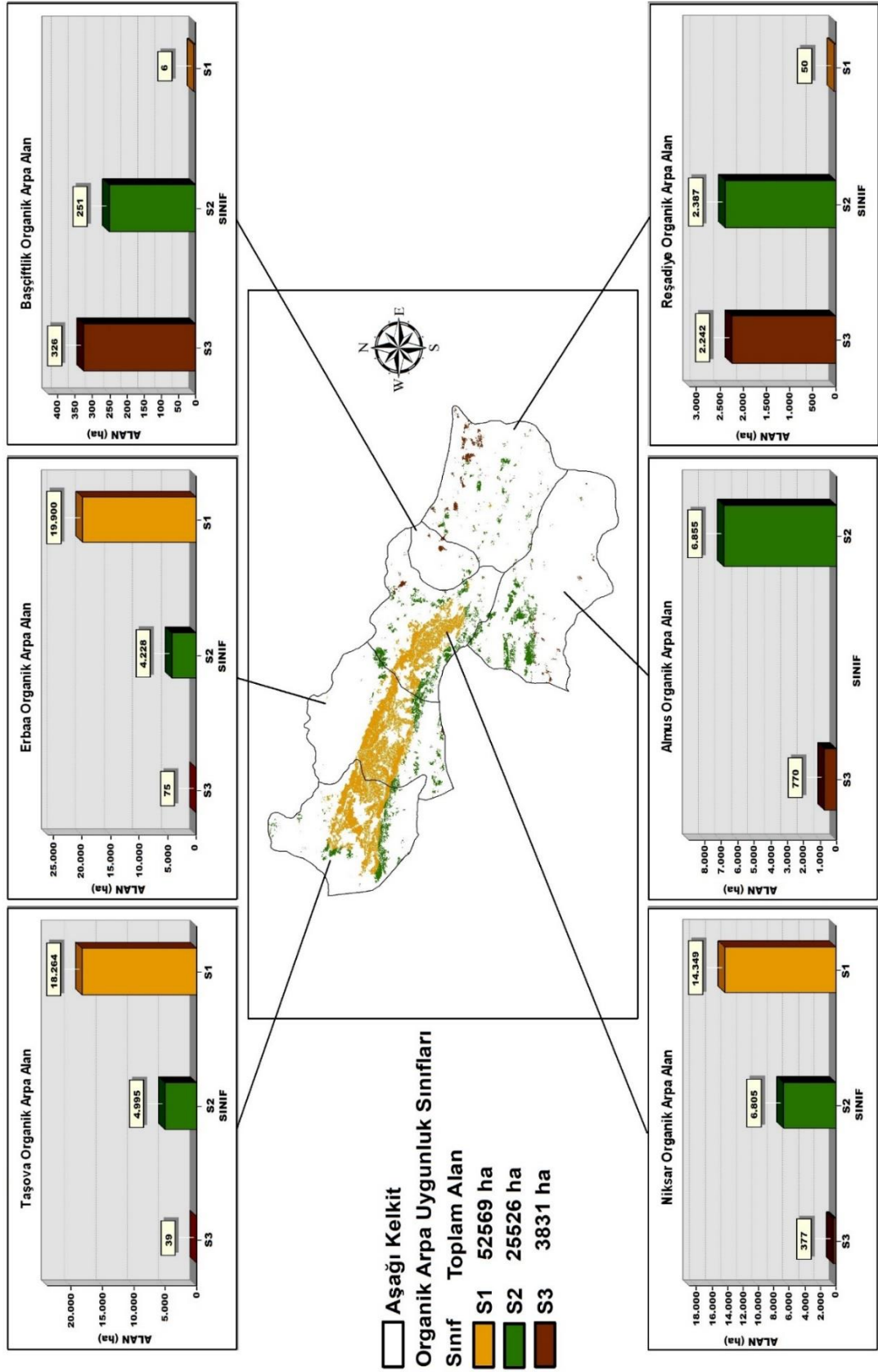


Şekil 4.1. Aşağı Kelkit Havzası arpa toprak uygunluk haritası

Arpa toprak uygunluk haritasının iklim uygunluk haritası ile birleştirilmesi sonucu elde edilen arpa ekolojik uygunluk haritası ESRI arazi kullanım haritasına göre kesilmiştir (Şekil 4.2). Arpa ekolojik uygunluk haritasına göre çalışma alanı tarım arazileri sınırları içinde yüksek uygunluk sınıfından düşük uygunluk sınıfına göre alansal dağılım sırasıyla 52 569 ha S1, 25 526 ha S2, 3 831 ha S3 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlara göre çalışma alanı içindeki tarım arazilerinin büyük bölümü arpa ekolojik uygunluğu açısından yüksek uygunluğa sahiptir. Arpa ekolojik uygunluğunun ilçe düzeyinde alansal dağılımlarına baktığımızda, tarım arazileri içinde yüksek uygunluk sınıfının (S1) en fazla alana sahip olduğu ilçeler sırasıyla Erbaa (19 900), Taşova (18 264) ve Niksar (14 340) olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.3). Almus ilçesi tarım alanlarında S1 uygunluk sınıfına dahil alan hesaplanmamakla birlikte 6 855 ha alan S2 sınıfı olarak hesaplanmıştır. Başçiftlik ve Reşadiye tarımsal alanları içinde S1 sınıfı sırasıyla 6 ha ve 50 ha olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.3). Yine aynı ilçelerde S2 ve S3 uygunluk sınıflarının alanları yakın değerlerde dağılım göstermektedir. Başçiftlik 251 ha S2, 326 ha S3; Reşadiye 2 367 ha S2 ve 2 242 ha S3 sınıfına dahil olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.3).

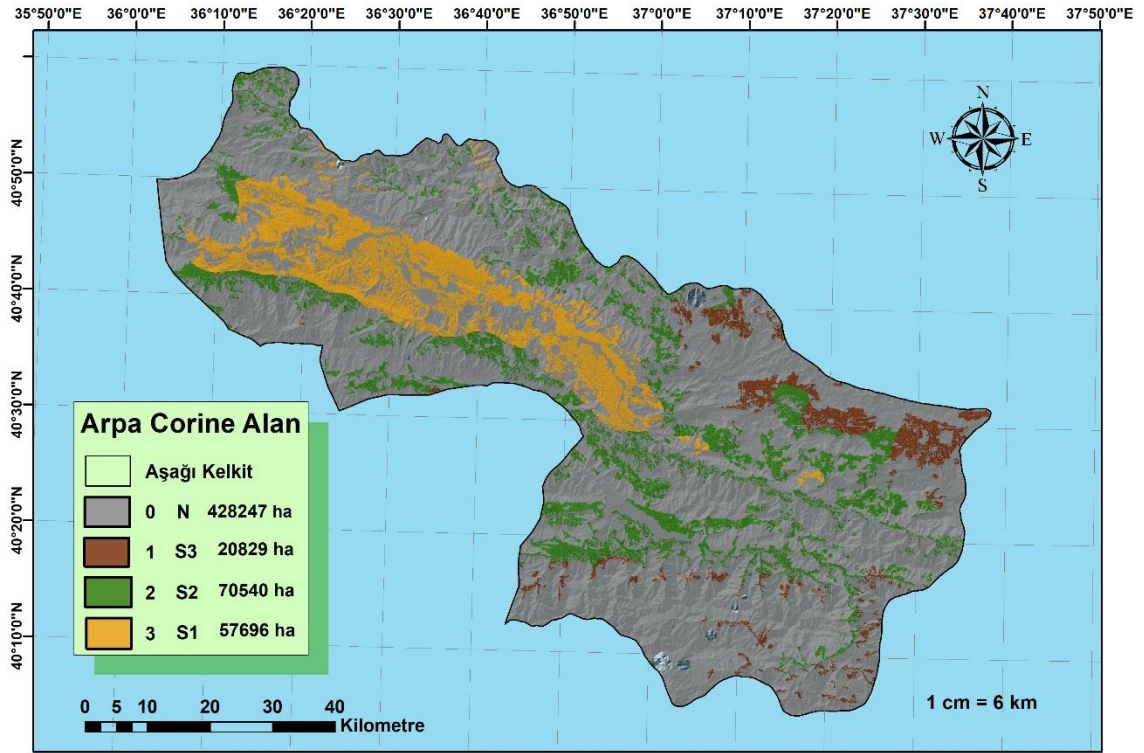


Şekil 4.2. Aşağı Kelkit Havzası Arpa ekolojik uygunluk haritası



Şekil 4.3. Arpa uygunluk sınıflarının ilçelere göre alansal dağılımları

Arpa ekolojik uygunluk haritası ESRI arazi kullanım haritasından daha fazla detay içeren Corine arazi kullanım haritasına göre de düzenlenmiştir (Şekil 4.4). Bu haritaya göre S2 ve S3 uygunluk sınıfına dahil alanlar önemli ölçüde artmıştır. Alanlardaki değişim sırasıyla S1 52 569 ha'dan 57 696 ha'a, S2 25 526 ha'dan 70 540 ha'a ve S3 3 831 ha'dan 20 829 ha'a yükselmiştir. S2 ve S3 uygunluk sınıfına dahil alanlardaki artışın en yüksek olduğu bölgeler Almus, Başçiftlik ve Reşadiye ilçeleri çevresindedir (Şekil 4.4). Hesaplanan uygunluk sınıfı alanlarının ilçelere göre dağılımları Tablo 4.1'te verilmiştir.



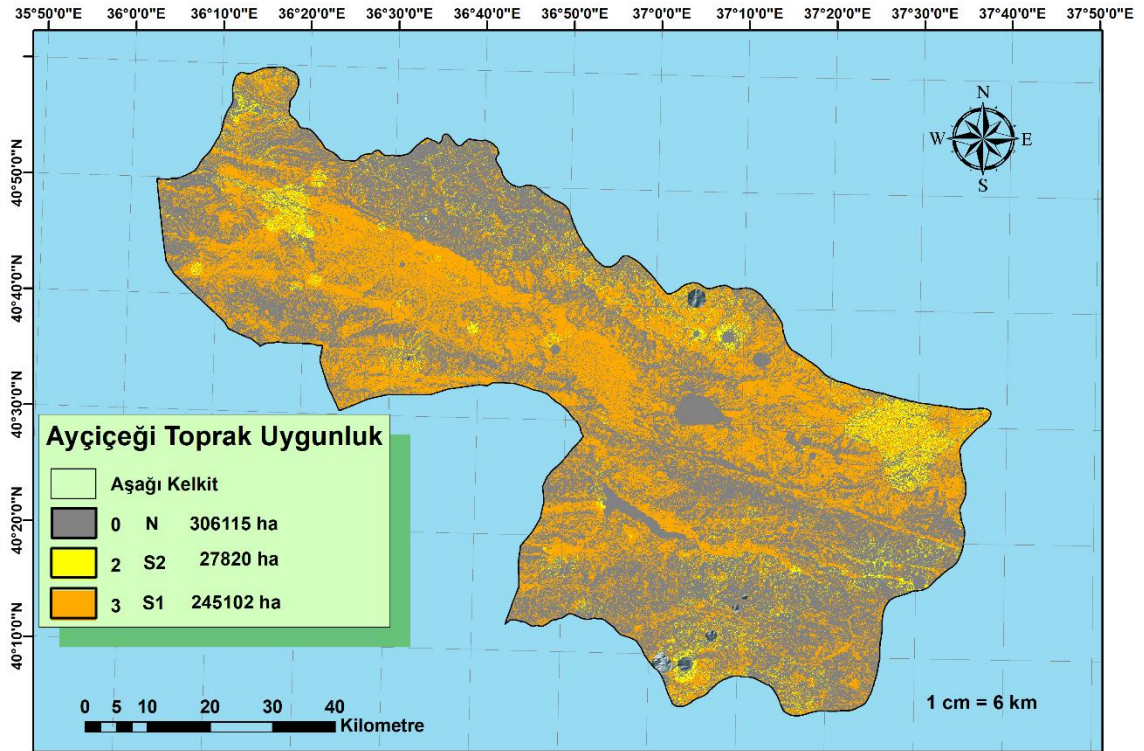
Şekil 4.4. Arpa ekolojik uygunluk sınıflarının Corine arazi kullanım haritasındaki alansal dağılımı

Tablo 4.1. Arpa uygunluk sınıfları Corine alanlarının ilçelere göre dağılımı

Arpa Corine Alanları			
İlçe/Uygunluk	S1 Alan (ha)	S2 Alan (ha)	S3 Alan (ha)
Almus	-	15 267	5 012
Başçiftlik	130	1 817	2 120
Erbaa	20 895	11 860	107
Niksar	15 770	13 028	2 678
Reşadiye	410	18 586	10 862
Taşova	20 595	9 984	89

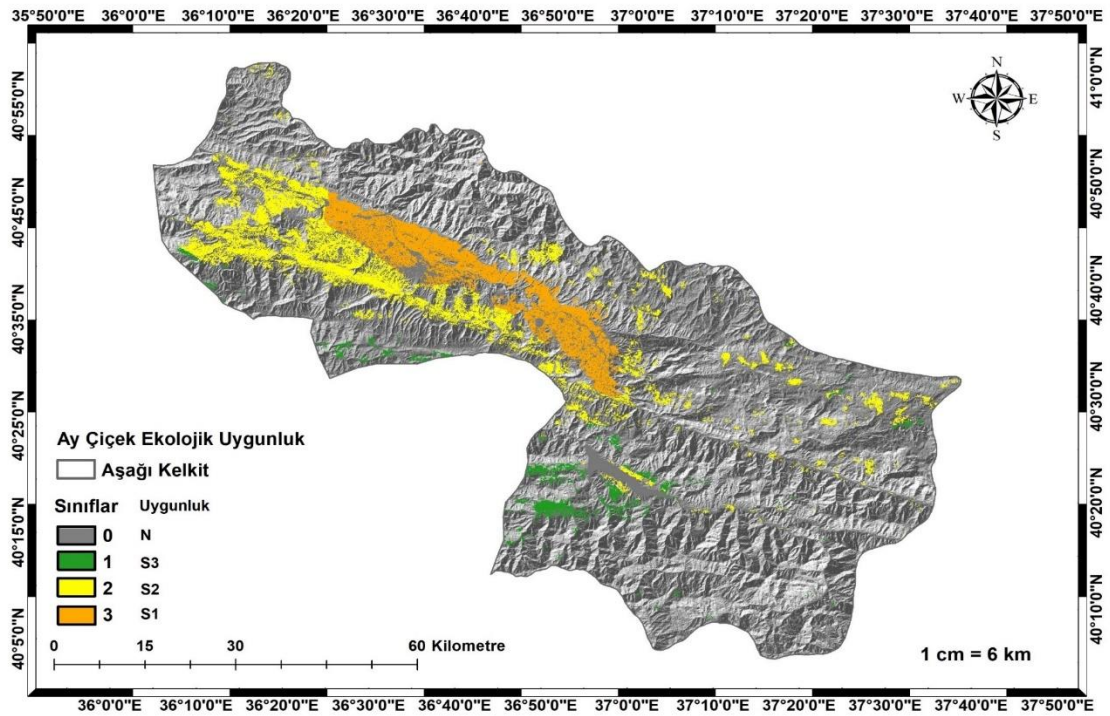
4.2. Ayçiçek Uygunluk Haritaları

AHP analizi ile hesaplanan ağırlık değerleri kullanılarak üretilen Ayçiçeği toprak uygunluk haritası Şekil 4.5'te verilmiştir. Havzanın toprak uygunluğunun alansal dağılım hesaplamasına göre; 245 102 ha arazi yüksek düzeyde uygun (S1), 27 820 ha orta düzeyde uygundur. Çalışma alanı içinde 306 115 ha arazi ise uygunsuz (N) olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.5).

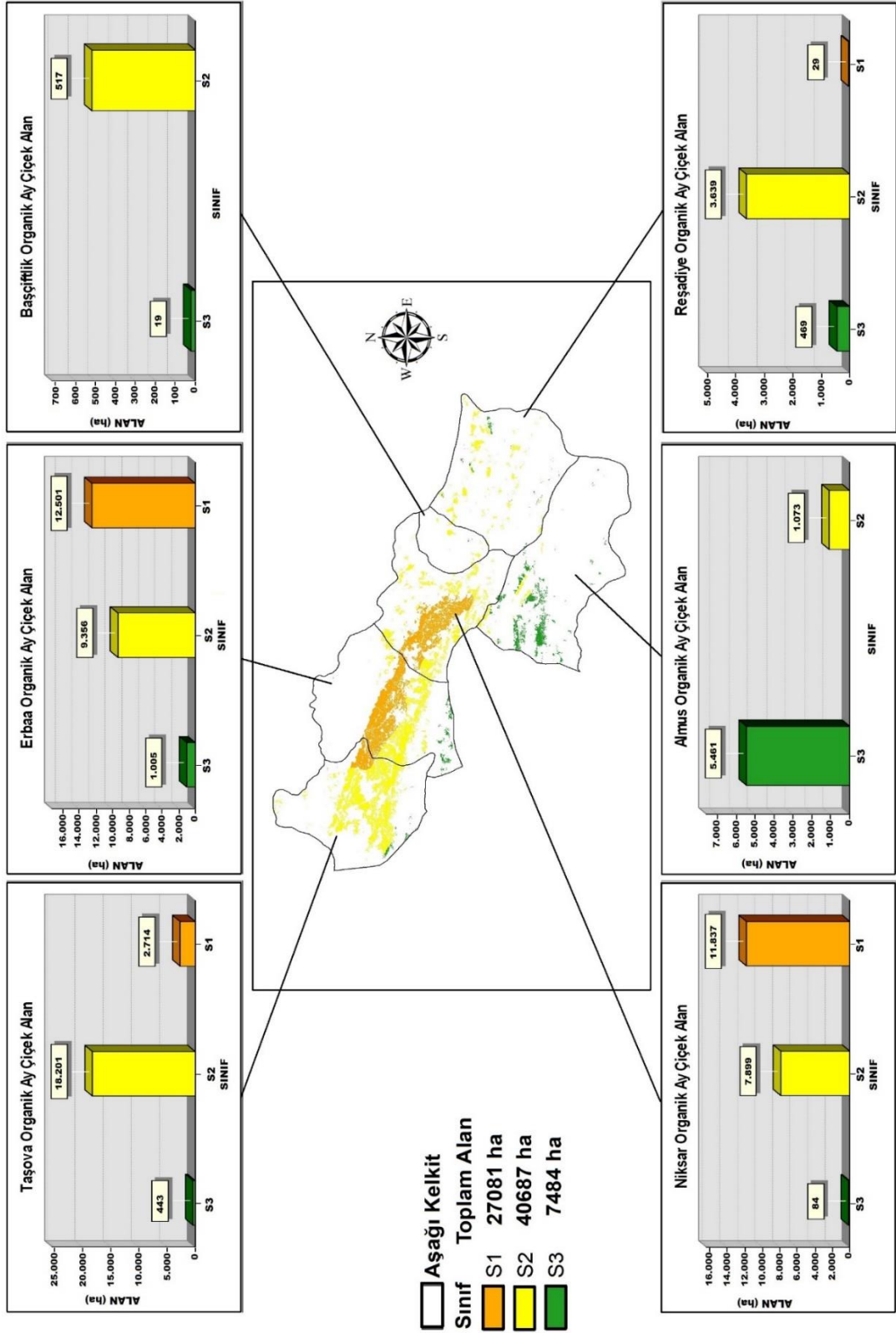


Şekil 4.5. Ayçiçeği toprak uygunluk haritası

Ayçiçeği ekolojik uygunluk haritasına göre havzada üç uygunluk sınıfına da dahil olan alanlar tespit edilmiştir (Şekil 4.6). Buna göre yüksek uygunluktan düşüğe doğru sırasıyla bu alanlar; S1 27 081 ha, S2 40 687 ha ve S3 7 484 ha olarak hesaplanmıştır. Yüksek uygunluk düzeyine sahip araziler Erbaa (12 501 ha) ve Niksar (11 837 ha) ilçelerinde bulunurken, Taşova ilçesi arazilerinde orta düzey uygunluk sınıfı en yüksek alana sahip olarak hesaplanmıştır (18 201 ha). Havzada yüksek uygunluk sınıfına dahil arazi bulunmayan ilçeler Almus ve Başçiftlik'tir (Şekil 4.7). Almus ilçesi havzada en fazla düşük uygunluk sınıfına (S3) dahil alanlara sahip ilçedir (5 461 ha).

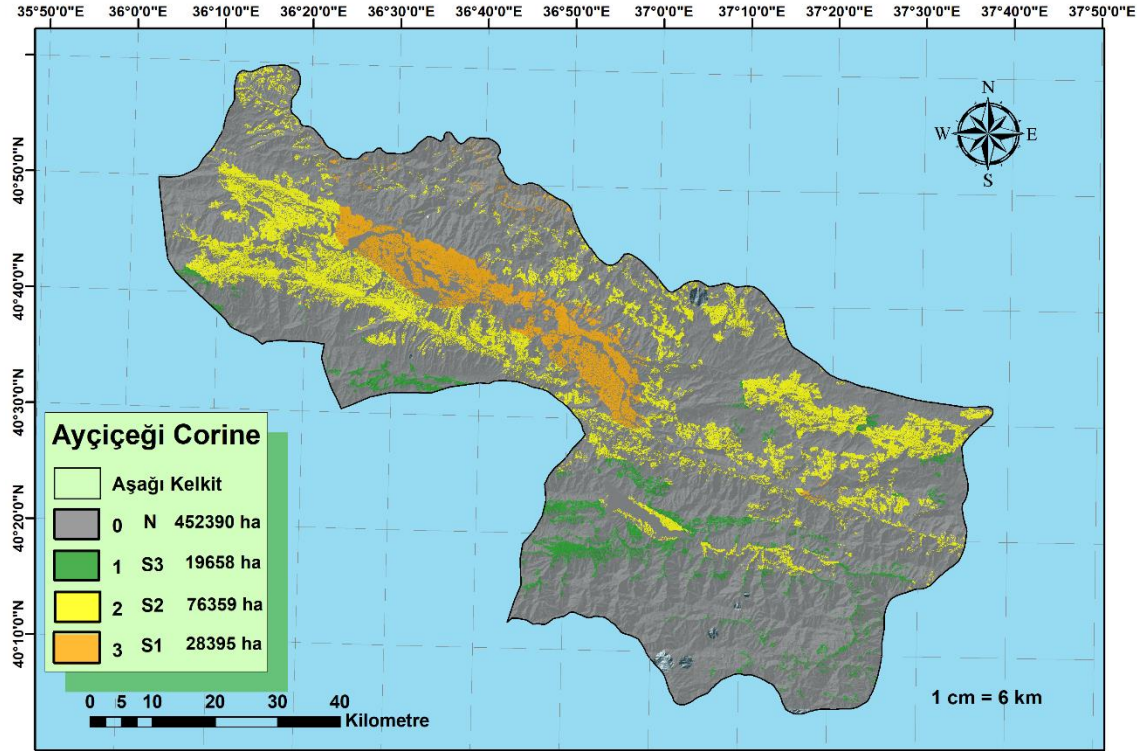


Şekil 4.6. Aşağı Kelkit Havzası ayçiçeği ekolojik uygunluk haritası



Şekil 4.7. Ayçiçeği ekolojik uygunluk sınıflarının ilçelere göre alansal dağılımları

Ayçiçeği ekolojik uygunluğunun Corine arazi kullanım haritasına göre alansal dağılımlara baktığımızda özellikle S2 ve S3 sınıfına dahil alanlarda artış meydana gelmiştir. Buna göre S2 alanları 76 359 ha ve S3 alanlar 19 658 ha olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.8). Hesaplanan uygunluk sınıfı alanlarının ilçelere göre dağılımları Tablo 4.2’de verilmiştir.



