

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BALTALIK İŞLETMELERİNİN KORU İŞLETMELERİNE
DÖNÜŞTÜRÜLMESİNDE ORMAN YOL AĞININ YENİDEN DÜZENLENMESİ
MODELİ

DOKTORA TEZİ

Orm. Yük. Müh. Ersin DURSUN

OCAK 2016

TRABZON



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BALTALIK İŞLETMELERİNİN KORU İŞLETMELERİNE DÖNÜŞTÜRÜLMESİNDE
ORMAN YOL AĞININ YENİDEN DÜZENLENMESİ MODELİ

Ersin DURSUN

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde

“DOKTOR (ORMAN MÜHENDİSLİĞİ)”

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 21 / 12 / 2015

Tezin Savunma Tarihi : 11 / 01 / 2016

Tez Danışmanı : Prof. Dr. H. Hulusi ACAR

Trabzon 2016

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Orman Mühendisliği Anabilim Dalında
Ersin DURSUN Tarafından Hazırlanan**

**BALTALIK İŞLETMELERİNİN KORU İŞLETMELERİNE DÖNÜŞTÜRÜLMESİNDE
ORMAN YOL AĞININ YENİDEN DÜZENLENMESİ MODELİ**

**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 22/12/2015 gün ve 1632 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
DOKTORA TEZİ
olarak kabul edilmiştir.**

Jüri Üyeleri

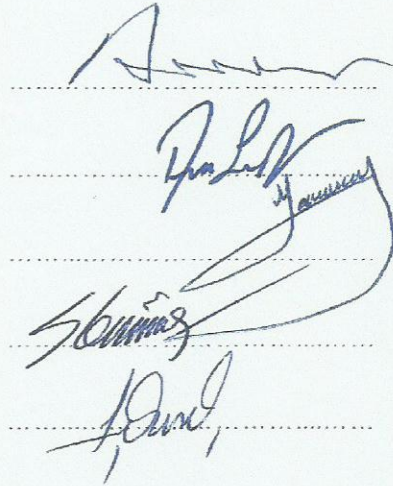
Başkan : Prof. Dr. H. Hulusi ACAR

Üye : Prof. Dr. Abdullah Emin AKAY

Üye : Prof. Dr. Metin TUNAY

Üye : Doç. Dr. Selçuk GÜMÜŞ

Üye : Doç. Dr. Şeref ORUÇ

The image shows four handwritten signatures in black ink, each placed on a horizontal dotted line. The signatures are: 1. A signature that appears to be 'H. Hulusi ACAR'. 2. A signature that appears to be 'Abdullah Emin AKAY'. 3. A signature that appears to be 'Metin TUNAY'. 4. A signature that appears to be 'Selçuk GÜMÜŞ'. There is also a signature at the bottom that appears to be 'Şeref ORUÇ'.

**Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ
Enstitü Müdürü**

ÖNSÖZ

"Baltalık İşletmelerinin Koru İşletmelerine Dönüştürülmesinde Orman Yol Ağının Yeniden Düzenlenmesi Modeli" isimli bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalında "Doktora Tezi" olarak hazırlanmıştır.

Tez konusunun seçiminden çalışmaların yürütülmesi ve sonuçlandırılmasına kadar, rahatça çalışabilmem için her aşamada yardım ve desteklerini esirgemeyen Tez Danışman Hocam Sayın Prof. Dr. H. Hulusi ACAR' a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışma boyunca fikir, bilgi ve önerilerinden yararlandığım Tez İzleme Komitesi Üyeleri Hocalarım Sayın Doç. Dr. Selçuk GÜMÜŞ'e, Sayın Doç. Dr. Şeref ORUÇ'a desteklerinden dolayı şükranlarımı sunarım. Ayrıca Sayın Prof. Dr. Abdullah Emin AKAY, Sayın Doç. Dr. Tolga ÖZTÜRK, Sayın Yrd. Doç. Dr. Sercan GÜLCİ, Sayın Yrd. Doç. Dr. Saliha ÜNVER OKAN ve Sayın Öğr. Gör. Celal ALTINTAŞ hocalarıma önerilerinden ve katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Arazi çalışmalarında yardımcı olan Tokat Orman İşletme Müdürlüğü yöneticilerine ve özellikle Yaylacık Orman İşletme Şefi Sayın Özgür GÖKSU'ya, Orman Mühendisi Sayın Ali SEVİM'e, Orman Yüksek Mühendisi Sayın Dursun ŞAKAR'a teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca büro çalışmaları ve CBS konusunda yardımcı olan Orman Yüksek Mühendisi Sayın Uğur Tamer ÇELİK'e de teşekkürlerimi sunarım. Bu zamana kadar hiçbir fedakârlıktan kaçınmayarak bu günlere gelmemde üzerimde büyük emeği olan değerli Aileme, sevgili Eşim Gül DURSUN'a ve Kardeşim Ergin DURSUN'a tez çalışmam boyunca vermiş oldukları maddi ve manevi desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi Araştırma Projeleri Yönetim Birimi tarafından 9320 Kod No'lu Doktora Tezi Projesi olarak desteklenmiştir. Bu çalışmanın doğrudan ve dolaylı olarak ilgili olan herkese yararlı olması ve yapılacak yeni araştırmalara katkı sağlaması dileğiyle emeği geçen herkese teşekkür ederim.

Ersin DURSUN

Trabzon, 2016

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Doktora Tezi olarak sunduğum ‘‘Baltalık İşletmelerinin Korumu İşletmelerine Dönüştürülmesinde Orman Yol Ağının Yeniden Düzenlenmesi Modeli’’ başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. H. Hulusi ACAR‘ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 11/01/2016

Ersin DURSUN

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	X
SUMMARY	XI
ŞEKİLLER DİZİNİ	XI
TABLolar DİZİNİ	XV
SEMBOLLER VE KISALTMALAR.....	XVII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş	1
1.2. Literatür Özeti	6
1.3. Orman Yolları	11
1.3.1. Orman Yol Yapım Çalışmaları	12
1.3.2. Orman Yollarının Görevleri.....	13
1.3.3. Orman Yol Tipleri ve Standartları.....	13
1.3.4. Orman Yol Geçkisi.....	18
1.4. Orman Yol Ağları.....	20
1.4.1. Orman Yol Ağı Planlarının Düzenlenmesi	21
1.4.1.1. Mevcut Yollardan Yararlanma.....	22
1.4.1.2. Harita Üzerinde Çalışma.....	22
1.4.1.3. Harita Düzeni	25
1.4.1.4. Arazide Çalışma	26
1.4.1.5. Çalışmaların Kontrolü ve Yol İnşaatı Önceliği.....	27
1.4.1.6. Teknik Raporun Hazırlanması ve Taslak Yol Ağı Planının Ön Onayı	27
1.4.2. Orman Yol Ağı Planlarının Düzenlenmesinde Bağlı Kalınacak İlkeler.....	28
1.4.2.1. Plan Ünitesi	28
1.4.2.2. Taşıma Yönünün Tespiti.....	28

1.4.2.3.	Plan Yapımında Göz Önünde Bulundurulacak Diğer Hususlar	28
1.4.2.4.	Uygulanacak Eğimler ve Ortalama Eğim Hesabı.....	29
1.4.2.5.	Uygulanacak Asgari Lase ve Kurp Yarıçapları.....	31
1.4.2.6.	Yol Güzergahlarının Tespiti.....	31
1.5.	Orman Yolları Planlama Esasları	34
1.5.1.	Üretim Ormanlarında Orman Yolları Planlama Esasları.....	34
1.5.2.	Ağaçlandırma Sahalarında Orman Yolları Planlama Esasları	34
1.5.3.	Milli Park Ormanlarında Orman Yolları Planlama Esasları	34
1.5.4.	Muhafaza Ormanlarında Orman Yolları Planlama Esasları	35
1.6.	Yol Yoğunluğu ve Yol Aralığı.....	35
1.7.	Baltalık (Sürgün) Ormanlarının Koruya Dönüştürülmesi (Koruya Tahvil Çalışmaları)	39
1.7.1.	Kayında Koruya Dönüştürme Çalışmaları.....	42
1.7.2.	Meşede Koruya Dönüştürme Çalışmaları.....	44
1.7.3.	Koruya Tahvil (Dönüştürme) Çalışmaları Esnasında Dikkat Edilecek Hususlar	45
1.7.4.	Koruya Dönüştürme Süreci.....	46
1.8.	CBS Tabanlı Modelleme.....	49
1.8.1.	Boolean Mantıksal İşleçleri.....	50
1.8.2.	Süreç Modelleri	50
1.8.3.	İndeks Bindirimi	50
1.8.4.	Regresyon Modelleri	51
1.8.5.	Bulanık Mantık.....	52
1.9.	CBS Tabanlı Çok Kriterli Değerlendirme	53
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR	55
2.1.	Materyal	55
2.1.1.	Araştırma Alanı	55
2.1.1.1.	Araştırma Alanının Bitki Örtüsü, Toprak ve İklim Özellikleri.....	59
2.1.1.2.	Araştırma Alanı Mevcut Yol Ağı Durumu	59
2.1.2.	CBS Veri Tabanı	60
2.1.2.1.	Topoğrafik Haritalar	60
2.1.2.2.	Amenajman Haritaları.....	60
2.1.2.3.	Arazi Sınıfları Haritası.....	60

2.1.2.4.	Mevcut Orman Yol Ağı Analizi.....	60
2.1.2.4.1.	Yol Yoğunluğu.....	61
2.1.2.4.2.	İşletmeye Açma Oranı.....	61
2.1.3.	Kullanılan Ölçüm Aletleri ve Yazılımlar.....	62
2.1.4.	Kullanılan Tablolar.....	63
2.2.	Metot.....	64
2.2.1.	Araştırma Verilerinin Temini.....	66
2.2.2.	CBS Verilerinin Düzenlenmesi.....	67
2.2.3.	Değişkenlerin Derecelendirilmesi ve Ağırlıklandırılması.....	67
2.2.3.1.	Arazi Kullanımı.....	68
2.2.3.2.	Arazi Eğimi.....	69
2.2.3.3.	Yol Yoğunluğu.....	70
2.2.3.4.	Yola Uzaklık.....	71
2.2.3.5.	Ana Dereye Uzaklık.....	72
2.2.3.6.	Bakı.....	73
2.2.3.7.	Verilerin Sınıflandırılması ve Birleştirilmesi.....	73
2.2.3.8.	Karar Değişkenlerinin Derecelendirilmesi.....	73
2.2.4.	Yol Ağı Uygunluk Modellerinin Tasarlanması.....	75
2.2.4.1.	Doğrusal Bulanık Mantığı ile Yol Ağı Uygunluk Modeli Tasarlanması.....	76
2.2.5.	Yol Ağının Planlanması (Yol Güzergâhlarının Belirlenmesi).....	79
2.2.5.1.	Geçki Noktalarının Belirlenmesi.....	81
2.2.6.	Modelle Birlikte Geliştirilen Orman Yol Ağı ve Uzman Denetlemesi.....	81
3.	BULGULAR.....	83
3.1.	Araştırma Alanına Ait Bulgular.....	83
3.1.1.	Sayısal Arazi Modeline Ait Bulgular.....	83
3.1.2.	Orman Fonksiyonları Haritası.....	86
3.1.3.	Orman İşletme Sınıfları Haritası.....	87
3.1.4.	Yaylacık Orman İşletme Şefliği Yol Ağı.....	89
3.2.	Değişkenlerin Oluşturulması ve Hesaplanması.....	91
3.2.1.	Arazi Kullanımı.....	91
3.2.2.	Arazi Eğimi.....	92
3.2.3.	Yol Yoğunluğu.....	92

3.2.4.	Ana Dereye Uzaklık	93
3.2.5.	Yola Uzaklık	94
3.2.6.	Bakı.....	95
3.3.	Karar Değişkenlerine Ait Ağırlıkların Belirlenmesi	96
3.3.1.	Kriterlere Ait Ağırlıklar	96
3.3.2.	Doğrusal Bulanık Mantık Üyeliklerinin Belirlenmesi.....	97
3.4.	Değişkenlere Ait Kriterlerin Konumsal Dağılımı	98
3.4.1.	Arazi Kullanımı	98
3.4.2.	Arazi Eğimi	99
3.4.3.	Yol Yoğunluğu	100
3.4.4.	Ana Dereye Uzaklık	101
3.4.5.	Yola Uzaklık	102
3.4.6.	Bakı.....	104
3.5.	Uygunluk Modelleri ve Yol Ağı Güzergahları	105
3.5.1.	Mevcut Yolların Dahil Olduğu Konumsal Uygunluk Modeli	105
3.5.2.	Mevcut Yolların Dâhil Olmadığı Konumsal Uygunluk Modeli	107
3.5.3.	Modelle Geliştirilen Yol Ağı Uygunluk Modeli	108
3.5.3.1.	Birinci Planlama Periyoduna Ait Bulgular	108
3.5.3.2.	İkinci Planlama Periyoduna Ait Bulgular	111
3.5.3.3.	Üçüncü Planlama Periyoduna Ait Bulgular	113
3.5.4.	Modelle Geliştirilen Yol Ağı Uygunluk Modelinin Mevcut Yol Ağı Üzerinde Gösterimi.....	115
3.5.5.	Modelle Planlanan Yol Ağının Uzman Görüşüne Göre Denetlenmesi ve Sonaçlandırılması	118
3.5.6.	Uzman Görümlü Yol Ağı Planının Mevcut Yol Ağı ile Birlikte Gösterimi	121
4.	TARTIŞMA	122
4.1.	Konumsal Uygunluk Modelleri.....	122
4.1.1.	Mevcut Yolların Dâhil Olduğu Konumsal Uygunluk Modeli	123
4.1.2.	Mevcut Yolların Dâhil Olmadığı Konumsal Uygunluk Modeli	123
4.1.3.	YAKUM 1 ve YAKUM 2'nin Karşılaştırılması.....	124
4.2.	Yol Ağı Uygunluk Modeli	125
4.3.	Modelle Geliştirilen Yol Ağının Uzman Görüşüne Göre Düzenlenmesi	126
4.4.	Başlangıç Noktası ve Geçki Noktalar	127

5.	SONUÇLAR	131
6.	ÖNERİLER.....	135
7.	KAYNAKLAR.....	136

ÖZGEÇMİŞ

Doktora Tezi

ÖZET

BALTALIK İŞLETMELERİNİN KORU İŞLETMELERİNE DÖNÜŞTÜRÜLMESİNDE ORMAN YOL AĞININ YENİDEN DÜZENLENMESİ MODELİ

Ersin DURSUN

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Hafız Hulusi ACAR
2016, 142 Sayfa

Bu çalışmada, baltalık işletmelerinin koru işletmelerine dönüştürülmesinde orman yol ağının yeniden düzenlenmesi amaçlandı. Araştırma alanı, Amasya Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içinde yer alan Tokat Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı Yaylacık Orman İşletme Şefliği Orman Arazisi ve bu saha içindeki orman yol ağı olarak belirlendi.

Çalışma aşamalarında öncelikle orman yol ağı planlamada kullanılacak kriterler-karar değişkenleri (arazi eğimi, bakı, yol yoğunluğu, yola uzaklık, arazi kullanımı, ana dereye uzaklık) belirlendi. Her bir kriter kendi içerisinde puanlandırıldı ve derecelendirildi. Çiftler arası ilişkilerde üç farklı şekilde ağırlık hesabı yapıldı. Karar değişkenlerine ait değerler CBS ortamına aktarıldı. Çok Kriterli Değerlendirme kapsamında Fuzzy teoremi kullanılarak Doğrusal Bulanık Mantık Üyelikleri belirlendi ve toplamsal maliyet yüzeyi oluşturuldu. Maliyet yüzeyine dikeyde % 12'yi geçmemesi için kısıt belirlendi. LCP kullanılarak çalışma alanındaki odun deposu merkez alındı ve 64 geçki (rampa) noktası belirlendi. Orman yol ağı mutedil olarak 10'ar yıl aralıklarla üç planlama periyodunda planlandı. Periyotlar sonunda işletmeye açma oranı % 67,22 ve yol yoğunluğu 17,07 m/ha olarak hesaplandı. Uzman görüşüne başvurularak optimal yol yoğunluğu ve işletmeye açma oranına ulaşıldı. Tasarlanan maliyet yüzeyinde en uygun maliyetli güzergah hesabı ile orman yol ağlarının planlanmasında yeni bir model ortaya kondu.

Anahtar Kelimeler: Çok Kriterli Değerlendirme, Baltalık İşletmesi, Koru İşletmesi, Orman Yol Ağı, Planlama Modeli

PhD. Thesis

SUMMARY

FOREST ROAD NETWORK RECONSTRUCTION MODEL IN THE CONVERSION OF THE COPPICE FOREST ENTERPRISES TO THE HIGH FOREST ENTERPRISES

Ersin DURSUN

Karadeniz Technical University
Institute of Science and Technology
Department of Forest Engineering
Supervisor: Prof. Hafiz Hulusi ACAR
2016, 142 Pages

In this study, it was aimed to reconstruct the forest road network in the conversion of Coppice Forests to High Forests. The forest land and the forest road network located in Yaylacık Forest Enterprise Chief of Tokat Forest Enterprise Directorate in Amasya Regional Forest Directorate was determined as study area.

In this work stages, firstly, the criteria-decision variables (ground slope, aspect, road density, road space, land use, distance to the main stream) to be used in the forest road network planning were determined. Each criterion was scored and rated within. In relations between couples, three different ways of weight calculation were made. The values of decision variables were transferred to GIS environment. Linear Fuzzy Logic Memberships were determined by using Fuzzy Theory and the social cost surface was created. Constraints were determined for the cost surface in order not to exceed 12% vertically. Wood storage in the study area was selected as the central point and 64 nodes (landings) were determined by using LCP. Forest road network was planned temperately in three planning periods with 10 years intervals. As a result of the periods, the rate of opening for the management was calculated as 67,22 % and road density was 17,07 m/ha. Expert opinion and road density was achieved by applying the optimal ratio for commissioning. Using the scope of determining optimum route based on the envisioned cost surface, a new model was developed in planning forest road networks.

Key Words: Multi-Criteria Evaluation, Coppice Forest Management, High Forest Management, Forest Road Network, Planning Model

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Genel orman formları ve oranları.....	1
Şekil 2. Orman yol tipleri ve standartları	17
Şekil 3. Bir orman ünitesinin işletmeye açılmasında söz konusu olan yol tipleri ve bu yolların sistem içindeki durumları.	18
Şekil 4. Orman yol ağı plan ünitesi ana şeması	21
Şekil 5. En ekonomik (optimal) yol yoğunluğunun belirlenmesi.....	36
Şekil 6. Ana yol, tali yol ve yol aralığının şematik görünümü.....	37
Şekil 7. Yol aralığının belirlenmesi.	38
Şekil 8. Yol aralığının arazi ve harita üzerindeki görünümü.....	38
Şekil 9. Baltalık işletmesi.....	47
Şekil 10. Koruya dönüştürme süreci.....	48
Şekil 11. Yaylacık Orman İşletme Şefliğinin konumu	56
Şekil 12. Yaylacık Orman İşletme Şefliğinin google earth üzerindeki yeri.....	56
Şekil 13. Çalışma alanının genel görünüşünden bir kesit	57
Şekil 14. Çalışma alanında koruya tahvil çalışması yapılmış olan meşcere	57
Şekil 15. Çalışma alanında kullanılan el gps'i	63
Şekil 16. Baltalıktan koruya dönüştürmede uygulanacak orman yol ağı planlama modeli akış şeması.....	65
Şekil 17. Çalışma alanına ait yollardan belirli aralıklarla koordinatların alınması	66
Şekil 18. Yolların belirli bir alana göre yoğunluk hesabı	70
Şekil 19. Merkez olarak belirlenen noktanın mesafe hesabı	71
Şekil 20. Doğrusal bulanık üyelik fonksiyonlarına ait değişim eğrisi	77

Şekil 21. Yol güzergahlarının belirlenmesinde izlenen mantıksal model.....	79
Şekil 22. Raster tabanlı verilerde Queen'nin komşuluk ilişkileri	80
Şekil 23. Düşey eğimin raster veri üzerinde düşey göreceli doğrusal hareket açısı.....	81
Şekil 24. Yaylacık Orman İşletme Şefliği sayısal arazi modeli	83
Şekil 25. Yaylacık Orman İşletme Şefliği eğim sınıfları haritası.....	84
Şekil 26. Yaylacık Orman İşletme Şefliği bakı haritası.....	85
Şekil 27. Yaylacık Orman İşletme Şefliği fonksiyon haritası	87
Şekil 28. Yaylacık Orman İşletme Şefliği işletme sınıfları haritası	88
Şekil 29. Yaylacık Orman İşletme Şefliği yol ağı haritası.....	90
Şekil 30. Bulanık üyeliğe dahil edilmiş arazi kullanım haritası	98
Şekil 31. Bulanık üyeliğe dahil edilmiş eğim haritası	100
Şekil 32. Bulanık üyeliğe dahil edilmiş yol yoğunluğu haritası.....	101
Şekil 33. Bulanık üyeliğe dahil edilmiş ana dereye uzaklık haritası	102
Şekil 34. Bulanık üyeliğe dahil edilmiş yola uzaklık haritası	103
Şekil 35. Bulanık üyeliğe dahil edilmiş bakı haritası	104
Şekil 36. Belirlenen tüm karar değişkenleri ile oluşturulan yol ağı konumsal uygunluk modeli.....	106
Şekil 37. Bakı, eğim, dereye uzaklık ve arazi kullanımı karar değişkenleri ile oluşturulan yol ağı konumsal uygunluk modeli.....	107
Şekil 38. Birinci planlama periyodu geçki noktaları ve modelle geliştirilen yol ağı.....	109
Şekil 39. Birinci Planlama periyodu geçki noktaları ve buffer alanı	110
Şekil 40. İkinci planlama periyodu geçki noktaları ve modelle geliştirilen yol ağı	111
Şekil 41. İkinci planlama periyodu geçki noktaları ve buffer alanı.....	112
Şekil 42. Üçüncü planlama periyodu geçki noktaları ve modelle geliştirilen yol ağı	113
Şekil 43. Üçüncü planlama periyodu geçki noktaları ve buffer alanı.....	114
Şekil 44. Üçüncü periyot sonunda en uygun maliyetli güzergah tahmini ile oluşturulan yol ağı uygunluk modeli ve mevcut yol ağı	115

Şekil 45. Yol ağı uygunluk modelinin çalışma alanına ait eğim haritası üzerinde gösterimi.....	117
Şekil 46. Yol ağı uygunluk modelinin çalışma alanına ait bakı haritası üzerinde gösterimi.....	118
Şekil 47. Uzman görüşüne göre sonuçlandırılan yol ağı planı.....	119
Şekil 48. Uzman görüşüne göre sonuçlandırılan yol ağına ait buffer alanı	120
Şekil 49. Uzman görüşüne göre planlanan yeni yollar ve mevcut yollar.....	121
Şekil 50. YAKUM 1 ve YAKUM 2'nin karşılaştırılması	124
Şekil 51. Modelle planlanan yol ağının ve mevcut yol ağının karşılaştırılması.....	126
Şekil 52. Uzman görüşü ile düzenlenen yol ağının ve modelle oluşturulan yol ağının karşılaştırılması.....	127
Şekil 53. Çalışma alanında belirlenen başlangıç noktasına (odun deposu) ait görüntü.....	128
Şekil 54. Çalışma alanında belirlenen rampa noktalarına ait bir örnek görüntü	129
Şekil 55. Çalışma alanında belirlenen geçki noktalarına ait bir örnek görüntü	129
Şekil 56. Çalışma alanında belirlenen geçki noktalarına ait bir örnek görüntü	130

TABLULAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Orman yolları geometrik standartları	14
Tablo 2. Pergel açıklığı değerleri.....	31
Tablo 3. Kayında koruya dönüştürme çalışma esasları.....	43
Tablo 4. Meşede koruya dönüştürme çalışma esasları.....	44
Tablo 5. Yaylacık Orman İşletme Şefliği alan dağılım cetveli	58
Tablo 6. Yaylacık Orman İşletme Şefliği ormanlarının işletme sınıfları.....	58
Tablo 7. İşletmeye açma oranlarının sınıflandırılması.....	61
Tablo 8. Karar değişkenleri UD'nin belirlenmesi için kullanılan örnek veri tablosu.....	64
Tablo 9. Arazi kullanım sınıfları.....	69
Tablo 10. Arazi eğim sınıfları	69
Tablo 11. Yol yoğunluğu sınıfları.....	71
Tablo 12. Yola uzaklık sınıfları	72
Tablo 13. Ana dereye uzaklık sınıfları.....	72
Tablo 14. Bakı sınıfları	73
Tablo 15. Amaç fonksiyonuna ait değişkenlerin derecelendirme tablosu	74
Tablo 16. Yaylacık Orman İşletme Şefliği eğim gruplarının alansal dağılımı	84
Tablo 17. Yaylacık Orman İşletme Şefliği bakı gruplarının alansal dağılımı.....	86
Tablo 18. Yaylacık Orman İşletme Şefliği Ormanları'nın işletme sınıflarına alansal dağılımı.....	89
Tablo 19. Arazi kullanımını uygunluk modeli (UM) belirlemede kullanılan tablo	91
Tablo 20. Arazi eğimi UM belirlemede kullanılan tablo	92

Tablo 21. Yol yoğunluğu UM belirlemede kullanılan tablo	93
Tablo 22. Ana dereye uzaklık UM belirlemede kullanılan tablo	94
Tablo 23. UM belirlemede kullanılan yola uzaklık tablosu	95
Tablo 24. UM belirlemede kullanılan bakı sınıfları tablosu	96
Tablo 25. Karar değişkenlerinin ağırlıklandırılması	97
Tablo 26. Değişkenlere ait minimum ve maksimum aitlik dereceleri	97
Tablo 27. Birinci planlama periyodu işletmeye açma oranı.....	110
Tablo 28. Birinci planlama periyodu yol yoğunluğu	110
Tablo 29. İkinci planlama periyodu işletmeye açma oranı	112
Tablo 30. İkinci planlama periyodu yol yoğunluğu.....	112
Tablo 31. Üçüncü planlama periyodu işletmeye açma oranı	114
Tablo 32. Üçüncü planlama periyodu yol yoğunluğu.....	114
Tablo 33. Çalışma alanı mevcut işletmeye açma oranı.....	116
Tablo 34. Çalışma alanı mevcut yol yoğunluğu	116
Tablo 35. Uzman görüşlü yol ağı planlama periyodu işletmeye açma oranı	120
Tablo 36. Uzman görüşlü yol ağı planlama periyodu yol yoğunluğu	120

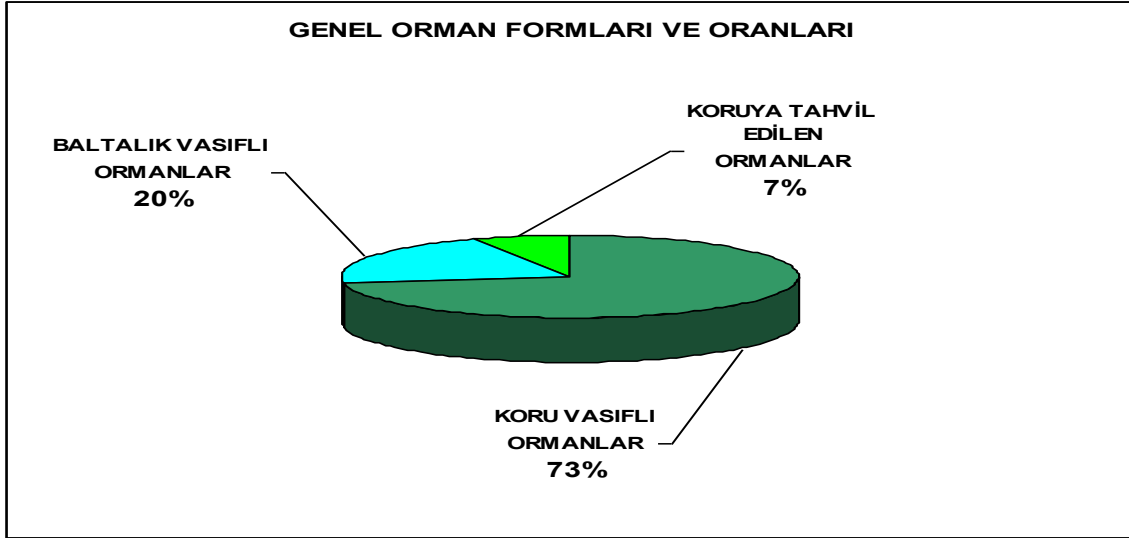
SEMBOLLER VE KISALTMALAR

ADU	Ana Dereye Uzaklık
AE	Arazi Eğimi
AK	Arazi Kullanımı
B	Bakı
CBS	Coğrafik Bilgi Sistemi
ÇAU	Yol Planlaması İçin Az Uygun Alan
ÇKD	Çok Kriterli Değerlendirme
ÇOAU	Yol Planlaması İçin Çok Az Uygun Alan
ÇU	Yol Planlaması İçin Çok Uygun Alan
İAO	İşletmeye Açma Oranı
LCP	Least Cost Path
OGM	Orman Genel Müdürlüğü
SAM	Sayısal Arazi Modeli
U	Yol Planlaması İçin Uygun Alan
UD	Uygunluk Derecesi
UM	Uygunluk Modeli
YU	Yola Uzaklık
YAUM	Yol Ağı Uygunluk Modeli
YAKUM	Yol Ağı Konumsal Uygunluk Modeli
Yo	Yokluk
YOİŞ	Yaylacık Orman İşletme Şefliği
YY	Yol Yoğunluğu

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Ülkemizde ormancılık çalışmaları yaklaşık 21,2 milyon hektar civarındaki orman alanında yürütülmektedir. Bu kadar geniş ve dağınık, hatta çoğunlukla dağlık arazi üzerindeki orman alanlarını işletmek bu alanların iyi bir yol ağına sahip olması ile mümkündür. Bu orman alanlarınının 5,7 milyon hektarı sürgünden oluşan baltalık ormanlarla kaplıdır. Yaklaşık 1,7 milyon hektar orman alanı verimli baltalık, 4,0 milyon hektar alan ise verimsiz baltalıktır. Verimsiz baltalıklardan 625 bin hektar alan 1978 yılından bugüne enerji ormanı tesis etmek maksadıyla verimli baltalığa dönüştürülmüştür. Şekil 1’de ülkemizdeki genel orman formları ve oranları verilmiştir (URL 1).



Şekil 1. Genel orman formları ve oranları

Ormanlar, orman amenajmanı yönünden aynı yaşlı (maktalı) ve değişik yaşlı (seçme, devamlı orman) ormanlar olmak üzere iki orman formuyla yönetilirler. İşletme şekilleri bakımından ise; koru, baltalık ve korulu baltalık ormanları olmak üzere üçe ayrılırlar. Koru ormanları tohumdan yetişmiş veya yetiştirilmiş, baltalık ormanları ise kök ve kütük sürgünlerinden meydana gelmiş, korulu baltalık ormanlar ise hem tohum hem de sürgünden yetişmiş veya yetiştirilmiş ormanlardır.

Koruya dönüştürme (tahvil) çalışmalarına konu edilecek ormanlar sürgünden oluşan ormanlardır. Bu sürgünler uyuyan (provantif) veya sonradan oluşan (adventif) tomurcuklardan gelişen sürgünlerdir. Ülkemizde ormanlar üzerindeki tahribat ve düzensiz faydalanmalar neticesi baltalığa dönüşen geniş yapraklı türlerin başında Meşe (*Quercus* ssp.) ile Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lip.) gelmektedir (OGM, 2014). Sürgün (baltalık) ormanlarını koruya dönüştürme "Doğrudan Dönüştürme" ve "Tür Değiştirerek Dönüştürme" olmak üzere iki şekli vardır (OGM, 2006). Doğrudan dönüştürme, "Şekil Değiştirerek Dönüştürme" olarak da tanımlanmaktadır. Bu yöntemde, baltalığın varolan ağaç türleri (makta üzerindeki baltalık meşçeresi) yeterince seyreltilir ve sonra meşçere yaşlanmaya (büyümeye) bırakılır. Büyümeye terk edilen baltalık meşçeresi, bundan sonra koru meşçeresiymiş gibi işlem görür. Doğrudan dönüştürme uygulamasında dört metod (Klasik Metod, Direkt Metod, Grup Metodu ve Seçme Metodu) kullanılmaktadır (OGM, 2014).

Baltalıkta mevcut ağaç türü veya türleri, o yetişme ortamı için öngördüğümüz koru ormanı için tatminkar görünmez veya sürgünlerin durum ve dağılışları, daha önce ortaya koyulan dönüştürme şekline elverişlilik göstermez ise baltalığı koruya çevirmek için "Tür Değiştirerek Dönüştürme" yöntemi tercih edilmektedir. Bu yöntemde baltalık maktası üzerinde ne varsa hepsi bir tıraşlama kesim ile uzaklaştırılır. Tür değiştirerek dönüştürme üç farklı şekilde (Tam Alanda Tür Değiştirme, Şeritlerde Tür Değiştirme ve Gruplar Halinde Tür Değiştirme) uygulanmaktadır (OGM, 2014).

Baltalıkların koruya dönüştürülmesi sonucunda ormanlarımızda meydana gelecek bazı olumlu değişim ve gelişmeler şunlardır; (OGM, 2014)

- Ortalama 120 yıllık bir idare müddeti sonunda birim alanda koru olarak işletilen ormandan elde edilen ürün, baltalık olarak işletilen ormanlardan elde edilen ürünün parasal değerinin 4 katından daha fazlasını verebilmektedir.
- Koru ormanları ile baltalık ormanlar odun üretiminin dışında ekolojik ve sosyal işlevleri yönünden değerlendirildiğinde, koru ormanlarında suyun kalitesinin daha iyi olduğu, aşırı ve düzensiz faydalanmalardan koru ormanlarının daha az etkilendiği, yaban hayatı açısından bazı hayvanların koru ormanında daha iyi yaşam şartları bulduğu, rekreasyonel açıdan da koru ormanlarının daha iyi hizmet verdiği söylenebilir.

- Yapılan araştırmalar, tıraşlama kesimlerle işletilen baltalıkların birçok trtn yok olmasına neden olduğunu göstermektedir. Kuru ormanlarında ise biyolojik çeşitlilik daha iyi olabilmektedir.
- Baltalık işletmeciliği, ormanın çok yönlü fonksiyonlarının gerçekleştirilmesine elverişli olmadığı gibi zamanla uygulama alanlarında orman varlığının tahribine ve tükenmesine de neden olabilmektedir. Bu nedenle sosyal ve ekonomik işlevini tamamlamış sürgünden gelen ve baltalık olarak işletilen ormanların süratle koruya dönüştürülmesi için Orman Genel Müdürlüğü tarafından bir seferberlik başlatılmıştır. Koruya dönüştürme (tahvil) alışmaları sonucu ormanlarımızın önemli bir bölümü verimli orman haline dönüştürülecektir.

Baltalık işletmelerinin kuru işletmelerine dönüştürülmesi sürecinde ve sonrasında yeterli olmayan mevcut yol ağlarının yeniden düzenlenmesi ve bu amaçla optimal orman yol ağı modelinin gerekliliği ortaya çıkmıştır. Orman yolları planlama çalışmalarında; planlanan yolların orman ekosistemi üzerindeki olumsuz etkisinin asgari düzeyde tutulması ve meydana gelen olumsuz etkinin, planlama neticesi yapılacak yoldan ‘‘Sürdürülebilir Orman Yönetimi’’ için elde edilecek fayda ile mukayese edildiğinde, tolere edilebilir sınırlar içinde olması ‘‘Ana Prensiptir’’ olarak kabul edilmektedir. Orman yolları planlama kriterleri Orman Genel Müdürlüğü, İnaşat Dairesi Başkanlığınca yayımlanan 292 Sayılı (Orman Yolları Planlaması, Yapımı ve Bakımı) Tebliğ’de belirtilmiştir (OGM, 2008). Bu Yönetmeliğin amacı; bir orman topluluğunun entansif olarak işletilmesi için ekim, dikim, bakım, kesim, hastalık ve zararlılarla mücadele, yangınlardan korunma veya yangınları söndürme gibi çeşitli ormancılık hizmetlerinin zamanında, yöntem ve tekniğine uygun olarak yapılabilmesi ve ormanların çok yönlü fonksiyonel faydalarının hizmete sunulması için yapılacak orman yol ağı planlarını düzenlemektir. Bu Yönetmelik, Devlet ormanları ile gerçek ve özel hukuk tüzel kişilerine ait özel ormanların yol ağı planlarının düzenlenmesini kapsar. Günümüzde baltalık ormanlarında traktör yolları ve sürütme izleri dışında bu yönetmelik kapsamında yeterli orman yol ağı bulunmamaktadır. Yaklaşık 5,7 milyon hektar baltalık ormanın bir bölümünün koruya dönüştürülmesi potansiyeli dikkate alındığında, yeni bir yol ağı modelinin geliştirilmesinin kaçınılmaz olduğu görülmektedir.

Orman yolları, ormancılık faaliyetlerinin gerçekleştirilebilmesi için yararlanılan en önemli alt yapı tesislerindedir. Bundan dolayı ekonomik, sosyal hatta kültürel faydalar oluştururlar (Erdaş vd., 1995). Orman alanlarını işletmeye açacak olan orman yol ağının planlanması, inşası ve bakımı; teknik ve ekonomik özellikleri ile birlikte ekolojik

problemleri içermesi yönüyle de oldukça önem arz etmektedir. Çok yönlü işlevleri bulunan orman yollarının yapımı titiz mühendislik çalışmalarını ve bazı uygulama prensiplerini gerektirmektedir.

Orman yolları, ormanlarda inşa edilen yüksek maliyetli alt yapı tesisleridir. Ormancılık faaliyetlerinde orman yolları en önemli alt yapılardan birini oluşturmakta, orman yolu yapım ve bakım maliyetleri oldukça yüksek değerlere ulaşmaktadır. Orman yolu sanat yapıları ve bakım çalışmaları da dikkate alındığında her yıl yaklaşık olarak 100 milyon TL orman yolu yapımı ve bakımı için harcanmaktadır. Bu maliyetler; OGM yıllık bütçesinin % 5 – 10 gibi büyük bir oranını kapsayabilmektedir.

Ülkemizde orman yolu yapım çalışmalarına ilk olarak 1937 yılında başlamıştır (Doğan, 1977). Fakat bu dönemde başlayan orman yolu yapım çalışmaları elle inşaat şeklinde gerçekleşmiştir. 1957 yılından sonra elle inşaatın yerini makineli yol inşaatı almıştır (Bayoğlu ve ark. 1995). Gelişmiş ülkelerde orman yolları planlama ve yapım işleri tamamlanmış durumdadır. Yol inşaatları nedeniyle meydana gelen zararlar asgari düzeye indirilmiştir (OÖİKR, 2001). Ülkemiz ormanlarının ihtiyaç duyduğu orman yolu miktarı 201810 km olarak belirlenmiştir (Anonim, 1988). Orman yolları varlığı; 2010 yılı itibariyle 143005 km üretim yolu, 17474 km yangın emniyet yolu, 832 km kule kulübe yolu ve 1761 km depo yolu dahil olmak üzere toplam 163072 km'ye ulaşmış durumdadır. Bu durumda yapılması planlanan orman yollarının %77,6'sı tamamlanmış durumdadır. Mevcut orman yollarının standartlara uygunluk derecesine bakıldığında %9'unun kötü, %25'inin iyi, %66'sının orta derecede olduğu belirtilmiştir (OGM, 2010). Önümüzdeki yıllarda yaklaşık 40000 km daha yeni orman yolu yapılması hedeflenmektedir. Baltalık işletmelerinin koru işletmelerine dönüştürüleceği de göz önüne alındığında ihtiyaç duyulan yeni orman yolu miktarının daha da artacağı görülmektedir. Ülkemizde hedeflenen orman yolu miktarına ulaşıldığında, hektardaki serveti 250 m³'den fazla olan verimli nitelikteki ormanlarda yol yoğunluğu 20 m/ha olabilecektir. Oysa ülkemiz ormanları ile benzerlik gösteren Avusturya'da yol yoğunluğu 30–35 m/ha'dır.

Orman yolları her yıl yaklaşık 15 milyon m³ asli orman ürününün transportunun gerçekleştirilmesi ile birlikte, orman içi ile orman dışı bağlantıyı sağlamakta, ormanın her alanından yararlanmaya imkân vermekte ve orman ürünlerinin taşınmasına hizmet etmektedir.

OGM'nin 2010–2014 plan dönemi sonuna kadar toplam 7500 km yeni orman yolu yapılması ve mevcut orman yollarının her yıl %3 oranında standart hale getirilmesi planlanmıştır (OGM, 2010).

Orman yol ağı planlamada etkili olan çevre faktörleri; jeolojik yapı, iklim, akarsu, göl ve diğer su kaynakları, morfolojik yapı, arazi eğimi, topografya ve zeminin taşıma kapasitesidir. Bunlardan jeolojik yapı açısından; orman alanının ana kaya ve toprak yapısı, heyelan durumu gibi özellikleri arazide yapılacak etütlerle iyi bir şekilde tespit edilmelidir. Yol geçkisi tespitinde, üst yapı malzemesi ve sanat yapılarında kullanılacak malzeme alımına uygun alanlar tespit edilmelidir (Erdaş, 1997). Böylece hem yolun yapım maliyeti, hem de ileri yıllardaki tamir-bakım giderleri azaltılabilir.

Genel olarak orman alanları topoğrafik yapı bakımından yüksek eğimli, sarp ve engebeli olan aynı zamanda jeolojik yapısı bakımından da kayalık alanların yoğun olarak bulunduğu alanlar üzerinde yayılış göstermektedir. Orman yolları gerek üzerinde hareket eden araçlar gerekse olumsuz doğa şartları nedeniyle sürekli bir yıpranma halindedir. Orman yollarında güzergâh seçiminde, yeraltı suyu veya yüzeysel su etkisinde kalan yollarda bozulma daha hızlı olacağı için drenaj imkânı en iyi olan yerler ile yapım ve bakım yönünden maliyeti en düşük olan güzergahlar tercih edilmektedir. Heyelan tehlikesi olan yamaçlardan ve taşıma yeteneği düşük olan taban suyu seviyesi yüksek bataklık gibi araziden orman yolu geçirilmemeye çalışılmalıdır.

Baltalık işletmelerinin koru işletmelerine dönüştürülmesinde orman yol ağının yeniden düzenlenmesi konulu bu araştırma; optimum düzeyde yol geçki planlama kriterlerinin belirlenmesi, bu süreçte meydana gelebilecek problemlerin ortaya konulması ve elde edilen verilerin de dikkate alınması ile yeni bir yol ağı modelinin oluşturulması aşamalarını kapsamaktadır.

Bu çalışmada, baltalık işletmelerinden dönüştürülen koru işletmeleri için geliştirilecek yeni bir yol ağı modeli ile bu alanlarda her türlü ormancılık uygulamalarının etkin ve verimli bir biçimde yürütülmesi sağlanacak ve konusunda Türkiye ormancılık literatürüne yeni bir açılım getirilecektir. Henüz ulusal ormancılık literatüründe kendine özgü bir yer bulamayan bu yaklaşımın uygulaması, ülke ormancılığının ilerlemesinde büyük önem taşıyan modern planlama tekniklerinin kullanılmasına ve geliştirilmesine yeni bir örnek teşkil edecektir. Ayrıca, baltalık işletmelerinin koru işletmelerine dönüştürülmesinde orman yol ağının yeniden modellenmesi ile ormancılık faaliyetlerinin ana

amacı olan sürdürülebilir orman yönetimi sekteye uğramadan düzenli ve devamlı bir şekilde devam edecektir.

1.2. Literatür Özeti

Bu doktora tez çalışmasının hazırlanması esnasında geçen süreçte yapılan ön literatür incelemelerinde, baltalık işletmelerinin koru işletmelerine dönüştürülmesinde, orman yol ağının yeniden düzenlenmesi modeli konusunda ülkemizde bilimsel çalışmaya rastlanmamıştır. Uluslararası literatür tarandığında da bu konuyla ancak dolaylı olarak ilişkisi olan kısıtlı sayıda çalışma olduğu görülmüştür.

Çalışma konusu ile doğrudan veya dolaylı olarak ilgili olan ulusal ve uluslararası literatür taranarak aşağıdaki şekilde özetlenmiştir;

Demir (2002) tarafından Bolu mintikasına ait orman yol şebeke planını oluşturan yolların tamamı bilgisayar ortamında etüd edilmiştir. Ortaya çıkan veriler ışığında araştırma alanı için bilgisayar ortamında planlanan orman yol şebeke planını oluşturan yolların inşasının tamamlanması ile ormanın her tarafına eşit şekilde ulaşılabilme imkânı sağlanmıştır.

Douglas ve Henderson (1987), yol yapım ve transport maliyetlerini dikkate alarak orman yolu ağı planlamak için bir model geliştirmiştir. Çalışma alanı eşit boyutlarda gridlere ayrılmış ve her bir gride kullanıcı tarafından belirlenmiş verilere (meşçere özellikleri, arazi mülkiyeti, topografya vb.) ait ağırlık değerleri atanmış ve grid değerleri kullanılarak yol yapım ve transport maliyetleri hesaplanmıştır.

Sist (1997) yapmış olduğu çalışmada, üretimden önce, hasat zararlarını azaltıcı transportta, etkili orman yolları planı ve en uygun sürütme izi ağlarının topoğrafik haritalarda bulunması gerektiğini belirtmiştir. Orman yollarının ve sürütme izlerinin önceden belirlenmesi gerektiği hususu vurgulanmıştır.

Chung ve Sessions (2001), alternatif güzergahların optimizasyon teknikleri ve CBS teknolojisi kullanılarak üretildiği bir orman yolu ağı modeli geliştirmiştir. Model optimum yol ağını yol standartları, yol yapım ve transport maliyetleri, orman ürünü hacmi, üretim maliyeti ve arazi koşulları gibi çeşitli parametreleri dikkate alarak araştırmaktadır. Öncelikle ana ulaşım yolları, 25 m'ye 25 m Sayısal Arazi Modeli (SAM)'ne bağlı olarak, Genetik Algoritma yöntemi ile optimize edildikten sonra, tali yollar bu ana ulaşım yolları temel alınarak tasarlanmıştır.

Anderson ve Nelson (2004) tarafından orman yolu ağıları üreten bilgisayar destekli bir sistem geliştirmek için en kısa yol algoritması kullanılmıştır. Önceden belirlenmiş yol planlama kısıtlayıcılarına bağlı olarak, model rampa ile mevcut yol ağı arasındaki mesafeyi en aza indirmeyi amaçlamıştır.

Eker ve Acar (2005) orman yolları ve üretim faaliyetinde çevresel etkilerin azaltılmasına yönelik çalışma gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada sürütme yollarının geçkileri, sürütme mesafesi, rampa yerleri, uygun teknoloji ve üretim yönteminin vb. belirlenmesinde nicel ve nitel karar verme tekniklerinin (yöneylem araştırması teknikleri gibi) kullanılmasının gerekliliği ortaya konulmuştur.

Çalışkan (2008) yapmış olduğu çalışmada, optimizasyon yöntemi kullanarak odun hammaddesi taşıma ağı modeli ve çözüm yöntemini geliştirmiştir. Modelin çözümü için meta-sezgisel teknikler arasında yer alan, kombinatoryal optimizasyon problemlerinin çözümünde başarıyla uygulanan ve olasılıklı bir arama yöntemi olan Tavlama Benzetimi Algoritmasını kullanmıştır. Çalışma alanında taşıma modelinin kullanılmasıyla, yıllık taşıma maliyetlerinde % 14,45 oranında tasarruf sağlanabileceği sonucuna varmıştır.

Akay ve ark. (2009) geliştirdikleri CBS tabanlı karar destekleme sistemi ile yangın sahasına en kısa sürede ulaşımı sağlayan optimum güzergâhın belirlenmesini amaçlamışlardır. Çalışmada yangın sahasına en hızlı ulaşımı sağlayacak optimum güzergahın belirlenmesi amacı ile CBS tabanlı bir karar destek sistemi geliştirilmiştir. Bu sistemde ağ analiz yöntemi kullanılarak bir noktadan başka bir noktaya en kısa sürede ulaşımlardır.

Tan (1999) tarafından yol ağı alternatiflerini üretmek için bilgisayar destekli bir sistem geliştirilmiştir. Çalışmada transport ve yol yapım maliyetleri en az olan en iyi alternatifi seçmek için En Kısa Yol Algoritması (Shortest Path) ve CBS teknikleri kullanılmıştır. Matematiksel optimizasyon tekniklerinden biri olan en kısa yol algoritmasında, bir ağdaki linklere uzaklık, maliyet ve zaman gibi değişik parametreler eklenebilmektedir. Her bir linkin ağırlıklı değerinin toplamını en aza indiren yol linklerinin bulunması ile en kısa yol güzergahı araştırılmaktadır (Zhan, 1997). Tan tarafından geliştirilen sistem ile ormanlık alanlar aynı boyuttaki grid hücreler ile konumsal olarak temsil edilmiş ve her bir hücreye transport ve yol yapım maliyetlerinin değerleri eklenmiştir.

Gümüş (2003) yapmış olduğu çalışmada, üretim ormanları için geliştirdiği orman yol ağı planlama yaklaşımı ile çevresel etkilerin minimize edildiği, ekonomik açıdan en uygun

orman yol ağı modelini geliştirmiştir. Sadece planlama birimi alanına düzenli bir şekilde dağılmış orman yol ağı planı yerine en üst düzeyde alan ve servet işletmeye açılması amaçlarına göre düzenlenmiş, olumsuz çevre etkileri minimize edilmiş ve ekonomik değerlendirilmesi yapılmış bir orman yol ağı planı gerçekleştirilmiştir. Çalışmada CBS'den yararlanılmıştır. Planlama çalışmalarında Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) grafik ve öznelik veri tabanı kullanılmıştır.

Erdaş ve Gümüş (2000), orman yollarının planlanması sırasında CBS yardımıyla orman yol geçkilerinin belirlenmesini araştırmışlardır. Geçki etüdünün yapılmasında ve yol yoğunluğu, yola uzaklık, ortalama sürütme mesafesi ile işletmeye açma oranları gibi karar verme değişkenlerinin belirlenmesinde sayısal haritalar kullanılmıştır.

Akay ve ark. (2007) yapmış oldukları çalışmada, Türkiye'deki yol dizayn spesifikasyonlarını, ekonomik dataları ve orman özelliklerini dikkate alarak, modern optimizasyon yöntemleri ve CBS teknolojisi destekli bir orman yolu modeli geliştirmiştir. Bu modelin birçok alternatif orman yolu geçkisini sistematik olarak değerlendirdiği ve yol planlama teknik standartlarını, çevresel şartları, sürücü güvenliği ve sediment üretimini göz önünde bulundurduğu vurgulanmıştır. Böylece, sadece toplam yapım, bakım ve taşıma maliyetleri en düşük olan değil, aynı zamanda trafik güvenliğini ve orman ekosisteminin biyolojik çeşitliliğinin korunması açısından önem taşıyan derelere ve dere kenarında bulunan alanlara taşınan sediment miktarını dikkate alan optimum orman yolu güzergahının geliştirilebileceği belirtilmiştir.

Şentürk (1992) orman yollarının planlanmasında sayısal verilerden yararlanma olanaklarını incelemiştir. Çalışmada, orman yolu projelerinin söz konusu olan güzergah planı, boykesit ve enkesitlerinin hazırlanması ve çizimi, kazı ve dolgu alanlarının hesaplanması işleri klasik yöntemle ve bilgisayar ortamında olmak üzere iki ayrı şekilde yapılmıştır. Bu iki yöntemle bulunan sonuçlar ve maliyetleri karşılaştırılmıştır.

Seçkin (1975) tarafından "Demirköy Karamanbayırı Devlet Orman İşletmesi Çakmaktepe Bölgesi Yol Şebekesinin Planlama Tekniği Bakımından Araştırılması" adlı çalışmada, Çakmaktepe bölgesi yol şebekesinin durumunun incelenmesinin ardından, bir yandan, adı geçen bölgenin mevcut topoğrafik haritalarından yararlanılarak arazi sınıflaması yapılmış, dolayısıyla bölgede ne tip bir bölmeden çıkarma tekniğinin uygulanabileceği konusuna açıklık getirilmeye çalışılmış, bir yandan da bölgede uygulanmakta olan hayvanla sürütme tekniği üzerinde durulmuştur. Daha sonra bu çalışmada, orman yol standartları belirlenmiş, kamyon yolu yoğunluğu ve sürütme yolu

yoğunluğu olmak üzere iki yoğunluk hesap edilmiştir. Ayrıca bölgenin yol şebekesi ve orman ürünlerinin taşınması bakımlarından durumunun, olumlu ve olumsuz yanlarıyla ortaya konulmasına çalışılmış ve gerekli önerilerde bulunulmuştur.

Erdaş (1997), orman yollarının planlanması ve projelendirilmesi, orman yol ağlarının düzenlenmesi, orman yollarının arazide etüd ve aplikasyonu, orman yollarının yapımı ve bakımı üzerine bilgiler vermiştir. Ayrıca, sanat yapıları çeşitleri, sanat yapılarının yapımı, sanat yapılarının bakımı vb. konular ayrıntıları ile irdelemiştir. Orman yollarının tanımı, türleri, standartları, yapım ve bakım maliyetleri, projelendirme esaslarından bahsetmektedir. Orman yolları yapım esasları hakkında detaylı bilgiler verilmekte olup yol yoğunluğunun ve standartlarının alanlara göre değişiklikler gösterdiğini açıklamaktadır.

Hasdemir (1995), yüksek miktarda emek ve sermaye gerektiren orman yol şebekelerinin oluşturulmasında yol maliyet hesaplarının büyük önem taşıdığını belirtmiştir. Sanat yapılarının plan ve inşaat maliyetlerinin önceden sağlıklı bir şekilde belirlenmesi ve sermayenin buna göre tahsisiyle ilgili yapıyı açıklamıştır.

Erdaş (1981), orman yollarının planlanmasında köprüler ve tabliyeli menfezler üzerine araştırma yapmıştır. Üretim yapılan havzalarda yol projelerinin hazırlanması esnasında yol ağının oluşumu ve havzalar içindeki yolların birbirine bağlanmasının ve dere geçişlerinde yapılması gereken esasları belirtmiştir.

Aykut (1976), ülkemizde son yıllarda kesilen ve taşınması gereken odun hacminin artışı karşısında, bu materyalin en seri biçimde satış depolarına veya fabrikalara taşınmasının gerekliliği belirtilmiş, bu gerekliliği yerine getirmek için yeni ve güçlü nitelikte yollara ihtiyaç duyulduğu aktarılmıştır.

