T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**DOKTORA TEZİ**

# EKOSİSTEM HİZMETLERİNİN ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YAKLAŞIMI İLE PLANLANMASI: BELGRAD ORMANI ÖRNEĞİ

**İnci ÇAĞLAYAN**

**DANIŞMAN**
**Prof. Dr. Ahmet YEŞİL**

**Orman Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Orman Mühendisliği Programı**

**İSTANBUL-2020**

Bu çalışma 30.04.2020 Tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Orman Mühendisliği Programı Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

TEZ JÜRİSİ

Prof. Dr. Ahmet YEŞİL
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Orman Fakültesi

Prof. Dr. Sultan BEKİROĞLU ÖZTÜRK
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Orman Fakültesi

Doç. Dr. Hayati ZENGİN
Düzce Üniversitesi
Orman Fakültesi

Doç. Dr. Özgür KABAK
İstanbul Teknik Üniversitesi
İşletme Fakültesi

Doç. Dr. Ulaş Yunus ÖZKAN
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Orman Fakültesi

20.04.2016 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa'nın abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

Bu tez, Tübitak-2214/A Yurt Dışı Doktora Sırası Araştırma Burs Programı ile desteklenmiştir.

# ÖNSÖZ

"Ekosistem hizmetlerinin çok kriterli karar verme yaklaşımı ile planlanması: Belgrad Ormanı örneği" adlı bu araştırma İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı Orman Amenajmanı programında doktora tezi olarak hazırlanmıştır.

Doktora tez aşamamda, beni 2214-A 'Yurtdışı Doktora Sırası Burs Programı' ile destekleyen TÜBİTAK'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışma sürecinde bana desteklerini esirgemeyen ayrıca benimle deneyimlerini ve değerli bilgilerini paylaşan ve tezimin gelişmesinde yol gösteren ve katkı sağlayan ve beni hep motive eden değerli danışmanım Prof. Dr. Ahmet Yeşil'e sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum. Tezimin kurgusundan ilerlemesine kadar birçok aşamada desteklerini aldığım, önerileri ile tezin gelişmesine katkı sağlayan değerli hocalarım Prof. Dr. Fatmagül Kılıç Gül ve Doç Dr. Özgür Kabak'a sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum. Doktora tez çalışmalarımı tamamlamak için gittiğim İsveç'in Umea şehrinde SLU'da (Swedish University of Agricultural Scince) bana desteklerini esirgemeyen Prof. Dr. Ola Erikkson, Prof. Dr. Karin Öhman ve Dr. Eva Maria Nordsröm'e teşekkürü bir borç bilirim. Çalışmamın çeşitli aşamalarında bana destek veren Prof. Dr. Doğanay Tolunay, Prof. Dr Kamil Şengönül ve Prof. Dr. Ferhat Gökbulak'a ayrıca teşekkür ederim. Tez izleme jürimde bulunan hocalarım Prof. Dr. Sultan Bekiroğlu Öztürk ve Doç. Dr. Hayati Zengin'e katkılarından dolayı teşekkürü bir borç bilirim. Tezden türetilen makalelere katkılarından dolayı Prof. Dr. Chris Cieszewski ve Prof. Dr. Pete Bettenger ve Prof. Dr. Hans Petersson'a müteşekkirim. Lise arkadaşım Bayram Eraltın'a desteği için çok teşekkür ederim. Tez çalışmamda kullandığım çeşitli yaklaşımlar nedeniyle birçok uzmandan görüş alınmış ve toplantılar düzenlenmiştir. Bu süreçte çalışmamın ilerlemesine katkı sağlayan tüm uzmanlara ve katılımcılara teşekkür ederim. Amenajman planları verilerini paylaştığı için Orman Genel Müdürlüğü'ne çok teşekkür ederim.

Olumlu davranışları ile beni bu süreçte hep motive eden değerli hocalarım Doç. Dr. Sinan Destan, Doç. Dr. Ulaş Yunus Özkan, Dr. Öğr. Üyesi Serhun Sağlam'a ve çalışma arkadaşım Araş. Gör. Tufan Demirel'e ve diğer mesai arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Özellikle doktora tez çalışmam boyunca bana manevi olarak desteklerini esirgemeyen sevgili eşim Cem Çağlayan'a, en değerlim kızım Ecem Çağlayan'a, canım annem ve canım babama ve eşimin ailesine çok teşekkür ederim.

Nisan 2020 İnci ÇAĞLAYAN

# İÇİNDEKİLER

**Sayfa No**

**ÖNSÖZ** ..... **iv**
**İÇİNDEKİLER** ..... **v**
**ŞEKİL LİSTESİ** ..... **viii**
**TABLO LİSTESİ** ..... **xi**
**SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ** ..... **xiv**
**ÖZET** ..... **xvi**
**SUMMARY** ..... **xviii**
**1. GİRİŞ** ..... **1**
**2. GENEL KISIMLAR** ..... **7**
2.1. ORMAN EKOSİSTEM HİZMETLERİ ..... 7
2.1.1. Eğitim/Bilim ve Kültür Hizmeti ..... 9
2.1.2. Su Düzenleme ve Su Sağlama Hizmeti ..... 10
2.1.3. Karbon Hizmeti ..... 11
2.1.4. Rekreasyon ve Görsel Etki Hizmeti ..... 12
2.2. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME ..... 13
2.2.1. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) ..... 14
2.2.2. Orman Amenajmanında Optimizasyon ..... 16
2.3. KATILIMCILIK ..... 24
2.3.1. DELFİ Yöntemi ..... 25
2.4. SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA AMAÇLARI ..... 27
**3. MALZEME VE YÖNTEM** ..... **33**
3.1. ÇALIŞMA ALANI ..... 33
3.2. EKOSİSTEM HİZMETLERİNİN KATILIMCI YAKLAŞIM İLE MEŞCERELERE ATANMASI SÜRECİ ..... 35
3.2.1. Adım 1: Potansiyel Ekosistem Hizmetlerinin Belirlenmesi ..... 35
3.2.2. Adım 2: Belirlenen Ekosistem Hizmetleri için Uygun Alanların Haritalanması Süreci ..... 37
*3.2.2.1. Eğitim/Bilim ve Kültür Hizmeti için Uygunluk Haritaları ..... 37*
*3.2.2.2. Su Düzenleme ve Su Sağlama Hizmeti için Uygunluk Haritaları ..... 38*
*3.2.2.3. Karbon Hizmeti için Uygunluk Haritası ..... 49*

*3.2.2.4. Rekreasyon ve Görsel Etki Hizmeti için Uygunluk Haritaları* ..... *56*
3.2.3. Adım 3: Ekosistem Hizmetleri için Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarının Tanımlanması ..... 65
3.2.4. Adım 4: Katılımcı Grupların Belirlenmesi ..... 67
*3.2.4.1. Katılımcı Analizi* ..... *69*
*3.2.4.2. Katılımcı Grupların Belirlenmesi* ..... *70*
3.2.5. Adım 5: Her Sürdürülebilir Kalkınma Amacı için Ağırlıkların Tanımlanması ..... 70
3.2.6. Adım 6: Her Sürdürülebilir Kalkınma Amacına Ekosistem Hizmetlerinin Katkısının Belirlenmesi ..... 72
3.2.7. Adım 7: Ekosistem Hizmetlerinin Meşcerelere Atanması ..... 73
3.3. EKOSİSTEM HİZMETLERİNİN ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YAKLAŞIMI İLE PLANLANMASI SÜRECİ ..... 75
3.3.1. Süreç 1(a): 100 Yıllık Planlama Ufku ve Silvikültürel Senaryolara göre Değişebilecek Kriter Setlerinin Tanımlanması ve Ekosistem Hizmetleri Uygunluk Değerlerinin Hesaplanması ..... 76
*3.3.1.1. Hacim ve Artım Değerlerinin Hesaplanması* ..... *78*
*3.3.1.2. Kapalılık Değerlerinin Hesaplanması* ..... *79*
*3.3.1.3. Alan Kullanımı ve Yaş Değerlerinin Hesaplanması* ..... *79*
3.3.2. Süreç 1(b): Ekosistem Hizmetleri Uygunluk Değerlerinin Hesaplanması ..... 79
3.3.3. Süreç 2: 100 Yıllık Planlama Ufkuna göre Silvikültürel Senaryoların Geliştirilmesi ..... 81
3.3.4. Süreç 3(a): Optimizasyon Modelinin Oluşturulması ..... 84
3.3.5. Süreç 3(b): Planlama Stratejilerinin Oluşturulması ..... 86
**4. BULGULAR ..... 89**
4.1. BELİRLENEN EKOSİSTEM HİZMETLERİ İÇİN POTANSİYEL UYGUNLUK HARİTALARI ..... 89
4.1.1. Eğitim/Bilim ve Kültür Hizmeti ..... 90
4.1.2. Su Düzenleme ve Su Sağlama Hizmeti ..... 92
4.1.3. Karbon Hizmeti ..... 100
4.1.4. Rekreasyon ve Görsel Etki Hizmeti ..... 104
4.2. EKOSİSTEM HİZMETLERİNİN MEŞCERELERE ATANMASI SONUÇLARI .. 110
4.3. EKOSİSTEM HİZMETLERİNİN ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YAKLAŞIMI İLE PLANLANMASI SÜRECİ SONUÇLARI ..... 113
**5. TARTIŞMA VE SONUÇ ..... 122**
5.1. BELİRLENEN EKOSİSTEM HİZMETLERİ İÇİN UYGUN ALANLARIN HARİTALANMASI SÜRECİ ..... 123

5.1.1. Eğitim/Bilim ve Kültür Hizmeti ..... 123
5.1.2. Su Düzenleme ve Su Sağlama Hizmeti ..... 124
5.1.3. Karbon Hizmeti ..... 126
5.1.4. Rekreasyon ve Görsel Etki Hizmeti ..... 130
5.2. EKOSİSTEM HİZMETLERİNİN MEŞCERELERE ATANMASI ..... 134
5.3. EKOSİSTEM HİZMETLERİNİN ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YAKLAŞIMI İLE PLANLANMASI SÜRECİ ..... 136
**KAYNAKLAR ..... 143**
**EKLER ..... 155**
**ÖZGEÇMİŞ ..... 156**

# ŞEKİL LİSTESİ

**Sayfa No**

**Şekil 2.1:** Orman amenajmanında optimizasyon çalışmalarının sınıflandırılması (Caglayan ve diğ., 2018b)**.** ..... 18

**Şekil 2.2:** Modelleme çeşidine göre sınıflandırılması. ..... 19

**Şekil 2.3:** Yayınların kullanılan modelleme tipine göre dağılımı (Caglayan ve diğ., 2018b)**.** ..... 20

**Şekil 2.4:** Problem seviyesinin dağılımı (a) ve yayınların plan süresine göre dağılımı (b) (Caglayan ve diğ., 2018b)**.** ..... 22

**Şekil 2.5:** Yayınların problem tipine göre dağılımı (Caglayan ve diğ., 2018b)**.** ..... 24

**Şekil 3.1:** Çalışma alanı konumu (Caglayan ve diğ., 2020)**.** ..... 34

**Şekil 3.2:** Su sağlama ve su düzenleme ekosistem hizmetleri için belirlenen kriterler. ..... 40

**Şekil 3.3:** Su sağlama ve su düzenleme kriterlerine ait değerlerin ArcGIS programı yardımı ile hesaplanması (a) meşcere içerisindeki sulu dere uzunlukları (b) eğim ve bakı (c)iklim parametrelerinin (d) göllere komşu meşcereler (e) toprak tekstürü. ..... 44

**Şekil 3.4:** Karbon ekosistem hizmeti için belirlenen kriterler. ..... 50

**Şekil 3.5:** Rekreasyon uygunluğunun belirlenmesindeki hiyerarşik yapı (Caglayan ve diğ., 2020)**.** ..... 57

**Şekil 3.6:** Veri akış şeması (a) Görsel etki ve Yoğun aktivite alanları (b) Bakı, Yükseklik, Eğim (c) Erişilebilirlik (d) Rekreasyon alanına olan mesafe (Caglayan ve diğ., 2020). ..... 61

**Şekil 3.7:** Görsel etki değerlendirmesinde kullanılan fotoğrafların ağırlıklandırılması. ..... 62

**Şekil 3.8:** Ekosistem hizmetlerinin çok kriterli karar verme yaklaşımı ile planlanması süreci. ..... 76

**Şekil 4.1:** Rastgele seçilen meşcereler için ekosistem hizmetleri uygunluk değerleri (M:179, 391, 628, 778)**.** ..... 90

**Şekil 4.2:** Kültür ve Eğitim/Bilim ekosistem hizmeti için tayin edilen puanların haritası. ..... 92

**Şekil 4.3:** Su düzenleme ekosistem hizmeti için normalize edilmiş kapalılık (a), yaş (b) ve orman tipi (c) haritası. ..... 94

**Şekil 4.4:** Su düzenleme ekosistem hizmeti için normalize edilmiş yağış (a), sıcaklık (b), nem (b) haritası. ..... 94

**Şekil 4.5:** Su düzenleme ekosistem hizmeti için normalize edilmiş toprak tekstürü (a), eğim (b), bakı (c) haritası. ..... 95

**Şekil 4.6:** Su sağlama ekosistem hizmeti için normalize edilmiş kapalılık (a), yaş (b), orman tipi (c) haritası. ..... 95

**Şekil 4.7:** Su sağlama ekosistem hizmeti için normalize edilmiş yağış (a), sıcaklık (b), nem (b) haritası. ..... 96

**Şekil 4.8:** Su sağlama ekosistem hizmeti için normalize edilmiş toprak tekstürü (a), eğim (b), bakı (c) haritası. ..... 96

**Şekil 4.9:** Su düzenleme (a) ve Su sağlama (a) ekosistem hizmeti için normalize edilmiş meşceredeki sulu derelerin uzunluğu haritası. ..... 97

**Şekil 4.10:** Su sağlama ve Su düzenleme ekosistem hizmeti için normalize edilmiş otlak ve göle komşu meşcereler. ..... 97

**Şekil 4.11:** Su düzenleme (a) ve Su sağlama (b) ekosistem hizmeti uygunlukları için düşük, orta ve yüksek olarak seviyelendirilmiş alanlar..... 99

**Şekil 4.12:** Su düzenleme (a) ve Su sağlama (b) ekosistem hizmeti için uygun alanlar. ..... 99

**Şekil 4.13:** Karbon ekosistem hizmeti için normalize edilmiş yıllık depolanan karbon (a) ve depolanmış karbon (b) haritası. ..... 101

**Şekil 4.14:** Karbon ekosistem hizmeti için normalize edilmiş alan büyüklüğü (a) ve alan kullanımı (b) haritası. ..... 101

**Şekil 4.15:** Karbon ekosistem hizmeti için uygun alanlar ve uygunluklar için düşük, orta ve yüksek olarak seviyelendirilmiş alanlar haritası. ..... 103

**Şekil 4.16:** Alan kullanımı kriterine göre uygun karbon alanlarının yüzdesi. ..... 104

**Şekil 4.17:** Rekreasyon ekosistem hizmeti için normalize edilmiş rekreasyon alanına olan mesafe (a), yoğun aktivite alanları (b) ve erişilebilirlik (c) haritası (Caglayan ve diğ., 2020)**.** ..... 105

**Şekil 4.18:** Rekreasyon ekosistem hizmeti için normalize edilmiş alan kullanımı (a), kapalılık (b), görsel etki (c) haritası (Caglayan ve diğ., 2020)**.** ..... 106

**Şekil 4.19:** Rekreasyon ekosistem hizmeti için normalize edilmiş bakı (a), yükseklik (b) ve eğim (c) haritası(Caglayan ve diğ., 2020)**.** ..... 106

**Şekil 4.20:** Rekreasyon (a) ve Görsel etki (b) ekosistem hizmeti uygunlukları için düşük, orta ve yüksek olarak seviyelendirilmiş alanlar haritası. ..... 108

**Şekil 4.21:** Rekreasyon ve görsel etki ekosistem hizmeti için uygun alanlar haritası. ..... 108

**Şekil 4.22:** Alan kullanımı kriterine göre uygun rekreasyon alanlarının yüzdesi (Caglayan ve diğ., 2020). ..... 109

**Şekil 4.23:** Eğim (a) ve Bakı (b) 'ya göre uygun rekreasyon alanlarının yüzdesi (Caglayan ve diğ., 2020). ..... 110

**Şekil 4.24:** Yükseklik (a) ve Kapalılık (b) 'a göre uygun rekreasyon alanlarının yüzdesi (Caglayan ve diğ., 2020). ..... 110

**Şekil 4.25:** Ekosistem hizmetlerinin meşcerelere atanması haritası. ..... 113

**Şekil 4.26:** Alternatif stratejik plan sonuçları. ..... 116

**Şekil 4.27:** Her strateji ve periyotta elde edilen toplam eta miktarları. ..... 117

**Şekil 4.28:** Her strateji ve periyotta elde edilen ara hasılat etası miktarları. ..... 118

**Şekil 4.29:** Stratejilere göre ara ve son hasılattan elde edilen odun üretiminin yüzde olarak dağılımı. ..... 119

**Şekil 4.30:** Aralama ve son hasılat kesimlerinin her strateji ve periyota göre yüzde olarak dağılımı. ..... 119

**Şekil 4.31:** Stratejilere göre karbon depolama miktarları. ..... 120

**Şekil 4.32:** Stratejilere göre her periyottaki ekosistem hizmetleri değerleri. ..... 121

**Şekil 5.1:** Depolanmış karbon miktarına göre karbon uygunluk haritaları: ArcGIS'de Jenks Natural Breaks sınıflandırmasına göre toplam depolanmış karbon miktarının (ton) sınıflandırılması (a) ve Reyers ve diğ. (2009)'in sınıflandırmasına göre depolanmış karbon miktarının (ton $ha^{-1}$) sınıflandırılması (b) Jenks Natural Breaks sınıflandırmasına göre depolanmış karbon miktarının (ton $ha^{-1}$) sınıflandırılması (c), Baral ve diğ. (2013)'nin sınıflandırmasına göre depolanmış karbon miktarının sınıflandırılması. ..... 129

# TABLO LİSTESİ

**Sayfa No**

**Tablo 2.1:** Orman ekosistem hizmetleri (Kindler, 2016, Eraslan, 1982, OGM, 2017). ..... 8

**Tablo 2.2:** Önem ölçeği (Saaty, 1990). ..... 15

**Tablo 2.3:** Model amaçlarının ekonomik ve ekonomik olmayan amaçlara göre dağılımı (Caglayan ve diğ., 2018b). ..... 21

**Tablo 2.4:** Sürdürülebilir kalkınma amaçları (SDG, 2015, UNDP, 2015). ..... 28

**Tablo 3.1:** Ağaç türlerinin minimum, ortalama ve maksimum dikili kabuklu gövde hacimleri ve artım değerleri. ..... 34

**Tablo 3.2:** Ekosistem hizmetlerinin katılımcı yaklaşım ile meşcerelere atanması süreci. ..... 35

**Tablo 3.3:** Ekosistem hizmetlerinin tanımlanmasında kullanılan önem değerleri. ..... 36

**Tablo 3.4:** Uzmanlar tarafından belirlenen ekosistem hizmetlerinin puan sıralaması. ..... 37

**Tablo 3.5:** Su düzenleme ve su sağlama ekosistem hizmetleri potansiyelinin belirlenmesi için kriterler. ..... 39

**Tablo 3.6:** Su sağlama ve su düzenleme ekosistem hizmeti için kriterlere ilişkin puanlama tablosu. ..... 41

**Tablo 3.7:** Su sağlama için hesaplanan ağırlık ve puan değerleri tablosu. ..... 42

**Tablo 3.8:** Su düzenleme için hesaplanan ağırlık ve puan değerleri tablosu. ..... 42

**Tablo 3.9:** Meteoroloji istasyonlarına ait iklim veriler. ..... 46

**Tablo 3.10:** Toprak tekstürlerinin sınıflandırılması. ..... 47

**Tablo 3.11:** Meşcere için su sağlama uygunluk değerinin hesaplanması. ..... 48

**Tablo 3.12:** Meşcere için su düzenleme uygunluk değerinin hesaplanması. ..... 48

**Tablo 3.13:** Karbon ekosistem hizmeti potansiyelinin belirlenmesi için kriterler. ..... 49

**Tablo 3.14:** Karbon ekosistem hizmeti için ağırlıkların belirlenmesi. ..... 50

**Tablo 3.15:** Ilıman kuşaktaki ormanlar için Kök/Sak oranı (IPCC, 2006). ..... 52

**Tablo 3.16:** Türkiye'deki ana ağaç türleri için hacim ağırlığı ve gövde odunu biyokütlesi katsayıları (Tolunay, 2019). ..... 52

**Tablo 3.17:** Örnek meşcere için depolanmış ($C_{Depolama}$)ve yıllık depolanan karbon miktarının ($C_A$) hesaplanması için değerler ve katsayılar. ..... 53

**Tablo 3.18:** Örnek meşcere için depolanmış karbon miktarının (ton C $ha^{-1}$) hesaplanması. ..... 53

**Tablo 3.19:** Örnek meşcere için yıllık depolanan toplam karbon miktarının (ton C $ha^{-1}y^{-1}$) hesaplanması ($C_{Artım}$ için $TÜB_A$ (toprak üstü biyokütle) ve $TAB_A$ (Toprak altı biyokütle)). ..... 54

**Tablo 3.20:** Alan kullanımı kriteri için puanların belirlenmesi. ..... 55

**Tablo 3.21:** Her alan kullanım sınıfı için mevcut alan yüzdeleri. ..... 55

**Tablo 3.22:** Örnek meşcere için karbon uygunluk değerinin hesaplanması. ..... 56

**Tablo 3.23:** Rekreasyon ekosistem hizmet potansiyelini belirlemek için literatürde tanımlanan kriterler (Caglayan ve diğ., 2020). ..... 57

**Tablo 3.24:** Rekreasyon ekosistem hizmet potansiyelini belirlemek için ağırlıklı puanlar tablosu (Caglayan ve diğ., 2020). ..... 58

**Tablo 3.25:** Fotoğrafların ağırlıklandırılmasında kullanılan alt kriterler ve puanlar tablosu (Caglayan ve diğ., 2020). ..... 59

**Tablo 3.26:** Örnek meşcerenin rekreasyon potansiyelinin hesaplanması (Caglayan ve diğ., 2020). ..... 65

**Tablo 3.27:** Katılımcı gruplar (Yeşil ve diğ., 2003) ve uzmanlar tarafından verilen puanlar. ..... 68

**Tablo 3.28:** Paydaş analizi için katılımcı gruplar. ..... 69

**Tablo 3.29:** Homojen paydaş grupların listesi. ..... 70

**Tablo 3.30:** Homojen gruplar tarafından belirlenen ağırlıklar (Denklem 3.6: $Wp$). ..... 71

**Tablo 3.31:** Ankete katılan paydaşların cevaplarına dayanarak ekosistem hizmetlerinin Sürdürülebilir kalkınma amaçlarına katkı düzeyi matrisleri. Katkı düzeyleri 1 (zayıf katkı) ile 10 (güçlü katkı) arasında değişmektedir (Denklem 3.6: $Dkp$). ..... 73

**Tablo 3.32:** Tam sayılı programlama formülasyonunun tanımları. ..... 74

**Tablo 3.33:** Ekosistem hizmetleri için belirlenmiş ortak kriter seti. ..... 77

**Tablo 3.34:** Ekosistem hizmetleri uygunluk değerinin hesaplanmasındaki parametrelerin tanımı. ..... 81

**Tablo 3.35:** Senaryoların silvikültürel müdahale şekline göre periyotlara dağılımını gösteren tablo ($Set_{jt}$). ..... 83

**Tablo 3.36:** Karışık tamsayılı programlama formülasyonu için kümelerin, parametrelerin ve değişkenlerin tanımı. ..... 85

**Tablo 3.37:** Ekosistem hizmetlerinin çok kriterli karar verme yaklaşımı ile planlanması stratejileri. ..... 87

**Tablo 4.1:** Meşcerelerin ekosistem hizmetlerinden aldıkları uygunluk değerleri. ..... 90

**Tablo 4.2:** Eğitim/Bilim ve Kültür ekosistem hizmetleri için uygunluk yüzdeleri. ..... 91

**Tablo 4.3:** Su düzenleme ve su sağlama ekosistem hizmetleri için uygunluk seviyeleri yüzdeleri. ..... 98

**Tablo 4.4:** Meşcerelerin karbon ekosistem hizmetinin her kriterden aldıkları uygunluk değerleri. ..... 102

**Tablo 4.5:** Karbon ekosistem hizmeti için uygunluk seviyeleri yüzdeleri. ..... 102

**Tablo 4.6:** Meşcerelerin rekreasyon ekosistem hizmetinin her kriterinden aldıkları uygunluk değerleri (Caglayan ve diğ., 2020). ..... 107

**Tablo 4.7:** Rekreasyon ve görsel etki ekosistem hizmetleri için uygunluk seviyeleri yüzdeleri (Caglayan ve diğ., 2020). ..... 107

**Tablo 4.8:** Ekosistem hizmetlerine ait alanların meşcerelere dağılımı. ..... 112

**Tablo 4.9:** Amaç Fonksiyonu değerleri. ..... 117

# SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

| Simgeler | Açıklama |
|---|---|
| **ha** | **:** Hektar |
| **$m^3$** | **:** Metreküp |
| **m** | **:** Metre |
| **mm** | : Milimetre |
| **°C** | : Santigrad derece |
| **y** | : Yıl |
| **C** | : Karbon |

| Kısaltmalar | Açıklama |
|---|---|
| **AFOLU** | **:** Agriculture, Forestry and Other Land Use |
| **AHS** | **:** Analitik hiyerarşi süreci |
| **AIMMS** | : AIMMS optimization modeling |
| **ARM** | : Area restriction model (Kesilecek alan büyüklüğü kısıtı) |
| **CBS** | : Coğrafi bilgi sistemleri |
| **ÇKKV** | : Çok kriterli karar verme |
| **EH** | : Ekosistem hizmeti |
| **GAMS** | : General algebraic modeling system |
| **KDS** | : Karar destek sistemleri |
| **M** | : Meşcere |
| **MAVT** | : Multi-attribute value theory (Çok özellikli değer teorisi) |
| **MAUT** | : Multi-attribute utility theory (Çok özellikli fayda teorisi) |
| **NBD** | : Net bugünkü değer |
| **OGM** | : Orman Genel Müdürlüğü |
| **PCA** | : Principal component analysis: Arazi uygunluk endeksi yaklaşımında temel bileşen analizi |
| **SKA** | : Sürdürülebilir kalkınma amaçları |
| **STK** | : Sivil toplum kuruluşları |
| **SYM** | : Sayısal yükseklik modeli |
| **TÜB** | : Toprak üstü biyokütle |

**TAB** : Toprak altı biyokütle

**UNFCCC** : Birleşmiş milletler iklim değişikliği çerçeve sözleşmesi

**URM** : Unit restriction model (Kesilecek alanların komşuluk ilişkileri kısıtı)

# ÖZET

## DOKTORA TEZİ

### EKOSİSTEM HİZMETLERİNİN ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YAKLAŞIMI İLE PLANLANMASI: BELGRAD ORMANI ÖRNEĞİ

**İnci ÇAĞLAYAN**

**İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa**

**Lisansüstü Eğitim Enstitüsü**

**Orman Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman : Prof. Dr. Ahmet YEŞİL**

Günümüzde Türkiye ormancılıkta, bir yandan geleneksel planlama yaklaşımının eksik yönlerini bertaraf etmeye çalışırken, diğer yandan da dünya ormancılığına entegrasyon sürecinde hem bilimsel alanda hem de uygulamada önemli çalışmalar yapmaktadır. Bu bağlamda Tarım ve Orman Bakanlığı tüm orman planlama işleyişini gözden geçirerek ve bilişim çağının gerektirdiği teknolojiyi kullanarak ormanları planlamaya çalışmakta ve bunu bir ölçüye kadar başarı ile gerçekleştirmektedir. Diğer bir anlatımla, Türkiye ormanları için planlanma süreci, endüstriyel ihtiyaçlara odaklanmakla birlikte iklim düzenleme, su sağlama, rekreasyon, estetik gibi diğer hedefleri de içine alan karmaşık planlama problemlerine çözüm üretmekle yükümlüdür. Orman planlamasında karşılaşılan karmaşık problemlerin uygulamada çözüme kavuşturulması bu doktora çalışmasının amaçlarından birisi olarak belirlenmiştir. Böylece gelişmiş dünya ülkelerinin benimsediği modern orman planlama yaklaşımları uygulamalı olarak test edilerek ülkemiz orman planlama yaklaşımı ile entegre edilecektir.

Bu çalışma analitik hiyerarşi süreci, karışık tam sayılı programlama modeli ve optimizasyon tekniklerini içeren üç temel aşamadan oluşmaktadır. Çalışmada önerilen model ve çözüm yollarının uygulanabilirliğini ve geçerliliğini değerlendirmek için, İstanbul Orman Bölge Müdürlüğü'ne bağlı Kurtkemeri, Bentler ve Atatürk Arboretumu işletme şefliklerini içine alan Belgrad Ormanı için bir uygulama gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın birinci aşamasında Belgrad Ormanı'nın sunduğu ekosistem hizmetlerinden hangisinin ormanın neresinden sağlanacağı çok kriterli karar verme tekniklerinden analitik hiyerarşi süreci kullanılarak tasarlanmış ve

ekosistem hizmetlerinin sunulduğu alanlar mekânsal olarak belirlenmiştir. Ekosistem hizmetlerinin belirlenmesi ve belirlenen ekosistem hizmetleri için kriterlerin ağırlıklandırılması aşamasında uzman görüşlerinden yararlanılmıştır. İkinci aşamada, ekosistem hizmetlerinin alansal uygunluk potansiyellerinin ve amaçların çelişmesi nedeniyle meşcerelere ekosistem hizmetlerinin atanması için bu hizmetler arasındaki ödünleşmeler araştırılmıştır. Bu aşamada katılımcı yaklaşım ve sürdürülebilir kalkınma amaçlarından yararlanarak çözüm üretilmiştir. Birden fazla sürdürülebilir kalkınma amacının söz konusu olduğu alanlarda katılımcıların amaçlar için belirlediği ağırlıklar dikkate alınarak ekosistem hizmetleri arasında denge sağlanmıştır. Dengelerin sağlanmasında matematiksel model olarak karışık tamsayılı programlama tekniği kullanılmıştır. Ödünleşme sonucunda orman fonksiyon alanları kararlaştırılmıştır. Üçüncü aşamada, en iyi denge oluşturacak çözümü ortaya koymak için silvikültürel senaryo ile birlikte stratejik plan alternatifleri belirlenmiştir. Bunun içinde optimizasyon tekniklerinden yararlanılmıştır. Oluşturulan stratejik planlama alternatifleri için bu tekniklerinden öncelikle deterministik bir tam sayılı programlama modeli geliştirilmiş ve çalıştırılmıştır. Kurulan bu model ile planlamada mekânsal ve zamansal ilişkilerin dikkate alınacağı sürdürülebilir bir planlama yapılması hedeflenmiştir. Bütün bu süreçlerin sonucunda, model çıktısı olarak alternatif amenajman planları üretilmiştir. Sonuç olarak Belgrad Ormanı için uzman görüşlerini, sürdürülebilir kalkınma amaçlarını ve katılımcıların tercihlerini kapsayan optimizasyon tabanlı "***Ekosistem Hizmetlerinin Çok Kriterli Karar Verme Yaklaşımı ile Planlanması Süreci***" geliştirilmiştir.

Nisan 2020, 157 sayfa.

**Anahtar kelimeler:** Çok kriterli karar verme, analitik hiyerarşi süreci, ekosistem hizmetleri, optimizasyon, katılımcı yaklaşım

# SUMMARY

## Ph.D. THESIS

### PLANNING OF ECOSYSTEM SERVICES BY USING MULTI CRITERIA DECISION MAKING: THE CASE OF BELGRAD FOREST

**İnci ÇAĞLAYAN**

**Istanbul University-Cerrahpasa**

**Institute of Graduate Studies**

**Department of Forest Engineering**

**Supervisor : Prof. Dr. Ahmet YEŞİL**

Nowadays, Turkey is making important works in both the practice and science the process of integration into the world of forestry on the other hand trying to eliminate weaknesses of traditional planning approaches on forestry. In this context, the Republic of Turkey Ministry of Agriculture and Forestry tries to review the entire forest planning process and to plan the forests using the technology required by the information age and achieves this to a certain extent successfully. In other words, the planning process for forests of Turkey is responsible for producing solutions to complex planning problems that include other objectives such as climate regulation, water supply, recreation, and aesthetics, while focusing on industrial needs. It is determined as one of the objectives of this doctorate study to find solutions to the complex problems encountered in forest planning in practice. Thus, modern forest planning approaches adopted by developed world countries will be tested as practice and integrated with the forest planning approach of our country.