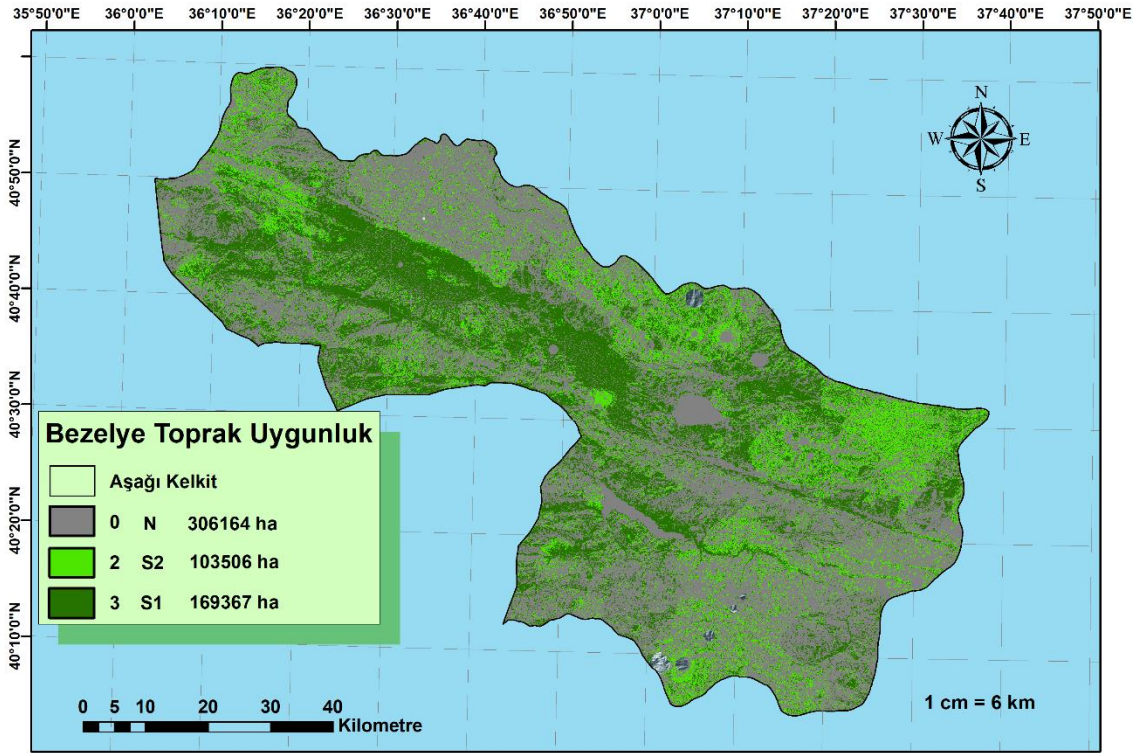
Şekil 4.8. Ayçiçeği ekolojik uygunluk sınıflarının Corine arazi kullanım haritasındaki alansal dağılımı

Tablo 4.2. Ayçiçeği uygunluk sınıfları Corine alanlarının ilçelere göre dağılımı

Ayçiçeği Corine Alanları			
İlçe/Uygunluk	S1 Alan (ha)	S2 Alan (ha)	S3 Alan (ha)
Almus	-	2 800	12 608
Başçiftlik	-	3 034	298
Erbaa	13 533	12 144	2 377
Niksar	12 078	14 670	406
Reşadiye	241	20 333	3 232
Taşova	2 566	23 515	745

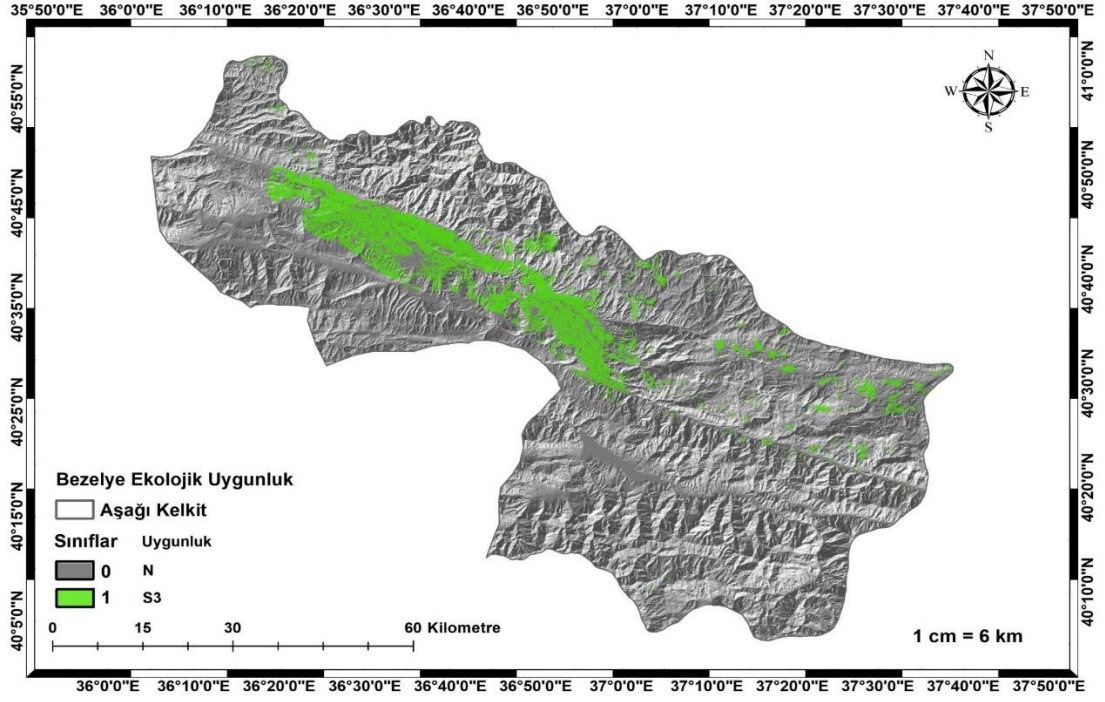
4.3. Bezelye Uygunluk Haritaları

Bezelye toprak uygunluk haritasına göre havza S1 ve S2 düzeyinde uygunluk değerleri almıştır. Yüksek uygunluk (S1) gösteren alanlar toplamda 169 367 ha, orta uygunluk (S2) gösteren alanlar toplamda 103 506 ha olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.9). Aşağı Kelkit Havzası'nda bezelye toprak uygunluğu bakımından düşük uygunluk sınıfına dahil alan hesaplanmamakla birlikte, toplamda 306 164 ha alan uygunsuz (N) sınıfına dahil olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.9).

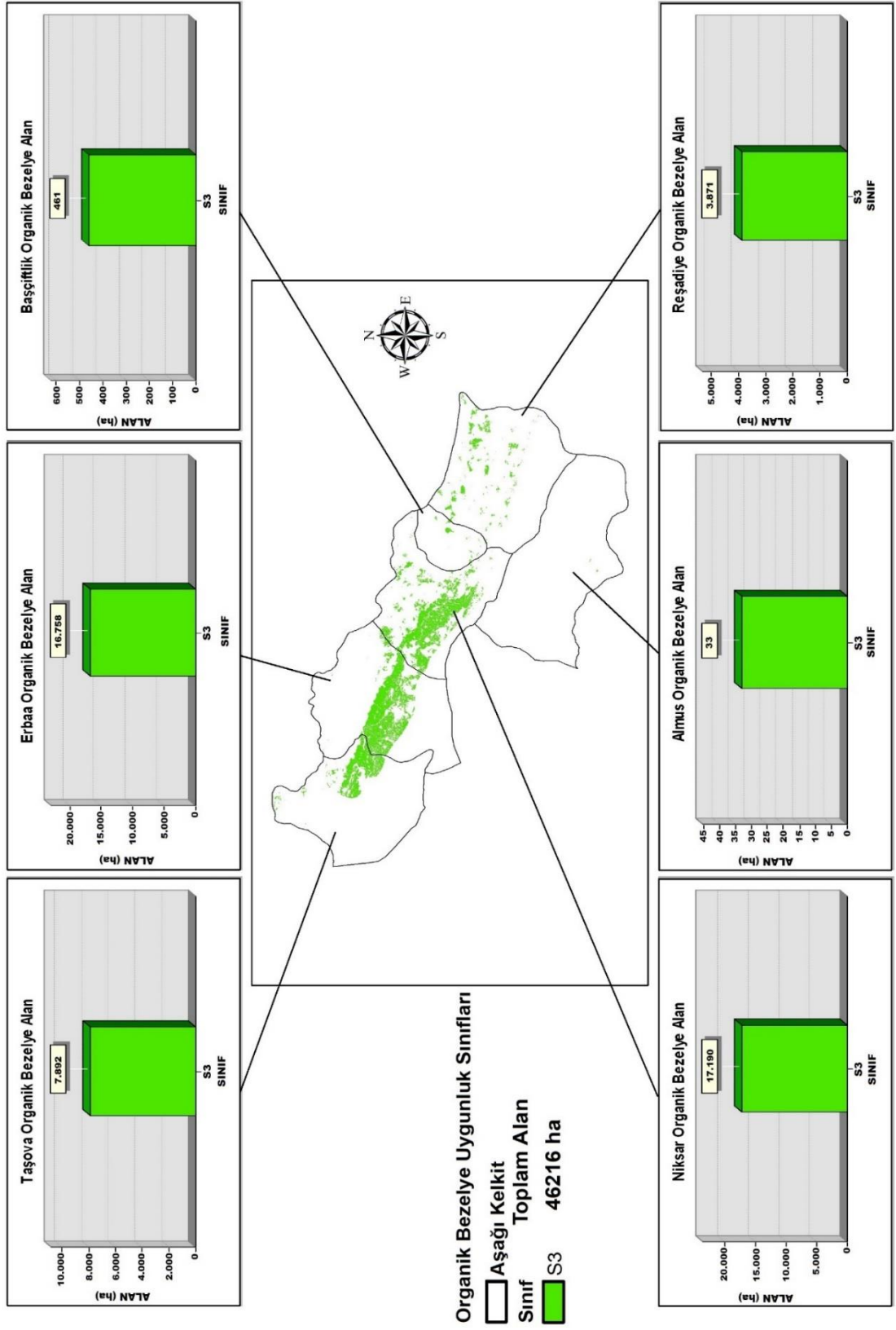


Şekil 4.9. Bezelye toprak uygunluk haritası

Aşağı Kelkit Havzası bezelye ekolojik uygunluk haritası Şekil 4.10'da verilmiştir. Bezelye iklimsel uygunluğunun havzada düşük uygunluk sınıfına (S3) dahil olarak modellenmesi, bezelyenin ekolojik uygunluğunu etkilemiştir. Bu nedenle toprak uygulugu bakımından yüksek ve orta seviyede uygunluk gösteren araziler düşük uygunluğa sahip olarak hesaplanmıştır. Buna göre havzada toplamda 46 216 ha arazi bezelye için en düşük (S3) ekolojik uygunluğa sahiptir (Şekil 4.11). Havza ilçeleri arasında en fazla uygunluk alanına sahip ilçe Niksar olurken (17 190 ha), Almus ilçesi 33 ha ile en düşük alan hesaplanan ilçe olmuştur (Şekil 4.11).

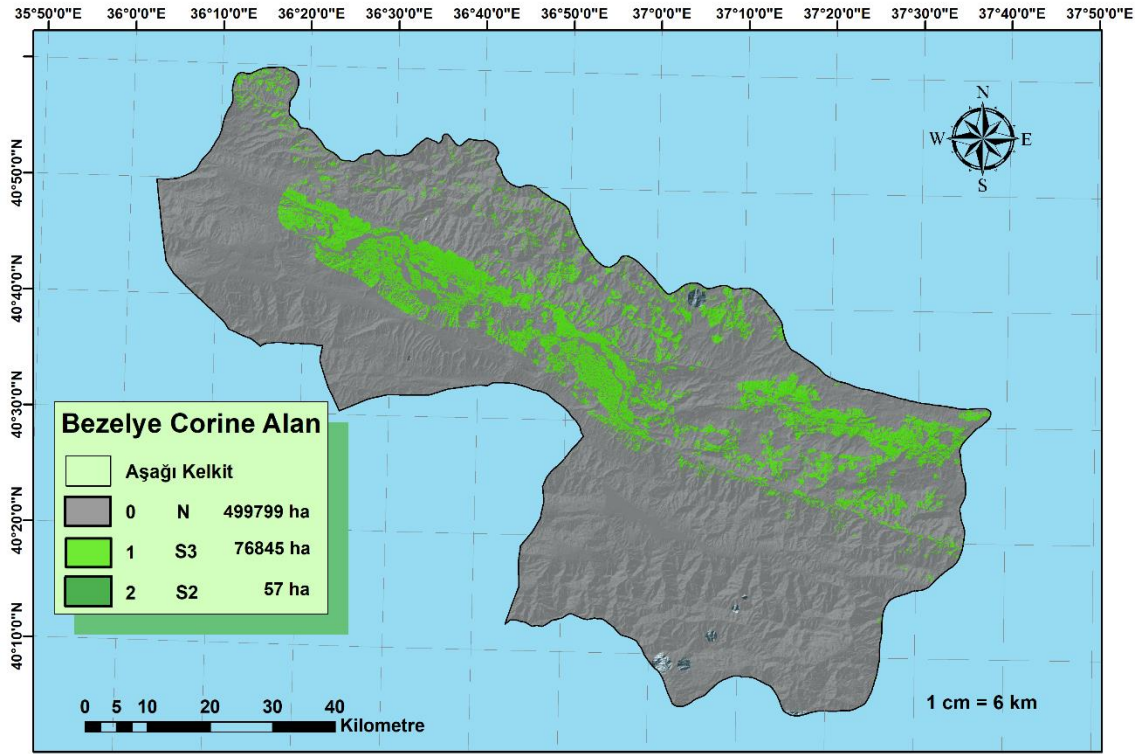


Şekil 4.10. Aşağı Kelkit Havzası bezelye ekolojik uygunluk haritası



Şekil 4.11. Bezelye ekolojik uygunluk sınıflarının ilçelere göre alansal dağılımları

Bezelye ekolojik uygunluğunun Corine arazi kullanım haritasına göre arazi dağılımına baktığımızda S3 uygunluk sınıfına dahil alanların 76 845 ha yükseldiği görülmektedir (Şekil 4.12). Bununla birlikte çok miktarda S2 uygunluk sınıfına dahil alanların olduğu da ortaya çıkmıştır. Hesaplanan uygunluk sınıfı alanlarının ilçelere göre dağılımları Tablo 4.3'te verilmiştir.



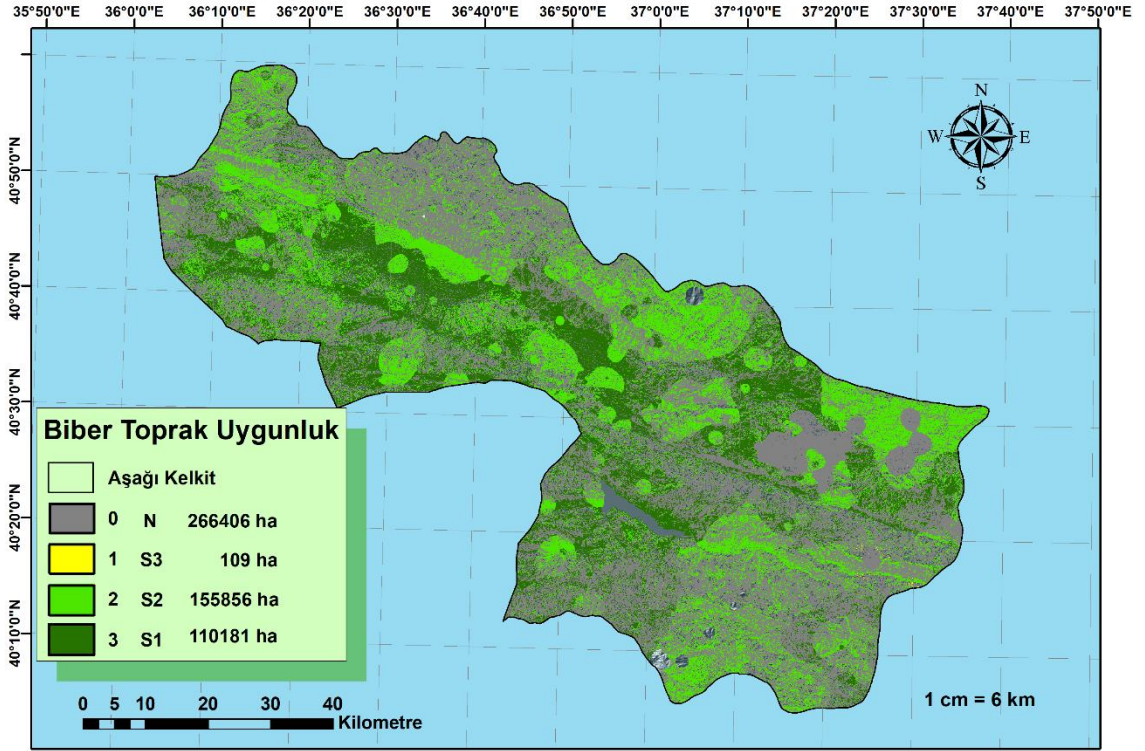
Şekil 4.12. Bezelye ekolojik uygunluk sınıflarının Corine arazi kullanım haritasındaki alansal dağılımı

Tablo 4.3. Bezelye uygunluk sınıfları Corine alanlarının ilçelere göre dağılımı

Bezelye Corine Alanları			
İlçe/Uygunluk	S1 Alan (ha)	S2 Alan (ha)	S3 Alan (ha)
Almus	-	-	11
Başçiftlik	-	-	2 991
Erbaa	-	57	19 754
Niksar	-	-	23 622
Reşadiye	-	-	20 502
Taşova	-	-	9 994

4.4. Biber Uygunluk Haritaları

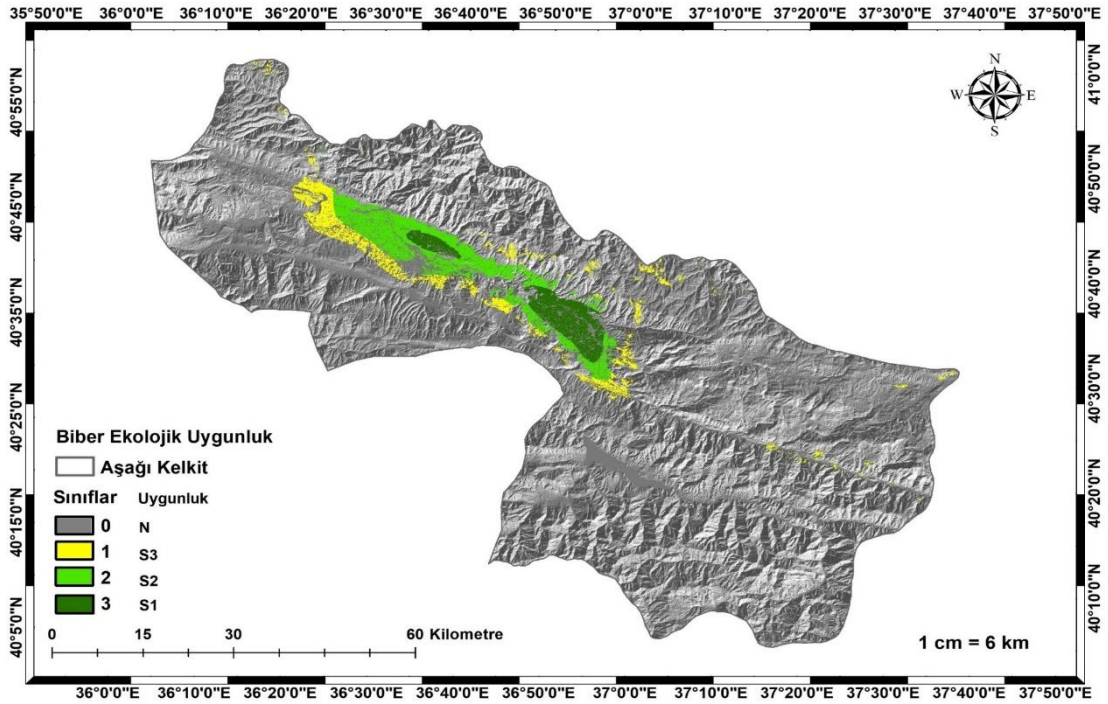
AHP analizi sonucu hesaplanan ağırlık değerleriyle yapılan modelleme sonucunda elde edilen biber toprak uygunluk haritası Şekil 4.13'te verilmiştir. Buna göre havzanın geneli itibariyle üç uygunluk sınıfına dahil alanlar tespit edilmiştir. Çalışma alanı toprak özellikleri bakımından biberin düşük uygunluğa (S3) sahip olduğu alan miktarı çok düşüktür (109 ha). Bunun haricinde orta uygunluk sınıfı tespit edilen arazi ölçüsü 155 856 ha olarak hesaplanmıştır. Biber toprak uygunluğu yüksek uygunluk sınıfındaki arazi miktarı ise 110 181 ha olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.13). Tüm havzada toplam 266 406 ha alanda ise topraklar biber için uygunsuz (N) sınıfına dahil olmuştur.



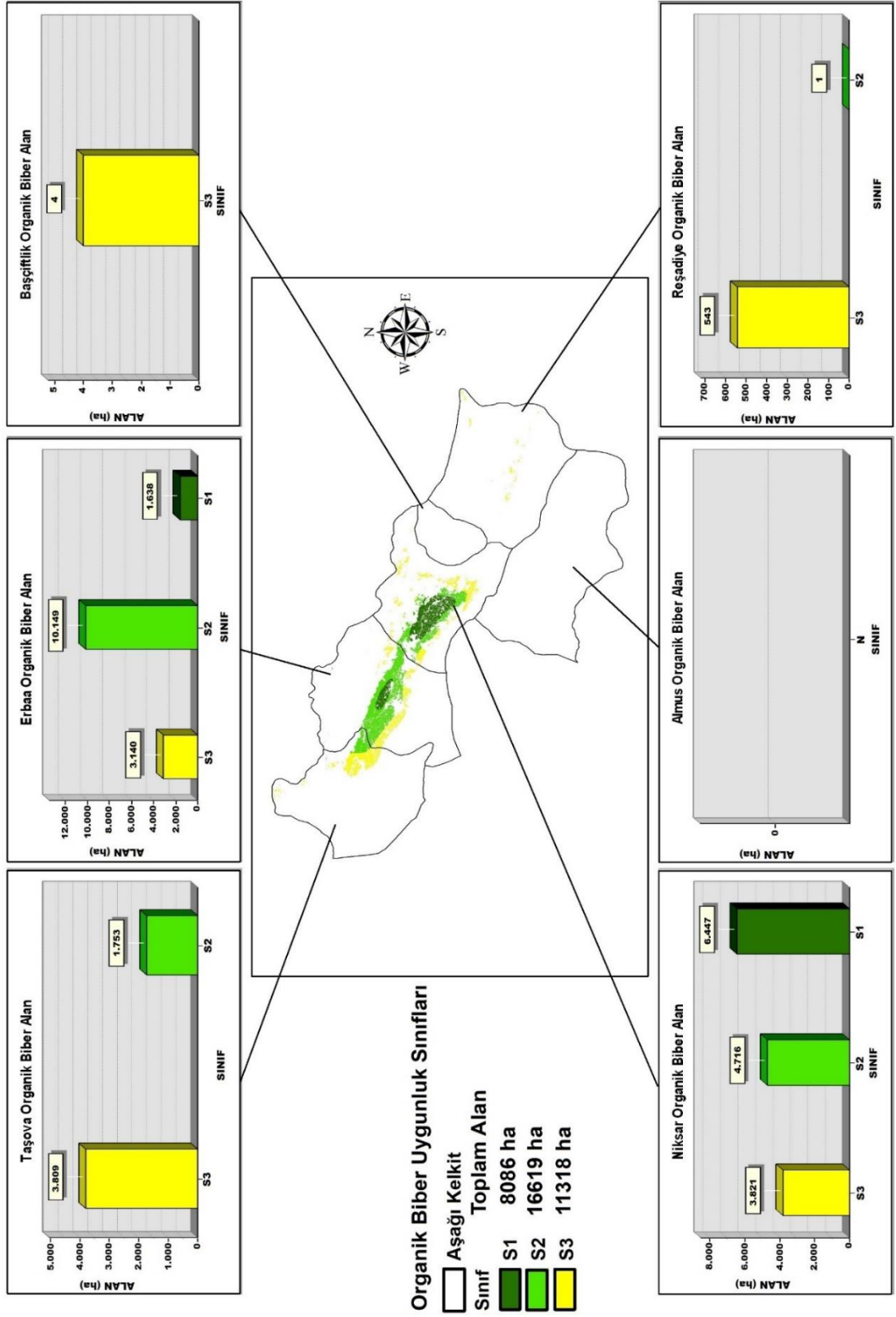
Şekil 4.13. Biber toprak uygunluk haritası

Biber toprak uygunluğu ve iklimsel uygunluk haritalarından modellenen biber ekolojik uygunluğu haritasına baktığımızda, Aşağı Kelkit Havzası tarım arazileri içinde sınırlı bir alan biber için ekolojik uygun olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.14). Ekolojik uygunluk bakımından üç uygunluk sınıfına dahil alanlar bulunmakla birlikte, yüksek uygunluğa (S1) dahil araziler 8 086 ha alana sahiptir. Havzada hesaplanan en yaygın uygunluk sınıfı arazisi orta uygunluk sınıfıdır (S2) ve toplam alanı 16 619 ha'dır.