Acar (1993) tarafından ormancılıkta transport planları ve dağlık arazide orman transport planlarının oluşturulması irdelenmiştir. Çalışmada, ayrıntılı olarak ormancılıkta transport planları açıklanmış ve bu planların oluşturulması konularında bilgiler verilmiştir.

Bayoğlu (1997), ormancılık bilimi içinde ormanların işletmeye açılması için gerekli tesisler ve taşıtlarla bunların planlanması ve ekonomik bir şekilde çalıştırılması konularını ele almıştır. Ormanları işletmeye açmada kullanılan tesislerin başında orman yollarının geldiği vurgulanmıştır.

Lugo ve Gucinski (2000), Orman yollarının fonksiyonu, etkileri, ve yönetimi üzerine yapmış oldukları çalışmada orman yollarının ekosistem yaklaşımıyla değerlendirilmesinin gerektiği ve bulunduğu coğrafi ve topoğrafik konumlarına göre orman ve çevresiyle olumlu ve olumsuz ilişkilerinin bulunduğunu tespit etmişlerdir.

Eker ve ark. (2010), Orman içerisindeki yol yoğunluğu, araç sayısı gibi faktörlere bağılı olarak zaman içerisinde orman yollarının potansiyel ekolojik etkilerinin ortaya çıkacağını ve orman yollarının sürdürülebilirlik için önemli olduğunu, yolların kenar etkisinin ve yol yoğunluğunun değerlendirilerek planlanması gerektiğini ortaya koymuşlardır.

Aydın ve Eker (2012), FuzzyCell isimli yazılımdan faydalanarak CBS tabanlı bulanık mantık yaklaşımını klasik CBS yöntemlerinin çığ ve sel kontrolü için değerlendirmişlerdir. Bu çalışma kapsamında Trabzon-Uzungöl'de çığ olaylarının meydana geldiği alanlar çok düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek sınıflara ayrılarak haritalandırılmıştır. Eğim parametrelerinin değerlendirildiği çalışmada bulanık haritalandırma işlemlerinin klasik yöntemle göre daha akılcı sonuçlar verdiği görülmüştür.

Hayati ve ark. (2012) tarafından 'Orman Yol Ağı Planlama Üzerine Delphi ve Konumsal Çoklu-Kriter Değerlendirmelerini Birleştirerek Yapılan Uzman-Temelli Bir Yaklaşım' adlı çalışmada, orman yolu planlamayı etkileyen teknik, ekonomik ve çevresel faktörler göz önünde bulundurularak yol ağı planlamada önemli olan kriterler belirlenmiştir. Önemli kriterleri seçmek için Delphi metodu, kriterlerin bağılı önemliliklerini edinmek için Analitik Hiyerarşi Süreci ve son olarak yol ağı alternatifi üzerinde en düşük etkiyi tanımlamak amacıyla corafik bilgi sistemi (CBS) içerisinde konumsal çok kriterli değerlendirme yapılmıştır. Delphi metodu sonuçlarına göre çalışma alanındaki en önemli kriterlerin yer eğimi, su kaynağına uzaklık, fay hattına uzaklık, yer kayması yatkınlığı, erozyon yatkınlığı, jeoloji ve toprak yapısı olduğu ortaya çıkarılmıştır. Ağırlıkları göz önünde bulundurularak bu kriterleri kesin olmayan harita katmanlarıyla birleştirerek yol planlaması için uygunluk haritası elde etmişlerdir.

Gülci (2014) tarafından 'Orman İçi ve Kenarı Yol Ağlarında Ekolojik Sanat Yapıları Üzerine Araştırmalar' adlı doktora tez çalışmasında Çok Kriterli Değerlendirme (ÇKD) yöntemleri sayesinde elde edilen değişkenler arasındaki etki dereceleri deneysel, uzman görüşlü ve literatüre bağılı veri kaynakları kullanılarak matematiksel ifadelere çevrilmiştir. Bu tür veriler CBS ortamına uyarlandığında CBS tabanlı ÇKD yöntemleriyle bütünleştirilerek konumsal verilerin görsel ve kurgusal çıktılarını doğruya en yakın tahminlerle anlaşılır ve açık hale getirmiştir. Çalışma kapsamında ele alınan Karacanın varlığını sürdürebileceği uygun yaşam alanları CBS tabanlı ÇKD yöntemine dayalı oluşturulan yaşam alanı uygunluk modeli tasarlanmıştır.

1.3. Orman Yolları

Orman yolları; ormanların işletmeye açılmasına hizmet eden lastik tekerlekli araçların bütün yıl nakliyat yapmasına yönelik, orman içi ile orman dışı bağlantıyı sağlayan tek şeritli yollar olarak tanımlanmaktadır (Erdaş, 1997). Orman yolları, ormanlarda inşa edilen yüksek maliyetli alt yapı tesisleridir. Ormancılık faaliyetlerinde orman yolları en önemli alt yapılardan birini oluşturmakta, orman yolu yapım ve bakım maliyetleri oldukça yüksek değerlere ulaşmaktadır. Orman yolu sanat yapıları ve bakım çalışmaları da dikkate alındığında her yıl yaklaşık olarak 100 milyon TL orman yolu yapımı ve bakımı için harcanmaktadır. Bu maliyetler; OGM yıllık bütçesinin % 5 – 10 gibi büyük bir oranını kapsayabilmektedir. Orman yolları her yıl yaklaşık 15 milyon m³ asli orman ürününün transportunun gerçekleştirilmesi ile birlikte orman içi ve orman dışı bağlantıyı sağlamakta, ormanın her alanından yararlanmaya imkân vermekte, orman ürünlerinin taşınmasına hizmet etmektedir. Orman yollarının oluşturduğu orman yol şebekesinin düzenli ve kapsamlı olması halinde, başta koruma olmak üzere ormana yapılacak her türlü bilimsel ve teknik müdahale ile yıllık cari artım üzerine etkili olmak ve her türlü orman ürününün orman dışına taşınarak kıymetlendirilmesini sağlamak mümkün olmaktadır. Ayrıca orman içi ağaçlandırmaların yapılması, orman yangınlarında mahalline yetişerek gerekli hizmetin görülmesi yine yol şebekesinin orman içine dağılışına bağlı bulunmaktadır. Bu bakımdan orman yol yapımı orman işletmeciliğinin uygulanabilmesi bakımından büyük önem taşımaktadır (Erdaş, 1997).

Ormancılık faaliyetlerinin ana amacı “Sürdürülebilir Orman Yönetimi”ni sağlamak olarak ifade edilebilir. Orman yolları faaliyetleri; bu ana amacın gerçekleştirilebilmesi için gerekli ulaşım alt yapı hizmetlerini içermektedir. Bu nedenle orman yolları faaliyetlerinin “Sürdürülebilir Orman Yönetimi”nin gerçekleştirilmesini sağlayacak ve “Sürdürülebilir Orman Yönetimi” prensiplerine uygun şekilde yürütülmesi gerekmektedir. Sürdürülebilir orman Yönetimi; “Ormanların ve orman alanlarının yerel, ulusal ve global düzeylerde, biyolojik çeşitliliğini, produktivitesini, kendini yenileme (gençleşme) kabiliyetini ve yaşama enerjisini, şimdi ve gelecekte, ekolojik, ekonomik ve sosyal fonksiyonlarını yerine getirebilme potansiyelini koruyacak ve diğer ekosistemlere zarar vermeyecek bir şekilde ve derecede kullanılması ve düzenlenmesi” olarak tanımlanmaktadır.

1.3.1. Orman Yol Yapım Çalışmaları

Türkiye’de orman yol yapım çalışmaları ilk olarak 1937 yılında yürürlüğe giren 3204 sayılı teşkilat kanununun 2. maddesine dayanarak kurulan inşaat şubesi bünyesi içinde başlamıştır. Daha sonra bu konudaki çalışmaların genişlemesi ve özellikle 1957 yılından sonra başlayan makineli yol yapım işlerinin artması nedeniyle çalışmaların bağımsız bir ünite olarak yürütülmesinin zorunlu görülmesi ve bunun sonucu olarak 1966 yılında yol şubesinin kurulması ile çalışmalar inşaat şubesinden ayrılarak bu şube tarafından yürütülmeye başlanmıştır (Erdaş, 1997).

Ülkemiz orman yol şebeke çalışmalarını 1979 yılında genel hatları ile tamamlamıştır. Bu çalışmalara göre planlı orman yolu uzunluğu 201810 km olarak hesaplanmıştır. Böylece Türkiye’de genel orman yol yoğunluğu 9,99 m/ha olarak hesaplanmıştır. Günümüzde orman yolları planlaması ve inşaat işlerinin yürütülmesi 292 sayılı tebliğde belirtilen esaslara göre gerçekleştirilmektedir. Son yıllarda, her yıl ortalama olarak 1000 km yeni orman yolu inşaatı ile standardı düşük 1000 km orman yolunun büyük onarımının yapılacağı belirtilmektedir (OÖİKR, 2001). Ülkemizde hedeflenen orman yolu miktarına ulaşıldığında, hektardaki serveti 250 m³’den fazla olan verimli nitelikteki ormanlarda yol yoğunluğu 20 m/ha olacaktır. Ancak baltalık işletmelerinin koru işletmelerine dönüştürülmesi tamamlandığında hektardaki yol yoğunluğu miktarının daha fazla olması gerektiği anlaşılmaktadır.

Son yıllardaki orman yolu yapımı durumu dikkate alınırsa amaç yol uzunluğuna erişmek için önümüzdeki yıllarda yaklaşık 50000 km orman yolu yapılması gerektiği söylenebilir. Bugüne kadar yapılmış olan yollar için büyük miktarlarda para harcandığı gibi bundan sonra yapılacak toplam orman yol uzunluğu için de büyük yatırımlara gerek olduğu görülmektedir. Görüldüğü üzere yol yapımı için büyük miktarda kapitalin yerinde kullanılmış olması ve haklı bir yatırım olabilmesi için yapılacak yolların bugün olduğu gibi gelecekte de teknik ve ekonomik nitelikte olması zorunludur. Bu nedenle önceden yol şebeke planlarında tasarlanan güzergahların arazide aplikasyonundan sonra yapılacak yolların bir projesinin yapılması ve yola ait bütün çalışmaların bu projeye göre yönlendirilmesi gerekmektedir (Erdaş, 1997).

OGM tarafından 2010–2014 plan dönemi sonuna kadar toplam 7500 km yeni orman yolu yapılması planlanmıştır. Ayrıca, standart orman yollarının bakım ve onarım

giderlerinin standart dışı orman yollarına göre daha az olduğu için mevcut orman yollarının her yıl %3 oranında standart hale getirilmesi planlanmıştır (OGM, 2010).

Orman yolları varlığı; 2010 yılı itibariyle 143005 km üretim yolu, 17474 km yangın emniyet yolu, 832 km kule kulübe yolu ve 1761 km depo yolu dahil olmak üzere toplam 163072 km'ye ulaşmış durumdadır. Bu durumda yapılması planlanan orman yollarının %77,6'sı tamamlanmış durumdadır. Mevcut orman yollarının standartlara uygunluk derecesine bakıldığında %9'unun kötü, %25'inin iyi, %66'sının orta derecede olduğu belirtilmiştir (OGM, 2010).

1.3.2. Orman Yollarının Görevleri

Orman yolları orman işletmeciliğinde en önemli bir alt yapı tesisidir. Orman yolları için her yıl büyük miktarlarda harcama yapılmaktadır. Bu harcamalar çeşitli amaçlar için yapılmakta olup aynı zamanda orman yollarının görevlerini ifade etmektedir. Bu görevler; (OGM, 2008)

- Orman ürünlerinin ekonomik olarak taşınması,
- Orman içinde ekim, dikim, doğal gençleştirme gibi silvikültürel etkinliklerin zamanında gerçekleştirebilmesi için ulaşım sorununun çözümü,
- Ormanın sürekli ve kontrollü bir şekilde korunabilmesi için gerekli malzeme ve personelin taşınması,
- Orman yangınlarının ve böcek afetlerinin denetim altına alınması ile kontrollerinin yapılması için ulaşım sorununun çözümü,
- Orman işçilerinin denetimi için orman içine ulaşımın gerçekleştirilmesi,
- Dağınık orman içi köyler arasındaki ulaşım sorununun çözülmesi,
- Orman içi turistik yerlerin ulaşımına açılması,
- Yurt savunmasına ulaşım ve hizmet açısından katkıda bulunması olarak sıralanabilir.

1.3.3. Orman Yol Tipleri ve Standartları

Orman yolları, bir yılda üzerinden taşınacak emval miktarları, yapılış amaçları, trafik yoğunluğu, seyir halindeki araçların büyüklüğü ve tonajları dikkate alınarak üç ana gruba ayrılmıştır. Bunlar sırasıyla; Ana orman yolları, tali orman yolları (A tipi tali orman yolu

ve B tipi tali orman yolu) ve traktör yollarıdır (Şekil 2). Bu yolların geometrik standartları Tablo 1'de gösterilmiştir (OGM, 2008).

Tablo 1. Orman yolları geometrik standartları (OGM, 2008)

Yolun Tipi	Birimi	Ana Orman Yolu	Tali Orman Yolu			Traktör Yolu	
			A - Tipi	B - Tipi			
				SBT	NBT		EBT
Platform genişliği	m	7	6	5	4	3	3,5
Şerit sayısı	adet	2	1	1	1	1	1
Azami eğim	%	8	10	9	12	12	20
Asgari kurp yarıçapı	m	50	35	20	12	8	8
Şerit genişliği	m	3	3	3	3	3	3
Banket Genişliği	m	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	
Hendek genişliği	m	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50	
Üst Yapı Genişliği	m	6	5	4	3	3	
Köprü genişliği	m	7+(2x0,6)	6+(2x0,6)	5+(2x0,6)		4+(2x0,6)	

SBT: Standartları yükseltilmiş B Tipi tali orman yolları, NBT: Normal B Tipi tali orman yolları, EBT: Ekstrem B Tipi tali orman yolları

Ana Orman Yolu; Trafiğe uygun platform genişliği 7 m ve hendek genişliği 1 m olup toplam genişliği 8 m olan, ana dereleri takip eden yollardır (Şekil 2). Bu genişlikte yol yapılabilmesi için o yol üzerinde bir yılda taşınacak emval miktarının 50000 m³' ten fazla olması ve Orman Genel Müdürlüğü'nden özel izin alınması gerekmektedir. Bu tip yolların tamamı 6 m genişliğinde üst yapı malzemesi ile kaplanacak, asgari kurp yarıçapı 50 m, azami eğim % 8 olacaktır. Bu tip yollarda standart trafik işaretleri konulması zorunludur (Erdaş, 1997).

A Tipi Tali Orman Yolu; Trafiğe uygun platform genişliği 6 m ve hendek genişliği 1 m olup toplam genişliği 7 m olan ana dere yollarıdır (Şekil 2). Bu genişlikte yol yapılabilmesi için o yol üzerinde bir yılda taşınacak emval miktarının 25000–50000 m³ arasında olması ve Orman Genel Müdürlüğü'nden özel izin alınması gerekmektedir. Bu tip yolların tamamı 5 m genişlikte üst yapı malzemesi ile kaplanacak ve asgari kurp yarıçapı 35 m ve azami eğim % 10 olacaktır.

B Tipi Tali Orman Yolu; Trafiğe uygun platform genişliği 4-5 m ve hendek genişliği 1 m olup toplam genişliği 5-6 m olan dere ve yamaç yollarıdır (Şekil 2). Bu yollar üzerinde

bir yılda taşınacak emval miktarı 25000 m³'ten azdır. Üretim ve nakliyat mevsimi, nakledilecek emvalin cinsi, arazi yapısı gibi faktörler dikkate alınarak bu tip yolların tamamı veya bir kısmı 3-4 m genişliğinde üst yapı malzemesi ile kaplanacaktır. Asgari kurp yarıçapı 12 m ve prensip olarak normal eğim olan %9 kullanılacak, ancak ender olarak ve kısa mesafelerde uygulanmak şartıyla azami eğim %12 olacaktır. Ters taşımada eğim 1000 m'ye kadar %9, 1000 m'den daha fazla mesafede %7 olacaktır. %75 in üzerinde olan arazi yamaç eğiminde uzun mesafede som ve sert kaya olması halinde, yol platformu 3 m ve hendek 0,50 m olmak üzere B tipi tali orman yolu, toplam 3,5 m genişliğinde olacaktır.

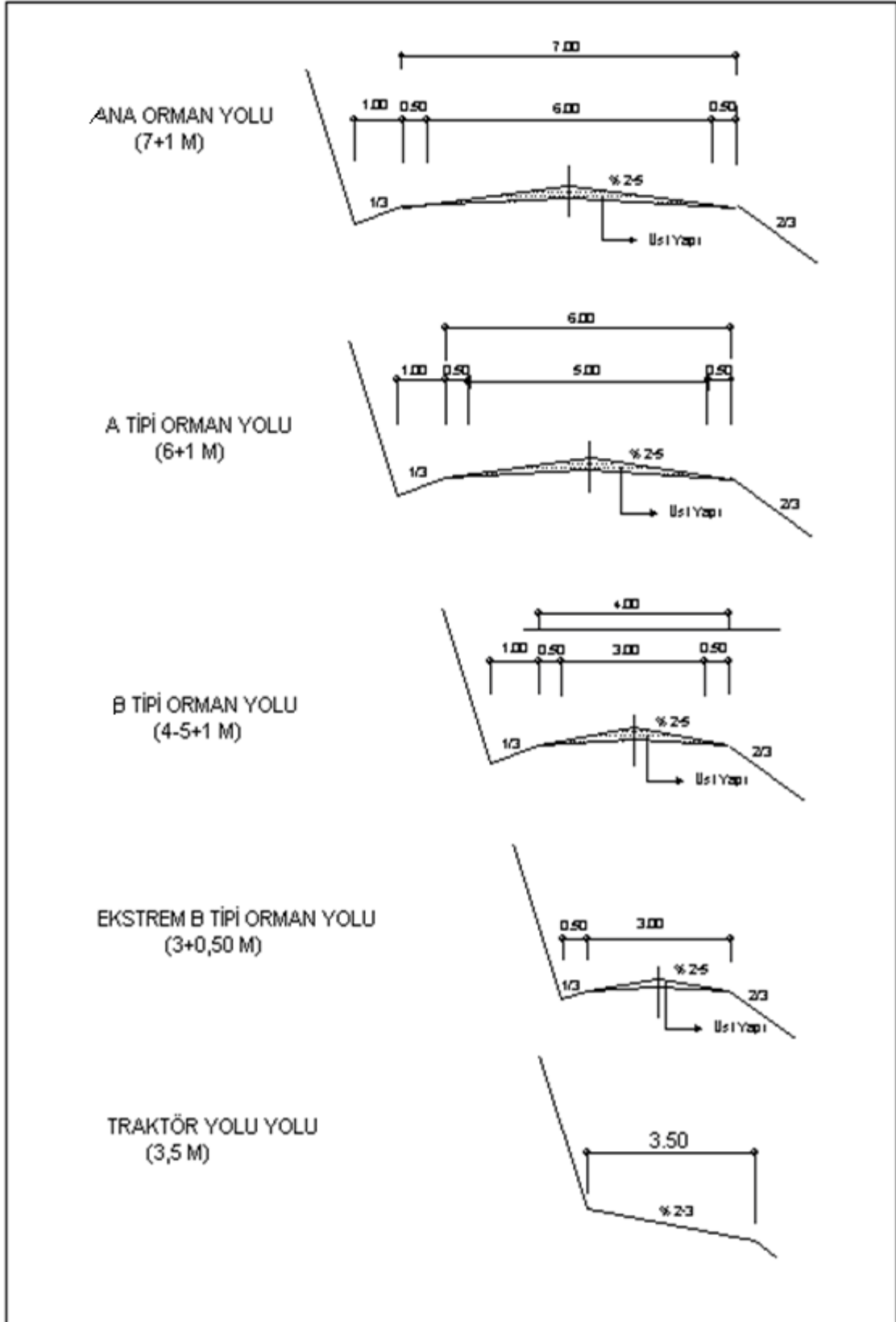
Yukarıda genel tarifi yapılan ve ormanların çok büyük bir bölümüne ulaşımı sağlayan, B tipi tali orman yolları; arazinin topografik yapısı, ormancılık faaliyetlerinin yoğunluğu ve önceliği, iş merkezleri, trafik yoğunluğu gibi etkenler dikkate alınarak üç alt gruba ayrılmıştır. Standartları Yükseltilmiş B Tipi Tali Orman Yolları (Şekil 2); Bu yollar, İşletme Şefliği ormanlarının merkezine ulaşan veya ormanlarla birlikte grup köylerin ulaşımını sağlayan, treylerlerin ağır iş makinelerini manevrasız taşıyabileceği, platform genişliği 5 m, hendek genişliği 1 m, azami eğimi %9, asgari kurp yarı çapı 20 m ve laseleri uygun, asgari 20 – 30 m görüş mesafesi olan, sanat yapısı ve üst yapı yapılması öncelikli yollardır.

Normal B Tipi Tali Orman Yolları; Platform genişliği 4 m, hendek genişliği 1 m, azami eğimi genelde %9, ender olarak %12, kurp ve lase asgari yarıçapı 12 m olan ve ormanların geneline ulaşımı sağlayan yollardır. Bu yollar normal topografik yapı ve arazi şartlarında uygulanır (Şekil 2). Ekstrem B Tipi Tali Orman Yolları; Bu yollar, çok zor arazi şartlarının bulunduğu veya orman zonundan dağ zonuna yaklaşıldığında ucu kör yollar ile çok dik yamaçlar ve som kayalıkların bulunduğu alanlarda kısa mesafelerde uygulanabilecek yollardır (Şekil 2). Platform genişliği 3 m, hendek genişliği 0,50 m, azami eğim kısa mesafelerde % 12 olabilecektir. Karşılaşma yerleri ve yolun sonunda dönüş yeri yapılacak, uygun görülen yerlerine trafik işaretleri konulacaktır.

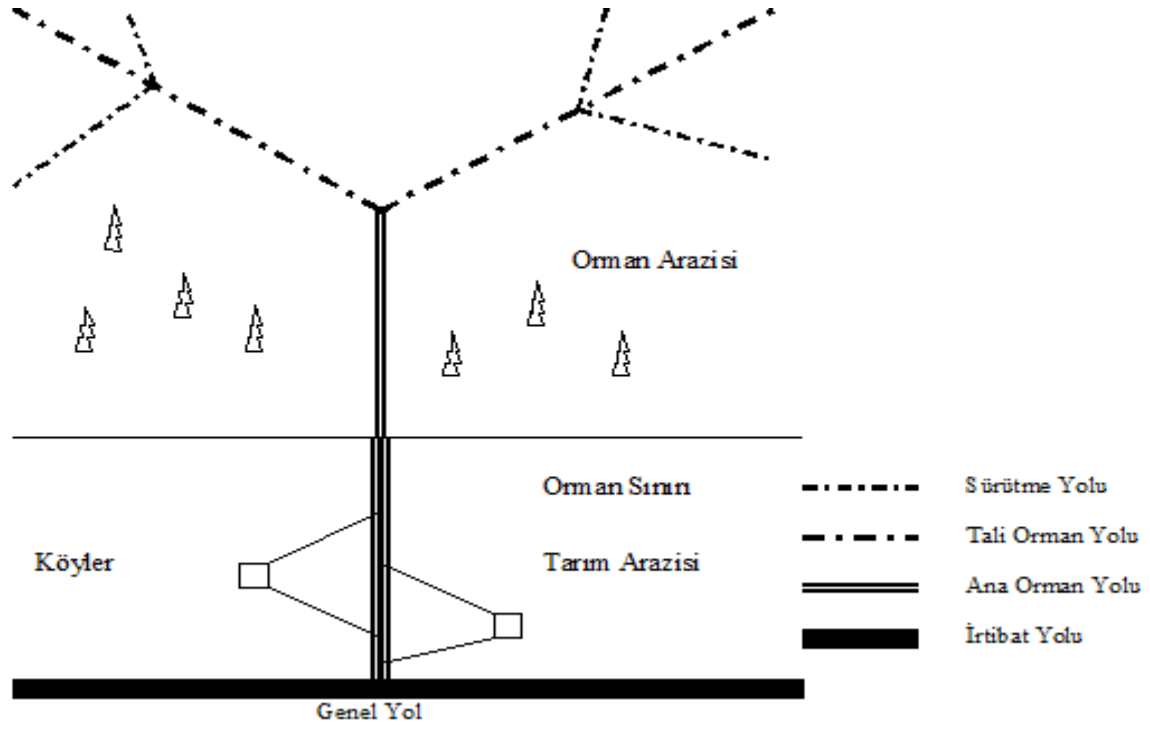
Traktör yolu; Mekanizasyon uygulaması henüz başlamayan üretim alanlarında, sürütülerek dere içlerinde belirli bir rampada toplanan emvalin mevcut yollara sürütülmesinin imkansız olması halinde, sadece sürütülen bu emvali almak amacıyla yapılan geçici yollara denir (Şekil 2). Traktör yollarında iniş aşağı nakliyatta azami eğim %20, yokuş yukarı nakliyatta azami eğim %12 olacak ve hiçbir surette bu eğimler aşılmayacaktır. Yol genişliği 3,5 m ve yol platformu dere tarafına %2-3 eğimlidir. Traktör

yolları uzunluğu en fazla 1 km olacak ve bu miktar hiçbir şekilde aşılmayacaktır. Asgari kurp yarıçapı 8 m'dir. Traktör yollarında hiçbir şekilde üst yapı yapılmayacaktır.

Sürütme izleri; Sürütme izi kavramı, üretimden önce planlanarak geçki üzerindeki ağaçların temizlenmesiyle oluşan, üretim araçlarından 1 m daha geniş (2,5-3,5 m) olan geçici transport tesisleridir (Şekil 3). Genellikle sürütme izlerinin ortalama uzunlukları taşıma maliyetini azaltmak için 250 m olabilmektedir. Sürütme izleri dallanmış ve paralel olmak üzere ikiye ayrılırlar. Sürütme izlerinin düzgün olması işin hızlı ve kısa zamanda yapılmasını sağlamakta, sürütücü araçlarının başarısını artırmaktadır. Endüstriyel odun hammaddesinin meşceredeki kütüklere çarpmaması için keskin kavisli sürütme izi yapılmamalıdır. % 50'den fazla eğimlerde sürütme yapılması erozyonu artırmakta, bu alanlarda hava hattı kullanılması gerekmektedir. Islak ve kayalık zeminlerden kaçınılmalıdır (Garland, 1997).



Şekil 2. Orman yol tipleri ve standartları



Şekil 3. Bir orman ünitesinin işletmeye açılmasında söz konusu olan yol tipleri ve bu yolların sistem içindeki durumları (Görçelioglu, 2004).

1.3.4. Orman Yol Geçkisi

Orman yollarının planlanması sırasında yolların nereden geçeceğinin belirlenmesi için yapılan çalışmalara geçki etüdü denilmektedir. Geçki etüdü sonunda ortaya çıkan ve yolun plan olarak eş yükselti eğrili bir harita üzerinde nereden geçeceğini belirleyen çizgiye de orman yol geçkisi veya orman yol güzergahı adı verilmektedir (Erdaş, 1997).

Orman yol geçkilerinin belirlenmesinde dikkat edilmesi gereken 3 temel esas vardır. Bunlar; teknik esaslar, planlama ile ilgili esaslar ve yapım ile ilgili esaslardır. Bunlardan teknik esaslar şunlardır (Erdaş, 1997);

- Bir orman yolu doğanın yapısını ve görünümünü bozmamalı, tam tersine doğanın bir parçasıymış gibi ona uyum sağlamalıdır.
- Heyelan tehlikesi olan yamaçlardan, taşıma yeteneği olmayan bataklık gibi arazilerden, yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu yerlerden ve değerli tarım alanlarından orman yolu geçirilmemelidir.
- Dağlık alanlarda vadilerden ve boyun noktalarından yolların geçirilmesine özen gösterilmelidir.

- Yol bakım çalışmalarının kolaylaştırılması ve zeminin kuru kalmasını temin etmesi bakımından güney yamaçlardan ve kuru yerlerden orman yolları geçirilmelidir.
- Köprü yerlerinin seçimine özellikle dikkat edilmeli ve sağlam zeminler seçilmelidir.
- Kaliteli yol yapı malzemesi ihtiyacı için bu tür malzemelerin kolayca sağlanacağı yerlere yakın yol geçkilerine öncelik vermelidir.

Orman yol geçkilerinin sağlaması gereken minimum koşullar ise şu şekildedir;

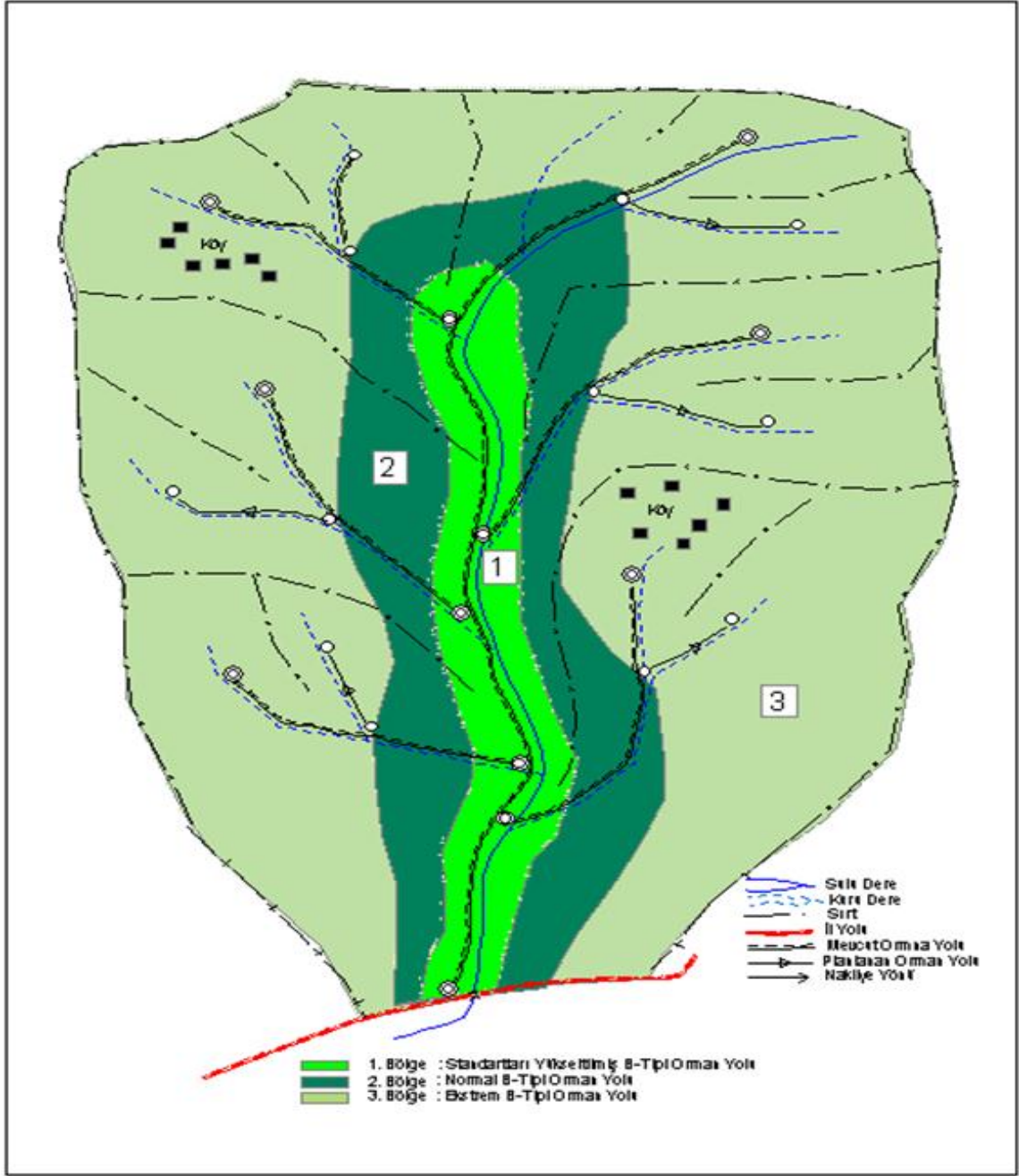
- Geçki, ana noktaları birbirine bağlamalıdır. Bunlar yolun başlangıçta karar verilen ve geçmesi zorunlu olan pozitif kardinal noktalardır.
- Geçki, ön görülen yol sınıfına ilişkin proje standartlarını sağlamalı ve yapımına imkan vermelidir.
- Geçki yolun ana kullanım amacına uygun olmalıdır.
- Geçki, jeolojik oluşum yönünden kararlı ve daha az kalın bir üst yapıya imkan verecek, taşıma gücü yüksek sağlam zeminli yerlerden geçmelidir.
- Geçki maliyeti; yapım, sanat yapıları, şev stabilitesi, oturmalar ve bakım yönünden en düşük olacak şekilde düşünülmelidir.
- Geçki, yolun sınıfına uygun olarak toprak işi mümkün olabildiği kadar az, toprak taşıma mesafeleri küçük ve kazıyla doldurunun birbirini dengeleyebileceği yerlerden geçirilmelidir.
- Normalin üstünde yeraltı suyu ve yüzeysel su etkisinde kalan yollarda bozulma daha çabuk olacağından drenaj imkanı en iyi olan yerden geçkinin geçirilmesine çalışılmalıdır.
- Akarsu geçişleri daha küçük maliyete imkan vermesi bakımından mümkün olduğu kadar dik açı altında yapılmalıdır.
- Geçki kamulaştırmaya imkân vermeden devlet ormanları içinden geçirilmelidir.
- Geçki sırasında ters eğim oluşmamalıdır.
- Geçki, mevcut karayolu şebekesiyle iyi bir uyum sağlamalıdır.

1.4. Orman Yol Ağları

Orman yolları birleşerek orman yol ağlarının ve yol sisteminin oluşmasını sağlarlar. Bir orman topluluğundan elde edilecek her çeşit ürünü amaca uygun bir şekilde ve sürekli taşımaya ve her çeşit ormancılık hizmetlerini yapmaya, ormanların çok yönlü fonksiyonel faydalarının gerçekleştirilmesine elverişli dere yolları, yamaç yolları ve bağlantı yolları gibi birbirine bağlı birçok ana ve tali yolların tümüne birden orman yol ağı denilmektedir (OGM, 2008).

Orman içine her türlü teknik ve idari işleri götürebilmek ve odun hammaddesini orman içinden tüketim yerlerine kadar taşımak amacıyla orman içinde bir ağ şeklinde oluşturulmuş bütünlüğe orman yol ağı adı verilmektedir (Arıcak, 2008). Hasdemir ve Demir (2000), ormanların entansif olarak işletilebilmesi için amaca uygun standart ve yoğunlukta planlanmış yol ağı ile donatılması gerektiğini belirtmişlerdir. Orman ürünlerinin en az masrafla (sürütme, taşıma, vb) kesim alanından orman yol kenarlarına buradan da ana depolara getirilebilmesi için ormanın yeteri kadar uzunlukta ve sıklıkta bir yol ağı ile işletmeye açılması gerekmektedir.

Orman Yol Ağı Plânlarının Düzenlenmesine Ait Yönetmelikte; orman yol ağı planlarının amaç ve kapsamı, "bir orman topluluğunun entansif olarak işletilmesi için ekim, dikim, bakım, hastalık ve zararlılarla mücadele, yangınlardan koruma veya söndürme gibi çeşitli ormancılık hizmetlerinin zamanında, usul ve tekniğine uygun olarak yapılabilmesi amacıyla ormandaki tüm meşcerelerde ulaşımı sağlamak", tarifi ise, "bir orman topluluğundan elde edilecek her çeşit hâsılatı amaca uygun bir şekilde ve sürekli olarak taşımaya ve çeşitli ormancılık hizmetlerini yapmaya elverişli vadi yolları, yamaç yolları, sürütme izleri ve irtibat yolları gibi birbirine bağlı birçok ana ve tali yolların genel projelerini oluşturmak" şeklinde ifade edilmektedir (OGM, 2008). Bir orman yolu ağı, orman alanlarının işletmeye açılması ve bu alanlarının ülke ekonomisiyle bütünleştirilmesi için uzun vadede alternatifi olmayan tek çözümdür (Görcelioğlu, 2004; Demir,2007).



Şekil 4. Orman yol ağı plan ünitesi ana şeması

1.4.1. Orman Yol Ağı Planlarının Düzenlenmesi

Orman yol ağı planları orman bölge müdürlüklerince düzenlenir veya bölge müdürlüklerinden izin alınmak şartıyla işletme müdürlüklerince yaptırılır.

1.4.1.1. Mevcut Yollardan Yararlanma

- Yol ağı planının düzenlenmesinden önce ormanda yapılmış olan yolların bu plan içinde kullanmaya, ormancılık hizmetlerinin yapılmasına elverişli olup olmadığı yer, güzergâh, eğim, genişlik, kurp ve laseler bakımından incelenir. Bu yollardan yerleri, güzergâhları ve eğimleri bakımından uygunluğu araştırılır, büyük onarımla dahi ıslahı mümkün olmayanlar tamamıyla terk edilerek yol ağı planı dışında bırakılır, uygun olanlar 1/25000 ölçekli paftalara işlenir.

- Diğer kuruluşlarca ileride yapılması planlanmış bulunan yollar da dikkate alınır.

- Asıl amaç, ormancılık hizmetlerini en iyi şekilde gerçekleştirmek olduğundan, mevcut yollar, öncelikle bu görüş açısından incelenecektir.

Bu hizmetlere ve standartlara uygun olanlardan; İdare tarafından yapılan yollardan yukarıda açıklanan ilkelere uygun olanlara kod numarası verilerek, haritasına işlenir ve yol ağı planına alınır. Ekonomikliği göz önünde tutulmak koşuluyla, büyük onarımla standart hale getirilmesi uygun görülenler, büyük onarım olarak yol ağı planına alınırlar.

Hiçbir şekilde standart hale getirilemeyen veya ıslahı yeni yol yapımından daha pahalı olacak yollar, yol ağı planı dışında bırakılır. Sürütme yolu olarak kullanılmak üzere, standart dışı yol özel işaretiyle haritasında gösterilir.

Diğer kuruluşlarca yapılmış veya kesin yapılacak yollar; Yukarıda açıklanan ilkelere uygun yollar, yol ağı planına alınır ve özel işaretiyle gösterilir. Kod numarası verilmez, sıra numarası verilir. Devlet, il ve köy yolları cetvelinde gösterilir.

1.4.1.2. Harita Üzerinde Çalışma

Yeni yol ağı planı yapımı sırasında harita üzerinde yapılması gereken işlemleri dört madde halinde özetleyebiliriz. Bunlar sırası ile;

1. Gerekli bilgilerin haritalara işlenmesi
2. Yolların renklendirilmesi, tesislerin işlenmesi ve isimlendirme
3. Kodlandırma, yol bilgi formu düzenlenmesi, uygulamaların işlenmesi ve bölme numaraları
4. Çalışmanın şekli ve diğer işlerdir.

1. Gerekli bilgilerin haritalara işlenmesi ile ilgili yapılan işler;

- Planlanması yapılacak ünite; amenajman planları, ağaçlandırma projeleri, varsa hava fotoğrafları, yeni paftalar ve kadastr haritalarından da faydalanılarak arazi gezilerek incelenir.

- Plan ünitesinin mülkiyet durumu, topografik yapısı olan; kayalık, bataklık, kokurdanlık, heyelanlı sahalar, ağaçlandırılması mümkün olmayan sahalar, baraj yerleri ve kodları, orman hududu ve açıklık sahalar ile mevcut ve planlanan tesisler belirlenerek 1/25 000 ölçekli paftalara işlenir.

- İnşaatları kesinleşmiş, baraj ve gölet yerleri ve bunların en yüksek kodları, yapılacak yollar, büyük ve önemli tesisler resmi yazı ile ilgili kuruluşlardan sorulup öğrenilir.

- Her plan ünitesinde yol güzergâhları ve yol yoğunluğu belirlenir.

- 1/25 000 ölçekli paftalar üzerinde tesviye eğrileri sarp arazide 100m de bir, diğer arazide 50m de bir çizilir, rakımları 100m de bir yazılır.

- Belirgin dağ ve tepelerin yüksekliği yazılır, sulu ve kuru dereler, bölmeler, sırtlar, köy, mevki isimleri, depo yerleri, mevcut ve planlanan yollar ve tesisler, karayolları, köy yolları ve cetvelleri, orman durumu, yol yoğunluk cetveli, yol planı ve yapım programı cetveli ve özel işaretler listesi, olur imza klişesi düzenlenir.

- Ormanlık alanlar yeşil, açıklık alanlar sarı ve ağaçlandırılmayacak alanlar açık mor rengi ile gösterilir, özel işaretlerine ve standartlarına uygun olarak çizilir. 292 sayılı tebliğde açıklanan dispozyonuna göre gerekli olan bilgiler, itineri tespitleri ve uygun yol güzergâhları belirlenir ve haritasına işlenir.

2. Yolların renklendirilmesi, tesislerin işlenmesi ve isimlendirme ile ilgili yapılan işler;

- Ana orman yolları; planlananlar sarı tam çizgi ile mevcutlar tam çizginin paralelinde kopuk çizgi ile birlikte,
- A tipi tali orman yolu; planlananlar kahverengi tam çizgi ile mevcutlar tam çizginin paralelinde kopuk çizgi ile
- B tipi tali orman yolu; planlananlar siyah tam çizgi ile mevcutlar tam çizginin paralelinde kopuk çizgi ile
- Büyük onarım; temsil ettiği yolun renginde kopuk paralel çift çizgi ile
- Standart dışı yollar; kopuk siyah tek çizgi ile
- Traktör yolları; kırmızı tam tek çizgi ile

- Mevcut tesisler; özel işretler tablosundaki şekline göre tam çizgi ile yapılacak olanlar ise; aynı şeklin kopuk çizgileri ile gösterilir.
- Son şeklini alan orman yol ağı planında yol güzergâhlarına ait eğimler, eğim yönleri, eğim değişme noktaları, taşıma yönü harita üzerinde gösterilir.
- Yolların baş ve son noktalarına, yatay olarak öncelikle eski yol planlarındaki isimleri, yoksa yerel isimler verilir. Yolun 5,000km den uzun olması halinde orta kısmına da kod numarası verilir.

3. Kodlandırma, yol bilgi formu düzenlenmesi, uygulamaların işlenmesi ve bölme numaraları ile ilgili yapılan işler;

Kodlandırma, yol bilgi formu düzenlenmesi ve uygulamaların işlenmesinde İşletme Müdürlüğünün, ilk şefliği 001 numaradan başlayarak, sayfa- satır düzeni yönünde sırasıyla yollara kod numarası verilir. İleride planlanacak yollar için yeterli yedek numara bırakılır, diğer şefliklerin kodlamasına geçilir. Kod numaraları uzun tullü yollarda baş, orta ve sonlarına, kısa tullü yollarda ise yalnız baş ve sonuna, yolun yönüne paralel yazılır, 2000km'den kısa tullü yollar bağlı olduğu yolun kodunu, orman yoluna bağlı değilse bağımsız kod numarası alır.

Bölme numaraları, kılavuzları, sınırları ve varsa fonksiyonel alan sınırları, ormanlık ve açıklık alanlar, amenajman planı meşçere haritasından alınarak çizilir.

4. Çalışmanın şekli ve diğer işler;

Çalışmalara ışık tutmak amacıyla, amenajman planlarından plan ünitesinin ormanlık alanları, açıklık sahaları, ağaçlandırma projelerinden ağaçlandırılacak sahalar ve ağaçlandırılmayacak sahalar, kadastro haritalarından mülkiyet durumları belirlenerek itibari yol yoğunluğu bulunur, 2 no'lu cetvel düzenlenir.

Orman yol ağı planları 1/25 000 ölçekli ve tesviye eğrili paftalar üzerinde düzenlenir. Orman yol ağı planlarının yapımında bağlı kalınacak ilkelere göre, haritalar üzerinde ana ve tali dere yolları ile yamaç yollarının güzergâhları geçirilir.

Belirlenen güzergâhlar boyunca, aşağıdaki zorunlu noktalar işaretlenir;

- Yolun başnoktası,
- Menfez, açık kasis ve köprü yerleri,
- İstif ve depo yapmaya elverişli yerler,
- Kavşak noktaları,
- Havzalar arası bağlantı için en uygun boyun noktası,
- Ormancılık hizmetleri yönünden temas etmesi gerekli diğer noktalar,

- Yolun son noktası,
- Üst yapı malzemesi almaya elverişli alan veya ocaklar,
- Yangınlarda arazözlerin su alabileceği, havuz, akarsu, göl veya göletler,
- Diğer İşler;
- Haritalar, haritacılıkta kullanılan kaliteli ve özgün kâğıtlara basılır.
- Yol planı klişe başlığı, pafta indeksi ve ölçeği, yön işareti, imza klişesi, özel işaretler tablosu, ilgili tablolar, harita kenar bandı, komşu kuruluş isimleri, yolların plan sınırın dışına çıktığı yerde en yakın nereye gittiği ve km'si, standartlarına uygun yazılır.
- Harita üzerinde yer alan yazı, çizim ve şekiller özel işaretler tablosu ve standartları ile uyumlu hazırlanır.

1.4.1.3. Harita Düzeni

Haritanın konumu; Orman yol ağı planı haritası, haritacılıkta kullanılan standartlara göre düzenlenir ve konumlandırılır. Ayrıca bu tebliğde istenen hususlarda örneğine uygun düzenlenir. Orman yol ağı haritaları, harita yerleşim düzeni veya model plan tekniğine uygun hazırlanır. Anormal asimetrik şeklinden dolayı haritanın büyümesine ve kullanışsız hale gelmesine sebep olan çok uzun sivri çıkıntılar ön onay aşamasında kararlaştırılarak, her iki tarafta kahverengi çift bindirme çizgisi ile ayrılıp, aynı ölçek ve yönde uygun alana yerleştirilebilir.

Model Plan ve Uygulaması: Plan ünitesi alanının 60000 ha'dan büyük ve ormanlık alanların parçalı ve dağınık olduğu bölgelerde veya ormanlık alan ile orman dışı alanın tam ve blok olarak ayrıldığı Şefliklerde planlama yöntem ve kriterlerine bağlı kalınmak şartı ile yalnız haritaların düzenlenmesinde; ormanlık alanların konumları uygun ölçekli pafta indeksinde veya anahtar paftada numaralı gösterilip en yakın köy ve ilçe ile ulaşım bağlantısı kurularak, her ormanlık alanın yan yana aynı haritada veya müstakil 1/25000 ölçekli haritalarda çizilmesidir. Anahtar pafta 1/50 000- 1/250000 ölçekler veya arası olabilir. Anahtar paftaya ormanların yatay kesit görünümü, konumu, yerleşim yerleri, ana ulaşımı oluşturan mevcut köy ve karayolları, büyük akarsu, göl ve göletler güvenilir haritalardan alınarak aktarılır. Ormanlarla doğrudan ilişkili olmayan bu alanlar, yollar ve tesisler orman içi ve bitişiği alanlar için uygulanan maliyet hesaplarında yer almaz. Ancak müstakil orman alanları ve içerisinde yapılan her iş için kendi tarifi uygulanır. Anahtar

paftanın düzenlenmesinde kendi tarifi uygulanır. Genel sahası 60000 ha'dan küçük plan ünitesinde model plan uygulanması Bölge Müdürlüğü'nün iznine bağlıdır.

1.4.1.4. Arazide Çalışma

Yeni yol ağı planı yapımı sırasında arazide yapılması gereken işlemleri aşağıdaki şekilde maddeler halinde özetlenebilir. Bunlar sırası ile;

- Taslak planda gösterilen planlanacak dere ve yamaç yolu güzergâhları ile mevcut orman yolu itinerileri arazide GPS, klizimetre, altimetre, metre, pusula, dürbün veya emsali diğer teknik aletlerle tespit edilir, orman içi köy ve karayolları ise oto ile gezilerek incelenir, kayıtları tutulur. Orman içi ve bitişiği alanlardaki mevcut ve yapılacak yolların güzergâhları boyunca arazide fiilen ve özenle incelenmesi, istenilen bilgilerin yetkili ve sorumlu orman mühendisince tespiti vazgeçilemez zorunluluktur. Orman yolu planlamasının temelini teşkil eden bu husus en üst seviyede yerine getirilir ve kontrol edilir. Planlamanın diğer detayları olan tamamlayıcı unsurlar standartlarına uygun yapılır.
- Mevcut yolların itineri değişim noktaları, planlanan yolların yatay düzlemdeki ana kırık noktaları ile düşey düzlemdeki eğim değişim noktaları veya en fazla 150m aralıklı noktalar civar ağaçlara veya sabit kayalara yağlı boya ile işaretlenir. Koordinat ve rakımıyla kayıtları tutulur.
- Büro çalışmalarında haritada görünmeyen arazi incelemesinde tespit edilen ve yol inşaatı bakımından önemli olan arazi zorlukları veya haritanın sağlıklı olmaması yüzünden ve diğer bakımlardan yapılması zorunlu olacak düzeltmeler yapılarak en uygun durum belirlenir, araziye de aplike edilerek haritaya işaretlenir ve taslak yol planı hazırlanır.
- Planlar hazırlanırken mahalli işletme müdürü ve işletme şefinin görüşleri alınır ve durum bir protokolle tespit edilir.
- Yapım, bakım ve onarım maliyetlerinin hesaplanmasında gerekli olan klâs, ortalama arazi yamaç eğimi gibi bilgiler incelenerek kayıtları tutulur.

1.4.1.5. Çalışmaların Kontrolü ve Yol İnşaatı Önceliği

Yüklenici hazırladığı yol ağı planlarında; araştırma, izleme ve belirleme çalışmalarında uygulamış olduğu yöntem, ölçüm, doküman, bilgi, belge, çalışma planı dökümü ve dayanaklarını ve taslak yol ağı planını incelenmek üzere Kontrol Teşkilatına verir.

Yol inşaatı önceliği için; amenajman ve silvikültür planları, ağaçlandırma projeleri esasları kapsamında inceleme yapılır. Mahalli İşletme Şefi ve İşletme Müdürünün kararları doğrultusunda ilk olarak yapılacak yollar, sonra yapılacak yollar ve en son yapılacak yollar olmak üzere üç grup halinde yol inşaatı, zaman düzeni tayin ve tespit olunur.

1.4.1.6. Teknik Raporun Hazırlanması ve Taslak Yol Ağı Planının Ön Onayı

Teknik Rapor: Ormanın durumu, mevcut yollar, planlaştırılan yol ağı, varsa etüt edilen varyantlar, inşaat maliyet hesabı ve inşaat süresi, yol ağının tadili ile ormanın işletmeye açılması dışında elde edilecek imar, bakım, koruma, orman zararlıları ile mücadele, plan ünitesindeki ormanların fonksiyonel faydalarının hizmete sunulmasında yöreye özel ulaşım hizmetlerini etkileyen ve çözüm önerileri getiren uzman görüşlerinin değerlendirildiği ve diğer ormancılık hizmetlerine yönelik faydaları da içerir. Ayrıca; içindekiler, genel hususlar, mevcut yol ağı, projesi kabul edilen yol ağı, ekonomik hususlar ve yol ağının genel faydaları, ekleri ve son sözden oluşan ana bölümleri kapsar.

Ön onaya sunulacak rapor ve haritalarda teknik şartname, mevzuat ve standartlarına uygun yazı, çizim ve boyama yapılır, tam ve basıma hazır halde bulunur, eksik bilgi, belge veya standart olmayan taslak planlar ön incelemeye alınmaz. Ön onay için Genel Müdürlüğe iki takım rapor ve harita hazırlanır, biri inceleme sonrası iade edilir, diğeri asıl plan onaylanıncaya kadar, dosyasında korunur.

Taslak orman yol ağı planı Kontrol Teşkilatı, İşletme Şefliği ve İşletme Müdürlüğüne kontrol edilir, eksik ve hatalar varsa giderilir, yapılan kontrol bir tutanağa bağlanır, açıklama veya mevcut yollarda değişiklik varsa gerekçesi özet olarak tutanakta yer alır, Bölge Müdürlüğü uygun görüşleri ve üst yazısı ekinde Genel Müdürlüğe gönderilir. Genel Müdürlükte düzenleyen veya yetkili orman mühendisi ile birlikte ön onay incelemesine alınır, ön onaydan sonra hazırlanan harita, rapor ve coğrafi bilgi sistemine

göre sayısal arazi modeli ve veri tabanı ile düzenlen kaliteli CD veya depolama aygıtları hazırlandığı şekilde korunur.

1.4.2. Orman Yol Ağı Planlarının Düzenlenmesinde Bağlı Kalınacak İlkeler

1.4.2.1. Plan Ünitesi

İşletme Şefliği sınırları dâhilinde kalan alan veya bütün bir dere sistemini içine alan su toplama havzası bir plan ünitesidir. Orman yol ağı planı; ana ve tali derelerden oluşan bir ana su toplama havzasını veya İşletme Şefliği alanını tam olarak ulaşım açacak şekilde düzenlenir. Küçük havzalar bazında düzenlenen çalışma ünitelerinin birleştirilmesi ve koordinesiyle havza veya şeflik bazında orman yol ağı planı meydana getirilir.

1.4.2.2. Taşıma Yönünün Tespiti

Her plan ünitesinde taşımının yukarıdan aşağıya doğru yapılması esastır. Ancak; Devlet karayolu, demiryolu istasyonu, pazar merkezleri ve fabrikaların bulunduğu yerler ve bölmeden çıkarmanın mekanizasyon ile yapılacağı sahalar dikkate alınarak taşıma yönü değiştirilebilir.

1.4.2.3. Plan Yapımında Göz Önünde Bulundurulacak Diğer Hususlar

- Havzalar arası bağlantı, en uygun boyun noktası veya yerden sağlanır.
- Yangına hassas mıntıklalarda yangın emniyet yollarının yol ağına bağlantısı sağlanır.
- Yol ağı planlarının düzenlenmesinde en az orman alanı kaybı esas alınır.
- Yamaç eğiminin %75'in üzerinde olduğu arazilerde veya som kayalık alanlarda taşıma hizmetleri için öncelikle mekanizasyon sistemlerinin uygunluğu araştırılır, bulunamazsa yol planlaması yapılır.
- Erozyon kontrol sahalarında yol yoğunluğu en az seviyede tutulur ve ağaçlandırma sahalarında planlanacak yolların, orman yolu veya yangın emniyet yolu niteliğinde olmasına çalışılır.
- Planların rapor bölümünde dispozyona uygun düzenleme yapılacak, her plan; plan ünitesinin ulaşımına ve lokal mekanizasyon uygulamalarına etki

eden önemli faktörleri, yolun geometrik standartlarına göre durumu ve konumu, büyük onarım, sanat yapısı, üst yapı durumları detaylı incelenip, ulaşım sorunları, çözüm önerilerini, bilgi ve deneyim sahibi uzman yöneticilerin görüş ve önerilerini yansıtacaktır. Raporlarda genel şablon ifadeler yerine, plan ünitesinin özel inceleme ve değerlendirme bilgileri, uygulayıcıya rehber niteliğinde yer alacaktır.