This study consists of three basic stages including analytical hierarchy process, mixed integer programming model, and optimization techniques. In order to evaluate the applicability and validity of the models and solutions proposed in the study, an application was carried out for the Belgrade Forest, which includes the Kurtkemeri, Bentler and Atatürk Arboretum forest sub-district directorate affiliated with the Istanbul Regional Directorate of Forestry. In the first stage of the study, which of the ecosystem services provided by the Belgrad Forest will be provided

from where the forest is designed using an analytical hierarchy process, which is a multi-criteria decision-making technique and the areas where the ecosystem services are provided are determined spatially. Expert opinions were used in the determination of ecosystem services and the weighting of criteria for these determined ecosystem services. In the second stage, the trade-offs between these services were investigated in order to assign ecosystem services to the stands due to the contradiction of the spatial suitability potentials and objectives of the ecosystem services. At this stage, a solution was produced by making use of the participatory approach and sustainable development goals. In areas with more than one sustainable development goals, a balance has been achieved between ecosystem services by taking into account the weights determined by the participants for the purposes. Mixed integer programming technique was used as a mathematical model to provide balances. As a result of the trade-off, forest function areas have been determined. In the third stage, the strategic plan alternatives have been determined together with the silvicultural scenario to reveal the best-balanced solution. Optimization techniques were used in this. For these strategic planning alternatives, a deterministic integer programming model from these techniques was developed and run. With this model, it is aimed to make sustainable planning that will take into account spatial and temporal relationships in planning. As a result of all these processes, alternative forest management plans were produced as model outputs. As a result, an optimization-based **"*Planning Process of Ecosystem Services with Multi-Criteria Decision Making Approach*"** has been developed, covering expert opinions, sustainable development goals, and participants' preferences for Belgrad Forest.

April 2020, 157 pages.

**Keywords:** Multi-criteria decision making, analytical hierarchy process, ecosystem services, optimization, participatory approach

# 1. GİRİŞ

Nüfusun artmasıyla orman kaynaklarının odun ve odun dışı kullanımına olan talep de artmaktadır (Farrell ve diğ., 2000). Bu talebin artması, gelecek nesillere ormanların bugünkü nitelik ve nicelik özelliklerini korumak suretiyle aktarılması için sunduğu hammadde ve hizmetlerin sürdürülebilir bir şekilde planlanmasını zorunlu kılmaktadır. Bu nedenle orman amenajman planları, toplumun talep ettiği ürün ve hizmetler arasında ortaya çıkan çelişkilere yardımcı olmak ve özellikle ormancılık faaliyetlerinin yer ve zamanını düzenlemek için geliştirilmiştir (Bettinger ve diğ., 2015).

İklim düzenleme, su sağlama, rekreasyon, estetik gibi ekosistem hizmetleri ile heterojen paydaşların varlığı gibi birbiriyle çelişen kullanımlar nedeniyle orman kaynaklarından faydalanmak için alınacak kararlar karmaşık bir hale gelmektedir (Ananda ve Herath, 2009). Bu aşamada orman idaresi; ekolojik, sosyo-ekonomik değerleri ve politik süreçleri içeren çoklu hedefler arasında zorlu ödünleşmeler (Trade off) ile karşı karşıya kalmaktadır (Gregory ve Keeney, 1994). 1960'lı yıllardan itibaren, toplumsal taleplerin çeşitliliği artmış ve ormancılar birbiri ile çelişen bu talepleri planlamaya entegre etmek için çeşitli zorluklarla karşılamışlardır (Vacik ve Lexer, 2014). Bu karmaşık problemlerin çözümünde karşılaşılan zorluklar nedeniyle ormancılıkta 1980'lerde karar destek sistemlerine olan ilgi artmaya başlamıştır (Vacik ve Lexer, 2014).

Kararların karmaşıklığı arttıkça, karar vericilerin tüm karar kriterlerini en üst düzeye çıkaran bir yönetim alternatifi belirlemesi daha zor hale gelmektedir. Planlamanın, çok yönlü yaklaşımı ve karmaşıklıkları inceleyen, politik, ekonomik, çevresel ve sosyal boyutları göz önüne alan, uyuşmazlıkları en aza indirgeyen bir analitik çerçevede yapılması ile bu zorlukların üstesinden gelinebilmektedir (Ananda ve Herath, 2009). Orman planlamasında kararlar genellikle karmaşıklık, geri döndürülemezlik ve belirsizlik ile karakterize edilmektedir (Ananda ve Herath, 2003). Karmaşıklığın büyük kısmı, orman ürün ve hizmetlerinin çok farklı şekillerde kullanılmasından, bazı ekosistem hizmetlerinin parasal değerlerinin belirlenmesindeki güçlükten ve çok sayıda paydaş grubunun bulunmasından kaynaklanmaktadır (Ananda ve Herath, 2003). Bu koşullar altında, maliyet veya fayda analizi gibi geleneksel yöntemler, orman kararlarını değerlendirmek için uygun bulunmamaktadır (Ananda ve Herath, 2003). Buna

karşılık çok kriterli karar verme yöntemlerini kullanmak, orman yönetimi ve planlama sorunların çözümünde uygun bir yaklaşım olarak önerilmektedir (Kangas, 1994).

Çok kriterli karar verme yaklaşımı esnek bir yapıya sahiptir ve hem interaktif karar vermede hem de karar vericiler için bir karar destek sistemi ile birlikte kullanılabilmektedir (Ananda ve Herath, 2009). Bu nedenle çok kriterli karar verme orman yönetimi planlaması alanında sıkça kullanılan bir karar destek sistemidir (Ananda ve Herath, 2009, Uhde ve diğ., 2015). Aynı zamanda çok kriterli karar verme, odun ve odun dışı orman ürünlerinin üretiminin, ekosistem hizmetlerinin maddi ve maddi olmayan çok sayıda kriterlerin değerlendirilmesini içermektedir (Uhde ve diğ., 2015). Çok amaçlı ormancılıkta karar verme sürecini iyileştirmek için paydaşların tercihlerinin dikkate alınması gerekli olduğundan, katılımcı ve hibrit (melez) yaklaşımlar için özellikle çok kriterli karar verme yaklaşımı önem kazanmaktadır (Uhde ve diğ., 2015).

Bir orman alanının yönetim stratejisini seçerken kamu tercihlerini hesaba katmak için çok kriterli karar verme yöntemlerinden birisi olan analitik hiyerarşi süreci kullanılabilmektedir (Kangas, 1994). Orman planlamasında analitik hiyerarşi süreci, çelişkili ve çoklu amaçlar setinin çözümünde faydalı olabilmektedir.

Orman kaynaklarının planlanması karmaşık problemler arasında sayılmaktadır. Planlama problemini çözmek için karar sürecinde değerlendirilmesi gereken çok sayıda kriter içermektedir. Bu nedenle problemlerin sınıflandırılması gerekmektedir. Orman kaynakları planlanırken bu problemler üç ana başlık altında toplanmaktadır (Diaz-Balteiro ve Romero, 2008).

1-Ekonomik problemler (odun, yem, avlanma vb.)

2-Ekolojik problemler (toprak erozyonu, karbon birikimi, biyolojik çeşitliliğin korunması vb.)

3- Sosyal problemler (rekreasyon, istihdam düzeyi, nüfus düzenlemesi vb.)

Bu planlama problemlerinin neredeyse her aşamasında karar vermenin önemi ortaya çıkmaktadır. Karar sürecinde ise niceliksel ve niteliksel yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler, planlamacılara birçok alternatif arasından yapmaları gereken seçimleri anlamalarına

yardımcı olmaktadır (Bettinger ve diğ., 2010). Planlama süreçlerinin sonuçları, orman işletmecilerinin faaliyetlerini yönlendirmeye yardımcı olur ve hangi plan alternatifi ile hangi amacın daha iyi gerçekleştirebileceğini anlamalarını sağlamaktadır (Bettinger ve diğ., 2010).

Tarih boyunca ormanların planlanmasında amaçlar ve yaklaşımlar, toplumun ormancılığa bakış açısındaki değişimlere bağlı olarak farklılaşmıştır. 1960'lı yıllara kadar, ormanlar yalnızca odun hammaddesi kaynağı olarak görülmüş ve faydalanmanın düzenlenmesi ekonomik kısıtlara göre yapılmıştır. Ancak, ormanların sunduğu diğer ürün ve hizmetler göz ardı edilerek ve ekonomik getirilere odaklanılarak yapılan planlamaların çevresel ve sosyal sorunlara yol açtığı gözlemlenmiştir. Aynı zamanda nüfus artışı ile toplumun orman ekosistemlerine olan baskısının artması ve toplumun ormanlardan beklentisinin değişmesiyle, ormanların sunduğu ekonomik fonksiyonlar dışında, iklim düzenleme, su sağlama, rekreasyon, estetik gibi ekosistem hizmetlerine göre planlanması gündeme gelmiştir. Bu nedenle toplumun orman kaynaklarına olan taleplerinin çeşitlenmesi ve artması ile birlikte birden fazla ekosistem hizmetinin planlanması söz konusu olmaya başlamıştır. Ancak, bu durum beraberinde planlama sorunlarını da getirmiştir. Çünkü ormanların sunduğu ekosistem hizmetlerinin planlanması, yeni teorik yaklaşımlarının ve yeni planlama tekniklerinin uygulanmasını zorunlu hale getirmektedir. Ormanların işletilmesindeki bu sorunların ve gelişmelerin etkisiyle, birçok ülke kendi ormancılık politikasını güncelleştirmiştir. Bu gelişmelere paralel olarak ülkemiz de 2008 yılında yayınlanan orman amenajman yönetmeliği güncellenmiştir. Güncellenen bu yönetmeliğe göre orman amenajman planlarında ormanların sunduğu ürün ve hizmetleri dikkate alan fonksiyonel planlama anlayışı benimsenmiştir. Bu yönetmelik ile ormanların yalnızca odun üretimi amacıyla değil diğer ekosistem hizmetlerini de dikkate alan "ekosistem tabanlı çok amaçlı fonksiyonel planlamanın" yasal altlığı oluşturulmuştur. Ayrıca, 2014 yılında yapılan yeni düzenlemeyle planlarda karar destek sistemleri (KDS) (çok kriterli karar verme, Optimizasyon vb.) kullanılarak planlamanın yapılabileceği ibaresi yönetmeliğe eklenmiştir. Ancak bu gelişmelere rağmen günümüzde orman amenajman planlarının önemli bir kısmı geleneksel yöntemler kullanılarak yapılmaya devam etmektedir. Bununla birlikte az sayıda da olsa model çalışmalarda (FRİS projesi vb.) karar verme ve optimizasyon teknikleri kullanılmıştır.

Yukarıda yapılan açıklamalar göstermektedir ki, orman amenajmanında çok kriterli karar verme ve optimizasyon tekniklerini kullanılarak hibrit planlamanın yapılması orman

planlamasında önemli konulardan biridir. Bu çalışmada dünyada ormancılık planlaması çalışmalarında son dönemde sıklıkla başvurulan çok kriterli karar verme ve optimizasyon teknikleri yöntem olarak seçilmiştir. Sonuç olarak, bu araştırmada, Belgrad Ormanı baz alınarak orman amenajmanında stratejik planlama da kullanılmak üzere tüm orman alanını kapsamlı olarak ele alan, gerçek veriye dayalı yeni bir model tasarlanmış, geliştirilmiş ve çözüm üretilmiştir. Böylece ülke ormanlarının planlamasında önemli bir boşluğun doldurulacağı düşünülmektedir. Ülke ormanlarının planlamasında görülen eksiklerden yola çıkarak, bu çalışma kapsamında çözüm üretmek üzere ele alınan problemler aşağıda sıralanmıştır:

1. **Ormanların sunduğu ekosistem hizmetlerinin belirlenmesinde katılımcı yaklaşım;** Ülkemizde fonksiyonel planlama yaklaşımında ormanların sunduğu ekosistem hizmetlerinin alanları belirlenirken bilimsel kriterlerden ya da uzman görüşlerinden yararlanılmaktadır. Amenajman yönetmeliğinde "karar destek sistemlerinden (KDS) yararlanılabilir" ifadesi yer almasına rağmen uygulamada bu tekniklerden yararlanılmadığı görülmektedir. Gelişmiş ülkelerde ormanlar planlanırken katılımcılık ilkesi benimsenmektedir ancak, %99'u devlete tarafından işletilen ülkemiz ormanlarında Orman Amenajman Planları yapılırken paydaşların (yerel halk, sivil toplum kuruluşları vb.) görüşleri dikkate alınmamaktadır. Bu nedenle, ekosistem hizmetlerinin alanlarını belirlemek için literatür ve uzman görüşüne dayalı genel kriter setlerinin tanımlanması ve çok kriterli karar verme teknikleri kullanılarak desteklenmesi, ayrıca katılımcı görüşlerinin planlamaya dahil edilmesi ülkemiz planlama yaklaşımında çalışılması gereken problemler olarak görülmektedir.

2. **Ormanların sunduğu ekosistem hizmetleri için belirlenen hedefler arasında ödünleşmelerin (Trade off) yapılması;**
   İklim ve su düzenleme gibi bazı ekosistem hizmetleri orman alanının tamamında söz konusu iken, su üretimi ve rekreasyon gibi hizmetler ise orman alanının sınırlı bölümlerinden sağlanmaktadır. Bu ekosistem hizmetleri bazen de aynı alanlarda örtüşmektedir ki, bunların tek tek ve toplam alansal büyüklükleri ormandan sağlanacak toplam faydayı da etkilemektedir. Ancak aynı orman alanında birden fazla ekosistem hizmetinin yer alması her ekosistem hizmeti için oluşacak farklı hedefler arasında denge kurulmasını zorunlu kılmaktadır. Bir diğer ifade ile ekosistem hizmetleri arasında ödünleşmeler yapılması gerekmektedir. Ancak ülkemiz ormanlarında kullanılan

fonksiyonel planlamada bu ekosistem hizmetleri arasında ödünleşmelerin yapılmadığı görülmektedir.

3. **Seçilen ekosistem hizmetleri için belirlenen hedefler doğrultusunda en iyi (optimum) çözümün bulunması;**

   Bu problem, ekosistem hizmetleri için belirlenen farklı işletme amaçları/hedefleri arasından en iyi çözümü bulmak amacıyla kullanılabilecek niceliksel bir araç olan optimizasyon ile ilgilidir. Bugün orman planlamasında karşılaşılan bu sorun, sürekli gelişen bilişim teknolojisinden tam olarak yararlanılmaması, optimum çözüm öneren Heureka, MOTTİ, SİMO, YAFO vb. yazılımlardan birinin kullanılmaması ya da optimum çözüm öneren bir matematiksel modelin kullanılmaması ile ilgilidir. Sonuç olarak ülkemizde optimizasyon sürecinde mekânsal ilişkilerin nasıl dikkate alınacağı, en iyi denge olan çözümü veya seçeneği bulmak için katılımcıların tercihleri ve katılımcılar için farklı işletme amaçlarının ne derece önemli olduğu ülkemizin mevcut planlama yaklaşımında dikkate alınmamaktadır.

Günümüzde Türkiye, bir yandan geleneksel planlama yaklaşımının eksik yönlerini bertaraf etmeye çalışırken diğer yandan da dünya ormancılığına entegrasyon sürecinde hem bilimsel alanda hem de uygulamada önemli çalışmalar yapmaktadır. Bu bağlamda Tarım ve Orman Bakanlığı tüm orman planlama işleyişini gözden geçirmek ve bilişim çağının gerektirdiği teknolojiyi kullanarak ormanları planlamaya çalışmakta ve bunu bir ölçüye kadar başarı ile gerçekleştirmektedir. Diğer bir ifade ile, ülkemiz ormanları için planlanma süreci, endüstriyel ihtiyaçlara odaklanmakla birlikte iklim düzenleme, su sağlama, rekreasyon, estetik gibi diğer hedefleri de içine alan karmaşık planlama problemlerine çözüm üretmekle yükümlüdür.

Orman planlamasında karşılaşılan karmaşık problemlerin uygulamada çözüme kavuşturulması bu doktora çalışmasının amaçlarından birisi olarak belirlenmiştir. Böylece gelişmiş dünya ülkelerinin benimsediği modern orman planlama yaklaşımları uygulamalı olarak test edilerek ülkemiz orman planlama yaklaşımı ile entegre edilecektir. Bu çalışma analitik hiyerarşi süreci, karışık tam sayılı programlama modeli ve optimizasyon tekniklerini içeren üç temel aşamadan oluşmaktadır: Birinci aşamada; Belgrad Ormanı'nın sürdürülebilirlik ilkelerine uygun planlanabilmesi için ekosistem hizmetlerinin meşcerelere atanmasında analitik hiyerarşi süreci tekniği kullanılmıştır. İkinci aşamada; her ekosistem hizmeti için oluşacak farklı hedefler arasında dengeler kurulması ve bu hizmetler arasında ödünleşmelerin sağlanması için karışık

tamsayılı programlama modelinden yararlanılmıştır. Araştırmanın üçüncü aşamasında; stratejik planlama için optimizasyon sürecinde belirlenen hedefler arasında en iyi çözümü bulmak için matematiksel model kurulmuştur. Kurulan bu model ile, planlamada mekânsal ve zamansal ilişkilerin dikkate alınacağı sürdürülebilir bir planlama yapılması hedeflenmiştir. Böylece, en iyi denge olan çözümü/seçeneği bulabilmek için katılımcıların tercihleri ve katılımcılar için farklı hedeflerin ne derece önemli olduğunun belirlenmesi araştırılmış ve sonuç olarak **"*Ekosistem Hizmetlerinin Çok Kriterli Karar Verme Yaklaşımı ile Planlanması Süreci*"** geliştirilmiştir.

Bu çalışmada özet olarak, Belgrad Ormanı'nın sunduğu ekosistem hizmetlerinden hangisinin ormanın neresinden sağlanacağı çok kriterli karar verme tekniklerinden analitik hiyerarşi süreci kullanılarak tasarlanmış ve ekosistem hizmetlerinin sunulduğu alanlar mekânsal olarak belirlenmiştir. Bu aşama tamamlandığında plan ünitesinin bütünü için işletme amaçları/hedefleri katılımcı ve uzman görüşlerinden yararlanılarak belirlenmiştir. Bununla birlikte analitik hiyerarşi sürecinin karar alma sürecine halkın katılımını resmileştirebileceğini ve sürecin şeffaflığını ve güvenilirliğinin arttırılabileceği gösterilmiştir. Ekosistem hizmetlerinin alansal uygunluk potansiyellerinin ve hedeflerinin çelişmesi nedeniyle meşcerelere ekosistem hizmetlerinin atanması için bu hizmetler arasındaki ödünleşmeler araştırılmıştır. Bu aşamada katılımcı yaklaşım ve sürdürülebilir kalkınma amaçları (SKA)'ndan yararlanarak çözüm üretilmiştir. Birden fazla sürdürülebilir kalkınma amacının söz konusu olduğu alanlarda katılımcıların amaçlar için belirlediği ağırlıklar dikkate alınarak ekosistem hizmetleri arasında denge sağlanmıştır. Dengelerin sağlanmasında matematiksel model olarak karışık tamsayılı programlama tekniği kullanılmıştır. Ödünleşme sonucunda orman fonksiyon alanları kararlaştırılmıştır. Üçüncü aşamada, en iyi denge oluşturacak çözümü ortaya koymak için stratejik plan alternatifleri belirlenmiştir. Bunun içinde optimizasyon tekniklerinden yararlanılmıştır. Oluşturulan stratejik planlama alternatifleri için bu tekniklerinden öncelikle deterministik bir tam sayılı programlama modeli geliştirilmiş ve çalıştırılmıştır. Bütün bu süreçlerin sonucunda, model çıktısı olarak alternatif amenajman planları üretilmiştir.

# 2. GENEL KISIMLAR

Bu çalışmanın çerçevesini oluşturan dört temel konu; orman ekosistem hizmetleri, çok kriterli karar verme, katılımcılık ve sürdürülebilir kalkınma amaçları alt başlıklar halinde aşağıda özet olarak açıklanmıştır.

## 2.1. ORMAN EKOSİSTEM HİZMETLERİ

Orman ekosistemleri, toplumlara sayısız ürün ve hizmet sunmaktadır. Bu sistemlerin sunduğu ürün ve hizmetlere orman fonksiyonları veya orman ekosistem hizmetleri denilmektedir. Ancak, orman fonksiyonu kavramı, Orta Avrupa ormancılık sektöründe kullanılan geleneksel bir Alman anlayışıdır ve ilk olarak 1950'lili yıllarda Almanya'da Victor Dieterich tarafından tanıtılmıştır (Kindler, 2016). Ekosistem hizmetleri kavramı ise 1980'li yıllarda Amerika'da bütün ekosistemler için kullanılabilen daha küresel bir tanım olarak sunulmuştur (Kindler, 2016). Orman fonksiyonları ve ekosistem hizmetleri kavramının karşılaştırıldığında farklı geçmişleri ve farklı uygulama alanları bulunmasına rağmen, bu iki yaklaşımın arkasında oldukça benzer kavramsal fikirler vardır (Kindler, 2016). Burada dikkate değer olan kavramsal benzerlikler ekosistem hizmetlerinin veya orman fonksiyonların benzer şekilde seçilmesi ve bunların insan merkezli olarak sınıflandırılmasıdır (Kindler, 2016).

Genel olarak ekosistemler, insan refahı ve çevre sağlığı için gerekli olan ürün ve hizmetleri sağlamaktadır (Costanza ve diğ., 1997, MEA, 2005). Bu ekosistem hizmetleri kültürel, düzenleme, tedarik ve destekleyici hizmetler olarak dört ana grupta toplanmaktadır (Martínez-Harms ve Balvanera, 2012). Ormanlar genel olarak tedarik (örneğin, kereste, su temini), düzenleme (örneğin karbon, toprak kalitesi, su düzenlemesi) ve kültürel hizmetler (örneğin, rekreasyon, estetik, kültürel miras değeri) olarak sınıflandırılan birden fazla ekosistem hizmeti sunmaktadırlar (Haines-Young ve Potschin, 2012). Orman ekosistemleri, odun üretimi, karbon depolama, bitkiler ve hayvanlar için yaşam alanları, görsel güzelliklerin sağlanması, rekreasyon, su düzenlemesi gibi insan için çeşitli ürün ve hizmetler üretmektedir (Costanza ve diğ., 1997, Martínez-Harms ve Balvanera, 2012). Ancak toplumun odun, mera, barınak, rekreasyon vs. ihtiyaçlarının karşılanması için artan talep nedeniyle orman ekosistemleri sürekli olarak tahribata uğramıştır. (Köchli ve Brang, 2005, Liu ve diğ., 2007, ITTO, 2002). Bu

tahribatı önlemek için, orman yönetim planları, politikaları, programları ekosistem hizmetleri yaklaşımına göre tasarlanmaya başlanmıştır (Wenhua, 2004).

Türkiye ormanları, 2008 yılında yapılan yönetmelik değişikliği ile ekosistem hizmetleri yaklaşımına göre planlanmaya başlanmış ve bu yaklaşım ekosistem tabanlı fonksiyonel orman planlama (ETFOP) olarak adlandırılmıştır. Türkiye ormanları için tanımlanan ekosistem hizmetleri ilk olarak Eraslan (1982) tarafından belirlenmiştir. Ancak bu çalışmada Kindler (2016) tarafından belirlenen ekosistem hizmetleri dikkate alınmış ve değerlendirmelerde bu sınıflandırma kullanılmıştır (Tablo 2.1). Bu sınıflandırmanın tercih edilme sebebi ise Kindler (2016) çalışmasında orman fonksiyonları ve ekosistem hizmetleri kavramlarını birbiri ile ilişkilendirmesidir. Ayrıca milenyum ekosistem hizmetleri (Assessment, 2005) sınıflandırmasında tüm arazi kullanım sınıfları (tarım, orman vb.) için ekosistem hizmetlerini değerlendirirken Kindler (2016) yalnızca orman için bu hizmetleri sıralamıştır. Türkiye'de devlet ormanlarının işletilmesinde kabul edilen ve (Eraslan, 1982) tarafından belirlenen fonksiyonlar ile Kindler (2016) tarafından belirlenen sınıflandırma karşılaştırıldığında ise yalnızca ulusal savunma fonksiyonunun yer almadığı belirlenmiştir (Tablo 2.1).

**Tablo 2.1:** Orman ekosistem hizmetleri (Kindler, 2016, Eraslan, 1982, OGM, 2017).

| | Ekosistem Hizmetleri(Kindler, 2016) | Ecosystem Services | Eraslan'a göre Orman Fonksiyonları (Eraslan, 1982) | OGM'ye göre Orman Fonksiyonları (299 sayılı Tebliğ) (OGM, 2017) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Gaz düzenleme | Gas regulation | Toplum sağlığı | Toplum sağlığı |
| 2 | İklim düzenleme | Climate regulation | Klimatik | x |
| 3 | Bozulmanın düzenlenmesi | Disturbance regulation | | |
| 4 | Besin maddesi döngüsü | Nutrient cycling | | |
| 5 | Tozlaşma | Pollination | | |
| 6 | Biyolojik kontrol | Biological control | | |
| 7 | Su düzenleme | Water regulation | | |
| 8 | Erozyon kontrolü | Erosion control | X | X |
| 9 | Atık işleme | Waste treatment | | |
| 10 | Odun dışı ürünlerin üretimi | Food production | X | X |
| 11 | Genetik kaynaklar | Genetic resources | | |
| 12 | Su sağlama | Water supply | Hidrolojik | Hidrolojik |
| 13 | Mekan duygusu | Sense of place | | |
| 14 | Odun vb. hammadde | Raw materials | X | X |
| 15 | Biyokimyasal | Biochemical | | |
| 16 | Yakacak odun üretimi | fuel wood | | |
| 17 | Eğitim/Bilim | Education and science | X | X |
| 18 | Su arıtma | Water purification | | |
| 19 | Toprak oluşumu | Soil formation | | |
| 20 | Habitat destekleme | Refugia | | |
| 21 | Kültürel miras | cultural heritage | | |
| 22 | Maneviyat ve Din | Spirituality and Religion | | |
| 23 | Görsel etki/Estetik | Aesthetics/Inspiration | X | X |
| 24 | Rekreasyon | Recreation | X | X |

Ormanlar, Tablo 2.1'de sıralanan 24 ekosistem hizmetinin tamamını sunmaktadır. Ancak bu çalışmada yirmidört ekosistem hizmetlerinin Belgrad Ormanı için değerlendirilmesi mümkün olmadığından, uzman görüşlerine dayalı olarak ve bu sayı yalnızca yedi ekosistem hizmeti (Eğitim/Bilim, Kültür, Su Düzenleme, Su Sağlama, Karbon, Rekreasyon ve Görsel etki) ile sınırlandırılmıştır. Bu ekosistem hizmetleri aşağıda ayrı alt başlıklarda açıklanmıştır.

### 2.1.1. Eğitim/Bilim ve Kültür Hizmeti

Eğitim ekosistem hizmeti denilince, eğitim değerleri, mevcut ve geçmiş doğal çevrenin yapısı ve işleyişi hakkında bilgi edinmek için potansiyel olarak kullanılabilecek doğal ekosistemlerin hem biyotik hem de abiyotik özellikleri anlaşılmaktadır (Mocior ve Kruse, 2016). Bu özellikler arasında kaya ve toprak yüzeyleri, yeryüzü şekilleri, su kütleleri ve bitki toplulukları ile farklı kombinasyonlardan meydana gelen çevresel süreçlerin diğer etkileri yer almaktadır (Mocior ve Kruse, 2016). Ekosistemlerin eğitimle ilgili değerlerinin öğrenme amacıyla kullanılmasına "eğitim ekosistem hizmeti" denilmektedir (Mocior ve Kruse, 2016).

Toplumlarda, hem resmi (ör. üniversite ve okullarda) hem de gayri resmi (ör. doğa gezileri) çevre eğitimine ihtiyaç duyulmaktadır. Bilimsel ve popüler bilgi arasındaki mesafeyi kısaltmak gerekmektedir (Mocior ve Kruse, 2016). Böylelikle çevresel risklerin daha iyi anlaşılması (Hiwasaki ve diğ., 2014) ve doğanın korunması için kamu bilincinin ve kabulünün arttırılmasına katkıda bulunulabilir (Caro ve diğ., 2003). Aynı zamanda eğitim ekosistem hizmeti, kültür ekosistem hizmeti olan dünyanın doğal mirasının korunmasını desteklemenin dolaylı bir yoludur (Dowling ve Newsome, 2010). Açıklamalardan da anlaşılacağı gibi eğitim ekosistem hizmeti dolaylı olarak kültür ekosistem hizmetinin korunmasına katkı sağlamaktadır.

Kültürel miras Milenyum Ekosistem Hizmetleri'nin tanımladığı kültürel ekosistem hizmetlerinden birisidir (Assessment, 2005). Kültürel miras "ya tarihsel olarak önemli manzaraların (kültürel manzaralar) ya da kültürel açıdan önemli türlerin bulunduğu çevrelerdir" şeklinde tanımlanmaktadır (Assessment, 2005). Bu tanımın ışığında Belgrad Ormanı'nda yer alan yedi adet tarihi bent önemli bir kültür hizmeti değerine sahiptir. Bu bentler; Topuzlu Bend, Valide Bendi, II. Mahmut Bendi, Büyük Bend, Kirazlı Bend, Kömürcü Bendi ve Ayvalı- Ayvat Bendi ismi ile anılmaktadır. Özellikle 1700'lü yıllarda inşa edilen Büyük Bent ve Topuzlu Bent tarihi açıdan önemli bir kültürel manzara değerine sahiptir. Ancak ekosistem hizmetlerinin ekosistem işlevleriyle doğrudan bir ilişki göstermesi gerekliliğinden dolayı, kültürel miras

hizmeti sunan alanların içerisindeki yapıların ve nesnelerin hizmet sağlayıcısı olarak rolünün açıklığa kavuşturulması gerekmektedir (Hølleland ve diğ., 2017). Yani tarihsel yapı ile ormanın veya başka ekosistemlerin ekosistem işlevleri ile ilişkisinin açıklanması gerekmektedir. Ancak, her ne kadar bu ilişki bilimsel olarak ortaya konulamamış olsa da, Avrupa Peyzaj Sözleşmesi (Europe, 2000), Faro Sözleşmesi ((Europe, 2005) Council of Europe 2005) ve UNESCO'nun Dünya Mirası Sözleşmesi (UNESCO, 1992) gibi yasal çerçevelerle kültürel miras ekosistemlerin bir parçası olarak görülmektedir.

### 2.1.2. Su Düzenleme ve Su Sağlama Hizmeti

Ekosistemler evde günlük kullanım için su tedarikinden sel hasarlarının azaltılmasına kadar, su ile ilgili hizmet sunmaktadır (Brauman ve diğ., 2007). Bu hizmetlere hidrolojik ekosistem hizmetleri de denilmektedir (Brauman ve diğ., 2007). Su düzenleme ekosistem hizmeti suyun verdiği hasarların (sel ve taşkın vb.) önlenmesidir (Brauman ve diğ., 2007). Aynı zamanda su düzenleme ekosistem hizmeti, su sağlama hizmetinin su depolama ve su tutma bileşenlerinin bir fonksiyonudur (De Groot ve diğ., 2002). Su sağlama ekosistem hizmeti ise suyun miktarı ile ilgilidir (Chan ve diğ., 2006c). Üretilen su miktarı hidrolojik ekosistem hizmetinin asli özelliğidir ve içme suyu veya tarım için kullanılan su miktarını veya taşkın sularının mevcut hacmini tanımlamaktadır (Brauman ve diğ., 2007). Su sağlama hizmeti için su miktardaki artış daha faydalı olarak değerlendirilirken; su düzenleme için, azalan su miktarı daha faydalı olarak değerlendirilmektedir (Brauman ve diğ., 2007). Bu noktada bu iki ekosistem hizmeti arasındaki farklılık açıkça ortaya çıkmaktadır.

Bu ekosistem hizmetlerinin değerlendirilmesinde ve haritalanmasında çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Ekosistem hizmetlerinin haritalanmasında açık kaynak kodlu kullanılan iki önemli program vardır bunlar; Ekosistem Hizmetleri Değerlemesi ve Ödünleşmelerin Entegresi (InVEST-Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs (Tallis ve diğ., 2013) ve Ekosistem Hizmetleri için Yapay Zeka (ARIES- Artificial Intelligence for Ecosystem Services (Villa ve diğ., 2011) isimli programlardır. Bu programlarda su sağlama ekosistem hizmetleri için kullanılan alan kullanımı, yükseklik, toprak ve yağış kriter seti olarak kullanılmaktadır. İklim, toprak, eğim, vejetasyon tipi, yaşı ve planlama uygulamaları, su kullanımının yönetiminde önemli rol oynamaktadır. Bu nedenle bölgeye özgü su hizmetlerinin değerlendirilmesinde belirtilen kriterlerin kullanılması tavsiye edilmektedir (Sandström, 1998).

### 2.1.3. Karbon Hizmeti

Milenyum Ekosistem Değerlendirmesi (MEA, 2005) tarafından ortaya koyulan raporda ekosistem hizmetlerinin insan refahı için önemini belgelenmekte ve ekosistem hizmetlerinin sürdürülebilirliğinin insan kaynaklı faaliyetler nedeni ile tehdit altında bulunduğunu göstermektedir (MEA, 2005). Atmosferdeki insan kaynaklı sera gazlarının artmasının temel nedeni fosil yakıtların kullanılması ve ormansızlaşma da dâhil olmak üzere arazi kullanımındaki değişimlerdir (IPCC, 2006). Ancak iklim değişikliklerindeki insan etkisini azaltmak için farklı seçenekler vardır. Bu seçeneklerden en belirgin ve en önemli olanı, insan kaynaklı emisyonları azaltmaktır. Arazi kullanımı ve arazi kullanımı değişikliği (tarımdan ormana veya meradan ormana dönüşüm gibi değişimler) ise karasal karbon havuzlarında karbonun depolanması ve fosil bazlı ürünler ve enerjinin kullanılmasıyla bu emisyonların azaltılmasına katkıda bulunulabilmektedir (Canadell ve Raupach, 2008).