Bir diğer uygunluk sınıfı olan düşük uygunluk (S3) ise toplamda 11 318 ha'dır. Havza ilçeleri arasında Niksar en fazla yüksek uygunluk (S1) alanına sahip ilçedir (6447 ha). Erbaa ilçesi ise 16 619 ha S2 sınıfı alanının önemli bir kısmına yani 10 149 ha alana sahiptir. Almus ekolojik uygunluğu bakımından biberin hiçbir uygunluk sınıfı hesaplanmayan tek ilçe olmakla birlikte, Başçiftlik ilçesinde de çok düşük (4 ha) bir alan S3 sınıfına dahil olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.15).

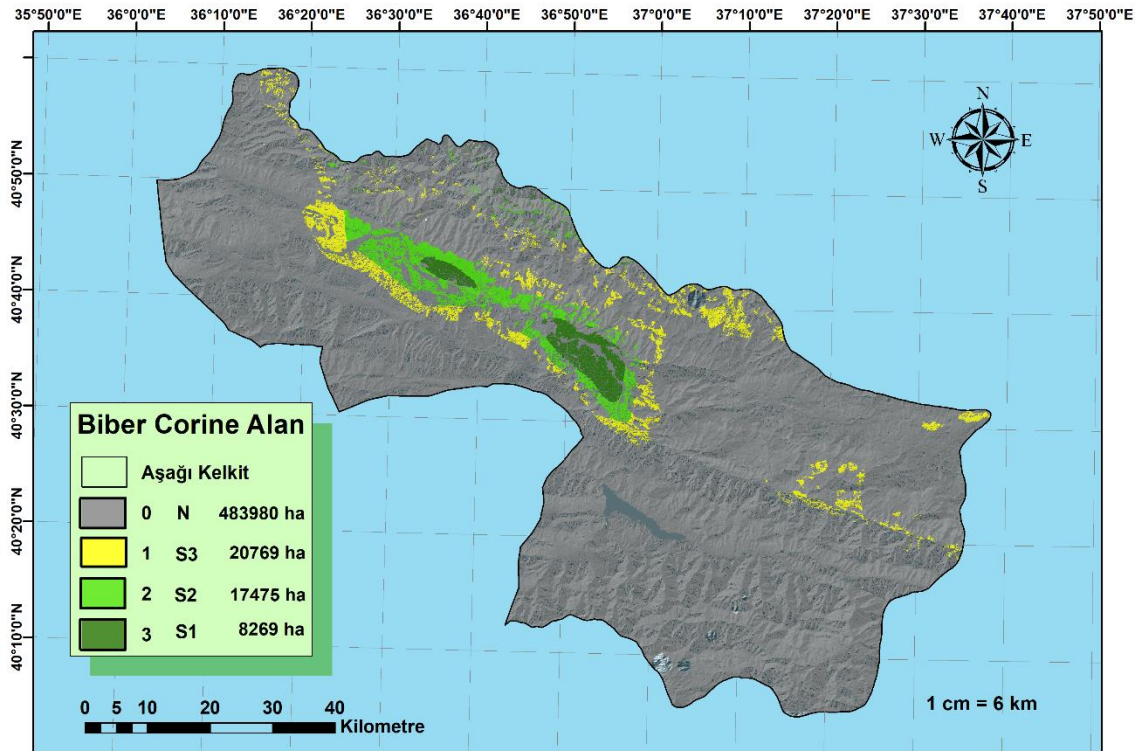


Şekil 4.14. Aşağı Kelkit Havzası biber ekolojik uygunluk haritası



Şekil 4.15. Biber ekolojik uygunluk sınıflarının ilçelere göre alansal dağılımları

Şekil 4.16’da biber ekolojik uygunluk durumunun Corine arazi kullanım haritasına göre dağılımı verilmiştir. Buna göre ESRI arazi kullanım haritası ile hesaplanan uygunluk sınıfı alanlarında değişimler olduğu görülmektedir. S1 alanları 8 086 ha’dan 8 269 ha’a, S2 alanları 16 619 ha’dan 17 475 ha’a ve son olarak S3 alanları 11 318 ha’dan 20 769 ha’a çıkmıştır (Şekil 4.16). Hesaplanan uygunluk sınıfı alanlarının ilçelere göre dağılımları Tablo 4.4’te verilmiştir.



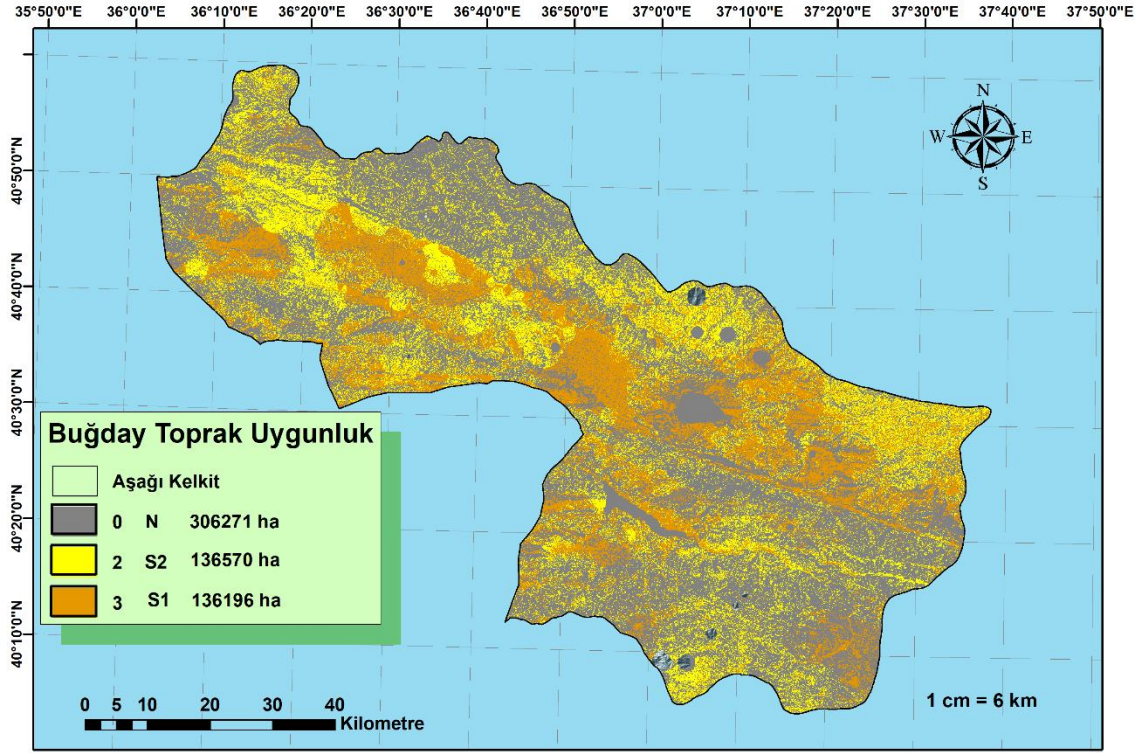
Şekil 4.16. Biber ekolojik uygunluk sınıflarının Corine arazi kullanım haritasındaki alansal dağılımı

Tablo 4.4. Biber uygunluk sınıfları Corine alanlarının ilçelere göre dağılımı

Biber Corine Alanları			
İlçe/Uygunluk	S1 Alan (ha)	S2 Alan (ha)	S3 Alan (ha)
Almus	-	-	-
Başçiftlik	-	-	298
Erbaa	2 024	10 684	4 962
Niksar	6 245	5 177	7 856
Reşadiye	-	5	3 156
Taşova	-	1 627	4 519

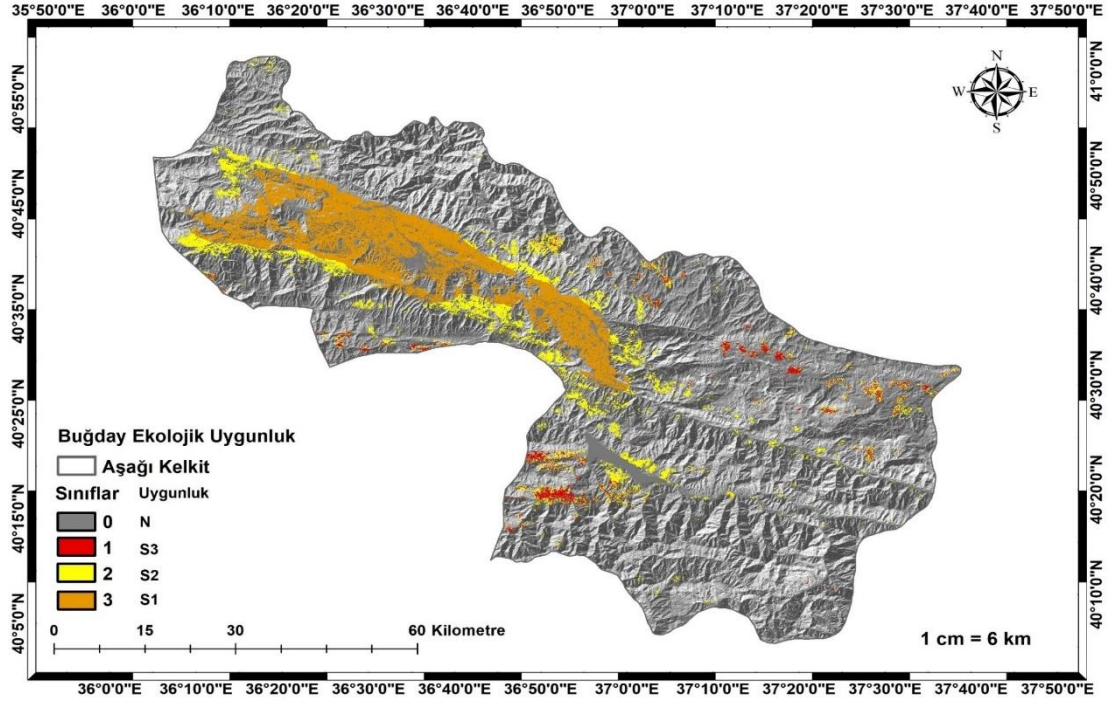
4.5. Buğday Uygunluk Haritaları

AHP analizi ile hesaplanan ağırlık değerleri toprak değişkenleri haritalarıyla birlikte modellenerek buğdayın Aşağı Kelkit Havzası topraklarına uygunluk durumu ortaya çıkartılmıştır. Üretilen buğday toprak uygunluk haritası Şekil 4.17’de verilmiştir. Buna göre havzada S1 ve S2 olmak üzere iki uygunluk sınıfı modellenmiştir. Her iki uygunluk sınıfı alan ölçüsü bakımından birbirine yakın olmakla birlikte, yüksek uygunluk sınıfına (S1) sahip alanlar 136 196 ha ve orta uygunluk sınıfına (S2) sahip alanlar 136 570 ha olarak dağılım göstermektedir. Uygunsuz sınıfına (N) dahil alanlar ise 306 271 ha’dır.

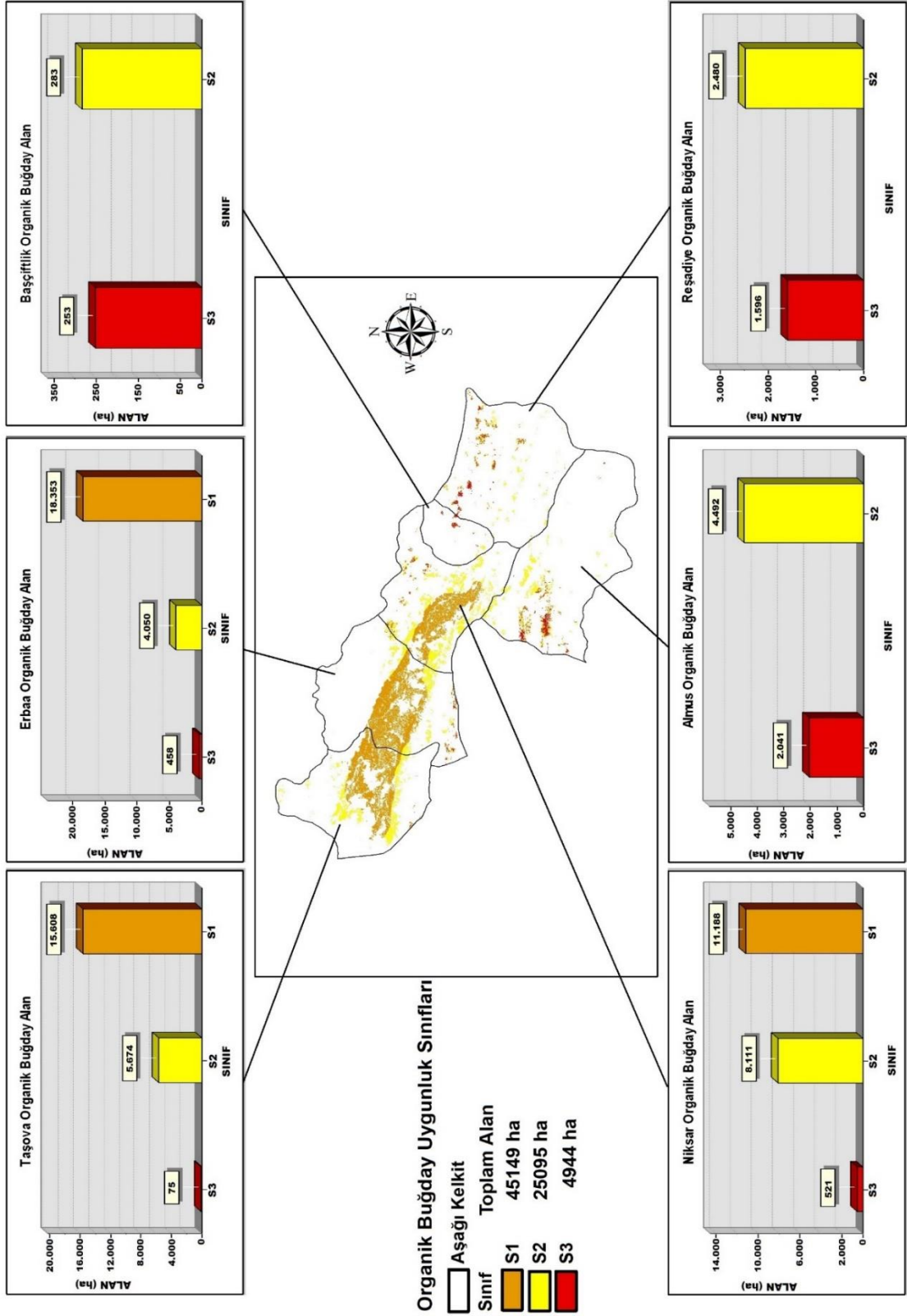


Şekil 4.17. Buğday toprak uygunluk haritası

Buğday ekolojik uygunluk haritası ESRI arazi kullanım haritası sınırlarına göre kesilerek; Aşağı Kelkit Havzası tarım arazileri içinde uygunluk sınıflarının alansal dağılımları hesaplanmıştır (Şekil 4.18). Buna göre tarım alanları içinde en yüksek alansal dağılım gösteren uygunluk sınıfı 45 149 ha ile yüksek uygunluk (S1) sınıfı olmuştur. Orta uygunluk sınıfı (S2) 25 095 ha alanda dağılım gösterirken, düşük uygunluk sınıfının (S3) dağılım gösterdiği toplam tarım arazisi 4 944 ha'dır (Şekil 4.19). Yüksek uygunluk sınıfına dahil tarım arazileri, alan büyüklük sırasına göre, üç ilçeye dağılmıştır. Bu ilçeler ve S1 alanları sırasıyla: Erbaa 18 353 ha, Taşova 15 608 ha ve Niksar 11 186 ha'dır. Almus, Başçiftlik ve Reşadiye ilçelerinde S1 uygunluk sınıfına dahil arazi tespit edilememiştir (Şekil 4.19).

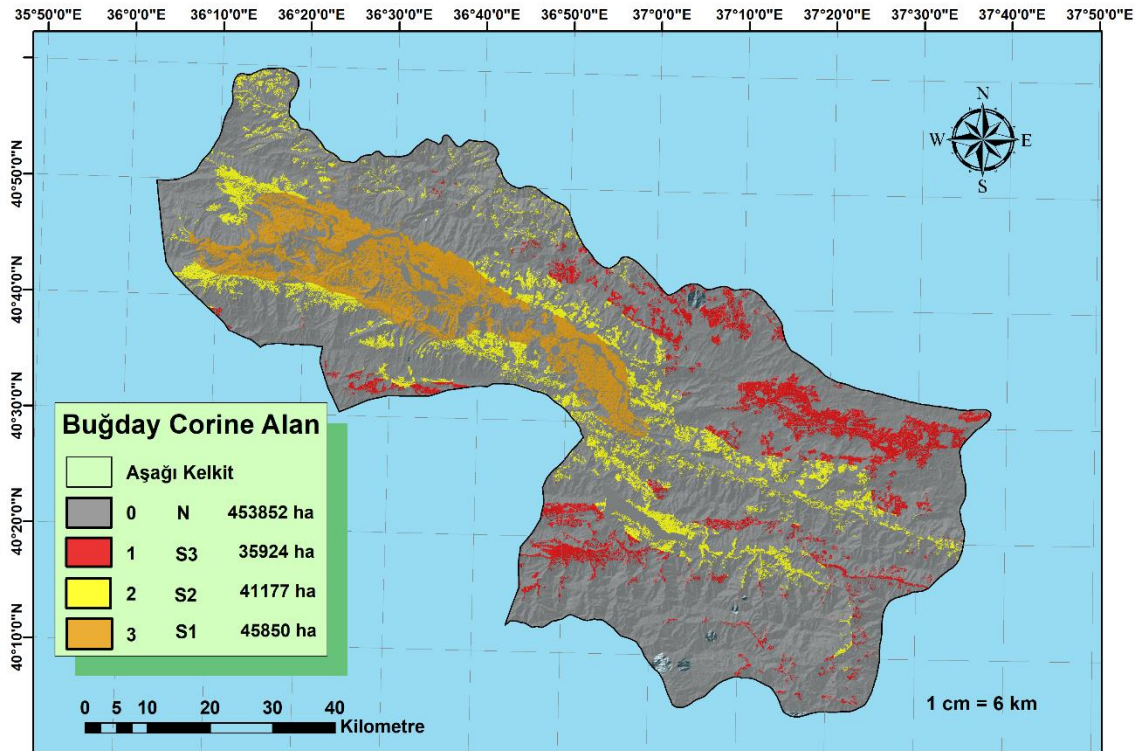


Şekil 4.18. Aşağı Kelkit Havzası buğday ekolojik uygunluk haritası



Şekil 4.19. Buğday ekolojik uygunluk sınıflarının ilçelere göre alansal dağılımları

Buğday ekolojik uygunluk sınıflarının Corine tarım arazisi haritasına göre alansal dağılımları Şekil 4.20’de verilmiştir. Corine tarım arazileri haritasına göre S2 ve S3 sınıfına dahil arazilerin alanları önemli ölçüde yükselmiştir. S2 sınıfı arazi alanı 25 095 ha’dan 41 177 ha’a, S3 sınıfı arazi alanı 4 944 ha’dan 35 924 ha’a yükselmiştir. S3 sınıfı arazilerin Reşadiye ve Almus ilçeleri çevresinde artış göstermiştir (Şekil 4.20). Hesaplanan uygunluk sınıfı alanlarının ilçelere göre dağılımları Tablo 4.5’te verilmiştir.



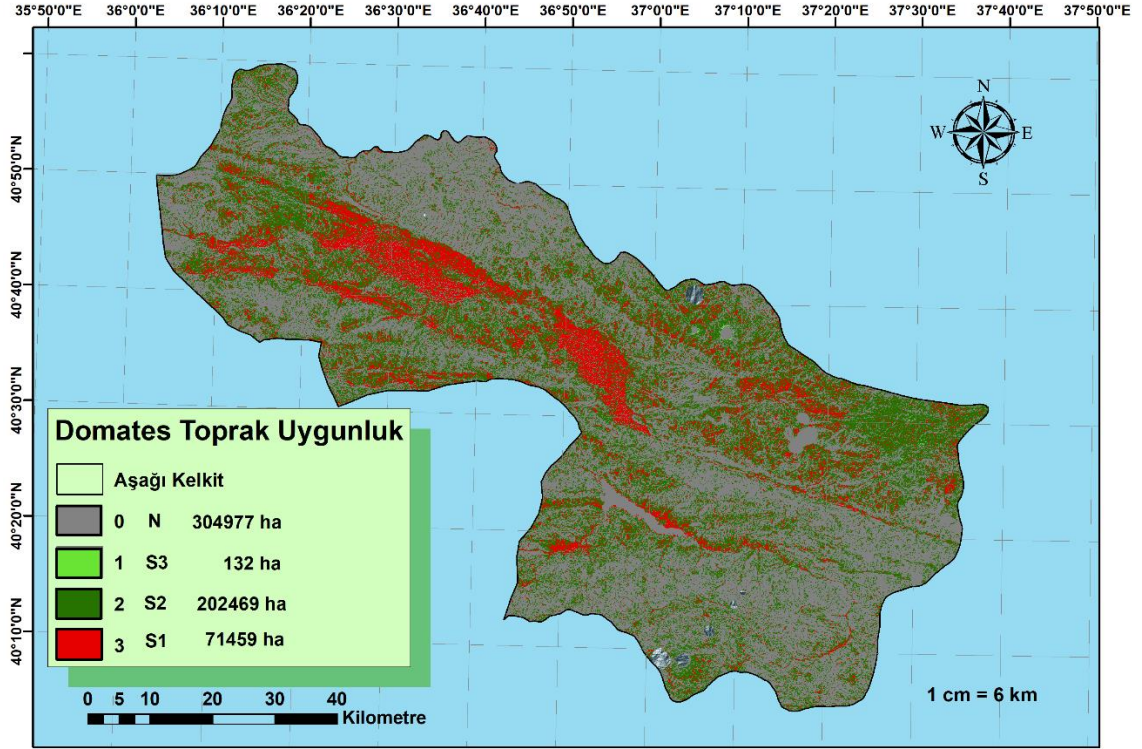
Şekil 4.20. Buğday ekolojik uygunluk sınıflarının Corine arazi kullanım haritasındaki alansal dağılımı

Tablo 4.5. Buğday uygunluk sınıfları Corine alanlarının ilçelere göre dağılımı

Buğday Corine Alanları			
İlçe/Uygunluk	S1 Alan (ha)	S2 Alan (ha)	S3 Alan (ha)
Almus	-	6 356	8 497
Başçiftlik	-	952	2 352
Erbaa	18 265	7 368	2 389
Niksar	10 959	10 401	5 786
Reşadiye	-	6 222	16 729
Taşova	16 770	9 877	166

4.6. Domates Uygunluk Haritaları

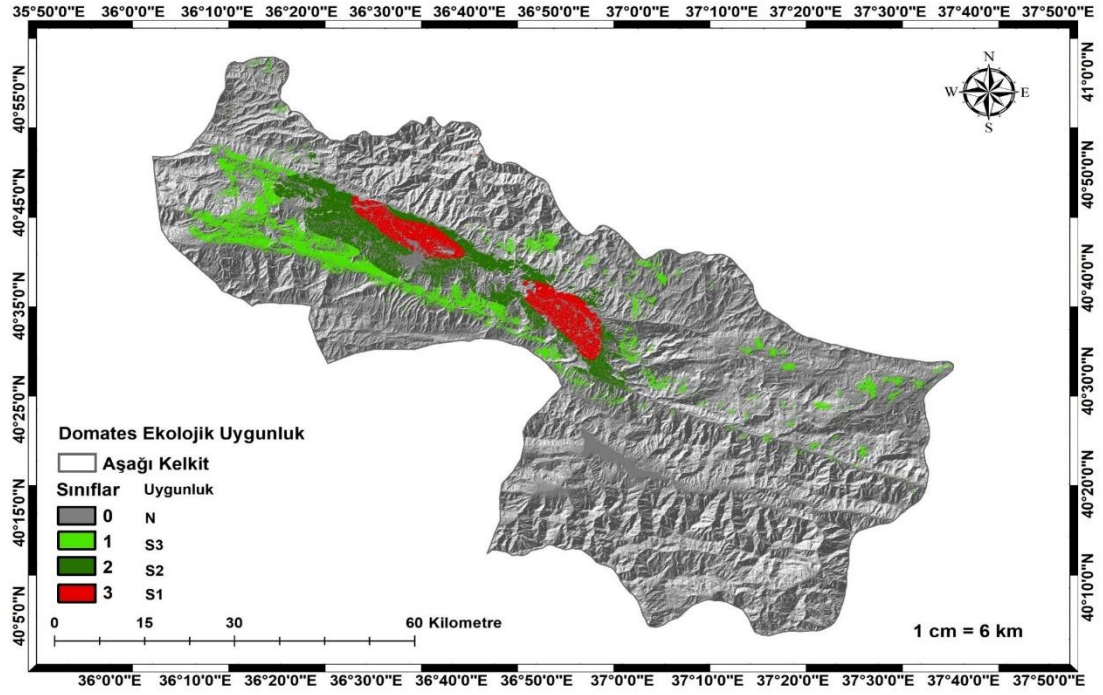
Aşağı Kelkit Havzası domates toprak uygunluğu haritası AHP analiziyle hesaplanan ağırlık değerlerinin toprak değişkenleri ile birlikte modellenmesiyle üretilmiştir. Şekil 4.21’de verilen domates toprak uygunluk haritasına göre havza topraklarında 202 469 ha alan orta uygunluk sınıfına (S2) dahil olarak hesaplanmıştır. Bu alanı 71 459 ha ile yüksek uygunluk sınıfına (S1) dahil alanlar takip ederken, düşük uygunluk sınıfı (S3) alan olarak sadece 132 ha’dır. Havza topraklarının 304 977 ha’lık kısmı ise uygunsuz (N) sınıfına dahildir.