- Orman yol ağı planlarının düzenlenmesi ve uygulamasında; 21.7.1983 tarih ve 2863 sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu, 19.10.1989 tarih ve 383 sayılı Özel Çevre Koruma Kurumu Başkanlığının Kurulmasına Dair Kanun Hükmünde Kararname, 9.8.1983 tarih ve 2873 sayılı Milli Parklar Kanunu, 29.6.2006 tarih ve 5531 sayılı Orman Mühendisliği, Orman Endüstri Mühendisliği ve Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Hakkında Kanun ve ilgili diğer kanunların hükümlerine uyulur.
- Milli Park ve piknik mesire yerlerinde planlanacak yol ağının tespitinde; bu tebliğdeki genel kıstaslara bağlı kalınmaksızın bu yerlerin kuruluş amacı, özellikleri, çevre ve tabiat varlıklarının korunması göz önünde tutularak, kullanma ve gelişme planlarının gerçekleşmesini sağlayacak ve orman alanı kaybını en az seviyede tutacak planlama yapılır.
- Muhafaza ormanı veya muhafaza karakterli ormanlarda yol planlanmasının zorunlu olması halinde yol yoğunluğu ve geometrik standartları olabildiğince en alt seviyede tutulur.

1.4.2.4. Uygulanacak Eğimler ve Ortalama Eğim Hesabı

Yol ağı içinde yer alan yollarda kara taşıtları ile iniş aşağı taşımanın güvenli ve uygun olması için eğimler, prensip olarak normal eğim oranı olan %9 u aşamaz. Ancak; bu normal eğim oranının korunmasından dolayı çok yüksek maliyetlere sebep olan, zor arazi şartları ve teknik zorunluluklar karşısında ender olarak ve kısa mesafelerle sınırlı kalmak şartıyla eğimler %12'ye kadar çıkarılabilir. Taşıma yönünde prensip olarak aksi eğimlere izin verilmez. Ancak;

- Komşu nakliyat havzaları arasında taşıma bakımından bağlantı zorunluluğu,
- Büyük arazi zorlukları,
- Yolun temas etmesi zorunlu noktalar,

- Sahipli arazi,

Bulunması hallerinde, en fazla 1000m içinde kalmak şartıyla %9, daha uzun mesafeler için ise %7 aksi eğime izin verilebilir. Yol güzergâhının tayininde yol boyunca çok zorlayıcı sebepler olmadıkça %0 ve %1 eğimler kullanılamaz.

Ortalama eğim hesabı; birbirini takip eden iki ölçüm noktası arasında uygulanması gereken ortalama eğim (%P) bu noktalar arasındaki kod farkı (H) ve yatay mesafe (L) yardımı ile aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$\%P = \frac{H \times 100}{L} \quad (1)$$

Hesap edilen eğimle, harita üzerinde güzergâh hattı (sıfır hattı) aranır, bunun için tesviye eğrileri arasındaki yükseklik farkı (h) uygulanacak eğim oranı (%P) ve haritanın ölçeğinden (1/25000) pergel açıklığı (X) aşağıdaki formülle bulunur.

$$X = \frac{h}{P} \times 100 \times \frac{1}{25000} \quad (2)$$

Yayvan ve çok girintili çıkıntılı arazide pergel açıklığı yarılanarak, hatta belki üçe veya dörde bölünerek birbirini takip eden iki tesviye eğrisi arasında diğer ara noktalarda enterpolasyon yöntemi ile işaretlenir.

x = Pergel açıklığı,

h = Tesviye eğrileri arasındaki yükseklik farkı,

p = Ortalama eğim,

Bu formüle göre hesaplanan pergel açıklığı mm cinsinden aşağıda verilmiştir (Tablo 2). Uygulamalar bu örneklere göre yapılacaktır.

Tablo 2. Pergel açıklığı değerleri

Ortalama Meyil % P	Pergel Açıklığı mm.	Ortalama Eğim %P	Pergel Açıklığı mm.
1	40	7	5,7
2	20	8	5,0
3	13	9	4,4
4	10	10	4,0
5	8,0	11	3,6
6	6,6	12	3,3

Her plan ünitesi için çeşitli taslak planlar hazırlanır. Bunlardan ormanı en ekonomik şekilde işletmeye açacak ve diğer ormancılık hizmetlerine de yararlı olacak taslak plan seçilir. Arazinin topografik yapısı ve ormanlık alanların konumuna göre örnek güzergâh şekilleri oluşturulmaktadır.

1.4.2.5. Uygulanacak Asgari Lase ve Kurp Yarıçapları

Yol güzergâhlarının tespitinde yapımı zorunlu bulunan laseler olabildiğince yamacın yayvan bir yerine denk getirilir. Kurp ve laseler için asgari yarıçap; yol ekseninden, $r = 10-12$ metre uygun olmayan durumlarda da yol genişliği % 80-100 oranında artırılarak $r = 8,0$ metreye kadar düşürülebilir. Ana orman yolu ve A-Tipi tali orman yollarında standartlarındaki lase ve kurp yarıçapları uygulanır. B-Tipi tali orman yollarında trafik yoğunluğuna göre belli bir görüş mesafesi sağlanabilir.

1.4.2.6. Yol Güzergâhlarının Tespiti

Yol güzergâhlarının tespiti için yapılan tespitler 292 sayılı tebliğde aşağıdaki şekilde maddeler halinde belirtilmiştir;

- Planlanacak yolların tespitinde, ormanların çok yönlü fonksiyonel faydalarını en yüksek seviyede hizmete sunacak, orman içi ve bitişiği alanlarda yaşayan insanların kalkınmasına ve yaşantısına katkı sağlayacak, orman alanı kaybını en aza indirecek, sürekli ve güvenli ulaşımına açık kalacak, yapım ve bakım maliyeti en düşük, çevre zararı en az olan yolun planlanması temel ilkedir.

- Planlanacak yolların tespitinde; olabildiğince kayalık, bataklık, kokurdanlık, heyelanlı sahalara ile orman tahribatına, iskân sahalara, tarım alanları ve özel mülklerin zarar görmesine sebebiyet verecek güzergâhlardan kaçınılır.
- Çok zorunlu sebepler olmadıkça birbirine paralel ve çok yakın yol planlaması yapılamaz. Aynı yöne giden, orman yolu, köy, mezra, yayla, maden yolu gibi yollar birleştirilip, orman alanı kaybı en aza indirilir.
- Ülke sınırları ve askeri alanların çevresinde yapılacak plan ve uygulamalarında ilgili komutanlığın görüşü alınır.
- Ormanlık alanlarda planlanan yolların toplam alanı, ormanlık alanın yüzde birinden fazla olamaz. Ancak, arazinin çok engebeli ve yüksek eğimli olmasından dolayı yol eğimlerinin azami sınırlar içerisinde kalması için yol yoğunluğunu artırması ve açık alanlar ile yükleme ve boşaltmanın yapılamadığı otoyol ve çift şeritli yollar yol yoğunluğu hesabında dikkate alınmaz. Yol yoğunluğu hesabında dikkate alınacak yol alanı; hendek ve platform genişliği toplamının yol uzunluğu ile çarpımıdır.
- Ormancılık hizmetlerinde kullanılacak standart dışı mevcut yollar haritalarına özel işaretleri ile işaretlenip, yol yoğunluğu hesabına dahil edilmeyecektir. Bu yollarda köprü, sanat yapısı, üst yapı yapılmayacak ancak, sürütme veya acil yangın müdahalelerinde kullanılabilir.
- Orman içi ve bitişği alanlardaki göl, gölet ve akarsuların uygun olanlarından yangınlarda arozözlerin su alabilmesi amacıyla yol planlanması ve U dönüşü platformu yapılabilir.
- Yangın, açma ve usulsüz yerleşmelerin yoğun olduğu yörelerde, risklerin belirgin ve yüksek olduğu mntıklararı için; Bölge Müdürlüğünce kurulacak Komisyonun düzenleyeceği rapor ve haritasının Bölge Müdürü uygun görüşleri ve Genel Müdürlükte incelenip, Olur verilmesinden sonra, orman alanları ile tarım alanları veya iskân sahalara arasına yapay hatlarla koruyucu önlem olarak yol planlaması ve uygulaması yapılabilir.
- Yol güzergâhı planlamasında; milli ve kültürel varlıkların, endemik türlerin, doğal gen kaynaklarının ve temiz su kaynaklarının korunması sağlanır.
- Yol güzergâhlarının planlanmasında 292 sayılı tebliğde yer alan örnek çözüm şekillerinden faydalanılır.

- Yol yoğunluğunun üst sınıra kadar artırılması; teknik zorunluluklar, hukuki gerekçeler ve ekonomik ilkelere, yol standartlarının yükseltilmesi ise trafik yoğunluğuna, seyir halindeki araçların büyüklüğüne ve tonajlarına bağlıdır.
- Yol güzergâhları, olabildiğince dere kenarı veya güney yamaçlardan geçirilir.
- Yangına hassas mıntikalarda veya sürütmenin mekanizasyon ile yapılabileceği kayalık derelerdeki emvalleri almak için ender olarak sırt yolları planlanabilir.
- İnşaatı kesinleşmiş, baraj ve göletlerin dolu su seviyesinin altında kalan ormanlardaki emvallerin kısa zamanda alınabilmesi için, standart dışı fakat tehlike oluşturmayan özel ve geçici yollar planlanıp Orman Genel Müdürlüğü Olur'u ile yapılır.
- İkamet edilen, orman içi ve bitişiği; Köy, mezra, yayla ve diğer iskân yerlerindeki yangın mükelleflerinin yangına müdahale veya üretim alanlarına ulaşımını sağlamak amacıyla 1000 km'ye kadar olan bağlantı yolları planlanarak, orman yoluna bağlanabilir ve bağlandığı yolun kod numarasını alır.
- Sürekli oturlan yerleşim yerleri ile ortak kullanılan orman yollarından, devamlı açık ve bakımlı tutulma zorunluluğu bulunan, kar ve buzlanma mücadelesi yapılan veya asfalt kaplanması istenen yollar, "Bu devir teslim işi ormancılık hizmetlerinin yapılmasına engel oluşturamaz." Kaydı ile Bölge Müdürlüğüne düzenlenecek bir protokolle ilgili kuruluşa devredilebilir, protokolün bir sureti Genel Müdürlüğe gönderilir.
- Göç nedeniyle tamamen boşaltılıp, ilgili kuruluşunca bakımı yapılmadığından kullanılmayan ve ormancılık hizmetlerinin aksamasına sebep olan yolların ilgili bölümleri Bölge Müdürlüğü Komisyonu gerekçe raporunun, Bölge Müdürü onayı ve Genel Müdürlük Olur'u ile orman yol ağı planına dâhil edilebilir.

1.5. Orman Yolları Planlama Esasları

1.5.1. Üretim Ormanlarında Orman Yolları Planlama Esasları

Primer transportun sırttan dereye doğru yapılması halinde Ana prensip olarak Planlama dereden sırta doğru yapılmalıdır. Dere yolları esas alınmalı, yamaç uzunluğuna göre yamaç yolları planlanmalıdır. Mekanizasyon uygulanacak yerlerde, dereden sırta doğru primer transport yapılması halinde, sırt ve yamaç yolları öncelikli olarak tercih edilerek dere yollarından vazgeçilmelidir.

1.5.2. Ağaçlandırma Sahalarında Orman Yolları Planlama Esasları

Ana prensip olarak Planlama sırttan dereye doğru yapılmalıdır. Sırt yollar bilahare Yangın Emniyet yolu olarak da kullanılmalıdır. Ağaçlandırma gagesine göre planlama şekillerinde değişiklikler yapılmalıdır. Üretim amaçlı ağaçlandırma sahalarında; Sırt ve yamaç yolları ile birlikte dere yolları da planlanmalı ancak dere yollarının inşaatları son döneme bırakılıp, üretim faaliyetleri başlamadan bir yıl önce yapılmalıdır. Hidrolojik amaçlı ağaçlandırma sahalarında; Yalnızca sırt yolları ile yetinilmeli, tesisin yapılabilmesi için geçici yamaç yolları yapılmalı, bilahare tesis tamamlandıktan sonra bu geçici yollar da ağaçlandırılarak tamamen korumaya yönelik sırt yolları hariç, tüm saha masif bir orman örtüsü ile kaplanmalıdır.

Yeşil Kuşak tesisi amaçlı sahalarda; Yeşil kuşağı sınırlayacak şekilde planlama yapılarak, gerek sosyal baskı ile olabilecek kayıplar önlenmeli, gerekse dışarıdan gelecek harici tehlikeler, özellikle yangın tehlikesi bertaraf edilmelidir. Bu sahaların genişliği ve topografik yapısı göz önüne alınarak iç taksimat yolları ve sırtlarda yangın emniyet yolu planlanabilir.

1.5.3. Milli Park Ormanlarında Orman Yolları Planlama Esasları

Milli Parklar değişik ve önemli değerler topluluğudur. Milli Parka gelen ziyaretçilerin bu değerlerin hepsini görebilmesi ve bunları sindirerek yaşayabilmesi için; bu alanlardaki planlamalarda, yüksek standartlı yollar yerine, doğayı en az etkileyecek basit yollar yapılması, düşük süratle gidilebilecek dolambaçlı yollar ile ziyaretçiyi sahada daha fazla tutacak yollar planlanması daha uygun olacaktır.

Bu yollar arazi yapısına uygun olarak planlanmalı, yol planlaması sırasında asgari kazı olacak şekilde iniş ve çıkışlara müsaade edilmeli, yollar kesinlikle dozer ile yapılmayıp, ekskavatörler ile yapılmalı hatta el ile yol yapmaya bile müsaade edilmelidir. Araç yolları haricinde el ile yapılacak gezi patikaları da belli bir plana bağlanmalı, icap ettiği takdirde bisiklet ve hayvanla dolaşmak için de güzergahlar tespit edilip, bu yollar da plana alınmalıdır

Milli Park ormanlarında Yangın Emniyet Yolu asgari düzeyde yapılmalı veya hiç yapılmamalı, diğer koruma tedbirleri ön plana çıkarılmalı, yangın gözetleme ve yangın mücadele ekipleri ile sahaya tam hakimiyet sağlanmalıdır. Çok kritik sahalarda su şebekesi kurularak yangın muslukları vasıtası ile yangınlara anında su ile müdahale imkanı getirilmelidir.

1.5.4. Muhafaza Ormanlarında Orman Yolları Planlama Esasları

Tamamen korumaya yönelik yollar planlanmalı, bu yolların planlanmasında topografik yapı göz önüne alınarak en az tahribatla yapılacak yollar tercih edilmeli, iniş ve çıkış meyillerine elastikiyet getirilmelidir.

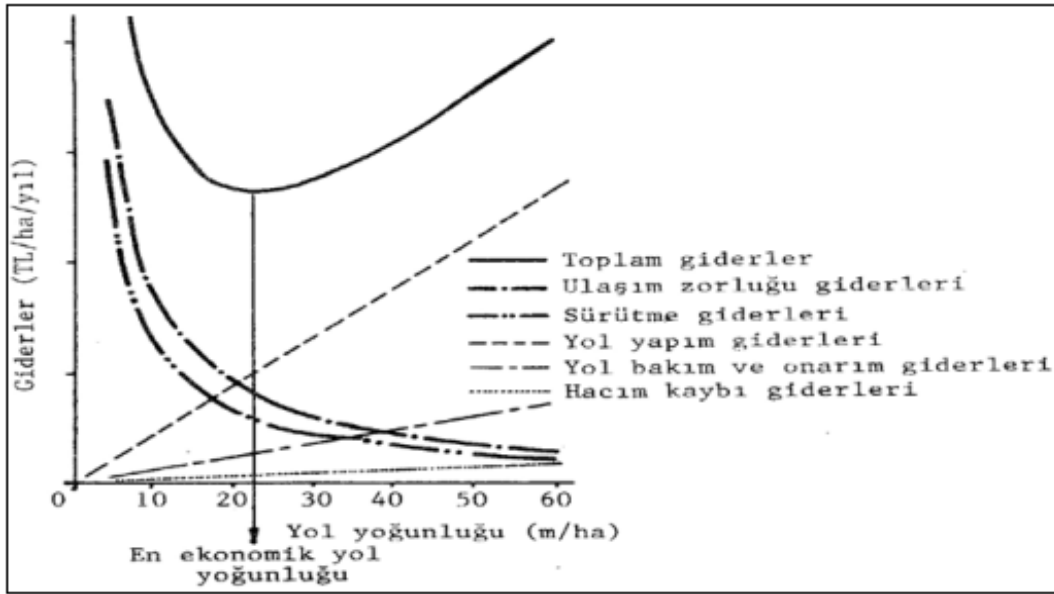
1.6. Yol Yoğunluğu ve Yol Aralığı

Yol yoğunluğu, ormanın birim alanına isabet eden yol uzunluğunu ifade etmekte olup birimi m/ha'dır (Erdaş, 1997). Bu tanıma göre yol yoğunluğu;

$D = \text{Toplam yol uzunluğu (m)} / \text{Toplam orman alanı (ha)}$ eşitliği ile hesaplanmaktadır.

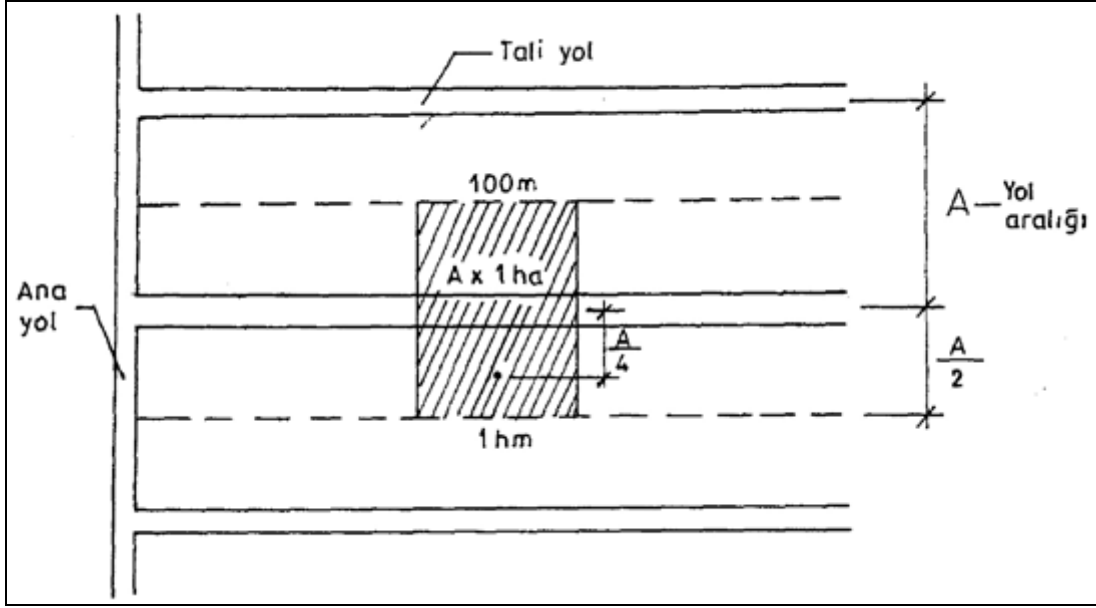
Bir ormanda uygulanacak yol yoğunluğu işletmenin entansitesi, yol yapımı nedeniyle açılan orman alanında oluşan hacim kaybı giderleri, yol yapım ve bakım giderleri, sürütme giderleri, işçi ücretleri, eta vb. birçok faktöre bağlı olarak değişmektedir (Şekil 5). Ormanların işletmeye açılmasında elde edilmesi kolay bir değer olduğu için hemen daima kullanılmakla birlikte işletmeye açmanın niteliği ve etkinliği konusunda her zaman bir fikir vermemektedir. Yoğunluk hesabında orman kenarını takip eden yolun uzunluğunun yarısı göz önüne alınmaktadır (Erdaş, 1997). Her ormanın kendine özgü koşulları ve bu koşulların dikte ettiği bir yol uzunluğu bulunmaktadır. Ancak formüllerle elde edilen yol yoğunluğunun, bu yoğunluk üzerine daha başka etkenler rol oynayacağından matematik bakımdan kesin bir ölçü olarak alınması doğru değildir. Daha çok ekonomik bir

göstergedir (Bacmund, 1966). Diğer taraftan orman ürünlerinin üretim maliyetlerinde ormandaki yol yoğunluğunun önemli etkisi bulunmaktadır. Sürütme mesafesine göre sürütme giderleri ile yol yapım ve bakım giderleri karşılaştırılarak optimal (ekonomik) itibari yol yoğunluğunun ortaya konması gerekmektedir. Ekonomik olanın seçimi, orman mühendisini uğraştıran ve parasal kaynaklarını zorlayan önemli kararlardan biridir. Buna rağmen Hafner (1971)'e göre bir bölgede bölmeden çıkarma metotları dikkate alınmadan itibari yol yoğunluğu en az 20 m/ha olmalıdır. Ülkemizin yol yapım çalışmaları ve yol yoğunluğu değerlerini incelediğimizde, Doğu Karadeniz gibi dağlık alanlarda yol yoğunluğu zayıf, diğer bölgelerde ise yer yer yeterli orman yol yoğunluğuna ulaşılmıştır (Erdaş, 1997).



Şekil 5. En ekonomik (optimal) yol yoğunluğunun belirlenmesi (Erdaş, 1997).

Yol aralığı, iki yol arasında yol eksenine dik olarak ölçülen ortalama yatay uzaklık olarak tanımlanmaktadır. Genellikle metre cinsinden ifade edilmektedir. Yol aralığı, bir yol şebekesinin planlanmasında temel kriterlerden biridir. Orman yol aralığı, topoğrafik ve jeolojik yapı, iklim, yol yapım ve bakım metodu, ağaç türü ve serveti, amenajman ve silvikültür metodu ve üretim tekniği gibi faktörlerden az ya da çok etkilenmektedir (Bayoğlu, 1965; Erdaş, 1997; Seçkin, 1984). Buna göre yol yoğunluğu ile yol aralığı arasındaki ilişki aşağıdaki formül ve şekillerle ifade edilmektedir (Şekil 6, 7 ve 8);

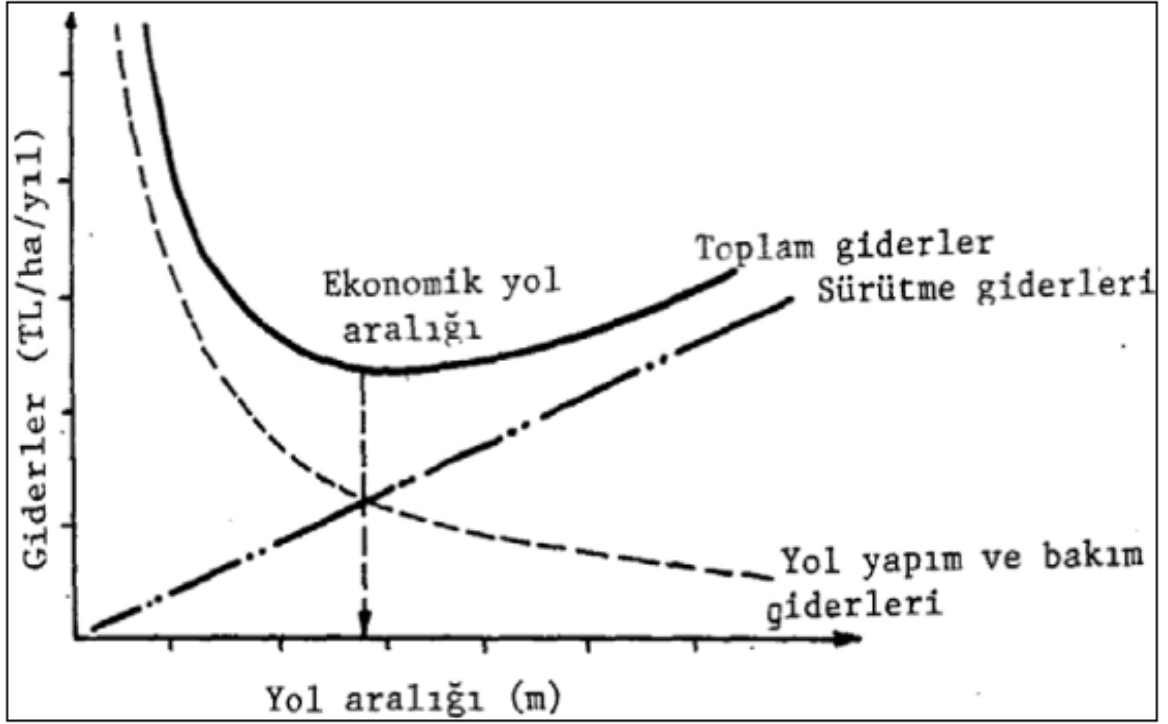


Şekil 6. Ana yol, tali yol ve yol aralığının şematik görünümü (Demir, 1996).

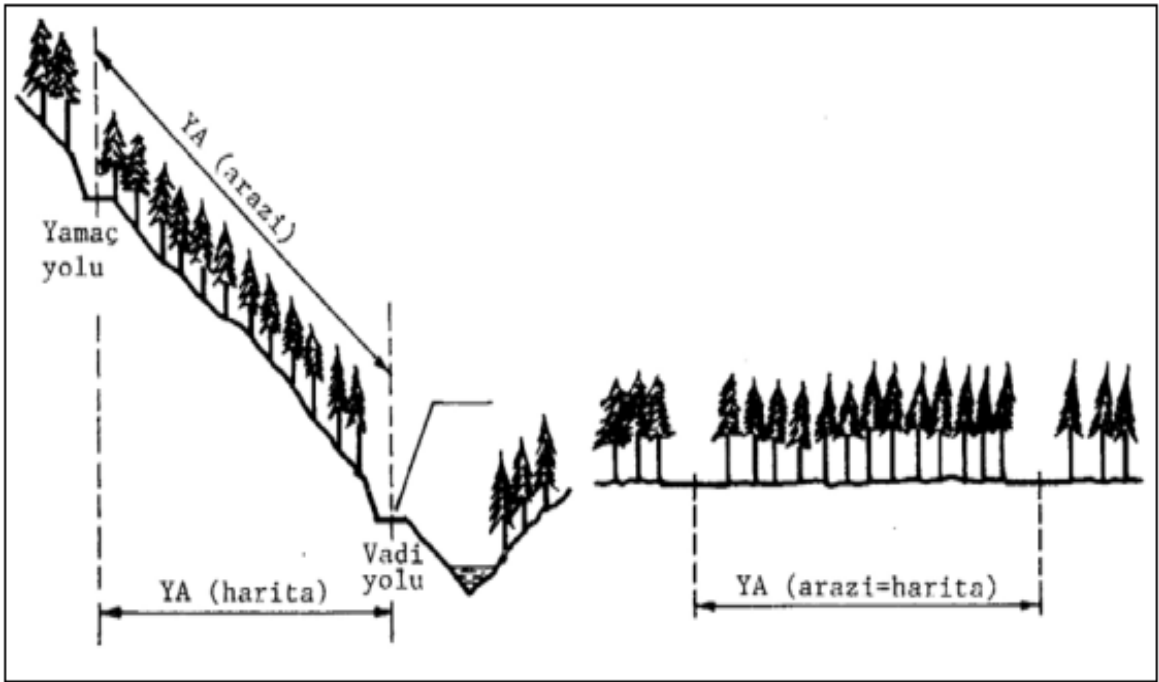
$$\text{Yol aralığı (m)} A = 10000 / D \quad (3)$$

$$\text{Yol aralığı (m/ha)} D = 10000 / A \quad (4)$$

Türkiye’de bugün hektardaki serveti 250 m^3 ’ten fazla olan normal koru ormanları için 500 m yol aralığı ve dolayısıyla 20 m/ha’lık bir yol yoğunluğu esas alınmaktadır. Bu değerler hektardaki serveti 100-250 m^3 olan bozuk korular için sırası ile 1000 m yol aralığı ve 10 m/ha yol yoğunluğu ve mevcut serveti 100 m^3/ha ’dan küçük olanlar için ise 1500-2000m yol aralığı ve 5-6 m/ha yol yoğunluğu olarak uygulanmaktadır.



Şekil 7. Yol aralığının belirlenmesi (Erdaş, 1997).



Şekil 8. Yol aralığının arazi ve harita üzerindeki görünümü (Erdaş, 1997).

1.7. Baltalık (Sürgün) Ormanlarının Koruya Dönüştürülmesi (Koruya Tahvil Çalışmaları)

Geniş yapraklı ormanlara yapılan düzensiz ve kuvvetli müdahaleler ormanların yapısını bozduğu gibi baltalık ormanı gibi bir faydalanma şeklini de ortaya çıkarmıştır. Odun ve odun kömürüne olan talep baltalık işletmeciliğinin yalnız devamlılığını değil aynı zamanda değerini de artırmıştır. Günümüzde ise azalan talep doğrultusunda sosyal talebin ve yöresel baskının olmadığı baltalık alanlar bozuk koru ormanları ile birlikte ağaç türü gözetilmeksizin dönüştürme çalışmaları ile süratle koruya dönüştürülmektedir.

Koruya tahvil çalışmaları sonucunda, sürgün verme özelliği olan geniş yapraklı türlerimizin yeniden orman oluşturmadaki tesis ve bakım masrafları olmayacağı gibi piyasanın yapraklı orman emvali ihtiyacı da düzenli sağlanacaktır. Daha önemlisi yetişme ortamına uygun lokal ırklar korunarak ormanlar daha sağlıklı ve stabil hale dönüşecektir. Böylece toplumda gelişen doğa ve çevrecilik bilinci içerisinde ekoloji ve ekonominin uyum içerisinde olacağı sürdürülebilir bir ormancılık yapılacaktır.

Koruya tahvil çalışmalarına konu edilecek ormanlar sürgünden oluşan ormanlar olduğu için sürgün verme yeteneğindeki ağaç türleri bu tür çalışmalara konu edilmelidir. Sürgün (baltalık) ormanları kütük ve kökler üzerinde çıkan kütük ve kök sürgünlerinden oluşmuşlardır. Bu sürgünler uyuyan (provantif) veya sonradan oluşan (adventif) tomurcuklardan gelişen sürgünlerdir.

Sürgün ormanları düzensiz faydalanma ve baltalık işletmeciliğinden geldiği için genelde provantif sürgünden oluşmuşlardır. Ana kütükten doğrudan beslenen provantif sürgünler toprak yüzeyine yakın yerden yapılan kesimlerden oluşmuş ise koruya tahvil çalışmalarında tercih edilmelidir.

Ülkemizde yayılış gösteren geniş yapraklı ormanların tahribatı ve düzensiz faydalanmalar neticesi baltalığa dönüşen türlerin başında Meşe (*Quercus ssp.*) ile Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lip.) gelmektedir. Ayrıca Gürgen, Kızılağaç, Kestane, Ihlamur, Fındık, Üvez, Dişbudak, Akçaağaç, Karaağaç, Kavak ve Kayacık türleri de sürgün verme özelliklerine sahiptirler.

Meşe, Kestane, Gürgen, Akçaağaç, Ihlamur, Kızılağaç ve Dişbudakta bol miktarda provantif sürgün meydana gelir. Kayında provantif sürgünler çok az ve cılızdır. Bu nedenle Kayında adventif sürgün önemlidir. Kızılağaç, Titrek Kavak, Yalancı Akasya ve Ihlamur bol miktarda kök sürgünü verirler.

Sürgün (baltalık) ormanlarını koruya dönüştürmenin "Doğrudan Dönüştürme" ve "Tür değiştirerek Dönüştürme" olmak üzere iki şekli vardır.

1- Doğrudan Dönüştürme

Bu dönüştürme şekline, "şekil değiştirerek dönüştürme" de denir. Bu yöntemde, baltalığın varolan ağaç türleri (makta üzerindeki baltalık meşçeresi) yeterince seyreltilir ve sonra meşçere yaşlanmaya bırakılır. Büyümeye (yaşlanmaya) terk edilen baltalık meşçeresi, bundan sonra kuru meşçeresi imiş gibi işlem görür. Bir baltalığın bu yöntemle koruya dönüştürülebilmesi için baltalıkta arzu edilen türlerden yeteri sayıda ve düzenli dağılıfta bireylerin bulunması ve bunların büyüme (yaşlanmaya) terk edilen sürgünlerinin yeterince kuvvetli, uzun ömürlü olmaya aday bulunması gerekir. Seyreltilip bırakılan ve bakım tedbirleri ile yaşlanmaya terk edilen meşçere bol tohum verme yaşına gelince, zengin bir tohum yılında kuru ormanı meşçerelerinde olduğu gibi meşçere, ağaç türüne uygun gençleştirme yöntemi ile gençleştirilir. Böylece tohumdan genç bir generasyonun yani kuru ormanının meydana gelmesi sağlanır.

Doğrudan dönüştürme metodları;

- a) Klasik metod,
- b) Direkt metod,
- c) Grup metodu,
- d) Seçme metodu' dur.

a) Klasik Metod: Fransa'da uygulanmış en eski dönüştürme metodudur. Korulu baltalıkların koruya dönüştürülmesi için geliştirilmiştir. Dönüştürme süresince ormanda, korulu baltalık kesimleri, hazırlayıcı aralama kesimleri ve gençleştirme kesimleri yapılır. Bu çalışmalar 30-40 yıllık bekleme periyodu ve 30 yıllık diğer periyotlar içinde ve periyodik alanlarda gerçekleştirilir. Korulu baltalık düzeni bulunan ormanlar için düşünülmüş olan klasik metodun Türkiye ormanlarında uygulama imkanı yoktur, fakat tekniğinden faydalanılabilir.

b) Direkt Metod: Klasik metodun tekniğinden, ayrıca ekimden ve entansif birey seçimi tekniğinden faydalanılır. Türkiye'de düzenli baltalıklarda, entansif birey seçimi ve ekim tekniği kullanılarak direkt metotla koruya dönüştürme mümkündür. Düzenli baltalıklarda başlangıçtan itibaren yapılacak mutedil aralamalar ve entansif sürgün seçimi ile normal kapalı meşçereler kurulabilir. Bu meşçerelerde, 50-60 yaşından itibaren doğal gençleştirme çalışmaları uygulanarak koruya dönüştürme mümkündür. Düzenli baltalık ormanlarında dönüştürmeye başlayabilmek için başlangıçta yaşlandırma veya bekleme

periyoduna ihtiyaç vardır. Meşcerelerin durumuna göre dönüştürme, bekleme periyodu ile beraber 120-200 yıl içinde sağlanabilir.

c) Grup Metodu: Doğrudan doğruya dönüştürme şeklinin çeşitli tekniklerinden faydalanılır. Ormanın kuruluş özelliklerine göre genç meşcerelerde yaşlandırma ve entansif birey seçimi yapılırken, yaşlı meşcereler doğal yoldan gençleştirilir. Ormanda bulunan açıklıkların gençleştirilmesinde sun'i (yapay) gençleştirme kullanılır. Türkiye'de düzenli bir baltalık işletmesinin kurulmadığı, yaşlı ve genç meşcerelerden oluşmuş sürgün ormanlarında grup metodundan büyük ölçüde faydalanılabilir.

d) Seçme Metodu: Korulu baltalık ve baltalık ormanlarını, seçme kuru ormanlarına dönüştürür. Bunun için bütün silvikültürel müdahalelerden ve yardımcı tedbirlerden yararlanır. Türkiye'de seçme kuru ormanına dönüştürmeye elverişli sürgün kökenli ormanlar bulunmamaktadır.

2- Tür değiştirerek dönüştürme

Baltalıkta mevcut ağaç türü veya türleri, o yetişme ortamı için öngördüğümüz kuru ormanı için tatminkar görünmez veya sürgünlerin durum ve dağılımları, daha önce ortaya koyulan dönüştürme şekline elverişlilik göstermez ise baltalığı koruya çevirmek için "tür değiştirerek dönüştürme", yöntemine başvurulur. Bu yöntemde baltalık maktası üzerinde ne varsa hepsi bir tıraşlama kesimi ile uzaklaştırılır.

Kesim maktasında kuvvetli toprak işleme makineleri ile toprak işlenir. Toprak işlemesinden sonra yeni meşcere yetişme ortamına uygun tür veya türlerle, yapay gençleştirme tekniğindeki esaslara uygun olarak dikim yoluyla kurulur. Baltalığın bu şekilde radikal ve süratli bir teknikle koruya çevrilmesinde o yetişme ortamında tesis yeteneği ve ehliyeti olan yeni türlerin hatta yabancı türlerin kullanılması yoluna da gidilir. Mutlaka baltalıkta eskiden varolan tür veya türlere bağlı kalma zorunluluğu yoktur. Ancak bu konuda, doğadan ayrılmada çok dikkatli olmak, yeni tür seçimlerinde etütlerin çok iyi yapılması gerektiğini unutmamak gerekir.

Unutulmamalıdır ki, dönüştürmenin amacı varolan ağaç türlerinin değiştirilmesi değil, işletme şeklinin değiştirilmesi yani baltalıktan koruya geçmektir. Ekolojik şartlar, meşcerelerin kuruluşu ve özellikle değerli türler bakımından zenginliği, bir kuru ormanı kurma imkanı verirse doğrudan doğruya dönüştürme yapılabilir. Aksi halde tür değiştirerek dönüştürmeye başvurmak gerekir. Bu nedenle dönüştürmeye başlamadan önce meşcerelerin ağaç türlerini, kuruluş özelliklerini ve ekolojik şartları iyi incelemek gerekir. Dönüştürme çalışmalarını çeşitli şekillerde düzenleyen farklı metotlar vardır.

a) Tam alanda tür değiştirme: Tam alanda tür değiştirme iki şekilde uygulanır, siper altında dikim ve tıraşlama kesimden sonra dikim, siper altında dikim, 30-40 yaşlarını dolduran baltalıklarda siper kesimleri yapılarak uygulanabilir. Işık isteği az olan türler için faydalıdır. Tıraşlama kesimlerinden sonra dikim, bütün sürgün ormanlarında kullanılabilir, ışık isteği fazla olan ağaç türleri için faydalıdır. Yurdumuzda pek çok uygulama alanı vardır. Bu metot kök sökümü ve sürgün mücadelesini gerektirir, makineli çalışmaya elverişlidir.

b) şeritlerde tür değiştirme: şeritler üzerinde dikim tekniği ile ormanda 2-5-8 m genişliğinde açılan şeritler üzerinde dikim yapılır. Makineli çalışmaya ve ormandaki ağaçlardan faydalanmaya elverişlidir. Fırtınaya maruz yerlerde uygulanması sakıncalıdır.

c) Gruplar halinde tür değiştirme: İyi bir yetişme ortam› incelemesi gerektirir. Farklı ağaç türlerini en uygun yerlerde bu türlerle gruplar halinde tür değiştirilir. Mevcut türlerden de faydalanmak mümkündür. Entansif bir çalışmayı gerektirdiği için bu günkü koşullarda koruya dönüştürölürken yapılacak çalışmaların ekonomik olması ve yetişme yeri koşullarına aykırı olmaması gerekir. Yetişme yeri, işletme şekli değiştirmenin gerektirdiği masrafları karşılayacak nitelikte olmalı, yani koru işletmesine uygun bulunmalıdır. Dönüştürme, mümkün olduğu kadar az masrafla en kısa zamanda gerçekleştirilmeli, ormanın devamlılığını ve mümkün olduğu kadar da işletmenin mali dengesini bozmamalıdır.

Türkiye sürgün ormanlarında uygulanacak iyileştirme ve dönüştürme çalışmalarını bölgesel planlarla düzenlemek gerekir. Her bölgede en çok tahrip görmüş baltalıklarda, tür değiştirerek, düzenli ve verimli baltalıklarda doğrudan doğruya dönüştürme yapılırken diğer baltalıklarda iyileştirme ve bakım tedbirleriyle baltalık işletmesine devam etmek uygun olacaktır.

1.7.1. Kayında Koruya Dönüştürme alışmaları

Kayında koruya tahvil çalışmaları ile sürgünden gelmiş fertlerin gelişme dinamiğinden azami derece faydalanarak, arzu edilen çaplara daha erken ulaşmak, böylece hem kalite ve kantiteye yönelik artımdan azami yararlanmak hemde bölgenin klimax türünü koruyarak koru ormanları oluşturmak amaçtır.

Koruya tahvil çalışma alanları, amenajman planlarında koruya tahvil işletme sınıfına ayrılan yerler ile ağaçlandırılması ve imar-ihya edilmesi gereken 22 nolu tabloda yer alan

bozuk koru ve bozuk baltalık alanlarından aktüel yapısı ile koruya dönüştürülmesi çalışmalarına uygun alanlar ile geçmiş planlarda köy kesim düzenine göre işletilen baltalık yenileme alanlarında uygulanmaktadır.

Gelişme çağlarına göre kayın meşcerelerinde yapılacak silvikültürel müdahaleler aşağıdaki Tablo 3 de olduğu gibidir.

Tablo 3. Kayında koruya dönüştürme çalışma esasları

Üst Boy	Uygulama Esasları
5 m. ye kadar	<ul style="list-style-type: none"> -Ana yollara dik istikamette veya yamaç aşağı 30-40 m ara ile 2-3 m genişliğinde bakım patikalarının açılması -Menfi seleksiyon ile çürük azman ve fena şekilli kötü formların alandan uzaklaştırılması -Tamamen kötü formlu fertlerden oluşan veya çalılışmış bir yapı gösteren grup ve alanların olduğu yerlerde, canlandırma (tırışlama) kesimleri yapılarak yeni sağlıklı ve kaliteli sürgünler elde edilecektir. -Karışık ağaç türlerinin himaye edilmesi -Kar baskısı olan ve değerlendirilecek ürün çıkan yerlerde seyreltme -Yol kenarlarında bazı yaşlı fertler doğal ve biyolojik denge için alanda bırakılacaktır(hektarda 3-5 adet)
5-10 m.	<ul style="list-style-type: none"> - 3-6 m. aralık mesafe ile aday istikbal fertlerinin seçimi (hektarda 400-1000 adet) ve bu fertlerin himaye edilmesi, onları üst tabakada rahatsız eden fertlerin uzaklaştırılması - Sıkışık sürgünlerin seyreltilmesi - Küme ve grup karışımı şeklinde karışım türlerinin himaye edilmesi
10-15 m.	<ul style="list-style-type: none"> - İlk müdahalede aday istikbal ağaçlarının seçimi (7-10 m ara ile hektarda 150-200 adet) - Sonraki müdahalelerde istikbal ağacı seçimi (8-12 m ara ile hektarda 80-150 adet) - Bütün müdahalelerde aday ve istikbal ağaçlarına baskı yapan fertlerin uzaklaştırılması - Sıkışık sürgünlerin seyreltilmesi - Karışım türlerinin himaye edilmesi ve bunlara yönelik bakım yapılması
> 15 m.	<ul style="list-style-type: none"> - Bakım patikalarının ihtiyaç duyulan yerlerde genişletilmesi (3-4 m ye kadar) - İstikbal fertlerini rahatsız edenlerin uzaklaştırılması - Alt tabakanın muhafazası (sık sürgünlerde iyi fertler lehine seyreltme) - Karışımın himaye edilmesi ve iyi fertlerin korunmasına yönelik müdahaleler

1.7.2. Meşede Koruya Dönüştürme Çalışmaları

Kayında olduğu gibi Meşede de son yıllarda koruya tahvil çalışmaları yapılmakta olup çalışma prensipleri farklı olmamakla birlikte Meşenin gövdeden fazla sayıda sürgün verme özelliği (su sürgünü) nedeniyle müdahalelerin daha mutedil yapılması gereklidir.

Meşede, gelişme çağlarına göre yapılacak silvikültürel müdahaleler aşağıdaki Tablo 4'de olduğu gibidir.

Tablo 4. Meşede koruya dönüştürme çalışma esasları

Üst Boy	Uygulama Esasları
1.5 m. ye kadar	<ul style="list-style-type: none"> -10 - 15 m. ara ile 1 -1,5 m genişliğinde bakım patikalarının açılması, - Menfi seleksiyon ile zararlı sürgün ve istenmeyen fertlerin çıkarılması -Karışıma giren ağaç türlerinin himaye edilmesi - Menfi seleksiyon dışında sağlıklı meşelerin gövde sayısında azaltma yapılmaması
1.5-5 m.	<ul style="list-style-type: none"> - Bakım patikalarının 20-30 m aralık 2-3 m genişliğinde açılması - Azman ve çatal fertlerin uzaklaştırılması - Karışıma giren diğer türlerin korunması - 2-3 m. ara ile galip tabakadaki iyi fertlerin tepelerinin serbestleştirilmesi ile galip tabakadaki fert sayısının azaltılması. - Kar ve rüzgar baskısı olan ve değerlendirme yapılabilen yerlerde ocaklardaki bazı sürgünlerde seyreltme yapılması - 3-5 yıl ara ile bakımların tekrarlanması (mutedil yüksek aralama)
5-15 m.	<ul style="list-style-type: none"> - Bakım patikalarının 40-60 m. aralık, 4-5 m. genişliğe çıkarılması 8 m. üst boya ulaşılmasını müteakip 3-6 m. ara ile ortalama 700-1000 adet/ha. seçilen aday istikbal fertlerin tepelerine baskı yapan fertlerin çıkarılması, azman ve çatallı fertlerin uzaklaştırılması ile üst tabakadaki fert sayısının azaltılması. (Eğer 5 yılda bir müdahale edilecekse, mutedil aralama yani mevcut göğüs yüzeyinin %20-30' u çıkarılacaktır. Eğer 10 yılda bir müdahale edilecekse kuvvetli aralama, yani %30-40' ı çıkarılacaktır) Karışım türlerinin korunması Alt ve ara tabakada bakım ve muhafaza Sıkışık sürgünlerde seyreltme
> 15 m.	<ul style="list-style-type: none"> 8-12 m. dalsız gövde uzunluğuna ulaşıldığında hektarda 100-200 adet istikbal ferdi seçilmesi ve işaretlenmesi. Seçilen istikbal fertlerine baskı yapanların çıkarılması. Eğer 5 yılda bir müdahale edilecekse, mutedil aralama yani mevcut göğüs yüzeyinin %20-30 u çıkarılacaktır. Eğer 10 yılda bir müdahale edilecekse kuvvetli aralama yani %30-40 ı çıkarılacaktır. (yeterli alt tesisin olduğu yerlerde) Alt ve ara tabakada bakım ve muhafaza

1.7.3. Koruya Tahvil (Dönüştürme) Çalışmaları Esnasında Dikkat Edilecek Hususlar

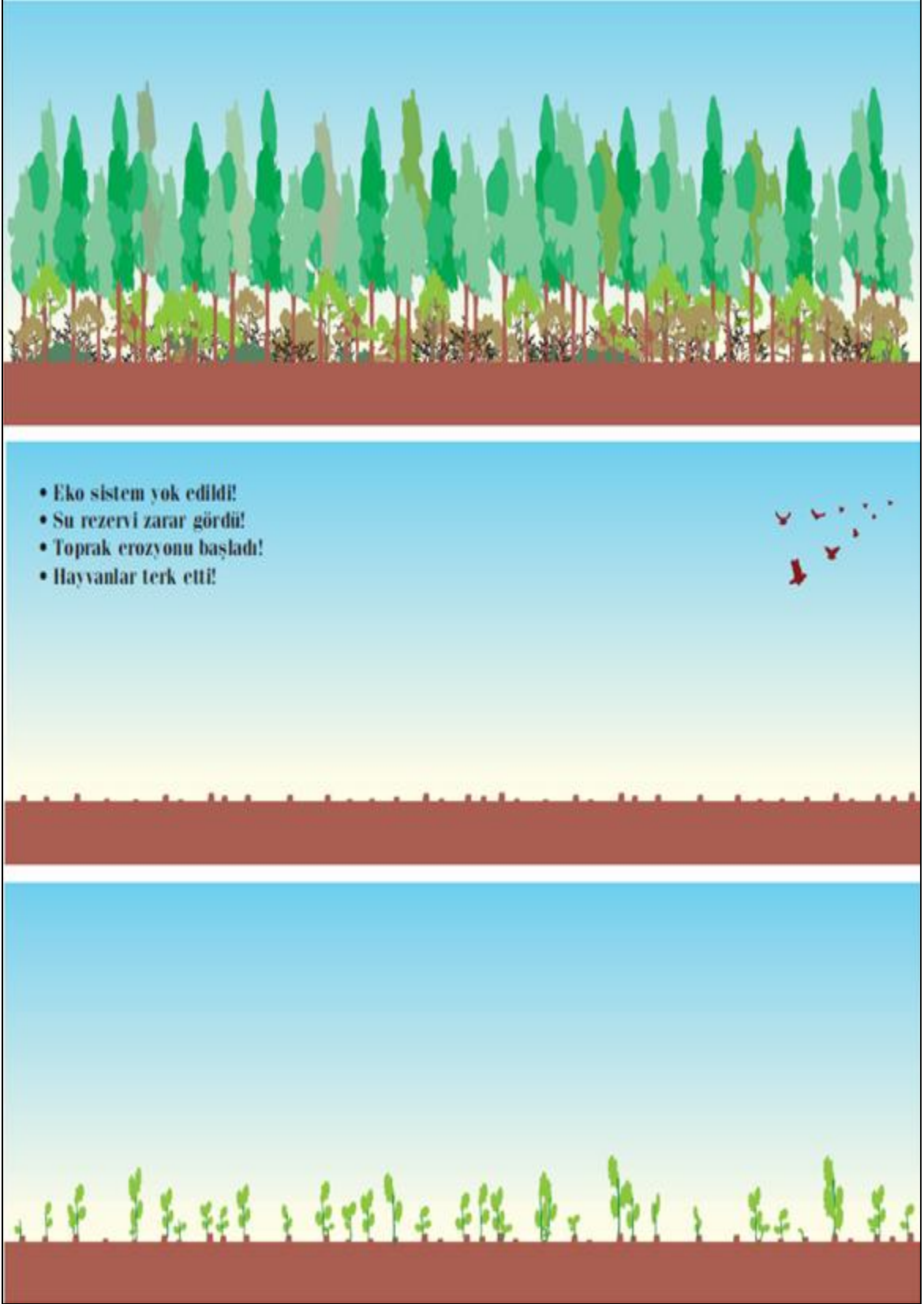
Koruya dönüştürme çalışmaları esnasında dikkat edilecek unsurları aşağıdaki şekilde özetleyebiliriz;

- Üst boyu 15 m. ve altındaki meşcerelerde ilk defa uygulanacak yüksek aralamalarda müdahalelerin mutedil olması prensibiyle hareket edilecektir.
- Meşcere hiç müdahale görmemişse ilk olarak menfi seleksiyon uygulanacak (çürük, fena şekilli, zayıf cılız, ölmüş ve ölmekte olanlar vb.), sonra müsbet seleksiyon mantığı ile aralamalar yapılacaktır. Azman ve çok kötü fertlerin bulunduğu meşcerelerde ilk müdahaleye, bu kötü fertlerin diğer fertlere zarar vermeden çıkartılması ile başlanacaktır. Ancak, meydana getireceği boşluk uygulayıcı tarafından iyi değerlendirilecektir.
- Müdahale esnasında ara ve alt tabaka korunacak ancak çok sıkışık fertlere müdahale edilecektir.
- Meşcerelerde aday ve istikbal ağaçları seçmek ve artımlarının bu fertler üzerinde toplanması ile arzu edilen çaplara en kısa zamanda ulaşmaları ve bunların yapacağı tohumlama ile koru ormanına geçmek esas olduğuna göre, bu fertlerin aralama çalışmaları esnasında korunmasına özen gösterilecektir.
- Bazı sürgün ormanlarında nihai meşcereyi oluşturacak sayıda fert bulmak güçleşebilir. Bu tip yerlerde nihai meşceredeki ağaç sayısının yarısı bile iyi kaliteli ise tahvil çalışmalarına devam edilecek ve bu fertler daima bakımlarla desteklenecektir.
- İstikbal ağacı dağılımının homojen bulunmadığı yerlerde de, aralık mesafe düzeni dikkate alınmadan iyi fertlerin bulunduğu yerlerde ikili ve üçlü gruplar halinde grup bakımları yapılacaktır.
- Karışım türlerinde en azından küme ve grup karışımları tercih edilecek ve bu türler daima bakımlarla teşvik ve himaye edilecektir.
- Tohumdan gelmiş geniş yapraklı genç ormanlarda da bakımlar benzer prensipler çerçevesinde yapılacak ancak sürgün kaynaklı fertlerin erken yaşlarda çürümeleri nedeniyle (100 yaşından sonra) daha erken kalın çapa ulaşmaları için üst boyun 15 m. den daha fazla olduğu (genelde 30-50 yaş) çağlarda aralamaların daha da şiddetli yapılması zorunludur.