Ormanlar mevcut ekosistemler içerisindeki önemli karbon rezervlerinden biridir (Houghton, 2007, Dixon ve diğ., 1994). Ormanlar küresel karbon döngüsünde önemli rol oynarlar ve aynı zamanda topluma çeşitli ekosistem hizmetleri sunarlar (Pan ve diğ., 2011). Rouget ve diğ. (2004) farklı arazi kullanım türlerine göre karbon depolama potansiyelini düşük (ör. Çöl), orta (ör. Otlak), yüksek (ör. Çalılık, Orman) olarak üç kategoride sınıflandırmıştır. He ve diğ. (2017) yaptıkları çalışmada Çin'de yapraklı ormanlarda depolanan karbon miktarının arttırılmasının mümkün olduğunu göstermişlerdir. Bu çalışmalar ile ormanların dünyanın önemli karbon rezervlerini oluşturduğu ve aynı zamanda bu rezervlerin arttırılma potansiyeli bulunduğu kanıtlanmıştır.

Son zamanlarda yapılan bir dizi çalışma ile depolanmış karbon (Chan ve diğ., 2006a, Egoh ve diğ., 2008, Reyers ve diğ., 2009, Raudsepp-Hearne ve diğ., 2010a, Deng ve diğ., 2011, Liu ve diğ., 2014) ve yıllık depolanan karbon (Nelson ve diğ., 2009, Wang ve diğ., 2010, McGuire ve diğ., 2001, Raudsepp-Hearne ve diğ., 2010a, Naidoo ve diğ., 2008, Vihervaara ve diğ., 2010, Chen ve diğ., 2003) için karbon ekosistem hizmetleri haritaları oluşturulmuştur. Bu çalışmalar ile küresel, bölgesel ve ulusal ölçekte karbonun ekolojik ve ekonomik değerleri ile ilgili sonuçlar elde edilmiş ve karbon ekosistem hizmetleri haritaları oluşturulmuştur. Reyers ve diğ. (2009) çalışmasında depolanmış karbonu 0-50, 50-150 ve 151-250 (ton $ha^{-1}$) üç sınıfa ayırmıştır. Baral ve diğ. (2013) depolanmış karbonu; yüksek karbon depolama potansiyeli, >250 ton $ha^{-1}$, orta karbon depolama potansiyeli, 50–250 ton $ha^{-1}$ ve düşük karbon depolama

potansiyeli, <50 ton $ha^{-1}$ olarak sınıflandırmıştır. Ancak bu sınıflandırmalar incelendiğinde karbon ekosistem hizmetleri ile ilgili henüz genel kabul görmüş bir sınıflandırmanın mevcut olmadığı anlaşılmaktadır.

### 2.1.4. Rekreasyon ve Görsel Etki Hizmeti

Kültürel ekosistem hizmetlerinin içinde en somut kültür hizmetini rekreasyon temsil etmektedir. (Plieninger ve diğ., 2013). Genel olarak rekreasyon denildiğinde orman içinde gerçekleştirilen çeşitli aktiviteler anlaşılmaktadır. Kamp alanları ve yüzme alanları (göl vs.) boş zamanların değerlendirilmesi için popüler rekreasyon noktalarıdır (Plieninger ve diğ., 2013). Ayrıca yürüyüş, binicilik, yüzme, yabani ot ve mantar vb. toplama, avcılık gibi altı rekreasyonel kullanım çok sık yapılmaktadır. Ancak ülkemiz için de aynı durum söz konusu olmakla birlikte, rekreasyon denildiğinde öncelikle piknik aktivitesi ön plana çıkmaktadır. Genellikle bu gibi aktiviteler açık hava rekreasyonu altında değerlendirilmektedir. Örneğin Kuzey Amerika'da da kır kayağı meşhur bir rekreasyon aktivitesidir (Bettinger ve Wing, 2004).

Rekreasyonun bölgesel kalkınmadaki rolü ve arazi kullanım planlaması üzerindeki etkileri, farklı teknikler kullanarak mekansal değerlendirme için çeşitli yaklaşımlarının oluşturulmasına yol açmıştır. Arazi uygunluk değerlendirme modeli çalışmalarının birçoğu rekreasyon uygunluğuna odaklanmaktadır. Caspersen ve Olafsson (2010) rekreasyon için uygun yer seçimi sorununu ele almak üzere "rekreasyona elverişli durum" yaklaşımını modern teknikler kullanarak uygulamışlardır. Curtis (2004) ve Nahuelhual ve diğ. (2013) rekreasyon potansiyelini tanımlamak için Delfi yöntemi ile rekreasyona elverişli durum yaklaşımını birlikte kullanmışlardır. Chan ve diğ. (2006b) alan kullanımı ve rekreasyon alanına olan mesafe kriterlerini kullanarak rekreasyon ekosistem hizmetini haritalandırmışlardır. Benzer şekilde, Martínez-Harms ve Balvanera (2012), Chan ve diğ. (2006b), Arriaza ve diğ. (2004) alan kullanımı ve rekreasyon alanına olan mesafe kriterlerini kullanarak rekreasyon potansiyeli belirlemişlerdir.

Destan ve Bekiroglu (2011) çalışmalarında özellikle klimatik kriterleri kullanarak çeşitli senaryolarda rekreasyon uygunluğu için ortalama katsayılar hesaplamıştır. Rekreasyon değeri ekolojik ve sosyal parametrelerden hesaplanabildiği gibi aynı zamanda ekonomik parametreler kullanılarak da hesaplanabilmektedir. Örneğin Bekiroglu ve diğ. (2015) çalışmalarında ekonometrik analizler kullanarak Belgrad Ormanı için rekreasyon değeri üretmiştir.

Chhetri ve Arrowsmith (2008) turistik yerlerin rekreasyon potansiyelini ölçen coğrafi bilgi sistemleri (CBS) tabanlı bir teknik kullanmışlardır. Bu teknik yardımıyla elde edilen verilere dayanarak ve anket verilerinin regresyon modellemesi kullanılarak görsel etki kriterini değerlendirmişlerdir. Bu çalışmanın sonucunda farklı kriterler aracılığıyla elde ettikleri haritaları üst üste çakıştırarak "rekreasyona elverişli durum" ortaya koymuşlardır. Genel olarak yukarıda bahsedilen çalışmalarda mekânsal bir "rekreasyon potansiyeli" modeli geliştirilmiştir. Rekreasyon potansiyeli belirleme yaklaşımını benimseyen araştırmacılar rekreasyon alanlarının erişilebilirliğini, yerleşim yerlerinden ve ana yollardan uzaklıkları ile ölçmüşlerdir (Chan ve diğ., 2006b, Nahuelhual ve diğ., 2013, Kliskey, 2000, Liu ve diğ., 2012, Caspersen ve Olafsson, 2010, Kienast ve diğ., 2012, Gimona ve van der Horst, 2007). Son olarak, Kliskey (2000) CBS'den elde edilen verilerle eğim, kapalılık ve rekreasyon alanına olan mesafe kriterlerine göre rekreasyonel arazi uygunluk endeksi yaklaşımında temel bileşen analizi (PCA) kullanmıştır. Mevcut diğer çalışmalar, rekreasyon potansiyelini haritalamak için turistik tesislere yakınlığı ve ziyaretçi sayısı gibi değişkenleri kullanmaktadır. Sonuç olarak, rekreasyona elverişli durum, taşıma kapasitesi, turizme elverişli durum veya son zamanlardaki adıyla rekreasyon uygunluğu dahil olmak üzere, açık hava rekreasyonu için alansal uygunluğun belirlenmesinde birçok yaklaşım geliştirilmiştir.

## 2.2. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME

Çok kriterli karar verme; tipik olarak hedefleri belirleme, hedefleri ölçmek için kriterleri seçme, alternatifleri belirleme, kriter ölçeklerini ölçülebilir birimler haline getirme, ağırlıkların göreceli önemlerini yansıtan kriterlere atma, alternatifleri sıralamak için matematiksel bir algoritmayı seçme ve bir alternatifi uygulama gibi karar süreçlerinden oluşmaktadır (Howard, 1991, Ananda ve Herath, 2009). Hajkowicz ve diğ. (2000) çok kriterli karar verme yöntemlerini, değerlendirilecek alternatiflerin niteliğine dayanan sürekli ve ayrık yöntemler olmak üzere iki ana grup altında sınıflandırmaktadır. Sürekli yöntemler, bir karar probleminde sonsuza kadar değişebilecek en iyi çözümü belirlemeyi amaçlamaktadır. Doğrusal programlama, hedef programlama ve aspirasyon tabanlı modeller gibi teknikler sürekli yöntemlere örnek olarak gösterilebilir (Ananda ve Herath, 2009). Ayrık çok kriterli karar verme yöntemleri, sınırlı sayıda alternatifi olan karar destek teknikleridir. Bu yöntem ile bir dizi hedef, kriter, alternatif sıralanmakta ve bu alternatifler değerlendirilmektedir. Ayrık yöntem,

alternatiflerin değerlendirilmesinde hedef ve kriterlerin ne kadar iyi tatmin edildiğini temel almaktadır (Hajkowicz ve diğ., 2000).

Değer ve fayda esaslı yaklaşımlar, tercihlerini oluşturmak için karar vericilere yardımcı olmak üzere matematiksel fonksiyonları kullanmaktadır. Çok özellikli değer teorisi (Multi-attribute value/utility theory (MAVT/MAUT) ve analitik hiyerarşi süreci bu konuda en yaygın kullanılan yaklaşımlardır. Saaty (1987) tarafından geliştirilen Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS), MAVT ile aynı paradigmayı kullanmaktadır (Ananda ve Herath, 2009). Bu doktora çalışmasında yararlanılan analitik hiyerarşi süreci ve orman amenajmanında optimizasyon teknikleri ayrıntıları ile aşağıda başlıklar halinde açıklanmıştır.

### 2.2.1. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS)

Alan uygunluk analizi için yapılan çalışmaların çoğunda, çok kriterli karar verme yaklaşımları kullanılmaktadır. Sıklıkla bu analiz için kullanılan kriterlerin çoğu ekonomik değerleri hesaba katmayan sosyal ve ekolojik parametrelere dayanmaktadır. Analitik hiyerarşi süreci, mekânsal çok kriterli karar verme analizinde en yaygın kullanılan yöntemlerden biridir (Kordi ve Brandt, 2012). Saaty (1990) karar probleminin çeşitli yönlerini tek bir amaç fonksiyonuna entegre eden ve amaç fonksiyonunun en büyük değeri olan bir alternatifin seçilmesini sağlayan "ikili karşılaştırma" yöntemini geliştirmiştir (Linkov ve diğ., 2004). Analitik hiyerarşi sürecinde önceliklendirme yapılırken nitel önlemleri ve maddi olmayan niteleyicileri hesaba katmak için ikili karşılaştırmalar ve uzman görüşleri kullanılmaktadır. Her bir kriterin göreceli önemi, bu yöntemle karar vericilerin öncelikleri dikkate alınarak belirlenmektedir. Bu nedenle bu çalışmada da kriterlerin ağırlığının belirlenmesinde analitik hiyerarşi süreci kullanılmıştır.

Toplam kriter sayısının n olduğu, nxn boyutundaki karşılaştırma matrisi (A) yardımıyla karar verici tarafından ikili karşılaştırmalar yapılmaktadır. i=1,2,3,…,n ve j=1,2,3,…,n olmak üzere, matris elemanları arasında $a_{ij}=1/a_{ji}$ ilişkisi bulunmakta olup, bu matrisin köşegeni üzerindeki matris elemanları i = j olduğu için, yani ilgili faktör kendisiyle karşılaştırıldığı için 1 değerini almaktadır (Saaty, 1990).

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ . & . & \dots & . \\ . & . & \dots & . \\ . & . & \dots & . \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

Kriterlerin birebir karşılaştırılmasında Saaty (1990) tarafından geliştirilen Tablo 2.2'deki önem ölçeği kullanılmaktadır. Karşılaştırma matrisi, kriterlerin birbirlerine göre önem seviyelerini göstermektedir.

**Tablo 2.2:** Önem ölçeği (Saaty, 1990)**.**

| Önem Değerleri | Değer Tanımları |
|---|---|
| 1 | Her iki kritere eşit öneme sahip olması durumu |
| 3 | 1. kriterin 2. kriterden daha önemli olması durumu |
| 5 | 1. kriterin 2. kriterden çok önemli olması durumu |
| 7 | 1. kriterin 2. kritere göre çok güçlü bir öneme sahip olması durumu |
| 9 | 1. kriterin 2. kritere göre mutlak üstün bir öneme sahip olması durumu |
| 2,4,6,8 | Ara değerler |

Kriterlerin ağırlıklarını belirlemek için, karşılaştırma matrisini oluşturan sütun vektörlerinden yararlanılarak C matrisi oluşturulur.

$$C = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2n} \\ . & . & \dots & . \\ . & . & \dots & . \\ . & . & \dots & . \\ c_{n1} & c_{n2} & \dots & c_{nn} \end{bmatrix}$$

C matrisinin değerlerinin hesaplanmasında 2.1 nolu denklem kullanılmaktadır.

$$c_{ij} = \frac{c_{ij}}{\sum_{i=1}^{n} c_{ij}} \tag{2.1}$$

Denklem 2.2 kullanılarak C matrisini oluşturan satır elemanlarının aritmetik ortalaması alınarak **ağırlıklar (W)** hesaplanmaktadır.

$$W_i = \frac{\sum_{j=1}^{n} c_{ij}}{n} \tag{2.2}$$

W vektörü;

$$W = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ . \\ . \\ . \\ w_n \end{bmatrix}$$

Bu aşamada Tutarlılık-Oranı (CR) belirlenmektedir. Analitik hiyerarşi süreci karar vericinin kriterler arasında yaptığı ikili karşılaştırmalara bağlı olduğundan, bu karşılaştırmalardaki tutarlılığın ölçülebilmesi imkânını sağlamaktadır. CR kriter sayısı ile **Temel Değer** adı verilen (λ) katsayının karşılaştırılmasına dayanmaktadır. λ'nın hesaplanması için öncelikle A karşılaştırma matrisi ile W ağırlıkların matris çarpımından D sütun vektörü elde edilmektedir (Saaty, 1990).

$$D = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ . & . & \dots & . \\ . & . & \dots & . \\ . & . & \dots & . \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ . \\ . \\ . \\ w_n \end{bmatrix}$$

Denklem 2.3'de görüldüğü gibi D sütun vektörü ile W sütun vektörünün karşılıklı elemanlarının bölünmesiyle **kriterlere ilişkin temel değer (E)** elde edilmektedir. Bu değerlerin aritmetik ortalaması (Denklem 2.4) ise karşılaştırmaya ilişkin **λ** değerini vermektedir. λ hesaplandıktan sonra Tutarlılık Göstergesi (CI), denklem 2.5 kullanılarak hesaplanmaktadır. CR ise denklem 2.6 kullanılarak hesaplanmaktadır. Denklem 2.6'da Standart Düzeltme Değerleri (RI) sabit değerlerdir ve kriter sayısına göre farklılık göstermektedir (Saaty, 1990).

$$E_i = \frac{d_i}{w_i} \qquad i = (1,2, \dots n) \tag{2.3}$$

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^{n} E_i}{n} \tag{2.4}$$

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} \tag{2.5}$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \tag{2.6}$$

### 2.2.2. Orman Amenajmanında Optimizasyon[1]

Orman amenajmanı planlama çalışmalarında genel olarak çok sayıda farklı optimizasyon tekniklerinden yararlanılmaktadır. Kullanılan bu teknikler yıllar içerisinde çeşitlenerek

[1] 2.2.2. Orman Amenajmanında Optimizasyon ile ilgili olan bölümden "Caglayan ve diğ. (2018). Taxonomy for the optimization in forest management: a review and assessment. Journal of the Faculty of Forestry-Istanbul University, 68(2), 122-135." makalesi yayınlanmıştır.

artmıştır. Bu nedenle çok sayıda çözüm alternatifleri orataya çıkmıştır. Bu gelişmeleri anlayabilmek ve yorumlayabilmek için, 2013-2016 yılları arasında yayınlanan makalelerin derlenmesiyle bir çalışma ortaya konulmuştur. Bu amaçla yayınlanan makaleler taranmış ve literatürde önemli görülen çalışmalar ayrıntılı olarak incelenmiştir. Bu çalışmanın sonucunda elde edilen bilgiler doğrultusunda konu ile ilgili genel bir değerlendirme yapılmıştır (Caglayan ve diğ., 2018b).

Konu ile ilgili literatürü değerlendirme sürecinde yapılan işlemler aşağıda detaylıca açıklanmıştır. Öncelikle, internet üzerindeki bilimsel makale taraması için Web of Science (https://webofknowledge.com) veri tabanında, anahtar sözcük olarak "optimization" ve "forest management" kelimesi birlikte geçen 1975-2016 yılları arasında toplam 339 makale tespit edilmiştir. Ancak 2013-2016 yılları arasında yayınlanan 127 makale incelenmiştir. 2013 yılı ve öncesi dönemlere ait derleme çalışmaları olduğundan dolayı son dört yıl içerisinde yapılan çalışmalar derlememize dâhil edilmiştir. "Optimization" ve "forest planning" şeklinde bir arama daha yapılmış ve 25 makale daha değerlendirmeye dâhil edilmiştir. Böylece toplam 152 makale üzerinde çalışılmıştır. Makalelerden 35 tanesi, ormanda genetik, ormansızlaşma, artım ve büyüme modeli, toprak, yaban hayvanları, orman transportu ve biyokütle gibi konularla ilgilidir. Bu çalışmaların birçoğunun özet kısmında orman amenajman planları yapılırken belirtilen hususların da dikkate alınması tavsiye edilmektedir. 6 makale ise İngilizce dışında bir dille yazıldığı ya da tam metnine ulaşılamadığı için değerlendirmeye dâhil edilememiştir. Bu nedenle 152 makalenin 41 tanesi değerlendirme dışı tutulmuş ve 111 makale tanımlanan sistematiğe göre sınıflandırılmıştır (Caglayan ve diğ., 2018b).

Sonuç olarak 111 makalenin %92'si araştırma makalesi olup %8'i literatür taraması şeklindedir. Araştırma makalelerinin ise yaklaşık % 80'i gerçek verilerle uygulama, % 5'i varsayımsal verilerle uygulama ve % 7'si hem gerçek hem de varsayımsal verilerle uygulama çalışmasıdır (Caglayan ve diğ., 2018b). 111 makale çalışma tipi, model yapısı, metodoloji, modelleme tipi, problem amaçları, problem seviyesi, problem tipi, plan tipi, orman yapısı gibi ana başlıkları altında sınıflandırılmış ve aşağıda Şekil 2.1'de verilmiştir.

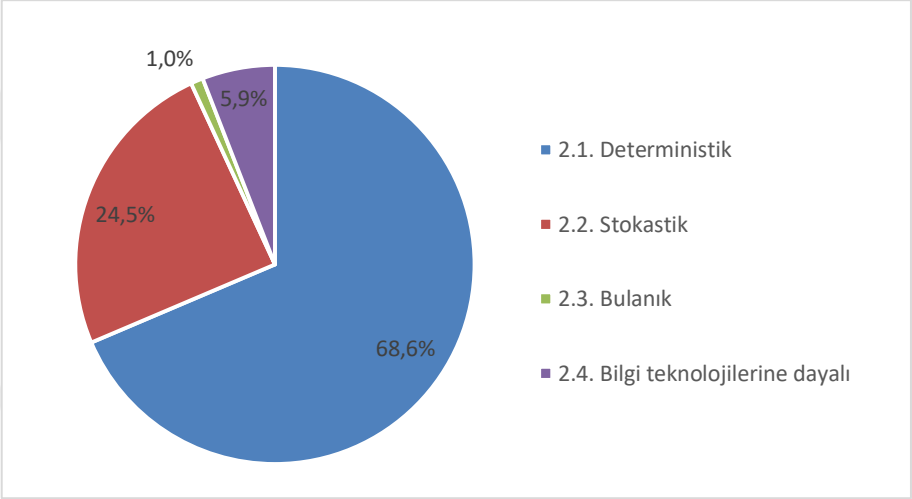
1. Çalışma tipi
    1.1. Varsayımsal verilerle uygulama
    1.2. Gerçek verilerle uygulama
    1.3. Derleme
2. Model yapısı
    2.1. Deterministik
    2.2. Stokastik
    2.3. Bulanık
    2.4. Bilgi teknolojilerine dayalı
3. Metodoloji
    3.1. Kesin yöntemler (Exact method)
    3.2. Sezgisel (Heuristics)
    3.3. Üstsezgisel (Metaheuristics)
    3.4. Yaklaşıklık algoritması (Approximation algorithm)
    3.5. Simülasyon
4. Modelleme tipi
    4.1. Doğrusal programlama
    4.2. Karışık tam sayılı doğrusal programlama
    4.3. Karışık tam sayılı doğrusal olmayan programlama
    4.4. Amaç programlama
    4.5. Stokastik programlama
    4.6. Tam sayılı doğrusal programlama
    4.7. Doğrusal olmayan programlama
    4.8. Dinamik programlama
    4.9. Bulanık programlama
    4.10. Diğer
5. Problem amaçları
    5.1. Amaç sayısı
        5.1.1. Tek amaçlı
        5.1.2. Çok amaçlı
    5.2. Ekonomik amaçlar
        5.2.1. Net bugünkü değerin maksimizasyonu
        5.2.2. Maliyet minimizasyonu
        5.2.3. Arazi beklenti değeri maksimizasyonu
        5.2.4. Toplam fayda maksimizasyonu
        5.2.5. Net gelir maksimizasyonu
        5.2.6. Gelir maksimizasyonu
        5.2.7. Kar maksimizasyonu
        5.2.8. İskonto edilmiş değer maksimizasyonu
        5.2.9. Risk değeri maksimizasyonu
        5.2.10. Diğer
    5.3. Ekonomik olmayan amaçlar
        5.3.1. Ekosistem hizmetlerinin maksimizasyonu veya minimizasyonu
        5.3.2. Ürün maksimizasyonu (mantar, hasat değeri…)
        5.3.3. Yıllık veya toplam karbon depolama maksimizasyonu
        5.3.4. Tür veya popülasyon sayısının maksimizasyonu
        5.3.5. Önceden tanımlanmış hedeflerden sapmaların minimizasyonu
        5.3.6. Diğer
6. Problem seviyesi
    6.1. Tek ağaç seviyesi
    6.2. Meşcere seviyesi
    6.3. Orman seviyesi
    6.4. Peyzaj seviyesi
7. Problem tipi
    7.1. Kesim planlama
    7.2. Genişletilmiş kesim planlama
    7.3. Risk
    7.4. Belirsizlikler
    7.5. Optimal idare süresi
    7.6. Alan kullanım optimizasyonu (optimal alan seçimi)
    7.7. Odun dışı orman ürünleri üretimi
    7.8. Optimal aralama
    7.9. Uyarlanabilir orman planlama
    7.10. Tedarik zinciri yönetimi
    7.11. Orman kalıntısı hasadı
    7.12. Gençleştirme modeli
    7.13. Kesilecek ağaç veya ağaç türü karışımının seçimi
    7.14. Restorasyon
8. Plan tipi
    8.1. Stratejik plan
    8.2. Taktik plan
    8.3. Operasyonel plan
9. Orman yapısı
    9.1. Aynı yaşlı
    9.2. Değişik yaşlı
    9.3. Plantasyon
    9.4. Baltalık
    9.5. Orman ve diğer arazi kullanımları
    9.6. Yaşı belli olmayan

**Şekil 2.1:** Orman amenajmanında optimizasyon çalışmalarının sınıflandırılması (Caglayan ve diğ., 2018b)**.**

Yayınların ülkelere göre dağılımı göz önüne alındığında ise 34 ülke arasından en fazla yayın yapan ülkelerin Finlandiya (27 adet) ve Amerika (26 adet) olduğu görülmektedir (Caglayan ve diğ., 2018b). Türkiye'de ise yayın açısından bakıldığında belirtilen dönemde planlamada optimizasyon konusunda 4 adet uluslararası indeksli yayın yapıldığı belirlenmiştir (Caglayan ve diğ., 2018b). Ancak yalnızca Türkiye'de değil dünya da orman amenajman uygulamalarında

simülasyon ve optimizasyonun yaygın olarak kullanılmadığı görülmektedir (Jin ve diğ., 2016). Türkiye'de orman planlamada çalışmalarında (Zengin, 2010), (Karahalil, 2009) tarafından optimizasyon konuları çalışılmıştır.

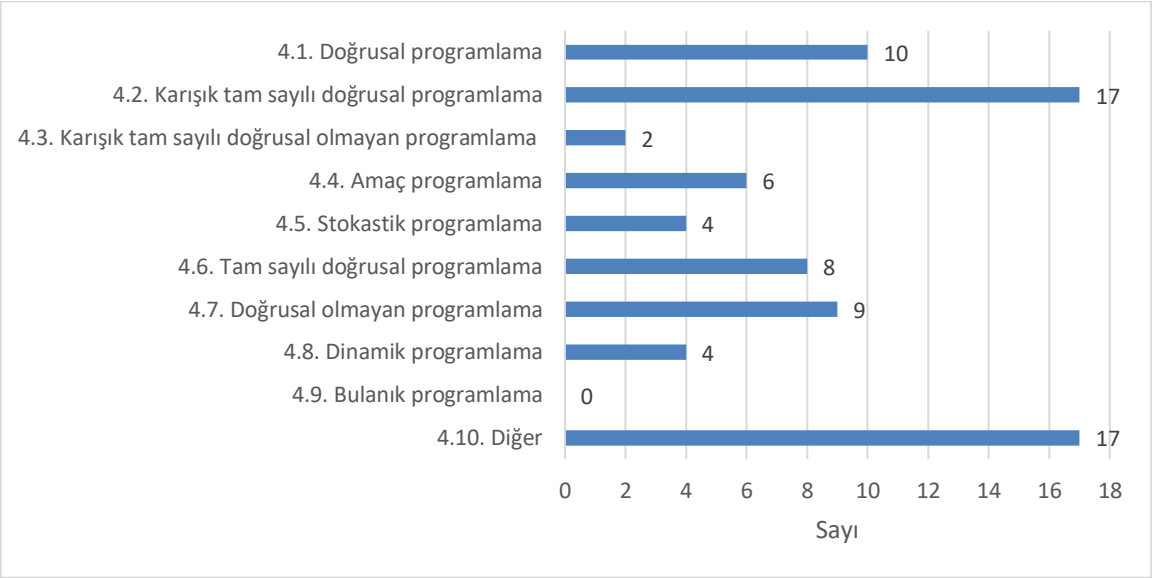
Şekil 2.2'de modelleme tipine göre yapılan sınıflandırmada deterministik modellerin (%68.6) çoğunlukta olduğu görülmekte ve sırasıyla stokastik (%24.5), bilgi teknolojilerine dayalı (%5.9) ve bulanık (%1) modeller takip etmektedir (Caglayan ve diğ., 2018b). Buna göre hem deterministik hem de stokastik modeller ile yapılan çalışmaların ağırlıklı olduğu sonucuna varılmaktadır.




**Şekil 2.2:** Modelleme çeşidine göre sınıflandırılması.

Söz konusu makalelerde kullanılan metodolojilere bakıldığında, optimizasyon modelleri için veri oluşturmak amacıyla kullanıldığından dolayı simülasyon en çok başvurulan yaklaşımdır. Simülasyon kullanılan 39 çalışma tespit edilmiş ve diğerleri ise sırasıyla 16 çalışma ile üstsezgisel, 10 çalışma ile sezgisel, 8 çalışma ile kesin yöntemler ve 1 çalışma ile yaklaşıklık algoritması metodolojileridir. Bu çalışmalarda kullanılan simülatörler GAYA (Borges ve diğ., 2016), SİMO (Eyvindson ve Cheng, 2016), YAFO (Hartl ve diğ., 2016), MELA (Lappi ve Lempinen, 2014) ve MOTTİ'dir (Peura ve diğ., 2016). Benzetimli tavlama, genetik algoritmalar ve tabu arama algoritması, orman yönetimi optimizasyon çalışmalarında yaygın olarak uygulanan üstsezgisel yöntemlerdir. İncelenen makaleler içerisinde birkaç makale, hesaplama performansını ve çözüm kalitesini iyileştirmek için iki ya da üç metodolojiyi birlikte kullanan hibrit algoritmaları kullanmaktadır.

Ormanların kesim planlama problemlerini tanımlamak için kullanılan yöntemlere bağlı olarak, matematiksel programlama tekniklerinden karışık tamsayılı programlama kullanılmaktadır (Dong ve diğ., 2015). Şekil 2.3'te yayınların kullanılan modelleme tipine göre dağılımına bakıldığında son dört yılda en fazla karışık tam sayılı doğrusal programlama (17 adet) ve Doğrusal Programlama kullanıldığı (10 adet) görülmektedir. Bunları sırasıyla; Doğrusal olmayan programlama (9 adet), Tam sayılı doğrusal programlama (8 adet), Amaç programlama (6 adet), Dinamik programlama (4 adet), Stokastik programlama (4 adet), Karışık tam sayılı doğrusal olmayan programlama (2 adet), Bulanık programlama (0), birçok farklı programlama yöntemi kullanılan diğer (17 adet) çalışmalar takip etmektedir.




**Şekil 2.3:** Yayınların kullanılan modelleme tipine göre dağılımı (Caglayan ve diğ., 2018b)**.**

Problem amaçlarına göre sınıflandırmaya bakıldığında, tek amaçlı problemler değerlendirilen makalelerin % 81,4'ünü temsil etmektedir. Geri kalan diğer problemler ise çok amaçlıdır. Ormancılıkta planlama çoğunlukla odun üretimini hedefleyen tek bir amaca odaklanmaktadır. Ancak toplumun ormanlardan çeşitli beklentileri bulunmaktadır. Diğer bir ifadeyle, paydaş sayısının artmasıyla orman planlamasından beklenen hedeflerin çeşitliliği de artmaktadır. Bu gelişmeler, aynı anda birkaç hedefin optimize edildiği çok amaçlı planlama konusunda daha fazla araştırmaya ihtiyaç olduğunu göstermektedir.

Son zamanlarda toplumun ormana bakış açısındaki değişimlere rağmen, dünyanın birçok ülkesinde orman amenajman planları uzun zamandır üretim ve ekonomik kaygılar üzerine odaklanmaktadır (Dong ve diğ., 2015). Yapılan derlemede ekonomik amaçlar arasında en fazla

net bugünkü değerin (NBD) maksimizasyonuna (30 adet) odaklanılmış olması bu görüşü doğrulamaktadır (Tablo 2.3). Günümüzde ormanların ekolojik işlevleri (iklim düzenleme, su sağlama, görsel etki) üzerinde artan bir farkındalık oluşmaktadır (Dong ve diğ., 2015). Bu farkındalık sonucunda orman planlanmasında yeni gelişmelere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle son zamanlarda ormanların ekonomik işlevlerinden ziyade ekonomik olmayan amaçlarının da dikkate alındığı görülmektedir (Tablo 2.3).

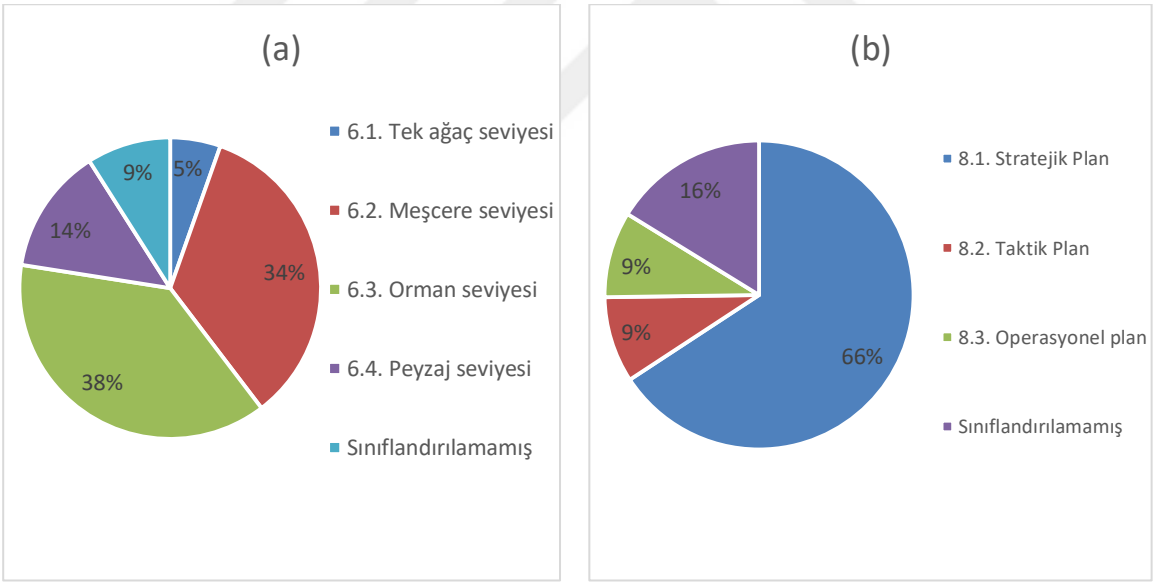
**Tablo 2.3:** Model amaçlarının ekonomik ve ekonomik olmayan amaçlara göre dağılımı (Caglayan ve diğ., 2018b).

| 5.2. Ekonomik amaçlar | **Sayı** |
|---|---|
| 5.2.1. Net bugünkü değerin maksimizasyonu | 30 |
| 5.2.2. Maliyet minimizasyonu | 8 |
| 5.2.3. Arazi beklenti değeri maksimizasyonu | 5 |
| 5.2.4. Toplam fayda maksimizasyonu | 3 |
| 5.2.5. Net gelir maksimizasyonu | 3 |
| 5.2.6. Gelir maksimizasyonu | 3 |
| 5.2.7. Kar maksimizasyonu | 4 |
| 5.2.8. İskonto edilmiş değer maksimizasyonu | 5 |
| 5.2.9. Risk değeri maksimizasyonu | 4 |
| 5.2.10. Diğer | 18 |
| 5.3. Ekonomik olmayan amaçlar | |
| 5.3.1. Ekosistem hizmetlerinin maksimizasyonu veya minimizasyonu | 3 |
| 5.3.2. Ürün maksimizasyonu (mantar, hasat değeri…) | 16 |
| 5.3.3. Yıllık veya toplam karbon depolamam maksimizasyonu | 5 |
| 5.3.4. Tür veya popülasyon sayısının maksimizasyonu | 3 |
| 5.3.5. Önceden tanımlanmış hedeflerden sapmaların minimizasyonu | 4 |
| 5.3.6. Diğer | 15 |

Planlamanın problem seviyelerine göre sınıflandırmalarına bakıldığında, tek ağaç, meşcere, orman ve peyzaj seviyesinde ele alınmaktadır. Tek ağaç seviyesinde optimizasyon, değer artışı sağlaması beklenen ağaçların seçilerek alanda bırakılması ve aynı zamanda çıkarılacak ağaçların belirlenmesi ile ilgilidir (Vauhkonen ve Pukkala, 2016). Meşcere seviyesinde optimizasyon ile, her meşcerenin isteğine göre idare süresi uzunluğu (aynı yaşlı ormanlar için), aralama problemi (aynı yaşlı, değişik yaşlı), meşcere yoğunluğunun (sıklık) planlanması gibi, problemler modellenmektedir (Kaya ve diğ., 2016). Orman seviyesinde yapılan planlamada kısıtlar önemlidir. Bunlar; alan kontrol, kesilecek alan büyüklüğü (ARM), kesilecek alanların

komşuluk ilişkileri (URM), hacim kontrol, minimum kesim miktarlarıdır (Kaya ve diğ., 2016). Peyzaj seviyesinde optimizasyon ise orman alanlarının yanı sıra diğer arazi kullanımlarının da planlama problemine dahil edilerek modellenmesidir (Şekil 2.4a).