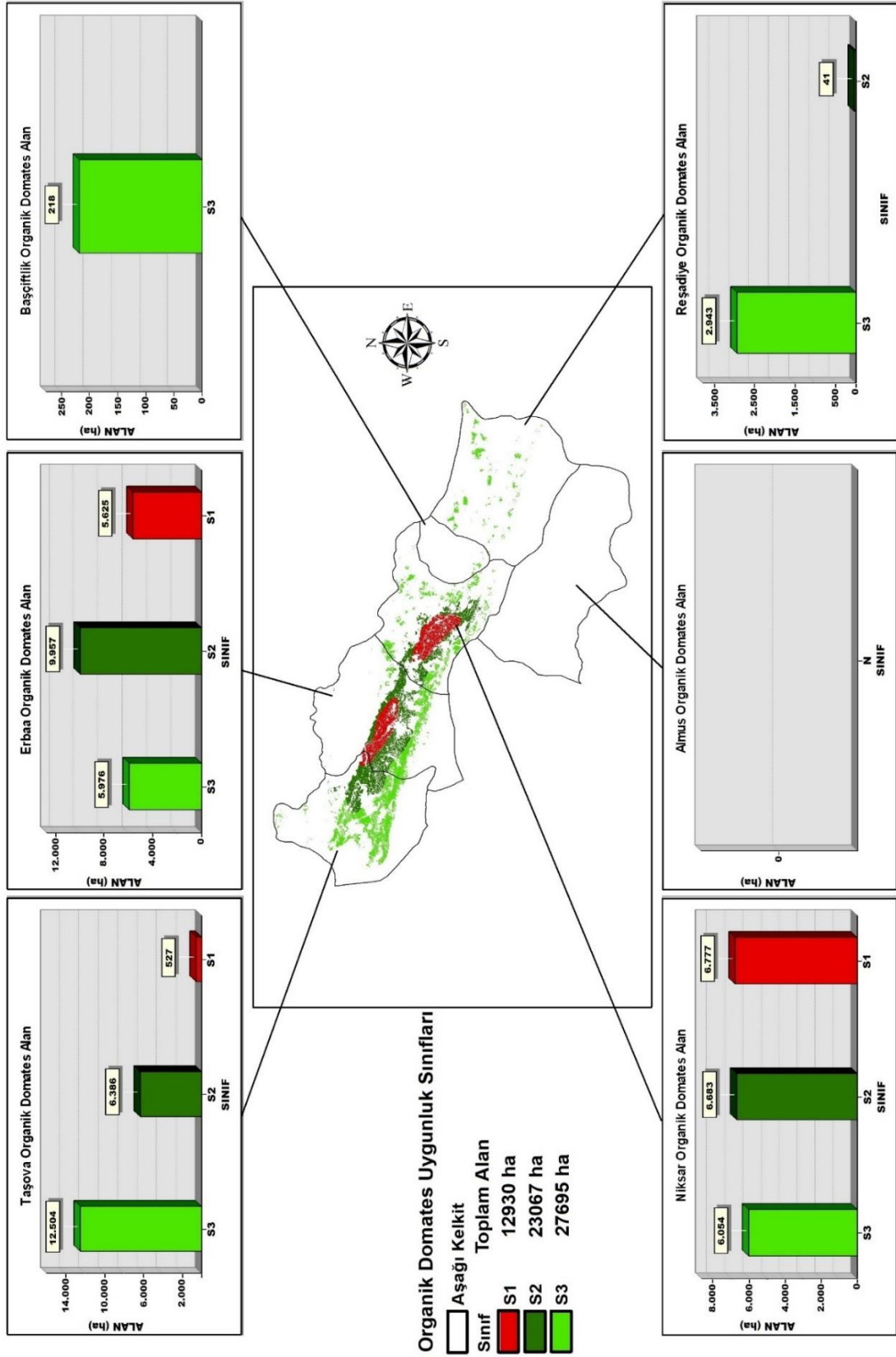
Şekil 4.21. Domates toprak uygunluk haritası

Domates için üretilen ekolojik uygunluk sınıflarının ESRI tarım arazilerinde hesaplanan alan dağılımlarına göre yüksek alansal dağılıma sahip uygunluk sınıfı düşük uygunluk sınıfıdır (S3) (Şekil 4.22). S3 sınıfına dahil tarım alanları toplamda 27 695 ha'dan oluşurken (Şekil 4.23) en fazla S3 sınıfına dahil alana sahip ilçe, 12 504 ha ile Taşova'dır (Şekil 4.23). Aşağı Kelkit tarım arazileri içinde domatesin yüksek ekolojik uygunluğa sahip olduğu S1 sınıfı alanlar toplamda 12 930 ha'dan oluşmaktadır.

S1 sınıfına dahil tarım arazilerinin tamamına yakını Erbaa ve Niksar ilçelerinde bulunmaktadır ve sırasıyla 5 625 ha ve 6 777 ha alana sahiplerdir (Şekil 4.23). Bununla beraber Niksar ilçesi tarım arazilerinde S1, S2 ve S3 uygunluk sınıfları neredeyse eşit alansal dağılım göstermiştir. Havzadaki ilçeler arasında Almus'ta hiçbir uygunluk sınıfı tespit edilememiştir (Şekil 4.23).

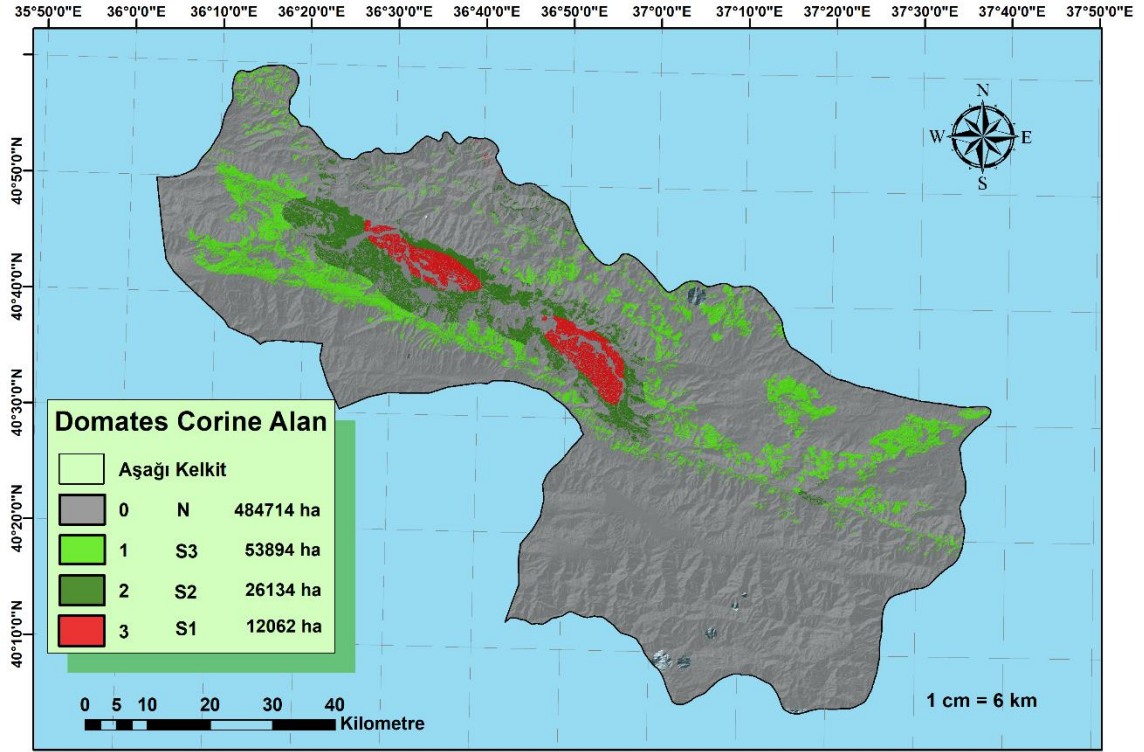


Şekil 4.22. Aşağı Kelkit Havzası domates ekolojik uygunluk haritası



Şekil 4.23. Domates ekolojik uygunluk sınıflarının ilçelere göre alansal dağılımları

Domates ekolojik uygunluk sınıflarının Corine tarım arazileri haritası içindeki alansal dağılımları Şekil 4.24'te verilmiştir. Buna göre S3 sınıfına dahil alanlar 27 695 ha'dan 53 894 ha'a yükselmiştir. S3 sınıfına dahil arazilerdeki artışın en fazla görüldüğü ilçeler Niksar ve Reşadiye olmuştur (Şekil 4.24). Hesaplanan uygunluk sınıfı alanlarının ilçelere göre dağılımları Tablo 4.6'da verilmiştir.



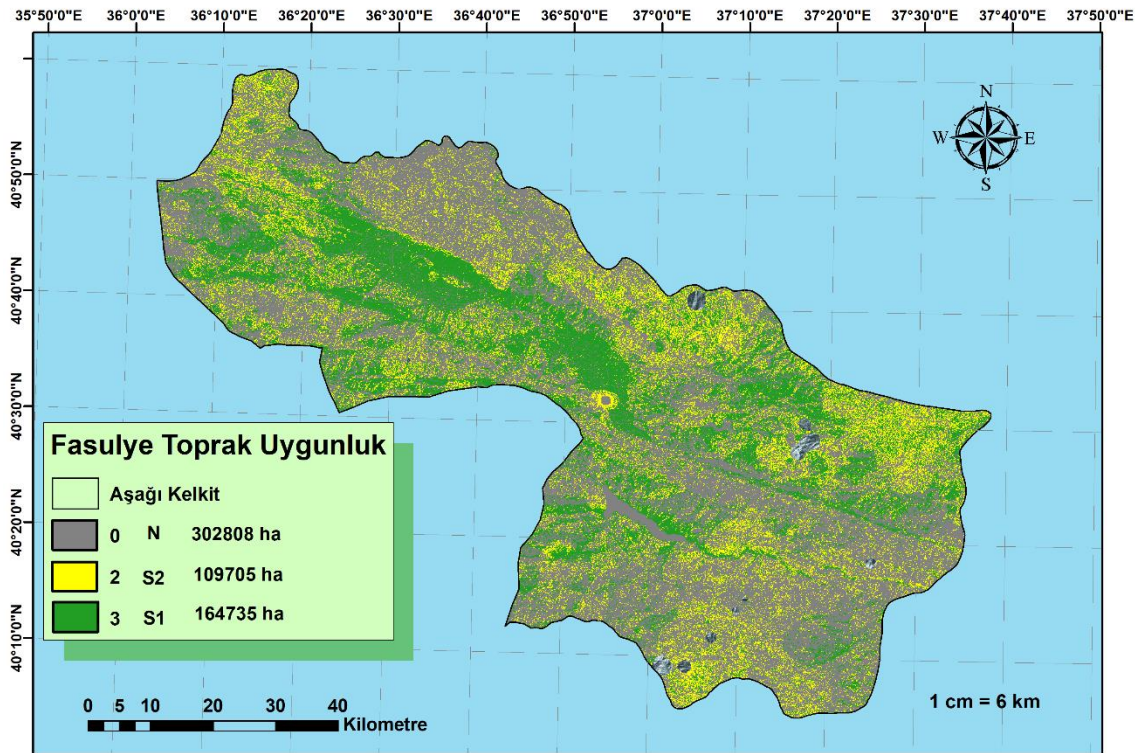
Şekil 4.24. Domates ekolojik uygunluk sınıflarının Corine arazi kullanım haritasındaki alansal dağılımı

Tablo 4.6. Domates uygunluk sınıfları Corine alanlarının ilçelere göre dağılımı

Domates Corine Alanları			
İlçe/Uygunluk	S1 Alan (ha)	S2 Alan (ha)	S3 Alan (ha)
Almus	-	-	-
Başçiftlik	-	-	1 870
Erbaa	5 112	11 666	8 129
Niksar	6 509	7 581	12 250
Reşadiye	-	299	14 921
Taşova	453	6 624	16 791

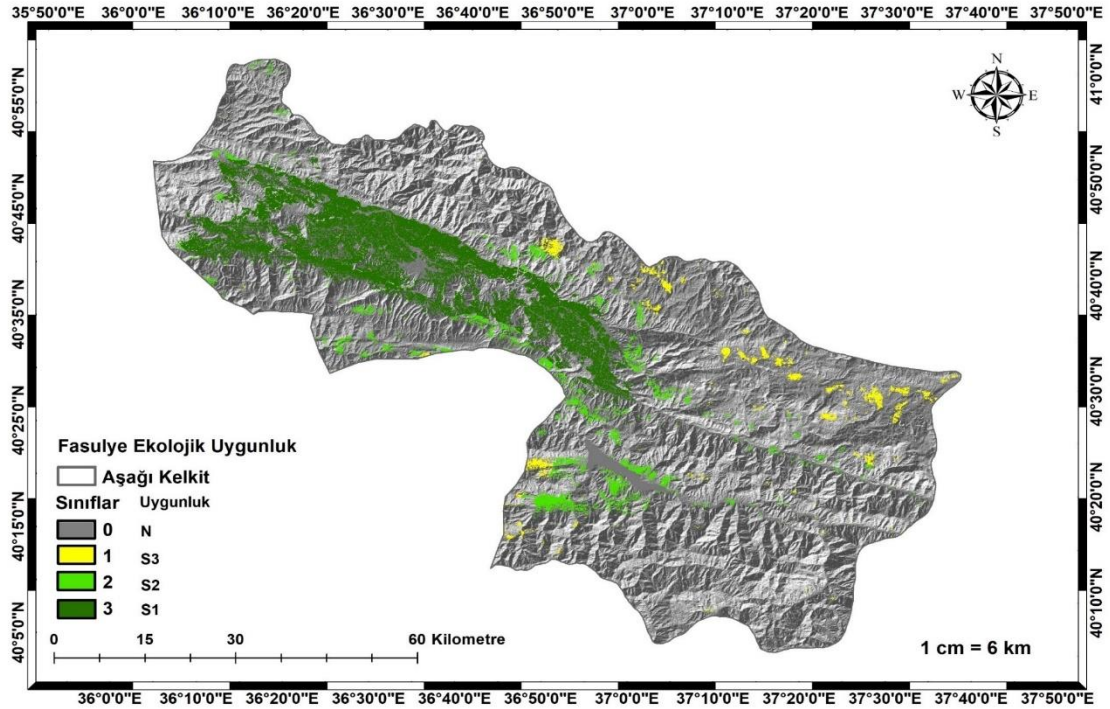
4.7. Fasulye Uygunluk Haritaları

Çalışmada AHP analizinde hesaplanan toprak değişkenleri ağırlık değerleri ile yapılan modelleme sonucu fasulye toprak uygunluk haritası oluşturulmuştur (Şekil 4.25). Toprak uygunluk haritasına göre fasulye bitkisi Aşağı Kelkit topraklarında yüksek (S1) ve orta S2 uyumlu olarak modellenmiştir. Uygunluk sınıflarının havza arazisindeki alansal dağılımları sırasıyla; S1 164 735 ha ve S2 109 705 ha olmuştur (Şekil 4.25). Bununla beraber toprak uygunluğu bakımından uygunsuz (N) sınıfına dahil olan arazilerin toplam alanı 302 808 ha olarak hesaplanmıştır.

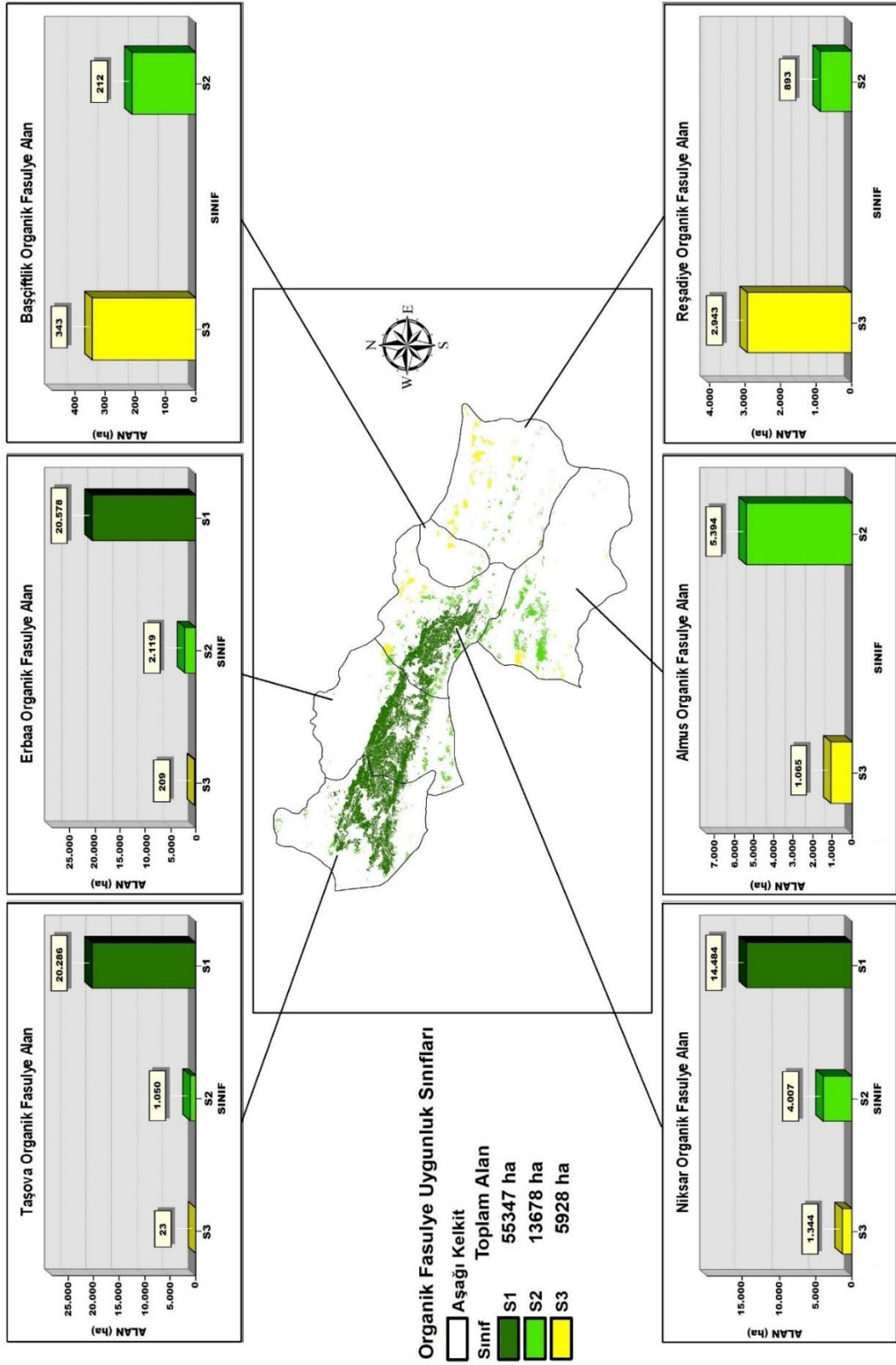


Şekil 4.25. Fasulye toprak uygunluk haritası

Fasulye iklimsel uygunluk ve toprak uygunluk haritalarından modellenen, fasulye ekolojik uygunluk haritası ESRI tarım arazisi haritası sınırlarına göre düzenlenmiştir. Elde edilen sonuç haritasına göre tarım arazileri içinde alansal dağılımı en fazla olan uygunluk sınıfı S1, yani, yüksek uygunluk sınıfıdır (Şekil 4.26). Tüm tarım alanları içinde S1 sınıfına dahil alanların toplam alanı 55 347 ha olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.27). Orta uygunluk ve düşük uygunluk sınıflarına dahil alanları ise sırasıyla; S2 13 678 ha ve S3 5 928 ha olarak hesaplanmıştır. İlçe tarım arazilerinin uygunluk sınıfı alansal dağılımlarına baktığımızda üç ilçede yüksek uygunluk sınıfına (S1) dahil alan bulunmamaktadır: Almus, Başçiftlik ve Reşadiye (Şekil 4.27). İlçeler arasında en fazla düşük uygunluk sınıfına (S3) dahil alana sahip ilçe, toplam 2 943 ha alan ile Reşadiye olmuştur. Erbaa, Niksar ve Taşova havzada yüksek uygunluk sınıfına (S1) dahil tarım arazilerine sahip ilçeler olmakla birlikte, bu ilçeler arasında Erbaa 20 578 ha S1 sınıfı arazi ile en fazla alansal dağılım görülen ilçedir (Şekil 4.27).

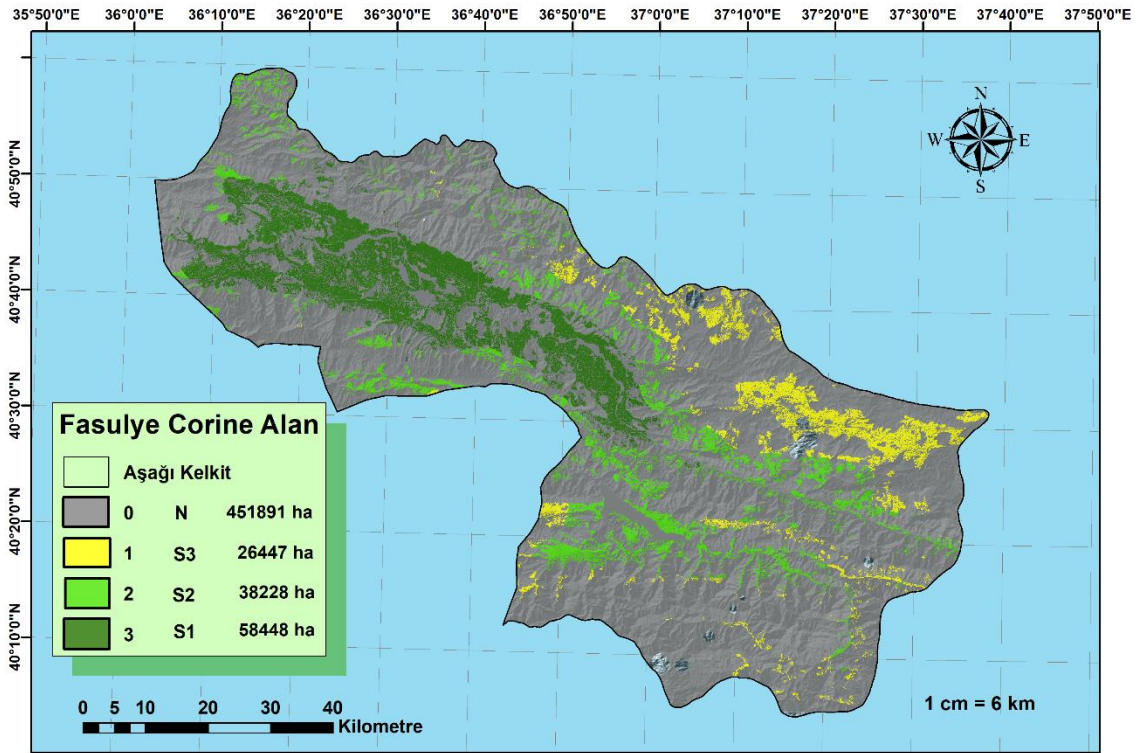


Şekil 4.26. Aşağı Kelkit Havzası fasulye ekolojik uygunluk haritası



Şekil 4.27. Fasulye ekolojik uygunluk sınıflarının ilçelere göre alansal dağılımları

Aşağı Kelkit fasulye ekolojik uygunluk sınıflarının Corine tarım arazilerindeki alansal dağılımlarının ESRI tarım arazi haritasından fazla olarak hesaplanmıştır. Şekil 4.28’de görüldüğü üzere her üç uygunluk sınıfının alansal dağılımlarında artış olmuştur. Bu alanların uygunluk sınıflarına göre değerleri sırasıyla; S1 58 448 ha, S2 38 228 ha ve S3 2 6447 ha olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan uygunluk sınıfı alanlarının ilçelere göre dağılımları Tablo 4.7’de verilmiştir.