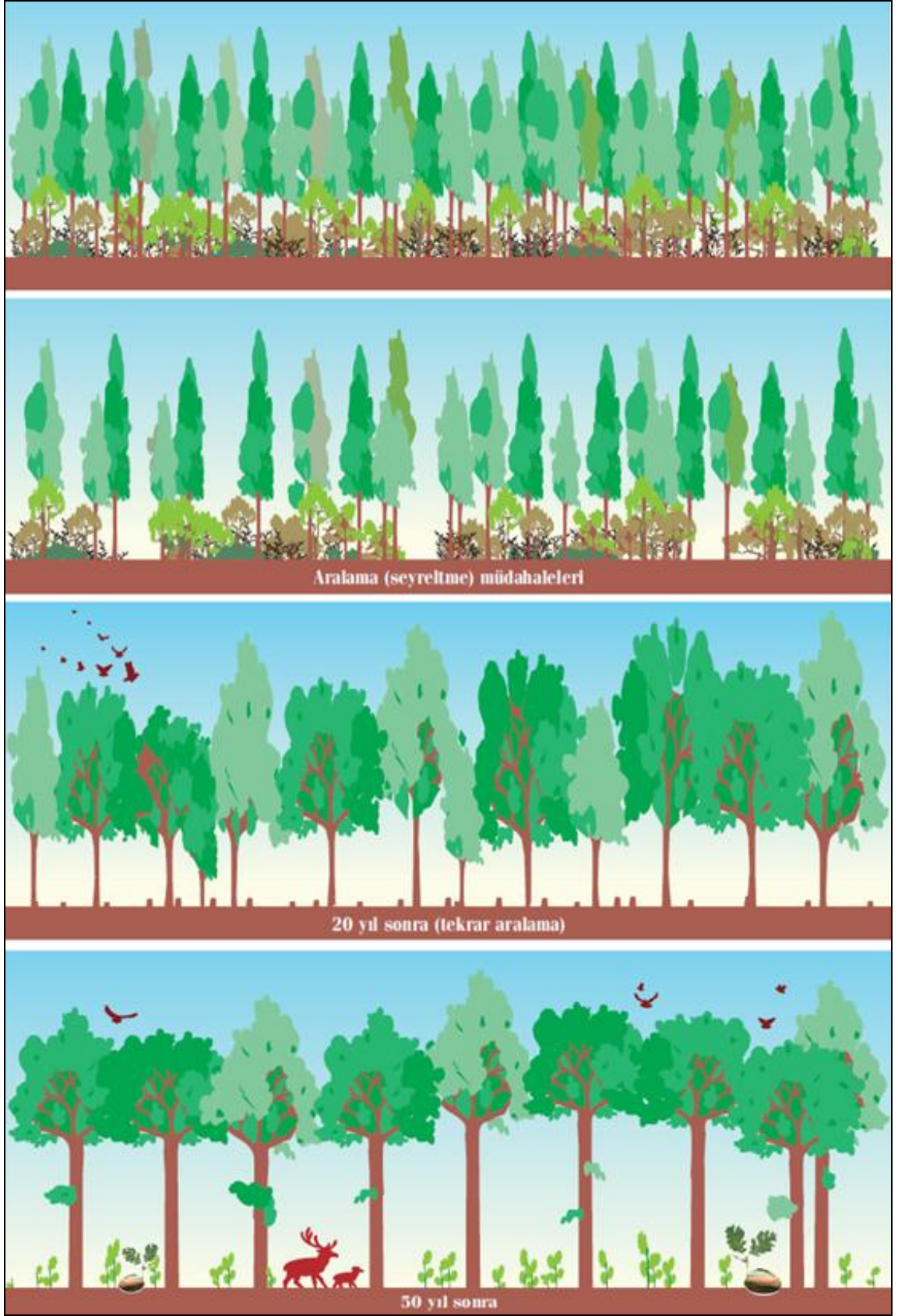
- Koruya dönüştürme çalışmaları esnasında ölü, yaşlı, kuru, kovuk vb. ağaçlardan hektarda 1-2 ağaç doğal denge için alanda bırakılacaktır.
- Koruya dönüştürme çalışmalarında, zaman mekan düzenlemesini yapmak üzere arazide meşcereler incelenerek, aktüel yapılarına göre öncelikleri belirlenip yıllık program tespitleri yapılacaktır.

1.7.4. Koruya Dönüştürme Süreci

Koruya dönüştürme sürecinde yol ağının yeniden düzenlenmesi modelinde baltalıkların koruya dönüştürülmesinde uygulanacak esaslar dikkate alınarak planlama yapılmıştır. Bu kapsamda koruya dönüştürme çalışmalarında kullanılacak olan uygulama esasları meşcere üst boyuna göre belirlenmektedir. Bu tez çalışmasında koruya dönüştürme uygulama esasları çerçevesinde 5'er ve 10'ar yıllık müdahale sürelerini esas alarak baltalıkların koruya dönüştürülmesinde orman yol ağını mutedil olarak 10'ar yıl aralıklarla 3 planlama periyodunda gerçekleştirilmesi planlanmıştır. Şekil 9'de baltalık olarak işletilen ormanlardaki durum gösterilmekte. Şekil 10'de ise koruya dönüştürme süreci ve faydaları gösterilmektedir.



Şekil 9. Baltalık işletmesi (OGM, 2006).



Şekil 10. Koruya dönüştürme süreci (OGM, 2006).

1.8. CBS Tabanlı Modelleme

Bilimsel araştırma çalışmalarının her alanında ihtiyaç duyulan modeller, çözülmesi amaçlanan problemlere yönelik açıklayıcı ve tahmin edici sonuçları ortaya koymaktadırlar. Açıklayıcı sonuçlara ulaşmak için modeli oluşturan bağımlı etken üzerinde doğrudan etkili olan değişken veya değişkenlerin örnekler üzerinde ölçülmesi, tahmin edici sonuçların elde edilmesi için ise birçok karar değişkeninin bir araya getirilmesiyle ortaya koyulan modellerin değerlendirilmesi gerekmektedir (Guisan ve ark., 2002).

Birçok farklı bilim dalına ait çalışmalarda etkin olarak kullanılan CBS teknikleri yardımıyla yol güzergahı ve yol ağı konumsal uygunluk alanları için simülasyon modelleri geliştirilebilmektedir. Birçok karar değişkeninin bir arada değerlendirilmesi ve hassas konumsal verilerin analizleri paket yazılımlar sayesinde rahatça gerçekleştirilmektedir. Bunlar, CBS tabanlı çalışan araştırmacılara yönelik tasarlanan MapCalc, IDRISI, ERDAS, ENVI, ArcGIS gibi bütünleşik paket programlardır (Pearson ve ark., 2002). Konumsal analizlerin yapılmasında IDRISI (Land Change Modeller) gibi kimi programlarda eklentiler standart olarak bulunmaktadır (Eastman ve ark., 1995). Aynı zamanda birçok CBS yazılımı araştırmacının özel olarak geliştirebileceği modellerin tasarlanmasına imkan sağlamaktadır. Temelde aynı mantıksal düzen içerisinde çalışan bu paket programlar vektör yada raster tabanlı olarak uygunluk modellerinin oluşturulmasına olanak sağlamaktadır.

Genelde aynı mantık üzerinden gerçekleştirilen konumsal analizlerin yapılmasında kestirme (intersection), komşuluk ilişkileri (neighborhood) gibi yöntemler sayesinde basit analizler yapılarak maliyet ve zaman bakımından ekonomik modellemeler ortaya konulmaktadır (Kainz ve ark., 1993). Konumsal olarak elde edilen verilerin kullanılması için farklı ölçüt ve değerlere sahip karar değişkenleri veya fonksiyonlar matematiksel ifadelerle ilişkilendirilmektedir.

Gerçeğe en yakın sonuçların elde edilmesinde son yıllarda CBS tabanlı Çok Kriterli Değerlendirmeler (ÇKD) tercih edilmektedir. CBS tabanlı ÇKD'ler yoğunluk analizlerinde stratejik karar verme/alma için kullanışlı bir yöntem haline gelerek karar destek sistemlerinin önemini arttırmıştır (Malczewski, 2006). İleri seviye uygunluk modellerinin oluşturulmasında ise Boolean Operatörleri (Mantıksal İşleçler), Süreç modelleri, İndeks Bindirimi (CBS Tabanlı ÇKD) ve ileri seviye matematiksel yöntemlerin (Regresyon

Modelleri, Bulanık Mantık, vb.) kullanımı tercih edilmektedir (Saaty, 1987; Malczewski, 2000; Chang, 2004).

1.8.1. Boolean Mantıksal İşleçleri

Mantıksal olarak aranan sonuçlara ulaşmakta ve (and), veya (or), değil (not) işleçlerinin kullanımını içermektedir. Bu basit sınıma yöntemi ikili sayı değerleri (binary) olarak sonuç ifadesi (evet - hayır, 0 - 1) elde etmeye yaramaktadır. Birçok uygunluk analizinde tercih edilen bu yöntemde kısıtlar ikili değer olarak ifade edildiğinden, bu durum belirsizlikleri arttırmakta ve doğruluk derecesini azaltmaktadır (Chang, 2004).

1.8.2. Süreç Modelleri

Süreç modelleri, çevresel durum değerlendirmelerinde gerçek dünyaya ait ilişkilerin ve denklemlerin kurularak ölçülmesi için bilgilerin bütünleştirildiği model türleridir. Farklı bileşenlere cevap verebilmek için alt modellere ihtiyaç duymaktadır. Modelde deneysel verilerden elde edilen matematiksel eşitliklerin kullanılacağı gibi fiziksel değişkenlere dayalı eşitliklerde kullanılmaktadır. İklim, topografya, bitki örtüsü ve toprak tipi gibi fiziksel değişkenler ile birlikte alan kullanımı ve yönetimi gibi kültürel değişkenler de modelde yer almaktadır. Bu nedenle süreç modelleri yoğun ve çok çeşitli verilerin kullanıldığı karmaşık modellerdir. Diğer taraftan, bu yaklaşım daha önceden belirlenmiş yöntemin, metodun veya formüllerin modele eklenerek kullanılmasına imkan sağlamaktadır. Süreçlere eklenecek formülün fonksiyonlar üzerindeki değerleri hesaplanır ve tek bir sonuç olarak kullanıcılara sunulur (Chang, 2004).

1.8.3. İndeks Bindirimi

Çoklu analizlerin belirli bir hedefe ulaştırması için birden fazla verinin analizinde kullanılan çok kriterli karar verme yöntemlerindedir. Yöntemde, araştırmaya konu olan değişkenlerin öznel ya da nicel değerleri belirlendikten sonra bunların birbirleri üzerine bindirilmesi ile ortaya çıkan sonuçlar değerlendirilmektedir. Uygunluk analizlerinde kullanılan bu yöntem çoklu değerlendirmelere ait kriterleri tek bir çıktıyla ortaya koyabilmektedir. Boolean (Binary) mantıksal işleçleri de aynı işlevi gerçekleştirmektedir.

Ancak indeks bindirimleri her bir kritere ait dizin değerleri üretmesi bakımından daha etkili sonuçlar vermektedir.

İndex bindirimi modellerinin geliştirilmesinde “Doğrusal Ağırlıklı Bindirme Modeli (DAM)” temel olarak kullanılmıştır. Bu yaklaşım vektör yada raster verilerin hesaplanmasında kullanılan yaygın bir yöntemdir. Çok kriterli değerlendirme yöntemlerinin kullanımına olanak sağlamaktadır (Malczewski, 2000). İlk olarak kriterler veya fonksiyonlar arasındaki önem düzeylerini belirlemek için çiftler arası bağıl ağırlıklarının belirlenmesi gerekmektedir. Ağırlık değerlerinin ifadeleri yüzdelik veya 0 ile 1 arasında değerlendirilmektedir. Daha sonra ağırlıkları belirlenen kriter veya faktörlerin normleştirilmesi gerçekleştirilmektedir.

1.8.4. Regresyon Modelleri

Regresyon modelleri, bir bağımlı değişkenin ilişkilendirildiği bir dizi bağımsız (açıklayıcı) değişkenlerle oluşturulan eşitlikleriyle açıklanması ya da tahmin edilmesine yarayan yöntemlerdir (Chang, 2004). İndeks modellerinde olduğu gibi modelde bulunan konumsal kriterlerin veya fonksiyonların bindirilmesi esasına dayanmaktadır. İki tip temel regresyon modeli kullanımı bulunmaktadır; Doğrusal Regresyon ve Mantıksal Regresyon Modelleri.

Doğrusal Regresyon Modelleri, konumsal bir dizi bağımsız değişkenin (x_i), bağımlı değişkeni (y) açıklayıcı veya tahmin edici olarak kullanıldığı çoklu doğrusal eşitlik modelleridir (Denklemler 5) (Chang, 2004).

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n \quad (5)$$

Mantıksal Regresyon Modelleri (Lojistik Regresyon), bağımlı değişken nitelik olarak belirtilmiş (varlık, yokluk) ve bağımsız değişken ya da değişkenlerle (β) arasındaki ilişkiyi açıklayan veya tahmin eden yöntemdir. Mantıksal regresyon modellerinde doğrusal regresyon modellerindeki varsayımların hiçbirisinin aranmaması doğrusal regresyon modelinin kullanımına oranla daha fazla tercih edilmesine neden olmuştur. Bağımlı değişkeni (y) hesaplamak için kullanılan eşitlik Denklem 6 da ki gibi ifade edilmektedir (Chang, 2004):

$$\text{logit}(y) = a + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n \quad (6)$$

1.8.5. Bulanık Mantık

CBS kullanımında son yıllarda oldukça kullanılan Bulanık Mantık yöntemi doğa bilimlerinde kullanılan karmaşık verilerin maksimum ve minimum noktaları arasındaki belirsizliklerin ortadan kaldırılmasında doğruya en yakın tahminleri ortaya koymaktadır. Bulanık mantık üyeliklerinin oluşturulması sayesinde, tanımlı sınıflandırmalara ait verilerin kesin olarak ayırdığı eşik değerlerin öncesinde ve sonrasında gösterdiği hassasiyeti arttırarak etkin modeller oluşturulmaktadır (Sasilka ve ark., 2004).

Üyelikleri 0 ile 1 arasındaki sayı çiftleri değerlendiren bu yöntem evet, hayır, var, yok, doğru, yanlış gibi kesin kümeleme mantığını ortadan kaldırarak, en doğru, en doğruya yakın, doğru, doğruya yakın, yanlış, yanlış gibi sürekli bir fonksiyonun serilerini ifade edebilmektedir (Brooks ve ark., 2010). CBS tabanlı sınıflandırmalarda doğa bilimlerinde etkin ve yaygın kullanım alanları bulan bulanık mantık halen yaygın olarak kullanılmakta ve geliştirilmektedir (Aydın ve Eker, 2012).

CBS tabanlı ÇKKD çalışmalarında bulanık mantık yaklaşımı iki tip bilinmezlik kaynağını ortadan kaldırmak amacıyla kullanılmaktadır (Yanar ve Akyürek, 2003);

a) Verilerdeki Belirsizlikler: Araştırma alanından toplanan ham verilerin uygunluk analizlerinin konumsal dağılım haritalarının oluşturulmasında, o yerin uygun olan veya olmayan sınırlarının harita üzerinde gösterilmesinde, bulanık mantık yaklaşımı sayesinde alandan elde edilen verilerin konumsal olarak kıyaslanması ve en uygun alanların bulunması mümkündür.

b) Modellerdeki Belirsizlikler: Veriler arasında bulunan ilişkilerin eşik değerleri söz konusu araştırma konusunda ayırt edici bir sınıflandırma unsuru olarak ele alınır. Modelde e sayısı sınır değeri için yapılan sınıflandırmada e 'den küçük ve büyük değerlerin ifadesi 0 veya 1 olarak tayin edilir. Matematiksel ifadesi Denklem 7'deki gibidir (Yanar ve Akyürek, 2003).

$$A_{(x)} \begin{cases} 1 \rightarrow \text{eğer } e_{\text{alt sınır}} \leq x < e_{\text{üst sınır}} \\ 0 \rightarrow \text{değilse} \end{cases} \quad (7)$$

Modelin amaç fonksiyonlarını belirleyen karar değişkenlerine ait eşik değerlerine göre kati şekilde belirlenen sınıflandırmada $e_{alt\ sınır}$ sayısı yola olan uzaklık değeri 10 km ile ifade edildiği varsayılırsa, 9,999... km uzaklık sayısı formüle göre 0 değerini alacaktır. Bu durum uygunluk analizlerinde yeterli karar alma olanağını sağlamadığından bulanık mantık yöntemi 0 ile 1 arasında sayı çiftleri sayesinde daha uygun karar vermeye yardımcı olmaktadır.

Karar değişkenlerinin CBS ortamında 0 ile 1 arasında bulanık mantık içerisinde üyeliklerinin değerlendirilmesinde, ArcGIS, IDRISI, ILWIS gibi yazılımların eklentileri kullanıldığı gibi araştırmacılar tarafından geliştirilen algoritmalar veya modeller sayesinde de uygunluk modellemelerin kullanımı büyük kolaylıklar sağlamaktadır (Eastman ve ark., 1995; Yanar ve Akyürek, 2003; Eastman, 2012).

1.9. CBS Tabanlı Çok Kriterli Değerlendirme

Çok kriterli değerlendirme, CBS tabanlı çalışmalarda karar almada oldukça yararlı temel yöntemlerdendir (Craver, 1991; Jiang and Eastman, 1999). Değişik oranlarda ve tiplerde değerlendirme kriterlerini içeren ve farklı veri türlerini barındıran modellerin çözümü CBS tabanlı ÇKD sayesinde gerçekleştirilebilmektedir (Craver, 1991).

Bu yöntemde alternatiflerin belirlenmesi araştırmacılar ve paydaşlar (karar vericiler, yöneticiler, çıkar grupları vb.) tarafından değerlendirilmektedir. Değerlendirmelerde göz önünde bulundurulacak alternatiflerin önem veya öncelik durumuyla ilgili fonksiyonları benzersiz tercihlerle karakterize etmek temel hedeftir (Malczewski, 2006). Bu mantıksal yaklaşım içerisinde konumsal verilerde benzersiz karar analizlerinin gerçekleştirilmesi için CBS Tabanlı ÇKD veya Konumsal Tabanlı ÇKD'yi ortaya çıkartmıştır (Craver, 1991; Malczewski, 2006).

CBS karar verme sürecinde ÇKKD sistemleri ile entegre olduğunda daha zengin bir içerikle ortaya farklı bakış açıları sunarak, karar değişkenleri arasındaki ifadeleri güçlendirmekte ve böylece daha etkin olarak kullanılmaktadır (Eastman ve ark. 1995; Malczewski, 2006; Çalışkan, 2013). Konumsal analizlerin yapılabilmesi için değişkenler tek tipte yapılar haline getirilmek suretiyle CBS ortamında derecelendirilerek değerlendirilmektedir. En sık kullanılan derecelendirme yönteminde, kısıtların alt ve üst sınırları belirlenerek (0 ile 1, 0 ile 100, 0 ile 255 arasında) karar değişkenlerine ait değerler tek tip haline getirilerek standartlaştırılmaktadır. Verilerin standartlaştırılmasında birçok

eşitlik formülü bulunmakta ve en çok tercih edilen doğrusal eşitlik Denklem 8’de olduğu gibi değerlendirilebilmektedir (Eastman ve ark., 1995; Öztürk ve Batuk, 2011).

$$X_i = \frac{(R_i - R_{\min})}{(R_{\max} - R_{\min})} \times m \quad (8)$$

Bu denklemde R ham değer ve m keyfi çarpan olarak kullanılıp, değişkenlerin her birine ait ağırlıklı değerleri belirlemeden önce değişkenler standartlaştırılarak hesaplanmaktadır. Daha sonraki aşamada, değişkenlere ait ağırlık değerlerinin hesaplanmasında uygulanacak metoda karar verilmektedir. CBS tabanlı ÇKD çalışmalarında değişkenlere ait etkili ağırlık değerlerini belirlemede farklı yöntemler bulunmaktadır. Bu yöntemlerden en yaygın olanları; 1) Oranlama 2) Sıralama ve 3) İkili karşılaştırmalardır (Malcewzki, 1999; Öztürk and Batuk, 2011).

1) Oranlama yöntemi, bulgulardan elde edilmiş değişkenin ağırlığının 0 ile 100 arasında belirlenebilen sayıların toplamına oranıyla ağırlık hesaplama yöntemidir:

$$N_i = N_{it} / \sum N_{it} \quad (9)$$

2) Sıralama yöntemi, en çok kullanılan ağırlık belirleme yöntemi olup toplamları arasındaki oransal ilişkiyle, karşılıklı sayı çiftleri arası oransal ilişkilerle veya üstsel ilişki kurularak belirlenmektedir (Malczewski, 1999).

3) İkili karşılaştırmalar, ÇKD işlemlerinde Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) gibi geliştirilmiş farklı yöntemlerden yararlanılarak değişkenler arasındaki ağırlıklarını veya görece önem düzeyini belirleme yöntemidir (Saaty, 1987).

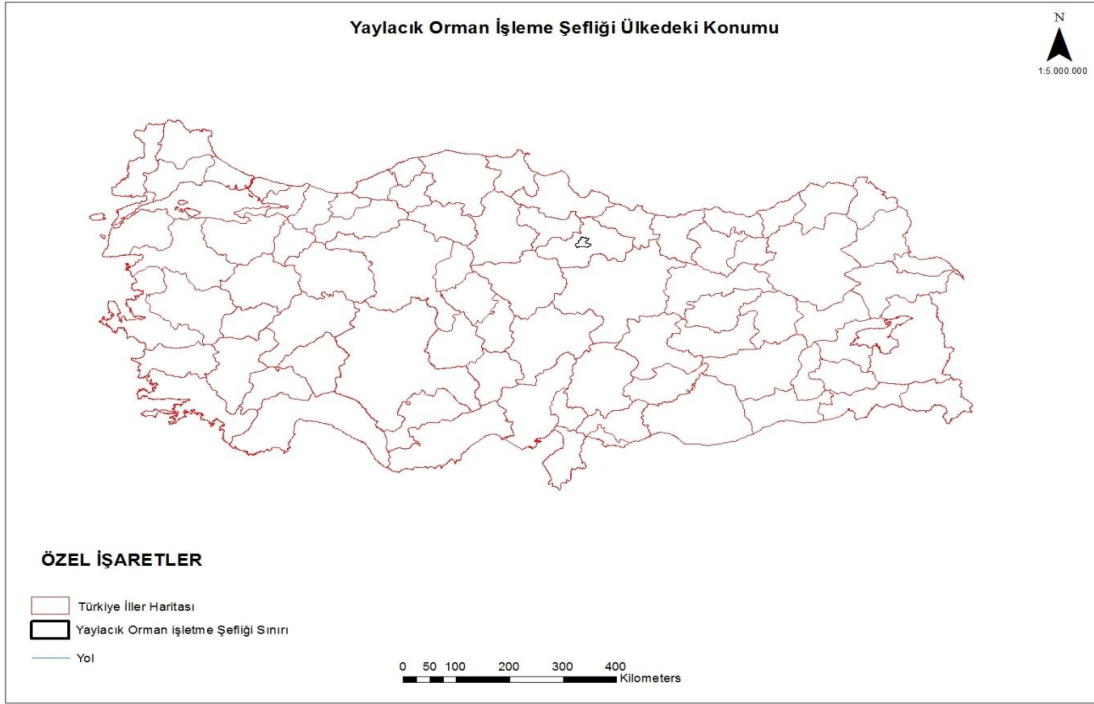
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Materyal

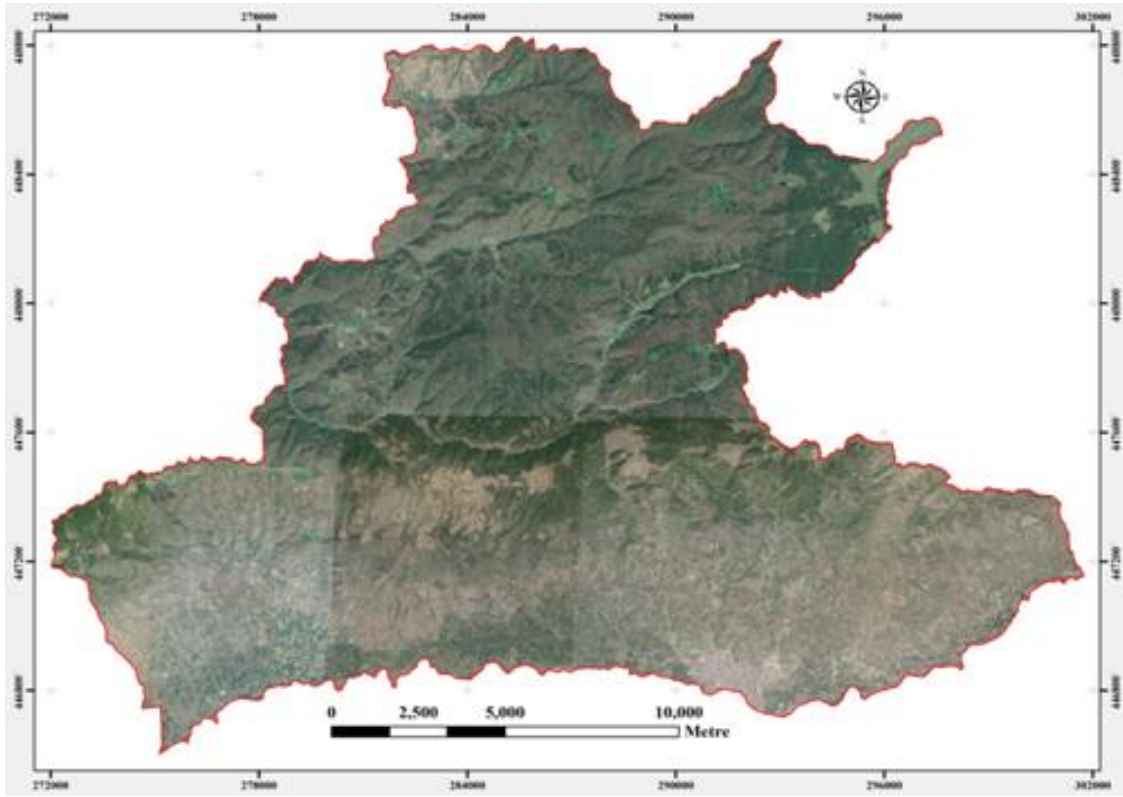
2.1.1. Araştırma Alanı

Araştırma alanı, Amasya Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içinde yer alan Tokat Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı Yaylacık Orman İşletme Şefliği'ne ait orman arazisi ve bu saha içindeki orman yolları ve orman yol ağı olarak belirlenmiştir. YOİŞ'nin konumu ve Google Earth üzerindeki yeri Şekil 11 ve Şekil 12'de gösterilmiştir. Şekil 13'de çalışma alanının görüntüsünden bir kesit verilmiştir.

Bu orman arazisinin işletilmesi amacıyla düzenlenmiş fonksiyonel orman amenajman planının sınırladığı planlama biriminde mevcut olan orman yolları ve bunların birbirleriyle, köy ve karayolları ile yaptığı bağlantı sonucu oluşturduğu orman yol ağı, çalışma materyalini oluşturmaktadır. Bu planlama biriminin seçilmesinin nedeni; düzenli olarak odun hammaddesi üretiminin gerçekleştiriliyor olması, orman arazisinin fonksiyonel orman amenajman planlama ilkesine göre yönetiliyor olması, yol ağı planının bulunması, baltalık işletmelerinin ve koruya tahvil çalışmalarının yapılıyor olmasıdır (Şekil 14).



Şekil 11. Yaylacık Orman İşletme Şefliğinin konumu



Şekil 12. Yaylacık Orman İşletme Şefliğinin google earth üzerindeki yeri



Şekil 13. Çalışma alanının genel görünüşünden bir kesit



Şekil 14. Çalışma alanında koruya tahvil çalışması yapılmış olan meşcere

Yaylacık Orman İşletme Şefliği, Tokat ilinde 1948 yılında kurulmuş olup, toplam alanı 35808,5 ha'dır (Tablo 5). İşletme şefliğindeki ormanlık alanın (20373,5 ha) yaklaşık %15'i koruya tahvil edilmiş olup, bu alanlar üretim fonksiyonuna göre işletilmektedir. Yaylacık Orman İşletme Şefliği üretim ormanı olarak 4 işletme sınıfına ayrılmıştır. Ayrıca plan ünitesinde toplam 8 adet işletme sınıfı bulunmaktadır (Tablo 6).

Tablo 5. Yaylacık Orman İşletme Şefliği alan dağılım cetveli

Normal Orman Alanı	11573,5 ha
Bozuk Orman Alanı	8799,5 ha
Toplam Orman Alanı	20373,5 ha
Ormansız Alan	15435,0 ha
Toplam Alan	35808,5 ha

Tablo 6. Yaylacık Orman İşletme Şefliği ormanlarının işletme sınıfları

İşletme Sınıfı	Ana Fonksiyon	Genel Fonksiyon	İşletme Amacı	İdare Süresi
A-Sarıçam	Ekonomik	Orman Ürünleri Üretimi	En Yüksek Miktarda Endüstriyel Odun Üretimi	100
B-Sarıçam (Plantasyon)	Ekonomik	Orman Ürünleri Üretimi	En Yüksek Miktarda Endüstriyel Odun Üretimi	120
C-Kayın	Ekonomik	Orman Ürünleri Üretimi	En Yüksek Miktarda Endüstriyel Odun Üretimi	100
D-Meşe (Koruya Tahvil)	Ekonomik	Orman Ürünleri Üretimi	En Yüksek Miktarda Endüstriyel Odun Üretimi	80 (Dön Sür.)
E-Sarıçam	Ekolojik	Erozyon Önleme	Toprak Koruma	200
F-Meşe	Ekolojik	Erozyon Önleme	Toprak Koruma	220
G-Sarıçam	Sosyal ve Kültürel	Hidrolojik	Kullanma Suyu Koruma	200
H-Sarıçam	Sosyal ve Kültürel	Ekoturizm ve Rekreasyon	Mesire Yeri	200

2.1.1.1. Araştırma Alanının Bitki Örtüsü, Toprak ve İklim Özellikleri

Araştırma alanında asli ağaç türü olarak karaçam, sarıçam, kayın, ardıç, gürgen, kavak ve meşe bulunmaktadır. Araştırma alanında kahverengi orman toprağı ile kestane renkli topraklar hakimdir. Yüksek kesimlerde ise kalkerli topraklar görülmektedir. Yaylacık İşletme şefliğı ormanları Orta Karadeniz Bölgesinin iç kısımlarında yer almaktadır. Arazi çok sarp değildir. Karadeniz ve İç Anadolu bölgelerinin ortak iklim özelliklerini göstermektedir. Kışlar yağışlı yazları kurak ve sıcak geçer. Tokat meteoroloji istasyonundan alınan verilere göre yıllık ortalama sıcaklık 12,7 °C, en düşük sıcaklık -19,3 °C ve en yüksek sıcaklık 40,0 °C'dir. Ortalama nisbi nem oranı % 65, ortalama yağış miktarı ise 455,4 mm'dir.

2.1.1.2. Araştırma Alanı Mevcut Yol Ağı Durumu

Yaylacık Orman İşletme Şefliğinin Halilalan ve Sırçalı serilerini kapsayan 10.03.1973 onay tarihli iki adet eski yol şebeke planı vardır. Bu planlara bağılı 158+8 km orman yolu yapılmış olup 1992 de yapılmış olan en son planda da bu yollar dikkate alınmıştır.

1992 yılında projesi yapılan yeni yol şebeke planlaması, ormancılığın tüm faaliyet alanlarındaki çalışmalara imkan verecek şekilde çok yönlü olarak düşünülmüş ve arazinin elverdiği ölçülerde bu hususa dikkat edilmeye çalışılmıştır. Bu planda orman serveti yanında ağaçlandırma sahaları ile enerji ormanı yenileme ve tensil çalışması arazinin yer yer kırık, engebeli ve kayalık olması, orman ziraat arazisi ve yerleşim yerleri ile çok parçalanmış olması gibi faktörler de dikkate alınarak yol aralığı için hektardaki servete bağılı kalmaksızın yol ağının her türlü ihtiyaca cevap verecek şekilde yapılmasına özen gösterildiğı belirtilmiştir. Bu düşüncelerin ışığında 1992 de yapılan en son planda 322+4 km yol planlanmış ve bu yolların 158+8 km kısmının daha önce yapılmış olan mevcut yollardan 163+6 km'lik kısmının ise yeni yol olarak plana dahil edilmiştir.

Yaylacık Orman İşletme Şefliğı Orman Amenajman Planı olarak planlanan orman 1971 yılında Halilalan, Sırçalı, Topçam ve Bozatalan serileri adı altında planlanmıştır. 1972-1991 yılları için geçerli olan planların ortak sınırları kaldırılıp dış sınırları aynen muhafaza edilerek yeni planlanan Yaylacık Orman İşletme Şefliğı Amenajman Planının

sınırları olarak kabul edilmiştir. Son yapılan bu plana göre 1988-2007 yılları arasında uygulama yapılacaktır.

Araştırma alanı ile ilgili günümüzde halen 1992 yılında yapılmış olan orman yolları şebeke planı mevcuttur. Bu orman yolları şebeke planına göre;

Alanda, 322+4 km orman yolu, 135+0 km köy yolu, 3+0 km kara yolu olmak üzere toplam 460+4 km yolun olması gerektiği planlanmıştır. Yol yoğunluğunun da 15,6 m/ha olduğu belirtilmiştir.

2.1.2. CBS Veri Tabanı

2.1.2.1. Topoğrafik Haritalar

Alanın topoğrafik yapısının ve Sayısal Arazi Modelinin (SAM) oluşturulması için Yaylacık Orman İşletme Şefliği sınırlarını kapsayan 1/25000 ölçekli eş yükselti eğrileri haritaları kullanılmıştır. Daha sonra sayısal arazi modelinden ArcGIS programının 3D Analyst modülü kullanılarak eğim ve bakı analiz haritaları üretilmiştir.

2.1.2.2. Amenajman Haritaları

Çalışma kapsamında Yaylacık Orman İşletme Şefliğine ait sayısal amenajman haritaları kullanılmıştır. Bu haritalar yardımıyla alandaki mevcut konumsal dağılımları belirlenerek, CBS veri tabanına modelin değişkenleri olarak eklenmiştir (OGM, 2013).

2.1.2.3. Arazi Sınıfları Haritası

Araştırma alanının sahip olduğu alan kullanım durumlarının belirlenmesinde 2014 yılı güncel orman amenajman planlarından arazi sınıfları ve sınıflara ait tanımlamalarının bulunduğu sayısal vektör veriler kullanılmıştır (Bütner ve ark., 2010; EEA-2013).

2.1.2.4. Mevcut Orman Yol Ağı Analizi

Yaylacık Orman İşletme Şefliği içerisinde bulunan orman yol ağının ve orman yollarının arazide ölçülen özelliklerinin birbirleriyle ve sayısal harita üzerinden elde edilen

bazı özellikleri ile birlikte kullanılarak yeni verilerin üretilmesine ilişkin uygulanan yöntemler aşağıda belirtilmiştir.

2.1.2.4.1. Yol Yoğunluğu

Yaylacık Orman İşletme Şefliği alanı için Erdaş (1997) ve Eker (2004) tarafından önerilen 3 tip yol yoğunluğu hesaplanmıştır. Bunlar genel yol yoğunluğu (toplam yol uzunluğu/bütün alan), itibari yol yoğunluğu (orman içi yol uzunluğu/ormanlık alan) ve gerçek yol yoğunluğu (orman içi ve dışı yol uzunluğu/ormanlık alan)'dır.

2.1.2.4.2. İşletmeye Açma Oranı

Orman yolunun çeşitli işlevleri münasebetiyle, yol uzunluğu boyunca orman içine nüfuzun sağlanabildiği genişlik esas alınarak hesaplanan alanın, toplam alana yada doğrusal bir orman yolu modelinin nüfuz alanına bölünmesi sonucunda elde edilen orandır (Acar, 2005). İşletmeye açma genişliği olarak yolun her iki tarafına doğru 250 m olmak üzere toplam 500 m olarak esas alınmıştır. Bu, teorik bir işletmeye açma genişliği olup kullanışlı bir gösterge olarak kabul edilmiştir. ArcGIS ortamındaki konumsal analiz modülü içindeki tampon (buffer) analizi ile bu alanlar hesaplanmıştır. Tampon alanlar, toplam alana oranlanarak işletmeye açma oranları hesaplanmıştır. Yolların işletmeye açma oranlarının değerlendirilmesinde Erdaş (1997) (Tablo 7) tarafından belirtilen yöntem kullanılmıştır.

Tablo 7. İşletmeye açma oranlarının sınıflandırılması

İşletmeye Açma Oranı	Açıklaması
İAO < % 60	Alana fena dağılmış orman yolları
İAO = % 61-70	Orta derecede dağılmış orman yolları
İAO = % 71-80	İyi derecede dağılmış orman yolları
İAO > % 80	Çok iyi derecede dağılmış orman yolları

2.1.3. Kullanılan Ölçüm Aletleri ve Yazılımlar

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde gerekli olan literatür bilgisi için; baskılı ve dijital kütüphanelerdeki süreli ve süresiz yayınlar, ulusal ve uluslar arası bilimsel toplantı bildirileri, lisansüstü tezleri, konuyla ilgili ders materyalleri ve kişisel iletişim yoluyla elde edilen bilgiler kullanılmıştır.

Çalışma alanındaki orman sahası ve içeriğine ait veri ve bilgi temini için çalışma alanına ait Çok Amaçlı Fonksiyonel Orman Amenajman Planı ve haritalarından yararlanılmıştır. Orman yollarına ait bazı idari bilgilerin temin edilmesi için de Orman Yol Ağı Planı içeriği kullanılmıştır. Orman arazisinin işletilmesi ve faaliyetlerine yönelik bilgiler için işletmeye ait kayıtlar kullanılmıştır.

Çalışma alanının konumsal yapısı, aktüel orman yol ağı varlığı ve sayısal yükseklik modellerinin yapılabilmesi için planlama birimini içine alan 1/25000 topoğrafik haritalar, eşyüksele eğrili sayısal haritalar ve serbest kullanıma açık Google Earth uydu görüntüleri kullanılmıştır.

Baskılı haritalardan sayısal haritaların elde edilmesi, raster formatındaki sayısal haritaların vektör formatlı veri yapısına dönüştürülmesi, veritabanı kurulmaksızın koordinatlı grafik şeklinde çizilmiş bazı konumsal detayların ilişkilendirilebilir veritabanına aktarılması ve sonrasında da konumsal-sayısal analizlerin yapılabilmesi için ArcGIS 10.0 ve Netcad 5.2 sürümü CBS yazılımlarından yararlanılmıştır.

Orman yolu üzerinde araçla seyir sırasında ve orman yolu üzerinden alınan enine kesitlerde/profillerde coğrafik (konumsal) ve öznitelik verinin toplanıp depolanabilmesi amacıyla GPS kullanılmıştır (Şekil 15). GPS'e gerekli sayısal haritaların yüklenebilmesi için serbest kullanıma açık GPS Tracmaker ve Global Mapper programlarından yararlanılmıştır. GPS verilerinin arazide depolanabilmesi ve gidilecek-gidilen yolların sayısal harita üzerinde izlenebilmesi için bir dizüstü bilgisayar kullanılmıştır.

Verilerin analize ve değerlendirmeye hazır hale getirilmesi için masaüstü bilgisayardan yararlanılmıştır. Orman yolu üzerinden ölçülerek yada gözlenerek temin edilen verilerin analiz ve değerlendirmeye hazır hale getirilmesinde MS Office araçlarından (Excel ve Word) yararlanılmıştır.

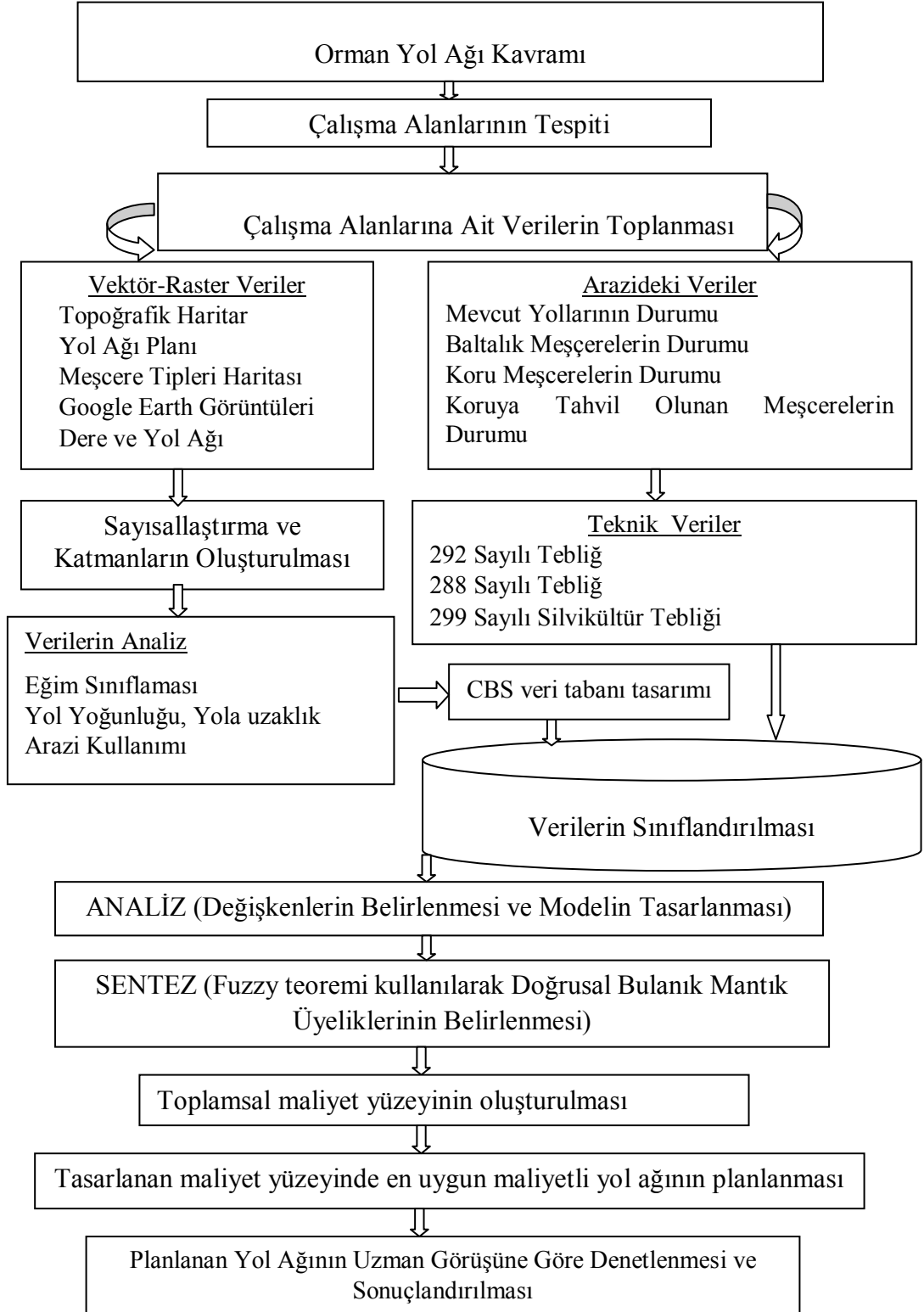
Verilerin analizinde ArcGIS 10.0, ERDAS 9.0, AutoCAD Civil 3D, Microsoft EXCEL, SPSS 17 ve ayrıca bulanık mantık haritası oluşturmak için FuzzyCell yazılımları kullanılmıştır.



Şekil 15. Çalışma alanında kullanılan el gps'i

2.1.4. Kullanılan Tablolar

Yol Ağı Uygunluk Modeli (YAUM) oluşturulması aşamasında amaç fonksiyonlarında kullanılmak üzere toplam altı karar değişkeni değerlendirilmiştir. Karar değişkenlerinin her biri için ayrı ayrı tablolar oluşturulmuştur. MS EXCEL ortamında oluşturulan tablolarda, değişkenlere ait kriterlerin kodlarını, uygunluk derecelendirmelerini (UD), bunların maksimum ve minimum değerlerini ve UD'nin yüzde olarak değerlerini içeren sütunlar kullanılmıştır. Aynı zamanda değişkenlerin modele olan etki ağırlıklarının belirlenmesinde kullanılan ortalama değerler içinde tabloda yer ayrılmıştır (Tablo 8).



Şekil 16. Baltalıktan koruya dönüştürmede uygulanacak orman yol ağı planlama modeli akış şeması

2.2.1.Araştırma Verilerinin Temini

Çalışmada gerekli olan verilerin temini için öncelikle Yaylacık Orman İşletme Şefliği ile ilgili ön bilgiler sağlanmıştır. Çalışmada kullanılacak sayısal haritalar ve amenajman planı Yaylacık Orman İşletme Şefliğinden elde edilmiştir. Araştırmada, çalışma alanına ait 1/25000 ölçekli haritalar kullanılmıştır. Çalışma alanına ait yol ağının oluşturulması sırasında Yaylacık Orman İşletme Şefliği bünyesinden temin edilen orman yol haritaları ve yol şebeke planları ile google earth görüntüleri kullanılmıştır. Ayrıca, arazi çalışmaları gerçekleştirilerek, GPS (Global Position System) cihazı yardımıyla çalışma alanına ait yollardan belirli aralıklar ile koordinatlar alınmış elde edilen veriler sayısal ortama aktarılmıştır (Şekil 17). Veri tabanı sorgulaması için çalışma alanına ait meşçere haritaları ve topografik haritalar yine şeflikten temin edilerek bilgisayar ortamına aktarılmıştır.



Şekil 17. Çalışma alanına ait yollardan belirli aralıklarla koordinatların alınması

Amasya Orman Bölge Müdürlüğü kadastro şubesinden alınan veriler doğrultusunda araştırma alanının kadastral sınırları ArcGIS ortamına aktarılmıştır. Araştırma alanına ait fonksiyon haritası da aynı şekilde Yaylacık Orman İşletme Şefliğine ait orman fonksiyonlarının alansal dağılımını hesaplamak için şeflikten temin edilmiştir. Mevcut orman yolları Yaylacık Orman İşletme Şefliğine ait yol şebeke planından kontrol edilerek, google earth görüntüsünden faydalanarak sayısallaştırılmıştır. Meşcere kapalılığının fazla olduğu alanlarda uydu görüntüsünün yanı sıra GPS yardımıyla yollar sayısal ortama aktarılmıştır.

Arazide üzerinde mevcut bulunan orman yollarının ve planlarda gözükmeyen yolların koordinatları alınarak bu noktalar bilgisayar ortamında daha önce oluşturulan haritalar üzerine işlenmiştir.

2.2.2. CBS Verilerinin Düzenlenmesi

Topoğrafik haritalara ait geometrik düzeltmeler araştırma alanından küresel konum belirleme cihazı (GPS) sayesinde toplanan noktalara göre ArcGIS yazılımı aracılığıyla WGS DATUM 37N UTM koordinat sistemine göre gerçekleştirilmiştir. Sayısal ortamda elde edilen vektör tabanlı veriler kontrol edilerek çizimlerdeki hatalar düzeltilmiştir. Koordinat sistemleri raster tabanlı verilerle aynı olacak şekilde standartlaştırılarak eş hale getirilmiştir.

Alanın topoğrafik bilgilerini ortaya çıkarmak için RASTER SYM verisi (10 m x 10 m) kullanılarak ArcGIS 10.0 konumsal analiz (Spatial Analyst) eklentisi içerisinde bulunan özellikler (Raster surface) yardımıyla; bakı, yükseltisi (m) ve eğim hesabı (%) yapılmıştır. Vektör tabanlı veri katmanları, 10 m x 10 m çözünürlüğünde raster verilere dönüşümleri gerçekleştirilerek kullanım ve analiz işlemlerinde kullanmak amacıyla hazırlanmıştır.

2.2.3. Değişkenlerin Derecelendirilmesi ve Ağırlıklandırılması

Bu kapsamda ele alınan modele uygulanacak amaç fonksiyonları işletme şefliği sınırı içerisindeki yol ağı dikkate alınarak ve ulaşmak istediğimiz ve işletmeye açılması gerek görülen alanlara yol geçkilerine uygun olan alanların tespitinin geliştirilmesi hedeflenmiştir. Bu nedenle karar almada karşılaşılabilecek problemlerin ortadan kaldırılması amacıyla derecelendirme yöntemi uygulanmıştır. Bu kapsamda ele alınan Arazi Kullanımı (AK), Arazi Eğimi (AE), Yol Yoğunluğu (YY), Ana Dereye Uzaklık

(ADU), Yola Uzaklık (YU) ve Bakı (B) için 5 farklı derece ve uygunluk değeri tanımlanmıştır.

Modelin tasarlanmasında arazi çalışmalarının yanı sıra, uzman kişilerin katılım gösterebilmesi ve literatüre dayalı bilgilerin kullanımının sağlanması amacıyla genelleştirilmiş bir yaklaşım sergilenmiştir. Karar değişkenlerinin derecelendirme usulüne dayanan bu yöntemde, yol planlamalarına ait önceki literatür çalışmaları ve eldeki konumsal verilerin hassasiyeti dikkate alınmıştır (Guisan vd. 2002). Çalışma kapsamında, Arazi Kullanımı 8 sınıf, Arazi Eğimi 8 sınıf, Yol Yoğunluğu 10 sınıf, Ana Dereye Uzaklık 3 sınıf, Yola Uzaklık 10 sınıf ve Bakı 9 sınıfa ayrılarak değerlendirilmiştir (Zimmermann, 2004).

Aynı zamanda, farklı kriterlerin oluşturulması ve araştırmaya konu olarak değerlendirilmiş kriterlerin önem düzeylerinin belirlenmesi amacıyla sıralama yöntemlerine ait ortalama değerler tespit edilmiştir. Sıralama yöntemi, en çok kullanılan ve pratik ağırlık belirleme yöntemlerinden olup toplamları arasındaki oransal ilişkiyle (Denklem 10), karşılıklı sayı çiftleri arası oransal ilişkilerle (Denklem 11) veya üstsel ilişki kurularak (Denklem 12) belirlenmektedir (Malczewski, 2000).

$$N_i = \frac{(n - r_i + 1)}{\sum(n - r_i + 1)} \quad (10)$$

$$N_i = \frac{(1 / r_i)}{\sum(1 / r_i)} \quad (11)$$

$$p = 2$$

$$N_i = \frac{(n - r_i + 1)^p}{\sum(n - r_i + 1)^p} \quad (12)$$

2.2.3.1. Arazi Kullanımı

Orman amenajman planlarına ait vektör tabanlı veri tabanı sınıflara ayrılarak araştırma alanı içerisinde bulunan alanların arazi kullanım durumları 8 farklı sınıfta belirlenmiştir. Vektör olan bu veri modelin içerisine her bir sınıfa ait alan kullanım durumu farklı sayılarla atanarak kodlanmıştır. Daha sonra Tablo 9'un yardımıyla UD ve UD'ye ait yüzdeler (%) değerlere çevrimleri yapılmıştır.

Tablo 9. Arazi kullanım sınıfları

Arazi Kullanım Sınıfları	Aralıklar
1	Orman
2	Bozuk Orman
3	Ziraat
4	Taşlık
5	Koruya Tahvil
6	İskan Ve Diğer Yapılaşmalar
7	Su
8	Orman Toprağı (OT)

2.2.3.2. Arazi Eğimi

1/25000'lik topoğrafik haritaların eşyüksekti eğrileri sayısallaştırılarak sayısal arazi modeli (SAM) oluşturulmuştur. SAM değerleri için 8 farklı eğim grubu değerlendirmeye alınmıştır (Frair ve ark., 2005; Tablo 10). Yol planlamada dikkate alınması gereken eğim sınıflarına ait UD ve UD'ye ait değerler yüzdeler (%) değerlere çevrimleri için Tablo 10'dan yararlanılmıştır.

Tablo 10. Arazi eğim sınıfları

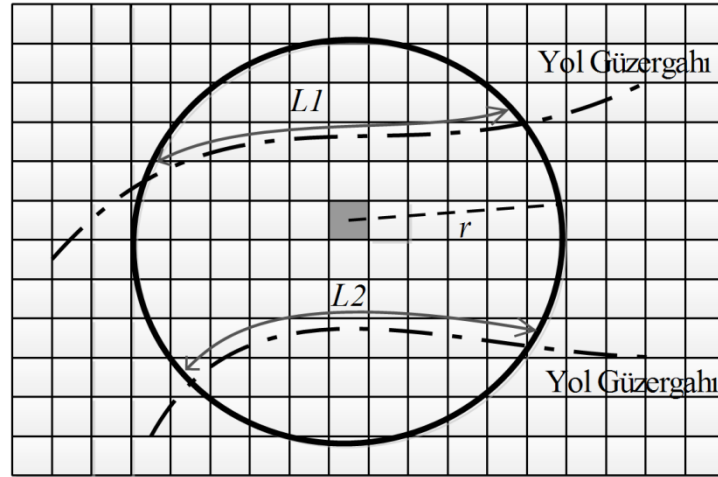
Arazi Eğim Sınıfları	Aralıklar (Yüzde, %)		
1	0	-	10
2	10,0001	-	20
3	20,0001	-	30
4	30,0001	-	40
5	40,0001	-	50
6	50,0001	-	60
7	60,0001	-	70
8	70<		

2.2.3.3. Yol Yoğunluğu

Araştırma alanı içerisindeki yol yoğunluğu (YY) hesabı, ArcGIS konumsal analiz (Spatial Analyst) eklentisinde bulunan yoğunluk analizi (Density) fonksiyonu kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Denklem 13) (Şekil 18). Her bir raster hücrenin komşuluk ilişkileri, daire içerisinde (r) kalan yoğunluk değerleri (V) belirtilmeden, yol yoğunluğu araştırma alanının tamamı için km ve hektar (ha) cinsinden ortaya konulmuştur (Esri, 1996).

$$YY = \frac{(L1*V1) + (L2*V2)}{\pi * r^2} (km / ha) \quad (13)$$

YY'ler 5 m/ha aralıklarla toplamda 10 sınıfa ayrılmıştır (Sawyer ve ark., 1997). Planlamada istenilen yollara ait yol yoğunluğu, UD ve UD'ye ait değerler yüzdelik (%) çevrimleri için Tablo 11'den yararlanılmıştır.



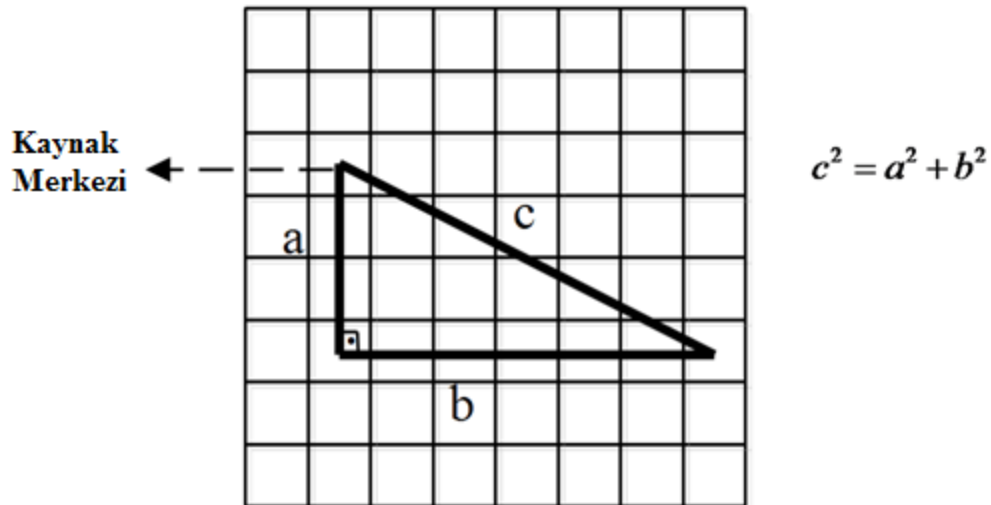
Şekil 18. Yolların belirli bir alana göre yoğunluk hesabı

Tablo 11. Yol yoğunluğu sınıfları

Yol Yoğunluğu Sınıfları	Aralıklar (m/ha)
1	0 - 5
2	5,0001 - 10
3	10,0001 - 15
4	15,0001 - 20
5	20,0001 - 25
6	25,0001 - 30
7	30,0001 - 35
8	35,0001 - 40
9	40,0001 - 45
10	45<

2.2.3.4. Yola Uzaklık

Yola uzaklık (YU) için öklid geometrisi (Euclidean Distance) sayesinde araştırma alanı sınırları içerisindeki yakınlık-uzaklık ilişkilerine ait 10 m x 10 m piksel boyutlu raster verisi oluşturulmuştur. YU'nun hesaplanmasında kullanılan bu yöntemde her bir hücrenin belirtilen yol güzergahları merkezlerinden başlayarak orta noktasına göre a ve b kenar doğrularından hipotenüsün hesaplanmasıyla belirlenmiştir (Şekil 19).