Planlamacılar, örneğin korunan alanların nerede ve ne zaman kurulacağı, hangi alanların rekreasyon amaçlı kullanılacağını, ormana erişim yollarının ne zaman ve nerede olacağını belirten stratejik, taktik ve operasyonel planların geliştirilmesi ve uygulanmasından sorumludur (Kuhlmann ve diğ., 2015a). Zamana göre bir sınıflandırma yapıldığında plan tipleri stratejik, taktik ve operasyonel olmak üzere üç başlık altında değerlendirilmektedir. Stratejik (uzun vadeli) planlama, plan ufku 10 yılı aşan, taktik (orta vadeli) planlama, plan ufku 2 ila 10 yıla kadar uzanan, operasyonel (kısa vadeli) planlama, plan ufku 1 yıla kadar uzanan, bir ay veya daha kısa süreler için hazırlanmaktadır (Nobre ve diğ., 2016). Bu derleme sonucunda makalelerin planlama ufukları tespit edilmiş ve %66 oranında stratejik planlama modeli kurulduğu görülmüştür (Şekil 2.4b).

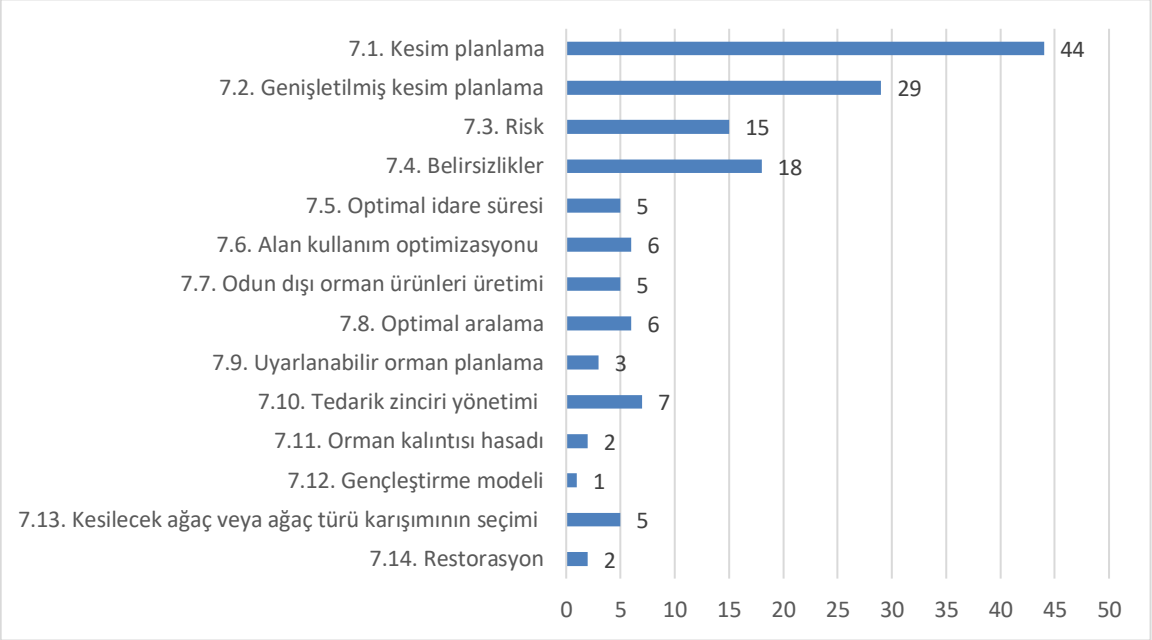



**Şekil 2.4:** Problem seviyesinin dağılımı (a) ve yayınların plan süresine göre dağılımı (b) (Caglayan ve diğ., 2018b)**.**

Şekil 2.5'de taranan makalelerin problem tiplerine göre dağılımı gösterilmektedir. Zamansal ve mekânsal kısıtlamalar göz önüne alınarak yapılan hasat planlamasında, en çok çalışılan problem kesim planlama problemidir (Baskent ve diğ., 2014, Borges ve diğ., 2016). Bu derleme çalışmasında da kesim planlama problemlerinin en çok çalışılan konular arasında yer aldığı görülmektedir. Makalelerin çoğunluğunda (% 65.8) ya klasik veya genişletilmiş kesim

planlama problemlerini incelenmiştir. Belirsizliklerle başa çıkmak da orman planlamasında çok önemli problemler arasındadır. Bu tip problemlerde büyüme modellerinin deterministik olduğu varsayılmaktadır (Eyvindson ve Cheng, 2016). Doğal bozulma süreçlerindeki belirsizlikler, orman kaynaklarının toplanmasının ve işlenmesinin gelecekteki maliyeti, satılacak orman ürünlerinin fiyatları ve sosyal tercihler orman yönetimini çok daha karmaşık hale getirmektedir (Kuhlmann ve diğ., 2015b). Bu nedenle, son yıllarda belirsizlikleri dikkate alan bir orman yönetimi planlaması ile ilgili çalışmaların sayısı artmaktadır (Kuhlmann ve diğ., 2015b). Yapılan makale taramasında kesim planlama problemlerinden sonra en çok risk ve belirsizliklerle ilgili yapılan çalışmaların çok sayıda olması bu çıkarımı desteklemektedir (Şekil 2.5).

Odun hammaddesini biyoenerji kaynağı olarak kullanan ülkelerde ağaçların kesiminden sonra, yakacak odun, dal parçaları, ağacın tepe kısımları ve ticari olarak değerlendirilemeyecek kesim artıkları ormanda kalmaktadır. Bu kesim artıkları biyoenerji için toplanarak değerlendirilmektedir. Ancak bu işlem, karbon depolarının azalmasıyla sonuçlanmaktadır. Ormanda kesim artıklarının çıkarılmasından kaynaklanan karbon kaybının telafi edilmesi için mali olarak uygun bir yönetim planının oluşturulması önerilmektedir (Repo ve diğ., 2015). Ancak Caglayan ve diğ. (2018b) tarafından yapılan derleme çalışmasında, kesim artıklarının toplanması yani "orman kalıntısı hasadı" en az çalışılan konulardan biri olarak belirlenmiştir. "Uyarlanabilir orman planlama" problemine örnek olarak habitat mevcudiyeti ve ormanların ekonomik değerlerini üretme potansiyeli birlikte incelendiğinde, bir miktar ekonomik kayıpla habitat mevcudiyetinin önemli ölçüde iyileştirilebileceği sonucuna varılmaktadır (Monkkonen ve diğ., 2014). Orman bir ekosistem olarak ele alınarak planlandığında, planlama, birçok ülkede kesim ve dikime dayalı ormancılık faaliyetlerinin azaltılması ve devamlı orman işletmeciliğinin arttırılması eğilimindedir (Pukkala ve diğ., 2014).




**Şekil 2.5:** Yayınların problem tipine göre dağılımı (Caglayan ve diğ., 2018b).

Planlamanın "orman yapısına" göre sınıflandırmalarına bakıldığında, orman yapısı sadece 83 makalede belirtilmiş ancak diğer makalelerde orman yapısı ile ilgili bir bilgi verilmemiştir. Aynı yaşlı ormanlar çalışmaların % 56,5'ini, değişik yaşlı ormanlar ise % 8.2'si oluşturmaktadır. Çalışmaların % 16.5'inde plantasyonlar, % 1.2'sinde baltalıklar, % 3.5'inde diğer arazi kullanımları ve % 1.2'sinde ise yaşı belli olmayan ormanlar (any-aged) üzerinde çalışılmıştır. Aynı yaşlı ormanların en çok çalışılan orman yapısı olmasının nedeni karar verme sürecinin çok daha kolay olmasından ve değişik yaşlı ormanlara göre yapı ve kuruluşlarının karmaşık olmamasındandır.

## 2.3. KATILIMCILIK

Farklı görüşleri incelemek ve öncelikler üzerinde fikir birliğine varabilmenin bir yolunu bulmak için genellikle katılımcı yaklaşım önerilmektedir. Katılımcıların tanımlanması ve sınıflandırılması çok geniş kapsamlı olarak ele alınmaktadır. Bu konu ile ilgili Sarkissian ve diğ. (1997) çevresel kararlar için tipik paydaş gruplarını aşağıdaki şekilde sınıflandırmıştır. Bunlar; müşteri grubu, endüstri, kamu, politikacılar, devlet kurumları, yerel ajanslar, yerel konseyler, iş insanı, medya ve topluluk aktivistlerinden oluşmaktadır. Raum (2018), paydaş gruplarını ekosistem hizmetleri konusundaki çıkarlarına göre sınıflandırmıştır. Bu sınıflandırma devlet, ticari, sivil toplum kuruluşları (STK), yatırımcılar, profesyonel kuruluşlar,

bilim ve eğitim kurumları, orman sahipleri, topluluklar ve bireyler şeklinde sıralanmaktadır. Her ne kadar farklı sınıflandırmalar yapılsa da katılımcı gruplar toplumun ya da yönetimin geleneksel yaklaşımlarına ve hitap ettiği kitlelere göre farklılık göstermektedir. Ormanların planlanmasında birçok ülkede katılımcı planlama yaklaşımı dikkate alınmaktadır. Bunun en büyük nedeni ormanların farklı kişi ve kurumlara ait olması ve görüşlerin ortak bir paydada birleştirilebilme arzusudur.

Literatürde ekosistem hizmetlerinin önemini belirlemek için grup karar verme tekniklerinin kullanıldığı ve katılımcı yaklaşımın entegre edildiği bir dizi çalışma bulunmaktadır. İncelenen bir sistemdeki paydaşları tanımlamak için uzman görüşü (expert opinion), odak grupları (focus groups), yarı yapılandırılmış görüşmeler (semi-structured interviews), kartopu örneklemesi (snowball sampling) veya bu yöntemlerin bir kombinasyonu kullanılabilmektedir (Reed, 2008, Reed ve diğ., 2009). Örneğin Raum (2018), ekosistem hizmeti araştırmalarında paydaş girdilerinin sistematik olarak uygulanması için bir yaklaşım önermektedir. Palacios-Agundez ve diğ. (2013), katılımcı metotları içeren bir anket ve çalıştay oluşturmak ve planlama için senaryolar sunmak için Dünya Kafe (World Cafe) metodolojisini kullanmıştır. De Meo ve diğ. (2018), orman planlayıcılarına sunulan bir anketi kullanarak paydaşların orman ekosistem hizmeti ile ilgili görüşlerini ve tercihlerini analiz etmişlerdir. Delfi birçok ekosistem hizmeti çalışmalarında kullanılan bir yöntemdir. Örnek olarak; Scolozzi ve diğ. (2012) ekosistem hizmetlerinin önemini belirlemek için Delfi tabanlı arazi kullanım potansiyelini tahmin eden bir çalışma sunmuşlardır. Filyushkina ve diğ. (2018) Delfi yöntemini kullanarak beş potansiyel orman yönetim rejiminin biyolojik çeşitliliğin ve yaban hayatının korunması üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Biz bu çalışmada Delfi yönteminden yararlandığımız için bu yöntem ayrı başlık altında incelenmiştir.

### 2.3.1. DELFİ Yöntemi

Delfi, grup iletişim sürecinin yapılandırılması için bir yöntem olarak karakterize edilmektedir (Okoli ve Pawlowski, 2004). Delfi yöntemi süreci, bir grup bireyin, karmaşık bir problemle başa çıkabilmesi konusunda etkilidir (Okoli ve Pawlowski, 2004). Delfi süreci için iki belirgin yaklaşım bulunmaktadır (Linstone ve Turoff, 1975). En yaygın olarak kullanılan yaklaşım "Delfi alıştırması" (Delphi Exercise) olarak adlandırılan kâğıt-ve-kalem (Paper-and-pencil) versiyonudur. Bu yaklaşım da, küçük bir yürütücü ekibi, daha geniş bir katılımcı grubuna gönderilen anketi tasarlamaktadır. Anket monitör ekibe geri gönderildikten sonra, ekip

sonuçları özetlemekte ve sonuçlara göre, ortak bir karara varılamamışsa, katılımcı grup için anket doldurma işlemi yenilenmektedir (Linstone ve Turoff, 1975). Diğer bir anlatımla katılımcı gruba, genellikle, grup yanıtının incelenmesine dayanarak orijinal cevaplarını yeniden değerlendirmek için en az bir fırsat verilmektedir.

Delfi yönteminde ikinci yaklaşım ise daha yeni olan "Delfi konferansıdır". Bu ikinci yaklaşımda bilgisayar programları kullanılarak grup sonuçları ekrana yansıtılmakta ve her bir anket turunu özetlemenin yol açtığı gecikme ortadan kaldırılmaktadır (Linstone ve Turoff, 1975). Delfi alıştırması ile konferansı arasında çok ciddi bir ayrım bulunmadığından ikisi birlikte Delfi yöntemi olarak da adlandırılmaktadır.

Delfi uygulamasının adımları Fowles (1978) tarafından en sade şekilde tanımlanmış ve aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

1. Verilen bir konuda Delfi adımlarını yürütmek ve izlemek için bir yürütücü ekibin oluşturulması.
2. Toplantıya katılmak için bir veya daha fazla panelin seçilmesi. Geleneksel olarak, panelistler ele alınan konu hakkında uzman olmalıdırlar.
3. İlk tur Delfi anketinin geliştirilmesi
4. Anketin test edilmesi (örn. belirsizlikler)
5. İlk anketlerin katılımcılara iletilmesi
6. İlk tur anket cevaplarının analizi
7. İkinci tur anketlerin hazırlanması (ve olası testler)
8. İkinci tur anketlerin katılımcılara iletilmesi
9. İkinci tur yanıtlarının analizi (7 ile 9 arasındaki adımlar, sonuçlarda kararlılık elde etmek için arzu edildiği veya gerekli olduğu sürece tekrar edilebilmektedir.)
10. Delfi yöntemi sonuçlarını sunmak için analiz ekibi tarafından bir rapor hazırlanması

Yukarıda sıralanan Delfi adımlarının gerçekleşebilmesi için bazı koşulların yerine getirilmesi gerekmektedir (Fowles, 1978) . Bu gereklilikler aşağıda sıralanmıştır.

1- Yürütücü ekip en az iki kişiden oluşmalı, problem çözme ve editöryal yeteneklere sahip olmalıdır. Böylece biri diğerini kontrol edebilmelidir.

2- İlk tur anketini geliştirmek için bir ay veya daha fazla süreye ihtiyaç bulunmaktadır.

3- Her anket için katılım sürecinde yer almayan bir iş arkadaşına ön test yapılmalıdır. Bu işlem kafa karıştırıcı bir şekilde ifade edilen öğeleri tanımlamak ve yeniden yapılandırmak için önemlidir.

4- Bileşik ifadelerin oylanmasından kaçınmak için, "A ve B doğruysa" sorusu iki ayrı soru olarak ayrılmalıdır. Başka bir ifadeyle, eğer cevaplar içerisinde iki şıkta doğruysa iki ayrı soru olarak sorulması uygundur.

5- Delfi tekniğinde ardışık anketler uygulanmaktadır. Anketlerin istatistiksel analizi tamamlandıktan sonra, analiz sonuçları, yani anketi yanıtlayanların genel eğilimleri bir sonraki anketle birlikte katılımcılara iletilmektedir.

## 2.4. SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA AMAÇLARI

Sürdürülebilir kalkınma amaçları, Birleşmiş Milletler (BM) üye devletleri tarafından uluslararası toplumun sürdürülebilir kalkınmaya yönelmesi için rehber olarak önerilmiştir (Le Blanc, 2015). Su, sağlık ve gıda, iklim, biyolojik çeşitlilik ve sürdürülebilir arazi kullanımına odaklanan sürdürülebilir kalkınma amaçlarına ulaşmada ormanlar önemli bir rol oynamaktadır (NYDF, 2018). Böylece ormanlar sürdürülebilir kalkınma amaçlarına katkıda bulunabilecek çok çeşitli ekosistem hizmetleri sunmaktadır (De Jong ve diğ., 2018).

Çevreyi korurken, aynı zamanda insanların refahını arttırmak zamanımızın en önemli küresel sorunlarından birisidir. Çevreyi korurken aynı zamanda çevrenin sunduğu imkânlardan yararlanma talebinin giderek artması Birleşmiş Milletler sürdürülebilir kalkınma amaçlarının belirlenmesine neden olmuştur. Bu sorun aynı zamanda Milenyum ekosistem hizmetleri (Assessment, 2005) tarafından da ele alınmış ve orman ekosistemlerinin insana sağladığı faydaları içeren ana amaçlar aşağıda gibi sıralanmıştır. Bunlar;

- Koruma (Security):Kişisel korunma, kaynaklara erişim güvenliği, hastalıklardan korunma vb.
- İyi yaşam için temel maddeler (Basic material for good life); Geçimini sağlama, Barınak olma, vb.
- Sağlık (Health); İyi hissetmek, temiz havaya ve suya ulaşmak vb.

- İyi sosyal ilişkiler (Good social relations);Sosyal dayanışma, karşılıklı saygı vb.
- Seçme ve hareket özgürlüğü (Freedom of choice and action);

Bu çıkışla birlikte Birleşmiş milletler tarafından 17 temel sürdürülebilir kalkınma amaçları belirlenmiştir (SDG, 2015). Bu amaçlar aşağıdaki Tablo 2.4'de sıralanmıştır. Sürdürülebilir kalkınma amaçlarına ulaşabilmek için çeşitli çalışmalar da yapılmaya başlanmıştır (McFarlane ve diğ., 2019, Wood ve diğ., 2018). Wood ve diğ. (2018) geniş kapsamlı çalışmasında uzman görüşlerinden yararlanarak ekosistem hizmetlerinin insanlara sağladığı faydaları, sürdürülebilir kalkınma amaçları ile entegre etmiştir. Çalışmasının sonucunda 17 sürdürülebilir kalkınma amaçlarının 13 tanesinin orman ekosistemi ile ilişkisi olduğunu belirlemiştir.

**Tablo 2.4:** Sürdürülebilir kalkınma amaçları (SDG, 2015, UNDP, 2015)**.**

| SKA No | Açıklama | SKA No | Açıklama |
|---|---|---|---|
| SKA1 | Yoksulluğa son | SKA10 | Eşitsizliklerin azaltılması |
| SKA2 | Açlığa son | SKA11 | Sürdürülebilir şehirler ve topluluklar |
| **SKA3** | **Sağlık ve kaliteli yaşam** | SKA12 | Sorumlu tüketim ve üretim |
| SKA4 | Nitelikli Eğitim | **SKA13** | **İklim eylemi** |
| SKA5 | Toplumsal cinsiyet eşitliği | SKA14 | Sudaki yaşam |
| **SKA6** | **Temiz su ve sanitasyon (hijyen)** | **SKA15** | **Karasal yaşam** |
| SKA7 | Erişilebilir ve temiz enerji | SKA16 | Barış, adalet ve güçlü kurumlar |
| **SKA8** | **İnsana yakışır iş ve ekonomik büyüme** | SKA17 | Amaçlar için ortaklıklar |
| SKA9 | Sanayi, yenilikçilik ve alt yapı | | |

*Mavi renkte olan SKA'ları Wood ve diğ. (2018) tarafından ekosistem hizmetleri ile ilişkilendirilen SKA'larıdır.

Bu doktora çalışmasında Belgrad Ormanı özelinde belirlenen ekosistem hizmetleri Tablo 2.4'deki amaçlar arasından seçilmiştir. Seçilen bu amaçlar; Sağlık ve kaliteli yaşam, İklim eylemi, Temiz su ve sanitasyon, Karasal yaşam ve İnsana yakışır iş ve ekonomik büyüme olarak sıralanmıştır. Seçilen bu sürdürülebilir kalkınma amaçları çok sayıda alt amaçlardan oluşmaktadır. Wood ve diğ. (2018) bu alt amaçların sadece ekosistem hizmetini ilgilendiren kısımlarını dikkate almıştır. Bu doktora çalışmasında benzer şekilde aşağıda açıklanan alt amaçlar kullanılmıştır.

**SKA-3: Sağlık ve kaliteli yaşam (Good Health & Well-Being):** Her yaş için sağlıklı ve kaliteli yaşamın sağlanması.

- ✓ 2030'a kadar AIDS, tüberküloz, sıtma ve ihmal edilen tropikal hastalıkların salgınlarını sonlandırmak ve hepatit, **suyla bulaşan hastalıklar** ve diğer bulaşıcı hastalıklar ile mücadele etmek.
- ✓ 2030'a kadar**, bulaşıcı olmayan hastalıklardan** korunma ve tedavi yoluyla üçte bir erken ölüm oranını azaltmak ve ruh sağlığını iyileştirmek.
- ✓ 2030'a kadar, tehlikeli kimyasallar, hava, su, toprak kirliliği ve kirlenmeden kaynaklanan ölüm ile **hastalık sayısını önemli ölçüde azaltmak**.

**SKA-6: Temiz su ve sanitasyon (Clean Water & Sanitation):** Her bireyin suya erişiminin, su ve hijyen koşullarının sürdürülebilir yönetiminin sağlanması.

- ✓ 2030'a kadar herkes için güvenli ve **uygun fiyatlı içme suyuna** evrensel ve adil erişim sağlamak
- ✓ 2030 yılına kadar, kirliliği azaltarak, atıkların bertaraf edilmesini ve tehlikeli kimyasalların ve malzemelerin salınımını en aza indirerek, arıtılmamış atık suyun oranını yarı yarıya azaltarak ve geri dönüşümü büyük ölçüde artırarak ve dünya çapında güvenli bir şekilde yeniden kullanarak **su kalitesini iyileştirmek.**
- ✓ 2030'a kadar, tüm sektörler arasında su kullanım verimliliğini önemli ölçüde artırmak ve su kıtlığını gidermek ve su kıtlığından muzdarip insanların sayısını önemli ölçüde azaltmak, **tatlı su tedarikini sağlamak.**
- ✓ 2020 yılına kadar, dağlar, ormanlar, sulak alanlar, nehirler, yeraltı suları ve göller dahil **suyla ilgili ekosistemleri korumak.**

**SKA-8: İnsana yakışır iş ve ekonomik büyüme (Decent Work & Economic Growth)**: Kapsayıcı ve sürdürülebilir ekonomik büyümenin, tam ve üretken istihdam ve herkes için insana yakışır bir çalışmanın desteklenmesi.

- ✓ Yüksek katma değerli ve emek yoğun sektörlere odaklanarak, çeşitlendirme, teknolojik iyileştirme ve yenilik yoluyla daha **yüksek ekonomik verimlilik** düzeylerine ulaşmak.

- ✓ Tüketim ve üretimde 2030'a kadar küresel kaynak verimliliğini artırarak, gelişmekte olan ülkelerle birlikte, sürdürülebilir tüketim ve üretim konusundaki programların 10 yıllık çerçevesine uygun olarak, çevresel bozulmadan ekonomik büyümenin ayrıştırılması için çaba sarf etmek.
- ✓ 2030'a kadar, iş yaratan ve yerel kültür ve ürünleri kullanan **sürdürülebilir turizmi** teşvik etmek için politikalar tasarlamak ve uygulamak.

**SKA-13: İklim eylemi (Climate Action):** İklim değişikliği ve etkileriyle mücadele etmek için acil eylemde bulunmak.

- ✓ Bütün ülkelerde iklim kaynaklı tehlikelere ve doğal afetlere karşı dayanıklılık ve uyarlanabilir kapasitenin güçlendirilmesi.

**SKA-15: Karasal yaşam (Life on Land):** Karasal ekosistemlerin sürdürülebilir kullanımını korumak ve desteklemek, ormanları sürdürülebilir bir şekilde yönetmek, çölleşmeyle mücadele etmek, arazi bozulumunu durdurmak ve tersine çevirmek ve biyoçeşitlilik kaybını durdurmak.

- ✓ 2020 yılına kadar, karasal ve iç tatlısu ekosistemlerinin ve özellikle orman, sulak alan, dağ ve kuru alanlardaki hizmetlerinin uluslararası sözleşmeler kapsamındaki yükümlülüklere uygun olarak korunması, restorasyonu ve sürdürülebilir kullanımını sağlamak.
- ✓ Biyolojik çeşitliliği ve ekosistemleri korumak ve sürdürülebilir bir şekilde kullanmak için finansal kaynakları harekete geçirmek ve önemli ölçüde artırmak.
- ✓ Sürdürülebilir orman yönetimini finanse etmek için tüm kaynakların harekete geçirilmesi ve gelişmekte olan ülkelere koruma ve yeniden ağaçlandırma dâhil olmak üzere bu tür bir yönetimin desteklenmesi için yeterli teşvik sağlanması.
- ✓ Yerel toplulukların sürdürülebilir geçim olanaklarını sürdürme kapasitesini artırmak da dâhil olmak üzere, **korunan türlerin kaçakçılığı** ve insan ticareti ile mücadele çabaları için küresel desteğin geliştirilmesi.
- ✓ 2020 yılına kadar, tüm orman türlerinin sürdürülebilir yönetiminin uygulanmasını teşvik etmek, **ormansızlaşmayı durdurmak**, bozulmuş ormanları restore etmek ve ağaçlandırma ve ağaçlandırma faaliyetlerini dünya çapında arttırmak.

- ✓ 2030 yılına kadar, çölleşmeyle mücadele, **çölleşmeden, kuraklıktan ve sellerden etkilenen topraklar** da dâhil olmak üzere, bozulmuş arazi ve toprağa geri dönüş sağlamak ve arazi bozulumu olmayan bir dünyaya ulaşmak için çaba sarf etmek.
- ✓ 2030'a kadar, sürdürülebilir kalkınma için gerekli olan faydaları sağlama kapasitelerini arttırmak, dağ ekosistemlerinin biyolojik çeşitlilikleri de dâhil olmak üzere korunmasını sağlamak.
- ✓ Doğal yaşam alanlarının bozulmasını azaltmak, biyoçeşitlilik kaybını durdurmak ve 2020 yılına kadar tehdit altındaki türlerin yok oluşunu önlemek ve eylem planlarının yapılmasına destek olmak.
- ✓ 2020 yılına kadar, istilacı yabancı türlerin arazi ve su ekosistemleri üzerindeki etkisini önemli ölçüde azaltmak ve öncelik türlerini kontrol etmek veya ortadan kaldırmak için önlemler getirmek.

Sürdürülebilir kalkınama amaçlarının önemini ve ekosistem hizmetlerinin bu amaçlara nasıl katkıda bulunabileceğini tanımlamanın bir yolu, paydaşların bu konudaki görüşlerini ortaya çıkarmaktır. Paydaş analizi, çıkarları ve ilişkileri anlamaya odaklanmaktadır (Mitchell ve diğ., 1997). Ancak sürdürülebilir kalkınma amaçları ve ekosistem hizmetleri arasındaki ilişkiyi anlamak için öncelikle insanın sağlıklı ve kaliteli yaşamı ve ekosistem hizmetleri arasındaki ilişkiyi tanımlamamız gerekmektedir. Çünkü ekosistem hizmetlerinin sunulması doğrudan veya dolaylı olarak yaşam kalitesini arttırmaktadır (Díaz ve diğ., 2018). Aynı zamanda sürdürülebilir kalkınma amaçları ile kaliteli yaşam arasında da ilişki bulunmaktadır (Wood ve DeClerck, 2015). Bu nedenle, ekosistem hizmetleri ile ilişkili olabilecek ölçülebilir yaşam kalitesi belirleyicilerini tanımlamak önemlidir (Smith ve diğ., 2013). Bu bağlantıları belirlemek için bazı çalışmalar yapılmıştır. Örneğin, iklim değişikliği insan refahının ulaşılabilirliğini etkilemektedir (Nerini ve diğ., 2019). Ayrıca, ekosistem hizmetlerinin sürdürülememesi insanın yaşam kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir (Raudsepp-Hearne ve diğ., 2010b, Assessment, 2005, Wood ve DeClerck, 2015). Diğer taraftan, ekosistem hizmetleri arasından turizm (Unwto, 2015) ve eğitim (Vladimirova ve Le Blanc, 2016) sürdürülebilir kalkınma amaçlarına ulaşılmasına katkı sağlamaktadır. Bu nedenlerden dolayı sürdürülebilir kalkınma amaçlarına ulaşmak için ekosistem hizmetlerinin katkısının göz önünde bulundurulması gerekmektedir (Costanza ve diğ., 2016, Wood ve diğ., 2018). İnsan refahı ile ekosistem hizmetleri arasındaki ilişkiyi anlamak, ekosistem hizmetleri ile sürdürülebilir kalkınma amaçları arasındaki karşılıklı dinamikleri anlamaya yardımcı olmaktadır. Ancak, insanın kaliteli yaşamı, sürdürülebilir

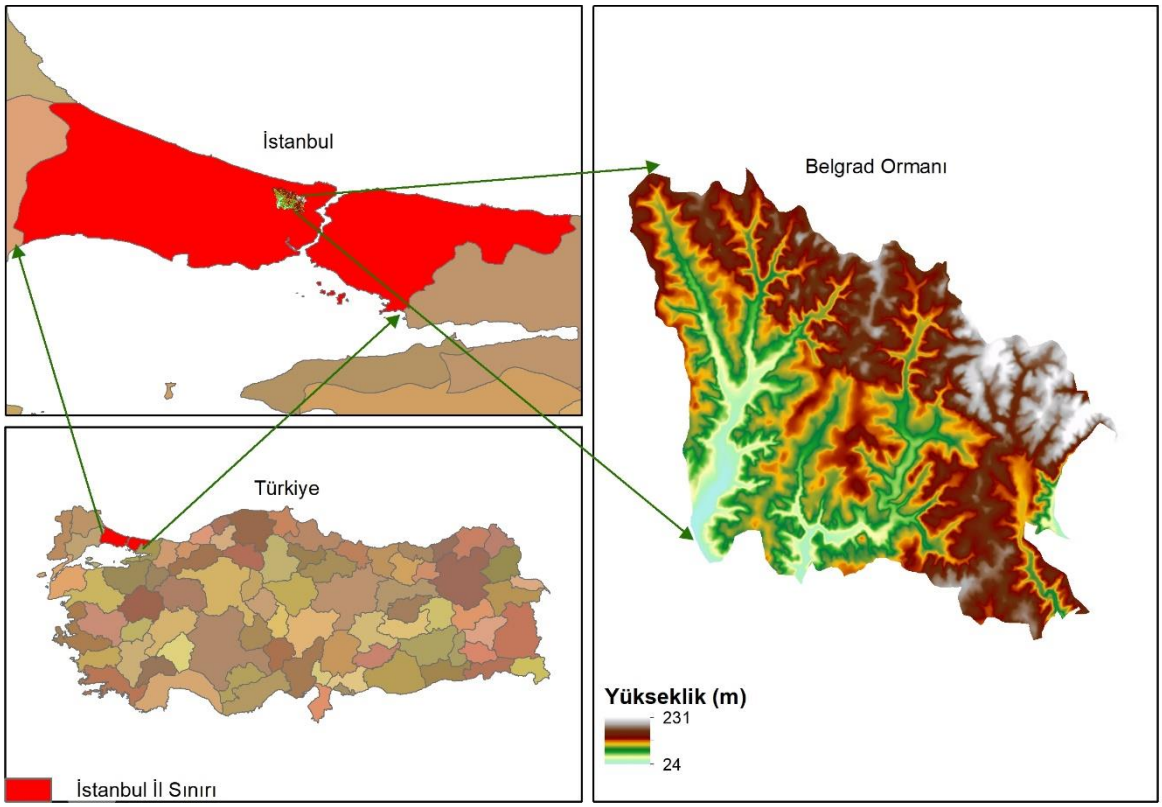
kalkınma amaçları ve ekosistem hizmetleri arasındaki üçgen bağlantıların daha iyi kavramsallaştırılması gerekli kılmaktadır. Ormancılık da sürdürülebilir kalkınma amaçlarına katkıda bulunmaktadır (Baumgartner, 2019, Mancini ve diğ., 2018).