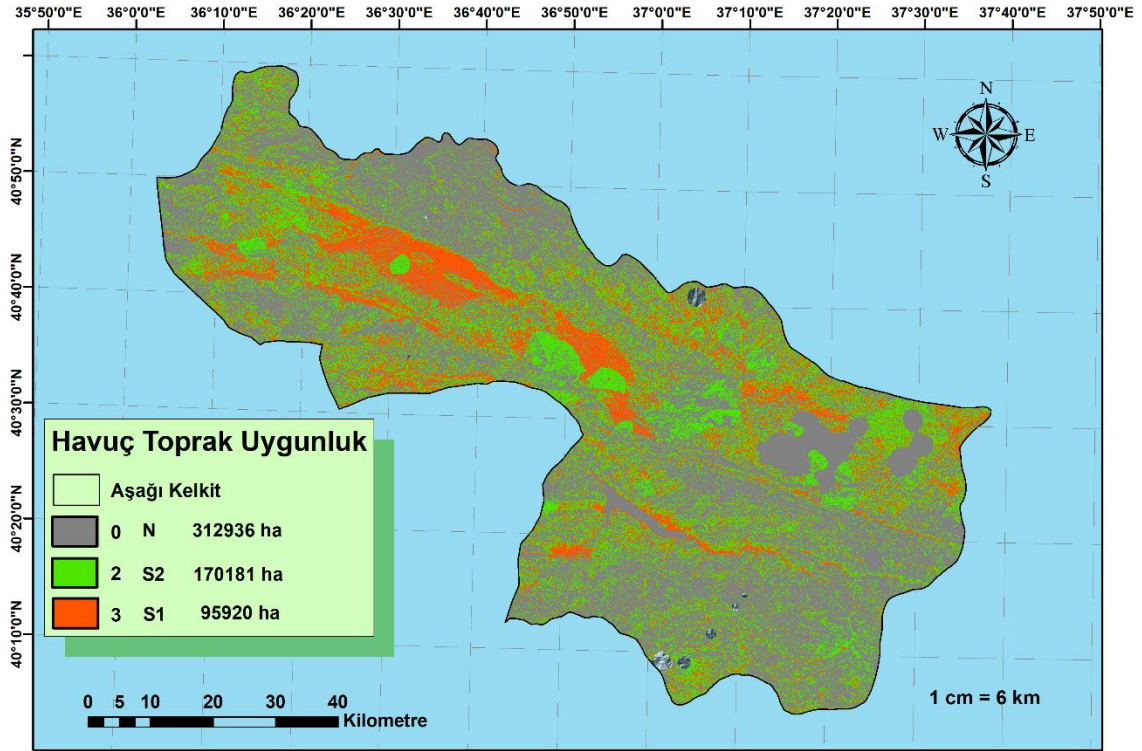
Şekil 4.28. Fasulye ekolojik uygunluk sınıflarının Corine arazi kullanım haritasındaki alansal dağılımı

Tablo 4.7. Fasulye uygunluk sınıfları Corine alanlarının ilçelere göre dağılımı

Fasulye Corine Alanları			
İlçe/Uygunluk	S1 Alan (ha)	S2 Alan (ha)	S3 Alan (ha)
Almus	-	11 376	3 488
Başçiftlik	-	1 292	2 387
Erbaa	21 021	6 460	544
Niksar	14 842	7 527	4 881
Reşadiye	-	7 438	15 119
Taşova	22 728	4 142	17

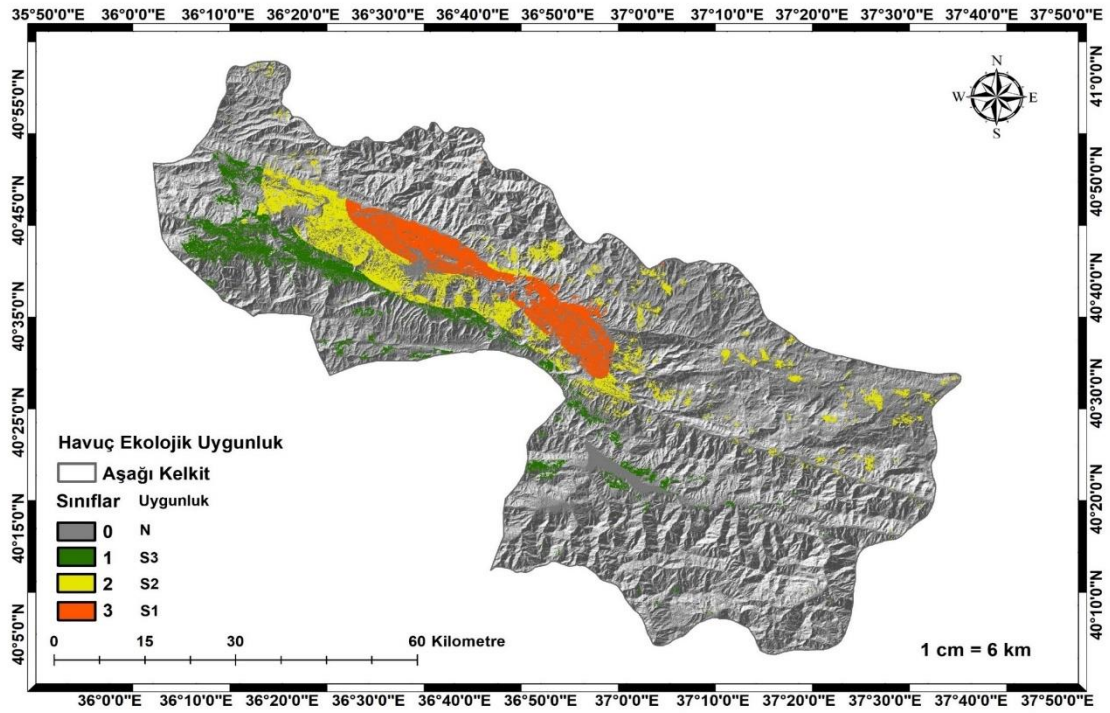
4.8. Havuç Uygunluk Haritaları

Havuç toprak uygunluk haritası havuç bitkisinin Aşağı Kelkit Havzası uygunluk durumunun modellenmesi sürecinde üretilen ilk haritadır. Şekil 4.29’da verilen haritaya göre Aşağı Kelkit Havzası toprakları havuç bitkisi için çoğunlukla orta uygunluk sınıfına (S2) dahil olarak modellenmiştir. S2 uygunluk sınıfına dahil topraklar toplamda 170 181 ha alanda dağılım göstermekle birlikte, yüksek uygunluk sınıfına dahil topraklar 95 920 ha alana sahiptir (Şekil 4.29). Havuç toprak uygunluk modeli ile uygun olmayan toprakların alansal dağılımı da hesaplanmıştır. Buna göre uygunsuz sınıfına (N) dahil topraklar 312 939 ha alana sahiptir.

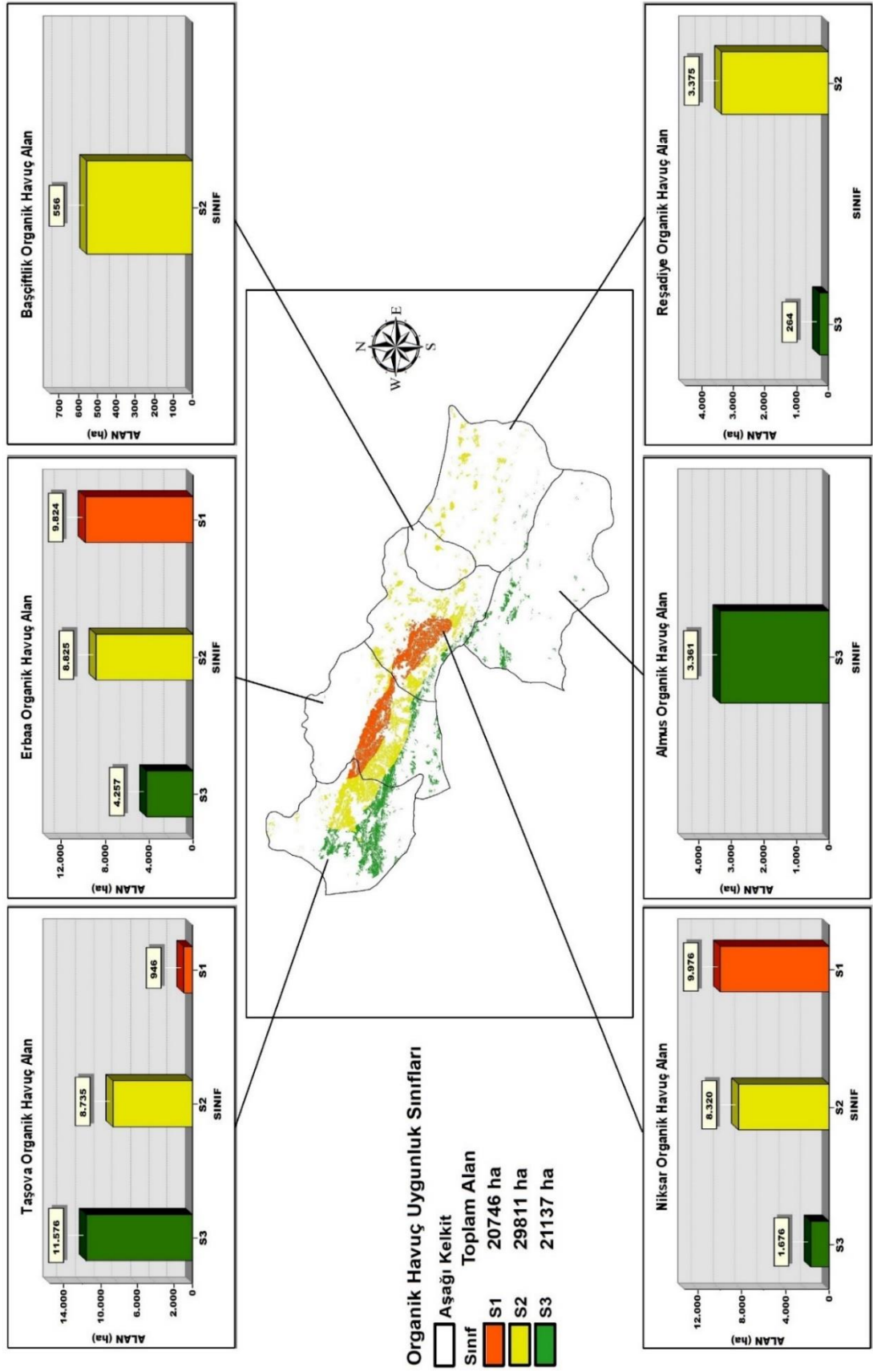


Şekil 4.29. Havuç toprak uygunluk haritası

Havuç toprak uygunluk haritası iklim uygunluk haritası ile koşullu modellenmesi sonucunda, havuç ekolojik haritası üretilmiştir. Bu harita, ESRI tarım arazisi haritasına göre kesilerek hem havza düzeyinde hem de ilçe düzeyinde tarım alanları içinde havuç ekolojik uygunluk sınıflarının alansal dağılımları hesaplanmıştır (Şekil 4.30, Şekil 4.31). Tarım arazileri içinde modellenen uygunluk sınıfları ve toplam alansal dağılımları sırasıyla: S1 20 746 ha, S2 29 811 ha ve S3 21 137 ha'dır (Şekil 4.30). İlçe düzeyinde uygunluk sınıflarının alansal dağılımlarına bakıldığında; üç uygunluk sınıfına dahil alana sahip ilçeler Erbaa, Niksar ve Taşova'dır. Bu üç ilçeden Niksar, havzada, en fazla S1 uygunluk sınıfına sahip ilçedir ve S1 sınıfına dahil tarım arazilerinin toplam alanı 9 976 ha'dır. Almus ve Başçiftlik sadece tek uygunluk sınıfı bulunduran iki ilçedir ve bu sınıflar sırasıyla S3 (3 361 ha), S2 (556 ha) sınıflarıdır (Şekil 4.31).

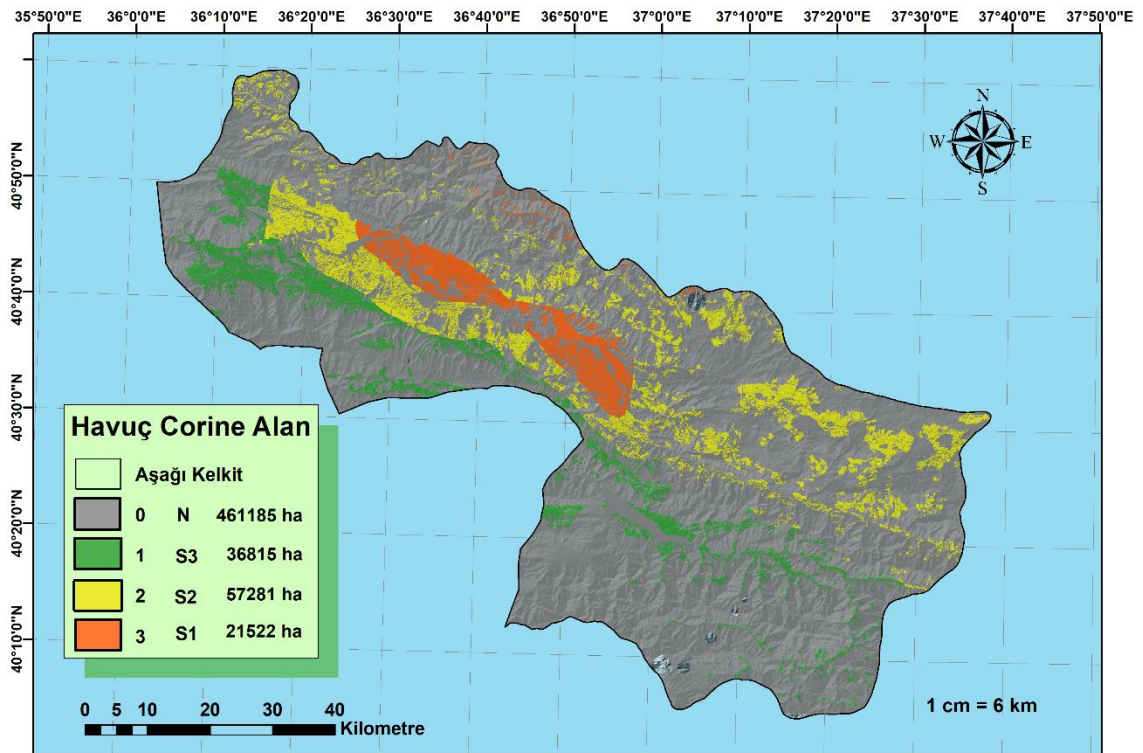


Şekil 4.30. Aşağı Kelkit Havzası havuç ekolojik uygunluk haritası



Şekil 4.31. Havuç ekolojik uygunluk sınıflarının ilçelere göre alansal dağılımları

Havuç ekolojik uygunluk sınıflarının Corine tarım arazilerine göre alansal dağılımları Şekil 54'te verilmiştir. Corine tarım arazi haritası ESRI tarım arazi haritasına dahil olmayan alanları ortaya çıkartarak havzada havuç ekolojik uygunluk durumunu gösteren üç farklı uygunluk sınıfının alansal dağılımlarını arttırmıştır. Buna göre S1 sınıfı araziler 21 522 ha, S2 sınıfı araziler 57 281 ha ve S3 sınıfı araziler 36 815 ha olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.32). S2 sınıfı araziler Reşadiye ilçesi çevresinde artış gösterirken S3 sınıf araziler Almus ilçesinde artmıştır. Hesaplanan uygunluk sınıfı alanlarının ilçelere göre dağılımları Tablo 4.8'de verilmiştir.



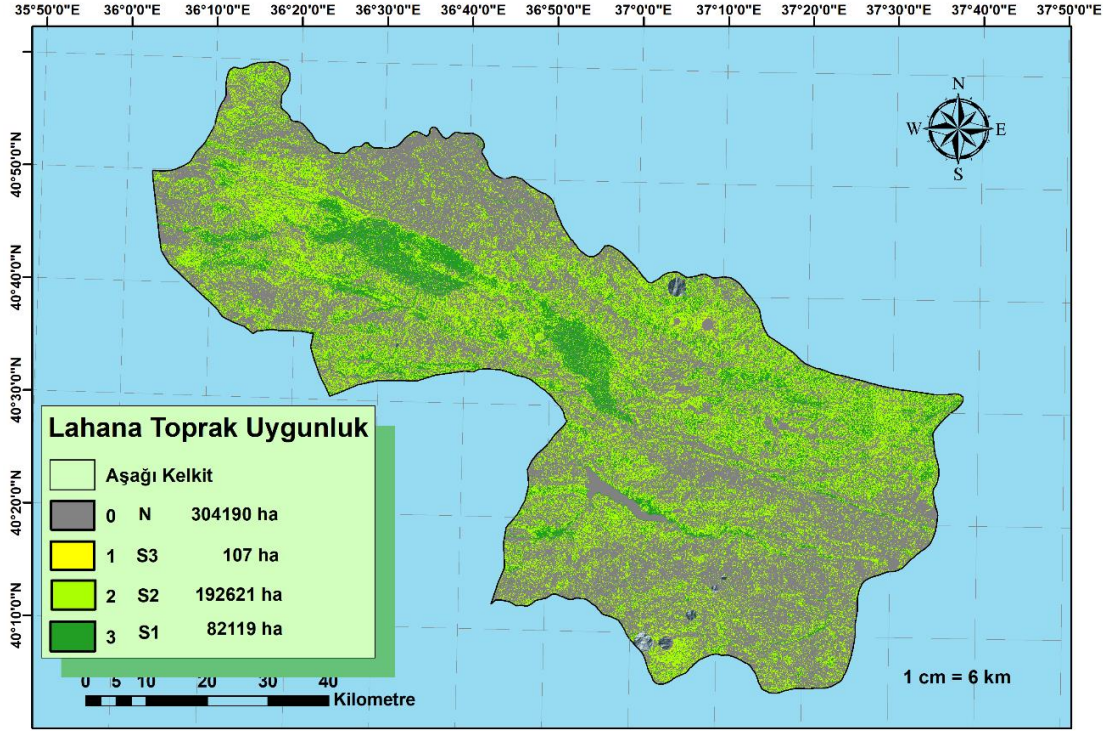
Şekil 4.32. Havuç ekolojik uygunluk sınıflarının Corine arazi kullanım haritasındaki alansal dağılımı

Tablo 4.8. Havuç uygunluk sınıfları Corine alanlarının ilçelere göre dağılımı

Havuç Corine Alanları			
İlçe/Uygunluk	S1 Alan (ha)	S2 Alan (ha)	S3 Alan (ha)
Almus	-	-	10 693
Başçiftlik	-	3633	-
Erbaa	10 510	11 034	6 481
Niksar	10 178	14 721	2 493
Reşadiye	-	16 369	3 021
Taşova	849	11 540	14 232

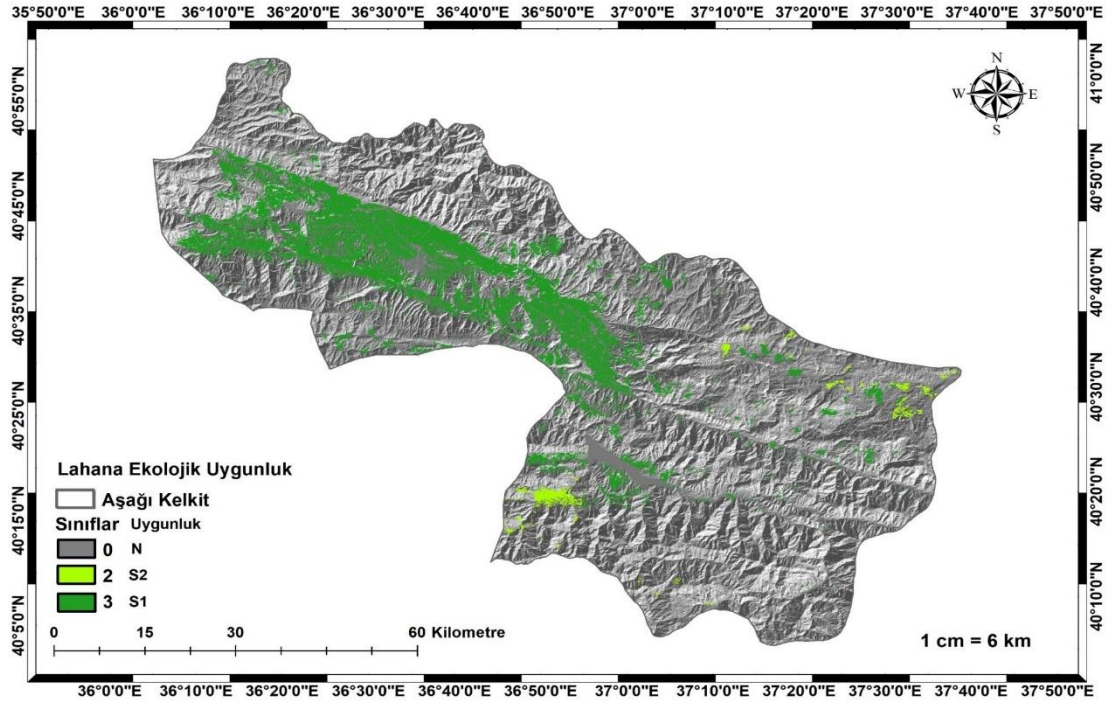
4.9. Lahana Uygunluk Haritaları

Lahana toprak uygunluk haritasına göre Aşağı Kelkit Havzası arazisinde en fazla alansal dağılım gösteren uygunluk sınıfı, 192 621 ha ile orta düzey uygunluk sınıfı (S2) olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.33). Yüksek düzey uygunluk sınıfı S1 82 119 ha olurken düşük uygunluk düzeyine dahil olan topraklar sadece 107 ha olarak hesaplanmıştır. Bununla beraber havza topraklarının 304 190 ha'ı uygunsuz sınıfı olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.33).