Şekil 19. Merkez olarak belirlenen noktanın mesafe hesabı

YU'ya ait UD ve UD'ye ait değerler yüzdelik (%) evrimleri için Tablo 12 kullanılmıştır. YU sınıfları 0 ile 1000 m ve üzeri uzaklıklar arasında 100'er m aralıklarla toplamda 10 sınıfa ayrılmıştır (Witmer ve De Calesta, 1985) (Tablo 12).

Tablo 12. Yola uzaklık sınıfları

Yola Uzaklık Sınıfları	Aralıklar (m)		
1	0	-	100
2	100,0001	-	200
3	200,0001	-	300
4	300,0001	-	400
5	400,0001	-	500
6	500,0001	-	600
7	600,0001	-	700
8	700,0001	-	800
9	800,0001	-	900
10	900<		

2.2.3.5. Ana Dereye Uzaklık

Ana dereye uzaklık (ADU) hesaplamalarında oklid geometrisi sayesinde 10 m x 10 m piksel boyutlu raster verileri oluşturulmuştur. ADU'ya ait UD ve UD'ye ait değerler yüzdelik (%) evrimleri için Tablo 13 kullanılmıştır. ADU sınıfları 0 ile 50 m ve üzeri uzaklıklar arasında 25'er m mesafelerde toplamda 3 sınıfa ayrılmıştır.

Tablo 13. Ana dereye uzaklık sınıfları

Ana Dereye Uzaklık Sınıfları	Aralıklar (m)		
1	0	-	25
2	25,0001	-	50
3	50	<	

2.2.3.6. Bakı

Topoğrafik haritalardan üretilen SAM yardımıyla araştırma alanına ait bakı durumları tespit edilmiştir. Buna göre değişkenin UD değerlendirmeleri için 9 farklı sınıf kullanılmıştır (Tablo 14). B'ye ait UD ve UD'ye ait değerler yüzdelik (%) çevrimleri için Tablo 14 kullanılmıştır.

Tablo 14. Bakı sınıfları

Bakı sınıfları	Aralıklar
1	Kuzey
2	Kuzeybatı
3	Kuzeydoğu
4	Güney
5	Güneybatı
6	Güneydoğu
7	Batı
8	Doğu
9	Düz

2.2.3.7. Verilerin Sınıflandırılması ve Birleştirilmesi

YAUM fonksiyonlarını belirleyici karar değişkenlerine ait oluşturulan raster gridlerin her birine daha önceden atanmış kodlar yardımıyla benzerlik karşılaştırmaları yapılarak, (Join) MS EXCEL ortamında hesaplanan UD'lere ait yüzdelik değerleri, "txt" metin formatlı metaverilerin sınıflandırılması yöntemiyle raster verilere tanımlanmıştır. Bu işlem ArcGIS 10.0 yazılımı konumsal eklentisi altında bulunan önceden tanımlı sınıflandırma (Reclass by ASCII File) yöntemi kullanılarak her bir karar değişkenine ait kriter için gerçekleştirilerek veriler hazırlanmıştır.

2.2.3.8. Karar Değişkenlerinin Derecelendirilmesi

Karar değişkenlerine ait her bir sınıfa araştırmacının kısıtlanmayacağı şekilde esneklik sağlamak ve literatürde yol ağları çalışmalarının birleştirilmesi amacıyla maksimum ve minimum derecelendirme hakkı tanınmıştır. Maksimum ve minimum UD'lerin aritmetik ortalaması alınarak uygunluk derecelerine ait ortalama UD değerleri hesaplanmıştır. Bu hesaplamalarda '0', yani mutlak yokluk derecesinin kullanılması

durumunda uygunluk derecesi için aritmetik ortalama hesaplanmamıştır. Karar değişkenlerine ait derecelerin ortalamaları ise hesaplanan karar değişkenlerinin fonksiyonlarının geliştirilmesi amacıyla şiddet derecesi genelleştirilmiş ve standartlaştırılmıştır.

Tanımlı sınıflara ayrılan karar değişkenlerine ait kriterler için derecelendirme tablosu oluşturulmuştur (Tablo 15). Bu derecelendirmede; 0 mutlak yokluğu ve 1 ise en iyi değeri ifade ederken, 10 en kötü değeri ifade etmektedir. Matematiksel olarak ifade edilemeyen ancak belirgin sınıflarda sözlü olarak (en iyi, iyi, uygun, kötü, en kötü) belirlenmiş değerlerin de tespit edilmesi ve CBS tabanlı modele katılımının sağlanması amacıyla derecelendirme yöntemi kullanılmıştır.

YAUM'nin içerdiği modele ait sınıfların belirlenmesi amacıyla yol ve yol ağı planlama çalışmalarına ait bilgiler ve önceki çalışmalardan yararlanılmıştır. Yokluk (Yo), Yol planlaması için çok uygun alanlar (ÇU), Yol planlaması için uygun alanlar (U), Yol planlaması için az uygun alanlar (ÇAU) ve Yol planlaması için çok az uygun alanlar (ÇOAU) olarak konumsal durumlarının belirlenmesi amacıyla 5 temel yol ağı planlama fonksiyonuna ulaşmak için oluşturulmuştur (Denklem 14).

Tablo 15. Amaç fonksiyonuna ait değişkenlerin derecelendirme tablosu

Puan	Amaç Fonksiyonu	Yol Ağı Uygunluk Sınıfları	Açıklama
1-3	Yol planlaması için Çok Uygun alan	Çok Uygun	Yol için oldukça uygun kriterlere sahip konum
4-6	Yol planlaması için Uygun alan	Uygun	Yol için makul ölçüde kabul edilebilir konum
7-9	Yol planlaması için az uygun alan	Az Uygun	Yol yapımı için uygun ancak daha uygun konum tercih edilebilir
10	Yol planlaması için çok az uygun alan	Çok Az Uygun	Zorunlu hallerde yol yapımı için tercih edilebilir konum
0	Kesinlikle yol planlaması yapılamayacağı alan	Yokluk	Kesinlikle yol yapımı için uygun olmayan konum

Amaç fonksiyonları, Arazi Kullanımı (AK), Arazi Eğimi (AE), Yol Yoğunluğu (YY), Ana Dereye Uzaklık (ADU), Yola Uzaklık (YU), Bakı (B) karar değişkenlerine ait alt

kriterlerin her birine ait dereceler (p) için arasındaki önem düzeyleri 0 etkisi olmayan mutlak yokluk, 1 en yüksek ve 10 en düşük değerleri (r) arasında puanlandırılarak her bir karar değişkenine ait uygunluk derecesi (UD) hesabı için hazırlanmıştır (Denklem 14). Yol ağı planlamada kullanılacak kriterler literatürden elde edilen bilgiler göz önünde bulundurularak derecelendirilmiştir.

$$\left\{ \begin{array}{l} r \in [x, \{0\}, Z^+] \rightarrow 0 \leq x \leq 10 \\ p \in [x, Z^+] \rightarrow x \geq 1 \end{array} \right\} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} AK = p_1 r + p_2 r + \dots + p_n r \\ B = p_1 r + p_2 r + \dots + p_n r \\ ADU = p_1 r + p_2 r + \dots + p_n r \\ YY = p_1 r + p_2 r + \dots + p_n r \\ YU = p_1 r + p_2 r + \dots + p_n r \\ AE = p_1 r + p_2 r + \dots + p_n r \end{array} \right\} \quad (14)$$

UD'ye ait değerlerin yüzdelik (%) çevrimlerinde kullanılan karar değişkenine ait alt kriterler, doğrusal regresyon eşitliği tahmin modeli ile MS EXCEL ortamında hesaplanmıştır. R^2 değeri en yüksek çıkan eşitlik, amaç fonksiyonlarını ortaya koymak amacıyla kullanılmıştır (Eastman ve ark., 1995).

(15)

$$y = -10,636x + 108 \\ R^2 = 0,9958$$

Alt kriterlere ait her bir sınıf için belirlenen değer (r)

Denklem 16'da belirtilen doğrusal model yardımıyla yüzdelik (%) ifadelerle çevrilmiştir. UD'si belirlenen alt kriterler CBS tabanlı çalışma ortamında hazırlanan karar değişkenlerinin modele katılımını sağlamak üzere hazırlanmıştır.

$$UD = 108 - 10,636 \times r \quad (16)$$

2.2.4. Yol Ağı Uygunluk Modellerinin Tasarlanması

Literatür tabanlı bilgilerden elde edilen Orman Yol Ağı Planlama kriterleri kullanılarak belirlenen UD ve ağırlıkları kullanılarak ArcGIS 10.0 ortamında doğrusal regresyon modeli eşitliği oluşturulup, bindirme analizi gerçekleştirilmiştir. Denklem 17 (Weighted Overlay) yardımıyla karar değişkenlerine ait relatif ağırlıklar dikkate alınarak doğrusal regresyon modeli kullanılmıştır (Gümüş, 2003; ESM103, 1980; Jiang ve Eastman, 1999; Malcewzki, 1999; Chang, 2004; Beier ve ark., 2008).

$$YAUM = \beta_0 AK + \beta_1 B + \beta_2 ADU + \beta_3 YY + \beta_4 YU + \beta_5 AE \quad (17)$$

Oluşturulan doğrusal modelde olası matematiksel hesaplamalardan oluşan hataları ortadan kaldırmak amacıyla doğrusal bulanık mantık üyeliği (Linear Fuzzy Membership) yaklaşımı ile ayrıca değerlendirilerek fonksiyon sınıflarına ait sınıra yakın değerlerdeki kesin ifadeler bulanık mantık üyeliğe dahil edilen karar değişkenleri ($\mu(x)$) 0 ile 100 değerleri arasında tespit edilen UD'ler arasında bulanık üyeliğe dahil edilmiş karar değişkenlerini durulaştırma (Fuzzy Overlay) işlemi yapılmıştır (Yanar, 2003; Raines ve ark., 2010; Yanar ve Akyürek, 2008; Grandchamp, 2012).

Doğrusal model ve bulanık mantık çerçevesinde oluşturulmuş YAUM konumsal verilerine ait sınıflandırmalar yapılarak, daha önceden belirlenmiş eşitlik yardımıyla (Raster calculator) hesaplanan YAUM verilerinin amaç fonksiyonlarına ayırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Yine bulanık mantık ile oluşturulan model değerleri ($\mu(x)$) aynı yöntemle sınıflandırılarak amaç fonksiyonları elde edilmiştir. Bu model sayesinde Yol ağı planlama kriterlerine ait konumsal dağılım gösterdikleri alanlar olarak YAUM tahmini konumsal dağılım durumları ortaya konmuştur.

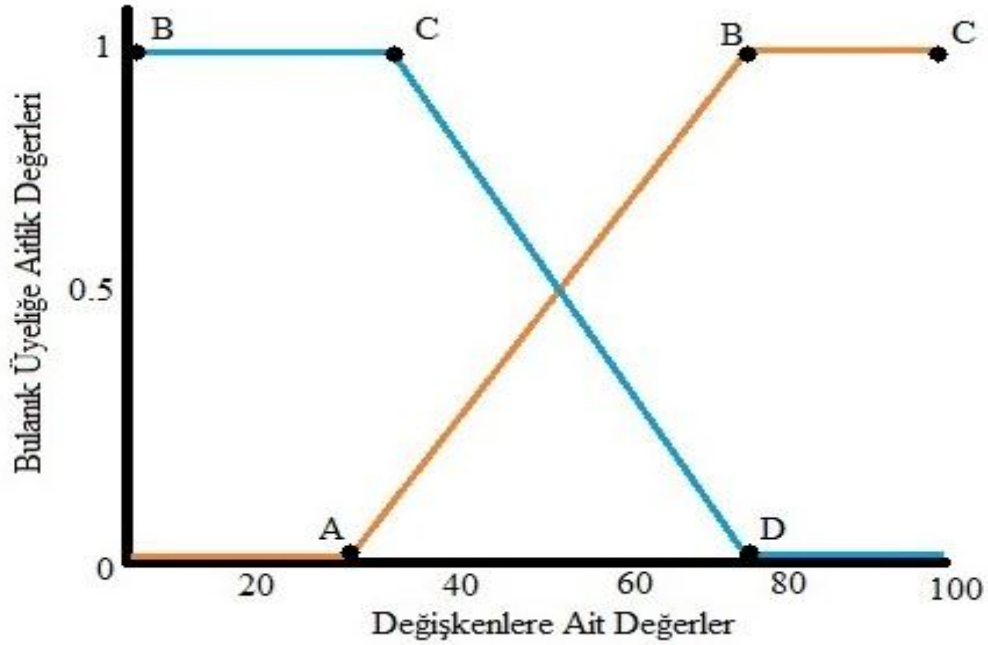
2.2.4.1. Doğrusal Bulanık Mantığı ile Yol Ağı Uygunluk Modeli Tasarlanması

a) Karar Değişkenlerinin Bulanık Üyeliğe Dahil Edilmesi: Doğrusal bulanık mantık modeli için her bir fonksiyona ait karar değişkeni dereceleri bulanık üyeliğe dahil edilmiştir. Alt kriterlere ait UD (\bar{p}_i) değerlerin doğrusal bulanık mantık ile karekökleri alınarak 0 ile 1 arasında normalleştirilmiştir ($\mu(x)$). Her bir karar değişkeni için belirlenmiş UD derecelerinin yüzdelik değerleri kullanılarak Minimum (min) ve maksimum (max) değerler hesaplanmıştır (Raines ve ark., 2010).

$$\begin{aligned} \mu(x) &= 0 \text{ ise } x < \min, \\ \mu(x) &= 1 \text{ ise } x > \max, \\ \text{Yada } \mu(x) &= \frac{(x - \min)}{\max - \min} \end{aligned} \quad (18)$$

Denklem 18'de belirtildiği üzere UD değerlerinin kullanılmasıyla belirlenen en az 0 en fazla 100 değerleri arasında değişen yüzde (%) tanımlamaları ve bulanık mantık üyeliğe

aitliklerinin ortaya konulması amacıyla tüm değişkenlerin bulanıklaştırılmasında doğrusal bir yaklaşım sergilenmiştir. UD değerlerinin standartlaştırılmasında birbirine çok yakın sayısal değerlerin bulunması ve değerler arasında negatif sayıların bulunmamasından dolayı doğrusal bulanık mantık yaklaşımı tercih edilmiştir (Şekil 20).



Şekil 20. Doğrusal bulanık üyelik fonksiyonlarına ait değişim eğrisi

CBS'de çokça tercih edilen geleneksel doğrusal ağırlıklı bindirme çalışmaları ile mantıksal olarak aynı yaklaşım gösterilmektedir. Ancak, doğrusal bulanık üyeliklere dahil edilmiş karar değişkenlerine ait minimum ve maksimum değerlerin kullanıcı tarafından tanımlanarak belirlenmesine imkan sağladığından bulanık üyeliklere aitlik dereceleri doğrusal bulanık mantık ile gerçekleştirilmiştir (Jiang ve Eastman, 2000; Malczewski, 2002).

Doğrusal bulanık üyeliklerin belirlenmesinde uygulanan yöntem grafik üzerinde açıklık getirecek olursak; eğer x değişkene ait değer ise, şekil 20'de belirtilen A, B, C, D noktaları 0 ile 1 arasında gerçek birimleri ifade etmektedir. Bulanık üyeliklere (μ) aitlikleri Denklem 19'daki gibi ifade edilir.

$$\begin{aligned}
x \leq A &\rightarrow \mu = 0 \\
A < x > B &\rightarrow \mu = \frac{(x - A)}{(B - A)} \\
B \leq x \leq C &\rightarrow \mu = 1 \\
C < x > D &\rightarrow \mu = \frac{(D - x)}{(D - C)} \\
x \geq D &\rightarrow \mu = 0
\end{aligned} \tag{19}$$

b) Bulanık Üyeliklerin Durulaştırılması: DAM'de meydana gelen belirsizliklerin ortadan kaldırılması ve ortaya koyduğu sonuçların güvenilirliğini arttırmak amacıyla bulanık üyelik yaklaşımı kullanılmıştır (Yanar, 2003). Karar değişkenlerine ait toplamsal verilerin sınırlarında gerçekleştirilen işlemler sonucunda artakalan veya kaybolan değerlerinde modele katılımının sağlanması amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bulanık üyeliğe dahil edilmiş karar değişkenlerinin bindirme işlemi ArcGIS Spatial Analyst eklentisi Fuzzy Overlay özelliği sayesinde doğrusal bulanık mantık üyeliğine dahil edilen karar değişkenleri için bindirme işlemi gerçekleştirilmiştir (Jiang ve Eastman 2000; Raines ve ark, 2010) (Denklem 20).

$$\mu(x) = \text{Min} (\mu_{(i)}) \tag{20}$$

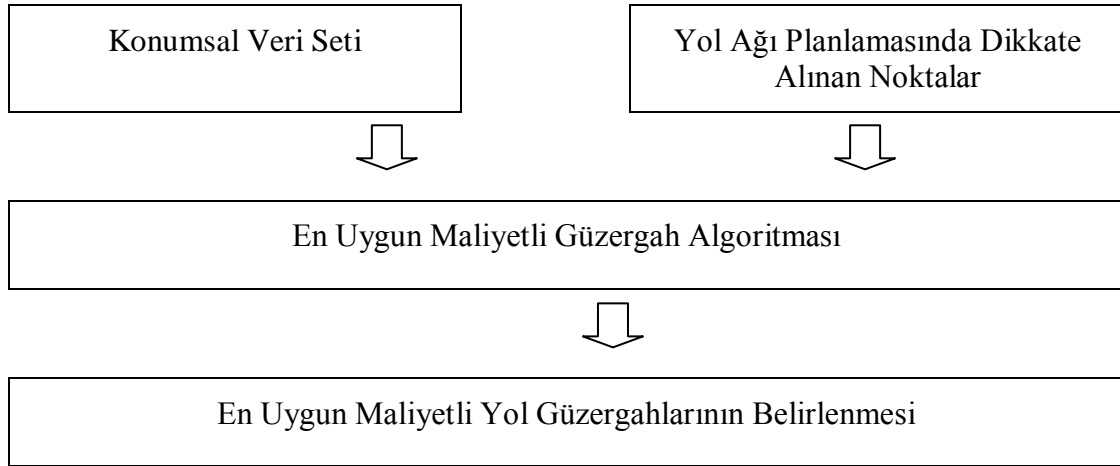
Doğrusal Bulanık Üyeliğe dahil edilen (üyelikleri belirlenen) karar değişkenleri Durulaştırma amacıyla ArcGIS 10.0, Spatial Analyst eklentisi olan Fuzzy Overlay kullanımı ile üyelikleri belirlenmiş olan karar değişkenlerinin uygunluk analizi tamamlanmıştır.

Denklem 21'de, bulanık üyeliğe dâhil edilmiş her bir karar değişkenine ait değerlerin kesişimlerini ortaya koyarak, bir araya getirilmiş tek minimum üyelik değerlerine sahip raster yüzeyi oluşturulmuştur. Yol ağı planlaması için seçilen 6 değişken Denklem 21'de gösterildiği şekilde hesaplanarak ortaya konmuştur. Bu işlemde CBS analizlerinde geleneksel olarak kullanılan Boolean mantıksal işlemlerinden kesişim (AND) özelliğine benzeyen Fuzzy And kullanılmıştır (Malczewski, 2002; Chang, 2004).

$$\mu_{AK \cap B \cap ADU \cap YY \cap YU \cap AE}(X) = \text{Min} [\mu_{AK}(X), \mu_B(X), \dots, \mu_{AE}(X)] \tag{21}$$

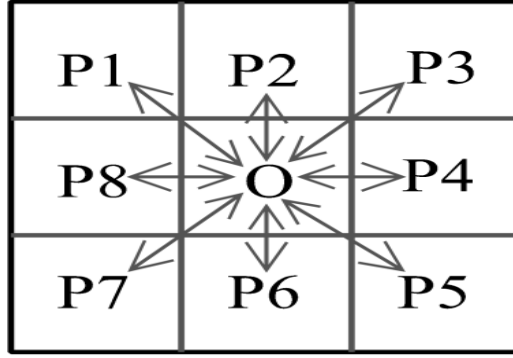
2.2.5. Yol Ağı'nın Planlanması (Yol Güzergâhlarının Belirlenmesi)

En uygun yol güzergâhları ArcGIS konumsal veri analizi (Spatial Analyst) eklentisi içerisinde yer alan En Uygun Maliyetli Güzergah Analizi (Cost Distance) yöntemi kullanılarak tespit edilmiştir (ESRI, 1996). Yol güzergahları koruya dönüştürme çalışmaları yapılan ve yapılacak olan yerleri de kapsayacak şekilde en uygun mesafelere göre belirlenmiştir. En Uygun Maliyetli Güzergah Analizi, Dijkstra'nın 1959 yılında ortaya attığı ve bilgisayar programcılığında yaygın olarak kullanılan algoritmaya dayanmaktadır (Adriaensen ve ark., 2003; Zimmermann, 2004; Siniedovich, 2006) (Şekil 21).



Şekil 21. Yol güzergahlarının belirlenmesinde izlenen mantıksal model

Dijkstra'nın (1959) geliştirdiği algoritma en uygun maliyetli güzergahlar ile hedef noktalara en kısa yoldan ulaşabilmeyi hedeflemektedir. ArcGIS konumsal mesafe analizi eklentisiyle raster tabanlı veriler üzerinden kolayca uygulanabilen bu yöntem, iki nokta arasındaki mesafeyi kapsayan ağırlıklandırılmış piksellerin orta noktalarını düğüm (node) olarak kabul ederek, başlangıç ve bitiş noktalarına ulaşımında tüm alternatifleri değerlendirmektedir. Bu çalışmada, en uygun kümülatif maliyetli güzergahın belirlenmesinde Queen's modeli (3 x 3 piksel) kullanılmıştır (Yu ve ark. 2003; Adriaensen ve ark., 2003). Komşuluk ilişkilerini değerlendiren bu yöntemde kaynak (O) noktasından başlayarak çevresinde bulunan 8 komşu değerlendirilmektedir (Şekil 22).



Şekil 22. Raster tabanlı verilerde Queen'nin komşuluk ilişkileri

Orman yol ağının planlanması için ağırlıklandırılmış geçirimli yüzeyin kaynaktan hedefe olan yol güzergahının belirlenmesinde kaynak yani başlangıç (O) noktasından doğrusal bir ilişkinin bulunduğu durumları Şekil 22'de belirtilen P2, P4, P6, P8 durumları Denklem 22'de gösterilen şekilde hesaplanmıştır.

$$CC_{(O,P_i)} = \frac{(C_o + C_{P_i})}{2} \mu + CC_o \quad (22)$$

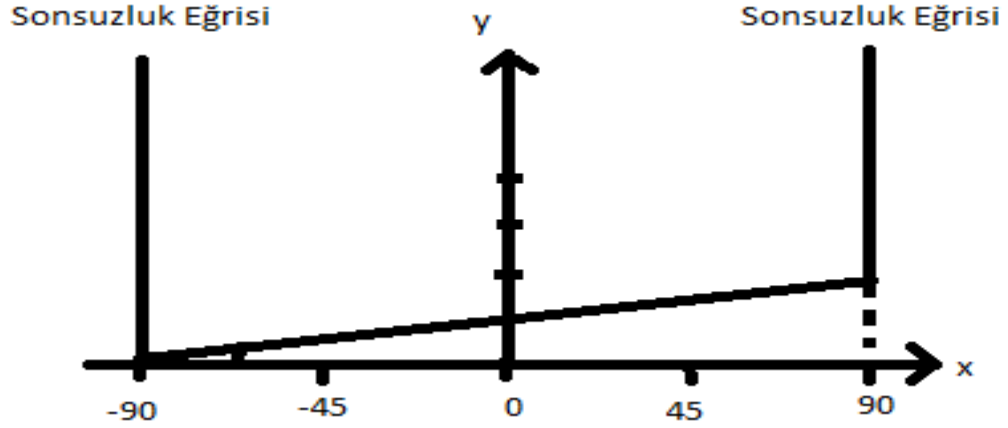
Merkez nokta (O)'nın diyagonal ilişkilerinin bulunduğu durumları Şekil 26'da belirtilen P1, P3, P5, P7 durumları Denklem 23'de gösterilen şekilde hesaplanmıştır.

$$CC_{(O,P_i)} = \frac{(C_o + C_{P_i})}{2} \sqrt{2} \mu + CC_o \quad (23)$$

Ulaşılması hedeflenen alanlar için kümülitif maliyetli geçirimli yüzey katmanı üzerinde belirlenen merkezi hareket noktasından başlayarak belirlenen diğer farklı ulaşım noktası arasındaki güzergahlar en uygun maliyetli güzergah analizi ile gerçekleştirilmiştir (Dong-Kun ve ark., 2008).

Yüzey mesafesi yatay ve dikey maliyet faktörleri açısından en yakın kaynağı en az birikmiş maliyet yönünde bulunan bir sonraki komşu hücre hesaplanmış ve tanımlanmıştır. Hücreler arası komşuluk ilişkilerinde kaynak hücreden diğerine geçişte ortaya çıkan dikey faktörü tanımlamak için kullanılan eğimin hesabı ArcGIS eklentisi olan Spatial Analyst Tool'u içerisinde bulunan Path Distance Backlink kullanılmıştır. Bu hesaplamada dikey maliyet faktörü ve dikey göreceli hareketli açı arasında, dikey hareketli açı arasındaki ilişki araştırma alanının eğim faktörü yardımıyla tanımlanmıştır.

Dikey faktör hesabında kaynak nokta ile çevresi arasında doğrusal bir ilişki kurulmuştur. Bu ilişkide iki raster hücre arasındaki maksimum dikey açı trigonometrik olarak $5,4^0$ yani maksimum %12 geçki (güzergah) eğimi olarak tanımlanmış ve maliyet hesabına eklenmiştir.



Şekil 23. Düşey eğimin raster veri üzerinde düşey göreceli doğrusal hareket açısı

2.2.5.1. Geçki Noktalarının Belirlenmesi

Çalışma alanı uzaman kişiler (işletme şefi, işletme müdür yardımcısı, orman muhafaza memurları vb.) ile birlikte gezilerek geçki-rampa noktalar belirlenmiştir. Çalışma alanında yer yer koruya tahvil çalışmaları yapıldığından ve baltalık işletmelerinin yoğun olarak bulunmasından dolayı alandaki mevcut rampalarda değerlendirilmiştir. Çalışma alanında %80 oranında mevcut geçki-rampa noktalardan faydalanılmıştır. Çalışma alanında ki geçki noktaları aynı zamanda rampa vazifesi de görmektedir. Çalışma alanında toplamda 64 geçki nokta belirlenmiştir.

2.2.6. Modelle Birlikte Geliştirilen Orman Yol Ağı ve Uzman Denetlemesi

Koruya dönüştürme sürecinde yol ağının yeniden düzenlenmesi modelinde baltalıkların koruya dönüştürülmesinde uygulanacak esaslar dikkate alınarak planlama yapılmıştır. Bu kapsamda koruya dönüştürme çalışmalarında kullanılacak olan uygulama esasları meşcere üst boyuna göre belirlenmektedir. Meşcere üst boyu 1.5-5m aralığında olduğunda 3-5 yıl ara ile bakımları tekrarlanmakta ve mutedil yüksek aralama yapılmaktadır. Meşcere üst boyu 5-15m aralığında olduğunda 5 yılda bir müdahale

edilecekse mutedil aralama yani mevcut göğüs yüzeyinin %20-30'u çıkarılacaktır. Eğer 10 yılda bir müdahale edilecekse kuvvetli aralama yani %30-40'ı çıkarılacaktır. Meşcere üst boyu 15m'nin üzerinde olduğunda 5 yılda bir müdahale edilecekse mutedil aralama yani mevcut göğüs yüzeyinin %20-30'u çıkarılacaktır. Eğer 10 yılda bir müdahale edilecekse kuvvetli aralama yani %30-40'ı çıkarılacaktır.

Bu tez çalışmasında yukarıda bahsedilen koruya dönüştürme uygulama esasları çerçevesinde 5'er ve 10'ar yıllık müdahale sürelerini esas alarak baltalıkların koruya dönüştürülmesinde orman yol ağını mutedil olarak 10'ar yıl aralıklarla 3 planlama periyodunda gerçekleştirilmesi planlanmıştır.

Birinci periyotta 27 geçki nokta belirlenmiştir. Belirlenen bu geçki noktalar oluşturulan model kullanılarak birbirine bağlanarak birinci planlama periyoduna ait yol ağı oluşturulmuştur. Daha sonra her bir yol güzergahı için 250 m'lik buffer atılarak işletmeye açma şeritleri oluşturulmuştur. Böylece birinci planlama periyoduna ait işletmeye açma oranı ve yol yoğunluğu hesaplanmıştır.

İkinci periyotta birinci periyoda ilave 20 geçki noktası daha ilave edilerek toplamda 47 geçki nokta belirlenmiştir. Belirlenen bu geçki noktalar oluşturduğumuz model kullanılarak birbirine bağlanarak ikinci planlama periyoduna ait yol ağı oluşturulmuştur. Daha sonra her bir yol güzergahı için 250 m'lik buffer atılarak işletmeye açma şeritleri oluşturulmuştur. Böylece ikinci planlama periyoduna ait işletmeye açma oranı ve yol yoğunluğu hesaplanmıştır.

Üçüncü periyotta ikinci periyoda ilave 17 geçki noktası daha ilave edilerek toplamda 64 geçki nokta belirlenmiştir. Belirlenen bu geçki noktalar oluşturduğumuz model kullanılarak birbirine bağlanarak üçüncü planlama periyoduna ait yol ağı oluşturulmuştur. Daha sonra her bir yol güzergahı için 250 m'lik buffer atılarak işletmeye açma şeritleri oluşturulmuştur. Böylece üçüncü planlama periyoduna ait işletmeye açma oranı ve yol yoğunluğu hesaplanmıştır.

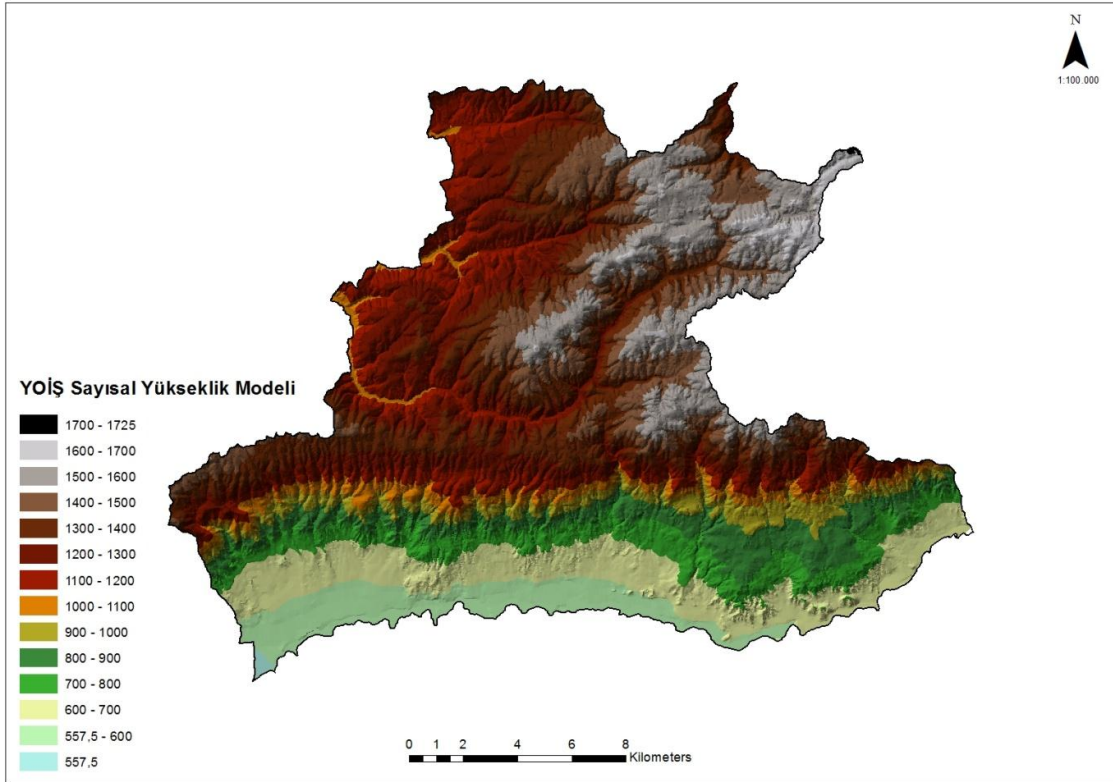
Üçüncü planlama periyodu sonucunda modelle oluşturulan yol ağının uzman görüşüne göre denetlenmesi ve sonuçlandırılması ile çalışma alanına ait yol ağı tamamlanmıştır. Tamamlanan yol ağına ait işletmeye açma oranı ve yol yoğunluğu hesaplanmıştır. Son olarak çalışma alanı için uzman planlama periyodu sonucunda oluşturulan yol ağı mevcut yol ağı ile karşılaştırılmış ve değerlendirilmiştir.

3. BULGULAR

3.1. Araştırma Alanına Ait Bulgular

3.1.1. Sayısal Arazi Modeline Ait Bulgular

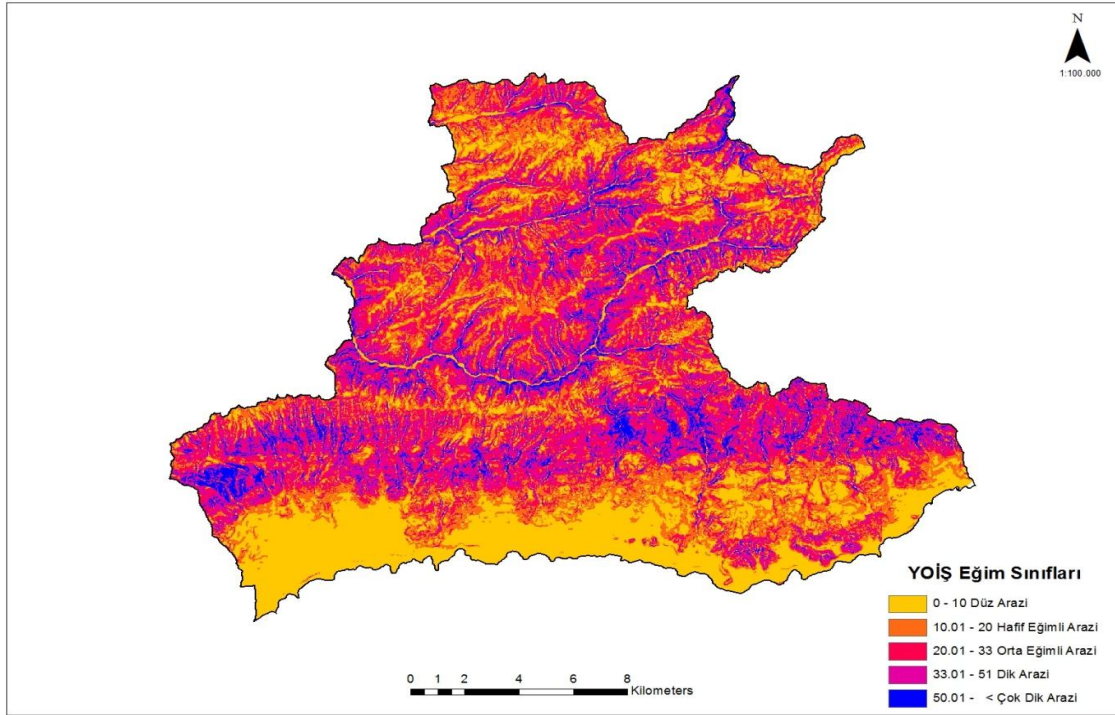
Çalışma alanına ait yükseklik verileri 1/25000 ölçekli standart topoğrafik haritalardan (10 m) aralıklı eşyükseklik eğrilerinden alınmıştır. Temin edilen sayısal haritadaki hatalar, ilgili CBS programında ayıklanarak yeniden topolojisi kurulup işlenebilir hale getirilmiştir. Eşyüksekti haritasından yararlanılarak sayısal arazi modeli (SAM) oluşturulmuştur (Şekil 24).



Şekil 24. Yaylacık Orman İşletme Şefliği sayısal arazi modeli

Elde edilen sayısal arazi modeli coğrafi bilgi sistemleri ortamında değerlendirilerek eğim analizi (Şekil 24) ve bakı analizi (Şekil 25) yapılmıştır.

Eğim ve baki haritalarında gruplandırma (sınıflandırma) yapılarak çalışma alanının bu gruplar içerisindeki toplam alanları ha ve % olarak belirlenmiştir (Tablo 16 ve 17). Eğim grupları Eker (2004) tarafından belirtilen yöntemle göre düzenlenmiştir. Baki grupları da düz alanlarda dahil olmak üzere CBS programı tarafından otomatik şekilde 9 sınıfa ayrılmıştır.

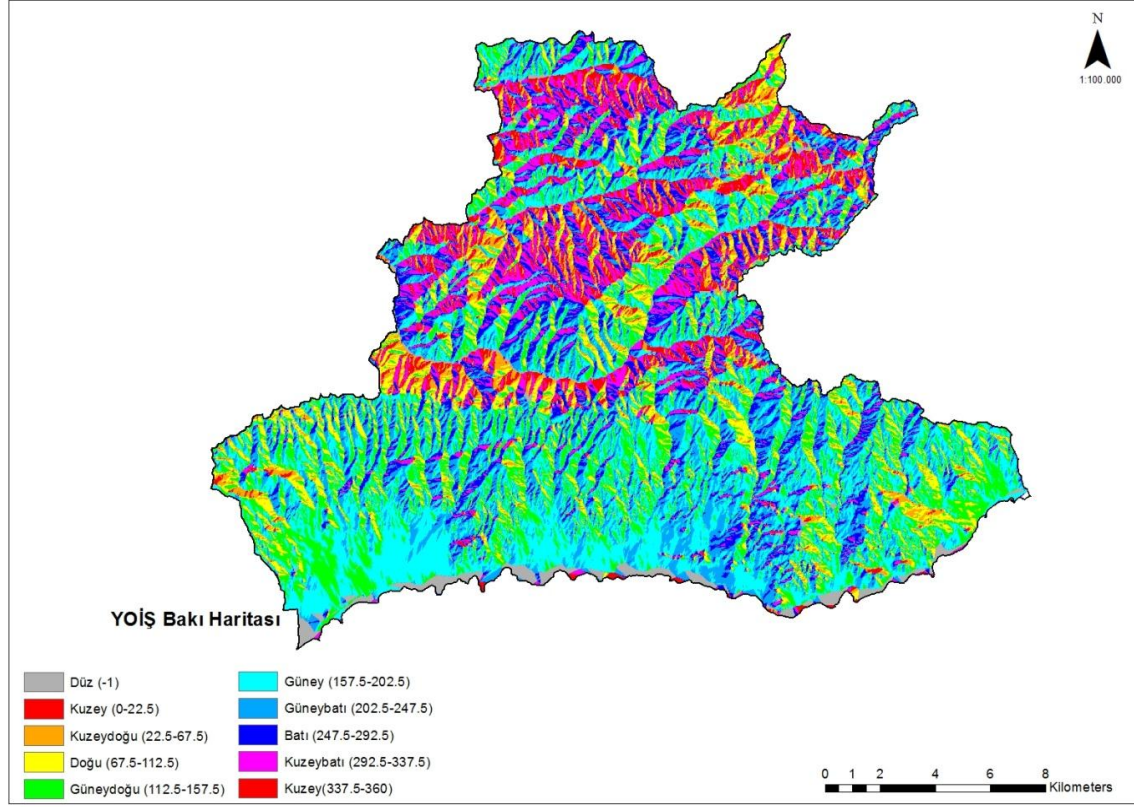


Şekil 25. Yaylacık Orman İşletme Şefliği eğim sınıfları haritası

Tablo 16. Yaylacık Orman İşletme Şefliği eğim gruplarının alansal dağılımı

Eğim Grupları	Yüzde (%)	Alan (ha)
0–10 Düz arazi	20,3	7269,125
11–20 Hafif eğimli arazi	25,7	9202,784
21–33 Orta eğimli arazi	28,4	10169,614
33–50 Dik arazi	17,5	6105,349
>50 Çok dik arazi	8,1	2900,488
Toplam	100	35808,5

Araştırma alanının % 46'sı düz ve hafif eğimli arazi ve % 45,9'u ise orta ve eğimli arazi olduğu belirlenmiştir. Eğim yönünden orman yollarının tesise uygun olduğu görülmektedir.



Şekil 26. Yaylacık Orman İşletme Şefliği bakı haritası

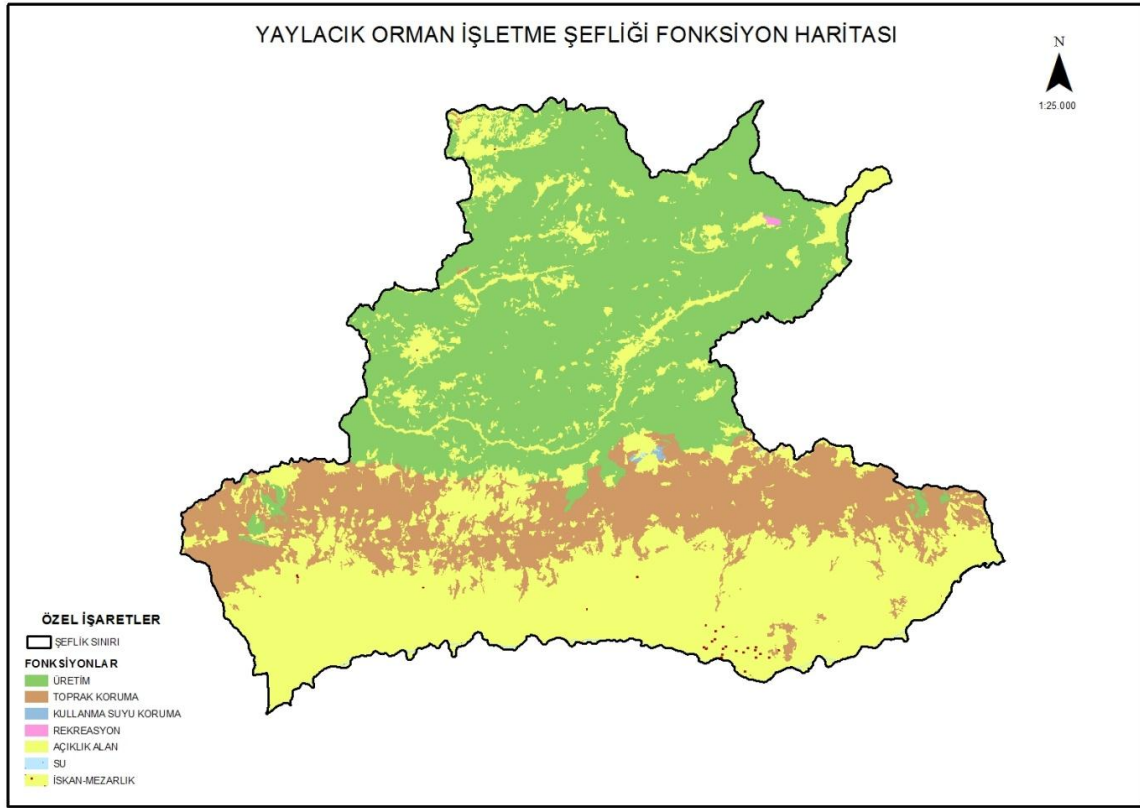
Tablo 17. Yaylacık Orman İşletme Şefliği bakı gruplarının alansal dağılımı

Bakı	Açısı	Yüzey alanı (%)	Yüzey alanı (ha)
DÜZ	1	2,05	734,6
KUZEY	0-22,5	3,14	1127,7
KUZEYDOĞU	22,5-67,5	3,00	1075,5
DOĞU	67,5-112,5	11,74	4202,3
GÜNEYDOĞU	112,5-157,5	21,13	7567,5
GÜNEY	157,5-202,5	20,00	7161,3
GÜNEYBATI	202,5-247,5	11,65	4171,3
BATI	247,5-292,5	9,39	3361,6
KUZEYBATI	292,5-337,5	14,43	5167,2
KUZEY	337,5-360	3,46	1239,3

Araştırma alanı bakı grupları alansal dağılımına bakıldığında; alanın % 24,03 kısmının kuzey bakılarda, % 52,78 inin ise güney bakılarda olduğu belirlenmiştir. Orman yolları tebliğinde belirtilen planlama kriterinde orman yollarının mümkün olduğunca güneye bakan yamaçlardan geçirilmesi esas alındığı göz önüne alınırsa alanın bakı yönünden orman yolları tesisine uygun olduğu görülmektedir.

3.1.2. Orman Fonksiyonları Haritası

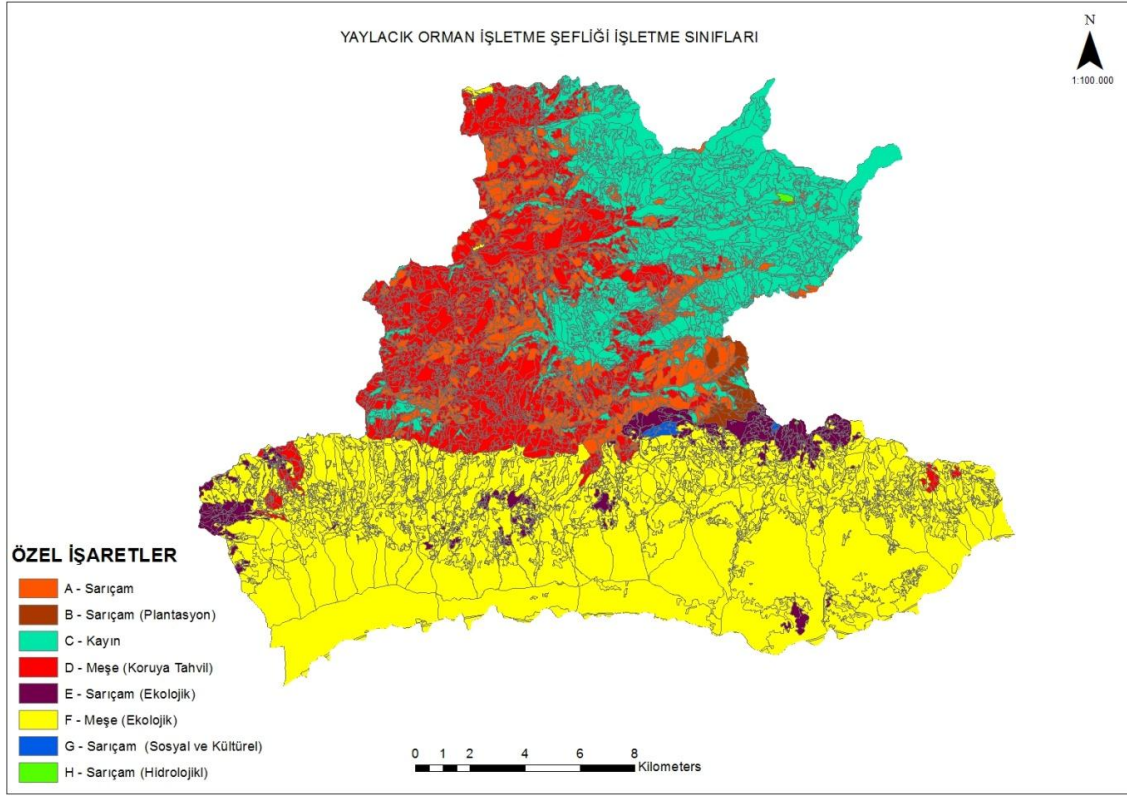
Yaylacık Orman İşletme Şefliği'nin amenajman haritası sayısallaştırılmış, planda bölmelere verilen fonksiyonlardan yararlanılarak fonksiyon haritası elde edilmiştir (Şekil 26). Yaylacık Orman İşletme Şefliği'nin 14249,8 ha'ı üretim, 7069,4 ha'ı toprak koruma, 24,2 ha'ı kullanma suyu koruma, 15,8 ha'ı rekreasyon, 13314,4 ha'ı açık alan, 47,9 ha'ı su ve 581,5 ha'ı iskan-mezarlık fonksiyonuna sahiptir.



Şekil 27. Yaylacık Orman İşletme Şefliği fonksiyon haritası

3.1.3. Orman İşletme Sınıfları Haritası

Yaylacık Orman İşletme Şefliği üretim ormanı olarak 4 işletme sınıfına ayrılmıştır. Ayrıca, plan ünitesinde toplam 8 adet işletme sınıfı bulunmaktadır (Şekil 28). Bu sekiz işletme sınıfının alansal dağılımları Tablo 18' de özet olarak gösterilmiştir.



Şekil 28. Yaylacık Orman İşletme Şefliği işletme sınıfları haritası

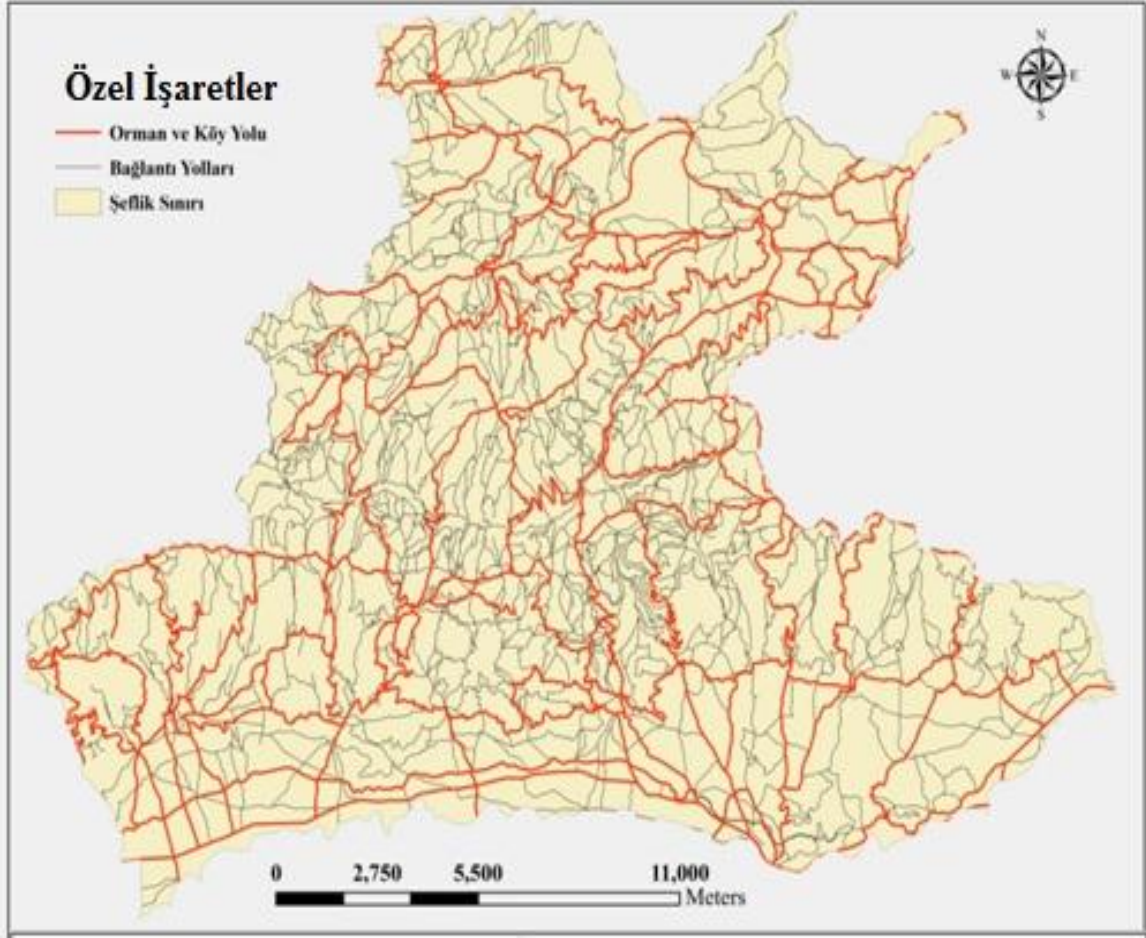
Tablo 18. Yaylacık Orman İşletme Şefliği Ormanları'nın işletme sınıflarına alansal dağılımı

İşletme Sınıfı	Ana Fonksiyon	Genel Fonksiyon	İdare Süresi	Alan (ha)
A-Sarıçam	Ekonomik	Orman Ürünleri Üretimi	100	2870,2
B-Sarıçam (Plantasyon)	Ekonomik	Orman Ürünleri Üretimi	120	2698,3
C-Kayın	Ekonomik	Orman Ürünleri Üretimi	100	6980,6
D-Meşe (Koruya Tahvil)	Ekonomik	Orman Ürünleri Üretimi	80 (Dön Sür.)	6445,9
E-Sarıçam	Ekolojik	Erozyon Önleme	200	1261,2
F-Meşe	Ekolojik	Erozyon Önleme	220	17373,1
G-Sarıçam	Sosyal ve Kültürel	Ekoturizm ve Rekreasyon	200	15,8
H-Sarıçam	Sosyal ve Kültürel	Hidrolojik	200	57,8

Araştırma alanı işletme sınıfları alansal dağılımına bakıldığında üretim ormanlarının dört işletme sınıfına ayrıldığı görülmektedir. A (sarıçam) işletme sınıfı 2870,2 ha, B (sarıçam plantasyon) işletme sınıfı 2698,3 ha, C (kayın) işletme sınıfı 6980,6 ha, D (koruya tahvil) işletme sınıfı 6445,9 ha olarak belirlenmiştir.

3.1.4. Yaylacık Orman İşletme Şefliği Yol Ağı

Çalışma alanındaki tüm yollar Şekil 29'da görüldüğü gibi belirlenmiştir. Orman ve köy yolları kırmızı renk ile bağlantı yolları ise siyah renk ile gösterilmiştir.



Şekil 29. Yaylacık Orman İşletme Şefliği yol ağı haritası

3.2. Değişkenlerin Oluşturulması ve Hesaplanması

3.2.1. Arazi Kullanımı

Orman amenajman planlarına ait vektör tabanlı veri tabanı sınıflara ayrılarak araştırma alanı içerisinde bulunan alanların arazi kullanım durumları belirlenmiştir. Vektör olan bu veri modelin içerisine her bir sınıfa ait alan kullanım durumu farklı sayılarla kodlanmıştır. Daha sonra, Tablo 19'un yardımıyla UD ve UD'ye ait yüzdelik (%) değerlere çevrimleri yapılmıştır.