# 3. MALZEME VE YÖNTEM

## 3.1. ÇALIŞMA ALANI

Çalışma alanı, İstanbul il sınırları içerisinde bulunan Belgrad Ormanı'nın 5660.3 hektarını kapsamaktadır (Şekil 3.1). Alanın en düşük rakımı 24 m ve en yüksek rakımı 231 m arasında değişmektedir. Çalışmada yararlanılan veriler, Orman Genel Müdürlüğü (OGM) tarafından 2012 yılında envanteri yapılan Bentler (Anon, 2012b), Kurtkemeri (Anon, 2012c) ve Atatürk Arboretumu (Anon, 2012a) İşletme Şeflikleri Orman Amenajman Planlarından elde edilmiştir. Bu veriler üç orman işletme şefliğinin birleştirilmesiyle oluşturulan Bentler; Kurtkemeri ve Atatürk Arboretumu'nu kapsamaktadır. 2012 dönemi için orman envanteri verileri, 300 m * 300 m aralık mesafe ile sistematik olarak plan ünitesine dağıtılan toplam 646 örnek alandan elde edilmiştir. Planlama prosedürü itibariyle, Belgrad Ormanı ağaç türleri karışımı, gelişim çağı ve kapalılık açısından homojen olarak kabul edilen meşcerelere ayrılmaktadırlar. Plan ünitesi içerisinde 102 meşcere tipi belirlenmiştir. Bazı meşcere tipleri birden fazla alanda temsil edildiğinden toplamda 1118 meşcere bulunmaktadır. Çalışma alanındaki hakim ağaç türleri kayın (*Fagus orientalis* Lipsky.), meşe (*Quercus* spp.) ve gürgendir (*Carpinus* spp.). Diğer türler kestane (*Castenea sativa* Miller.), kızılağaç (*Alnus* spp.), dişbudak (*Fraxinus* spp.), ıhlamur (*Tilla* spp.), akçeağaç (*Acer* spp.), yalancı akasya (*Robinia pseudoacacia* L.), kızılçam (*Pinus brutia* Ten.), karaçam (*Pinus nigra* Arnold.), sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), fıstık çamı (*Pinus pinea* L.) ve sahil çamı'dır (*Pinus pinaster* Ait.), göknar (Abies spp.), toros sediri (Cedrus libani A. Rich.) ve doğu ladini (Picea orientalis L. Link.). Çalışma alanında amenajman planlarında belirlenmiş 17 farklı ağaç türü bulunmaktadır (Tablo 3.1). Belgrad Ormanı'ndaki meşcerelerin yaklaşık olarak % 38'i yaşlı karışık meşcerelerden ve % 31'i orta yaşlı karışık meşcerelerden oluşmaktadır. Buradan Belgrad Ormanı'nın %69'unun karışık %31'inin saf meşcerelerden meydana geldiği görülmektedir.

Tablo 3.1'de, orman amenajman planlarından elde edilen verilere dayanarak çalışma alanındaki, ağaç türlerinin minimum, ortalama ve maksimum dikili kabuklu gövde hacimleri (DGH) ve artım değerleri verilmektedir.




**Şekil 3.1:** Çalışma alanı konumu (Caglayan ve diğ., 2020).

**Tablo 3.1:** Ağaç türlerinin minimum, ortalama ve maksimum dikili kabuklu gövde hacimleri ve artım değerleri.

| Meşceredeki ağaç türü | Min-DGH ($m^3\ ha^{-1}$) | Ort-DGH ($m^3\ ha^{-1}$) | Max- DGH ($m^3\ ha^{-1}$) | Min-Artım ($m^3\ ha^{-1}\ yr^{-1}$) | Ort-Artım ($m^3\ ha^{-1}\ yr^{-1}$) | Max-Artım ($m^3\ ha^{-1}\ yr^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Pinus brutia* Ten. | 20.38 | 62.70 | 97.06 | 1.28 | 3.92 | 6.01 |
| *Pinus pinaster* Ait. | 1.10 | 69.38 | 318.99 | 0.09 | 5.23 | 22.91 |
| *Pinus nigra* Arnold. | 0.39 | 74.86 | 189.63 | 0.03 | 4.68 | 12.09 |
| *Pinus sylvestris* L. | 1.28 | 56.03 | 174.87 | 0.08 | 3.24 | 9.55 |
| *Abies* spp. | 6.20 | 228.21 | 460.69 | 0.14 | 5.70 | 11.58 |
| *Cedrus libani* A. Rich. | 25.30 | 25.30 | 25.30 | 0.99 | 0.99 | 0.99 |
| *Picea orientalis* L. Link. | 25.74 | 25.74 | 25.74 | 1.14 | 1.14 | 1.14 |
| *Pinus pinea* L. | 30.67 | 66.66 | 142.26 | 1.84 | 3.88 | 8.16 |
| **Diğer ibreliler** | 18.30 | 18.30 | 18.30 | 0.65 | 0.65 | 0.65 |
| *Quercus* spp. | 0.16 | 109.23 | 405.08 | 0.01 | 1.61 | 5.65 |
| *Carpinus* spp. | 0.29 | 25.96 | 161.08 | 0.01 | 0.61 | 3.79 |
| *Castanea sativa* Miller. | 0.11 | 6.44 | 70.17 | 0.01 | 0.26 | 1.93 |
| *Fagus orientalis* Lipsky. | 0.18 | 104.41 | 391.54 | 0.01 | 1.42 | 6.07 |
| *Tilia* spp. | 0.38 | 16.27 | 83.08 | 0.02 | 0.72 | 4.43 |
| *Acer* spp. | 0.27 | 1.11 | 4.69 | 0.01 | 0.03 | 0.09 |
| *Alnus* spp. | 10.45 | 101.82 | 259.15 | 0.25 | 3.42 | 8.59 |
| *Fraxinus* spp. | 7.03 | 82.12 | 122.39 | 0.27 | 3.37 | 5.66 |
| *Robinia pseudoacacia* L. | 0.35 | 0.35 | 0.35 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| Diğer yapraklılar | 0.70 | 5.36 | 19.80 | 0.02 | 0.11 | 0.39 |

## 3.2. EKOSİSTEM HİZMETLERİNİN KATILIMCI YAKLAŞIM İLE MEŞCERELERE ATANMASI SÜRECİ[2]

Belgrad Ormanı'nındaki meşcerelere ekosistem hizmetlerinin atanmasında, paydaş değerleri ile çok kriterli karar verme analizi sürecinin bütünleştirilmesi, ekosistem hizmetlerinin haritalanması ve matematiksel optimizasyonunu içeren üç temel adım bulunmaktadır. Bu üç temel adımın daha iyi kavranabilmesi için Tablo 3.2 hazırlanmıştır.

**Tablo 3.2:** Ekosistem hizmetlerinin katılımcı yaklaşım ile meşcerelere atanması süreci.

| Adımlar | Tanımı | Kullanılan yöntemler |
|---|---|---|
| Adım 1 | Potansiyel Ekosistem Hizmetlerinin Belirlenmesi | Uzman görüşlerinin anket yoluyla toplanması |
| Adım 2 | Belirlenen Ekosistem Hizmetleri için Uygun Alanların Haritalanması Süreci | Veri analizi ve uzman görüşü |
| Adım 3 | Ekosistem Hizmetleri için Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarının Tanımlanması | Uzmanlarla görüşme |
| Adım 4 | Katılımcı Grupların Belirlenmesi | Uzman görüşlerinin anket yoluyla toplanması |
| Adım 5 | Her Sürdürülebilir Kalkınma Amacı için Ağırlıkların Tanımlanması | Delfi yöntemi ve ikili karşılaştırma |
| Adım 6 | Her Sürdürülebilir Kalkınma Amacına ekosistem hizmetinin katkısının belirlenmesi | Delfi yöntemi ve uzmanlarla görüşme |
| Adım 7 | Ekosistem Hizmetlerinin Meşcerelere atanması | Tam sayılı programlama |

Tablo 3.2'de yedi adımda verilen süreç aşağıda daha detaylı olarak açıklanmıştır.

### 3.2.1. Adım 1: Potansiyel Ekosistem Hizmetlerinin Belirlenmesi

Potansiyel ekosistem hizmetleri belirleme süreci, stratejik planlama açısından hem kamu kuruluşları hem de özel sektör firmaları için önem teşkil etmektedir. Çünkü ormanı planlayanlar aslında ormandan faydalanmayı düzenlemektedir. Ormandan faydalanma denilince akla orman ekosistemlerinin topluma sunduğu sayısız ürün ve hizmet gelmektedir. Ormanların sunduğu bu yararlar, ekosistem hizmetlerini veya orman fonksiyonları gibi genel bir başlık altında son zamanlarda bilim adamları tarafından sıkça tartışılmaktadır. Orman yöneticileri ve uzmanlar toplumun farklı ihtiyaçlarını dengelemeyi ve aynı zamanda nesiller boyunca ekosistemlerin

[2] 3.2. Ekosistem hizmetlerinin katılımcı yaklaşım ile meşcerelere atanması süreci ile ilgili olan bölümden "Caglayan, İ., Yeşil, A., Kabak, Ö., Bettinger, P. *Integrating Multiple Criteria Decision Analysis and Suitability Mapping for Participatory Ecosystem Services Assessment: A Case Study in Northwest Turkey*" makalesi üretilmiş ve Ecological Indicator dergisine gönderilmiştir henüz yayınlanmamıştır.

sürdürülebilirliğini hedeflemektedirler. Her iki kavramın özündeki yaklaşım aynıdır ve ormanın canlılara ve çevreye sunduğu ürün ve hizmetleri bir ana başlık altında toplamaktadır. Şüphesiz ki bir orman, aynı anda birçok hizmeti sağlayabilir veya birçok fonksiyonu yerine getirebilir. Ancak ormanların planlanması sürecinde ormanın sunduğu hangi fonksiyona talep varsa ya da ormanın sunduğu hangi fonksiyon ön plana çıkması gerekiyorsa planlama stratejileri ve kararları bu duruma göre şekillenecektir. Bundan dolayı çözüm için temel iki soruya cevap bulunması gerekmektedir. Bu sorular:

"*Uzmanlar bir ormanın sunduğu hangi ekosistem hizmetlerinin ön plana çıkartılmasının gerektiğini düşünmektedir?"*

*"Ormanın bu talep edilen hizmetleri yerine getirme potansiyeli nedir?"*

Bu cevapların elde edilmesi orman fonksiyonlarının ya da ekosistem hizmetlerinin tanımlanmasında büyük önem taşımaktadır.

Belgrad Ormanı ile ilgili potansiyel ekosistem hizmetlerinin belirlenmesinde Tablo 2.1'de sıralanan 24 ekosistem hizmeti için 31 uzmana[3] *"Belgrad Ormanı'nın planlanması ve işletilmesinde hangi fonksiyonlar öncelikli olarak değerlendirilmelidir?"* sorusu yöneltilmiştir. Bu soruya uzmanların 1-5 aralığında önem değeri vermeleri istenilmiştir (Tablo 3.3). Ekosistem hizmetleri için verilen puanların aritmetik ortalaması alınarak bir önceliklendirme yapılmıştır. Bunun sonucunda fonksiyonların önem düzeyi ortaya çıkmıştır.

**Tablo 3.3:** Ekosistem hizmetlerinin tanımlanmasında kullanılan önem değerleri.

| Önem değerleri | Değer tanımları |
|---|---|
| 1 | Kesinlikle bu ekosistem hizmeti göz önüne alınarak planlama yapılmamalı |
| 2 | Bu ekosistem hizmeti göz önüne alınarak planlama yapılmamalı |
| 3 | Bu ekosistem hizmeti göz önüne alınarak planlama yapılsa da olur yapılmasa da |
| 4 | Bu ekosistem hizmeti göz önüne alınarak planlama yapılmalı |
| 5 | Kesinlikle bu ekosistem hizmeti göz önüne alınarak planlama yapılmalı |

Bu sorulara göre yirmidört fonksiyonun uzmanlardan aldığı değerlere bakıldığında en fazla ağırlığa sahip ilk yedi fonksiyonun bu çalışmada dikkate alınmasına karar verilmiştir (Tablo

[3] 31 uzman içinden 29 uzman orman mühendisliği ve 2 uzman peyzaj mimarlığı bölümlerinden lisanslarını tamamlamışlardır. Uzmanlar içerisinden 10 uzman, Prof. Dr., 5 uzman Doç. Dr., 8 uzman Dr. Öğr. Üyesi ünvanları ile İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Orman Fakültesi'nde öğretim üyesi olarak görev almaktadır. Diğer 2 uzman Dr., ve 6 uzman Orman Yüksek Mühendisi ünvanlarına sahiptir.

3.4). Belgrad Ormanı'nda en fazla talep edilen hizmetler eğitim, kültür, görsel etki, su düzenleme, su sağlama, karbon ve rekreasyon hizmetleri olarak sıralanmıştır (Tablo 3.4).

**Tablo 3.4:** Uzmanlar tarafından belirlenen ekosistem hizmetlerinin puan sıralaması.

| Sıra | Ekosistem hizmetleri | Ortalama Önem puanları |
|---|---|---|
| 1 | Eğitim/Bilim | 4,42 |
| 2 | Kültür | 4,29 |
| 3 | Görsel etki | 4,29 |
| 4 | Su düzenleme | 4,19 |
| 5 | Su sağlama | 4,03 |
| 6 | Karbon | 3,94 |
| 7 | Rekreasyon | 3,87 |

### 3.2.2. Adım 2: Belirlenen Ekosistem Hizmetleri için Uygun Alanların Haritalanması Süreci

Bu adımda, ekosistem hizmetleri uygunluğunun değerlendirilmesi için yapılan çalışmalardan farklı olarak her meşcerenin uygunluğu ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Yukarıda 31 uzman tarafından puanlanan ve en yüksek puanı alan yedi ekosistem hizmeti için her meşcerenin bu ekosistem hizmetlerinden aldığı uygunluk değerleri tanımlanmıştır. Belgrad Ormanı için seçilen bu ekosistem hizmetlerinin potansiyelini belirlemek amacıyla her ekosistem hizmeti için literatürde kullanılan kriterlerden yararlanılarak ekosistem hizmetlerinin potansiyeli belirlenmiştir. Her ekosistem hizmetinin potansiyelini belirleme aşamaları aşağıda özetlenmektedir.

#### *3.2.2.1. Eğitim/Bilim ve Kültür Hizmeti için Uygunluk Haritaları*

Eğitim-Bilim ve Kültür ekosistem hizmeti için her meşcereye eğitim/bilim ve kültür hizmet değeri atanmıştır. Bu çalışmada "eğitim/bilim ekosistem hizmet" değeri için 0-1 arasında değişen uygunluk değerleri meşcerelere atanmıştır. Belgrad Ormanı'nda yer alan Kurtkemeri işletme şefliği sınırları içerisindeki İ.Ü.C Orman Fakültesi Havza Yönetimi Anabilim Dalı'nın bilimsel araştırma amaçlı çalışmalarını sürdürdüğü ve Atatürk Arboretumu şefliği sınırları içerisindeki 90 adet meşcerenin uygunluk puanı olarak tam puan (1) verilmiştir. Nahuelhual ve diğ. (2013)'de çalışmasında arboretumu eğitim ekosistem hizmetinin bir parçası olarak değerlendirmiştir. Aynı şekilde Bentler İşletme Şefliği sınırları içerisindeki yaban hayatı koruma ve geliştirme sahası (geyik üretme istasyonu) olarak tanımlanan 19 meşcereye 0.5 uygunluk puanı verilmiştir. Bu meşcerelerin dışındaki tüm meşcerelere ise 0.1 uygunluk puanı

verilmiştir. Belgrad Ormanı'nda eğitim ekosistem hizmetinden 0 puan hiçbir meşcere bulunmamaktadır. Bunun nedeni olarak ormancılık eğitiminin farklı disiplinleri için Belgrad Ormanı'nın her köşesinin eğitim potansiyeline sahip olduğu belirtilebilir.

Kültür ekosistem hizmetinin değerlendirilmesi için öncelikle uzman görüşmeleri sonucunda kültürel miras değeri olduğu düşünülen bentler ve su kemerlerinin bulunduğu tarihi taksim suyolu ve kırkçeşme suyolu hattı belirlenmiştir. Bu hattın etrafına yine ArcGIS programı yardımı ile 100 m'lik tampon zon (buffer) atılmış ve bu tampon zonun içinde veya tampon zonun bitişiğinde olan tüm meşcereler için kültür hizmet değeri olarak 1 uygunluk puanı verilmiştir. Aynı zamanda Atatürk Arboretumu sınırları içinde kalan tüm meşcerelere de kültür hizmeti olarak 1 uygunluk puanı verilmiştir. Yedi adet bendin alt havzaları da havza analizi yapılarak ArcGIS programı yardımıyla belirlenmiştir. Alt havza sınırları içerisindeki meşcerelere 0.5 uygunluk puanı verilmiştir. Diğer meşcerelere ise kültür hizmetinden o uygunluk puanı verilmiştir.

#### *3.2.2.2. Su Düzenleme ve Su Sağlama Hizmeti için Uygunluk Haritaları*

Su düzenleme ve su sağlama ekosistem hizmeti uygunluk değerlerinin tanımlanabilmesi için öncelikle bu hizmetlerin belirlenmesinde kullanılacak kriter ve göstergelerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla öncelikle literatür taramasından yararlanarak, su düzenleme ve su sağlama ekosistem hizmetlerinin potansiyelinin belirlenmesi için uygun meşcere seçiminde etkin ve ortak kriter seti tespit edilmiştir.

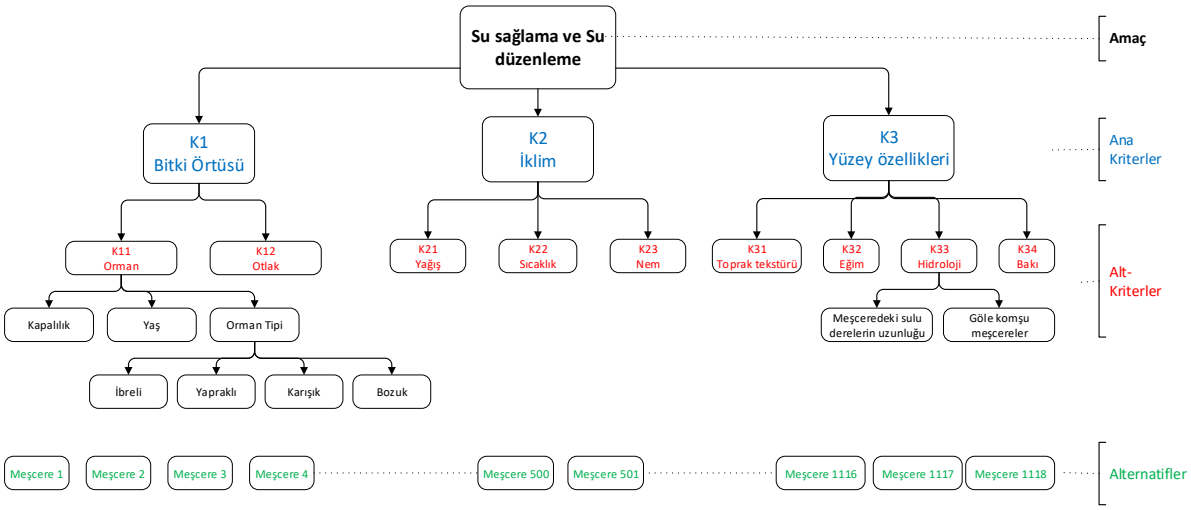
Tablo 3.5'de görüldüğü üzere, su düzenleme ve su sağlama hizmeti görecek alanları belirleme kararı verilirken çok sayıda kriter göz önünde bulundurulabilir. Ancak her iki hizmet için ortak kriter seti belirlerken bu sayı doğal olarak azalmaktadır. Bu çalışmada, her iki hizmet için dört ortak kriter belirlenmiştir. Bunlara ilaveten ortak kriter setlerinin yanı sıra uzmanlar tarafından önerilen kriterler eklenmiş ve su düzenleme, su sağlama ekosistem hizmetleri potansiyelinin belirlenmesi için toplam 12 kriterden yararlanılmıştır.

**Tablo 3.5:** Su düzenleme ve su sağlama ekosistem hizmetleri potansiyelinin belirlenmesi için kriterler.

| **Su düzenleme** | **Literatür** | **Su sağlama** | **Literatür** |
|---|---|---|---|
| Bitki örtüsü | (Baral ve diğ., 2013, Zhang ve diğ., 2001, Guo ve diğ., 2000) | Bitki örtüsü | (Villa ve diğ., 2011) |
| Alan kullanımı | (Baral ve diğ., 2013, Pert ve diğ., 2010, Jackson ve diğ., 2013) | Alan kullanımı | (Mendoza ve diğ., 2011, Villa ve diğ., 2011, Tallis ve diğ., 2013) |
| Toprak | (Guo ve diğ., 2000, Jackson ve diğ., 2013) | Toprak | (Mendoza ve diğ., 2011, Villa ve diğ., 2011, Tallis ve diğ., 2013) |
| Eğim | (Guo ve diğ., 2000, Pert ve diğ., 2010, Nedkov ve Burkhard, 2012) | Eğim | - |
| Yükseklik | (Bagstad ve diğ., 2011, Jackson ve diğ., 2013) | Yükseklik | (Bagstad ve diğ., 2011, Villa ve diğ., 2011, Tallis ve diğ., 2013, Jujnovsky ve diğ., 2012) |
| Yağış | (Nedkov ve Burkhard, 2012) | Yağış | (Mendoza ve diğ., 2011, Villa ve diğ., 2011, Tallis ve diğ., 2013, Jujnovsky ve diğ., 2012) |

Tablo3.5'de tanımlanan kriter ve göstergeler dikkate alınarak ve bu konu hakkında yeterli bilgi ve tecrübeye sahip olan iki uzmanla literatür kriterleri tartışılmış ve sonuç olarak Şekil 3.2'de tanımlanan kriterler belirlenmiştir. Bu kriterlere göre Şekil 3.2'de sunulan hiyerarşik yapı oluşturulmuştur. Bu yapıya göre, su sağlama ve su düzenleme ekosistem hizmeti potansiyelinin belirlenmesi için bitki örtüsü, iklim ve yüzey özellikleri olarak 3 ana kriter tanımlanmıştır. Bu kriterler kapalılık, yaş, orman tipi, yağış, sıcaklık, nem, toprak tekstürü, eğim, hidroloji ve bakı olarak 12 alt sınıfa ayrılmıştır.

Belgrad Ormanı, beşinci yüzyıldan itibaren İstanbul halkına su temin etmek için kullanılan önemli bir doğal kaynaktır. Bu nedenle, halkın su ihtiyacı karşılamak üzere alanda mevcut yedi adet bent inşa edilmiştir. Ancak yedi adet bendin varlığı, ormanın su sağlama veya düzenleme hizmeti için yüksek bir potansiyele sahip olup olmadığının tespiti için yeterli değildir. Bu nedenle hizmet potansiyellerinin ölçülerek sayısal olarak ortaya konulması gerekmektedir.




**Şekil 3.2:** Su sağlama ve su düzenleme ekosistem hizmetleri için belirlenen kriterler.

Bu çalışmada, Belgrad Ormanı'ndaki tüm meşcereler için su sağlama ve su düzenlemesi açısından uygunluğu düşük orta ve yüksek olarak sınıflandırılmış ve uygunluk puanları tanımlanmıştır. Bu amaçla Şekil 3.2'de verilen kriterlerin ağırlıkları Analitik Hiyerarşi Süreci uygulanarak belirlenmiş ve uzmanlar tarafından puanlanmıştır (Tablo 3.6, 3.7 ve 3.8). Şekil 3.2'de sıralanan kriterler için, her grup kendi içerisinde önem ölçeğine ayrılmıştır. Örneğin Tablo 3.6'da tanımlanan eğim kriteri beş kriter sınıfa ayrıldığı için 1 (eşit önem) ile 5 (aşırı önem) ölçeğini kullanılmıştır. Aynı şekilde bakı kriteri dokuz kriter sınıfa ayrılmış, 1 (eşit önem) ile 9 (aşırı önem) ölçeği kullanılarak üç uzman tarafından puanlanmıştır. Bu değerlendirmelere dayanarak, 12 alt kriter ve 37 kriter sınıfı için uygunluk puanları uzmanlar tarafından verilmiştir. Bu puanların aritmetik ortalaması hesaplanmıştır. Hesaplanan bu ortalama değer ise en büyük değere bölünerek normalize edilmiş ve 37 kriter sınıfı için 0-1 arasında normalize edilmiş puan değerleri elde edilmiştir.3 ana kriter için ağırlık değerleri ve 12 alt kriter için ağırlık puanları analitik hiyerarşi süreci kullanılarak hesaplanmış ve su sağlama ekosistem hizmeti için Tablo 3.7'de ve su düzenleme ekosistem hizmeti için Tablo3.8'de verilmiştir. Hidroloji alanında çalışan üç uzman tarafından, 1 (eşit önem) ile 9 (aşırı önem) önem ölçeği kullanılarak kriterlerin ikili karşılaştırmalarını yapılmış ve kriter ağırlıkları tespit edilmiştir. 12 alt kriter için değerler doğrusal normalizasyon kullanarak 0-1 arasında normalize edilmiştir (Tablo 3.7 ve Tablo 3.8).

**Tablo 3.6:** Su sağlama ve su düzenleme ekosistem hizmeti için kriterlere ilişkin puanlama tablosu.

| | | Su Sağlama | | | | | Su Düzenleme | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Alt kriterler | Kriter sınıfları | 1. Uzman | 2. Uzman | 3. Uzman | Aritmetik Ortalama | Aritmetik Ortalama Normalize | 1. Uzman | 2. Uzman | 3. Uzman | Aritmetik Ortalama | Aritmetik Ortalama Normalize |
| Eğim | Az veya eğim yok: % 0 – 3 | 1 | 1 | 2 | 1.333 | 0.308 | 5 | 4 | 5 | 4.667 | 1.000 |
| | Hafif eğim: % 4 – 10 | 2 | 4 | 4 | 3.333 | 0.769 | 4 | 5 | 4 | 4.333 | 0.929 |
| | Orta eğim: % 11 – 20 | 3 | 5 | 5 | 4.333 | 1.000 | 3 | 3 | 3 | 3.000 | 0.643 |
| | Dik eğim: % 21 – 30 | 4 | 3 | 2 | 3.000 | 0.692 | 2 | 2 | 2 | 2.000 | 0.429 |
| | Aşırı dik eğim >%30 | 5 | 2 | 1 | 2.667 | 0.615 | 1 | 1 | 1 | 1.000 | 0.214 |
| Bakı | Kuzey | 5 | 5 | 5 | 5.000 | 1.000 | 1 | 1 | 1 | 1.000 | 0.214 |
| | Güney | 1 | 1 | 1 | 1.000 | 0.200 | 5 | 5 | 4 | 4.667 | 1.000 |
| | Doğu | 3 | 2 | 3 | 2.667 | 0.533 | 2 | 2 | 3 | 2.333 | 0.500 |
| | Batı | 2 | 1 | 4 | 2.333 | 0.467 | 3 | 2 | 2 | 2.333 | 0.500 |
| | GD | 1 | 1 | 2 | 1.333 | 0.267 | 5 | 4 | 3 | 4.000 | 0.857 |
| | GB | 2 | 1 | 3 | 2.000 | 0.400 | 3 | 3 | 3 | 3.000 | 0.643 |
| | KD | 5 | 4 | 4 | 4.333 | 0.867 | 1 | 2 | 2 | 1.667 | 0.357 |
| | KB | 5 | 3 | 5 | 4.333 | 0.867 | 1 | 2 | 2 | 1.667 | 0.357 |
| | Düz yüzeyler | 1 | 1 | 3 | 1.667 | 0.333 | 5 | 1 | 5 | 3.667 | 0.786 |
| Toprak Tekstürü | AB | 7 | 1 | 7 | 5.000 | 1.000 | 1 | 1 | 1 | 1.000 | 0.143 |
| | B | 2 | 6 | 4 | 4.000 | 0.800 | 6 | 6 | 4 | 5.333 | 0.762 |
| | Kub | 1 | 7 | 1 | 3.000 | 0.600 | 7 | 7 | 7 | 7.000 | 1.000 |
| | AB-B | 6 | 2 | 5 | 4.333 | 0.867 | 2 | 2 | 2.5 | 2.167 | 0.310 |
| | AB-KuB | 4 | 3 | 4 | 3.667 | 0.733 | 4 | 3 | 4 | 3.667 | 0.524 |
| | B-KuB | 3 | 5 | 3 | 3.667 | 0.733 | 3 | 5 | 5.5 | 4.500 | 0.643 |
| | AB-B-KuB | 5 | 4 | 4 | 4.333 | 0.867 | 3 | 4 | 4 | 3.667 | 0.524 |
| Kapalılık | Boşluklu (%0-10) | 4 | 3 | 4 | 3.667 | 1.000 | 1 | 3 | 1 | 1.667 | 0.500 |
| | Gevşek (%11-40) | 3 | 2 | 3 | 2.667 | 0.727 | 2 | 2 | 2 | 2.000 | 0.600 |
| | Orta (%41-70) | 2 | 4 | 2 | 2.667 | 0.727 | 3 | 4 | 3 | 3.333 | 1.000 |
| | Tam (%71-100) | 1 | 1 | 1 | 1.000 | 0.273 | 4 | 1 | 4 | 3.000 | 0.900 |
| Yaş | Genç | 3 | 1 | 3 | 2.333 | 1.000 | 1 | 1 | 1 | 1.000 | 0.375 |
| | Orta yaşlı | 2 | 2 | 3 | 2.333 | 1.000 | 2 | 3 | 2 | 2.333 | 0.875 |
| | Yaşlı | 1 | 3 | 1 | 1.667 | 0.714 | 3 | 2 | 3 | 2.667 | 1.000 |
| Orman Tipi | İbreli | 1 | 4 | 1 | 2.000 | 0.545 | 2 | 3 | 4 | 3.000 | 0.900 |
| | Yapraklı | 3 | 4 | 3 | 3.333 | 0.909 | 4 | 3 | 2 | 3.000 | 0.900 |
| | Karışık | 2 | 3 | 2 | 2.333 | 0.636 | 3 | 4 | 3 | 3.333 | 1.000 |
| | Düzensiz | 4 | 3 | 4 | 3.667 | 1.000 | 1 | 2 | 1 | 1.333 | 0.400 |
| Orman | Kapalılık | | | | | 0.300 | | | | | 0.500 |
| | Yaş | | | | | 0.200 | | | | | 0.200 |
| | Orman Tipi | | | | | 0.500 | | | | | 0.300 |
| Hidroloji | Meşceredeki sulu derelerin uzunluğu | | | | | 0.600 | | | | | 0.300 |
| | Göle komşu meşcereler | | | | | 0.400 | | | | | 0.700 |

**Tablo 3.7:** Su sağlama için hesaplanan ağırlık ve puan değerleri tablosu.

| Ana kriterler | Ana kriter ağırlıkları | Alt kriterler | Alt kriter ağırlıkları | İkincil alt kriterler | İkincil alt kriter ağırlıkları | Ağırlıklı puanlar |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Bitki örtüsü | 0.198 | Orman | 0.243 | Kapalılık | 0.300 | 0.014 |
| | | | | Yaş | 0.200 | 0.010 |
| | | | | Orman Tipi | 0.500 | 0.024 |
| | | Otlak | 0.757 | Otlak | 0.150 | 0.150 |
| İklim | 0.736 | Yağış | 0.696 | Yağış | 0.512 | 0.512 |
| | | Sıcaklık | 0.125 | Sıcaklık | 0.092 | 0.092 |
| | | Nem | 0.179 | Nem | 0.132 | 0.132 |
| Yüzey özellikleri | 0.066 | Toprak tekstürü | 0.425 | Toprak Tekstürü | 0.028 | 0.028 |
| | | Eğim | 0.118 | Eğim | 0.008 | 0.008 |
| | | Hidroloji | 0.381 | Meşceredeki sulu derelerin uzunluğu | 0.600 | 0.015 |
| | | | 0.381 | Göle komşu meşcereler | 0.400 | 0.010 |
| | | Bakı | 0.076 | Bakı | 0.005 | 0.005 |

**Tablo 3.8:** Su düzenleme için hesaplanan ağırlık ve puan değerleri tablosu.

| Ana kriterler | Ana kriter ağırlıkları | Alt kriterler | Alt kriter ağırlıkları | İkincil alt kriterler | İkincil alt kriter ağırlıkları | Ağırlıklı puanlar |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Bitki örtüsü | 0.584 | Orman | 0.880 | Kapalılık | 0.500 | 0.257 |
| | | | | Yaş | 0.200 | 0.103 |
| | | | | Orman Tipi | 0.300 | 0.154 |
| | | Otlak | 0.120 | Otlak | 0.070 | 0.070 |
| İklim | 0.267 | Yağış | 0.684 | Yağış | 0.183 | 0.183 |
| | | Sıcaklık | 0.199 | Sıcaklık | 0.053 | 0.053 |
| | | Nem | 0.117 | Nem | 0.031 | 0.031 |
| Yüzey özellikleri | 0.149 | Toprak tekstürü | 0.252 | Toprak Tekstürü | 0.038 | 0.038 |
| | | Eğim | 0.340 | Eğim | 0.051 | 0.051 |
| | | Hidroloji | 0.351 | Meşceredeki sulu derelerin uzunluğu | 0.300 | 0.016 |
| | | | | Göle komşu meşcereler | 0.700 | 0.037 |
| | | Bakı | 0.057 | Bakı | 0.008 | 0.008 |

Bu çalışmada su sağlama ve su düzenleme parametrelerinin değerlerini oluşturabilmek için CBS'den sağlanan veriler kullanılmıştır. Tüm bilgiler ArcGIS 10.2 formatında üretilmiştir. Temel veriler havza (poligon), meşcereler (poligon) , iklim (nokta) ve toprak (poligon) verileridir. Bu çalışmada, Türkiye'deki ormancılık uygulamalarıyla uyumlu olması için mevcut meşcere sınırları esas alınmıştır. ArcGIS programının fonksiyonları kullanılarak her bir meşcerenin su düzenleme ve su sağlama uygunluğunu değerlendirmek için sekiz kriter değeri

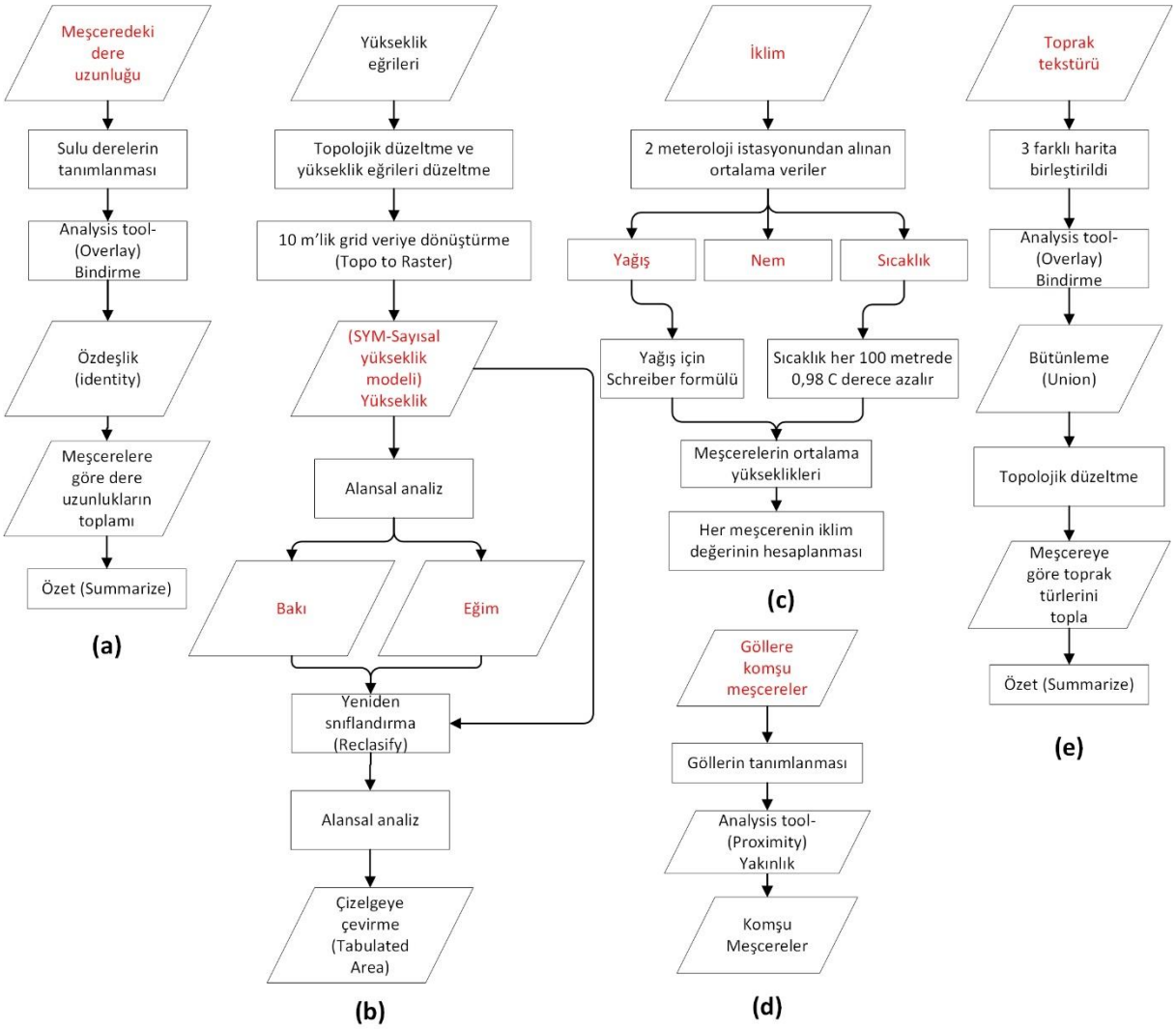
hesaplanmıştır. Bu kriterler meşceredeki dere uzunluğu, yükseklik, eğim, bakı, yağış, sıcaklık, nem, göllere komşu meşcereler ve toprak tekstürüdür.