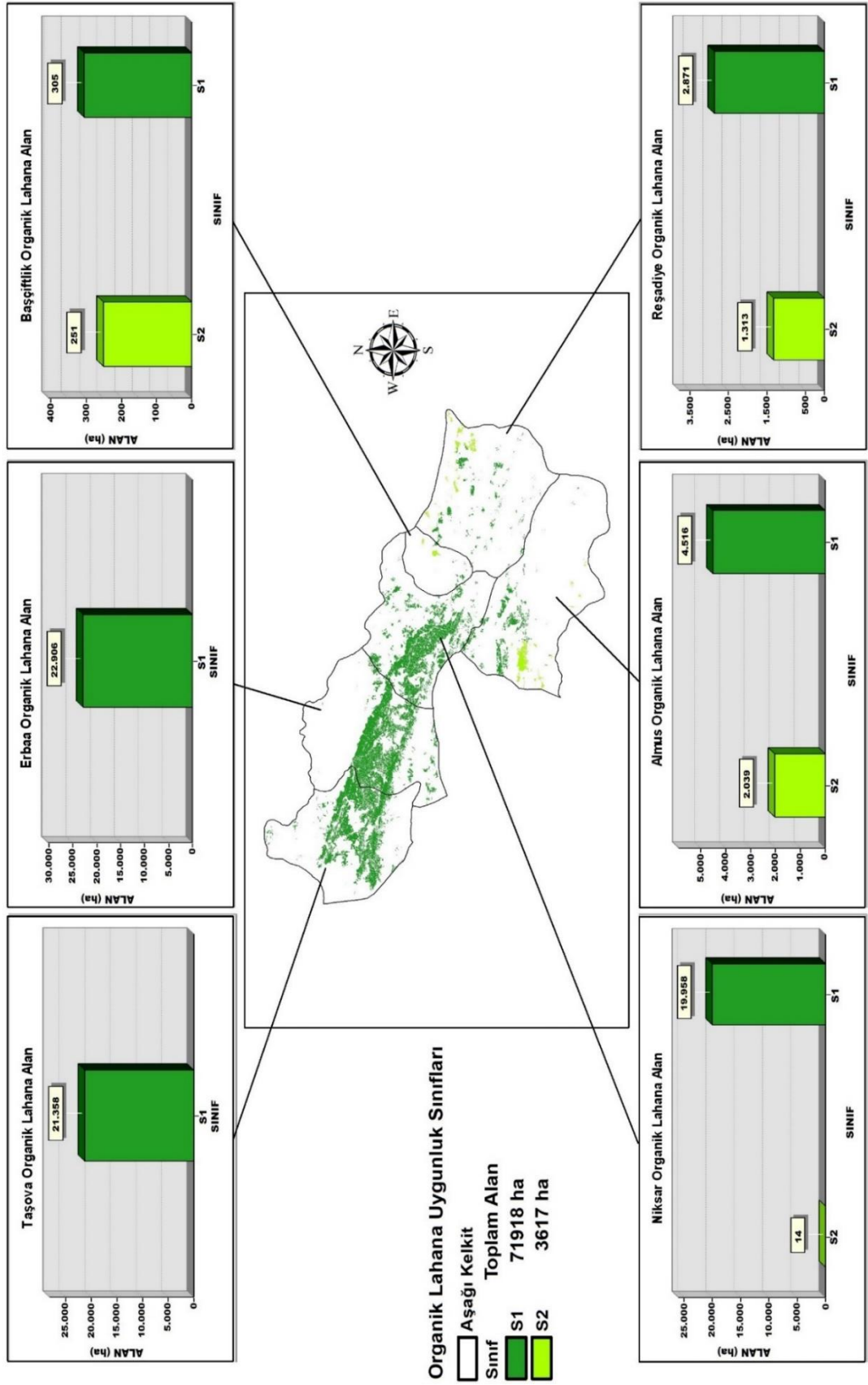


Şekil 4.33. Lahana toprak uygunluk haritası

Lahana toprak ve iklim uygunluk haritaları kullanılarak yapılan modelleme sonucunda lahana ekolojik uygunluk haritası elde edilmiştir ve üretilen harita ESRI tarım arazileri haritasına göre kesilmiştir (Şekil 4.34). Bu işlem sonucunda lahana ekolojik uygunluk sınıflarının Aşağı Kelkit Havzası tarım arazilerindeki alansal dağılımları hesaplanmıştır (Şekil 4.35). Havza tarım arazilerinin yüksek (S1) ve orta (S2) uygunluk sınıfına dahil olarak sırasıyla toplamda S1 71 918 ha ve S2 3 617 ha alan hesaplanmıştır (Şekil 4.35). Yüksek uygunluk sınıfına dahil tarım arazileri tüm ilçelerde dağılım göstermektedir. S1 sınıfı tarım alanlarına sahip ilçeler arasında en fazla alana sahip ilçe Erbaa'dır ve toplamda 22 906 ha alan S1 sınıfıdır (Şekil 4.35). Orta düzey uygunluk sınıfına (S2) dahil tarım arazileri Almus ve Reşadiye ilçelerinde yoğunlaşmışlardır. Alansal olarak Almus 2 039 ha Reşadiye ise 1313 ha S2 sınıfı tarım arazisine sahiptir (Şekil 4.35).

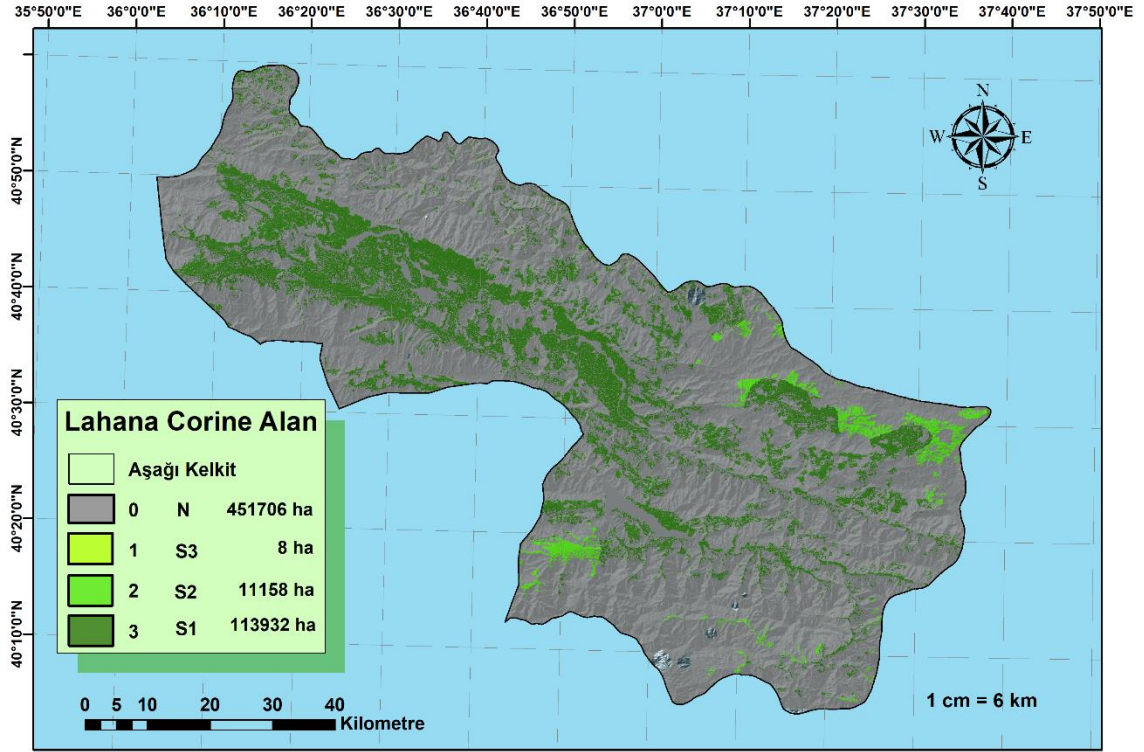


Şekil 4.34. Aşağı Kelkit Havzası lahana ekolojik uygunluk haritası



Şekil 4.35. Lahana ekolojik uygunluk sınıflarının ilçelere göre alansal dağılımları

Lahana ekolojik uygunluk sınıflarının Corine tarım arazilerinde dağılımına baktığımızda S1 sınıfına dahil alanların toplamda 113932 ha, S2 sınıfına dahil arazilerin 11 158 ha alana sahip olduklarını görüyoruz (Şekil 4.36). Hesaplanan uygunluk sınıfı alanlarının ilçelere göre dağılımları Tablo 4.9’da verilmiştir.



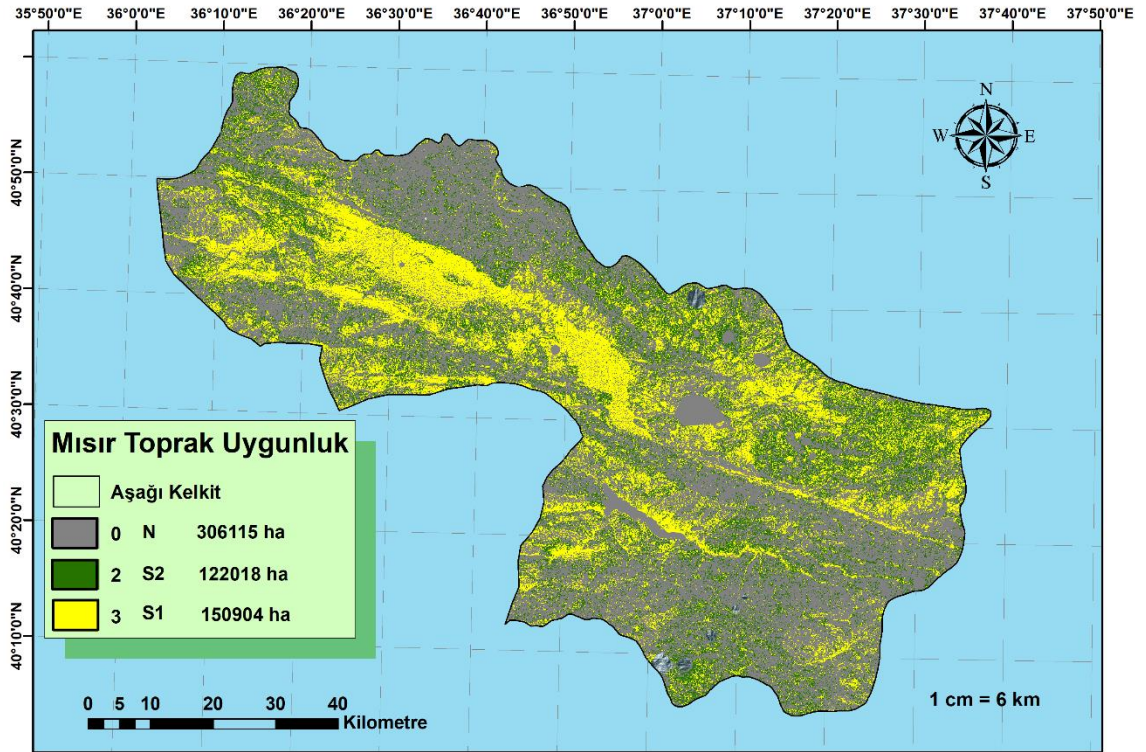
Şekil 4.36. Lahana ekolojik uygunluk sınıflarının Corine arazi kullanım haritasındaki alansal dağılımı

Tablo 4.9. Lahana uygunluk sınıfları Corine alanlarının ilçelere göre dağılımı

Lahana Corine Alanları			
İlçe/Uygunluk	S1 Alan (ha)	S2 Alan (ha)	S3 Alan (ha)
Almus	11 688	3 760	-
Başçıftlık	2 416	1 162	8
Erbaa	28 024	1	-
Niksar	27 059	332	-
Reşadiye	18 068	5 893	-
Taşova	2 6817	9	-

4.10. Mısır Uygunluk Haritaları

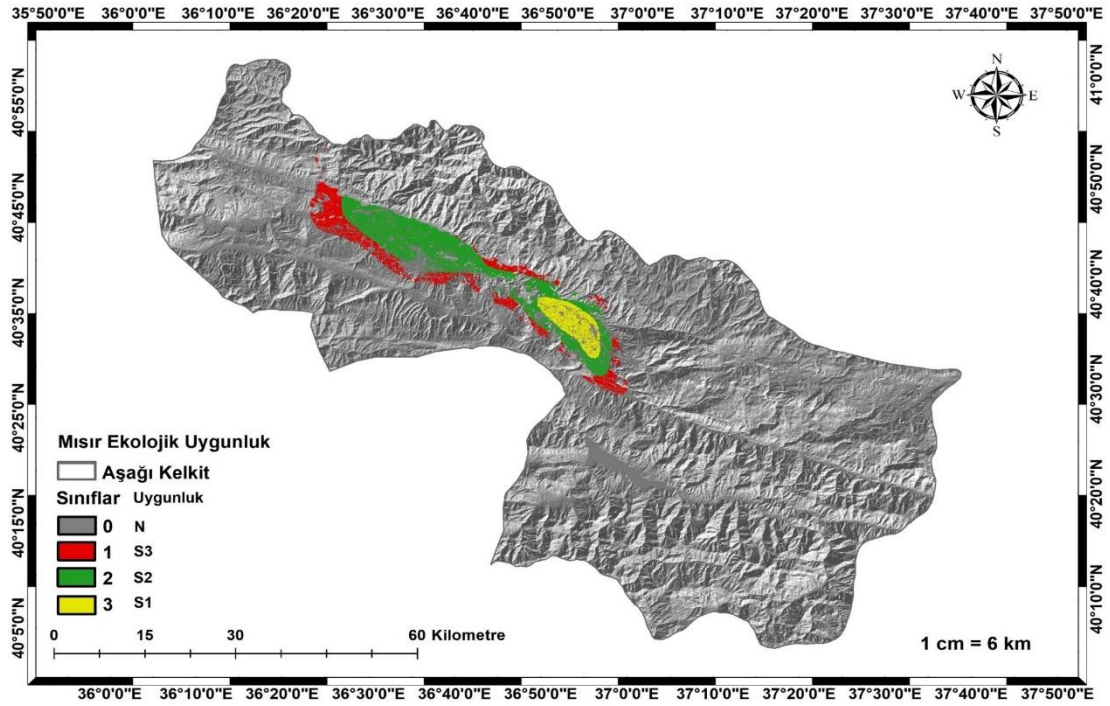
Toprak değişkenlerinin AHP analizi ile hesaplanan ağırlık değerlerinden oluşturulan mısır bitkisi toprak uygunluk haritasına göre; Aşağı Kelkit Havzası topraklarında 150 904 ha alan yüksek uygunluk (S1), 122 018 ha alan ise orta uygunluk (S2) sınıfına dahildir (Şekil 4.37). Ayrıca, toplamda 306 115 ha alanın toprakları uygunsuz (N) sınıfa dahil olarak hesaplanmıştır.



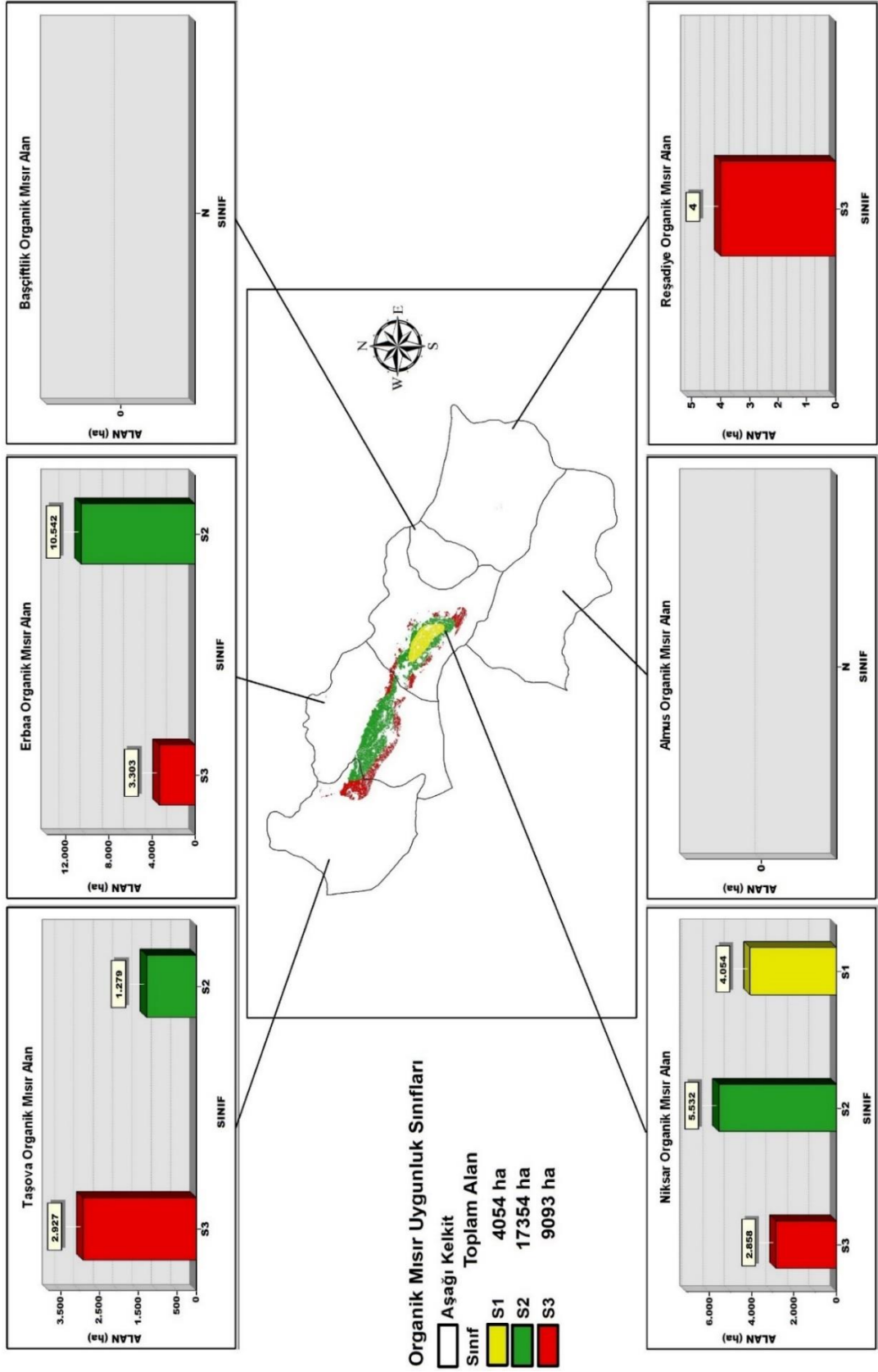
Şekil 4.37. Mısır toprak uygunluk haritası

Mısır toprak uygunluk ve mısır iklimsel uygunluk haritalarının koşullu birleştirilmesiyle üretilen ve ESRI tarım arazi alanlarına göre dağılımı modellenen Aşağı Kelkit Havzası mısır ekolojik uygunluk haritası Şekil 4.38’de verilmiştir. Üretilen bu ekoloji haritasına göre havza tarım arazilerinde mısır uygunluğu üç sınıf olarak modellenmiş olsa da dağılım alanı bakımından sınırlıdır. Yüksek uygunluk sınıfına dahil tarım arazileri sadece havzanın orta kesimlerinde tespit edilmiştir. Mısır ekolojik uygunluğunun ilçe düzeyinde alansal dağılımları hesaplanmıştır ve haritalandırılmıştır (Şekil 4.39). Buna göre havza sınırlarındaki ilçelerden sadece Niksar’da mısırın yüksek ekolojik uygunluk gösteren alanlar hesaplanmıştır ve bu alanlar toplamda 4 054 ha’dır.

Orta uygunluk sınıfına (S2) dahil olan tarım arazileri toplamda 17 354 ha olarak hesaplanmakla birlikte bu alanların büyük bölümünü oluşturan 10 542 ha alan Erbaa ilçesinde bulunmaktadır (Şekil 62). Havzada, Almus ve Başçiftlik olmak üzere iki ilçede hiçbir uygunluk sınıfı tespit edilememiştir. Bununla beraber Reşadiye ilçesinde de sadece 4 ha'lık bir alan düşük uygunluk sınıfına (S3) dahil olarak hesaplanmıştır.

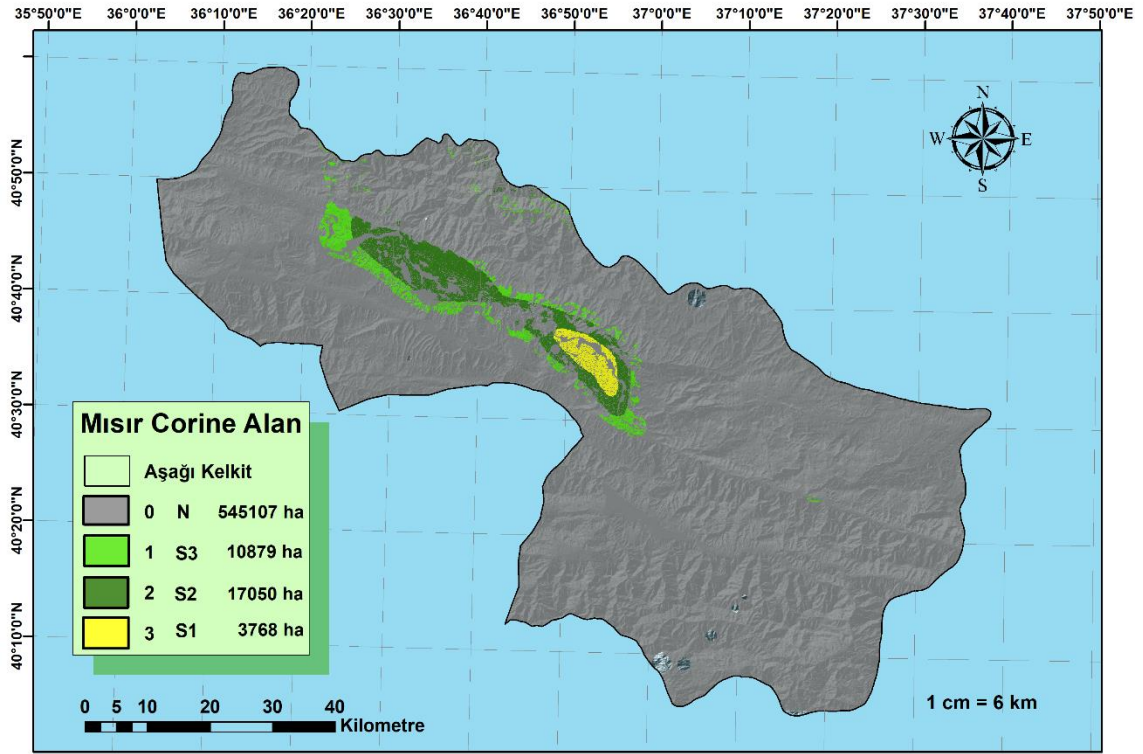


Şekil 4.38. Aşağı Kelkit Havzası mısır ekolojik uygunluk haritası



Şekil 4.39. Mısır ekolojik uygunluk sınıflarının ilçelere göre alansal dağılımları

Mısır ekolojik uygunluğunun Corine tarım arazilerindeki alansal dağılımları Şekil 4.40’da verilmiştir. Buna göre yüksek uygunluğa dahil alanlar 3 768 ha, orta uygunluğa dahil alanlar 17 060 ha ve düşük uygunluğa dahil alanlar 10 879 ha olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan uygunluk sınıfı alanlarının ilçelere göre dağılımları Tablo 4.10’da verilmiştir.