YOİŞ sınırlarını kapsayan alanda, yol ağı planlamada etkili olan 9 farklı arazi kullanımı sınıfı belirlenmiştir. Belirlenen sınıflara yol planlama önceliğine göre araziden ve literatürden elde edilen bilgiler doğrultusunda uygunluk derecelendirmeleri yapılmıştır. Her bir arazi kullanım sınıfının Ağırlık Değerleri yüzdelik olarak belirlenmiştir. Ağırlıklı olarak yol planlaması önceliği açısından en başta % 76,09'luk ağırlık değeri ile koruya tahvil ve orman arazi kullanım sınıfı gelmektedir. Bunu sırası ile bozuk orman (% 60,14), OT (% 44,18) ve taşlık (% 22,91) arazi kullanım sınıfları takip etmektedir. Ziraat (%0), İskan ve diğer yapılaşmalar (% 0) ve su (% 0) arazi kullanım sınıfları ise yol planlamasına uygun olmayan arazi kullanım sınıfları olarak belirlenmiştir.

Tablo 19. Arazi kullanımı uygunluk modeli (UM) belirlemede kullanılan tablo

Arazi Kullanımı	Kod	Max	Min	Ort. Değer	Ağırlık Değeri (%)
Orman	1	2	4	3	76,09
Bozuk Orman	2	2	7	4,5	60,14
Ziraat	3	0	0	0	0
Taşlık	4	6	10	8	22,91
Koruya Tahvil	5	1	5	3	76,09
İskan Ve Diğer Yapılaşmalar	6	0	0	0	0
Su	7	0	0	0	0
OT	8	3	9	6	44,18
Ortalama				3,06	75,43

3.2.2. Arazi Eğimi

Topoğrafik haritalar yardımıyla elde edilen ve araştırma alanı içerisindeki topoğrafik yapılardan olan eğim farkları %10 olarak 10 eğim grubunda değerlendirilmiştir (Tablo 20). Yol planlamada dikkate alınması gereken eğim sınıflarına ait UD ve UD'ye ait değerler yüzdelik (%) değerlere çevrimleri için Tablo 20'den yararlanılmıştır.

YOİŞ sınırlarını kapsayan alanda, yol ağı planlamada etkili olan 10 farklı eğim sınıfı belirlenmiştir. Belirlenen sınıflara yol planlama önceliğine göre araziden ve literatürden elde edilen bilgiler doğrultusunda uygunluk derecelendirmeleri yapılmıştır. Her bir eğim sınıfının Ağırlık Değerleri yüzdelik olarak belirlenmiştir. Ağırlıklı olarak yol planlaması önceliği açısından en başta % 97,36'lık ağırlık değeri ile 1.eğim sınıfı gelmektedir. Bunu sırası ile 2'inci (% 92,05), 3'üncü (81,41), 4'üncü (60,14), 5'inci (28,23), 6'ıncı (22,91) ve 7'inci (12,28) eğim sınıfları takip etmektedir. 8'inci arazi eğim sınıfı ise yol planlamasına uygun olmayan arazi eğim sınıfı olarak belirlenmiştir.

Tablo 20. Arazi eğimi UM belirlemede kullanılan tablo

Arazi Eğimi Sınıfları	Eğim (%)	Max	Min	Ort.	Ağırlık Değeri (%)
1	0	10	1	1	97,36
2	10,0001	20	1	2	92,05
3	20,0001	30	2	3	81,41
4	30,0001	40	4	5	60,14
5	40,0001	50	6	9	28,23
6	50,0001	60	7	9	22,91
7	60,0001	70	8	10	12,28
8	70<		0	0	0
Ortalama				4,86	56,34

3.2.3. Yol Yoğunluğu

Araştırma alanı içerisindeki yol yoğunluğu (YY) hesabı, ArcGIS konumsal analiz (Spatial Analyst) eklentisinde bulunan yoğunluk analizi (Density) fonksiyonu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Her bir raster hücrenin komşuluk ilişkileri öklid bağıntıları

yardımıyla değerlendirilmiş olup aşağıdaki tabloda özetlenmiştir. YY'ler 5 m/ha aralıklarla toplamda 10 sınıfa ayrılmıştır. Yol yoğunluğu UD ve UD'ye ait değerler yüzdelik (%) çevrimleri için Tablo 21'den yararlanılmıştır.

YOİŞ sınırlarını kapsayan alanda, yol ağı planlamada etkili olan 10 farklı yol yoğunluğu (YY) sınıfı belirlenmiştir. Belirlenen sınıflara yol planlama önceliğine göre araziden ve literatürden elde edilen bilgiler doğrultusunda uygunluk derecelendirmeleri yapılmıştır. Her bir YY sınıfının Ağırlık Değerleri yüzdelik olarak belirlenmiştir. Ağırlıklı olarak yol planlaması önceliği açısından en başta % 97,36'lık ağırlık değeri ile 1'inci YY sınıfı gelmektedir. Bunu sırası ile 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ve 9' uncu YY sınıfları takip etmektedir. 10'uncu YY sınıfı ise yol planlamasına uygun olmayan yol yoğunluğu sınıfı olarak belirlenmiştir.

Tablo 21. Yol yoğunluğu UM belirlemede kullanılan tablo

Yol Yoğunluğu Sınıfları	Yol Yoğunluğu (m/ha)	Max	Min	Ort. Değer	Ağırlık Değeri (%)
1	0-5	1	1	1	97,36
2	5,0001-10	1	3	2	86,73
3	10,0001-15	2	4	3	76,09
4	15,0001-20	2	6	4	65,46
5	20,0001-25	2	6	4	65,46
6	25,0001-30	2	9	5,5	49,50
7	30,0001-35	3	10	6,5	38,87
8	35,0001-40	5	10	7,5	28,23
9	40,0001-45	9	10	9,5	6,96
10	45<	0	0	0	0
Ortalama				4,78	57,18

3.2.4. Ana Dereye Uzaklık

Ana dereye uzaklık (ADU) hesaplamalarında öklid geometrisi sayesinde 10 m x 10 m piksel boyutlu raster verileri oluşturulmuştur. ADU'ya ait UD ve UD'ye ait değerler yüzdelik (%) çevrimleri için Tablo 22 kullanılmıştır. ADU sınıfları 0 ile 50 m ve üzeri uzaklıklar arasında 25'er m mesafelerde toplamda 3 sınıfa ayrılmıştır. Ana derelere ait uzaklıklar 25'er metre mesafelere ayrılmıştır.

YOİŞ sınırlarını kapsayan alanda, yol ağı planlamada etkili olan 3 farklı ADU sınıfı belirlenmiştir. Belirlenen sınıflara yol planlama önceliğine göre araziden ve literatürden elde edilen bilgiler doğrultusunda uygunluk derecelendirmeleri yapılmıştır. Her bir ADU sınıfının Ağırlık Değerleri yüzdeler olarak belirlenmiştir. Ağırlıklı olarak yol planlaması önceliği açısından en başta % 81,41'lik ağırlık değeri ile 3'üncü sınıf gelmektedir. Yol planlamasına uygun olmayan ADU sınıfı olarak ise % 0 ağırlık derecesi ile 1'inci ADU sınıfı belirlenmiştir.

Tablo 22. Ana dereye uzaklık UM belirlemede kullanılan tablo

ADU Sınıfları	ADU (m)		Mak	Min	Ort. Değer	Ağırlık Değeri (%)
1	0	25	0	0	0	0
2	25,0001	50	1	5	3	76,09
3	50<		1	4	2,5	81,41
Ortalama					1,8	78,8

3.2.5. Yola Uzaklık

Yola uzaklık (YU)'a ait UD ve UD'ye ait değerler yüzdeler (%) çevrimleri için tablo 23 kullanılmıştır. YU sınıfları 0 ile 1000 m ve üzeri uzaklıklar arasında 100'er m aralıklarla toplamda 10 sınıfa ayrılmıştır (Witmer ve De Calesta, 1985).

YOİŞ sınırlarını kapsayan alanda, yol ağı planlamada etkili olan 10 farklı YU sınıfı belirlenmiştir. Belirlenen sınıflara yol planlama önceliğine göre araziden ve literatürden elde edilen bilgiler doğrultusunda uygunluk derecelendirmeleri yapılmıştır. Her bir YU sınıfının Ağırlık Değerleri yüzdeler olarak belirlenmiştir. Ağırlıklı olarak yol planlaması önceliği açısından en başta % 97,36'lık ağırlık değeri ile 10'uncu YU sınıfı gelmektedir. Yol planlamasına en az uygun olan YU sınıfı olarak ise % 6,96 ağırlık derecesi ile 1'inci YU sınıfı belirlenmiştir.

Tablo 23. UM belirlemede kullanılan yola uzaklık tablosu

YU Sınıfları	Yola Uzaklık (m)	Mak	Min	Ort. Değer	Ağırlık Değeri (%)	
1	0	100	9	10	9,5	6,96
2	100,0001	200	7	9	8	22,91
3	200,0001	300	6	9	7,5	28,23
4	300,0001	400	5	6	5,5	49,50
5	400,0001	500	4	5	4,5	60,14
6	500,0001	600	1	4	2,5	81,41
7	600,0001	700	1	3	2	86,73
8	700,0001	800	1	3	2	86,73
9	800,0001	900	1	2	1,5	92,05
10	900<		1	1	1	97,36
Ortalama				4,4	61,20	

3.2.6. Bakı

Topoğrafik haritalardan üretilen SAM yardımıyla araştırma alanına ait bakı durumları tespit edilmiştir. Buna göre değişkenin UD değerlendirmeleri için 9 farklı sınıf kullanılmıştır (Tablo 24). B'ye ait UD ve UD'ye ait değerler yüzdelik (%) çevrimleri için Tablo 24 kullanılmıştır.

YOİŞ sınırlarını kapsayan alanda, yol ağı planlamada etkili olan 9 farklı B sınıfı belirlenmiştir. Belirlenen sınıflara yol planlama önceliğine göre araziden ve literatürden elde edilen bilgiler doğrultusunda uygunluk derecelendirmeleri yapılmıştır. Her bir B sınıfının Ağırlık Değerleri yüzdelik olarak belirlenmiştir. Ağırlıklı olarak yol planlaması önceliği açısından en başta % 97,36'lık ağırlık değeri ile 4'uncu B sınıfı (güney) gelmektedir. Yol planlamasına en az uygun olan B sınıfı olarak ise % 60,14 ağırlık derecesi ile 1'inci B sınıfı (kuzey) belirlenmiştir.

Tablo 24. UM belirlemede kullanılan bakı sınıfları tablosu

Bakı Sınıfları	Bakı	Kod	Mak	Min	Ort. Değer	Ağırlık Değeri (%)
1	Kuzey	0-22,5	2	7	4,5	60,14
2	Kuzeybatı	292,5-337,5	2	6	4	65,46
3	Kuzeydoğu	22,5-67,5	2	6	4	65,46
4	Güney	157,5-202,5	1	1	1	97,36
5	Güneybatı	202,5-247,5	1	3	2	86,73
6	Güneydoğu	112,5-157,5	1	3	2	86,73
7	Batı	247,5-292,5	1	4	2,5	81,41
8	Doğu	67,5-112,5	1	4	2,5	81,41
9	Düz	-1	2	6	4	65,46
Ortalama					2,8	78,09

3.3. Karar Değişkenlerine Ait Ağırlıkların Belirlenmesi

3.3.1. Kriterlere Ait Ağırlıklar

Ağırlık değerleri her bir değişkenin o anki etkisini gösteren katsayılar olarak ifade edilmektedir. CBS tabanlı Çok Kriterli değerlendirme çalışmalarında kullanılan birçok yöntem bulunmaktadır. Bunlardan en pratik ve popüler olarak kullanımı yaygın olan sıralama çalışmalarıdır. Sıralama yöntemine ait 3 farklı yaklaşım hesabı yapılarak ortalamaları alınmıştır. Buna göre tablo 25'de gösterildiği üzere yol planlamalarında en etkili kriter olarak 0,22'lik ortalama ile arazi eğimi ve yol yoğunluğu tespit edilmiştir. Buna karşın en az etkiye sahip olan karar değişkeni olarak 0,11'lik ortalama ile ana dereye uzaklık tespit edilmiştir.

Tablo 25. Karar değişkenlerinin ağırlıklandırılması

Karar Değişkenleri	Toplamları Arasındaki Oransal İlişki	Karşılıklı Sayı Çiftleri Arası Oransal İlişki	Üstsel İlişki	Ortalama
Arazi Eğimi	0,22	0,20	0,26	0,22
Ana Dereye Uzaklık	0,12	0,14	0,08	0,11
Yol Yoğunluğu	0,21	0,19	0,25	0,22
Yola Uzaklık	0,20	0,18	0,22	0,20
Bakı	0,12	0,14	0,09	0,12
Arazi Kullanımı	0,13	0,15	0,10	0,13
	1	1	1	1

3.3.2. Doğrusal Bulanık Mantık Üyeliklerinin Belirlenmesi

Karar değişkenleri için literatürden ve uzman görüşlerinden tespit edilen UD kullanılarak şiddet dereceleri doğrusal bulanık mantık üyeliğine minimum 0 ile maksimum 100 değerleri arasındaki değerler bulanık üyeliğe dahil edilmiştir. Bu nedenle karar değişkenlerinin her birine ait 0 ile 100 arasında belirlenen UD değerleri 0 ile 1 sayı değerlerine dönüştürülmüş yani bulanıklaştırılmıştır. (Tablo 26).

Tablo 26. Değişkenlere ait minimum ve maksimum aitlik dereceleri

Değişkenler	UD	
	Min.	Mak.
AK	0	0,92
AE	0	0,97
YY	0	0,92
ADU	0	0,81
YU	0	0,87
B	0,07	0,97

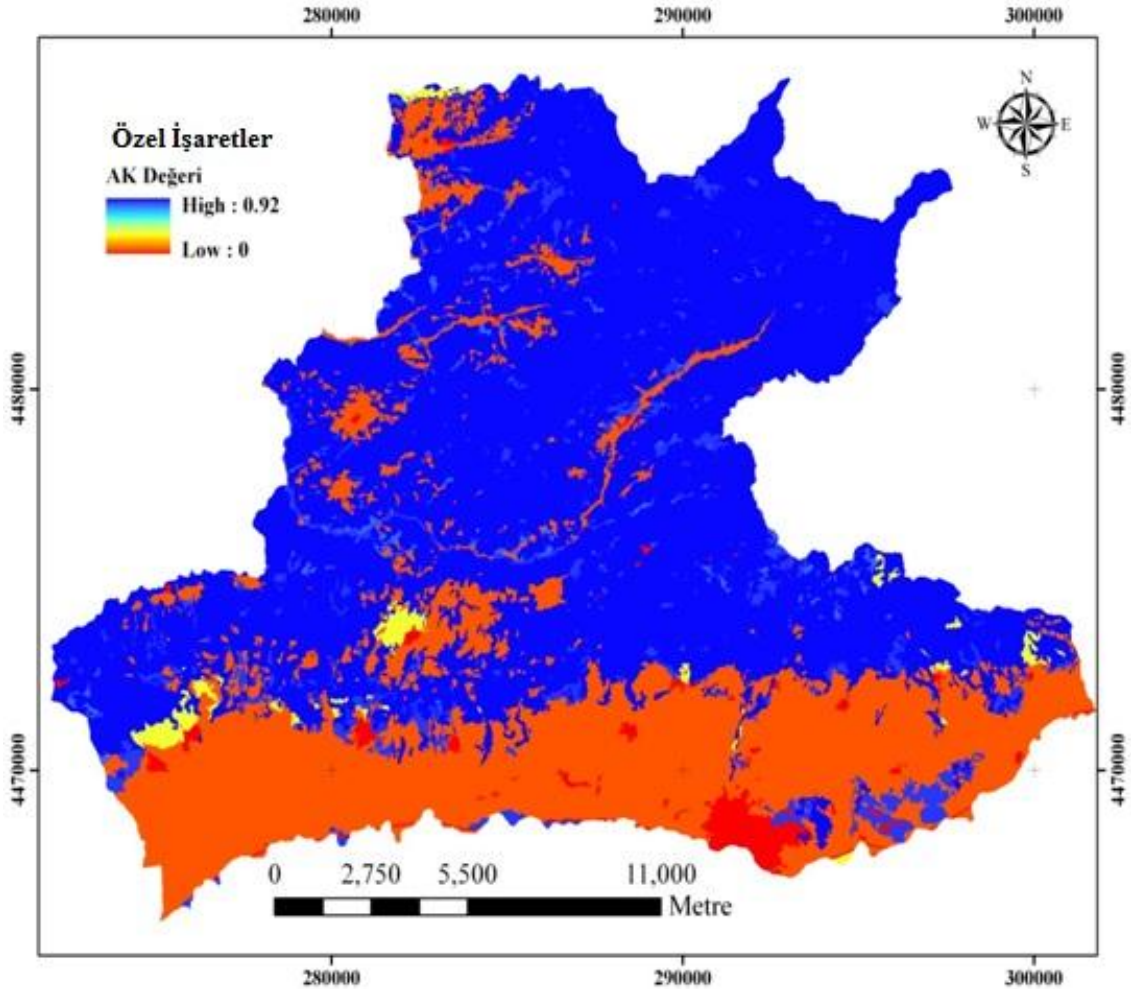
Karar değişkenlerine ait minimum ve maksimum üyelik değerleri yalnızca araştırma alanı için belirlenmiştir. Araştırma alanın içerdiği veritabanlarının değerlendirilmesiyle yol güzergâhının kesinlikle planlanamayacağı konumlar olarak AK, AE, YY, ADU ve YU

kriterlerinin değeri bulunmaktadır. Yol güzergâhının kesinlikle planlanamayacağı konum olarak B kriterinin değeri bulunmamaktadır. AK, AE, YY, ADU ve YU bakımından yolun kesin olarak yapılamayacağı alanların varlığı tespit edilmiştir.

3.4. Değişkenlere Ait Kriterlerin Konumsal Dağılımı

3.4.1. Arazi Kullanımı

Araştırma alanı içerisinde bulunan alanların arazi kullanım durumları 8 sınıfta ele alınmıştır. Her bir arazi kullanım sınıfı için hesaplanmış olan ağırlık değerlerine göre yol planlamasına uygun olan alanlar belirlenmiştir.

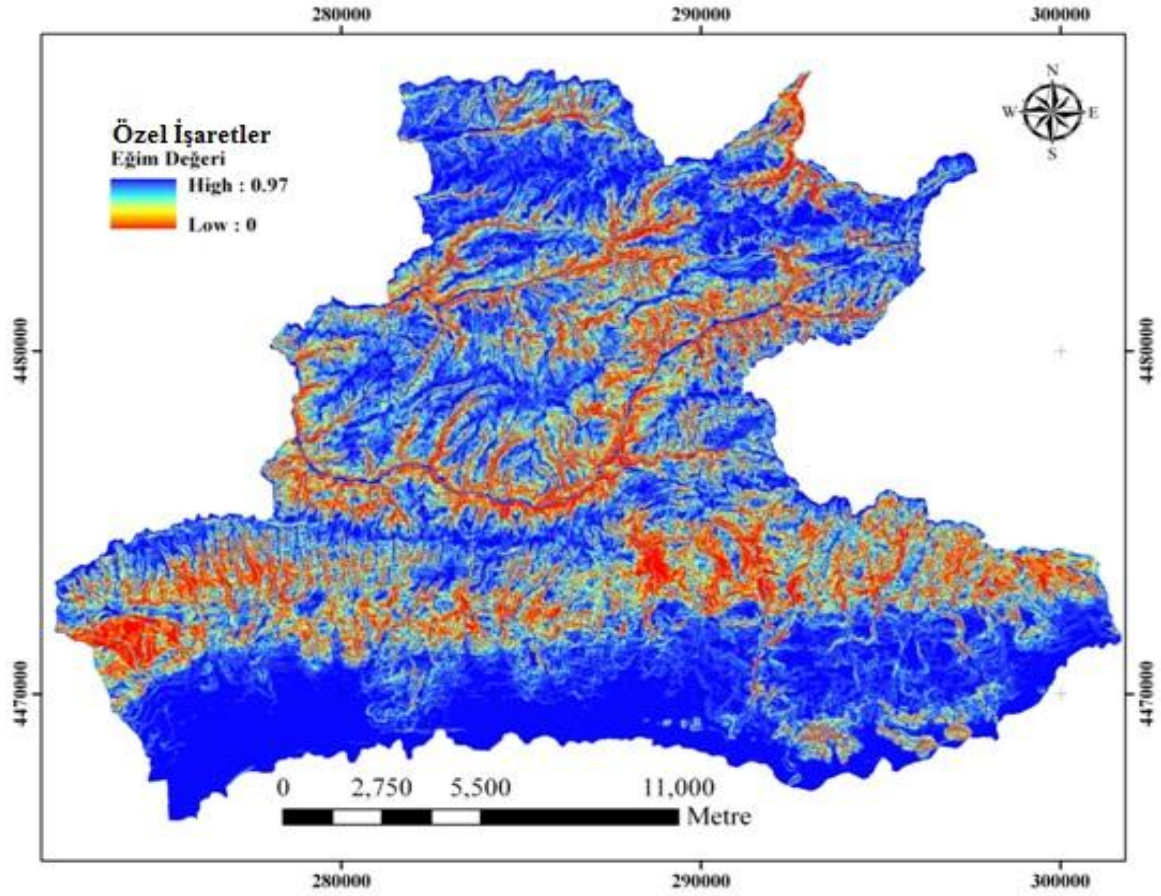


Şekil 30. Bulanık üyeliğe dahil edilmiş arazi kullanım haritası

AK karar değişkeninin araştırma alanı içerisinde yol planlamasına uygun olarak belirlediği alanlar yerleşim yerlerinden uzak ziraat alanlarının bulunmadığı yoğun su kütlelerinin bulunduğu yerler dışında kalmıştır. Alanın en Güney kesiminde arazi kullanımı bakımından yoğun tarım işletmeciliği yapılan araziler olduğundan dolayı yol ağının planlanması için uygun olmadığı tespit edilmiştir. Şekil 30'da mavi renk tonu ile gösterilen alanlar AK kriteri açısından yol planlamaya uygun olan alanları göstermektedir. Aynı şekilde kırmızı renk tonu ile gösterilen alanlar ise AK kriteri açısından yol planlamaya uygun olmayan alanları göstermektedir. Şekil 30'da kırmızı renk tonundan mavi renk tonuna doğru geçişte en düşük % 0, en yüksek % 92 ve bu iki değer arasındaki oranlarda yol planlamaya uygun olan alanlar AK kriteri açısından tespit edilmiştir.

3.4.2. Arazi Eğimi

Araştırma alanı içerisinde bulunan alanların eğim durumları 8 farklı eğim grubunda ele alınmıştır. Her bir eğim sınıfı için hesaplanmış olan ağırlık değerlerine göre yol planlamasına uygun olan alanlar belirlenmiştir. 8 farklı eğim grubunun değerlendirmeye alındığı ve yol planlamada dikkate alınan eğim sınıflarına ait ağırlık değerleri kullanılarak bulanık üyeliğe dâhil edilen eğim haritası elde edilmiştir (Şekil 31).

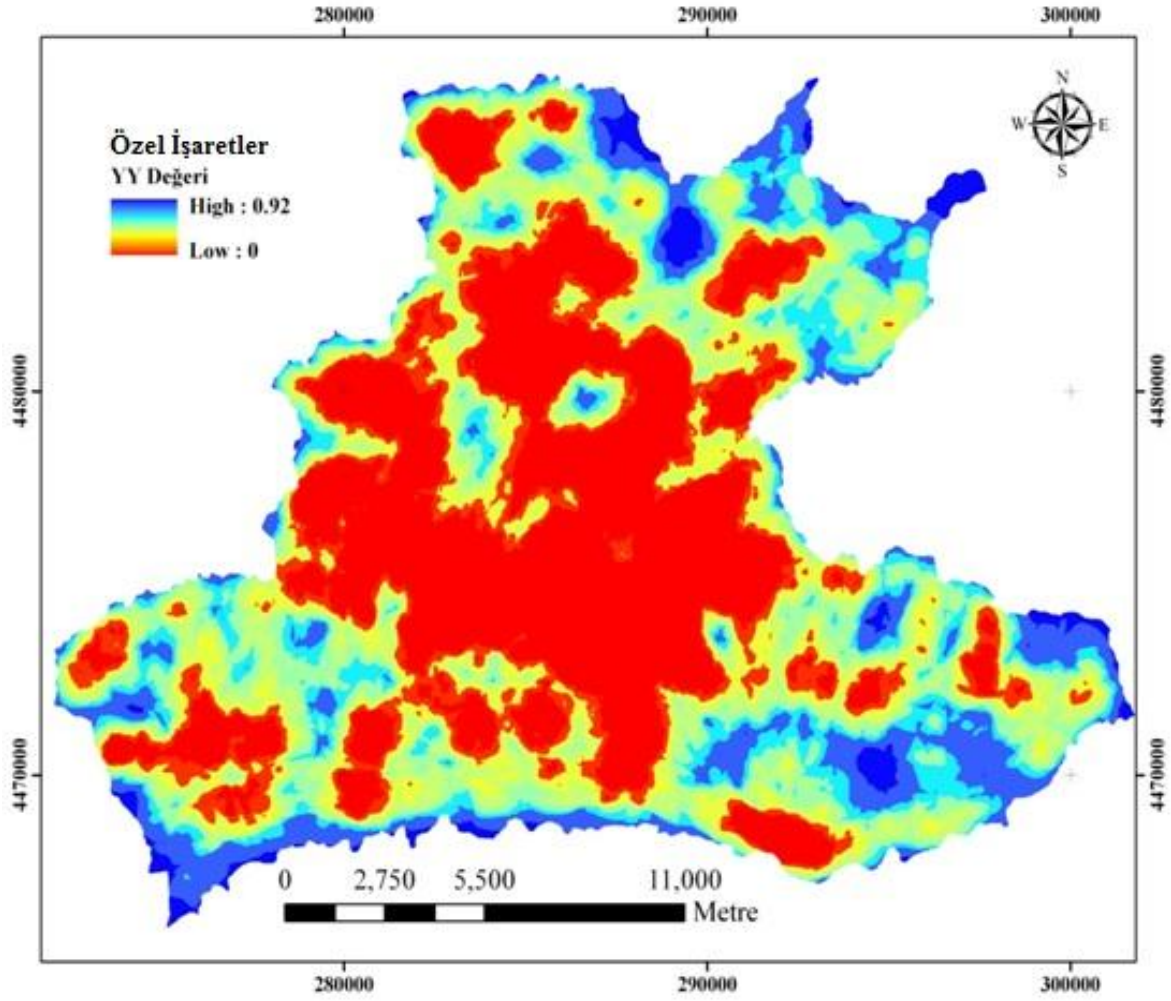


Şekil 31. Bulanık üyeliğe dahil edilmiş eğim haritası

Eğim karar değişkeninin araştırma alanı içerisinde yol planlamaya uygun olarak belirlendiği alanlar tespit edilmiştir. Şekil 31'de mavi renk tonu ile gösterilen alanlar eğim kriteri açısından yol planlamaya uygun olan alanları göstermektedir. Aynı şekilde kırmızı renk tonu ile gösterilen alanlar ise eğim kriteri açısından yol planlamaya uygun olmayan alanları göstermektedir. Şekil 31' de kırmızı renk tonundan mavi renk tonuna doğru geçişte en düşük % 0, en yüksek % 97 ve bu iki değer arasındaki oranlarda yol planlamaya uygun olan alanlar eğim kriteri açısından tespit edilmiştir.

3.4.3. Yol Yoğunluğu

Araştırma alanı içerisinde bulunan alanların yol yoğunluğu durumları 5 m/ha aralıklarla toplamda 10 sınıfta ele alınmıştır. Her bir YY sınıfı için hesaplanmış olan ağırlık değerlerine göre yol planlamasına uygun olan alanlar belirlenmiştir.



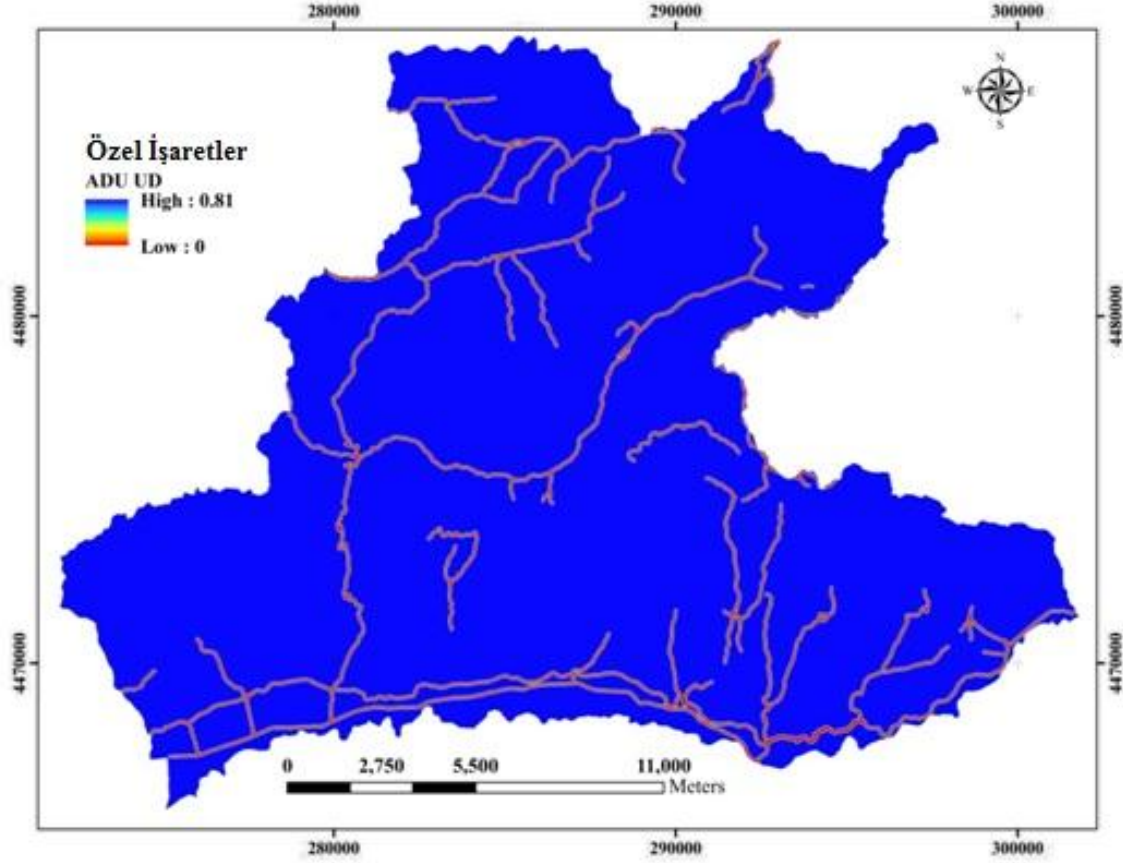
Şekil 32. Bulanık üyeliğe dahil edilmiş yol yoğunluğu haritası

Yol Yoğunluğu karar değişkeninin araştırma alanı içerisinde yol planlamaya uygun olarak belirlediği alanlar tespit edilmiştir. Şekil 32'de mavi renk tonu ile gösterilen alanlar YY kriteri açısından yol planlamaya uygun olan alanları göstermektedir. Aynı şekilde kırmızı renk tonu ile gösterilen alanlar ise YY kriteri açısından yol planlamaya uygun olmayan alanları göstermektedir. Şekil 32'de kırmızı renk tonundan mavi renk tonuna doğru geçişte en düşük % 0, en yüksek % 92 ve bu iki değer arasındaki oranlarda yol planlamaya uygun olan alanlar YY kriteri açısından tespit edilmiştir.

3.4.4. Ana Dereye Uzaklık

Araştırma alanı içerisinde bulunan alanların ana dereye uzaklık durumları 0 ile 50 m ve üzeri uzaklıklar arasında 25'er m mesafelerde toplamda 3 sınıfa ayrılmıştır. Her bir

ADU sınıfı için hesaplanmış olan ağılık değerlerine göre yol planlamasına uygun olan alanlar belirlenmiştir.



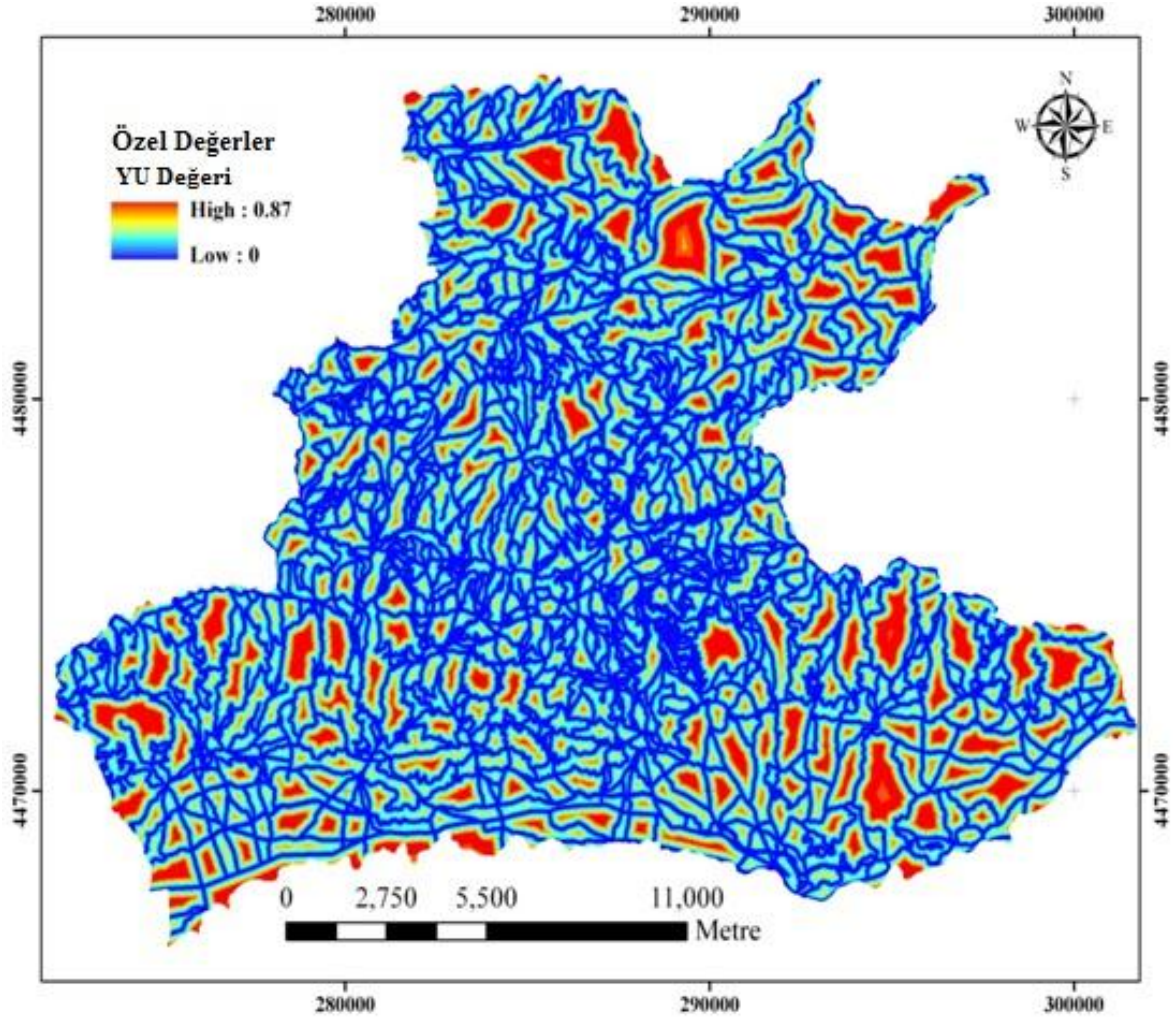
Şekil 33. Bulanık üyelğe dahil edilmiş ana dereye uzaklık haritası

Ana Dereye Uzaklık karar değişkeninin araştırma alanı içerisinde yol planlamaya uygun olarak belirlediği alanlar tespit edilmiştir. Şekil 33'de mavi renk tonu ile gösterilen alanlar ADU kriteri açısından yol planlamaya uygun olan alanları göstermektedir. Aynı şekilde kırmızı renk tonu ile gösterilen alanlar ise ADU kriteri açısından yol planlamaya uygun olmayan alanları göstermektedir. Şekil 33'de kırmızı renk tonundan mavi renk tonuna doğru geçişte en düşük % 0, en yüksek % 81 ve bu iki değer arasındaki oranlarda yol planlamaya uygun olan alanlar ADU kriteri açısından tespit edilmiştir.

3.4.5. Yola Uzaklık

Araştırma alanı içerisinde bulunan alanların yola uzaklık durumları 0 ile 1000 m ve üzeri uzaklıklar arasında 100'er m mesafelerde toplamda 10 sınıfa ayrılmıştır. Her bir YU

sınıfı için hesaplanmış olan ağırlık değerlerine göre yol planlamasına uygun olan alanlar belirlenmiştir (Şekil 34).

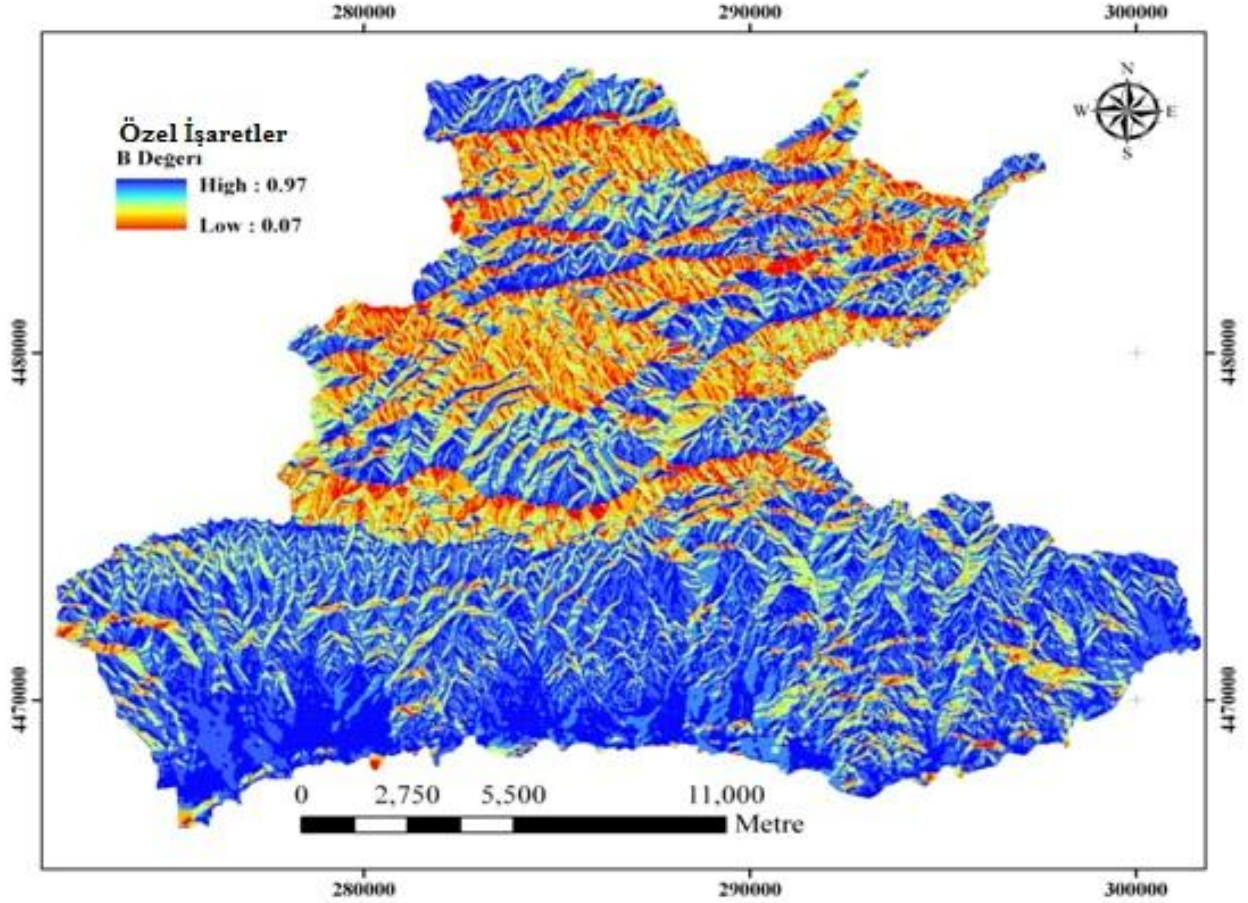


Şekil 34. Bulanık üyeliğe dahil edilmiş yola uzaklık haritası

Yola Uzaklık karar değişkeninin araştırma alanı içerisinde yol planlamaya uygun olarak belirlediği alanlar tespit edilmiştir. Şekil 34'de kırmızı renk tonu ile gösterilen alanlar eğim kriteri açısından yol planlamaya uygun olan alanları göstermektedir. Aynı şekilde mavi renk tonu ile gösterilen alanlar ise YU kriteri açısından yol planlamaya uygun olmayan alanları göstermektedir. Şekil 34'de mavi renk tonundan kırmızı renk tonuna doğru geçişte en düşük % 0, en yüksek % 87 ve bu iki değer arasındaki oranlarda yol planlamaya uygun olan alanlar YU kriteri açısından tespit edilmiştir.

3.4.6. Bakı

SAM yardımıyla araştırma alanı içerisinde bulunan alanların bakı durumları tespit edilmiş ve 9 farklı sınıfa ayrılmıştır. Her bir B sınıfı için hesaplanmış olan ağırlık değerlerine göre yol planlamasına uygun olan alanlar belirlenmiştir.



Şekil 35. Bulanık üyeliğe dahil edilmiş bakı haritası

Bakı karar değişkeninin araştırma alanı içerisinde yol planlamaya uygun olarak belirlendiği alanlar tespit edilmiştir. Şekil 35'de mavi renk tonu ile gösterilen alanlar B kriteri açısından yol planlamaya uygun olan alanları göstermektedir. Aynı şekilde kırmızı renk tonu ile gösterilen alanlar ise B kriteri açısından yol planlamaya uygun olmayan alanları göstermektedir. Şekil 35'de kırmızı renk tonundan mavi renk tonuna doğru geçişte en düşük % 7, en yüksek % 97 ve bu iki değer arasındaki oranlarda yol planlamaya uygun olan alanlar B kriteri açısından tespit edilmiştir.

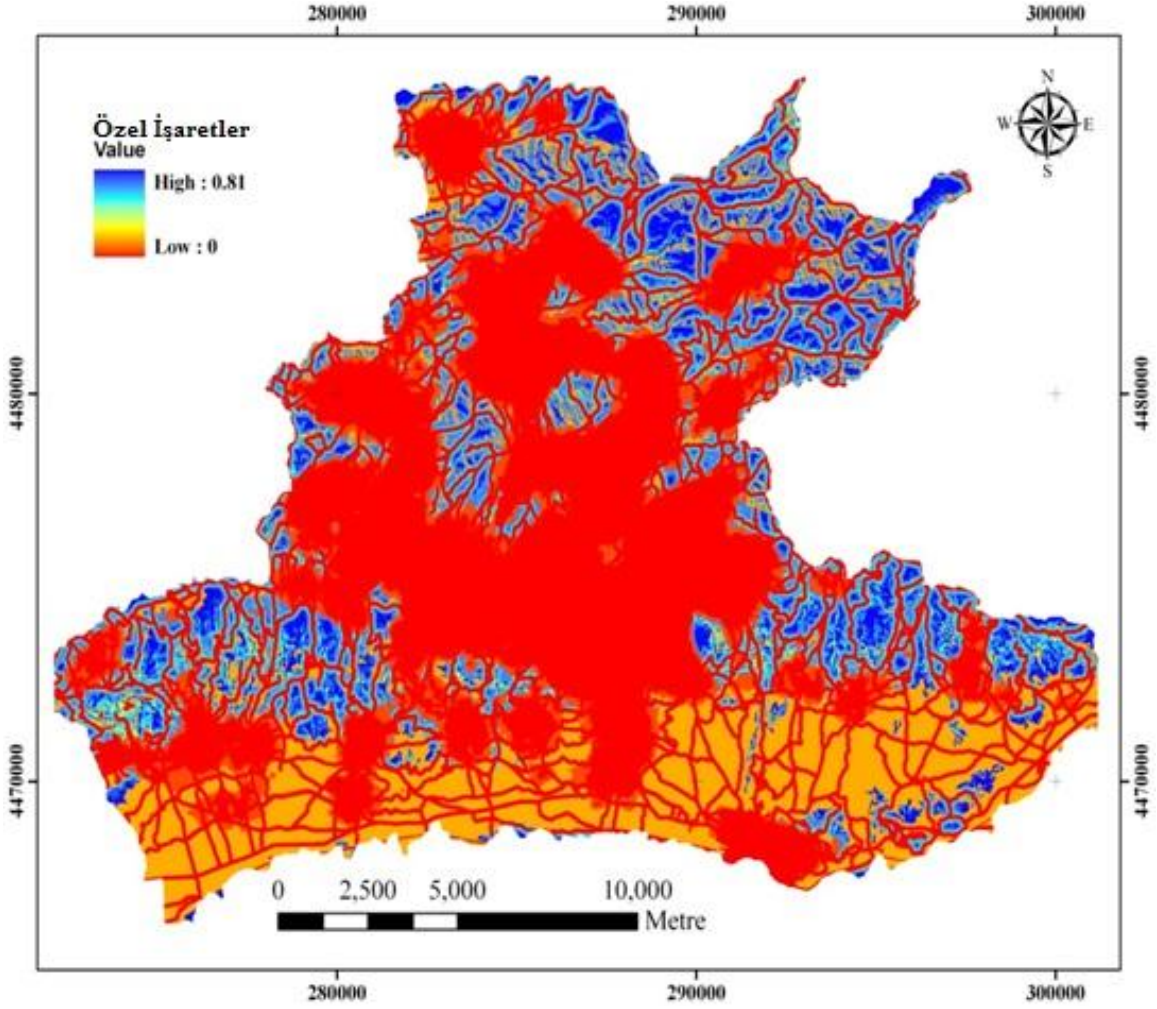
3.5. Uygunluk Modelleri ve Yol Ağı Güzergahları

Araştırma alanında koruya tahvil (dönüştürme) işletme sınıflarının yoğun olarak bulunduğu ormanlık alanda (şeflik alanının kuzey ve kuzey batı kısmı) 2 farklı senaryo uygulanarak konumsal uygunluk modeli belirlenmiştir. Ayrıca 3 planlama periyodu şeklinde 10'ar yıl aralıklarla yol ağı uygunluk modeli planlaması yapılması üzerinde durulmuştur. Baltalık işletmelerinin koru işletmelerine dönüştürülmesinde yol ağı planlarımızın model üzerinde değerlendirilmesinde mevcut yol ağı dahil edilmeyerek gerçekleştirilmiştir. Mevcut yol ağı 3. planlama periyodu sonunda değerlendirmeye alınmıştır.

3.5.1. Mevcut Yolların Dahil Olduğu Konumsal Uygunluk Modeli

YOİŞ mevcut yol ağı değerlendirmeye alınarak yani tüm karar değişkenleri kullanılarak yol ağı uygunluk modeli CBS tabanlı Çok Kriterli değerlendirme çalışmalarında kullanılan sıralama yöntemi ile oluşturulmuştur. Sıralama yöntemine ait 3 farklı yaklaşım hesabı yapılarak ortalamaları alınmıştır. Buna göre tablo 25'de gösterildiği üzere yol planlamalarında en etkili kriter olarak Arazi Eğimi ve Yol Yoğunluğu tespit edilmiştir. Buna karşın en az etkiye sahip olan karar değişkeni Ana Dereye Uzaklık olarak tespit edilmiştir. Yol planlamalarında etkili olan kriterleri etki sırasına göre sıralayacak olursak; Arazi Eğimi (0,22), Yol Yoğunluğu (0,22), Yola Uzaklık (0,20), Arazi Kullanımı (0,13), Bakı (0,12) ve Ana Dereye Uzaklık (0,11) olarak belirlenmiştir.

Yukarıda bahsedilen tüm karar değişkenleri dahil edilerek aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi Yol Ağı Konumsal Uygunluk Modeli oluşturulmuştur (Şekil 36).

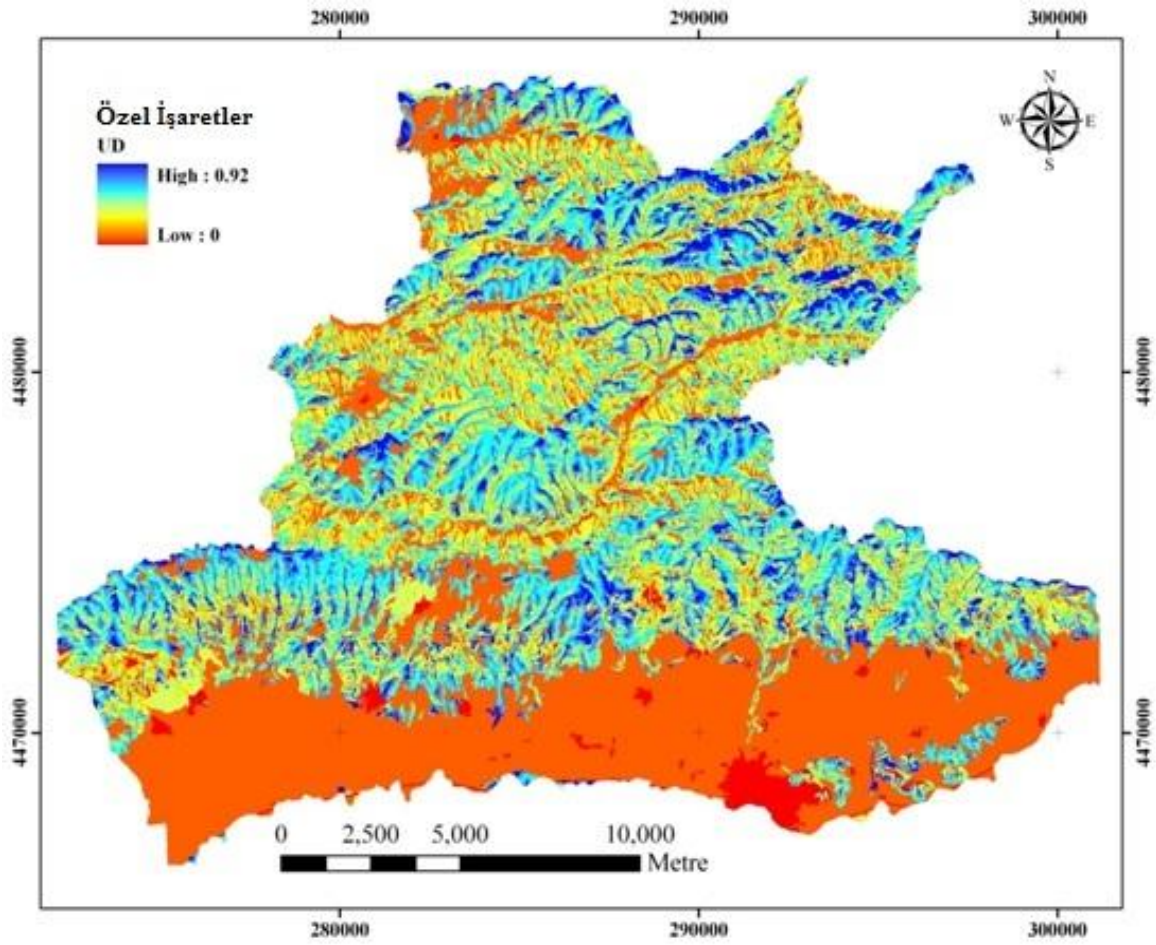


Şekil 36. Belirlenen tüm karar değişkenleri ile oluşturulan yol ağı konumsal uygunluk modeli

Tüm karar değişkenleri kullanılarak elde edilen Yol Ağı Konumsal Uygunluk Modeli (YAKUM 1) incelendiğinde Şekil 36'da mavi renk tonu ile gösterilen alanlar tüm karar değişkenleri açısından yol planlamaya uygun olan alanları göstermektedir. Aynı şekilde kırmızı renk tonu ile gösterilen alanlar ise tüm karar değişkenleri açısından yol planlamaya uygun olmayan alanları göstermektedir. Şekil 36'da kırmızı renk tonundan mavi renk tonuna doğru geçişte en düşük % 0, en yüksek % 81 ve bu iki değer arasındaki oranlarda yol planlamaya uygun olan alanlar tüm yol ağı planlama kriterleri açısından tespit edilerek YAKUM 1 oluşturulmuştur.

3.5.2. Mevcut Yolların Dâhil Olmadığı Konumsal Uygunluk Modeli

YOİŞ mevcut yol ağı değerlendirmeye alınmadan 4 karar değişkeni kullanılarak yol ağı uygunluk modeli CBS tabanlı Çok Kriterli değerlendirme çalışmalarında kullanılan sıralama yöntemi ile oluşturulmuştur. Sıralama yöntemine ait 3 farklı yaklaşım hesabı yapılarak ortalamaları alınmıştır. Karar değişkenlerinden yol yoğunluğu ve yola uzaklık değişkenleri çıkarılarak (çalışma alanında hiç yol yokmuş gibi) sadece bakı, eğim, dereye uzaklık ve arazi kullanımı ele alınarak elde edilen Konumsal Uygunluk Modeli şekil 37'de gösterildiği gibi oluşturulmuştur.



Şekil 37. Bakı, eğim, dereye uzaklık ve arazi kullanımı karar değişkenleri ile oluşturulan yol ağı konumsal uygunluk modeli

Mevcut yol ağı çıkarılarak yani karar değişkenlerinden yol yoğunluğu ve yola uzaklık değişkenleri çıkarılarak 4 karar değişkeni kullanılarak elde edilen Yol Ağı Konumsal Uygunluk Modeli (YAKUM 2) incelendiğinde Şekil 37'de mavi renk tonu ile

gösterilen alanlar yol planlamaya uygun olan alanları göstermektedir. Aynı şekilde kırmızı renk tonu ile gösterilen alanlar ise yol planlamaya uygun olmayan alanları göstermektedir. Şekil 37'de kırmızı renk tonundan mavi renk tonuna doğru geçişte en düşük % 0, en yüksek % 92 ve bu iki değer arasındaki oranlarda yol planlamaya uygun olan alanlar yol ağı planlama kriterleri açısından tespit edilerek YAKUM 2 oluşturulmuştur.