Meşceredeki dere uzunlukları havza analizleri sonucunda elde edilmiştir. Eğim ve bakı verileri Harita Genel Müdürlüğünden alınan 1:25.000 ölçeğindeki topoğrafik haritaların yükseklik eğrilerinden oluşturulan sayısal yükseklik modelinden (SYM) elde edilmiştir. Ayrıca, yağış, sıcaklık ve nem verileri meteoroloji istasyonu kayıtlarından alınmıştır.

Su sağlama ve su düzenleme kriterlerine ait değerlerin ArcGIS programı yardımı ile hesaplanmasının beş farklı yolu Şekil 3.3'de sunulmuştur. Bir havzada ne kadar çok dere varsa aynı vücuttaki damar sistemi gibi, suyun hızla göle ulaşması kolaylaşmaktadır. Derenin yağıştan sonra kısa süre içinde pik olması istenmediğinden suyun düzenlenme ekosistem hizmeti açısından dere sayısının az olması tercih edilirken, su sağlama ekosistem hizmeti açısından ise dere sayısının çok olması tercih edilmektedir. Bu nedenle meşceredeki dere uzunluklarının saptanması için, ArcGIS'te yapılan havza analizi sonucunda dereler türetilmiştir. Daha sonra arazi gözlemleri ile sulu dereler belirlenmiş ve ArcGIS'te *overlay* ve *identity* komutları kullanılarak meşcere içerisindeki sulu derelerin uzunlukları saptanmıştır (Şekil 3.3a). Yükseklik, bakı ve eğim değerleri için topoğrafik haritaların yükseklik eğrilerinden oluşturulan sayısal yükseklik modeli kullanılmıştır. Eğim ve bakı verileri sayısal yükseklik modeli türetilmiştir (Şekil 3.3b). İklim verileri için Bahçeköy ve Kurtkemeri meteoroloji istasyonlarına ait yağış sıcaklık ve nem verileri nokta verisi olarak kullanılmıştır.

Yağış için Schreiber formülü yardımıyla meşcerelerin ortalama yüksekliklerine göre her meşcerenin iklim değeri hesaplanmıştır. Nem değerleri Bentler ve Arboretum sınırları içerisinde kalan meşcereler için, Bahçeköy meteoroloji istasyonundan alınan değerler, Kurtkemeri işletme şefliği için, Kurtkemeri meteoroloji istasyonundan alınan değerler kullanılmıştır. Sıcaklığın her 100 metrede 0,98°C değişeceği kabulünden (Özyuvacı, 1999). yola çıkarak benzer şekilde meşcerelerin ortalama yüksekliklerine göre her meşcere için sıcaklık değeri hesaplanmıştır (Şekil 3.3c). Göle komşu meşcereler ile suyun toplandığı yedi bendin sulu alanlarına komşu meşcereler kastedilmektedir. Göle komşu meşcerelerin tanımlanması için ArcGIS'de *proximity* analizi yapılarak komşu meşcereler belirlenmiştir (Şekil 3.3d). Her meşcere için toprak tekstürünün belirlenmesinde ise üç farklı harita birleştirilmiş ve bir toprak haritası elde edilmiştir. Her meşcere içerisine giren toprak türlerini

belirlemek için ArcGIS'te *analysis tool- overlay-union* analizleri yapılmıştır (Şekil 3.3e). Hesaplamaların ve dönüşümlerin ayrıntıları aşağıdaki alt bölümlerde verilmiştir.




**Şekil 3.3:** Su sağlama ve su düzenleme kriterlerine ait değerlerin ArcGIS programı yardımı ile hesaplanması (a) meşcere içerisindeki sulu dere uzunlukları (b) eğim ve bakı (c)iklim parametrelerinin (d) göllere komşu meşcereler (e) toprak tekstürü.

Bitki Örtüsü Kriteri:

Orman ekosistemleri tarafından su akışı düzenleme kapasitesinin bitki örtüsü, toprak ve eğim ile yakından ilişkili olduğunu bilinmektedir (Guo ve diğ., 2000). Bu nedenle bitki örtüsü ana kriteri altındaki kapalılık, yaş ve orman tipi alt kriter verileri üretilirken 2012 yılında hazırlanan amenajman planlarından faydalanılmıştır. Kapalılık amenajman planlarında boşluklu (% 0–10), gevşek (% 11–40), orta (% 41–70) ve tam (% 71–100) kapalılık olarak dört sınıfa ayrılmaktadır.

Bu çalışmada da mevcut sınıflandırma dikkate alınmaktadır. Meşcereler yaş için genç meşcereler (0-60 yaş), orta yaşlı meşcereler (61-140 yaş), yaşlı meşcereler (141+ yaş) olmak üzere üç sınıfa ayrılmıştır. Orman tipi ise ibreli, yapraklı, karışık (ibreli+yapraklı) ve boşluklu meşcereler olarak sınıflandırılmıştır.

Su sağlama gibi hidrolojik hizmetler genellikle havza içindeki doğal bitki örtüsünün durumuna bağlıdır (Pattanayak, 2004, Brauman ve diğ., 2007). Bitki örtüsü ya da ağaçların tepe kapalılıkları yağmur damlalarının kuvvetini ve boyutunu etkilemektedir (Keim ve Skaugset, 2003). Bu nedenle kapalılık kriteri su sağlama ve düzenleme ekosistem hizmetine katkı sağlamaktadır.

Hidrolojik döngü sonucunda yağış suları transpirasyon, intersepsiyon, yüzeysel akış, yüzey altı akış ve taban suyu akışı süreçlerinden geçerek tekrar buharlaşmaktadır (Özhan, 2004). Bitkilerin toprak üstü kısımlarından (dal, gövde, yaprak vb.) tekrar buharlaşması intersepsiyon olarak tanımlanmaktadır. İbreli ormanlar su sağlama ekosistem hizmetini sunma açısından kışın intersepsiyon ile su kaybının yapraklılara göre fazla olması nedeniyle daha az uygundurlar (Özhan, 2004, Nedkov ve Burkhard, 2012). Ancak su düzenlenme ekosistem hizmeti açısından ibreli ormanlar tercih edilebilmektedir.

İklim Kriteri:

İklim ana kriteri altında yağış, sıcaklık ve nem olarak üç alt kriter bulunmaktadır. Bu çalışmada alanımız sınırları içerisinde ve yakınlarında bulunan dört adet meteoroloji istasyonunu verilerinden yararlanılması planlanmıştır. Bu istasyonlar; Kurtkemeri, Bahçeköy meteoroloji istasyonları, Orman fakültesi sınırları içerisinde bulunan Doç. Dr. Mert Ekşi tarafından kurulmuş olan istasyon 3 ve Arş. Gör. Mehmet S. Özçelik tarafından Atatürk Arboretumu sınırları içerisinde kurulmuş olan istasyon 4'tür (Tablo 3.9). Ancak bu çalışma için Bahçeköy ve Kurtkemeri meteoroloji istasyonu verileri kullanılmıştır. Bunun nedeni Bahçeköy, istasyon 3 ve istasyon 4 konumsal olarak birbirine çok yakın meteoroloji istasyonları oldukları için ArcGIS ile yapılan alansal analiz, enterpolasyon vb. çalışmalarda sonucun tüm alanı temsil etmediği fark edilmiştir. Bu nedenle bu çalışmada Bahçeköy ve Kurtkemeri meteoroloji istasyonu verileri kullanılmıştır.

Yağışın mekânsal olarak dağılışının üretilmesi için Schreiber formülü (Denklem 3.1) kullanılmıştır (Özyuvacı, 1999). Bu formül her 100 m yükseklikte yağışın 54 mm arttığını kabul eden bir formüldür.

$$Ph = Po \pm 54 \times h \quad (3.1)$$

Ph = her meşcerenin ortalama yükseltisi için hesaplanacak olan yağış tutarı (mm); Po = istasyonun yağış miktarı (mm); 54 = Her 100 m yükseldikçe yıllık yağışın 54 mm arttığını gösteren katsayıyı, h = istasyon ile meşcerenin ortalama yükseltisi arasındaki yükselti farkını (hektometre olarak) göstermektedir.

Sıcaklığın mekânsal dağılımının hesaplanması için havanın her 100 metrede $\pm 0.98$ derece soğuduğu yaklaşımı dikkate alınmıştır. Bu genel bilgi kullanılarak, istasyon yüksekliği ile meşcerenin ortalama yüksekliği arasındaki fark yardımıyla her meşcerenin sıcaklık değerleri hesaplanmıştır.

Her meşcerenin nem değerinin hesaplanması için, Kurtkemeri İşletme Şefliği sınırları içerisinde kalan meşcereler için Kurtkemeri şefliği istasyonuna ait nem değerleri kabul edilmiştir. Arboretum ve Bentler İşletme Şefliği sınırları içerisinde kalan meşcereler için ise Bahçeköy istasyonuna ait nem değerleri kabul edilmiştir. Tablo 3.9'da meteoroloji istasyonlarına ait ortalama iklim verileri gösterilmektedir. Meteoroloji istasyonlarında hesaplanan ortalama sıcaklık ve nem değerleri için 54 aylık, ortalama yağış için 48 aylık ortalamalar kullanılmıştır. Hesaplamalar ArcGIS'den elde edilen verilerin Excel'de değerlendirildikten sonra tekrar ArcGIS'e aktarılarak yapılmıştır.

**Tablo 3.9:** Meteoroloji istasyonlarına ait iklim veriler.

| | **1-Kurtkemeri istasyonu** | **2-Bahçeköy istasyonu** | **3-İstasyon 3 (Mert Ekşi)** | **4-İstasyon 4 (Mehmet S. Özçelik)** |
|---|---|---|---|---|
| Yağış | 1055.7 | 1117.1 | 876.6 | 994.0 |
| Nem | 80.4 | 78.0 | 77.8 | 84.8 |
| Sıcaklık | 13.8 | 12.8 | 14.5 | 14.9 |
| Yükseklik | 54.18 | 117.80 | - | 119.82 |

Yüzey Özellikleri Kriteri:

Rölyef parametreleri, özellikle yükseklik ve eğim su düzenleme işlevleri üzerinde de önemli bir etkiye sahiptir (Nedkov ve Burkhard, 2012). Örneğin dik eğimler suyun daha hızlı aşağı doğru hareketini kolaylaştırmaktadır (Nedkov ve Burkhard, 2012).

Yüzey özellikleri verilerinin meşcere bazında değerlendirilmesi için ilk olarak toprak tekstürü verilerinin oluşturulmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaçla mevcut toprak haritalarından yararlanılabilmektedir. Ancak daha önceki çalışmalarda, Belgrad Ormanı'nın tamamını kapsayan bir toprak haritasının hazırlanmadığı ortaya çıkmıştır. Bununla birlikte, Belgrad Ormanı'nın farklı bölgeleri için yapılmış toprak haritaları mevcuttur. Bu konuda ilk harita 1940 yılında Irmak (1940) tarafından hazırlanmıştır. Bu çalışmayı, Tunçkale (1965), Kantarcı (1972) ve Özhan (1977) tarafından yapılan çalışmalar takip etmiştir. Bu doktora çalışmasında esas olarak Tunçkale (1965), Kantarcı (1972) tarafından hazırlanmış iki farklı haritadan yararlanılmıştır. Bu iki haritanın kapsamı dışında kalan yerler için ise OGM'nin proje sonucu elde ettiği hidrolojik toprak sınıfları haritası Belgrad Ormanı için uzmanlarla görüşülerek diğer iki harita ile uyumlu hale dönüştürülmüştür. Böylece, Belgrad Ormanı üst toprak haritası elde edilmiştir. Bu haritadaki toprak tekstürleri ağır balçık (AB), balçık (B) ve kumlu balçık (KuB) olarak üç sınıf altında toplanmıştır (Tablo 3.10).

**Tablo 3.10:** Toprak tekstürlerinin sınıflandırılması.

| Sınıf | Toprak tekstürleri |
|---|---|
| Ağır Balçık (AB) | Kil<br>Killi Balçık<br>Ağır Balçık |
| Balçık (B) | Balçık<br>Balçıklı Kum<br>Balçıklı Kil |
| Kumlu Balçık (KuB) | Kumlu Balçık<br>Kumlu Killi Balçık |

Toprak tekstürü uygunluk değerlerinin elde edilmesindeki ArcGIS süreci Şekil 3.3e'de gösterilmiştir. Toprak haritası ArcGIS programının *Analysis tool- Overley-Union* araçları kullanılarak oluşturulmuştur. *Union* sonucu elde edilen tablodan meşcere ID'lerine göre *summarize* işlemi yapılmıştır. Diğer bir anlatımla, aynı meşcere içerisinde bulunan bir veya birden fazla toprak tekstürü varsa her meşcerenin toprak tekstürlerinin tanımlanabilmesinde *summarize* işlemi yapılmıştır. Örneğin bir meşcere için bir tane toprak sınıfı (B) belirleniyorsa,

belirlenen o sınıf meşcereye atanır. Ancak bir meşcerede birden fazla toprak sınıfı (B ve AB) bulunuyorsa, birden fazla toprak sınıfı meşcereye atanır.

Yağış, sıcaklık ve nem miktarları her meşcere için aynı olmasına rağmen (Tablo 3.11 ve 3.12) uygunluk puanları farklı olduğu için doğrusal normalizasyon işlemleri de farklı uygulanmıştır. Örneğin su sağlama ekosistem hizmeti için en fazla yağış alan meşcere daha yüksek uygunluk puanı alırken su düzenleme ekosistem hizmeti daha az uygunluk puanı almış olmaktadır.

**Tablo 3.11:** Meşcere için su sağlama uygunluk değerinin hesaplanması.

| Ana kriter | Kriter ağırlıkları (W) | Örnek meşcerenin değerlendirilmesi | Normalize değerler (N) | Meşcerenin uygunluk değeri (WxN) |
|---|---|---|---|---|
| Kapalılık | 0.014 | Tam kapalı (%71-100) | 0.273 | 0.004 |
| Yaş | 0.010 | Orta yaşlı | 1 | 0.010 |
| Orman tipi | 0.024 | Karışık meşcere | 0.636 | 0.015 |
| Otlak | 0.150 | Otlak yok (0) | 0 | 0.000 |
| Yağış | 0.512 | 1139.161 mm | 0.973 | 0.498 |
| Sıcaklık | 0.092 | 12.399 °C | 0.954 | 0.088 |
| Nem | 0.132 | % 78 | 0.970 | 0.128 |
| Toprak tekstürü | 0.028 | Kub | 0.600 | 0.017 |
| Eğim | 0.008 | Hafif eğim (%4-10) | 0.769 | 0.006 |
| Meşceredeki sulu derelerin uzunluğu | 0.015 | Dere yok | 0 | 0.000 |
| Göle komşu meşcereler | 0.010 | Komşu değil | 0 | 0.000 |
| Bakı | 0.005 | KD | 0.867 | 0.004 |
| | | | Toplam su sağlama uygunluk değeri | 0.770 |

**Tablo 3.12:** Meşcere için su düzenleme uygunluk değerinin hesaplanması.

| Ana kriter | Kriter ağırlıkları (W) | Örnek meşcerenin değerlendirilmesi | Normalize değerler (N) | Meşcerenin uygunluk değeri (WxN) |
|---|---|---|---|---|
| Kapalılık | 0.257 | Tam kapalı (%71-100) | 0.900 | 0.231 |
| Yaş | 0.103 | Orta yaşlı | 0.375 | 0.039 |
| Orman tipi | 0.154 | Karışık meşcere | 1 | 0.154 |
| Otlak | 0.070 | Otlak yok (0) | 0 | 0.000 |
| Yağış | 0.183 | 1139.161 mm | 0.917 | 0.168 |
| Sıcaklık | 0.053 | 12.399 °C | 0.880 | 0.047 |
| Nem | 0.031 | % 78 | 1 | 0.031 |
| Toprak tekstürü | 0.038 | Kub | 1 | 0.038 |
| Eğim | 0.051 | Hafif eğim (%4-10) | 0.929 | 0.047 |
| Meşceredeki sulu derelerin uzunluğu | 0.300 | Dere yok | 0 | 0.000 |
| Göle komşu meşcereler | 0.700 | Komşu değil | 0 | 0.000 |
| Bakı | 0.008 | KD | 0.357 | 0.003 |
| | | | Toplam su düzenleme uygunluk değeri | 0.758 |

### *3.2.2.3. Karbon Hizmeti için Uygunluk Haritası*[4]

Ekosistem hizmetlerini modellemenin ve haritalamanın çeşitli yolları bulunmaktadır. Bu konuda yapılan çalışmalarda, ekosistem hizmetlerini haritalamak için kullanılan kriterler ve yöntemlerde büyük farklılıklar olduğu görülmektedir (Crossman ve diğ., 2013). Bilim insanları karbon depolama hizmetinin haritalanması için çeşitli kriter ve göstergeler belirlemektedirler. Ancak hangi kriterlerin daha etkili olduğunu seçmenin genel bir yöntemi bulunmamaktadır. Bu nedenle, ilk adımda literatür çalışması yapılarak mevcut çalışmalar ışığında karbon haritalaması için uygun kriterlerin neler olduğunun belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla potansiyel kriterleri belirlemek üzere tarafımızdan bir literatür çalışması yapılmıştır. Bu çalışmada mevcut literatürde yaygın kullanıldığı tespit edilen bir dizi kriter Tablo 3.13'de sunulmuştur.

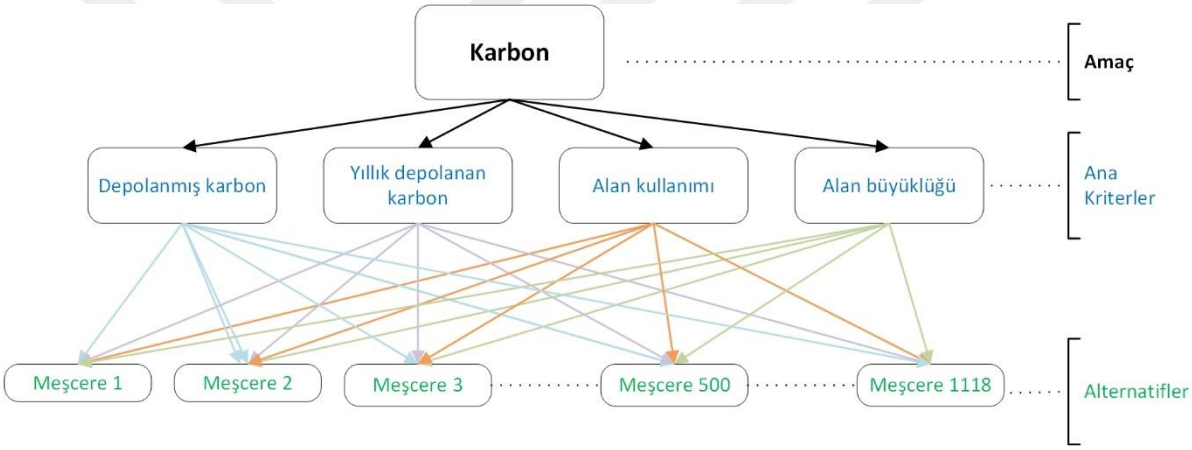
**Tablo 3.13:** Karbon ekosistem hizmeti potansiyelinin belirlenmesi için kriterler.

| Potansiyel kriterler | Literatür |
|---|---|
| Depolanmış karbon | (Chan ve diğ., 2006a, Egoh ve diğ., 2008, Reyers ve diğ., 2009, Raudsepp-Hearne ve diğ., 2010a, Deng ve diğ., 2011, Liu ve diğ., 2014, Maes ve diğ., 2013, Maes ve diğ., 2014, Baral ve diğ., 2013) |
| Vejetasyon tipi | (Liu ve diğ., 2014, Deng ve diğ., 2011, Escobedo ve diğ., 2011) |
| Biyokütle yaşı/meşcere yaşı | (Nelson ve diğ., 2009, Wang ve diğ., 2010) |
| Net birincil verimlilik | (Deng ve diğ., 2011, McGuire ve diğ., 2001, Raudsepp-Hearne ve diğ., 2010a, Wang ve diğ., 2010, Maes ve diğ., 2014) |
| Net karbon değişimi | (McGuire ve diğ., 2001, Nelson ve diğ., 2009, Naidoo ve diğ., 2008) |
| Biyokütle artımı | (Vihervaara ve diğ., 2010) |
| Arazi kullanım değişimleri | (Naidoo ve diğ., 2008, Nelson ve diğ., 2009) |
| Net biyom verimliliği | (Chen ve diğ., 2003) |
| Arazi kullanımı | (Chen ve diğ., 2003, Wang ve diğ., 2010, Maes ve diğ., 2013) |
| Net ekosistem verimliliği | (Maes ve diğ., 2013) |

Potansiyel belirlemek için kullanılan kriterlerinin ekosistem hizmetleri ile ilişkilendirilmesinde sıklıkla uzman görüşlerine başvurulmaktadır (Maskell ve diğ., 2013, Burkhard ve diğ., 2012a). Bu bağlamda Tablo 3.13'te verilen ortak kriterler için karbon konusunda çalışan üç uzmanın görüşlerine başvurulmuştur. Bu uzmanlar ile yapılan görüşmeler ve tartışmalardan sonra, karbon uygunluğunun belirlenmesinde, yüksek korelasyona sahip olan "depolanmış karbon" ve

[4] 3.2.2.3. Karbon Hizmeti için Uygunluk Haritası ile ilgili olan bölümden "Caglayan, İ., Yeşil, A., Tolunay, D., Petersson, H. *Carbon Suitability Mapping for Forest Management Plan Decisions: The Case of Belgrad Forest (Istanbul)*" makalesi üretilmiş ve *Forest Ecosystems* dergisine gönderilmiştir.

"arazi kullanımı" kriter olarak seçilmiştir. Uzmanlar tarafından seçilen bu iki kritere ek olarak "alan büyüklüğü" ve "yıllık depolanan karbon" da önemli olarak belirlenmiş ve bu çalışmada kullanılması önerilmiştir. Sonuç olarak karbon ekosistem hizmeti potansiyelinin belirlenmesi için bu dört kriterden yararlanılmıştır. Karbon ekosistem hizmeti belirlemek için oluşturulan hiyerarşi, analitik hiyerarşi süreci kullanılarak modellenmiştir (Şekil 3.4). Potansiyel kriterleri değerlendirmek için yararlanılan veriler Orman Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan orman amenajman planlarından alınmıştır. Bu çalışmada, konusunda uzman üç bilim insanından bu kriterlerin ağırlıklarını belirlemek için önceliklendirme yapmaları istenmiştir. Uzmanlar tarafından belirlenen ağırlıklar Tablo 3.14'te verilmiştir. Kriterin ağırlıkları, 1 (eşit önem) ile 9 (aşırı önem) arasındaki önem ölçeği ile ikili karşılaştırmalar yapılarak elde edilmiştir.




**Şekil 3.4:** Karbon ekosistem hizmeti için belirlenen kriterler.

**Tablo 3.14:** Karbon ekosistem hizmeti için ağırlıkların belirlenmesi.

| Kriterler | Kriter ağırlıkları |
|---|---|
| Depolanmış karbon | 0.635 |
| Yıllık depolanan karbon | 0.149 |
| Alan kullanımı | 0.162 |
| Alan büyüklüğü | 0.054 |

Bu çalışmada, IPCC (2006) tarafından oluşturulan yönergeleri izleyerek karbon havuzlarındaki (ağaç, ölü organik materyal, toprak) depolanan karbon miktarları hesaplanmıştır. Bu hesaplar yardımıyla karbon uygunluğu haritaları hazırlanmıştır. Her meşcere için depolanmış karbon ile yıllık depolanan karbon miktarını belirlemek için hesaplama adımları aşağıda verilmiştir.

Depolanmış karbon üç karbon havuzu için hesaplanmaktadır (Tolunay, 2011);

1. Ağaç biyokütlesindeki karbon (toprak üstü biyokütle (TÜB) ve toprak altı biyokütle (TAB))
2. Ölü organik materyaldeki karbon (ölü örtü ve ölü odun)
3. Topraktaki organik karbon

Aşağıdaki kısımlarda bu üç karbon havuzunda biriken karbonun hesaplanması özetlenmiştir.

Ağaç biyokütlesindeki karbon miktarının hesaplanması:

Depolanmış karbon hesaplaması için yukarıda tanımlanan 3 karbon havuzundan ağaç biyokütlesinde olan karbon Denklem 3.2'de verilmiştir. Yıllık depolanan karbon ise yalnızca toprak üstü ve toprak altı biyokütledeki karbona göre hesaplanmıştır (Denklem 3.3).

$$C_{Biyokütle} = DGH \times (1 + R) \times HA \times BGF \times CF \quad (3.2)$$

$$C_{Artım} = A_V \times (1 + R) \times HA \times BGF \times CF \quad (3.3)$$

Denklemdeki $C_{Biyokütle,}$ ağaç biyokütlesindeki karbon miktarını (ton C $ha^{-1}$), *DGH*, Dikili kabuklu gövde hacmini ($m^3$ $ha^{-1}$) ifade etmektedir. R, Kök/Sak oranını göstermektedir. Başka bir ifade ile ağacın toprak üstü biyokütlesinden kök biyokütlesini hesaplamak için kullanılan bir katsayısıdır (IPCC, 2006). Tablo 3.15'de bu çalışmada kullanılan R katsayıları verilmiştir. *HA*, her ağaç türü veya tür grubu için kabuklu gövde odunu hacim ağırlığını (ton/$m^3$) ve *BGF*, gövde odunu biyokütlesini ifade etmektedir. Bu katsayı her ağaç türü veya ağaç türü grubu için dikili kabuklu gövde odunu hacmine karşılık gelen biyokütleyi toprak üstü toplam biyokütleye çevirmek için kullanılmaktadır. Bu çalışmada Tolunay (2019) tarafından Türkiye'deki ana ağaç türleri için geliştirilen *BGF* ve *HA* katsayıları kullanılmıştır (Tablo 3.16). *CF* katsayısı karbon faktörü olarak ifade edilmekte ve biyokütleyi karbon miktarına dönüştürmek için kullanılmaktadır. Bu katsayı IPCC (2006) kılavuzunda yapraklı ormanlar için 0.48; ibreli ormanlar için 0.51 ve ölü örtü-ölü odun için 0.47 (Denklem 3.4) olarak belirlenmiştir [C kuru ağırlık$^{-1}$]. Yıllık depolanan karbon ($C_A$) canlı biyokütledeki yıllık depolanan net karbon miktarını (ton C $ha^{-1}$ $y^{-1}$) ifade etmektedir, $A_v$ ise yıllık artım ($m^3$ $ha^{-1}$ $y^{-1}$) miktarıdır (Denklem 3.3).

**Tablo 3.15:** Ilıman kuşaktaki ormanlar için Kök/Sak oranı (IPCC, 2006)**.**

| Vejetasyon Tipi | AFOLU | |
|---|---|---|
| | Toprak üstü biyokütle (t/ha) | Kök/Sak oranı (R) |
| İbreli | < 50 | 0.40 |
| | 50-150 | 0.29 |
| | > 150 | 0.20 |
| Meşe (*Quercus*) | > 70 | 0.30 |
| Yapraklı | < 75 | 0.46 |
| | 75-150 | 0.23 |
| | > 150 | 0.24 |

**Tablo 3.16:** Türkiye'deki ana ağaç türleri için hacim ağırlığı ve gövde odunu biyokütlesi katsayıları (Tolunay, 2019)**.**

| İbreliler | Hacim ağırlığı (ton/m$^{-3}$) (HA) | BGF | Yapraklılar | Hacim ağırlığı (ton/m$^{-3}$) (HA) | BGF |
|---|---|---|---|---|---|
| *Pinus brutia* Ten. | 0.478 | 1.319 | *Fagus orientalis* Lipsky. | 0.530 | 1.305 |
| *Pinus nigra* Arnold. | 0.470 | 1.071 | *Quercus* spp. | 0.570 | 1.322 |
| *Pinus sylvestris* L. | 0.426 | 1.247 | *Carpinus* spp. | 0.630 | 1.482 |
| *Pinus pinea* L. | 0.470 | 1.212 | *Alnus* spp. | 0.407 | 1.103 |
| *Pinus pinaster* Ait. | 0.440 | 1.212 | *Castanea sativa* Miller. | 0.480 | 1.320 |
| *Abies* spp. | 0.350 | 1.345 | *Fraxinus* spp. | 0.562 | 1.310 |
| *Picea orientalis* L. Link. | 0.358 | 1.132 | *Robinia pseudoacacia* L. | 0.680 | 1.315 |
| *Cedrus libani* A. Rich. | 0.430 | 1.300 | Diğer yapraklılar | 0.541 | 1.310 |
| Diğer ibreliler | 0.446 | 1.212 | | | |

Ölü organik materyaldeki karbon miktarının hesaplanması:

Tolunay ve Çömez (2008) tarafından ölü örtüdeki ortalama karbon depolama miktarını ($C_{Ölüörtü}$) Türkiye için 5.8 ton C ha$^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmada da bu değerin değişmeyeceği varsayılarak aynı değer kullanılmıştır. Ölü odundaki (dikili kuru ve devrik) biyokütle miktarı, ibreli ve yapraklı ormanlardaki toprak üstü canlı biyokütlenin %1'i olarak hesaplanmaktadır (FRA, 2010) (Denklem 3.4). Bu oran biyoçeşitliliği korumak için hektar başına 1 veya 2 ölü ağaç bırakılmasını öneren Orman Amenajman Yönetmeliği ile benzeşmektedir. Bu nedenle bu çalışmada da bu katsayı (0.01) kullanılmıştır.

$$C_{Ölüodun} = T\ddot{U}B \times 0.01 \times 0.47 \quad (3.4)$$

Denklemdeki $C_{Ölüodun}$ , ölü odundaki karbon miktarını [ton C ha$^{-1}$], TÜB, karbon depolanması için toprak üstü biyokütleyi [ton ha$^{-1}$], 0.01 katsayısı, TÜB'nin ölü odundaki oranını ve 0.47 katsayısı ise sabit karbon faktörünü [ton C m$^{-3}$] ifade etmektedir.