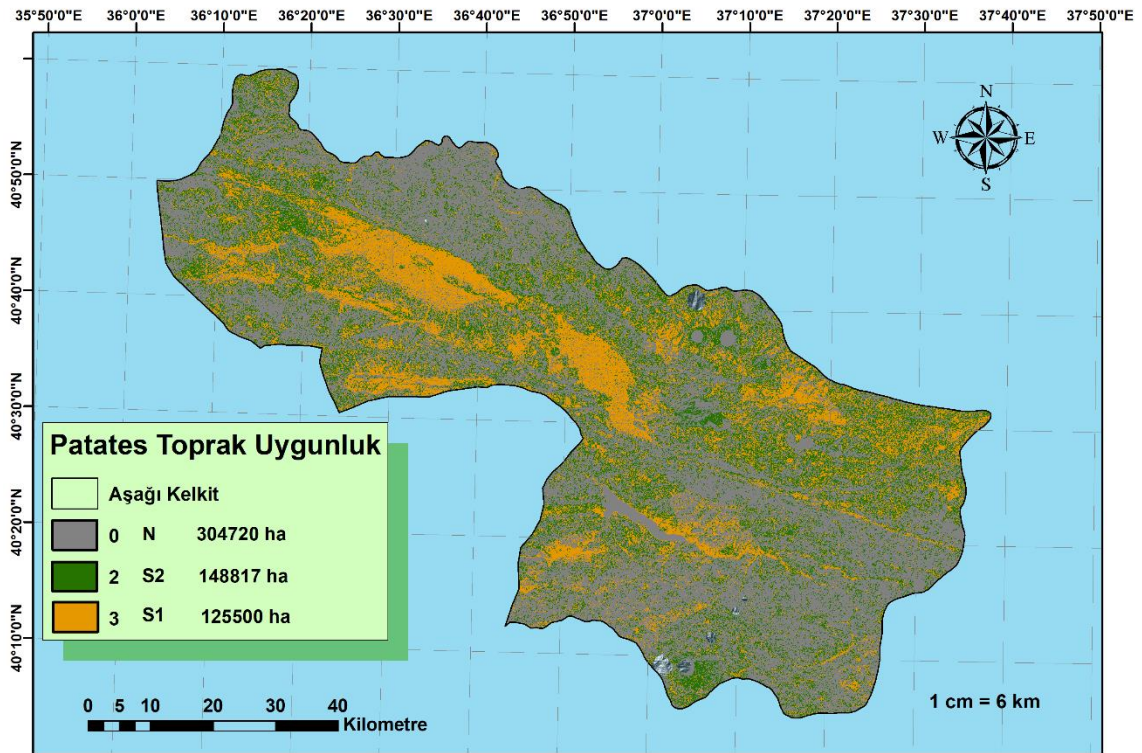
Şekil 4.40. Mısır ekolojik uygunluk sınıflarının Corine arazi kullanım haritasındaki alansal dağılımı

Tablo 4.10. Mısır uygunluk sınıfları Corine alanlarının ilçelere göre dağılımı

Mısır Corine Alanları			
İlçe/Uygunluk	S1 Alan (ha)	S2 Alan (ha)	S3 Alan (ha)
Almus	-	-	-
Başçıftlık	-	-	-
Erbaa	-	10 325	4 504
Niksar	3 768	5 650	3 362
Reşadiye	-	-	65
Taşova	-	1 093	2 976

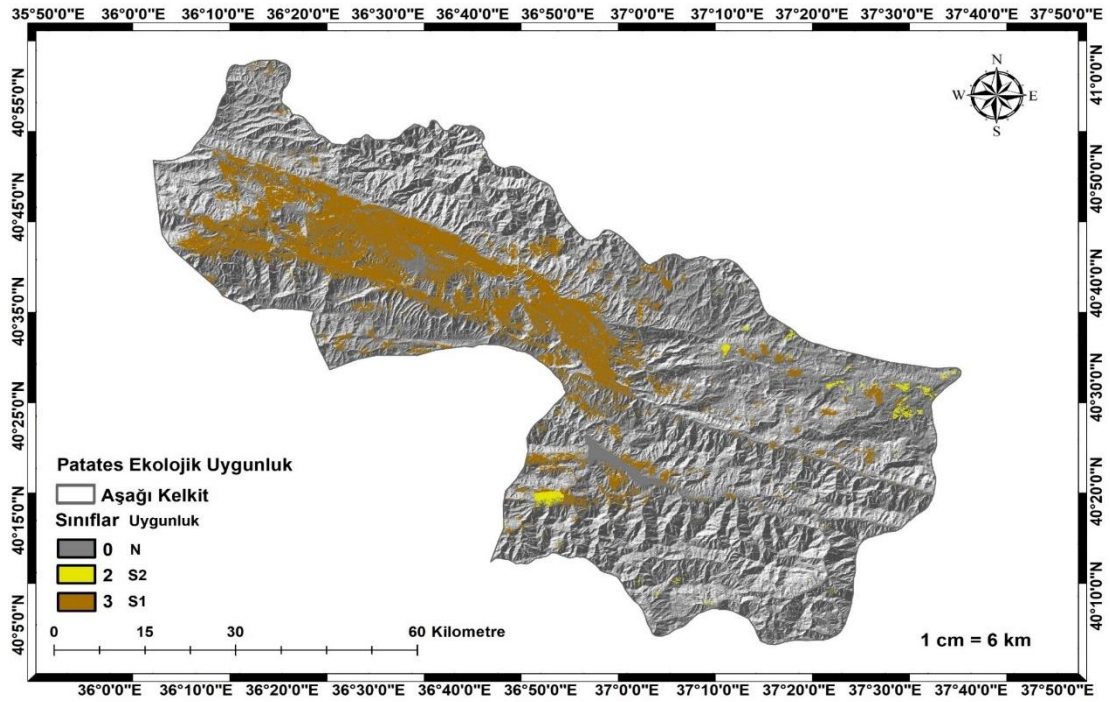
4.11. Patates Uygunluk Haritaları

Aşağı Kelkit Havzası'nda patates uygunluğunun modellenmesi için üretilen patates toprak uygunluk haritası Şekil 4.41'de verilmiştir. AHP analizi ile toprak değişkenlerinin ağırlıklarının hesaplanması sonucunda havza topraklarında patatesin yüksek (S1) ve orta (S2) uygunluk sınıflarına dahil olduğu belirlenmiştir. Bu uygunluk sınıflarının alansal dağılım olarak sırasıyla S1 125 500 ha ve S2 148 817 ha oldukları hesaplanmıştır. Havza topraklarının 304 720 ha bölümü ise uygunsuz sınıfına dahil olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.41).

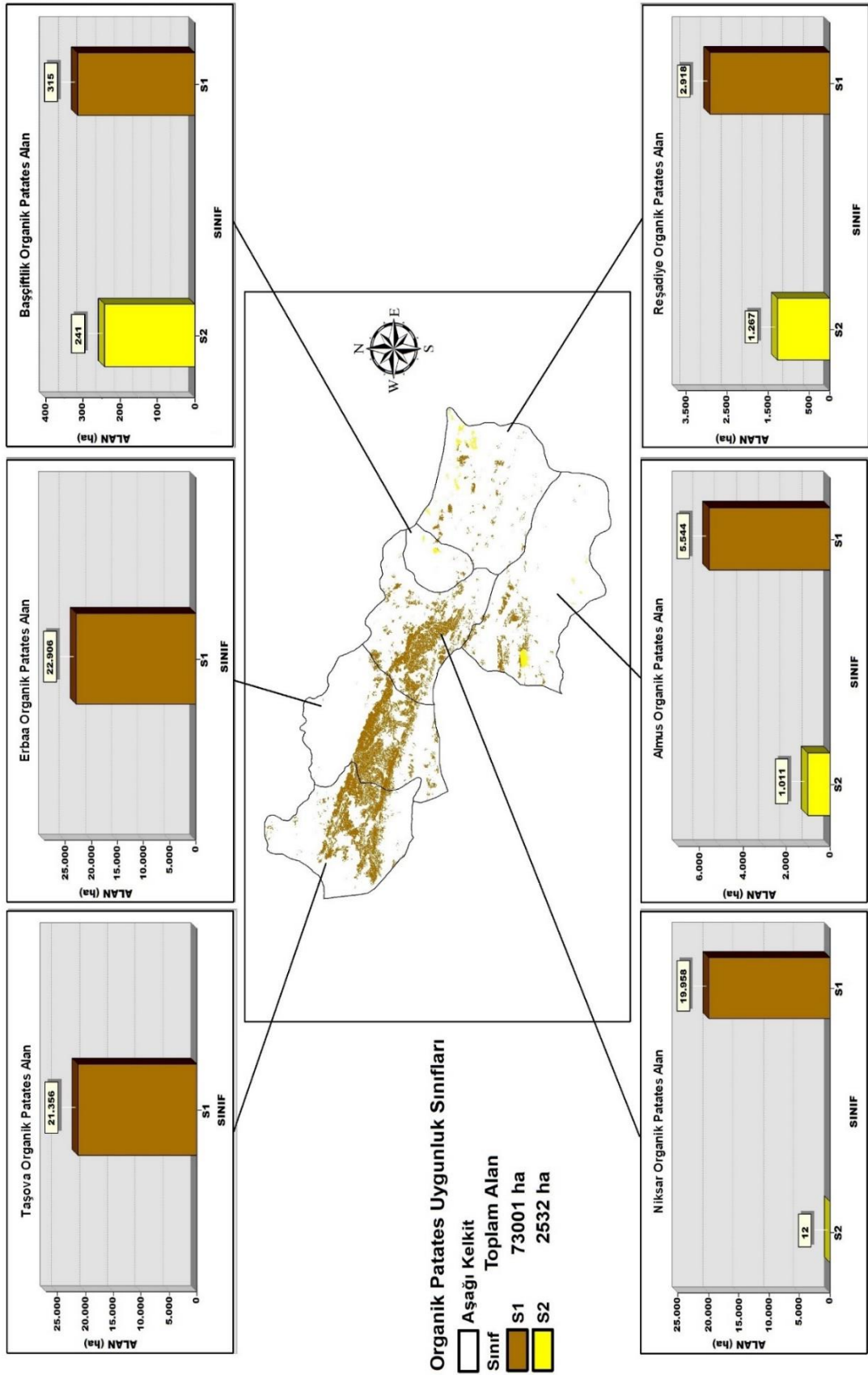


Şekil 4.41. Patates toprak uygunluk haritası

Aşağı Kelkit Havzası'nın patates uygunluğu modellenmesinin ikinci adımında toprak ve iklimsel uygunluk haritaları kullanılarak patatesin ekolojik uygunluğu hesaplanmıştır. Hesaplama sonucunda üretilen patates ekolojik uygunluk haritası ESRI tarım arazileri haritasına göre düzenlendikten sonra; havza tarım arazilerinde patates ekolojik uygunluk sınıflarının alansal olarak dağılımları hesaplanmıştır (Şekil 4.42, Şekil 4.43). Buna göre havzada 73 001 ha arazi S1 uygunluk sınıfına, 2 532 ha arazi ise S2 uygunluk sınıfına dahil olmuştur (Şekil 4.43). Bu alanların havza ilçeleri tarım arazilerindeki dağılımları da hesaplanmıştır. Buna göre Erbaa, Niksar ve Taşova sırasıyla 22 906 ha, 19 958 ha ve 21 356 ha ile en fazla S1 sınıfı alana sahip olan üç ilçedir. Tüm ilçelerde S1 uygunluk sınıfına dahil araziler bulunmakla birlikte Reşadiye ilçesi en fazla 1 267 ha ile S2 sınıfı araziye sahip ilçedir (Şekil 4.43).

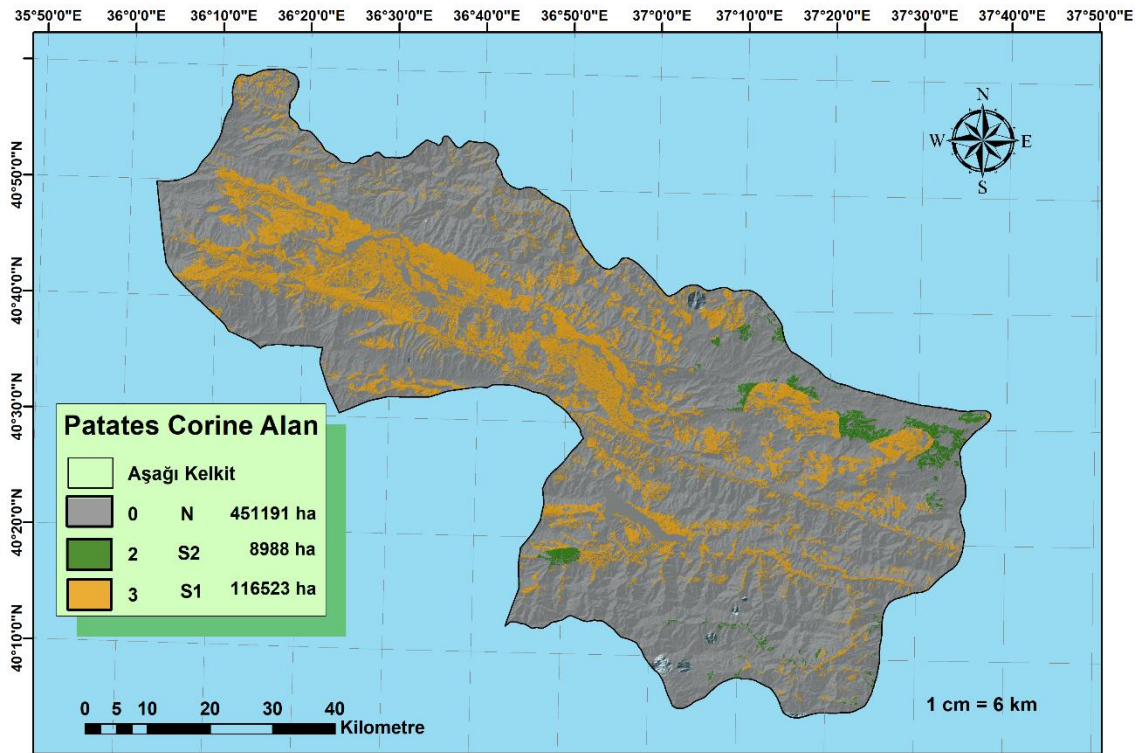


Şekil 4.42. Aşağı Kelkit Havzası patates ekolojik uygunluk haritası



Şekil 4.43. Patates ekolojik uygunluk sınıflarının ilçelere göre alansal dağılımları

Patates ekolojik uygunluğunun Corine tarım arazileri haritasında hesaplanan alansal dağılımlarına göre ESRI arazi haritasından daha fazla alana dair uygunluk sınıfı verisi elde edilmiştir. Şekil 4.44'te verilen haritaya göre S1 sınıfına giren tarım arazilerinin toplam alanı 116 523 ha ve S2 sınıfına giren tarım arazilerinin toplam alanı 8 988 ha olmuştur. Corine arazi haritası Almus ve Reşadiye ilçelerinde daha fazla S1 sınıfı tarım arazisi olduğunu göstermiştir (Şekil 4.44). Hesaplanan uygunluk sınıfı alanlarının ilçelere göre dağılımları Tablo 4.11'de verilmiştir.



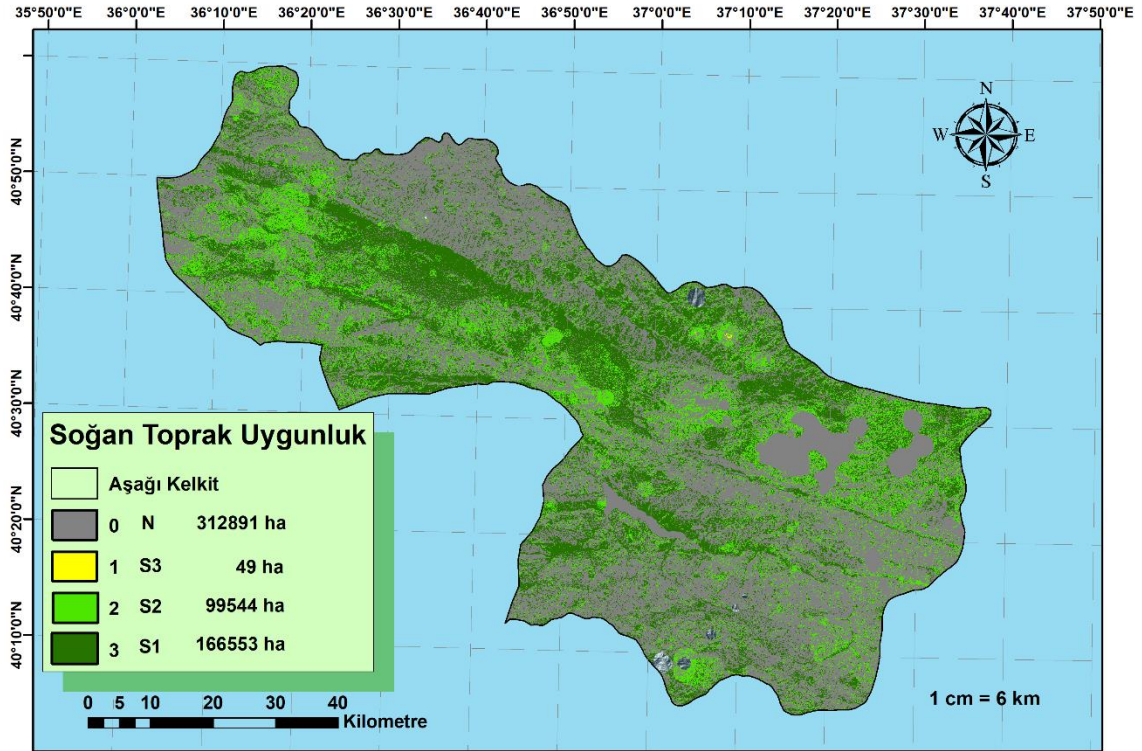
Şekil 4.44. Patates ekolojik uygunluk sınıflarının Corine arazi kullanım haritasındaki alansal dağılımı

Tablo 4.11. Patates uygunluk sınıfları Corine alanlarının ilçelere göre dağılımı

Patates Corine Alanları			
İlçe/Uygunluk	S1 Alan (ha)	S2 Alan (ha)	S3 Alan (ha)
Almus	13 458	1 963	-
Başçıftlık	2 569	1 060	-
Erbaa	28 079	-	-
Niksar	27 347	300	-
Reşadiye	18 312	5 666	-
Taşova	26 893	-	-

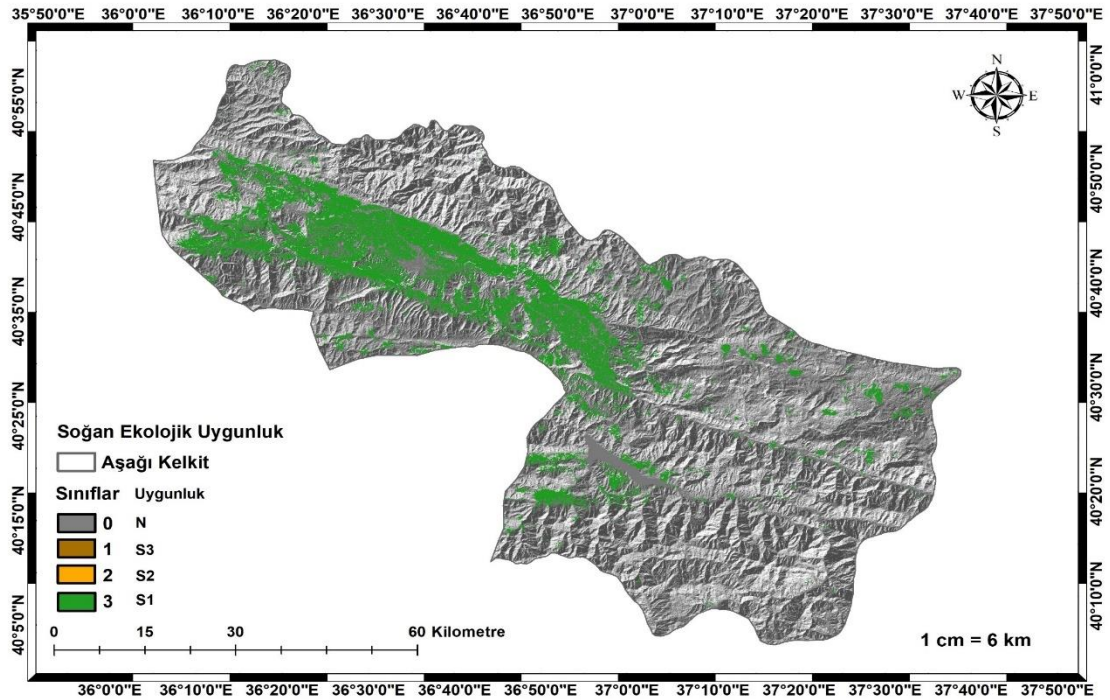
4.12. Soğan Uygunluk Haritaları

AHP analizinde hesaplanan toprak değişimleri ağırlık verileri kullanılarak üretilen soğan toprak uygunluk haritasına göre; Aşağı Kelkit Havzası'nda toprakların 166 553 ha yüksek uygunluk (S1), 99 544 ha orta uygunluk (S2) ve 49 ha düşük uygunluk (S3) sınıfına dahil olduğu hesaplanmıştır (Şekil 4.45). Uygunsuz (N) sınıfına giren toprakların toplam alanı ise 312 891 ha'dır.

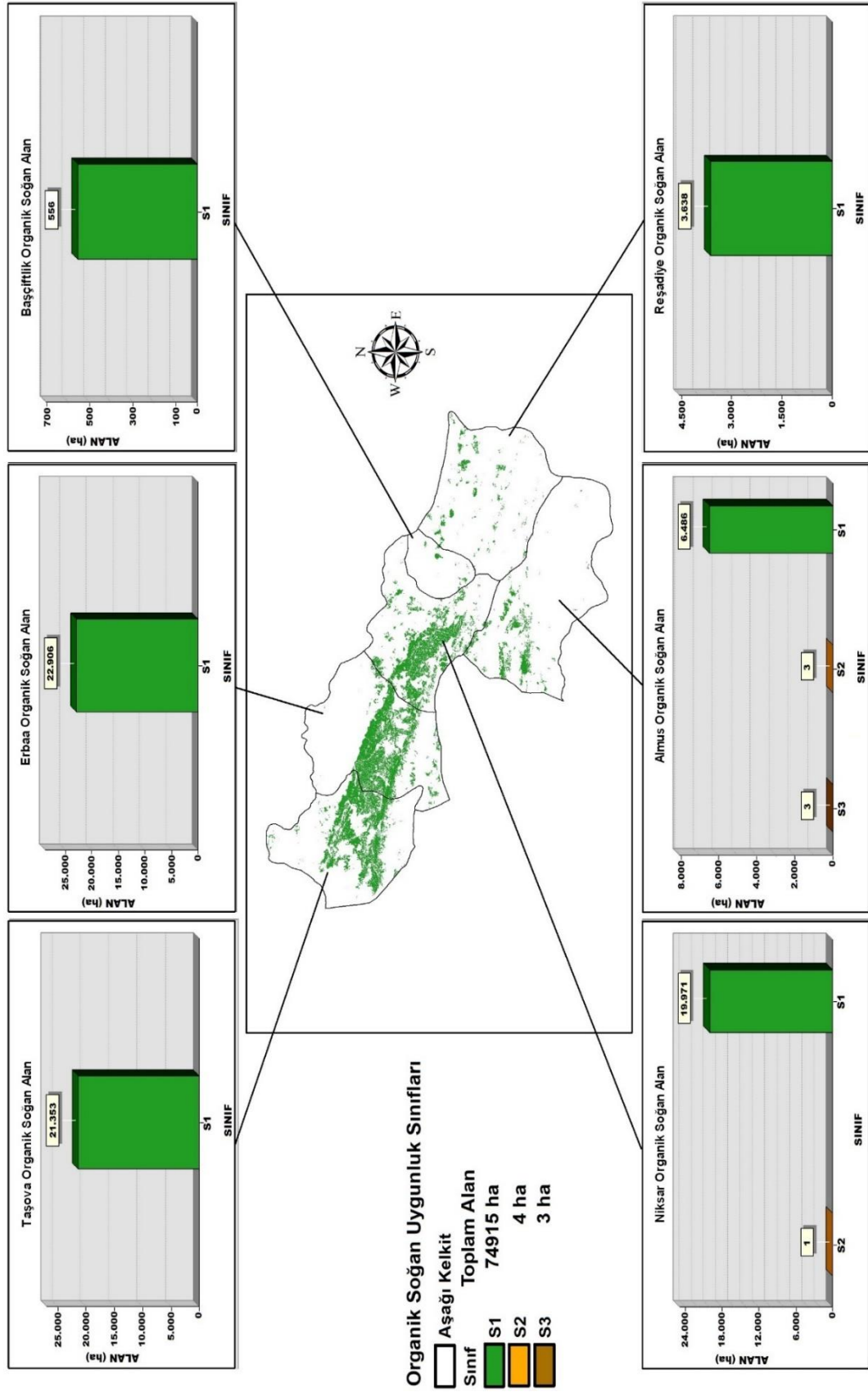


Şekil 4.45. Soğan toprak uygunluk haritası

Aşağı Kelkit Havzası soğan ekolojik uygunluk haritası Şekil 4.46’da verilmiştir. Toprak ve iklimsel uygunluk haritalarından üretilen soğan ekolojik uygunluk haritası ESRI arazi kullanım verilerinden elde edilen tarım arazisi haritasına göre düzenlenerek, uygunluk sınıflarının alansal dağılımlarının hesaplanmasında kullanılmıştır. Buna göre ekolojik uygunluk bakımından soğan Aşağı Kelkit Havzası tarım arazilerinin tamamında yüksek uygunluk sınıfına dahil olmuştur. S1 sınıfı tarım arazilerinin toplam yüz ölçümü 74 915 ha olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.47). Alan hesaplaması sonucu S2 ve S3 uygunluk sınıflarına dahil olan alanlar da hesaplanmış olsa da yüz ölçümü olarak düşük alanlardır (S2 4 ha, S3 3 ha). İlçe düzeyinde S1 uygunluk sınıfı tüm ilçelerdeki tarım arazilerinde dağılım göstermektedir (Şekil 4.47). S1 sınıfı arazi yüz ölçümü en fazla olan ilçe 22 906 ha ile Erbaa’dır.