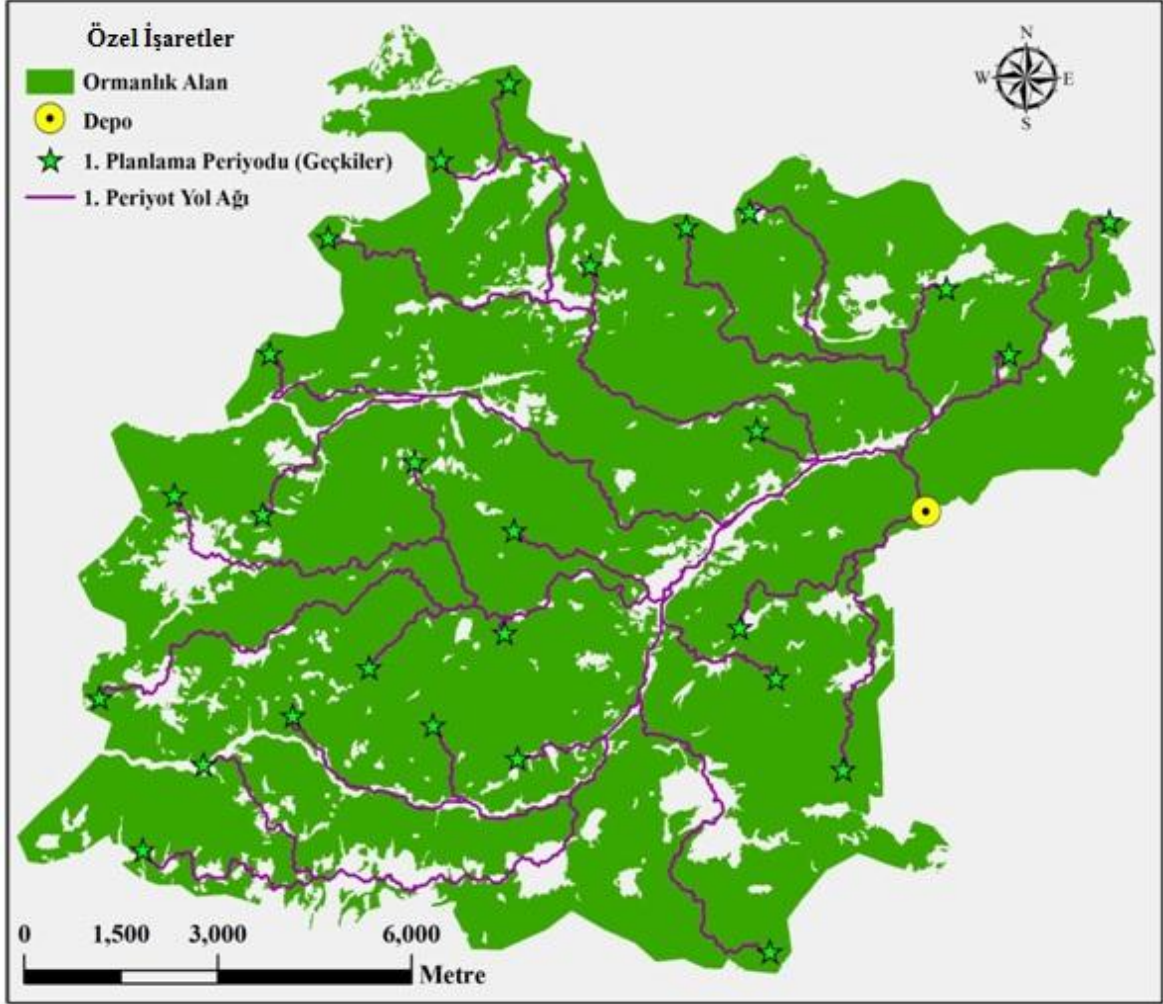
3.5.3. Modelle Geliştirilen Yol Ağı Uygunluk Modeli

Yol Ağı Konumsal Uygunluk Modelinde (YAKUM 2) mavi renk tonu ile gösterilen yol planlamasına uygun olan alanlarda geçki noktaları belirlenerek yeni yol planlaması yapılmıştır. Çalışma alanında yer yer koruya tahvil çalışmaları yapıldığından ve baltalık işletmelerinin yoğun olarak bulunmasından dolayı alandaki mevcut rampalarda değerlendirilmiştir. Çalışma alanında %80 oranında mevcut geçki noktalardan faydalanılmıştır. Çalışma alanında ki geçki noktaları aynı zamanda rampa vazifesi de görmektedir. Baltalık işletmelerinin ve koruya tahvil işletmelerinin yoğunluk kazandığı YOİŞ'nin kuzey ve kuzey batı kısmında kalan ormanlık alanda arazi incelemeleri sonucunda bir başlangıç noktası ve bu başlangıç noktasına bağlı 64 bitiş noktası (geçki noktası) belirlenmiştir. En Uygun Maliyetli Güzergah Tahmini ile bu 64 geçki noktası başlangıç noktasına bağlanmıştır. Böylece yeni planlanan güzergahların başlangıç noktasına bağlantısının sağlanması ile koruya tahvil işletme sınıfındaki yeni yollar yol ağına dahil edilmiş ve işletmeye açılmıştır. Böylece Yol Ağı Uygunluk Modeli (YAUM) oluşturulmuştur (Şekil 37). Koruya dönüştürme sürecinde yol ağının yeniden düzenlenmesi modelinde baltalıkların koruya dönüştürülmesinde uygulanacak esaslar dikkate alınarak planlama yapılmıştır. Koruya dönüştürme uygulama esasları çerçevesinde 10'ar yıllık müdahale sürelerini esas alarak baltalıkların koruya dönüştürülmesinde orman yol ağının planlanması mutedil olarak 10'ar yıl aralıklarla üç planlama periyodunda gerçekleştirilmiştir.

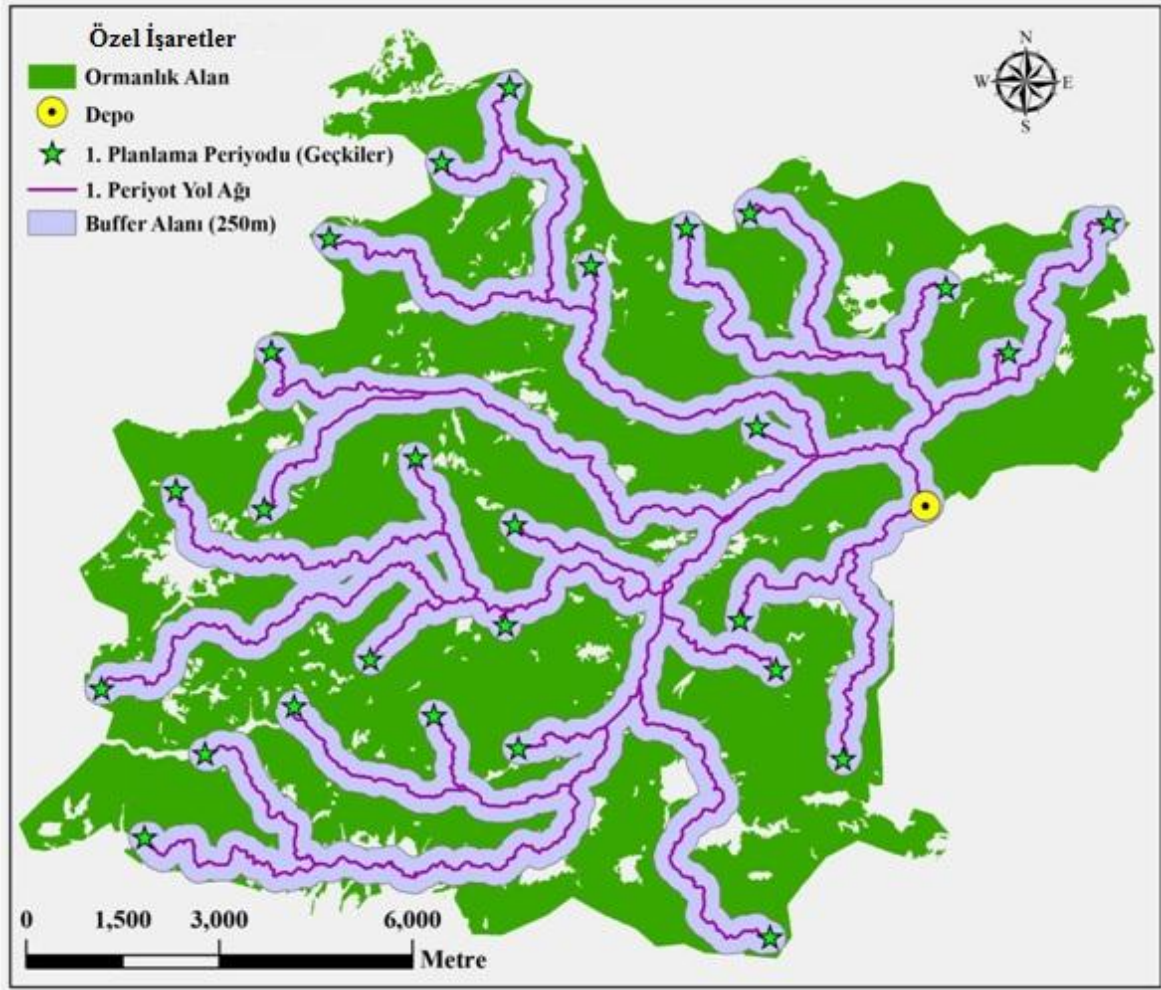
3.5.3.1. Birinci Planlama Periyoduna Ait Bulgular

İlk 10 yıllık planlama periyodunda 27 geçki noktası belirlenmiş (Şekil 38) ve bu geçki noktaları başlangıç noktasına En Uygun Maliyetli Güzergah Tahmini ile bağlanarak birinci planlama periyoduna ait yol ağı oluşturulmuştur (Şekil 38). Daha sonra her bir yol güzergahı için 250m'lik buffer atılarak işletmeye açma şeritleri oluşturulmuştur (Şekil 39).

Böylece birinci planlama periyoduna ait işletmeye açma oranı (Tablo 27) ve yol yoğunluğu (Tablo 28) hesaplanmıştır. Birinci planlama periyoduna ait işletmeye açma oranı % 47,19 ve yol yoğunluğu 11,49 m/ha olarak hesaplanmıştır.



Şekil 38. Birinci planlama periyodu geçki noktaları ve modelle geliştirilen yol ağı



Şekil 39. Birinci Planlama periyodu geçki noktaları ve buffer alanı

Tablo 27. Birinci planlama periyodu işletmeye açma oranı

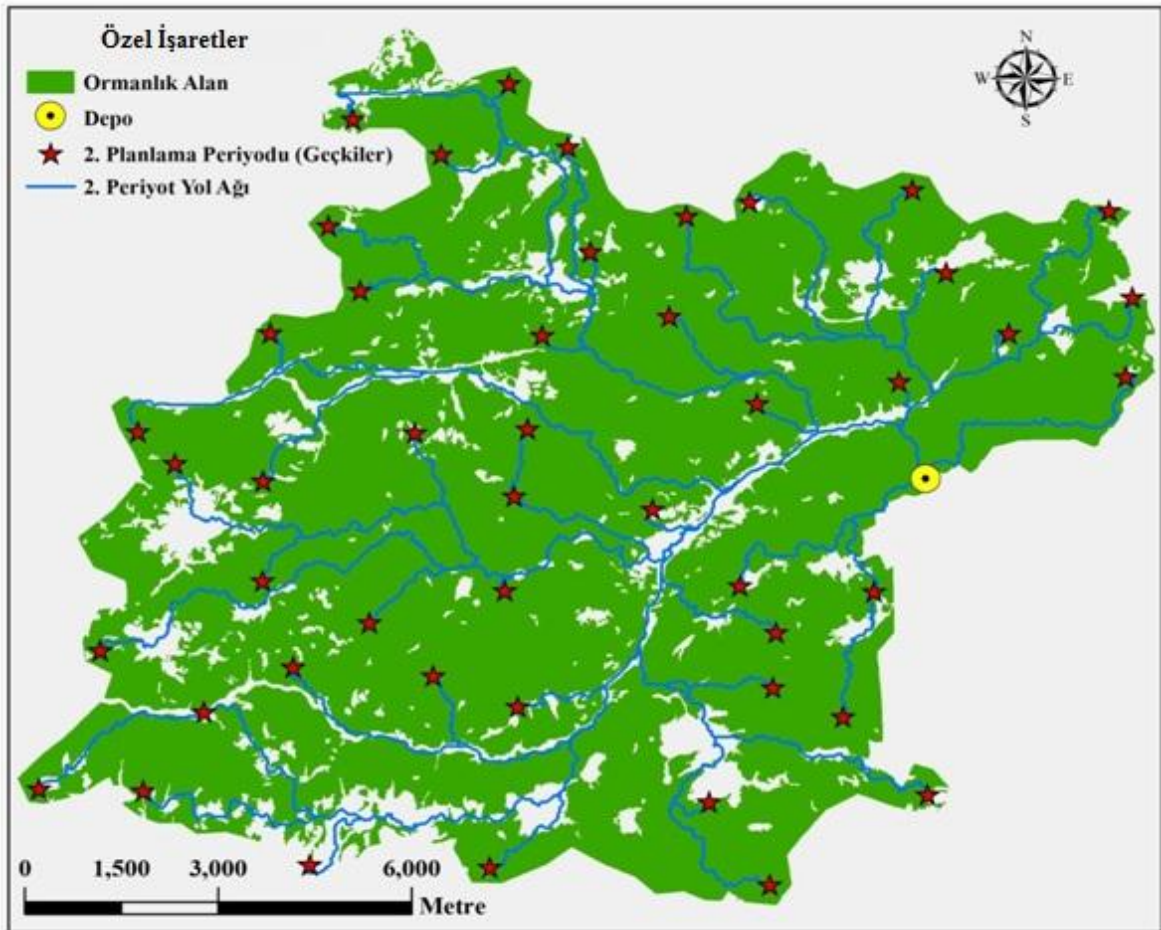
Birinci Planlama Periyodu İşletmeye Açma Oranı (Modelle Geliştirilen)	
İşletmeye Açılan Alan (250m)	5926
Orman Alanı (ha)	12557
İşletmeye Açma Oranı (%)	47,19

Tablo 28. Birinci planlama periyodu yol yoğunluğu

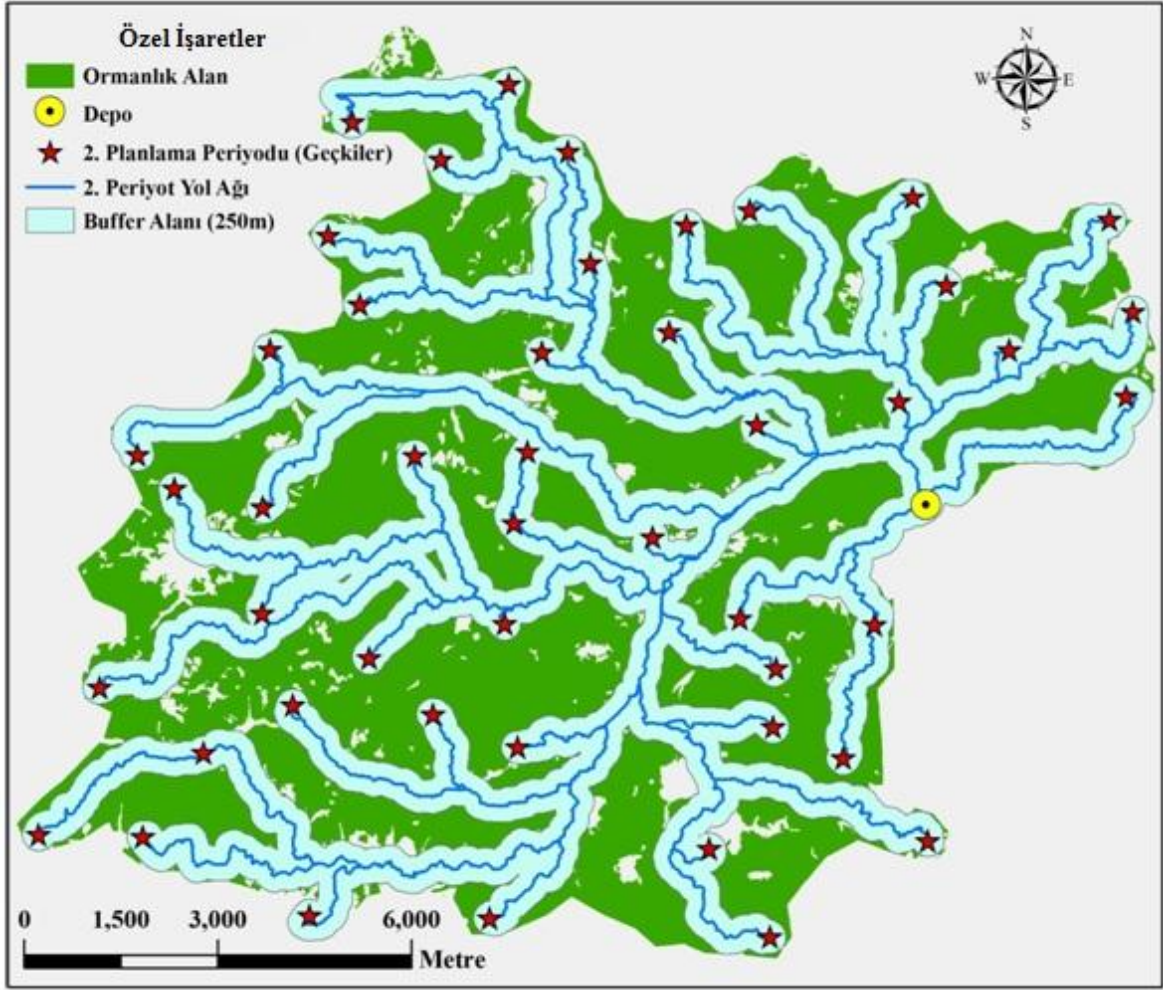
Birinci Planlama Periyodu Yol Yoğunluğu (Modelle Geliştirilen)	
Yol Uzunluğu (m)	144260
Orman Alanı (ha)	12557
Yol Yoğunluğu (m/ha)	11,49

3.5.3.2. İkinci Planlama Periyoduna Ait Bulgular

İkinci 10 yıllık planlama periyodunda birinci periyoda ilave 20 geçki noktası daha ilave edilerek toplamda 47 geçki noktası belirlenmiş (Şekil 40) ve bu geçki noktaları başlangıç noktasına En Uygun Maliyetli Güzergah Tahmini ile bağlanarak ikinci planlama periyoduna ait yol ağı oluşturulmuştur (Şekil 40). Daha sonra her bir yol güzergahı için 250m'lik buffer atılarak işletmeye açma şeritleri oluşturulmuştur (Şekil 41). Böylece ikinci planlama periyoduna ait işletmeye açma oranı (Tablo 29) ve yol yoğunluğu (Tablo 30) hesaplanmıştır. İkinci planlama periyoduna ait işletmeye açma oranı % 61,25 ve yol yoğunluğu 15,22 m/ha olarak hesaplanmıştır.



Şekil 40. İkinci planlama periyodu geçki noktaları ve modelle geliştirilen yol ağı



Şekil 41. İkinci planlama periyodu geçki noktaları ve buffer alanı

Tablo 29. İkinci planlama periyodu işletmeye açma oranı

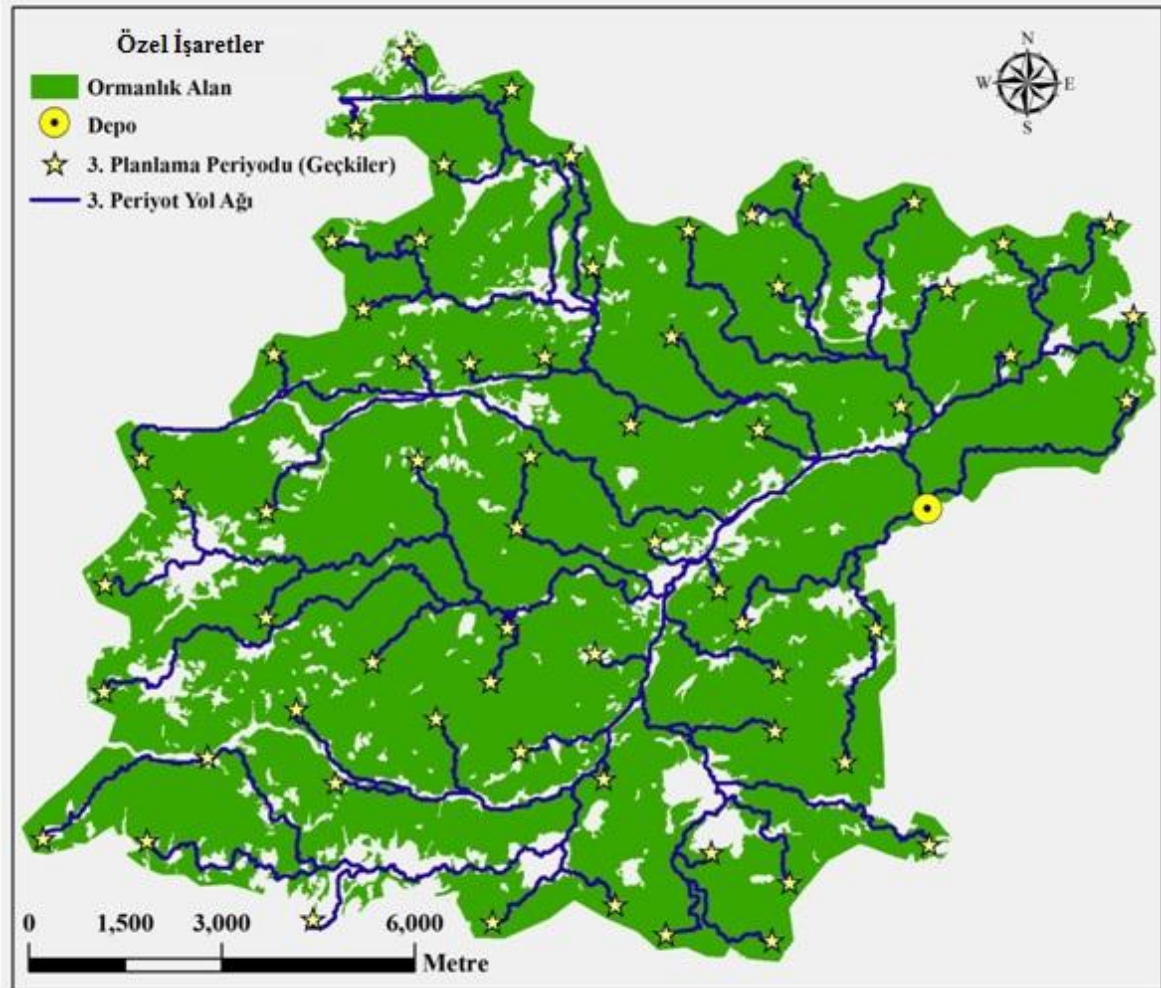
İkinci Planlama Periyodu İşletmeye Açma Oranı (Modelle Geliştirilen)	
İşletmeye Açılan Alan (250m)	7692
Orman Alanı (ha)	12557
İşletmeye Açma Oranı (%)	61,25

Tablo 30. İkinci planlama periyodu yol yoğunluğu

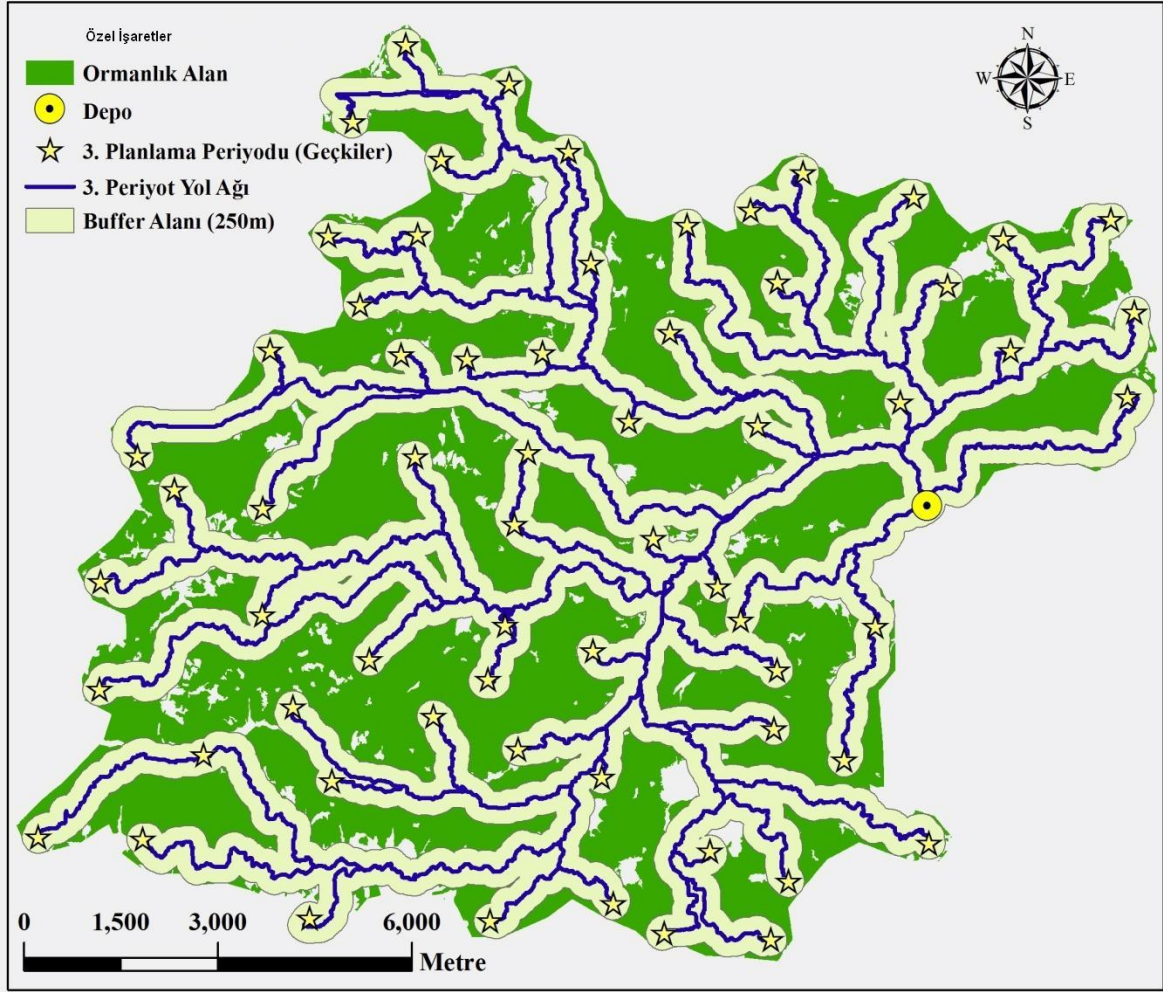
İkinci Planlama Periyodu Yol Yoğunluğu (Modelle Geliştirilen)	
Yol Uzunluğu (m)	191160
Orman Alanı (ha)	12557
Yol Yoğunluğu (m/ha)	15,22

3.5.3.3. Üçüncü Planlama Periyoduna Ait Bulgular

Üçüncü 10 yıllık planlama periyodunda ikinci periyoda ilave 17 geçki noktası daha ilave edilerek toplamda 64 geçki noktası belirlenmiş (Şekil 42) ve bu geçki noktaları başlangıç noktasına En Uygun Maliyetli Güzergah Tahmini ile bağlanarak üçüncü planlama periyoduna ait yol ağı oluşturulmuştur (Şekil 42). Daha sonra her bir yol güzergahı için 250m'lik buffer atılarak işletmeye açma şeritleri oluşturulmuştur (Şekil 43). Böylece üçüncü planlama periyoduna ait işletmeye açma oranı (Tablo 31) ve yol yoğunluğu (Tablo 32) hesaplanmıştır. Üçüncü planlama periyoduna ait işletmeye açma oranı % 67,22 ve yol yoğunluğu 17,07 m/ha olarak hesaplanmıştır. Üçüncü periyodun sonunda çalışma alanına ait yol ağı uygunluk modeli tamamlanmıştır.



Şekil 42. Üçüncü planlama periyodu geçki noktaları ve modelle geliştirilen yol ağı



Şekil 43. Üçüncü planlama periyodu geçki noktaları ve buffer alanı

Tablo 31. Üçüncü planlama periyodu işletmeye açma oranı

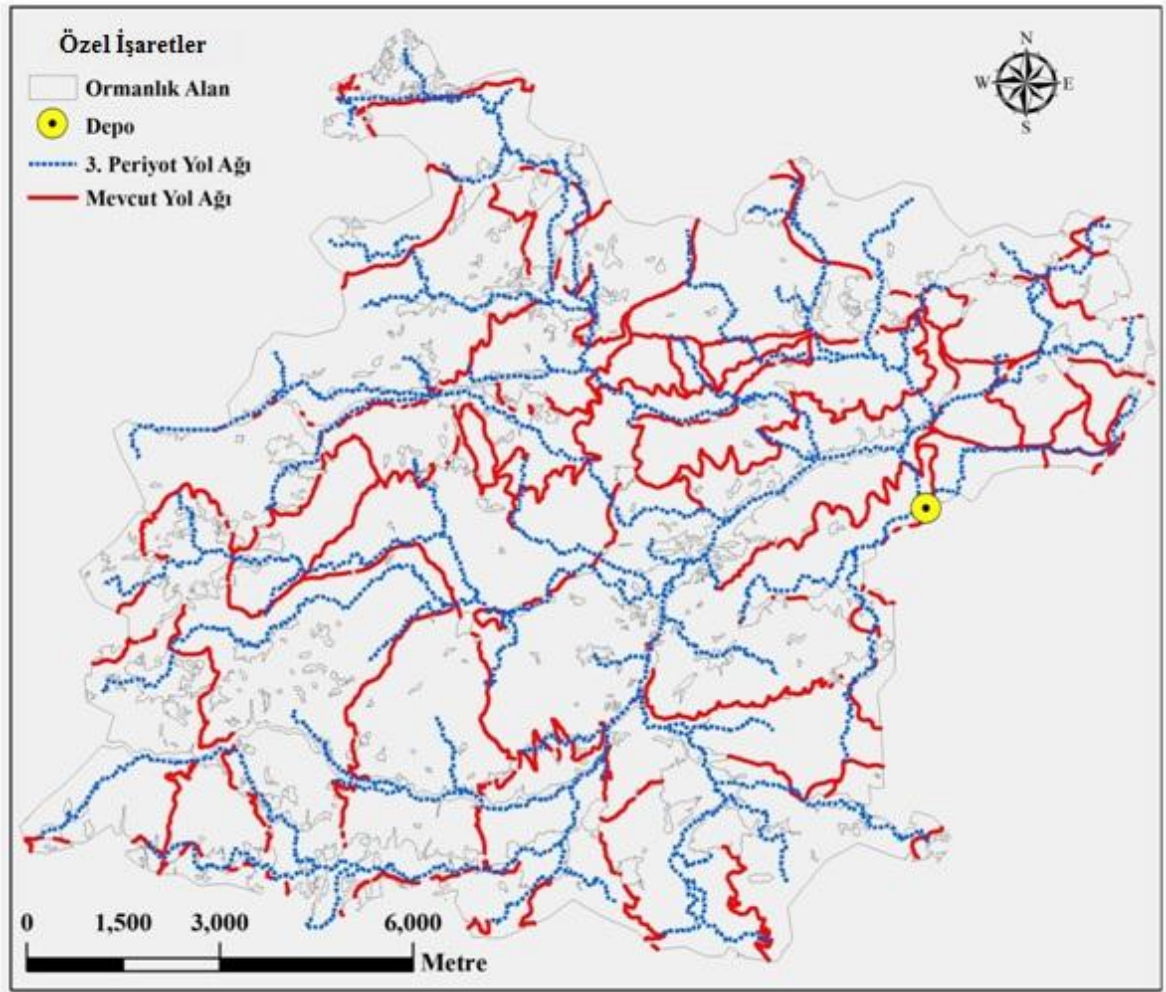
Üçüncü Planlama Periyodu İşletmeye Açma Oranı (Modelle Geliştirilen)	
İşletmeye Açılan Alan (250m)	7692
Orman Alanı (ha)	12557
İşletmeye Açma Oranı (%)	67,22

Tablo 32. Üçüncü planlama periyodu yol yoğunluğu

Üçüncü Planlama Periyodu Yol Yoğunluğu (Modelle Geliştirilen)	
Yol Uzunluğu (m)	191160
Orman Alanı (ha)	12557
Yol Yoğunluğu (m/ha)	17,07

3.5.4. Modelle Geliştirilen Yol Ağı Uygunluk Modelinin Mevcut Yol Ağı Üzerinde Gösterimi

Üçüncü periyot sonunda çalışma alanına ait yol ağı planı tamamlanmıştır. Çalışma alanı için 3. planlama periyodu sonucunda oluşturulan yol ağı mevcut yol ağı ile birlikte karşılaştırılmış ve değerlendirilmiştir (Şekil 44). 3. planlama periyoduna ait işletmeye açma oranı % 67,22 ve yol yoğunluğu 17,07 m/ha olarak hesaplanmıştır. Çalışma alanındaki mevcut işletmeye açma oranı % 64,18 (Tablo 33) ve yol yoğunluğu 13,10 m/ha olarak Tablo 34'de gösterilmiştir.



Şekil 44. Üçüncü periyot sonunda en uygun maliyetli güzergah tahmini ile oluşturulan yol ağı uygunluk modeli ve mevcut yol ağı

Tablo 33. Çalışma alanı mevcut işletmeye açma oranı

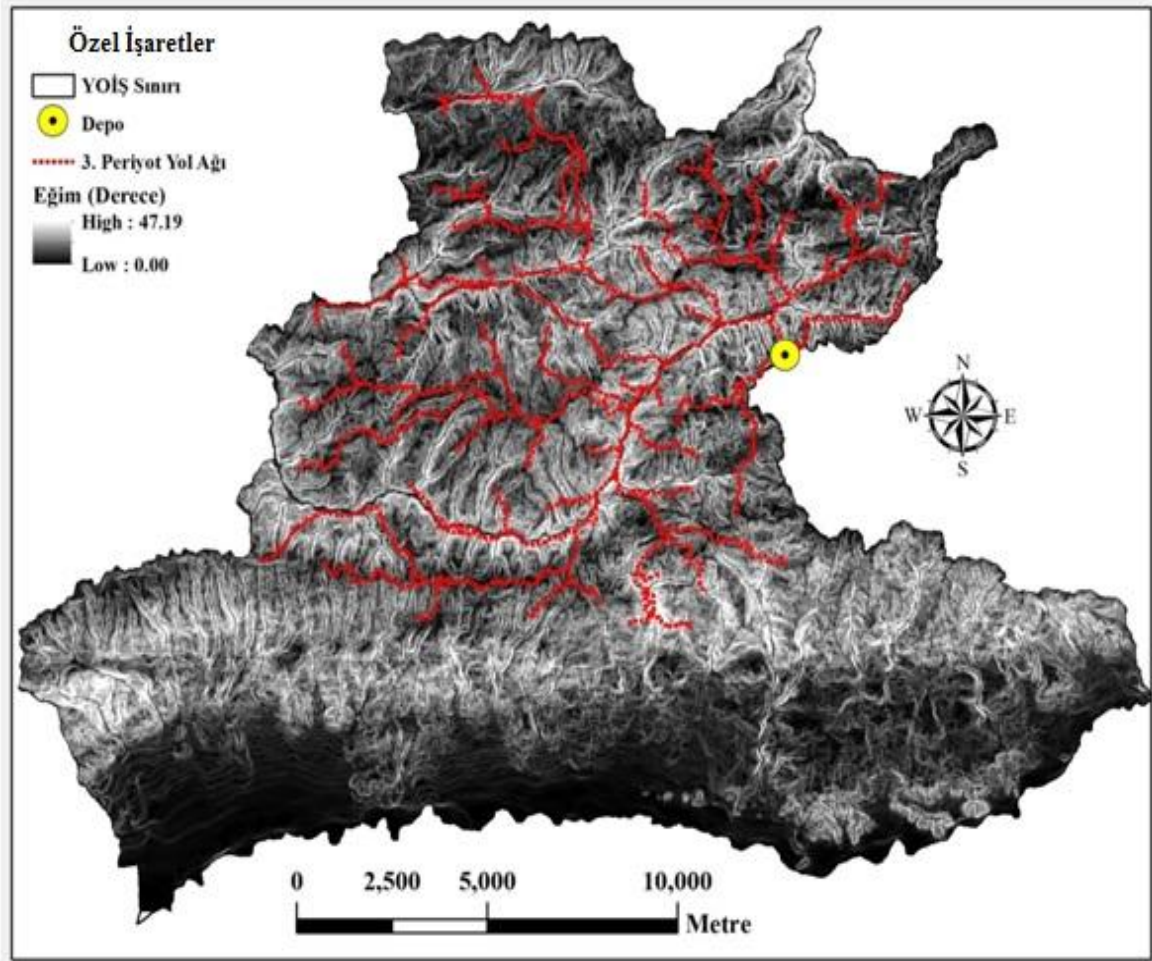
Çalışma Alanı Mevcut İşletmeye Açma Oranı	
İşletmeye Açılan Alan (250m)	8060
Orman Alanı (ha)	12557
İşletmeye Açma Oranı (%)	64,18

Tablo 34. Çalışma alanı mevcut yol yoğunluğu

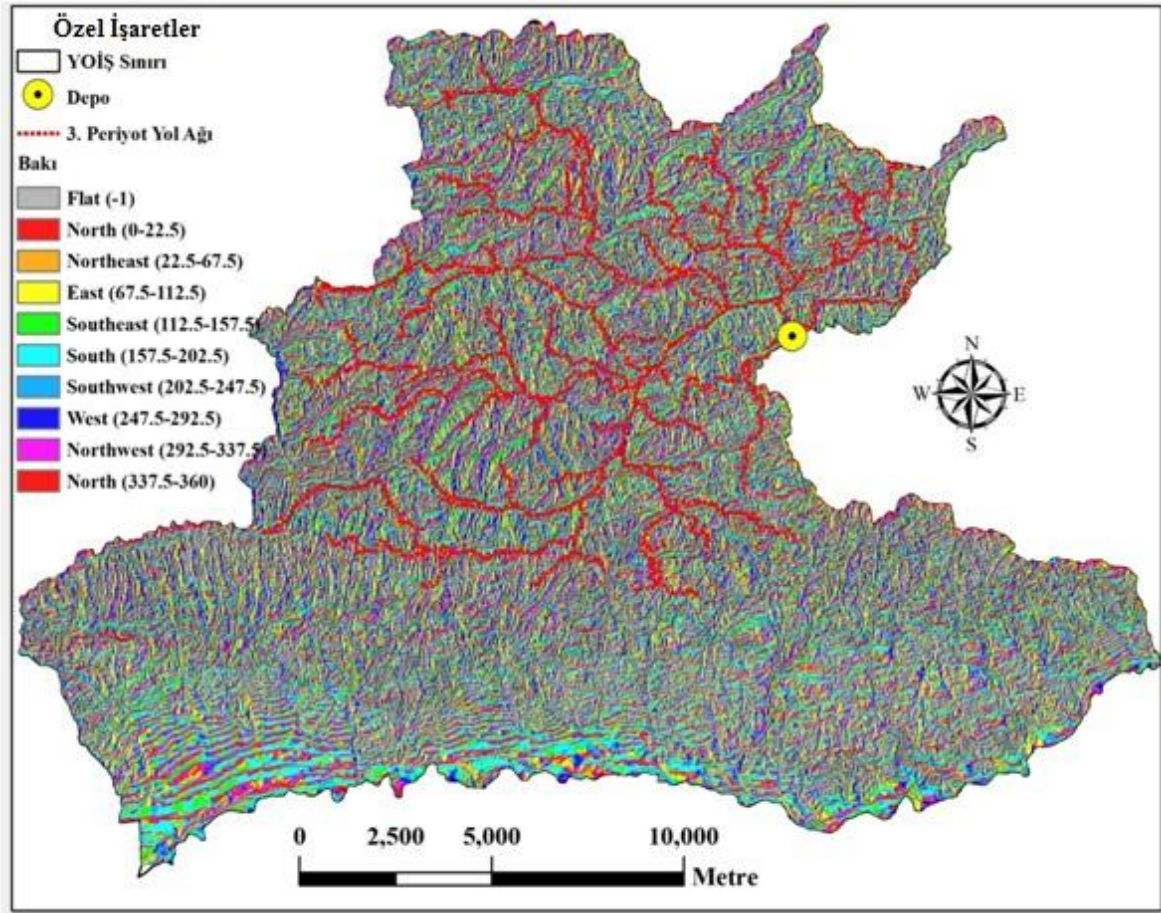
Çalışma Alanı Mevcut Yol Yoğunluğu	
Yol Uzunluğu (m)	164544
Orman Alanı (ha)	12557
Yol Yoğunluğu (m/ha)	13,10

Şekil 44'de belirlenen kriterlere uygun olarak her bir geçki noktasının sarı renk ile belirtilen başlangıç noktasına En Uygun Maliyetli Güzergah Tahminiyle bağlandığı görülmektedir. Belirlenen geçki noktalarının başlangıç noktasına bağlandığı güzergahlar belirlenirken hem yatay hem de dikey faktörler hesaba katılmıştır. Dikey faktör hesabında kaynak nokta ile çevresi arasında doğrusal bir ilişki kurulmuştur. Bu ilişkide iki raster hücre arasındaki maksimum dikey açı trigonometrik olarak $5,4^0$ yani maksimum %12 geçki (güzergâh) eğimi olarak tanımlanmış ve maliyet hesabına eklenmiştir. Böylece belirlenen güzergâhlardaki maksimum yol eğiminin %12 olması sağlanmıştır.

Şekil 45'de belirlenen yol ağı uygunluk modelinin çalışma alanına ait eğim haritası üzerindeki konumu gösterilmiştir. Burada çalışma alanına ait arazi eğimi % olarak gösterilmiştir. Şekil incelendiğinde yol yapım kriteri açısından arazi eğiminin istenilen düzeyde olduğu görülmektedir. Şekil 46'da yol ağı uygunluk modelinin çalışma alanına ait bakı haritası üzerindeki konumu gösterilmiştir.



Şekil 45. Yol ağı uygunluk modelinin çalışma alanına ait eğim haritası üzerinde gösterimi



Şekil 46. Yol ağı uygunluk modelinin çalışma alanına ait bakı haritası üzerinde gösterimi

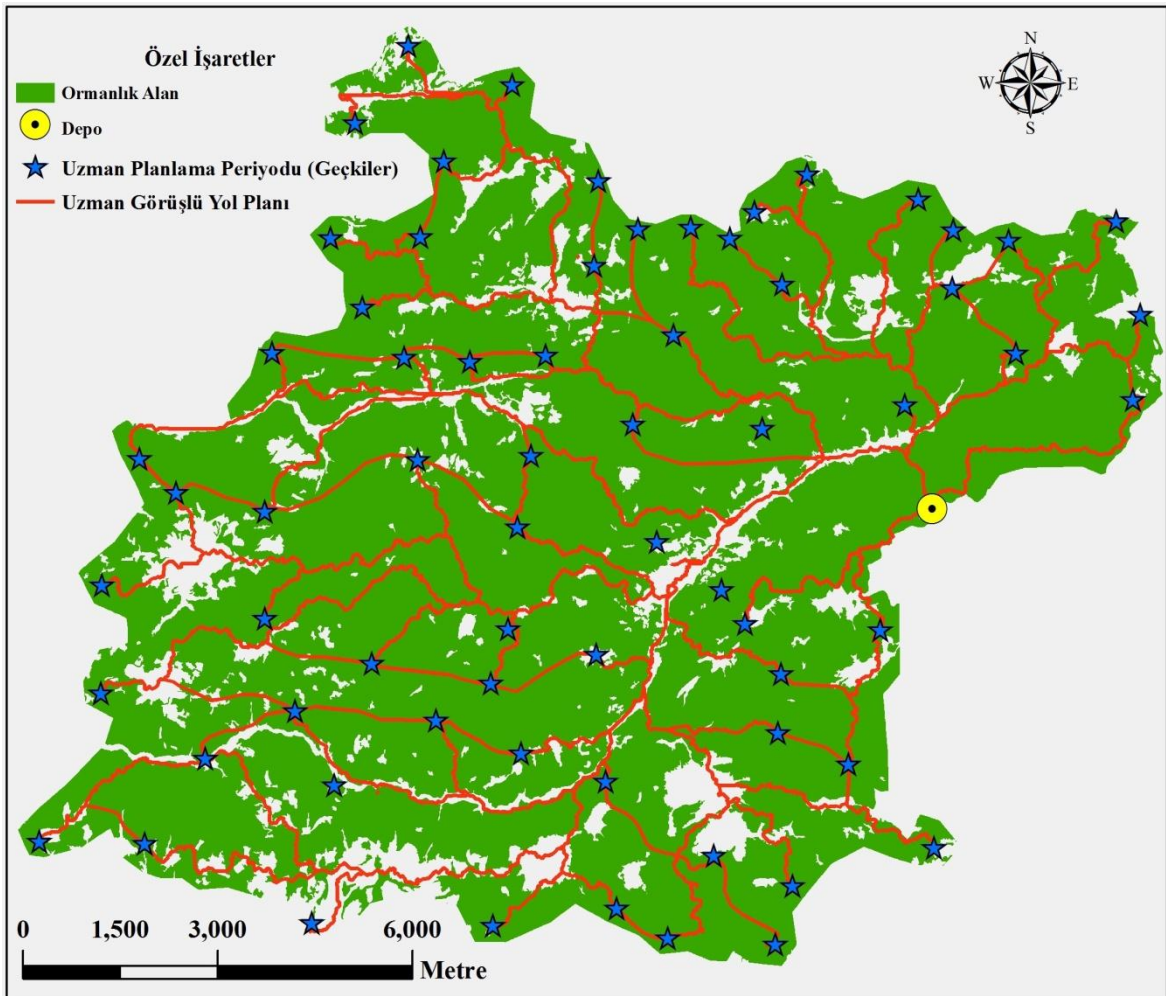
3.5.5. Modelle Planlanan Yol Ağının Uzman Görüşüne Göre Denetlenmesi ve Sonuçlandırılması

Üçüncü planlama periyodu sonucunda modelle geliştirilen yol ağı incelendiğinde bazı yolların birbirine çok yakın olarak geçtiği ve bu yolların geçtiği alanların ikinci kez işletmeye açıldığı görülmektedir. Modelle planlanan bazı yolların ise diğer yollar ile bağlantı kurmadığı ve çok kısa mesafelerde sonlandığı görülmektedir.

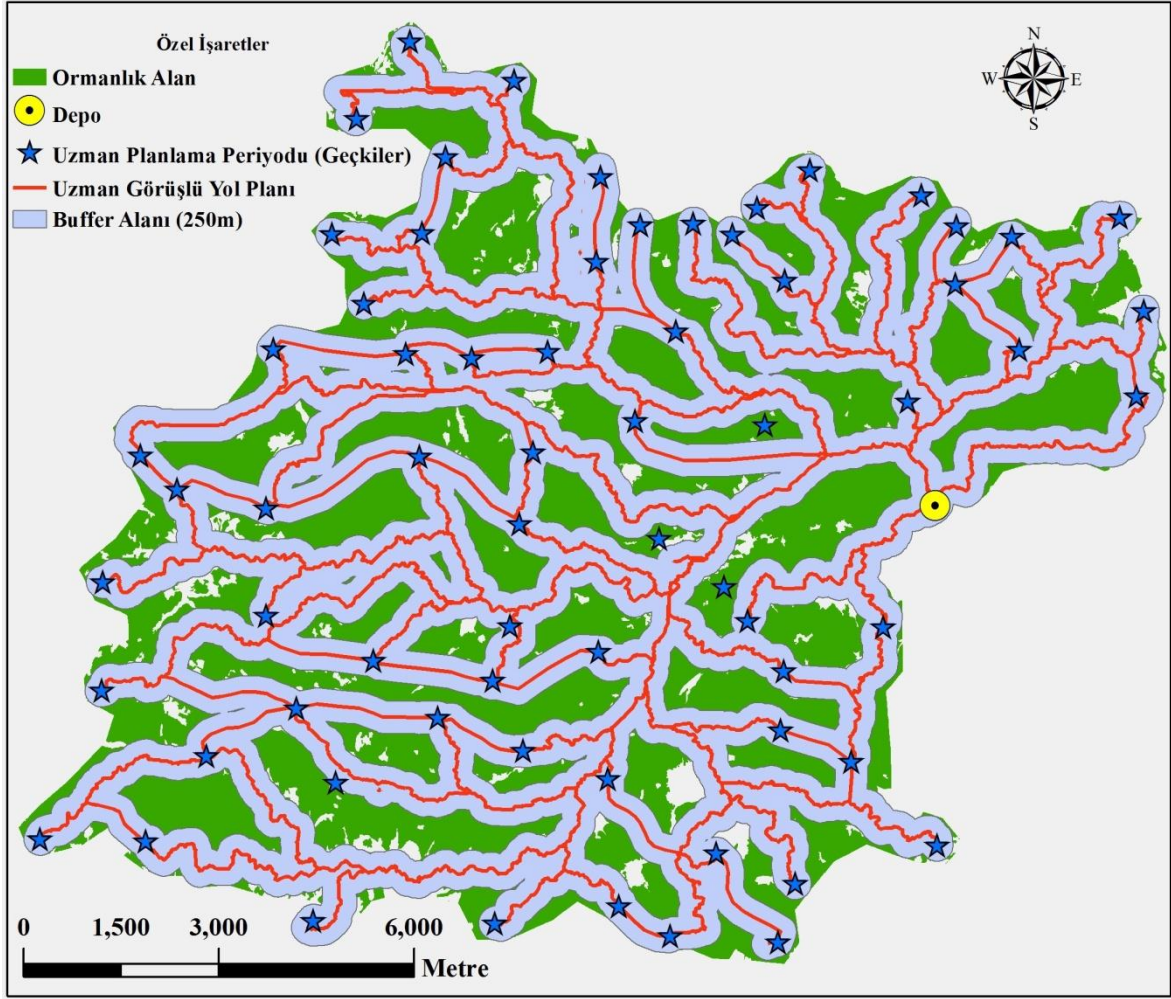
Üçüncü planlama periyodu sonucunda modelle geliştirilen yol ağı YOİŞ bünyesinde çalışan uzman kişiler ile birlikte incelenmiştir. Arazi incelemeleri ile birlikte modelle geliştirilen bazı yollar iptal edilerek plandan çıkarılmıştır. Modelle planlanan bazı yolların ise manuel olarak diğer yollara bağlantısı planlanmıştır. Modelle planlanan yol ağının işletmeye açmadığı bazı alanlara yeni yol planlanarak işletmeye açılması sağlanmıştır. Uzman kişilerin katkı ve görüşleri sonucunda optimal işletmeye açma oranına ve optimal yol yoğunluğuna ulaşılmıştır. Modelle planlanan yol ağının uzman görüşüne göre

denetlenmesi ve düzenlenmesi ile uzman görüşüne göre sonuçlandırılan yol ağı planı oluşturulmuştur (Şekil 47).

Uzman görüşlü yol ağı planında her bir yol güzergahı için 250m'lik buffer atılarak işletmeye açma şeritleri oluşturulmuştur (Şekil 48). Böylece uzman görüşüne göre sonuçlandırılan yol ağına ait işletmeye açma oranı (Tablo 35) ve yol yoğunluğu (Tablo 36) hesaplanmıştır. Uzman görüşlü planlama periyoduna ait işletmeye açma oranı % 78,46 ve yol yoğunluğu 20,05m/ha olarak hesaplanmıştır. Uzman görüşlü planlama periyodu sonucunda çalışma alanına ait yol ağı tamamlanmıştır.



Şekil 47. Uzman görüşüne göre sonuçlandırılan yol ağı planı



Şekil 48. Uzman görüşüne göre sonuçlandırılan yol ağına ait buffer alanı

Tablo 35. Uzman görüşlü yol ağı planlama periyodu işletmeye açma oranı

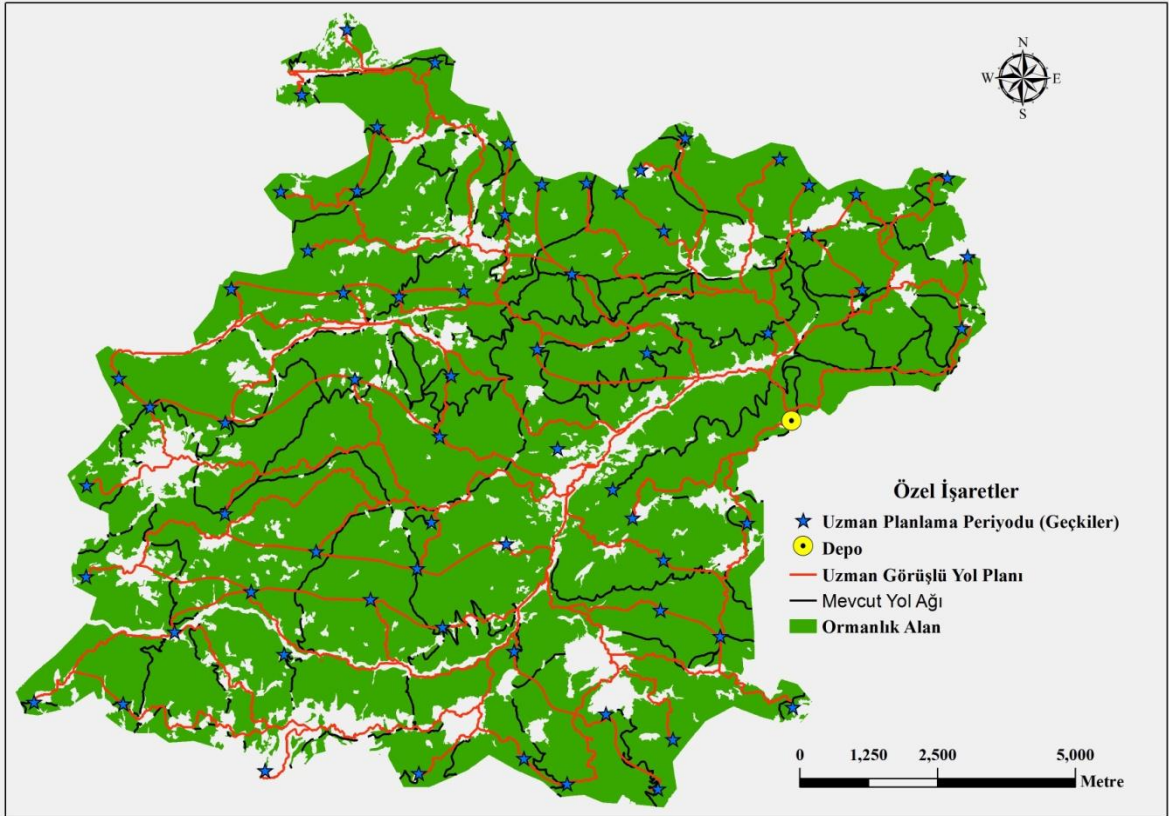
Uzman Görüşlü Yol Ağı Planlama Periyodu İşletmeye Açma Oranı	
İşletmeye Açılan Alan (ha), (250m buffer)	9852,1
Orman Alanı (ha)	12557
İşletmeye Açma Oranı (%)	78,46

Tablo 36. Uzman görüşlü yol ağı planlama periyodu yol yoğunluğu

Uzman Görüşlü Yol Ağı Planlama Periyodu Yol Yoğunluğu	
Yol Uzunluğu (m)	251872,3
Orman Alanı (ha)	12557
Yol Yoğunluğu (m/ha)	20,05

3.5.6. Uzman Görüşlü Yol Ağı Planının Mevcut Yol Ağı ile Birlikte Gösterimi

Üçüncü planlama periyodu sonucunda modelle geliştirilen yol ağının uzman görüşüne göre denetlenerek sonuçlandırılması neticesinde son hali belirlenen yol ağı şekil 49'da mevcut yol ağı ile birlikte gösterilmiştir. Şekil incelendiğinde belirlenen bazı yolların mevcut yollar ile çakıştığı, bazılarının ise farklı güzergâhlardan geçtiği görülmektedir. Çalışma alanında mevcut olan bazı yolların belirlenen kriterlere uyduğu, bazılarının ise belirlenen kriterlere uymadığı anlaşılmaktadır. Sarı renk ile gösterilen nokta yol geçkisi başlangıcını ifade etmektedir. Siyah renk ile gösterilen çizgiler mevcut yol ağını göstermektedir. Kırmızı renk ile gösterilen çizgiler ise uzman görüşü sonucunda belirlediğimiz yeni yol ağını göstermektedir.