Topraktaki organik karbon miktarının hesaplanması:

Tolunay ve Çömez (2008) tarafından topraktaki ortalama karbon depolama miktarı ($C_{Toprak}$) Türkiye için 78.0 [ton C ha-1] olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmada da bu değerin değişmeyeceği varsayılarak aynı değer kullanılmıştır. Yukarıdaki hesaplardan sonra bütün çalışma alanı için toplam depolanmış ve yıllık depolanan karbon miktarlarının hesaplanmasına geçilmiştir. Belgrad Ormanı için depolanmış karbon miktarı Denklem 3.5 ve yıllık depolanan karbon miktarı Denklem 3.6'da verilen formüller yardımı ile hesaplanmıştır. Bu denklemlerde bulunan parametreler daha önceki bölümlerde detaylı olarak anlatılmıştır.

$$C_{Depolama} = C_{Biyokütle} + (C_{Ölüodun} + C_{Ölüörtü}) + C_{Toprak} \quad (3.5)$$

$$C_{Artım} = C_A \quad (3.6)$$

Tablo 3.17'de örnek bir meşcerenin depolanmış karbon ve yıllık depolanan karbon miktarlarını hesaplamak için kullanılan katsayılar verilmiştir. Bu katsayılar yardımıyla örnek meşcerenin depolanmış karbon miktarı 264,792 ton C $ha^{-1}$ (Tablo 3.18) olarak hesaplanmıştır. Tablo 3.19 aynı meşcere için yıllık depolanan karbon miktarını göstermektedir (1.748 ton $ha^{-1}$ $yr^{-1}$). Bu hesaplamalar yukarıda belirtilen denklemler kullanılarak yapılmıştır.

**Tablo 3.17:** Örnek meşcere için depolanmış ($C_{Depolama}$)ve yıllık depolanan karbon miktarının ($C_A$) hesaplanması için değerler ve katsayılar.

| Meşceredeki ağaç türü | *DGH($m^3$)* | *A($m^3$)* | *HA* | *BGF* | *R* | *CF* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Kayın (*Fagus orientalis* ) | 214.683 | 2.779 | 0.530 | 1.305 | 0.23 | 0.48 |
| Meşe (*Quercus* spp.) | 184.721 | 1.093 | 0.570 | 1.322 | 0.30 | 0.48 |
| Gürgen (*Carpinus* spp.) | 7.510 | 0.140 | 0.630 | 1.482 | 0.46 | 0.48 |
| Kestane (*Castanea sativa*) | 0.381 | 0.017 | 0.480 | 1.320 | 0.46 | 0.48 |

**Tablo 3.18:** Örnek meşcere için depolanmış karbon miktarının (ton C $ha^{-1}$) hesaplanması.

| Meşceredeki ağaç türü | *TÜB* | *TAB* | *TÜB+TAB için toplam C* | *Ölüörtü C* | *Ölüodun C* | *Toprak organik C* | *Toplam C* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kayın (*Fagus orientalis*) | 148.485 | 34.152 | 87.666 | | | | |
| Meşe (*Quercus* spp.) | 139.195 | 41.758 | 86.887 | 5.80 | 1.386 | 78.00 | |
| Gürgen (*Carpinus* spp.) | 7.012 | 3.225 | 4.914 | | | | |
| Kestane (*Castanea sativa*) | 0.241 | 0.111 | 0.169 | | | | |
| Toplam | 294.933 | 79.246 | 179.606 | 5.80 | 1.386 | 78.00 | **264.792** |

**Tablo 3.19:** Örnek meşcere için yıllık depolanan toplam karbon miktarının (ton C $ha^{-1}y^{-1}$) hesaplanması ($C_{Artım}$ için $TÜB_A$ (toprak üstü biyokütle) ve $TAB_A$ (Toprak altı biyokütle)).

| Meşceredeki ağaç türü | *$TÜB_A$* | *$TAB_A$* | *$TÜB_A$+$TAB_A$ için toplam karbon* |
|---|---|---|---|
| Kayın (*Fagus orientalis*) | 1.922 | 0.442 | 1.135 |
| Meşe (*Quercus* spp.) | 0.824 | 0.247 | 0.514 |
| Gürgen (*Carpinus* spp.) | 0.131 | 0.060 | 0.092 |
| Kestane (*Castanea sativa*) | 0.011 | 0.005 | 0.008 |
| Toplam | 2.887 | 0.754 | **1.748** |

Alan kullanımı ve Alan büyüklüğü Kriterleri:

Bu başlık altında, karbon potansiyelinin hesaplanmasında ele alınan Alan kullanımı ve Alan büyüklüğü kriterleri için değerler hesaplanmıştır. Öncelikle Belgrad Ormanı için alan kullanım kriter değerinin belirlenmesi gerekmiştir. Orman amenajman pratiğinde, meşcereler, hacmen %90 ve daha fazla aynı türden oluşması durumunda "saf", farklı herhangi bir ağaç türünün hacmen %10 veya daha fazla meşcereye karışması durumunda "karışık" kabul edilmektedir. % 1-10 kapalılık seviyesine sahip olan meşcereler ise "düzensiz meşcere" olarak kabul edilmektedir. Dolayısıyla meşcereler saf ibreli, saf yapraklı ve karışık meşcereler olarak sınıflandırılabilmektedir. Bu bilgilerden yola çıkarak, bu çalışmada meşcereler yaş sınıfına bağlı olarak üç sınıfa ayrılmıştır. Bu meşcereler genç 0–60 yaş; orta yaşlı 61–140 yaş; ve yaşlı 141+ şeklindedir.

Yukarıdaki açıklamalar doğrultusunda bu çalışmada 11 alan kullanım sınıfı oluşturulmuştur. Bu sınıflar; otlak, genç ibreli meşcere, orta yaşlı ibreli meşcere, yaşlı ibreli meşcere, genç yapraklı meşcere, orta yaşlı yapraklı meşcere, yaşlı yapraklı meşcere, genç karışık meşcere, orta yaşlı karışık meşcere, yaşlı karışık meşcere ve düzensiz meşcere şeklindedir. Alan kullanımına göre karbon potansiyeli belirlemek için bu sınıflara uzmanlardan 1 ile 11 arasında değişen değerlere göre puanlamaları istenmiştir. Hem alan kullanım sınıfları hem de puanlar Tablo 3.20'de verildiği gibidir. Bunları takiben bu puan değerleri normalize puan değerlerine dönüştürülmüştür. Alan kullanım sınıfları için mevcut alan yüzdeleri ise Tablo 3.21'de sunulmuştur.

**Tablo 3.20:** Alan kullanımı kriteri için puanların belirlenmesi.

| Ana kriter | Ana kriter ağırlıkları | Alan kullanım sınıfları | Puanlar | Normalize puanlar |
|---|---|---|---|---|
| Alan kullanımı | 0.162 | Otlak | 1 | 0.091 |
| | | Genç ibreli meşcere | 9 | 0.818 |
| | | Orta yaşlı ibreli meşcere | 10 | 0.909 |
| | | Yaşlı ibreli meşcere | 11 | 1.000 |
| | | Genç yapraklı meşcere | 3 | 0.273 |
| | | Orta yaşlı yapraklı meşcere | 4 | 0.364 |
| | | Yaşlı yapraklı meşcere | 5 | 0.455 |
| | | Genç karışık meşcere | 6 | 0.545 |
| | | Orta yaşlı karışık meşcere | 7 | 0.636 |
| | | Yaşlı karışık meşcere | 8 | 0.727 |
| | | Düzensiz meşcere | 2 | 0.182 |

**Tablo 3.21:** Her alan kullanım sınıfı için mevcut alan yüzdeleri.

| Alan kullanım sınıfları | Alan (ha) | Yüzdesi (%) |
|---|---|---|
| Otlak | 84.34 | 1.49 |
| Genç ibreli meşcere | 112.08 | 1.98 |
| Orta yaşlı ibreli meşcere | 113.04 | 2.00 |
| Yaşlı ibreli meşcere | 0.00 | 0.00 |
| Genç yapraklı meşcere | 155.37 | 2.74 |
| Orta yaşlı yapraklı meşcere | 499.56 | 8.83 |
| Yaşlı yapraklı meşcere | 333.32 | 5.89 |
| Genç karışık meşcere | 406.40 | 7.18 |
| Orta yaşlı karışık meşcere | 1768.69 | 31.25 |
| Yaşlı karışık meşcere | 2162.84 | 38.20 |
| Düzensiz meşcere | 24.62 | 0.44 |
| Toplam | 5660.3 | 100 |

Yukarıda depolanmış karbon, yıllık depolanan karbon, alan kullanımı ve alan büyüklüğü kriterleri için yapılan hesaplamaların sonunda örnek meşcere için karbon uygunluk değerinin hesaplanması işlemine geçilmiştir. Bu hesaplama için Tablo 3.22'de verilen ana kriterler için normalize değerler hesaplanmıştır. Daha sonra, meşcerelerin her kriterden aldıkları ana kriter ağırlıkları (W) ile kriterler için hesaplanan normalize değerler (N) çarpılarak her meşcere için uygunluk puanı değerleri oluşturulmuştur. Son olarak, çarpılan değerler toplanmış ve her meşcere için karbon uygunluk değerleri elde edilmiştir. Tablo 3.22'de örnek meşcere için toplam karbon uygunluk değeri gösterilmiştir.

**Tablo 3.22:** Örnek meşcere için karbon uygunluk değerinin hesaplanması.

| Ana kriter | Kriter ağırlıkları (W) | Örnek meşcerenin değerlendirilmesi | Normalize değerler (N) | Meşcerenin uygunluk değeri (W*N) |
|---|---|---|---|---|
| Depolanmış karbon | 0.635 | 95.299 ton $ha^{-1}$ | 0.310 | 0.197 |
| Yıllık depolanan karbon | 0.149 | 0.808 ton $ha^{-1}$ $yr^{-1}$ | 0.106 | 0.016 |
| Alan kullanımı | 0.162 | 0.545 (Genç karışık meşcere) | 0.545 | 0.088 |
| Alan büyüklüğü | 0.054 | 1.814 ha | 0.033 | 0.002 |
| | | Toplam normalize değer | 0.994 | 0.303 |

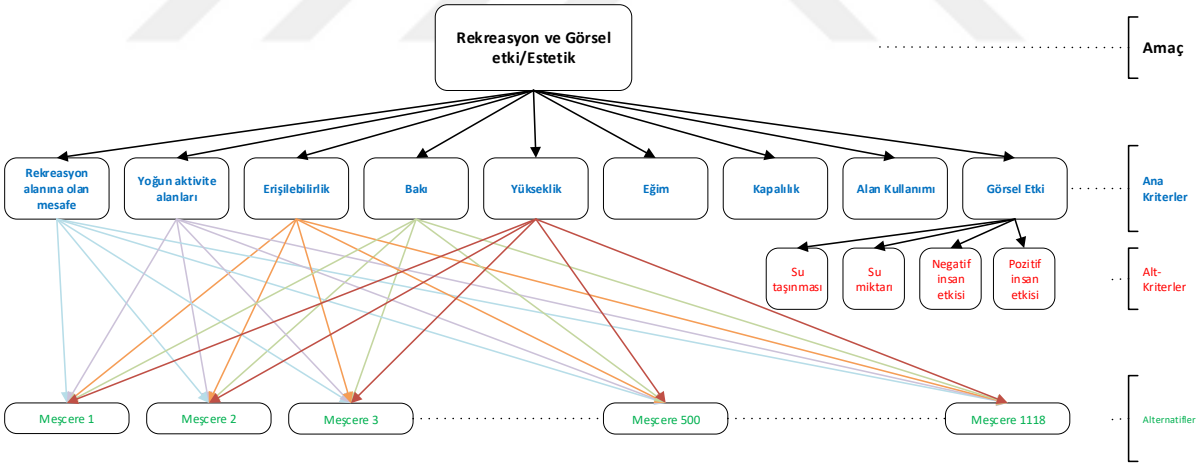
### *3.2.2.4. Rekreasyon ve Görsel Etki Hizmeti için Uygunluk Haritaları*[5]

Rekreasyon alanları için en uygun meşcere seçiminde etkili olan kriterlerin tespit edilmesi amacıyla, öncelikle literatürde ele alınan kriterler listelenmiştir. Bu listede görsel etki, yükseklik, eğim, bakı, rekreasyon alanına uzaklık, yoğun aktivite alanı, erişilebilirlik, alan kullanımı, kapalılık, nüfus yoğunluğu (Chan ve diğ., 2006b, Liu ve diğ., 2012) ve ziyaretçi sayısı (Sugimura ve Howard, 2008) gibi birçoğunun ortak kriter olduğu anlaşılmıştır. Görüldüğü üzere, rekreasyon alanı belirleme kararı verilirken çok sayıda kriter göz önünde bulundurulabilmektedir. Ancak, nüfus yoğunluğu ve ziyaretçi sayısı gibi sosyal kriterler değişken bir yapıda olduğundan bu çalışmada dikkate alınmamıştır. Bu şekilde, literatür taramasından yararlanılarak, rekreasyon için uygun meşcere seçiminde kullanılacak etkin kriterler tespit edilmiştir. Bu kriter seti Tablo 3.23'de sunulmuştur. Bu kriterler ikili karşılaştırma yoluyla konusunda uzman görüşünden yararlanarak ağırlıklandırılmıştır. Rekreasyon uygunluğunun belirlenmesi için analitik hiyerarşi süreci Şekil 3.5'de şematik olarak verilmiştir.

[5] 3.2.2.4. Rekreasyon ve Görsel Etki Hizmeti için Uygunluk Haritaları ile ilgili olan bölümden "Caglayan, İ., Yeşil, A., Cieszewski, C., Gül, F. K. & Kabak, Ö. 2020. Mapping of recreation suitability in the Belgrad Forest Stands. *Applied Geography*, 116, 102153." makalesi yayınlanmıştır.

**Tablo 3.23:** Rekreasyon ekosistem hizmet potansiyelini belirlemek için literatürde tanımlanan kriterler (Caglayan ve diğ., 2020)**.**

| Ana kriterler | Veri Kaynağı | Literatür |
|---|---|---|
| Görsel Etki/Estetik | Fotoğraflar | (Chhetri ve Arrowsmith, 2008, Kienast ve diğ., 2012, Nahuelhual ve diğ., 2013, Caspersen ve Olafsson, 2010, Grêt-Regamey ve diğ., 2015, Burkhard ve diğ., 2012b) |
| Rekreasyon alanına olan mesafe | Yol Haritaları (İlçe merkezlerinden ulaşım) | (Chan ve diğ., 2006b, Nahuelhual ve diğ., 2013, Kliskey, 2000, Liu ve diğ., 2012, Caspersen ve Olafsson, 2010, Kienast ve diğ., 2012, Gimona ve van der Horst, 2007, Paracchini ve diğ., 2014, Grêt-Regamey ve diğ., 2015) |
| Yoğun aktivite alanları | Orman içi tali ve asli yollar, piknik alanları, vb. GPS noktaları | (Caspersen ve Olafsson, 2010) |
| Erişilebilirlik | Yol Haritaları | (Kliskey, 2000, Nahuelhual ve diğ., 2013, Syrbe ve Walz, 2012, van Riper ve diğ., 2012, Liu ve diğ., 2012, Grêt-Regamey ve diğ., 2015) |
| Bakı | Topoğrafik veri | (Kliskey, 2000, Gül ve diğ., 2006) |
| Yükseklik | Topoğrafik veri | (Kliskey, 2000, Liu ve diğ., 2012, van Riper ve diğ., 2012, Gül ve diğ., 2006, Casado-Arzuaga ve diğ., 2014, Chhetri ve Arrowsmith, 2008) |
| Eğim | Topoğrafik veri | (Kliskey, 2000, Liu ve diğ., 2012, Chhetri ve Arrowsmith, 2008, van Riper ve diğ., 2012, Gül ve diğ., 2006) |
| Alan kullanımı | Orman Envanteri | (Chan ve diğ., 2006b, Nahuelhual ve diğ., 2013, Kliskey, 2000, Liu ve diğ., 2012, Caspersen ve Olafsson, 2010, Kienast ve diğ., 2012, Casado-Arzuaga ve diğ., 2014, Grêt-Regamey ve diğ., 2015) |
| Kapalılık | Orman Envanteri | (Kliskey, 2000) |




**Şekil 3.5:** Rekreasyon uygunluğunun belirlenmesindeki hiyerarşik yapı (Caglayan ve diğ., 2020)**.**

Bir uzman, dokuz ana kriter ve dört alt kriteri 1 (eşit önem) ile 9 (aşırı önem) önem ölçeğini kullanarak kriterleri ikili karşılaştırmalarla değerlendirmiştir. Bu değerlendirmelere dayanarak, dokuz ana kriter ve dört alt kriterin ağırlık puanlarını analitik hiyerarşi süreci işletilerek hesaplanmıştır. Daha sonra, kriterlerin ağırlıklı puanları doğrusal normalizasyon kullanarak normalize edilmiştir. Tüm ana ve alt kriterlerin ağırlıklar değerleri Tablo 3.24 ve 3.25'de gösterilmektedir.

**Tablo 3.24:** Rekreasyon ekosistem hizmet potansiyelini belirlemek için ağırlıklı puanlar tablosu (Caglayan ve diğ., 2020)**.**

| Ana kriter | Ana kriter ağırlıkları | Değerler | Değerlerin ağırlıklı puanları | Normalize ağırlıklı puanlar |
|---|---|---|---|---|
| Rekreasyon alanına olan mesafe | 0.040 | 0-5 km | 0.724 | 1 |
| | | 5-10 km | 0.193 | 0.267 |
| | | 10-30 km | 0.083 | 0.115 |
| Yoğun aktivite alanları | 0.082 | Aktivite var | - | 1 |
| | | Aktivite yok | - | 0 |
| Erişilebilirlik | 0.061 | 0-100 km | 0.724 | 1 |
| | | 100-200 km | 0.193 | 0.267 |
| | | >200 km | 0.083 | 0.115 |
| Bakı | 0.025 | Kuzey | 0.164 | 0.764 |
| | | Güney | 0.046 | 0.216 |
| | | Doğu | 0.074 | 0.343 |
| | | Batı | 0.091 | 0.423 |
| | | GD | 0.060 | 0.278 |
| | | GB | 0.047 | 0.218 |
| | | KD | 0.180 | 0.840 |
| | | KB | 0.214 | 1 |
| | | Düz yüzey | 0.125 | 0.583 |
| Yükseklik | 0.021 | 0-50 | 0.466 | 1 |
| | | 50-100 | 0.277 | 0.595 |
| | | 100-150 | 0.161 | 0.346 |
| | | >150 | 0.096 | 0.206 |
| Eğim | 0.354 | Az veya eğim yok: % 0 – 3 | 0.542 | 1 |
| | | Hafif eğim: % 4 – 10 | 0.246 | 0.453 |
| | | Orta eğim: % 11 – 20 | 0.117 | 0.215 |
| | | Dik eğim: % 21 – 30 | 0.059 | 0.109 |
| | | Aşırı dik eğim >%30 | 0.037 | 0.069 |
| Alan kullanımı | 0.093 | Otlak | 0.025 | 0.093 |
| | | Genç ibreli meşcere | 0.020 | 0.075 |
| | | Orta yaşlı ibreli meşcere | 0.052 | 0.195 |
| | | Yaşlı ibreli meşcere | 0.091 | 0.341 |
| | | Genç yapraklı meşcere | 0.025 | 0.093 |
| | | Orta yaşlı yapraklı meşcere | 0.108 | 0.402 |
| | | Yaşlı yapraklı meşcere | 0.216 | 0.806 |
| | | Genç karışık meşcere | 0.033 | 0.123 |
| | | Orta yaşlı karışık meşcere | 0.140 | 0.523 |
| | | Yaşlı karışık meşcere | 0.268 | 1 |
| | | Düzensiz meşcere | 0.022 | 0.080 |
| Kapalılık | 0.131 | Boşluklu (%0–10) | 0.055 | 0.097 |
| | | Gevşek (%11–40) | 0.114 | 0.200 |
| | | Orta (%41–70) | 0.260 | 0.456 |
| | | Tam (%71–100) | 0.571 | 1 |

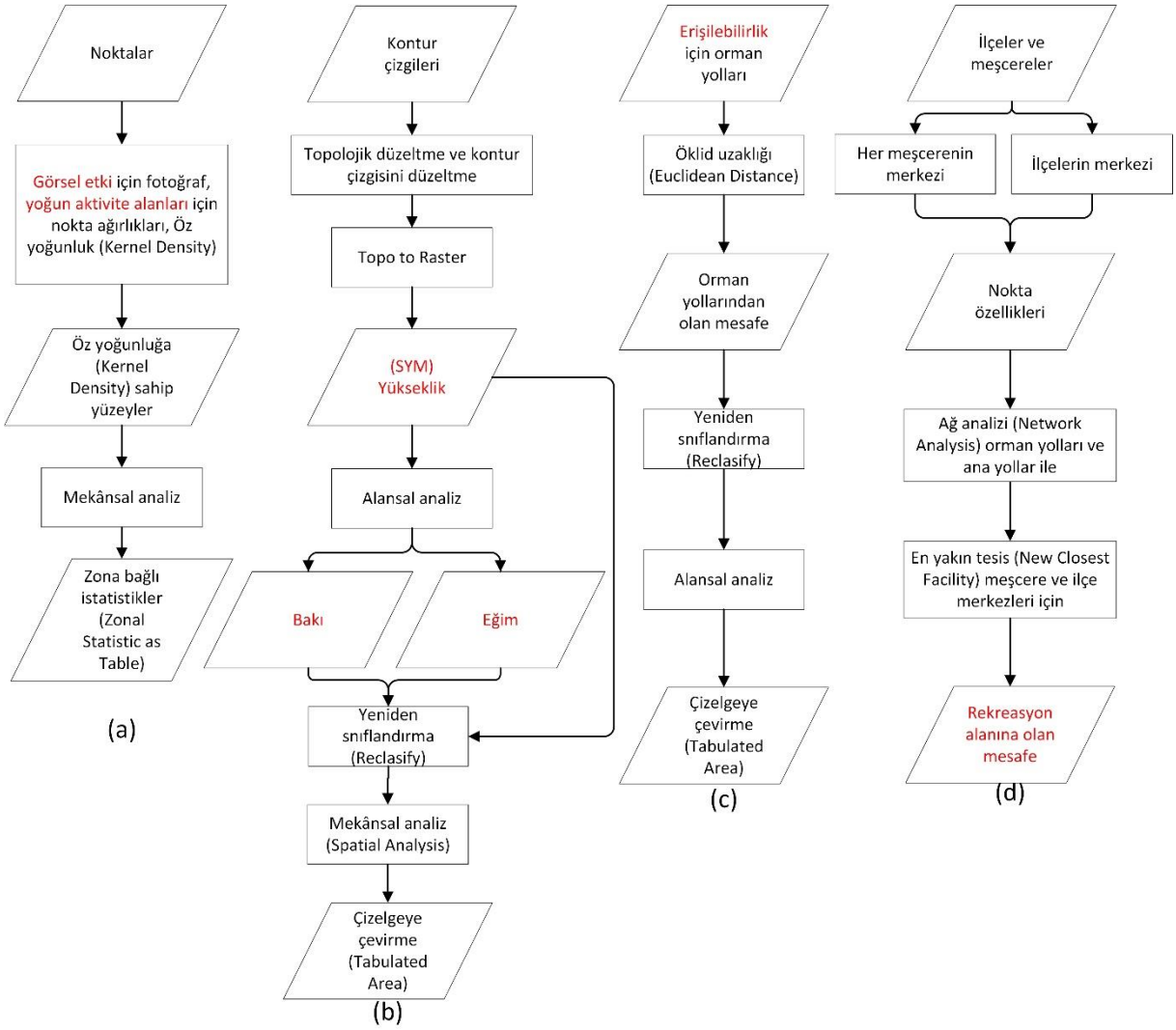
**Tablo 3.25:** Fotoğrafların ağırlıklandırılmasında kullanılan alt kriterler ve puanlar tablosu (Caglayan ve diğ., 2020)**.**

| Ana kriter | Ana kriter ağırlığı | Alt kriter | Alt kriter ağırlığı | Değerler | Puanlar |
|---|---|---|---|---|---|
| Görsel etki | 0.193 | Su taşınması | 0.148 | Taşınma var | 1 |
| | | | | Taşınma yok | 0 |
| | | Su miktarı | 0.283 | Gölet | 0.5 |
| | | | | Göl | 1 |
| | | | | Su yok | 0 |
| | | Negatif insan etkisi (yol, ev vb.) | 0.047 | İnsan etkisi yok | 1 |
| | | | | İnsan etkisi var | 0 |
| | | Pozitif insan etkisi (yüksek tarihi öneme sahip yapılar) | 0.522 | İnsan etkisi yok | 0 |
| | | | | İnsan etkisi var | 1 |

Coğrafi olarak değişen koşullar ve rekreasyonel parametrelerinin değişken değerleri nedeniyle, rekreasyon alanlarını belirlemek için genel geçer standartlar bulunmamaktadır. Bu durumda farklı rekreasyonel aktiviteler arasındaki mekânsal etkileşimleri incelemek için CBS ile entegre rekreasyon fonksiyonlarının haritalandırılması ve yeni, kapsamlı yerelleştirilmiş yaklaşımların geliştirilmesi istenmektedir (Kliskey, 2000). Bu nedenle bu çalışmada rekreasyon parametrelerinin değerlerini oluşturabilmek için CBS'den sağlanan veriler kullanılmıştır. Verilerden elde edilen tüm bilgiler ArcGIS 10.2 formatında üretilmiştir. Temel verilerimiz meşcereler, yollar ve nokta verilerinden oluşmaktadır. Bu çalışmada, Türkiye'deki ormancılık uygulamalarıyla uyumlu olması için mevcut meşcere sınırları esas alınmıştır. Meşcere verileri Orman Amenajman Planlarına ait veri tabanından alınmıştır. ArcGIS fonksiyonlarını kullanarak her bir meşcerenin rekreasyona uygunluğu değerlendirmek için yükseklik, eğim, bakı, görsel etki, yoğun aktivite alanı, erişilebilirlik ve rekreasyon alanlarına olan mesafe gibi yedi kriter değeri hesaplanmıştır.

Ayrıca, alan kullanımı ve kapalılık kriterlerine ait veriler amenajman planlarından elde edilmiştir. Diğer temel verilerden biri Harita Genel Müdürlüğünden elde edilen 1: 25.000 ölçeğinde topoğrafik haritaların yükseklik eğrilerinden oluşturulan sayısal yükseklik modelidir (SYM). Bunlara ilaveten, görsel etki ve yoğun aktivite alanları için saha gözlemlerimizden elde edilen nokta verilerini kullanarak başka bir temel veri üretilmiştir. 1: 1000 ölçeğinde ilçelerin sınırı ve yol verileri İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nden alınmış ve rekreasyon alanlarına olan mesafeleri bulmak için kullanılmıştır.

Rekreasyon parametrelerinin değerlerini hesaplamanın dört farklı yolu bulunmaktadır (Şekil 3.6). Görsel etki ve yoğun aktivite alanı kriterleri için, alan gözlemleri ile toplanan nokta verileri ArcGIS programında *kernel density* analizi yapılıp yüzey oluşturularak raster verilerine dönüştürülmüştür (Şekil 3.6a). Yükseklik, bakı ve eğim kriterleri için değerler, topoğrafik haritaların yükseklik eğrilerinden oluşturulan sayısal yükseklik modeli kullanılarak türetilmiştir (Şekil 3.6b). Erişilebilirlik kriterinin belirlenmesinde orman içi yollardan yararlanılmıştır. Bu işlemin gerçekleştirilmesinde her meşcerenin bu orman içi yollarından uzaklığı hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar sonucunda elde edilen değerler, alansal analiz yapmak için yeniden sınıflandırılmıştır (Şekil 3.6c). Rekreasyon alanına olan mesafe kriteri, orman yollarına ve otoyollara dayalı ağ analizi ile hesaplanmıştır. Her ilçe ve meşcerenin alansal merkezlerinin (orta noktaları) ArcGIS tarafından hesaplanmaktadır (Şekil 3.6d). Hesaplamaların ve dönüşümlerin ayrıntıları aşağıdaki alt bölümlerde verilmiştir.




**Şekil 3.6:** Veri akış şeması (a) Görsel etki ve Yoğun aktivite alanları (b) Bakı, Yükseklik, Eğim (c) Erişilebilirlik (d) Rekreasyon alanına olan mesafe (Caglayan ve diğ., 2020).

Görsel etki ve Yoğun aktivite alanı kriterlerinin belirlenmesi:

Nokta verileri, koordinatlara ve ilgili niteliklere sahip olduğundan mekânsal analizde faydalanılmaktadır (Bailey ve Gatrell, 1995). Bu çalışmada hem görsel etki hem de yoğun aktivite alanları için nokta verileri kullanılmıştır. Görsel etki kriterine göre uygun rekreasyon alanlarını belirlemek amacıyla çeşitli alanların fotoğraflarından yararlanılmıştır. İlk olarak Belgrad Ormanı'ndaki orman yolları ile erişilebilinen alanların 55 adet farklı panoramik fotoğrafı çekilmiştir. Fotoğrafı çekilen noktaların koordinatları GPS kullanılarak kaydedilmiştir. İkinci olarak, her fotoğraf Tablo 3.25'te verilen değerlendirme ölçeklerine ve alt kriterlere göre değerlendirilmiştir. Görsel etki kriteri dört alt kritere göre hesaplanmıştır: Su taşınması, Su miktarı, negatif insan etkisi (yol, evler, villalar) ve pozitif insan etkisi (tarihi

değeri yüksek yapılar). Her fotoğraf puanlandıktan sonra görsel etki değerlendirmelerinin ağırlıklı puanlarını elde etmek için puanlar alt kriter ağırlıklarıyla çarpılmıştır. Fotoğraf değerlendirme örnekleri Şekil 3.7'de gösterilmiştir.

| GPS Numarası | PANAROMİK FOTOĞRAFLAR | Alt kriterler ve ağırlık değerleri | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Su taşınması | Su miktarı | Negatif insan etkisi | Pozitif insan etkisi | Fotoğrafların ağırlıklı değerleri |
| | | 0.148 | 0.283 | 0.047 | 0.522 | |
| F022 |  | 0 | 1 | 1 | 0 | 0.330 |
| F061 |  | 0 | 1 | 1 | 1 | 0.852 |
| F029 |  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

**Şekil 3.7:** Görsel etki değerlendirmesinde kullanılan fotoğrafların ağırlıklandırılması.

Yoğun aktivite alanlarını bulmak için önce en popüler piknik alanları ziyaret edilmiş ve koordinatları kaydedilmiştir. Ardından, bu koordinat noktalarına yoğun aktivite alanları için "1" puan atanmıştır.

Fotoğraf koordinatlarına verilen puanlar ile yoğun aktivite alanları için koordinatlara atanan puanlar ArcGIS programına aktarılmış ve *kernel density* analizi yapılmıştır. Böylece nokta verileri raster verilere dönüştürülmüştür. Son olarak, raster veriler ArcGIS'te tablo aracı olan *spatial analysis tool* kullanılarak meşcerelere ortalama kriter puanları verilmiştir (Şekil 3.6a).

Yükseklik, Eğim ve Bakı kriteri verilerinin hesaplanması:

Yükseklik eğrileri topolojik olarak kontrol edilmiş ve bazı değerler düzeltilmiştir. Yükseklik kriteri için sayısal yükseklik modelinden elde edilen raster verileri, ArcGIS programının *topo to raster* aracı kullanılarak yükseklik eğrileri ve sınır verilerinden 10 m piksel boyutunda üretilmiştir. Eğim ve bakı için raster verileri, aynı piksel boyutuna sahip sayısal yükseklik modelinden üretilmiştir. Daha sonra meşcerelerin hangi yükseklik, eğim ve bakı sınıfına ait olduğunu belirlenmiştir. Yükseklikler dört sınıf, eğimler beş sınıf ve bakılar dokuz sınıf olmak üzere toplam onsekiz sınıfa ayrılmıştır (Tablo 3.24). Toplam onsekiz sınıfa ait piksel sayıları *tabulated area tool* kullanılarak her meşcere için hesaplanmıştır (Şekil 3.6b). Daha sonra, her bir meşcerenin sınırları içindeki en fazla piksel hangi sınıfta ise o sınıfa ait normalize ağırlıklı yükseklik, eğim ve bakı puanı ait olduğu meşcereye atanmıştır.