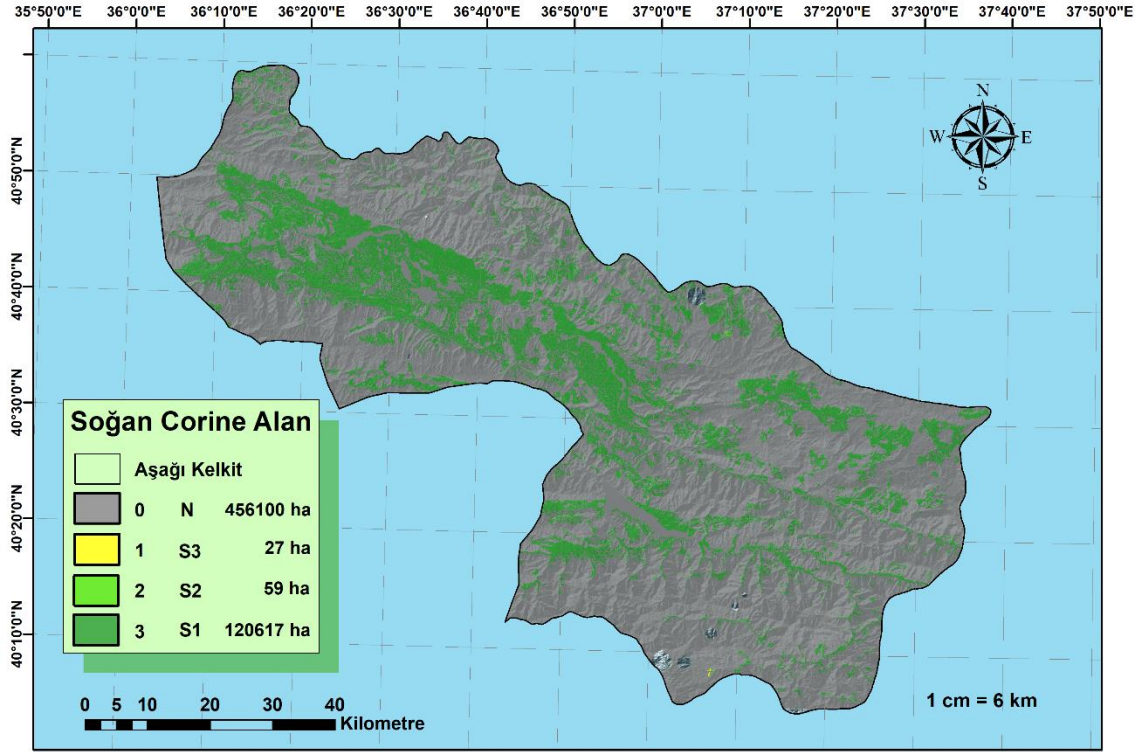


Şekil 4.46. Aşağı Kelkit Havzası soğan ekolojik uygunluk haritası



Şekil 4.47. Soğan ekolojik uygunluk sınıflarının ilçelere göre alansal dağılımları

Soğan ekolojik uygunluk sınıflarının Corine arazi kullanım verilerinden üretilen tarım arazileri haritasındaki alansal dağılımlarına baktığımızda, yüksek uygunluk sınıfına dahil tarım arazilerinin yüz ölçümlerinde artış olduğu hesaplanmıştır. Buna göre S1 sınıfı arazilerin toplam yüz ölçümü 120 617 ha olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.48). Hesaplanan uygunluk sınıfı alanlarının ilçelere göre dağılımları Tablo 4.12’de verilmiştir.



Şekil 4.48. Soğan ekolojik uygunluk sınıflarının Corine arazi kullanım haritasındaki alansal dağılımı

Tablo 4.12. Soğan uygunluk sınıfları Corine alanlarının ilçelere göre dağılımı

Soğan Corine Alanları			
İlçe/Uygunluk	S1 Alan (ha)	S2 Alan (ha)	S3 Alan (ha)
Almus	15 434	26	27
Başçiftlik	3 635	32	-
Erbaa	28 025		-
Niksar	27 391	1	-
Reşadiye	19 390	-	-
Taşova	26 881	-	-

Çalışma sonucunda on iki farklı kültür bitkisinin Aşağı Kelkit Havzası'ndaki ekolojik uygunluk durumları FAO uygunluk sınıfları düzeyinde tespit edilmiş, haritalandırılmış ve bu uygunluk sınıflarının alan olarak dağılımı hem havza hem de ilçeler için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Üretilen model haritaları havzanın hem genel hem ilçe düzeyinde tarımsal potansiyelini ortaya koymaktadır. Bu durum resmi rakamlara yansıyan gerçek üretim verileriyle de uyumludur. Örneğin, Erbaa ve Niksar ilçeleri seçilen kültür bitkilerinin tamamına yakını için yüksek ekolojik uygunluk sınıfına (S1) dahil arazilere sahip olarak modellenmiştir. Tarım ve Orman Bakanlığı resmi verilerine göre her iki ilçe hem ürün çeşitliliği hem de verim bakımından ön plandadır (Tablo 4.13).

Tablo 4.13. Niksar Erbaa Almus Reşadiye İlçeleri Tarımsal Ürün ve Verim Durumu (Anonim, 2021)

Ürün/İlçe	Erbaa	Niksar	Almus	Reşadiye
Arpa	152 kg/da	194 kg/da	131 kg/da	148 kg/da
Ayçiçeği	287 kg/da	320 kg/da	-	-
Domates (Sofra)	7 731 kg/da	5 196 kg/da	2 000 kg/da	1 521 kg/da
Biber (Sivri)	6 000 kg/da	3 500 kg/da	1 000 kg/da	750 kg/da
Mısır (Tane)	560 kg/da	800 kg/da	319 kg/da	708 kg/da
Patates	2 832 kg/da	2 832 kg/da	2 360 kg/da	878 kg/da

Çalışmada üretilen haritaların gerçek üretim verileriyle uyumlu olması geliştirilen modelin başarılı bir şekilde çalıştığını göstermektedir. Modelin başarılı bir şekilde çalışması organik tarım ile üretim planlanması açısından da önemlidir. Çünkü organik tarım ile üretimde, verimli üretimin anahtarı olan girdiler yasak olduğundan, verim düşüktür. Bu nedenle organik tarım ile üretim yapılacak araziler seçilirken ayrı bir bitki stres faktörünün ortaya çıkma ihtimalini azaltan, ekolojik uygunluk açısından iyi durumda olan arazilerin seçilmesi önemli avantajlar yaratacaktır. Bu avantajlardan organik tarım gibi düşük/yetersiz girdili yöntemler için en önemlisi münavebenin etkin şekilde kullanılmasıdır. Özellikle düşük/yetersiz girdili üretimde baklagiller ile yapılan münavebede verim artışı olduğu güncel bir meta-analiz çalışmasıyla ortaya konmuştur (Zhao ve ark., 2022). Bu tez çalışmasında geliştirilen model ile farklı kültür bitkileri için yüksek uygunluk sınıfına giren arazilere sahip ilçelerin organik tarım ile üretim planlamasında kolaylık sağlayabilecektir.

Çalışmada geliştirilen uygunluk modelinin organik tarım ile üretim planlanmasında önemli katkı sağlayacağı bir diğer özelliği de kültür bitkisi ekolojik uygunluk sınıfları alan dağılımlarının Corine arazi kullanım haritasına göre hesaplanmasıdır. ESRI tarım arazileri haritasından farklı olarak, Corine tarım arazisi haritasında tek yıllık bitki yetiştirilen araziler dışında karışık tarımsal alanlar verisine sahip olmasıdır. Bu veriler arasında özellikle doğal bitki örtüsü ile birlikte bulunan tarım alanları ve ormanla karışık tarım alanları organik tarım için önemlidir. Çünkü; organik tarıma başlamak isteyen bir üretici için ilk önemli engel geçiş süreci uygulamasıdır. Geçiş sürecine alınan üretici ve arazi her ne kadar organik tarım istatistiklerine dahil edilerek açıklansa da yönetmelik gereği organik sertifikaları bulunmamakla birlikte yetiştirilen ürünler de organik ürün olarak piyasaya sürülememektedir. Bu durum, üreticiyi organik tarıma yönlendiren birincil motivasyon kaynağı olan üründen yüksek gelir elde etme (Karabaş ve Gürler, 2011) süresini uzattığı gibi üretimin maliyetini de arttırmaktadır. Geçiş süreci süresinin Corine karışık tarım arazilerindeki uygunluk durumunun kültür bitkisi ekolojik uygunluk modeli ile tespit edilerek kısaltılmasında kullanılabilir.

Uygunluk modelinin organik tarım açısından işlevsel bir diğer özelliği de üretim sürecinin izlenebilirliğini, denetimi ve kontrolünü kolaylaştırabilecek yapıda olmasıdır. Çünkü model ile üretilen her harita konum bilgisi içeren sayısal bir veri tabanına sahiptir. Bu sayısal veri tabanları yeni bilgiler eklenmesine olanak tanımaktadır. Örneğin, buğday uygunluk haritası veri tabanına, üretici parsel kaydı, verim bilgileri ve geçiş süreci durumu gibi bilgilerin girildiği, düzenli kayıtların tutulduğu tek bir sistem oluşturulabilir. Böylece, organik tarım istatistik verilerinde görülen eksiklikler, tutarsızlıklar ve hatalar giderilebilir.

Çalışmada geliştirilen modelin veri tabanı düzenlenebilir olduğu gibi modelin kendisi de düzenlenebilir bir yapıya sahiptir. Bu düzenlenebilir yapısından dolayı modele farklı bir değişken eklenerek işlevselliği arttırılabilir ya da model kendi başına çalışabilir bir program olarak tasarlanabilir. Bunun çalışma ve literatür açısından katkısı önemlidir. Çünkü yapılan benzer çalışmalarda kültür bitkisi uygunluğu belirlenirken toprak derinliği, taşlılık, toprak bitki besin elementi durumu gibi bu çalışmada kullanılmayan birçok değişken değerlendirilmiştir (Dedeoğlu ve Dengiz, 2019; Tashayo ve ark., 2020; Zhang ve ark., 2015). Benzer şekilde tarımsal üretim ve toprak sağlığı açısından çok önemli olan sulama (Troy ve ark., 2015) olanaklarına dair veriler de çalışmaya dahil

edilememiştir. Ancak bu durum geliştirilen model açısından bir dezavantaj yaratmamaktadır. Modelin düzenlenebilir yapısı sonradan elde edilecek farklı verilerin eklenmesine ve analiz edilmesine olanak sağlamaktadır.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Tarım, günümüz şartlarında, sadece stratejik bir sektör değil, milli güvenlik unsurlarından birisi haline gelen stratejik bir sektördür. Bu nedenle tarımsal üretimde kullanılacak kaynakların doğru yönetilmesi ve planlanması elzemdir. Kaynak yönetimi ve planlaması tarımda çok sayıda farklı bileşenin bir arada değerlendirilmesini gerektiren karmaşık bir süreçtir. Tez çalışması kapsamında bu karmaşık süreci kolaylaştırmak amacıyla farklı işlevlere sahip heterojen verileri değerlendirecek bir model geliştirilmiştir. Bu model ile Aşağı Kelkit Havzasının kültür bitkisi düzeyinde ekolojik uygunluk durumu hesaplanmış, sınıflandırılmış ve haritalandırılmıştır. Çalışma kapsamında elde edilen ekolojik uygunluk haritaları havzanın organik tarım ile bitkisel üretim planlanması açısından yorumlanarak güçlü ve zayıf yönleri ortaya konmuştur. Buna göre; havza sınırlarında bulunan ilçeler arasında Erbaa, Niksar ve Taşova organik tarımla üretime geçiş açısından uygun bölgeler olarak değerlendirilebilecek arazilere sahiptirler.

Ancak, farklı bitkiler için yüksek uygunluğa sınıfına giren arazilerin bulunması, bu üç ilçede geniş kapsamlı organik tarım ile üretime geçiş için yeterli olmayabilir. Çünkü ister organik tarım yöntemleri olsun ister modern tarım, ekolojik uygunluk dışında bir bölgenin tarımsal potansiyelini değerlendirmek için farklı özelliklerinde iyi analiz edilmesi gerekir. Özellikle organik tarım açısından girdi yetersizliği önemli bir konudur. Organik tarımda mineral gübreler kullanılmadığından bölgeye yeteri kadar organik gübre sağlayacak kaynaklara ulaşımın da değerlendirilmesi gerekmektedir. Ayrıca organik tarıma geçiş yapmış üreticilerin pazara ulaşımı bir diğer önemli konudur. Bu konu hakkında ekonomik değerlendirmelerin yapılması da gerekmektedir.

Türkiye organik tarım ile üretim konusunda farklı ürünlerde önde gelen ülkelerden olmasına ve organik sertifikalı ürün piyasası en büyük olan ülkelerle ticaret yapmasına karşın ihracat ve ithalat değerleri arasında büyük fark bulunmaktadır. Özellikle organik tarımda kullanılan girdilerin ithal olmasının da bu farkta payının olduğu düşünülmektedir. Bu durumun ülke lehine çevrilmesi önemlidir. Bunun için organik tarım piyasasında ekonomik değeri yüksek olan ürünlere yönelmek etkili bir strateji olabilir.

Özellikle dünya organik ürün piyasasında en büyük paya sahip ABD'yi incelediğimizde, en fazla tercih edilen organik ürünler taze meyve ve sebze ürünleridir (Anonim, 2022b). Bu çalışma kapsamında sadece tek yıllık kültür bitkileri için uygunluk belirlenmiştir. Organik tarım sertifikalı meyve ürünleri önemli miktarda ihracat geliri sağlama potansiyeli olan ürünlerdir. Bu nedenle Aşağı Kelkit Havzası için meyve üretimine uygunluk için bir model geliştirilmesi benzer çalışmaları yapacak araştırmacılar için fikir verebilir.



6. KAYNAKLAR

- Akıncı, H., Özalp, A. Y. ve Turgut, B. (2013). Agricultural land use suitability analysis using GIS and AHP technique. *Computers and Electronics in Agriculture*, 97, 71–82. doi:10.1016/j.compag.2013.07.006
- Anonim. (2011). *Diyarbakır İlinde Organik Tarıma Uygun Alanların Belirlenmesi ve Haritalanması*. Diyarbakır.
- Anonim. (2018, 4 Nisan). Hassas tarım üretimde devrimin diğer adı olacak . *Tarlasera*. 7 Eylül 2022 tarihinde <https://www.tarlasera.com/haber-11475-hassas-tarim-uretimde-devrimin-diger-adi-olacak> adresinden erişildi.
- Anonim. (2021). Tokat İli 2021 Yılı Tarım İstatistikleri. 7 Eylül 2022 tarihinde <https://tokat.tarimorman.gov.tr/Menu/109/Istatistikler> adresinden erişildi.
- Anonim. (2022a). Organik Tarım Bitkisel Üretim İstatistikleri. 30 Ağustos 2022 tarihinde <https://www.tarimorman.gov.tr/Konular/Bitkisel-Uretim/Organik-Tarim/Istatistikler> adresinden erişildi.
- Anonim. (2022b). USDA ERS - Organic Agriculture. 7 Eylül 2022 tarihinde <https://www.ers.usda.gov/topics/natural-resources-environment/organic-agriculture/> adresinden erişildi.
- Batjes, N. H., Ribeiro, E., Van Oostrum, A., Leenaars, J., Hengl, T. ve Mendes De Jesus, J. (2017). WoSIS: Providing standardised soil profile data for the world. *Earth System Science Data*, 9(1), 1–14. doi:10.5194/essd-9-1-2017
- Belka, K. M. (2005). Multicriteria analysis and GIS application in the selection of sustainable motorway corridor, 1–96. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:liu:diva-4399> adresinden erişildi.
- Burrough, P. A. (1986). Principles of geographical information systems for land resources assessment. *Geocarto International*, 1(3), 54. doi:10.1080/10106048609354060
- Conrad, O., Bechtel, B., Bock, M., Dietrich, H., Fischer, E., Gerlitz, L., ... Böhner, J. (2015). System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA) v. 2.1.4. *Geoscientific Model Development*, 8(7), 1991–2007. doi:10.5194/gmd-8-1991-2015
- De Ponti, T., Rijk, B. ve Van Ittersum, M. K. (2012). The crop yield gap between organic and conventional agriculture. *Agricultural Systems*, 108, 1–9. doi:10.1016/J.AGSY.2011.12.004
- Dedeoğlu, M. ve Dengiz, O. (2019). Generating of land suitability index for wheat with hybrid system aproach using AHP and GIS. *Computers and Electronics in Agriculture*, 167(October), 105062. doi:10.1016/j.compag.2019.105062
- Demiryürek, K. (2011). Organik Tarım Kavramı ve Organik Tarımın Dünya ve Türkiye’deki Durumu. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28(1), 27–36.
- Doğan, H. M. ve Aslan, S. (2013). Aşağı Kelkit Havzası’nın Bazı Toprak Özelliklerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama ile Haritalanması. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 3, 25–33.

- Ennaji, W., Barakat, A., El Baghdadi, M., Oumenskou, H., Aadraoui, M., Karroum, L. A. ve Hilali, A. (2018). GIS-based multi-criteria land suitability analysis for sustainable agriculture in the northeast area of Tadla plain (Morocco). *Journal of Earth System Science*, 127(6), 1–14. doi:10.1007/s12040-018-0980-x
- Eren, A., Tepe, A., Çelik, İ., Kabaş, A., Özalp, R., Boyacı, H. F., ... Kurum, R. (2021). *Yazlık Sebze Islahı*. (A. Eren, Ed.) (1. Baskı.). Antalya: BATEM.
- Esetlili, M. T., Esetlili, B. C., Czarnecki, S., Tepecik, M., Kurucu, Y., During, R.-A. ve Anac, D. (2017). Multi-Criteria Approach To Determine Potential Organic Farming Areas in Aliaga Basin Covering Multi-Purpose Used Lands. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 18(4), 1450–1460.
- ESRI. (2005). *ArcGIS 9 What is in ArcGIS 9.1*. Redlands California: Enviromental System Research Institute.
- Everest, Timuçin; Akbulak, Cengiz; Özcan, H. (2011). Arazi kullanım etkinliğinin değerlendirilmesi: Edirne ili Havsa ilçesi örneği. *Anadolu Journal of Agricultural Sciences*, 26(3), 251–257.
- FAO. (2007). Land evaluation Towards a revised framework. *Land and Water Discussion Paper*, 124.
- Fox, Glen Li, C. (2020). *Achieving sustainable cultivation of barley*. (C. Fox, Glen; Li, Ed.). Cambridge: Burleigh Dodds Science Publishing. doi:10.19103/AS.2019.0060
- Geçit, H. H., Çiftçi, C. Y., Emeklier, H. Y., İkincikarakaya, S., Adak, M. S., Kolsarıcı, Ö., ... Kendir, H. (2011). *Tarla Bitkileri* (İkinci Bas.). Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Hijmans, R. J., Guarino, L. ve Mathur, P. (2012). DIVA-GIS Version 7.5 Manual, (January), 71. <http://www.diva-gis.org> adresinden erişildi.
- Karabaş, S. ve Gürlü, Z. A. (2011). Organik Tarım ve Konvansiyonel Tarım Yapan İşletmelerin Karşılaştırmalı Analizi. *Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal Ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 2011(2), 75–84.
- Karimi, F., Sultana, S., Shirzadi Babakan, A. ve Royall, D. (2018). Land Suitability Evaluation for Organic Agriculture of Wheat Using GIS and Multicriteria Analysis. *Papers in Applied Geography*, 4(3), 326–342. doi:10.1080/23754931.2018.1448715
- Lupia, F. (2012). Crop / Land Suitability Analysis By Arcgis Tools, (November), 1–6. doi:10.13140/2.1.2379.2329
- McGuire, A. M. (2017). Agricultural Science and Organic Farming: Time to Change Our Trajectory. *Agricultural & Environmental Letters*, 2(1), 170024. doi:10.2134/acl2017.08.0024
- Mishra, A. K., Deep, S. ve Choudhary, A. (2015). Identification of suitable sites for organic farming using AHP & GIS. *Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 18(2), 181–193. doi:10.1016/j.ejrs.2015.06.005

- Mustafa, A. A., Singh, M., Sahoo, R. N., Ahmed, N., Khanna, M. ve Sarangi, A. (2011). Land Suitability Analysis for Different Crops: A Multi Criteria Decision Making Approach using Remote Sensing and GIS. *Water Technology*, 3(12), 61–84.
- Öğüt, H. (2015). TARIMIN İLERİ TEKNOLOJİ İLE BULUŞMA NOKTASI : HASSAS TARIM. *TÜRKTOB Dergisi*, 38–41.
- Oleson, B. T. (1994). *Wheat Production, Properties and Quality*. (W. Bushuk ve V. F. Rasper, Ed.) (1st bs.). Springer Science+Business Media. doi:10.1007/978-1-4615-2672-8
- Ramirez-Villegas, J., Jarvis, A. ve Läderach, P. (2013). Empirical approaches for assessing impacts of climate change on agriculture: The EcoCrop model and a case study with grain sorghum. *Agricultural and Forest Meteorology*, 170, 67–78. doi:10.1016/j.agrformet.2011.09.005
- Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research*, 48(1990), 9–26.
- Saykılı, İ., Birdal, A. C. ve Türk, T. (2017). Investigation of the Optimum Land Use Plans by GIS : A Case Study in Sivas City. *journal of Geomatics*, 2(3), 134.
- Seufert, V., Ramankutty, N. ve Foley, J. A. (2012). Comparing the yields of organic and conventional agriculture. *Nature*, 485(7397), 229–232. doi:10.1038/nature11069
- Sood, K., Singh, S., Rana, R. S., Rana, A., Kalia, V. ve Kaushal, A. (2015). Application of GIS in Precision Agriculture. *National Seminar on “Precision Farming technologies for high Himalayas”* içinde . doi:10.13140/RG.2.1.2221.3368
- Swiader, J. M. ve Ware, G. W. (2002). *Producing Vegetable Crops* (Fifth Edit.). Danville: Interstate Publishers Inc.
- Sys, C., Ranst, E. Van, Debaveye, J. ve Beernaert, F. (1993). Part III Crop Requirements. *Land Evaluation*.
- Tashayo, B., Honarbakhsh, A., Akbari, M. ve Eftekhari, M. (2020). Land suitability assessment for maize farming using a GIS-AHP method for a semi- arid region, Iran. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 19(5), 332–338. doi:10.1016/j.jssas.2020.03.003
- Treadwell, D. D., McKinney, D. E. ve Creamer, N. G. (2003). From philosophy to science: A brief history of organic horticulture in the United States. *HortScience*, 38(5), 1009–1014. doi:10.21273/hortsci.38.5.1009
- Trewavas, A. (2001). Urban myths of organic farming. *Nature*, 410(6827), 409–410. doi:10.1038/35068639
- Troy, T. J., Kipgen, C. ve Pal, I. (2015). The impact of climate extremes and irrigation on US crop yields. *Environmental Research Letters*, 10(5). doi:10.1088/1748-9326/10/5/054013
- Willer, Helga; Lernoud, J. (2019). *The World of Organic Agriculture. The World of Organic Agriculture Statistic and emerging trends 2019*.

- Willer, H., Trávníček, J., Meier, C. ve Schlatter, B. (2021). *The World of Organic Agriculture Statistics and Emerging Trends 2021 [El Mundo de la Agricultura Orgánica Estadísticas y Tendencias emergentes 2021]*. *The World of Organic Agriculture*. <https://shop.fibl.org/de/artikel/c/statistik/p/1663-organic-world-2015.html> adresinden erişildi.
- Zengin, M. ve Özbahçe, A. (2014). *Bitkilerin İklim ve Toprak İstekleri* (2. Basım.). Konya: Atlas Akademi.
- Zhang, J., Su, Y., Wu, J. ve Liang, H. (2015). GIS based land suitability assessment for tobacco production using AHP and fuzzy set in Shandong province of China. *Computers and Electronics in Agriculture*, 114, 202–211. doi:10.1016/j.compag.2015.04.004
- Zhao, J., Chen, J., Beillouin, D., Lambers, H., Yang, Y., Smith, P., ... Zang, H. (2022). Global systematic review with meta-analysis reveals yield advantage of legume-based rotations and its drivers, 1–9. doi:10.1038/s41467-022-32464-0