Şekil 49. Uzman görüşüne göre planlanan yeni yollar ve mevcut yollar

4. TARTIŞMA

Baltalık işletmelerinin koru işletmelerine dönüştürülmesinde orman yol ağının yeniden düzenlenmesi kapsamında YOİŞ sınırları içerisinde gerçekleştirilen bu çalışma ile yol ağı konumsal uygunluk modeli ve yol ağı uygunluk modeli oluşturulmuştur. Modelde kullanılan 6 farklı değişken yol ve yol ağı planlama kriterleri açısından incelenmiştir. Her bir kriter (arazi eğimi, bakı, yol yoğunluğu, yola uzaklık, arazi kullanımı, ana dereye uzaklık) kendi içerisinde sınıflandırılarak puanlandırılmıştır.

Coğrafik bilgi sistemi (CBS) temelli karar destek sistemi birçok ormancılık uygulamalarında özellikle yeni yol tasarımında kullanımı gitgide artmaktadır (Kiser ve diğ. 2005; Gumus ve diğ. 2008; Akay ve diğ. 2008; Wing ve diğ. 2010; Akay ve diğ. 2011). Çok Kriterli Değerlendirme kapsamında Fuzzy teoremi kullanılarak Doğrusal Bulanık Mantık Üyelikleri belirlenmiş ve toplamsal maliyet yüzeyi oluşturulmuştur. Tasarlanan maliyet yüzeyinde en uygun maliyetli güzergah hesabı ile orman yol ağlarının planlanmasında farklı bir model ortaya konmuştur.

Koruya dönüştürme sürecinde yol ağının yeniden düzenlenmesi modelinde baltalıkların koruya dönüştürülmesinde uygulanacak esaslar dikkate alınarak planlama yapılmıştır. Koruya dönüştürme uygulama esasları çerçevesinde 5'er ve 10'ar yıllık müdahale sürelerini esas alarak baltalıkların koruya dönüştürülmesinde orman yol ağı mutedil olarak 10'ar yıl aralıklarla 3 planlama periyodunda planlanmıştır. Üçüncü planlama periyodu sonucunda modelle oluşturulan yol ağının uzman görüşüne göre denetlenmesi ve sonuçlandırılması ile çalışma alanına ait yol ağı tamamlanmıştır.

4.1. Konumsal Uygunluk Modelleri

Karar değişkenleri için literatürden ve uzman görüşlerinden tespit edilen UD kullanılarak şiddet dereceleri doğrusal bulanık mantık üyeliğine minimum 0 ile maksimum 100 değerleri arasındaki değerler bulanık üyeliğe dahil edilmiştir. Karar değişkenlerinin her birine ait 0 ile 100 arasında belirlenen UD değerleri 0 ile 1 sayı değerlerine dönüştürülmüş yani bulanıklaştırılmıştır.

Karar değişkenlerine ait minimum ve maksimum üyelik değerleri yalnızca araştırma alanı için belirlenmiştir. Araştırma alanın içerdiği veritabanlarının değerlendirilmesiyle yol

güzergâhının kesinlikle planlanamayacağı konumlar olarak AK, AE, YY, ADU ve YU kriterlerinin değeri bulunmaktadır. Yol güzergâhının kesinlikle planlanamayacağı konumlar olarak B kriterinin değeri bulunmamaktadır. AK, AE, YY, ADU ve YA bakımından yolun kesin olarak yapılamayacağı alanların varlığı tespit edilmiştir. Her bir karar değişkeni için belirlenen minimum ve maksimum aitlik derecelerine göre değişkenlere ait kriterlerin konumsal dağılımları belirlenmiş ve haritalandırılmıştır.

Araştırma alanı içerisinde bulunan alanların arazi kullanım durumları 8 sınıfta ele alınmıştır. Her bir arazi kullanım sınıfı için hesaplanmış olan ağırlık değerlerine göre yol planlamasına uygun olan alanlar belirlenmiştir. En düşük % 0, en yüksek % 92 ve bu iki değer arasındaki oranlarda yol planlamaya uygun olan alanlar AK kriteri açısından tespit edilmiştir.

4.1.1. Mevcut Yolların Dâhil Olduğu Konumsal Uygunluk Modeli

Tüm karar değişkenleri kullanılarak yol ağı uygunluk modeli CBS tabanlı Çok Kriterli değerlendirme çalışmalarında kullanılan sıralama yöntemi ile oluşturulmuştur. Sıralama yöntemine ait 3 farklı yaklaşım hesabı yapılarak ortalamaları alınmıştır. Yol planlamalarında en etkili kriter olarak Arazi Eğimi ve Yol Yoğunluğu tespit edilmiştir. Buna karşın en az etkiye sahip olan karar değişkeni Ana Dereye Uzaklık olarak tespit edilmiştir. Yol planlamalarında etkili olan kriterleri etki sırasına göre Arazi Eğimi (0,22), Yol Yoğunluğu (0,22), Yola Uzaklık (0,20), Arazi Kullanımı (0,13), Bakı (0,12) ve Ana Dereye Uzaklık (0,11) olarak belirlenmiştir.

Tüm karar değişkenleri kullanılarak elde edilen Yol Ağı Konumsal Uygunluk Modeli (YAKUM 1) incelendiğinde en düşük % 0, en yüksek % 81 ve bu iki değer arasındaki oranlarda yol planlamaya uygun olan alanlar tespit edilmiştir.

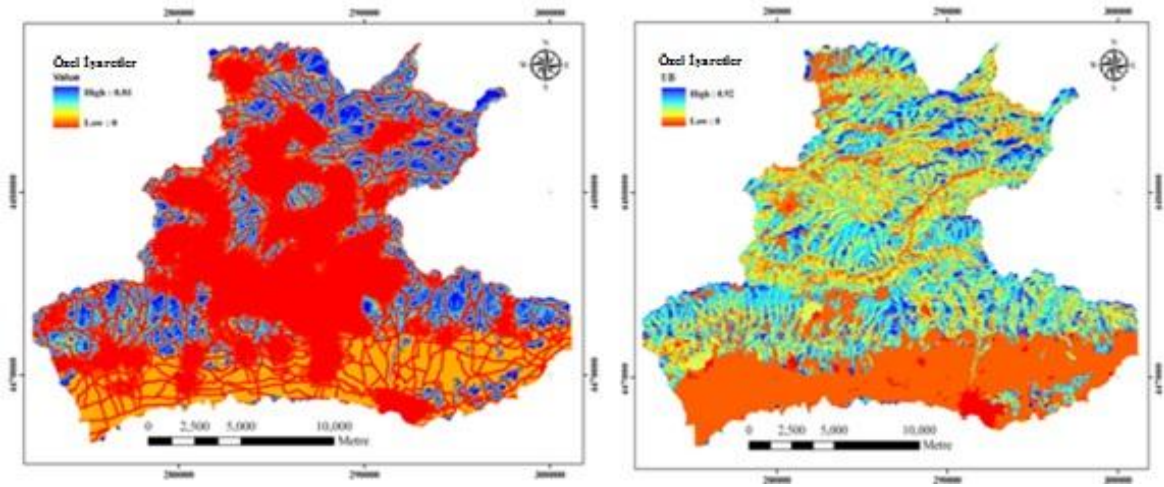
4.1.2. Mevcut Yolların Dâhil Olmadığı Konumsal Uygunluk Modeli

YOİŞ mevcut yol ağı değerlendirmeye alınmadan 4 karar değişkeni kullanılarak yol ağı uygunluk modeli CBS tabanlı Çok Kriterli değerlendirme çalışmalarında kullanılan sıralama yöntemi ile oluşturulmuştur. Sıralama yöntemine ait 3 farklı yaklaşım hesabı yapılarak ortalamaları alınmıştır. Karar değişkenlerinden yol yoğunluğu ve yola uzaklık değişkenleri çıkarılarak (çalışma alanında hiç yol yokmuş gibi) sadece bakı, eğim, dereye uzaklık ve arazi kullanımı ele alınarak elde edilen Konumsal Uygunluk Modeli

oluşturulmuştur. En düşük % 0, en yüksek % 92 ve bu iki değer arasındaki oranlarda yol planlamaya uygun olan alanlar yol ağı planlama kriterleri açısından tespit edilerek YAKUM 2 oluşturulmuştur.

4.1.3. YAKUM 1 ve YAKUM 2'nin Karşılaştırılması

Karar değişkenlerine göre belirlenen yol ağı konumsal uygunluk modelleri şekil 50'de karşılaştırılmıştır.



Şekil 50. YAKUM 1 ve YAKUM 2'nin karşılaştırılması

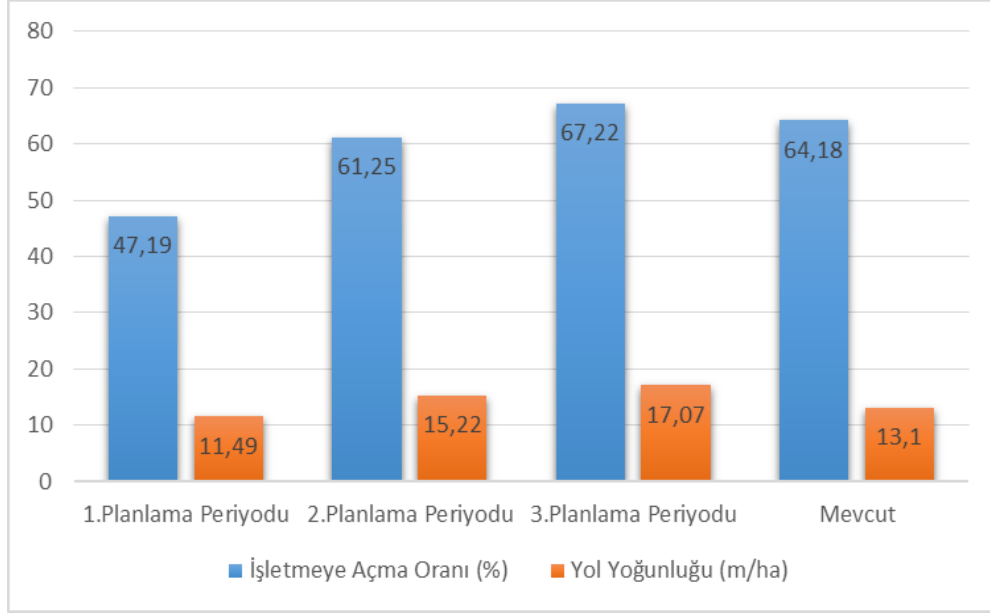
YAKUM 1'de belirlenen kriterler doğrultusunda yol planlamaya uygun olmayan (kırmızı renk ile gösterilen) pek çok alan tespit edilmiş olmasına karşın YAKUM 2'de yol planlamaya uygun olmayan (kırmızı renk ile gösterilen) çok az alan tespit edilmiştir. YAKUM 1'de tüm karar değişkenleri kullanılmasına karşın YAKUM 2'de yol yoğunluğu ve yola uzaklık karar değişkenleri kullanılmamıştır. Yani çalışma alanında hiç yol yokmuş gibi yol planlamaya uygun olan alanlar belirlenmiştir.

Çalışma alanındaki mevcut yollar incelendiğinde bazı yolların standartlara uymadığı bazı yolların ise bakım ve onarım giderlerinin oldukça yüksek olduğu görülmüştür. Yeni yol ağı planlamada standartları çok düşük olan bu tip yollar yol ağına dâhil edilmeyerek yeni yol planlaması yapılmıştır.

4.2. Yol Ağı Uygunluk Modeli

Yol Ağı Konumsal Uygunluk Modelinde (YAKUM 2) yol planlamasına uygun olan alanlarda geçki noktaları belirlenerek yeni yol planlaması yapılmıştır. Baltalık işletmelerinin ve koruya tahvil işletmelerinin yoğunluk kazandığı YOİŞ'nin kuzey ve kuzeybatı kısmında kalan ormanlık alanda arazi incelemeleri sonucunda bir başlangıç noktası ve bu başlangıç noktasına bağlı 64 bitiş noktası (geçki noktası) belirlenmiştir. En Uygun Maliyetli Güzergah Tahmini ile bu 64 geçki noktası başlangıç noktasına bağlanmıştır. Böylece yeni planlanan güzergahların başlangıç noktasına bağlantısının sağlanması ile koruya tahvil işletme sınıfındaki yeni yollar yol ağına dahil edilmiş ve işletmeye açılmış ve Yol Ağı Uygunluk Modeli (YAUM) oluşturulmuştur.

Birinci periyotta 27 geçki nokta belirlenmiştir. Belirlenen bu geçki noktalar oluşturduğumuz model kullanılarak birinci planlama periyoduna ait yol ağı oluşturulmuştur. Daha sonra her bir yol güzergahı için 250 m'lik buffer atılarak işletmeye açma şeritleri oluşturulmuştur. Böylece birinci planlama periyoduna ait işletmeye açma oranı ve yol yoğunluğu hesaplanmıştır. İkinci periyotta birinci periyoda ilave 20 geçki noktası daha ilave edilerek toplamda 47 geçki nokta belirlenmiştir. Üçüncü periyotta ikinci periyoda ilave 17 geçki noktası daha ilave edilerek toplamda 64 geçki nokta belirlenmiştir. Belirlenen bu geçki noktalar oluşturduğumuz model kullanılarak üçüncü planlama periyoduna ait yol ağı oluşturulmuştur. Daha sonra her bir yol güzergahı için 250 m'lik buffer atılarak işletmeye açma şeritleri oluşturulmuştur. Böylece üçüncü planlama periyoduna ait işletmeye açma oranı ve yol yoğunluğu hesaplanmıştır. Son olarak çalışma alanı için üçüncü planlama periyodu sonucunda oluşturulan yol ağı mevcut yol ağı ile karşılaştırılmış ve değerlendirilmiştir (Şekil 51).



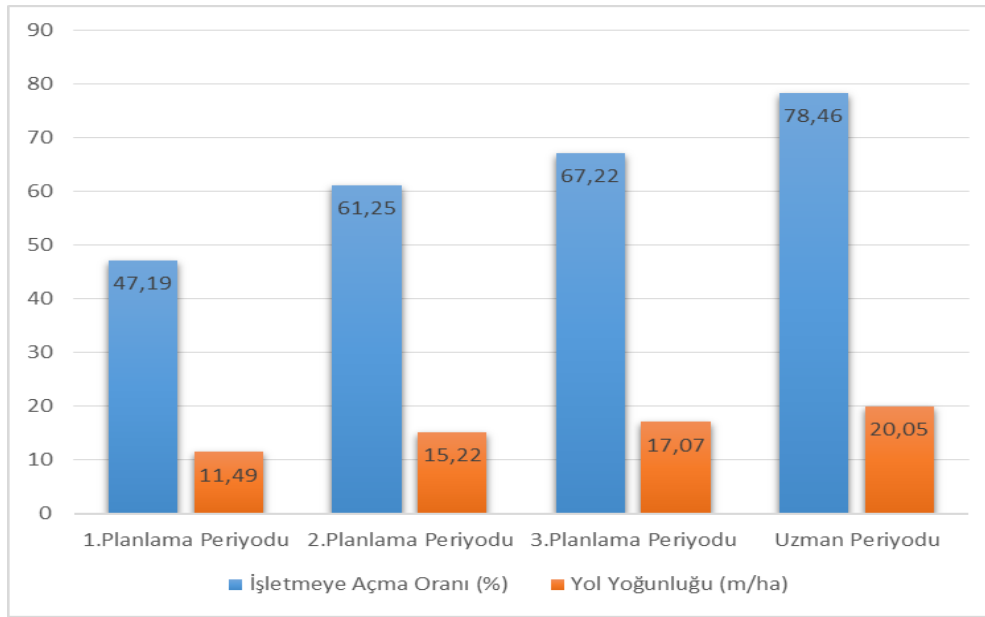
Şekil 51. Modelle planlanan yol ağının ve mevcut yol ağının karşılaştırılması

Şekil 51 incelediğinde planlama periyotları açısından işletmeye açma oranının % 47,19'dan % 67,22'ye yükseldiği, yol yoğunluğunun ise 11,49 m/ha'dan 17,07 m/ha'a yükseldiği görülmektedir. Çalışma alanına ait mevcut yol ağı ele alındığında üçüncü periyod sonunda ulaştığımız değerlerin mevcuttan daha iyi olduğu görülmektedir. Planlama periyotları sonunda elde ettiğimiz güzergahların yol ağı planlama kriterlerine tam olarak uymakta olduğu da dikkate alınırsa mevcut değerlerin yanındaki önemi daha da anlaşılmaktadır. Çünkü mevcut yol yoğunluğu ve işletmeye açma oranında kriterlere uymayan pek çok yol güzergahının olduğu arazi incelemeleri sonucunda görülmüştür. Mevcut yol ağındaki kriterlere uymayan güzergahlar çıkarıldığında çalışma alanına ait mevcut yol yoğunluğu ve işletmeye açma oranı daha da azalacaktır. Baltalık işletmelerinin koru işletmelerine dönüştürülmesinde orman yol ağının yeniden düzenlenmesinde elde ettiğimiz % 67,22'lik işletmeye açma oranı ve 17,07 m/ha/lık yol yoğunluğu değeri tüm ormancılık faaliyetlerinin yürütülmesi açısından ülkemiz ortalamasının oldukça üzerindedir.

4.3. Modelle Geliştirilen Yol Ağının Uzman Görüşüne Göre Düzenlenmesi

Modelle planlanan yol ağının uzman görüşüne göre denetlenmesi ve düzenlenmesi ile uzman görüşüne göre sonuçlandırılan yol ağı planı oluşturulmuştur. Uzman görüşlü

planlama periyoduna ait işletmeye açma oranı % 78,46 ve yol yoğunluğu 20,05m/ha olarak hesaplanmıştır. Uzman görüşlü planlama periyodu sonucunda çalışma alanına ait yol ağı tamamlanmıştır. Uzman kişilerin katkı ve görüşleri sonucunda literatürde belirtilen optimal işletmeye açma oranına ve optimal yol yoğunluğuna ulaşılmıştır (Şekil 52). Modelin eksik kalan kısımlarının uzman görüşü yaklaşımı ile minimize edilmesi sağlanmıştır. Şekil 52’de görüldüğü gibi uzman görüşü ile yolların çalışma alanına eşit şekilde dağılması sağlanarak daha fazla işletmeye açma oranı ve yol yoğunluğu elde edilmiştir.



Şekil 52. Uzman görüşü ile düzenlenen yol ağının ve modelle oluşturulan yol ağının karşılaştırılması

4.4. Başlangıç Noktası ve Geçki Noktalar

Çalışma alanında yapılan incelemeler, hesaplamalar ve uzman kişilerin (işletme şefi) görüşleri sonucunda baltalık işletmelerinin ve koruya tahvil işletmelerinin yoğun olarak bulunduğu alanlarda 64 geçki nokta ve bu geçki noktaların bağlantı sağlayacağı 1 başlangıç noktası belirlenmiştir. YOİŞ'e ait odun deposu başlangıç noktası olarak belirlenmiştir. Belirlenen bu geçki noktalarına ait örnek görüntüler aşağıda gösterilmiştir.

Orman Genel Müdürlüğü'nün (OGM) nakliyat masraflarını en aza indirme hedefi doğrultusunda önemi giderek artan rampa noktaları baltalıkların koruya dönüştürülmesi sürecinde de oldukça önem kazanmıştır. Tez çalışmamızda da bu doğrultuda baltalık işletmelerinin yoğun olarak bulunduğu alanlarda yeni geçki noktalar ile rampa noktaları

belirlenerek bu noktaların mevcut yol ağlarına bağlantısı başlangıç noktası aracılığı ile sağlanmıştır.



şekil 53. Çalışma alanında belirlenen başlangıç noktasına (odun deposu) ait görüntü



Şekil 54. Çalışma alanında belirlenen rampa noktalarına ait bir örnek görüntü



Şekil 55. Çalışma alanında belirlenen geçki noktalarına ait bir örnek görüntü



Şekil 56. Çalışma alanında belirlenen geçki noktalarına ait bir örnek görüntü

5. SONUÇLAR

Yaylacık Orman İşletme Şefliği ormanlık alanları içerisinde yapılan bu doktora tez çalışmasında alan içerisindeki mevcut orman yolları incelenmiş ve çalışma alanına ait orman yol ağının mevcut durumu ortaya çıkarılmıştır. Orman yol ağı planlarının düzenlenmesi adlı yönetmelikte belirtilen ilkeler çerçevesinde çalışma alanında olması gereken yol ağı belirlenmiştir.

Araştırma alanının % 46'sı düz ve hafif eğimli arazi ve % 45.9'u ise orta ve eğimli arazi olduğu belirlenmiştir. Eğim yönünden orman yollarının tesisine uygun olduğu görülmektedir. Araştırma alanı bakı grupları alansal dağılımına bakıldığında; alanın %24,03 kısmının kuzey bakılarda, % 52,78 inin ise güney bakılarda olduğu belirlenmiştir. Orman yolları tebliğinde belirtilen planlama kriterinde orman yollarının mümkün olduğunca güneye bakan yamaçlardan geçirilmesi esas alındığı göz önüne alınırsa alanın bakı yönünden orman yolları planlamasına uygun olduğu görülmüştür.

CBS tabanlı ÇKD yaklaşımı çoklu-disiplinler arası çalışmalarda oldukça etkin bir yöntem olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada kullanılan gelişmiş CBS teknikleri geliştirilen modellerin başarısında ve doğruluğunda önemli rol oynamıştır. Ancak, bu yaklaşımlarda özellikle sayısal verilerin hassasiyeti ve doğruluğu, sonuçların başarısını önemli ölçüde etkilemektedir. Bu nedenle, yüksek çözünürlüklü, hassas ve güncel verilerin kullanılması gerekmektedir. Modelde kullanılan matematiksel optimizasyon tekniklerinde, amaç fonksiyonunu oluşturan karar değişkenlerinin doğru tespit edilmesi ve ağırlıklandırılması gerçeğe en yakın sonuçların elde edilmesini sağlayacaktır. CBS tabanlı ÇKD sistemlerinin kullanımı oldukça pratik ve stratejik karar almada etkin olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmada Orman Yol Ağı Planlamada kullanılacak kriterler (arazi eğimi, bakı, yol yoğunluğu, yola uzaklık, arazi kullanımı, ana dereye uzaklık) belirlenmiştir. Her bir kriter kendi içerisinde sınıflandırılarak puanlandırılmıştır. YAUM'nin içerdiği modele ait sınıfların belirlenmesi amacıyla yol ve yol ağı planlama çalışmalarına ait bilgiler ve önceki çalışmalardan yararlanılmıştır. Yokluk (Yo), Yol planlaması için çok uygun alanlar (ÇU), Yol planlaması için uygun alanlar (U), Yol planlaması için az uygun alanlar (ÇAU) ve Yol planlaması için çok az uygun alanlar (ÇOAU) olarak konumsal durumlarının belirlenmesi

amacıyla 5 temel yol ağı planlama fonksiyonuna ulaşmak için oluşturulmuştur. Yol planlamalarında en etkili kriter olarak Arazi Eğimi ve Yol Yoğunluğu tespit edilmiştir. Buna karşın en az etkiye sahip olan karar değişkeni olarak Ana Dereye Uzaklık tespit edilmiştir. Karar değişkenlerinin ağırlıklarının ortalaması sırası ile Yol Yoğunluğu (0,22), Arazi Eğimi (0,22), Yola Uzaklık (0,20), Arazi Kullanımı (0,13), Bakı (0,12) ve Ana Dereye Uzaklık (0,11) olarak belirlenmiştir.

Çok Kriterli Değerlendirme kapsamında Fuzzy teoremi kullanılarak Doğrusal Bulanık Mantık Üyelikleri belirlenmiş ve toplamsal maliyet yüzeyi oluşturulmuştur. Tasarlanan maliyet yüzeyinde en uygun maliyetli güzergah hesabı ile orman yol ağlarının planlanmasında farklı bir model ortaya konmuştur.

Baltalık işletmelerinin koru işletmelerine dönüştürülmesinde orman yol ağının yeniden düzenlenmesi modeli kapsamında Amasya Orman Bölge Müdürlüğü Tokat Orman İşletme Müdürlüğü Yaylacık Orman İşletme Şefliği sınırları içerisindeki mevcut yol ağı incelenmiştir. Koruya tahvil (dönüştürme) işletme sınıfındaki mevcut yolların orman yollarına ve ana orman yoluna bağlantısının sağlanması amacı ile şeflik sınırları içerisinde bir başlangıç noktası ve bu başlangıç noktasına bağlanacak geçki noktalar (ulaşılması istenen yerler, istif yerleri) belirlenerek yol ağına bağlantılar sağlanmıştır.

Diğer taraftan tüm karar değişkenleri (Arazi Kullanımı, Arazi Eğimi, Yol Yoğunluğu, Ana Dereye Uzaklık, Yola Uzaklık ve Bakı) kullanılarak belirlenen konumsal uygunluk modeli incelendiğinde koruya tahvil işletme sınıflarının bulunduğu alanlarda (meşcerelerde) yer yer yeni yol planlamasının gerektiği tespit edilmiştir. Koruya tahvil meşcerelerinin bulunduğu alandaki yolların standartlara uymadığı ve ana orman yollarına bağlantı yapılması gerektiği bu amaç ile de tüm karar değişkenleri kullanılarak oluşturulan En Uygun Maliyetli Güzergah Tahmini ile ulaşılması istenen geçki noktalara bağlantının sağlandığı ve böylece koruya tahvile konu olan baltalık işletmelerinin genel yol ağına dahil edilerek işleme açılması sağlanmıştır. Orman Genel Müdürlüğü'nün (OGM) nakliyat masraflarını en aza indirme hedefi doğrultusunda önemi giderek artan rampa noktaları baltalıkların koruya dönüştürülmesi sürecinde de oldukça önem kazanmıştır. Tez çalışmamızda da bu doğrultuda baltalık işletmelerinin yoğun olarak bulunduğu alanlarda geçki noktaları ve rampa noktalar belirlenerek bu noktaların mevcut yol ağlarına bağlantısı başlangıç noktası aracılığı ile sağlanmıştır.

Belirlenen geçki noktalarının başlangıç noktasına bağlandığı güzergahlar belirlenirken hem yatay hem de dikey faktörler hesaba katılmıştır. Dikey faktör hesabında

kaynak nokta ile çevresi arasında doğrusal bir ilişki kurulmuştur. Bu ilişkide iki raster hücre arasındaki maksimum dikey açı trigonometrik olarak $5,4^0$ yani maksimum %12 geçki (güzergah) eğimi olarak tanımlanmış ve maliyet hesabına eklenmiştir. Böylece belirlenen güzergahlardaki maksimum yol eğiminin %12 olması sağlanmıştır. Yüzey mesafesi yatay ve dikey maliyet faktörleri açısından en yakın kaynağı en az birikmiş maliyet yönünde bulunan bir sonraki komşu hücre hesaplanmış ve tanımlanmıştır. Hücreler arası komşuluk ilişkilerinde kaynak hücreden diğerine geçişte ortaya çıkan dikey faktörü tanımlamak için kullanılan eğimin hesabı ArcGIS eklentisi olan Spatial Analyst Tool'u içerisinde bulunan Path Distance Backlink kullanılmıştır.

Koruya dönüştürme uygulama esasları çerçevesinde 10'ar yıllık müdahale sürelerini esas alarak baltalıkların koruya dönüştürülmesinde çalışma alanındaki orman yol ağının mutedil olarak 10'ar yıl aralıklarla 3 planlama periyodunda planlanması sağlanmıştır.

Birinci planlama periyodunda 27 geçki noktası belirlenmiştir. Belirlenen bu geçki noktalar oluşturduğumuz model kullanılarak 1. planlama periyoduna ait yol ağı oluşturulmuştur. Birinci planlama periyodu için işletmeye açma oranı % 47,19, yol yoğunluğu ise 11,49 m/ha olarak hesaplanmıştır. İkinci planlama periyodunda birinci periyoda ilave 20 geçki noktası daha ilave edilerek toplamda 47 geçki noktası belirlenmiştir. Belirlenen bu geçki noktalar oluşturduğumuz model kullanılarak ikinci planlama periyoduna ait yol ağı oluşturulmuştur. İkinci planlama periyodu için işletmeye açma oranı % 61,25, yol yoğunluğu ise 15,22 m/ha olarak hesaplanmıştır. Üçüncü periyotta ikinci periyoda ilave 17 geçki noktası daha ilave edilerek toplamda 64 geçki noktası belirlenmiştir. Belirlenen bu geçki noktalar oluşturduğumuz model kullanılarak üçüncü planlama periyoduna ait yol ağı oluşturulmuştur. Üçüncü planlama periyodu için işletmeye açma oranı % 67,22, yol yoğunluğu ise 17,07 m/ha olarak hesaplanmıştır.

Çalışma alanı için üçüncü planlama periyodu sonucunda oluşturulan yol ağı mevcut yol ağı ile karşılaştırılmış ve değerlendirilmiştir. Planlama periyotları açısından işletmeye açma oranının % 47,19'dan % 67,22'ye yükseldiği, yol yoğunluğunun ise 11,49 m/ha'dan 17,07 m/ha'a yükseldiği görülmektedir. Çalışma alanına ait mevcut yol ağı ele alındığında üçüncü periyod sonunda ulaştığımız değerlerin mevcuttan daha iyi olduğu görülmektedir. Planlama periyotları sonunda elde ettiğimiz güzergahların yol ağı planlama kriterlerine tam olarak uymakta olduğu da dikkate alınırsa mevcut değerlerin yanındaki önemi daha da anlaşılmaktadır. Çünkü mevcut yol yoğunluğu ve işletmeye açma oranında kriterlere uymayan pek çok yol güzergahının olduğu arazi incelemeleri sonucunda görülmüştür.

Mevcut yol ağındaki kriterlere uymayan güzergahlar çıkarıldığında çalışma alanına ait mevcut yol yoğunluğu ve işletmeye açma oranı daha da azalacaktır. Baltalık işletmelerinin koru işletmelerine dönüştürülmesinde orman yol ağının yeniden düzenlenmesinde elde ettiğimiz % 67,22'lik işletmeye açma oranı ve 17,07 m/ha/lık yol yoğunluğu değeri tüm ormancılık faaliyetlerinin yürütülmesi açısından ülkemiz ortalamasının oldukça üzerindedir.

Son olarak uzman görüşüne başvurularak optimal yol yoğunluğu ve işletmeye açma oranına ulaşılmıştır. Uzman görüşlü planlama periyoduna ait işletmeye açma oranı % 78,46 ve yol yoğunluğu 20,05m/ha olarak hesaplanmıştır. Üçüncü planlama periyodu sonucunda modelle oluşturulan yol ağının uzman görüşüne göre denetlenmesi ve sonuçlandırılması ile çalışma alanına ait yol ağı tamamlanmıştır.

Bu tez kapsamında baltalık işletmelerinin koru işletmelerine dönüştürülmesinde orman yol ağının yeniden düzenlenmesi modelinde izlenecek yol 6 aşamada belirlenmiştir;

1. Aşama: Alan için önemli kriterlerin belirlenmesi
2. Aşama: Kriterlerin belirlenmesinde karar destek sistemlerinden faydalanılması
3. Aşama: Geçici istif yeri, işletmeye açılması istenen alanlar, istif yeri vb. geçki ve rampa noktaları belirlenerek En Uygun Maliyetli Güzergah Tahmini ile optimum koşulların ve standartlara uygun orman yoluna bağlantının sağlanması
4. Aşama: Standartlara uymayan, standartları çok düşük olan ve bakım onarım masrafları çok yüksek olan yolların yol ağına dahil edilmeden yeniden planlanması
5. Aşama: Planlama işlemlerinin yapılmasında yeni senaryoların denenmesi
6. Aşama: Modelle oluşturulan yol ağının uzman görüşüne göre denetlenmesi ve sonuçlandırılması şeklinde sıralanmıştır.

6. ÖNERİLER

Orman yol ağı planlaması sürecinde ilk olarak mevcut orman yollarının değerlendirilmesi yapılarak uygun olanların yeni plan içerisine dahil edilmesi işlemi uygulanmalıdır. Bu işleme konu olan değerlendirme çalışması için geliştirilmiş ve kabul edilmiş bir kontrol listesi bulunmamaktadır. Bu tür çalışmalar planlamacının deneyimi ile gerçekleştirilmektedir. Ülke genelinde standart bir uygulama için değerlendirme işleminde dikkate alınması gereken ölçütlerin belirlenmesi son derece önemlidir. Genel olarak bakıldığında ülkemizde ve yurt dışında yapılan çalışmalarda ortak hedeflerin olması yanında farklı planlama yaklaşımları kullanılmıştır. Bu değerlendirme ve yaklaşımların birlikte ele alınması ile daha gerçekçi ve somut çalışmalar ortaya konabilecektir.

Yapılan bu çalışmanın ışığında bazı öneriler aşağıda sırasıyla sunulmuştur;

1. Bu tür uygunluk modellerinin gelecek çalışmalarda kullanılması gerektiğinin vurgulandığı bu çalışmada; uygunluk modelleri için belirlenen karar değişkenlerinin artırılması gerekmektedir.
2. Karar değişkenlerine ait verilerin elde edilmesinde LIDER, IFSAR gibi hassas alım yapabilen araç ve gereçlerin kullanılması gerekmektedir.
3. Planda sosyal kriterlerinde değerlendirilmesi amacıyla paydaşlarında artırılması ve görüşlerinin alınması yani plana dahil edilmesi gerekmektedir.
4. Günümüzde baltalık ormanlarında traktör yolları ve sürütme izleri dışında yeterli orman yol ağı bulunmamaktadır. 5,7 milyon hektar baltalık ormanın koruya dönüştürülmesinde yeni bir yol ağı modelinin oluşturulması kaçınılmaz görülmektedir. Ormanlar fonksiyonlarına göre değişik yoğunlukta ve standartlarda orman yol ağına ihtiyaç duyulmaktadır.
5. Her işlevin ihtiyaç duyabileceği orman yolu miktarının ve dağılımının belirlenmesi orman yollarının optimizasyonu için son derece önemlidir. Ormanlık alanlarda yol ağı planlanırken alana ait bilgilerin doğru ve güncel bir biçimde elde edilmesi, elde edilen bilgilerin değerlendirilerek orman yol planlamasında kullanılması gerekmektedir.

7. KAYNAKLAR

- Acar, H.H., 1993. Ormancılıkta Transport Planları ve Dağlık Arazide Orman Transport Planlarının Oluşturulması, Yayınlanmamış Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 150 s.
- Acar, H.H. ve Eker, M., 2001. Orman yolu stabilizasyon metodlarında yeni gelişmeler ve ülkemizdeki durum, I. National Forestry Congress, Paper Book, Ankara, p.601-618.
- Acar, H.H., 2004. Ormancılıkta Transport Tekniği, Lisans Ders Notları, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Ders Teksirleri, 367 s., Trabzon.
- Acar, H.H., 2005. Ormancılıkta Yol Ve Transport Çalışmalarında Olumsuz Çevresel Etkilerin Azaltılması İçin İki Alternatif Çözüm. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı AB Sürecinde Çevre ve Orman, 1. Çevre ve Orman Şurası Tebliğler, S.1123, Antalya.
- Anderson, A.E. and Nelson, J.D., 2004. Projecting vector based road networks with a shortest path algorithm. *Can. J. For. Res.* 34, 7, 1444-1457.
- Akay A., E., 2000. GIS Analysis for Preliminary Timber Harvesting Systems in the Pacific Northwest, Unpublished Study, College of Forestry, Oregon State Universty, Corvallis, Oregon.
- Akay, A.E. ve Sessions, J., 2003. Applying the decision support system, Tracer to forest road design. *Western Journal of Applied Forestry*, 20, 3, 184-191.
- Akay, A.E., 2006. Minimizing total costs of forest roads with computer-aided design model. *Academy Proceedings in Engineering Sciences (Sadhana)*, 31, 5, 621–633.
- Akay, A. E., Yenilmez, N. ve Şakar, D., 2009. CBS Tabanlı Karar Destekleme Sistemi ile Yangın Sahasına En Kısa Sürede Ulaşımı Sağlayan Optimum Güzergâhın elirlenmesi, I.Orman Yangınlarıyla Mücadele Sempozyumu, Ocak, Antalya, Bildiriler Kitabı: 107-115.
- Akay, A. E., Erdaş, O., Yüksel, A., Bozali, N., Gündoğan, R. ve Öztürk, T., 2007. Bilgisayar Destekli Orman Yolu Planlama Modeli, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, Ekim – Kasım, Trabzon, Bildiriler Kitabı: 85-93.
- Akay, A. E., Erdas, O., Reis, M. ve Yuksel, A., 2008. Estimat- ing sediment yield from a forest road network by using a sediment prediction model ve GIS techniques. *Building ve Environment*, 43, 687–695.
- Akay, A. E., Wing, M. G., Sivrikaya, F. ve Sakar, D., 2011. A GIS-based decision support system for determining the shortest ve safest route to forest fires: a case study in Mediterranean Region of Turkey. *Environ Monit Assess*, published online.

- Arıca, B., 2008. Orman Yolu İnşaatında Dolgu ve İnşaat Etki Alanlarının Uzaktan Algılama Verileri ile Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Anonim, 1988. Ormancılık Ana Planı (1990-2009), Orman Genel Müdürlüğü, Araştırma Planlama ve Koordinasyon Dairesi Başkanlığı, Yayın No: 3, 176s., Ankara.
- Anonim, 2005. The Layman's guide to private access road construction in the Southern Appalachian Mountains, USA.
- Aydın, A. ve Eker R. 2012. CBS Tabanlı Bulanık Üyelik Modeliyle Eğim Haritalarının Hazırlanması ve Klasik Yöntemle Karşılaştırılması: Çığ Risk Değerlendirme Uygulaması. KSÜ Mühendislik Bil.Der., Özel Sayı, 206-212.
- Aykut, T. 1976. Kastamonu mntıkası orman yollarında üst yapı tekniği üzerine araştırmalar, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No: 2333/238, Matbaa Teknisyenleri Basım Evi, İstanbul.
- Aykut, T., 1978. Kastamonu mntıkası orman yollarında üst yapı tekniği üzerine araştırmalar, İ.Ü.Orman Fakültesi, Yayın No 238, İstanbul.
- Bacmund, F., 1966. Kennzalen für den grad der erschliessung von forstbetrieben durch autofahrbare wege, Forstwiss. Cent. Ballt, Heft 11-12, 85, 342-365.
- Bayoğlu, S., 1965. Türkiye'de orman yol şebekelerinin tanzimine ait esaslar, Orman Genel Müdürlüğü Yayın No 425/24, Ankara.
- Bayoğlu, S., 1966. Orman yollarında kullanılabilir hafif kaplama tipleri, İ.Ü.Orman Fakültesi Dergisi, 26, B2.
- Bayoğlu, S., 1969. Orman yollarında uygulanacak stabilize malzeme kalınlıkları ve bu malzemelerin özellikleri. İ.Ü.Orman Fakültesi Dergisi, 19, B1, 30-40.
- Bayoğlu, S., Seçkin, Ö.B. ve Şentürk, N., 1995. Orman yollarının Bilgisayar Ortamında Projelendirilmesi. I. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, Trabzon, Bildiriler Kitabı: 170-178.
- Bayoğlu, S., 1997. Orman Transport Tesisleri ve Taşıtları (Orman Yolları) .İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No. 3969, O.F. Yayın No. 434, İstanbul.
- Chang, K. 2004. GIS Models and Modelling. Introduction to Geographic Information Systems, Chapter Fourteen. McGraw Hill, New York, p.400
- Chung, W. and Sessions, J., 2001. Designing a Forest Road Network Using Heuristic Optimization Techniques. In Proceedings of the 24th Meeting of the Council of Forest Engineering, July, Snowshoe, West Virginia.

- Craver, S. J. 1991. Integrating Multi-Criteria Evaluation with Geographical Information Systems, International Journal of Geographical Information Systems, 5, 3, 321-339.
- Çalışkan, E., 2008. Orman Yol Ağı Üzerinde Odun Hammaddesi Taşımalarının Tavlama Benzetimi Yöntemi ile Optimizasyonu, Yayınlanmamış Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 135 s.
- Çalışkan, E. 2013. Planning of Forest Road Network and Analysis in Mountainous Area. *J. Agr. Sci. Tech.*, 15, 781-792.
- Demir, M., 1996. İ.Ü.Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama ormanı'nın yol şebekesi ve nakliyat planlamasının yapılması. *İ.Ü.Orman Fakültesi Dergisi*, 46, A2, 147-170.
- Demir, M., 2002. Bolu Mıntıkasında Orman Yol Şebeke ve Nakliyat Planlarının Bilgisayar Ortamında Düzenlenmesi, Doktora Tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Demir, M., 2007. Impacts, Management and Functional Planning Criterion of Forest Road Network System in Turkey, *Transport Research Part-A*, 41, 56-68.
- Douglas, R.A. and Henderson, B.S., 1987. Computer assisted forest road route location. *High Technology in Forest Engineering. Proceedings of the Council of Forest Engineering, 10th Annual Meeting, Syracuse, New York.* 201-217.
- Doğan, E., 1977. Orman Yollarının Projelendirilmesinde İkinci ve Üçüncü Derece Aletlerden Faydalanma Olanaklarının Araştırılması, *KTÜ Basımevi*, Trabzon.
- Eastman, J. R. 2012. IDRISI Selva Tutorial. Clark University. Version 12., 1-354.
- Eastman, J. R., Jin W., Kyem, P. A. K. and Toledano, J. 1995. Raster Procedures for Multi-Criteria/Multi-Objective Decisions. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 61, 5, 539-547.
- Eker, M. ve Acar, H.H., 2005. Orman Yolları ve Üretim Faaliyetinde Çevresel Etkilerin Azaltılmasına Yönelik Bazı Uygulama Önlemleri. *T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı AB Sürecinde Çevre ve Orman, 1. Çevre ve Orman Şurası Tebliğler*, 2, 381, Antalya.
- Eker, M., Acar, H.H. ve Çoban, H.O. 2010. Orman Yollarının Potansiyel Ekolojik Etkileri. *S.D.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri A*, 1, 109-125.
- Erdaş, O., 1997. Orman Yolları, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayın No: 188/26, 744 sayfa, Karadeniz Teknik Üniversitesi Basımevi, Trabzon.
- Erdaş, O., 1981, Orman yollarının planlanması yönünden köprüler ve tabliyeli menfezler, *K.T.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, Trabzon, 4, 1, 121-128.
- Erdaş, O., Acar, H. H., Tunay, M. ve Karaman, A., 1995. Türkiye'de Orman İşçiliği ve Üretim, Orman Yolları, Orman Ürünleri Transportu, Ormancılıkta Mekanizasyon ve Mülkiyet-Kadastro ile İlgili Sorunlar ve Çözüm Önerileri, *Türkiye Ormancılık Raporu*, KTÜ Orman Fak.Yay. No:48, 44-79, Trabzon.

- Erdaş O. ve Gümüş S., 2000. Orman Yol Geçkilerinin Belirlenmesinde Coğrafi Bilgi Sistemlerinden Yararlanma İmkanları Üzerine Bir Araştırma, Turk J. Agric. For. 24, 611-619.
- Erdaş, O., Yılmaz, H., Akay A. E. ve Gümüş S., 2007. Ormancılıkta Üretim İşlerinin CBS Teknikleri Yardımı İle Planlanması, Proceedings of International Symposium Bottlenecks, Solutions. And Priorities in the Context of Functions of Forest Resource, October, İstanbul, Bildiriler Kitabı: 322-329.
- Eroğlu, H. 2003. Orman Yollarında Kağıt Fabrikası Atığının (kireç çamuru) Stabilizasyon Amaçlı Kullanımı Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Esri, 1996. Using ArcView GIS: User Manual. Redlands, California: Environmental Systems Research Institute.
- Garland, J.J., 1997. Designated Skid Trails Minimize Soil Compaction. The Woodland Workbook Logging, Oregon, ABD.
- Görcelioğlu, E., 2004. Orman Yolları-Erozyon İlişkisi, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, No:4460/476, 184 s., İstanbul.
- Guisan, A., Edwards, T. C. Jr. and Hastie, T. 2002. Generalized Linear and Generalized Additive Models in Studies of Species Distributions: Setting the Scene. Ecological Modelling 157, 89-100.
- Gülci, S., 2014. 'Orman İçi ve Kenarı Yol Ağlarında Ekolojik Sanat Yapıları Üzerine Araştırmalar', Doktora Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Gümüş, S., 2003. Üretim, Milli Park ve Yangına Hassas Alanlarda Orman Yol Ağının Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Planlanması, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 161 s.
- Gümüş, S., Acar, H. H., ve Toksoy, D., 2008. Functional forest road network planning by consideration of environmental impact assessment for wood harvesting. Environmental Monitoring ve Assessment, 142, 109–116.
- Hafner, F., 1971. Forstlicher strassen und wegebau. Österreichischer Argerverlag Wien, 360 pages, Wien, Austria.
- Hasdemir, M., 1995. Orman yol şebekelerinde yol maliyet hesapları, İÜ Orman Fakültesi Dergisi, 45 B, 1-2, 61-72, İstanbul.
- Hasdemir, M., Demir, M., 2000. Türkiye’de Orman Yollarını Karayolundan Ayıran Özellikler ve Bu Yolların Sınıflandırılması, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, B, 50, 2, s.85-96.

- Hayati, E., Abdi, E., Majnounian, B. and Sessions, J. 2012. An expert-based approach to forest road network planning by combining Delphi and spatial multi-criteria evaluation, Article in Environmental Monitoring and Assessment-May.
- Jiang, H. and Eastman, J. R. 1999. Application of Fuzzy Measures in Multi-criteria Evaluation in GIS, Int. J. Geographical Information Science, vol. 14, 2, 173-184.
- Kainz, W., Egenhofer, M. J., Greasley, I. 1993. Modelling Spatially Relations and Operations with Partially Ordered Sets. Int. J. Geographical Information Systems, vol 7, 3, 215-229.
- Kiser, J., Solmie, D., Kellogg, L. and Wing, M. G., 2005. Efficiencies of traditional ve digital measurement technol- ogies for forest operations, Western Journal of Applied Forestry, 20, 2, 138–143.
- Koç, A., 1995. Ormancılıkta Coğrafi Bilgi Sistemi, Türkiye İkinci Arc/Info ve ERDAS Kullanıcıları Grubu Toplantısı, Ankara.
- Kounen, V., 1976. Dimensionierung und wahl des oberbaus schwach beanspruchter strassen, Kurs über Wald-und Güterstrassenbau, and der ETHZ, s.12-31.
- Köse, S. ve Başkent, E.Z., 1994. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Ormancılığımızdaki Önemi, I. Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, Trabzon, Bildiriler Kitabı: 195-203.
- Kramer, B.W., 2001. Forest road contracting, construction and maintenance for small forest woodland owners, Oregon State University, Forest Research Laboratory, Research Contribution 35, USA.
- Lugo, A. E. and Gucinski, H., 2000. Function, effects and management of forest roads, Forest Ecology and Management 133, 249, 262.
- Machado, C.C., Pereira, R.S., Lima, C., Portugal, C.R.M., Pires, J.M.M., and Vleria, G.S., 2004. Industrial Solid Waste (Whitewash Mud) use in Forest Road Pavements, Brazil.
- Malczewski, J. 2006. GIS-based Multicriteria Decision Analysis: A Survey of the Literature, International Journal of Geographical Information Science, 20, 7, 703-726.
- Malczewski, J. 2000. On the Use of Weighted Linear Combination Method in GIS: Common and Best Practice Approaches. Transaction in GIS, 4, 1, 5-22.
- OGM, 1996. Asli Orman Ürünlerinin Üretim İşlerine Ait 288 Sayılı Tebliğ, Ankara, 39 s.
- OGM, 2006. ‘Baltalık Ormanlarının Koruya Dönüştürülmesi Eylem Planı’ (2006-2015), T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü.
- OGM, 2008. Orman Yolları Planlaması, Yapımı ve Bakımı Tebliği No:292, Çevre ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü İnşaat ve İkmal Dairesi Başkanlığı, Ankara.

- OGM, 2009. "Orman Genel Müdürlüğü 2009 Yılı Döner Sermaye Bütçesi", Çevre ve Orman Bakanlığı OGM/APK Dairesi Başkanlığı, Ocak, Ankara, 2 s.
- OGM, 2010. 2010 Yılı Faaliyet Raporu, TC Çevre ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- OGM, 2014. Silvikültürel Uygulamaların Teknik Esasları T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü Silvikültür Dairesi Başkanlığı Tebliğ No: 298, Ankara.
- OÖİKR, 2001. Ormancılık Özel İhtisas Komisyonu Raporu, VIII. Beş Yıllık Kalkınma Planı, Yayın No. DPT:2531-OİK:547, Ankara.
- Öztürk, D. and Batuk, F. 2011. Implementation of GIS-Based Multicriteria Decision Analysis with VB in ArcGIS. International Journal of Information Technology & Decision Making, 10, 6, 1023-1042.
- Saaty, R. W. 1987. The Analytic Hierarchy Process-What is and How it is used, Mathl Modelling, 9, 3-5, 161-176.
- Sasilka, K.R., Petrou, M., Kittler, J. 2004. Fuzzy Classification with a GIS as an Aid to Decision Making. <http://www.earsel.org/Advances/4-4-1996/4-4-12>, Sasikala.pdf.
- Seçkin, Ö.B., 1975. Demirköy Karamanbayırı Devlet Orman İşletmesi Çakmaktepe Bölgesi Yol Şebekesinin Planlama Tekniği Bakımından Araştırılması, Doktora Tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Seçkin, Ö.B., 1978. Demirköy Karamanbayırı Devlet Orman İşletmesi Çakmaktepe Yol Şebekesinin Planlama Tekniği Bakımından Araştırılması, OGM Yayın No: 622/132, İstanbul.
- Seçkin, Ö.B., 1984. Türkiye’de orman yol şebeke planlarının düzenlenmesi ve etüd uygulaması, İ.Ü.Orman Fakültesi Dergisi, 34, B1, 112-125.
- Sist, P., 1997. Effects of Logging on Forest Soil Physical Properties in Eastern Amazonia. Forest Harvesting Bulletin (March), 7, 1.
- Şentürk, N., 1992. Orman Yollarının Planlanmasında Sayısal Verilerden Yararlanma Olanakları, Doktora Tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Tan, J., 1999. Locating forest roads by a spatial and heuristic procedure using microcomputers. Journal of Forest Engineering. 10, 2, 91-100.
- Tavşanoğlu, F., 1962. Genel Orman Yol ve Havai Hat Şebekelerinin Planlaştırılması, T.C. Tarım bakanlığı yayınları Seri No:352, İstanbul.
- Tavşanoğlu, F., ve Bayoğlu, S. 1969. Orman yollarının makine ile inşası için arazide yapılması gerekli ölçmeler, proje tanzimi ve yolların yapım ve bakımı, İ.Ü. Orman Fakültesi, 1449/148, Kurtuluş Matbaası, İstanbul.

- Tavşanoğlu, F., 1973. Orman transport tesisleri ve taşıtları, İ.Ü.Orman Fakültesi, Yayın No 1744/182.
- Turton, D., Anderson, S., and Miller, R., 2005. Best management practices for forest road practices for forest road construction and harvesting operations in Oklahoma. Oklahoma State University, Forestry Extension Report 5, 23-24.
- Umar, F., ve Ağar, E., 1985. Yol Üst Yapısı, İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi, Ders Notu, No 1299, İstanbul.
- URL1.<http://ormuh.org.tr/arsiv/files/Orman%20Bakimi%20ve%20koruya%20donusturme-Yilmaz%20GUN%20%202011.pdf>, 12 Mayıs 2014.
- Wing, M. G., Eklund, A., and Sessions, J., 2010. Applying LIDAR technology for tree measurements in burned live - scapes. International Journal of Wildlve Fire, 19, 104– 114.
- Yanar, A. T. ve Akyürek, Z. 2003. The Enhancement of the Cell-based GIS Analyses with Fuzzy Processing Capabilities, MSc Thesis, The Graduate School of Natural And Applied Sciences of The Middle East Technical University, 1-116.
- Yomralıoğlu, T., 2000. Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar. K.T.Ü. Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Trabzon, 480 s.
- Zhan, F.B., 1997. Three fastest shortest path algorithms on real road networks: Data structures and procedures. Journal of Geographic Information and Decision Analysis. 1, 70-82.
- Zimmermann, F. 2004. Conservation of the Eurasian Lynx (*Lynx lynx*) in a Fragmented Landscape - habitat Models, Dispersal and Potential Distribution. PhD Thesis, Faculté de biologie et de médecine de l'Université de Lausanne, Switzerland, 1-193.

ÖZGEÇMİŞ

Orman yüksek mühendisi Ersin DURSUN 12 Mayıs 1982 tarihinde İzmit'te doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Ankara'da tamamladı. 2001 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümüne girdi. Üniversitenin ilk yılında İngilizce hazırlık eğitimi gördü. 2006 yılında mezun oldu. Aynı yıl Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim dalından yüksek lisans eğitimine başladı. 2009 Ocak ayında yüksek lisans eğitimini tamamladı ve aynı yıl Şubat ayında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim dalından doktora eğitimine başladı. İngilizce bilmektedir. Evlidir.