Erişilebilirlik kriterinin hesaplanması:

Erişilebilirlik, orman içi yollardan meşcerelere ulaşılabilirliği ölçmektedir. Ziyaretçilerin yol kenarlarından veya otoparklardan meşcere içindeki çeşitli alanlara erişebileceği varsayılmıştır. Bu değerlendirme için orman yolu veri tabanından asfaltsız yollar, köy yolları, asfaltlı yollar ve otoyollar olarak dört yol kategorisi seçilmiştir. İlk olarak, her meşcere için raster veriler, meşcere ile en yakın orman yolu arasındaki piksellerin mesafesini bulmak için ArcGIS' in *euclidean distance tool* aracı kullanılmıştır. Erişilebilirlik 0-100 m, 100-200 m ve > 200 m olarak üç sınıfa ayrılmıştır. Daha sonra, meşcereler için üç sınıfa ait piksel sayıları *tabulated area tool* kullanılarak hesaplanmış (Şekil 3.6c) ve erişilebilirlik değeri olarak meşcereye atanmıştır.

Rekreasyon alanına olan mesafe kriterinin hesaplanması:

Literatürde yerleşim alanları ile rekreasyon alanları arasındaki mesafelerin etkileri tartışmalı konular arasında yer almaktadır. Bu mesafenin yerel koşullara ve coğrafi bölgelere bağlı olarak 0.5 km ile 80 km gibi geniş bir aralıkta değiştiği tespit edilmiştir (Paracchini ve diğ., 2014, Kliskey, 2000, Liu ve diğ., 2012, Maes ve diğ., 2012, Hörnsten ve Fredman, 2000). Belgrad Ormanı için Pehlivanoglu (1986) çalışmasında bu mesafenin 20 km olduğunu ileri sürmüştür. Bu konudaki bilgi güncel olmadığından Caglayan ve diğ. (2018a) çalışmalarında Belgrad Ormanı'nı ziyaret edenlerin yaklaşık %74'ünün 20 km'den daha uzak yerlerden geldiğini tespit

etmişlerdir. Bu nedenlerden dolayı bu çalışmada yerleşim yerlerinden rekreasyon alanlarına ulaşmak için kabul edilebilir mesafelerin 0 ile 30 km arasında değiştiği varsayılmıştır.

Rekreasyon alanına olan mesafeleri hesaplamak için önce ArcGIS fonksiyonlarını kullanarak ilçeler ile ve sadece araçlarla ulaşılabilen meşcerelerin merkezleri belirlenmiştir. Ardından karayolları, orman yolları ve diğer yol türleri ile tanımlanan tüm yollar birleştirilerek ağ veri setleri oluşturulmuştur. Tüm ilçe merkezlerinden meşcere merkezlerine olan mesafeler ArcGIS *network analysis-new closest facility tool* analizi kullanılarak hesaplanmıştır (Şekil 3.6d). Meşcereler, en yakın yerleşim alanına olan uzaklıklarına göre 0-5 km, 5-10 km ve 10-30 km olarak üç sınıfa ayrılmıştır. Son olarak, üç kriter sınıfından biriyle eşleşen her meşcereye normalize edilmiş ağırlıklı puanlar verilmiştir.

Alan kullanımı ve kapalılık kriterleri:

Alan kullanımı ve kapalılık kriterlerine ait veriler, amenajman planlarındaki meşcere verilerinden alınmıştır. Alan kullanım sınıfları yukarıda karbon ekosistem hizmeti için tanımlanan sınıflar ile aynıdır. Ağaç türü karışımı ve yaşına göre 11 sınıfa ayrılmıştır. Son olarak, 11 kriter sınıfından biriyle eşleşen her meşcereye normalize edilmiş ağırlıklı puanlar atanmıştır. Kapalılık, amenajman planlarında, meşcere içerisindeki ağaç tepelerinin yeri örtme yüzdesine göre boşluklu (%0–10), gevşek (%11–40), orta (%41–70) ve tam (%71–100) kapalı olarak dört sınıfa ayrılır. Her meşcereye kapalılık kriteri için, dört kriter sınıfından biriyle eşleşen normalize edilmiş ağırlıklı puanlar atanmıştır.

Yapılan analizler kapsamında, ilk olarak tüm kriterlere ait CBS aracılığı ile normalize ağırlıklı puanlar elde edilmiştir. Daha sonra, meşcerelerin her kriterden aldıkları ana kriter ağırlıkları ile kriterler için hesaplanan normalize edilmiş veriler çarpılarak her meşcere için uygunluk puanı değerleri oluşturulmuştur. Son olarak, her kriter için oluşan uygunluk puan değeri toplanmış ve her meşcere için rekreasyon uygunluk değerleri elde edilmiştir (Tablo 3.26). Bu tabloda, tüm bu uygunluk analizleri sonucunda her meşcere için toplam uygunluk puanının nasıl hesaplandığı örnek bir meşcere üzerinden özetlemiştir.

**Tablo 3.26:** Örnek meşcerenin rekreasyon potansiyelinin hesaplanması (Caglayan ve diğ., 2020)**.**

| Kriter | Ana kriter ağırlıkları | Meşcere değerleri | |
|---|---|---|---|
| | | Değerler | Normalize ağırlıklı puanlar |
| Rekreasyon alanına olan mesafe | 0.040 | 10-30 km | 0.115 |
| Yoğun aktivite alanları | 0.082 | Aktivite yok | 0 |
| Erişilebilirlik | 0.061 | 0-100 km | 1 |
| Bakı | 0.025 | KD | 0.840 |
| Yükseklik | 0.021 | >150 | 0.206 |
| Eğim | 0.354 | % 4-10 | 0.453 |
| Alan kullanımı | 0.093 | Genç karışık meşcere | 0.123 |
| Kapalılık | 0.131 | % 71-100 | 1 |
| Görsel etki | 0.193 | 0 | 0 |
| Toplam rekreasyon uygunluk değeri | | | 0.394 |

### 3.2.3. Adım 3: Ekosistem Hizmetleri için Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarının Tanımlanması

Daha önceki bölümlerde ekosistem hizmetlerinin sürdürülebilir kalkınma amaçlarına ulaşmaya hizmet ettiği belirtilmiştir. Bu adımda ise bir önceki adımda tanımlanan yedi ekosistem hizmetinin hangi sürdürülebilir kalkınma amaçlarına katkı sağladığı değerlendirilmiştir. Mevcut amenajman planlarında her ekosistem hizmeti için işletme amaçlarının tanımlanması gerekmektedir. Bu nedenle bu çalışmada işletme amaçlarının tanımlanması için öncelikle üç uzmana belirlenen potansiyel ekosistem hizmetleri için ana işletme amaçlarının neler olması gerektiği sorulmuştur. Uzmanlardan alınan 15 cevap aşağıda sıralanmıştır. Belgrad Ormanı'nın bu amaçlarla işletilmesi için bazı maddelerde uzlaşırken bazılarında uzlaşamamışlardır.

1. Orman ekosistem hizmetlerini tanıtmak
2. İstanbullunun yeşil alan ihtiyacını sağlamak
3. Su sağlamak
4. Doğayı öğretmek
5. Tarihi su yapıları ve suyollarını korumak
6. Doğanın ürettiği görselliği göstermek
7. Tortu taşınmasını engellemek
8. Kaliteli su elde etmek
9. Toplum sağlığına fayda sağlamak
10. Temiz hava ve karbon birikimini sürdürmek
11. Rahatlama-eğlence ihtiyacını karşılamak
12. Gelir sağlamak
13. Hizmet verilen kişi sayısını arttırmak
14. Yönetim giderlerini minimize etmek
15. Doğayı korumak (ekosistem hizmetleri tanımlandığında mevcut orman yapıları en az değişsin)

Yukarıda uzmanlar tarafından belirlenen amaçlara bakıldığında çok fazla amaç için ormanın işletilebileceği görülmektedir. Uzmanlar tarafından belirtilen bu amaçların genel bir çatı altında "Doğayı korumak", "Gelir-gider dengesini sağlamak", "Sağlık-mutluluk", "Su sağlama" ve "Karbon depolama" olarak beş sınıfta birleştirilebileceğine karar verilmiştir. Bu beş amacın sürdürülebilir kalkınma amaçlarına olan benzerliğinden yola çıkarak işletme amaçları yerine sürdürülebilir kalkınma amaçlarına ulaşılmasına karar verilmiştir. Başka bir ifade ile ekosistem hizmetleri ile işletme amaçları arasında ilişki kurmak yerine ekosistem hizmetlerinin sürdürülebilir kalkınma amaçlarına katkısı arasında ilişki kurulması benimsenmiştir. Bunun temel nedeni olarak ise işletme amaçları ile sürdürülebilir kalkınma amaçlarının dolaylı olarak ekosistem hizmetlerinin ortak çıkarlarına sahip olması gösterilebilir. Öyle ki, literatürde tüm ekosistem hizmetleri sürdürülebilir kalkınma amaçları ile ilişkili olduğu gösterilmektedir (Geijzendorffer ve diğ., 2017, Wood ve diğ., 2018).

Bu çalışmada yukarıda gruplandırılan beş amaç ile sürdürülebilir kalkınma amaçları karşılaştırılarak birbiri ile ortak çıkarlara sahip olan amaçlar belirlenmiştir. Sürdürülebilir kalkınma amaçları ile işletme amaçları arasında olan ilişki nedeni ile aşağıda belirtilen sürdürülebilir kalkınma amaçları, işletme amaçları olarak kabul edilmiştir.

SKA3 : Sağlık ve kaliteli yaşam

SKA6 : Temiz su ve sanitasyon

SKA8 : İnsana yakışır iş ve ekonomik büyüme

SKA13 : İklim eylemi

SKA15 : Karasal yaşam

Sürdürülebilir kalkınma amaçları ve ekosistem hizmetleri arasındaki ilişkiyi anlamak için insan refahı ile ekosistem hizmetleri arasındaki ilişkiyi açıklamamız gerekmektedir. Ekosistem hizmetleri doğrudan veya dolaylı olarak insan refahına katkıda bulunduğu bilinmektedir (Díaz ve diğ., 2018). Ayrıca, sürdürülebilir kalkınma amaçları ve insan refahı da birbiri ile bağlantılıdır (Wood ve DeClerck, 2015). Bu nedenle ekosistem hizmetlerinin toplum refahına olan katkısını ölçebilecek somut kriterlerin belirlenmesine ihtiyaç vardır (Smith ve diğ., 2013). Bu bağlantıların ölçülebilir şekilde ortaya konulabilmek için bazı çalışmalar yapılmıştır. Örneğin, iklim değişikliğinin insan refahı üzerinde etkili olduğu gösterilmiştir (Nerini ve diğ., 2019). Bazı çalışmalarda, diğer ekosistem hizmetlerinin sürdürülebilir şekilde işletilmemesi

durumunda, insan refahını olumsuz yönde etkilediği gösterilmiştir. (Raudsepp-Hearne ve diğ., 2010b, Assessment, 2005, Wood ve DeClerck, 2015). Öte yandan ekosistem hizmetleri arasından, turizm (Unwto, 2015) ve eğitim (Vladimirova ve Le Blanc, 2016) ekosistem hizmeti sürdürülebilir kalkınma amaçlarına doğrudan yada dolaylı olarak katkıda bulunmaktadır. Bu nedenle Birleşmiş milletlerin 2030 yılına kadar hedeflediği sürdürülebilir kalkınma amaçlarına ulaşılabilmesi için ekosistem hizmetlerinin katkısına gereksinim duyulmaktadır (Costanza ve diğ., 2016, Wood ve diğ., 2018). İnsan refahının hem ekosistem hizmetleri hem de sürdürülebilir kalkınma amaçları ile olan potansiyel bağlantılarını anlamak, ekosistem hizmeti ile sürdürülebilir kalkınma amaçları arasındaki karşılıklı dinamikleri anlamaya yardımcı olmaktadır. Bununla birlikte, insan refahı, sürdürülebilir kalkınma amaçları ve ekosistem hizmetleri arasındaki üçlü bağlantıların daha iyi kavramsallaştırılması gerekmektedir. Aynı zamanda, diğer ekosistem hizmetleri gibi orman ekosistem hizmetleri de sürdürülebilir kalkınma amaçlarına ulaşılmasında önemli katkılar sunmaktadır (Baumgartner, 2019, Mancini ve diğ., 2018).

### 3.2.4. Adım 4: Katılımcı Grupların Belirlenmesi

Paydaş analizinin amacı, durumu etkileyen ya da durumu bir şekilde etkileyebilecek paydaşları tanımlamak ve sınıflandırmaktır (Nordström ve diğ., 2010). Bu çalışmada, paydaşların belirlenmesi için Yeşil ve diğ. (2003) tarafından belirlenen katılımcı gruplar esas alınmıştır. Aynı zamanda katılımcı olabilecek potansiyel gruplar uzmanlara sorulmuş ve "ilgili basın (medya)" katılımcı gruplar listesine ilave edilmiştir. Paydaş analizinde yer alan katılımcı grupları Tablo 3.27'de sıralanmıştır. Ancak listelenen 15 katılımcı grubun tamamının konu ile yakından ilgisi olmadığından katılımcı grupların sınırlandırılmasına karar verilmiştir. Bu amaçla uzmanların yardımı ile katılımcılar sınırlandırılmıştır. Uzmanlara katılımcılar içerisinden *"Hangi katılımcı grubu Belgrad Ormanı'nın planlanmasında alınan kararlarda etkili olmalıdır?"* şeklinde bir soru yöneltilerek karar sürecine katılacak paydaşlar belirlenmiştir. Ormancılık eğitimi almış 31 uzman, 15 katılımcı grubu için 1-3 puan aralığında puanlamışlardır (Tablo 3.27). Burada puanlar sırasıyla 1: Paydaş olmamalı 2: Paydaş olsa da olur olmasa da, 3: Paydaş olmalı şeklinde tanımlanmıştır. Uzmanlarca belirlenen paydaşlar sekiz ilgi grubunu temsil etmektedir. Her ilgi grubu orman ekosistem hizmeti seçimini etkileyebilecek veya etkilenebilecek birden çok hedefi temsil etmektedir. Uzmanların tamamı Belgrad Ormanı'nın planlanmasında üniversitenin mutlaka katılımcı olması gerektiğini

düşünmektedir. Bu katılımcı gruplarının Belgrad Ormanı'nın planlanması için alınan kararlarda etkili olmasının istenme nedenleri aşağıdaki Tablo 3.27'de sıralanmıştır.

**Tablo 3.27:** Katılımcı gruplar (Yeşil ve diğ., 2003) ve uzmanlar tarafından verilen puanlar.

| Sıra No | Katılımcı olabilecek gruplar | Puan | Katılımcı olma nedenleri |
|---|---|---|---|
| 1 | Üniversiteler | 3 | Uzmanların birçoğunun Belgrad Ormanı'nda araştırma yapmış olmaları ve alanı çok iyi tanıyor olmaları. |
| 2 | OGM temsilcileri | 2.97 | Belgrad Ormanı'nın devlet ormanı olması nedeniyle amenajman planlamanın OGM temsilcileri tarafından yapılıp onaylanması. |
| 3 | Sivil Toplum Kuruluşları | 2.77 | Kuzey ormanları savunması, Belgrad Ormanı koruma gönüllüleri derneği ve Türkiye ormancılar derneği gibi sivil toplum kuruluşlarının Belgrad Ormanı ile ilgili kararlarda tepki ya da destek vererek bazı kitleleri etkilemesi. |
| 4 | Ormancılık Araştırma Enstitüleri | 2.68 | Enstitü araştırmacılarının birçoğunun Belgrad Ormanı'nda araştırma yapmış veya halen araştırma yapıyor olması. |
| 5 | İlgili Basın (Medya) | 2.52 | İstanbul'un akciğerleri olarak tanımlanan Belgrad Ormanı için alınan kararlarda tepki ya da destek vererek bazı kitleleri etkilemesi. |
| 6 | Tarım Orman Peyzaj Odaları | 2.48 | İlgili meslek mensuplarının oluşturdukları oda kuruluşlarının ormanlar ile ilgili alınan kararlarda etkili olması |
| 7 | Kentli Halk | 2.48 | Belgrad Ormanı'nın halk tarafından yoğun bir şekilde kullanılması |
| 8 | Belediyeler | 2.32 | Belgrad Ormanı içerisinde birçok alanın belediyelere tahsis edilmesi ve belediyelerce işletilmesi. |
| 9 | Avcı Dernekleri | 2.19 | Katılımcı değildir. |
| 10 | Orman Ürünleri Endüstri Sahipleri | 2.06 | Katılımcı değildir. |
| 11 | Orman Köy ve Kooperatif Temsilcileri | 1.87 | Katılımcı değildir. |
| 12 | Turizmciler | 1.71 | Katılımcı değildir. |
| 13 | Orman İşçi Memur Sendikaları | 1.35 | Katılımcı değildir. |
| 14 | Çiftçi Temsilcileri | 1.29 | Katılımcı değildir. |
| 15 | Madenciler | 1.13 | Katılımcı değildir. |

### *3.2.4.1. Katılımcı Analizi*

Paydaş, durumu bir şekilde etkileyen veya etkileyebilecek birisi anlamına gelmektedir (Banville ve diğ., 1998). Paydaş analizinin amacı, tüm ilgili paydaşları tanımlamak ve katılımlarının kapsamını belirlemektir. Katılımcı sürecin başında kapsamlı bir paydaş analizinin yapılması önemlidir. Eğer durumu etkileyecek paydaşlar sürecin dışında bırakılırsa, önemli sorunlar göz ardı edilebilir ve bu da planın işleyişini etkileyebilir. Bu nedenle bu çalışmada Belgrad Ormanı ile ilgilenen ve araştırma yapan onbeş ilgi grubu sıralanmış, uzmanlar tarafından sekiz katılımcı gruba indirgenerek her grubu temsil edebilecek 3 kişi toplantıya davet edilmiştir. Toplantıya davet edilen katılımcıların listesi Tablo 3.28'de sunulmuştur.

**Tablo 3.28:** Paydaş analizi için katılımcı gruplar.

| |
|---|
| **Üniversiteler** |
| 1. Prof. Dr. Ahmet Yeşil-İ.Ü.C Orman Fakültesi (Katıldı) |
| 2. Doç. Dr. Ulaş Yunus Özkan- İ.Ü.C Orman Fakültesi (Katıldı) |
| 3. Dr. Öğr. Üyesi Serhun Sağlam- İ.Ü.C Orman Fakültesi (Katıldı) |
| **Orman Genel Müdürlüğü (OGM) temsilcileri** |
| 1. Semra Kartal -Kurtkemeri İşletme Şefi-Bahçeköy Orman İşletme Müdürlüğü (Katıldı) |
| 2. Ergün Tuncer -Sarıyer İşletme Şefi-Bahçeköy Orman İşletme Müdürlüğü (Katıldı) |
| 3. Murat Altunal –OGM Başmühendis (Katılmadı) |
| **Sivil Toplum Kuruluşları (STK)** |
| 1. Prof. Dr. Ünal-Akkemik Türkiye Ormancılar Derneği İstanbul Şube Başkanı (Katıldı) |
| 2. Abdulkadir Bilge-Belgrad Ormanı Koruma Gönüllüleri Derneği Başkanı (Katıldı) |
| 3. Nafi Altınöz TEMA temsilcisi (Katıldı) |
| **Ormancılık Araştırma Enstitüleri** |
| 1. Abbas Şahin-Araştırma Enstitüsü (Katıldı) |
| 2. Nilüfer Şahin-Araştırma Enstitüsü (Katıldı) |
| 3. Dr. Murat Köse-Araştırma Enstitüsü(Katıldı) |
| **İlgili Basın (Medya)** |
| 1. Levent Pehlivanoğlu-Sarıyer Posta Gazetesi (Katıldı) |
| 2. Şeyma Dumrul- İstanbul Çevre Konseyi Genel Sekreteri (Katılmadı) |
| 3. Zafer Murat Çetintaş- İstanbul Çevre Konseyi Üyesi (Katılmadı) |
| **Tarım-Orman-Peyzaj Odaları** |
| 1. Yüksel Yüksel-Orman Mühendisleri Odası İstanbul Şube Başkanı (Katıldı) |
| 2. Mehmet Mengü-Peyzaj Mimarları Odası İstanbul Şube 2. Başkanı (Katıldı) |
| 3. Hüseyin Yurtseven-Orman Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi (Katılmadı) |
| **Kentli Halk** |
| 1. Erdoğan Kavraz-Bahçeköy Yeni Mahalle Muhtarı (Katıldı) |
| 2. Ayşe Çoban-Bahçeköy Merkez Mahalle Muhtarı (Katıldı) |
| 3. Nazif Artar-Kemer Mahallesi Muhtarı (Katıldı) |
| **Belediyeler** |
| 1. Lütfi Çeribaş-İstanbul Büyükşehir Belediyesi (Katıldı) |
| 2. Bekir Atamer- İstanbul Büyükşehir Belediyesi (Katıldı) |
| 3. Sevinç Üstün Kuzgun- İstanbul Büyükşehir Belediyesi (Katılmadı) |

### *3.2.4.2. Katılımcı Grupların Belirlenmesi*

Katılımcılar ile ilk toplantı 18.04.2018 tarihinde saat 10:00'da İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi'nde yapılmıştır. Delfi tekniği esaslarına göre katılımcıların homojen grup oluşturacak şekilde dağıtılması gerekmektedir. Bu gerekçe kapsamında her katılımcı grubu temsil eden kişilerden oluşan üç grup oluşturulmuştur (Tablo 3.29). Bu doktora çalışmasının bu aşaması ile ilgili ayrıntılı bilgiler önceden grup liderlerine açıklanmıştır. Ancak bazı katılımcı gruplarını temsil eden bireylerin toplantıya katılamaması nedeniyle grup sayıları eşitlenememiştir. Paydaşların oluşturduğu homojen gruplar Tablo 3.29'da verilmiştir. Burada homojen grup denilmesindeki amaç her katılımcı grubu temsil eden bireyin üç grup içerisinde de yer almasıdır.

**Tablo 3.29:** Homojen paydaş grupların listesi.

| | **1.Grup** | **2.Grup** | **3.Grup** |
|---|---|---|---|
| **Grup liderleri** | **İnci Çağlayan** | **Tufan Demirel** | **Nilay Tulukçu** |
| Üniversiteler | Ahmet Yeşil | Serhun Sağlam | Ulaş Yunus Özkan |
| OGM temsilcileri | Semra Kartal | Ergün Tuncer | - |
| STK | Ünal Akkemik | Nafi Altınöz | Abdulkadir Bilge |
| Ormancılık Araştırma Enstitüleri | Abbas Şahin | Murat Köse | Nilüfer Şahin |
| İlgili Basın (Medya) | Levent Pehlivanoğlu | - | - |
| Tarım-Orman-Peyzaj Odaları | Yüksel Yüksel | Mehmet Mengü | - |
| Kentli Halk | Erdoğan Kavraz | Nazif Artar | Ayşe çoban |
| Belediyeler | Lütfi Çeribaş | Bekir Atamer | - |

## 3.2.5. Adım 5: Her Sürdürülebilir Kalkınma Amacı için Ağırlıkların Tanımlanması

Bu adımda üç grubun oluşturulmasının ardından, ekosistem hizmetinin meşcerelere atanması konusunda paydaş tercihlerini ilişkilendirmek için Delfi yöntemi kullanılmıştır. Delfi yöntemi, paydaş anketlerinden gelen tercihler hakkında bilgi üretmek için yaygın olarak kullanılan bir çerçeve yöntemdir. Delfi anketlerine katılan paydaşlar sürdürülebilir kalkınma amaçlarının ağırlıklarının ve ekosistem hizmetlerinin sürdürülebilir kalkınma amaçlarına olan katkısının belirlenmesi üzerine odaklanmışlardır. Bu adımda gerçekleştirilecek anketler bir ay içerisinde hazırlanmış ve bu anketlerin uygunluğu konusunda Prof. Dr. Ahmet yeşil ve Doç. Dr. Özgür Kabak'ın onayı alınmıştır.

Landeta (2006)'ya göre Delfi yönteminin dört ana özelliği bulunmaktadır:

1. Yanıtları yeniden değerlendirebilmeleri için aynı soru üzerine uzmanlara veya katılımcılara tekrar tekrar danışılmalıdır.
2. Cevapların gizliliği grup koordinatörü tarafından sağlanmalıdır.
3. Grup koordinatörü uzmanlar veya katılımcılar arasında bilgi alışverişini kolaylaştırmalıdır.
4. Gruplardan alınan nihai cevaplar nicel ve istatistiksel olarak sunulmalıdır.

Bu çalışmada, Delfi yöntemine ilave olarak, ağırlıkların daha objektif değerlendirilmesi için ikili karşılaştırma yöntemi birlikte kullanılmıştır. Her katılımcı grubunun, analitik hiyerarşi sürecinin ikili karşılaştırması prosedürüne göre kriterler ve alternatifler üzerinde yargıda bulunmaları istenmiştir. Karşılaştırmalar, Saaty (1990) tarafından geliştirilen ve yukarıda da tanımlanan dokuz puanlık ölçekte ve bir alternatif için tercihin diğerinden daha güçlü olduğunu belirten sözlü ifadeler kullanılarak yapılmıştır. Her katılımcı, üç sosyal grubun üyelerinden biri olarak belirlenmiştir ve homojen gruplar tüm kriterlerle ilgili soruları yanıtlamışlardır. Örneğin belediye temsilcileri, yerel yönetim kuruluşu olarak, hem Belgrad Ormanı içerisinde bulunan rekreasyon alanları ile ilgilenmekte hem de ormanın kısmi parçasını işletmecisi olarak kültür ve eğitim fonksiyonu ile de ilgilenmektedir. Her bir paydaş, kendi sosyal grubuna özgü fonksiyona karşılık gelen amaçlar ile ilgili alternatifler üzerinde yorumlarda bulunmuştur. Her bir katılımcının görüşleri dikkate alınarak grup adına ortak bir karar oluşturulmuştur. Üç homojen grup tarafından belirlenen amaçların ağırlıkları birleştirilmiştir. Elde edilen nicel sonuçlar katılımcılara açıklanmıştır. Katılımcılara amaçların önceliklendirme sıralaması ve ağırlık değerleri gösterilmiş ve sonucun katılımcıları tatmin edip etmediği sorulmuştur. Katılımcılar oy birliği ile sonucu kabul etmişlerdir. Bu nedenle ikinci bir tura gerek duyulmamıştır. Çünkü paydaş gruplar ilk turda fikir birliğine varmışlardır. Delfi süreci ile ikili karşılaştırma kullanılarak elde edilen sürdürülebilir kalkınma amaçlarının ağırlıkları Tablo 3.30'da sunulmuştur.

**Tablo 3.30:** Homojen gruplar tarafından belirlenen ağırlıklar (Denklem 3.6: $W_p$).

| Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SKA) | | Ağırlıklar |
|---|---|---|
| SKA15 | Karasal yaşam | 0.476 |
| SKA6 | Temiz su ve sanitasyon | 0.176 |
| SKA3 | Sağlık ve kaliteli yaşam | 0.169 |
| SKA13 | İklim eylemi | 0.149 |
| SKA8 | İnsana yakışır iş ve ekonomik büyüme | 0.030 |

### 3.2.6. Adım 6: Her Sürdürülebilir Kalkınma Amacına Ekosistem Hizmetlerinin Katkısının Belirlenmesi

Ekosistem hizmetlerinin sürdürülebilir kalkınma amaçlarına katkılarının bir dizi temel sonucunun oluşturulmasına ihtiyaç vardır. Bunu yapabilmek için, Delfi sürecinde paydaşların uzlaşmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaçla, araştırma enstitülerinden üç, belediyeden iki, üniversiteden üç, STK'lardan üç, odalardan iki, OGM temsilcilerinden iki, kentli halktan üç ve basından bir kişi olmak üzere toplam on dokuz kişi belirlenmiş ve hazırlanan anket formları kendilerine dağıtılmıştır. Katılımcıların her birinin bireysel olarak anketi doldurmaları yani ekosistem hizmetlerinin sürdürülebilir kalkınma amaçlarına olan katkısının 1 (zayıf katkı) ile 10 (güçlü katkı) ölçeğinde değerlendirerek ilişkilendirmeleri istenmiştir. Her ekosistem hizmeti her sürdürülebilir kalkınma amaçlarına güçlü, orta, düşük veya zayıf derecede katkı sağlamaktadır. Bu duruma örnek vermek gerekirse; *Eğitim Fonksiyonu sağlık ve kaliteli yaşam amacının gerçekleştirilmesine hangi derecede katkı sağlar?"* sorusu katılımcıya yöneltildiğinde; katılımcı zayıf, düşük, orta veya güçlü düzeyde katkı sağlar şeklinde yorumlamaktadır.

Bu şekilde sorulan sorulara alınan yanıtlar ile her ekosistem hizmetinin her bir sürdürülebilir kalkınma amaçlarına olan katkısı sayısal olarak ilişkilendirilmiştir (Tablo 3.31). Bu tablonun incelenmesiyle yedi ekosistem hizmetinin beş sürdürülebilir kalkınma amacına katkı sağladığı görülmektedir. Ancak eğitim ekosistem hizmetinin karasal yaşam sürdürülebilir kalkınma amacına daha fazla katkı sağladığı, karbon ve rekreasyon ekosistem hizmetinin sağlık ve kaliteli yaşam sürdürülebilir kalkınma amaçlarına daha fazla katkı sağladığı görülmektedir. Beklendiği gibi, su düzenlemesi ve su sağlama ekosistem hizmeti en çok temiz su ve sanitasyon sürdürülebilir kalkınma amacına katkı sağlamaktadır. Yedi ekosistem hizmetinden, Rekreasyonun insana yakışır iş ve ekonomik büyüme sürdürülebilir kalkınma amaçlarına daha fazla katkı sağladığı görülmektedir. Diğer altı ekosistem hizmeti için de benzer sonuçlar görülmektedir (Tablo 3.31).

**Tablo 3.31:** Ankete katılan paydaşların cevaplarına dayanarak ekosistem hizmetlerinin Sürdürülebilir kalkınma amaçlarına katkı düzeyi matrisleri. Katkı düzeyleri 1 (zayıf katkı) ile 10 (güçlü katkı) arasında değişmektedir (Denklem 3.6: $D_{kp}$).

| Ekosistem Hizmetleri (EH) | SKA 3 | SKA 6 | SKA 8 | SKA 13 | SKA 15 |
|---|---|---|---|---|---|
| Eğitim | 5.72 | 5.56 | 4.11 | 6.28 | 8.11 |
| Kültür | 6.39 | 5.00 | 5.00 | 5.67 | 6.39 |
| Görsel etki | 6.61 | 3.94 | 4.44 | 5.00 | 6.33 |
| Su düzenleme | 6.44 | 8.22 | 4.39 | 6.50 | 7.11 |
| Su sağlama | 6.56 | 7.83 | 4.72 | 5.61 | 6.17 |
| Karbon | 7.56 | 6.06 | 4.11 | 8.50 | 7.83 |
| Rekreasyon | 7.50 | 3.72 | 5.72 | 4.22 | 4.11 |

### 3.2.7. Adım 7: Ekosistem Hizmetlerinin Meşcerelere Atanması

Bu adımda ekosistem hizmetlerinin meşcerelere atanması için bir tamsayılı programlama modeli geliştirilmiştir. Hesaplamalar GAMS optimizasyon programı kullanılarak yapılmıştır. Bu programlama modeli önceki adımlarında toplanan ve üretilen verilere dayanmaktadır; uygunluk puanları ($S_{ik}$), SKA ağırlıkları ($W_p$), ve ekosistem hizmetlerinin Sürdürülebilir kalkınma amaçlarına katkıları ($D_{kp}$)). Bu modelde amaç, önceki adımlarda önceliklendirilen sürdürülebilir kalkınma amaçlarına ulaşabilmektir. Bir ekosistem hizmeti ($k$) bir meşcereye ($i$) atandığında, uygunluk puanları $S_{ik}$ ve onun Sürdürülebilir kalkınma amaçlarına ($p$) katkısı $D_{kp}$ nin çarpımı ile elde edilmektedir. Daha sonra hedeflerin toplam başarı puanı, bu katkıların ağırlıklı toplamı kullanılarak hesaplanmıştır. Bu nedenle, hedeflerin toplam başarı puanları aşağıdaki formülle hesaplanmıştır:

$$\sum_{p=1}^{P} W_p \sum_{i=1}^{I}\sum_{k=1}^{K} S_{ik}D_{kp} \quad k.ekosistem\ hizmetinin\ i.meşcereye\ atanması$$

Yukarıda verilen formül kullanılarak, tamsayı programlama modeli aşağıdaki gibi formüle edilmiştir.

$$\text{Max} \sum_{p=1}^{P} W_p \sum_{i=1}^{I}\sum_{k=1}^{K} S_{ik}D_{kp}X_{ik} + \varepsilon \sum_{i=1}^{I-2}\sum_{s=i+1}^{I}\sum_{k=1}^{K} Y_{isk} \qquad (3.7)$$

Amaç fonksiyonuna bağlı olarak aşağıdaki denklemler geliştirilmiştir.

$$\sum_{k=1}^{K} X_{ik} = 1 \qquad \forall i \tag{3.8}$$

$$X_{ik} + X_{sk} \geq 2Y_{isk} \qquad \forall j, \quad (i,s) \in \mathbf{N} \tag{3.9}$$

$$X_{ik}, Y_{isk} \in \binom{0}{1} \qquad \forall i, \forall j, \forall s \tag{3.10}$$

**Tablo 3.32:** Tam sayılı programlama formülasyonunun tanımları.

| **Kümeler ve göstergeler** |
|---|
| *i*, *s* : meşcereler (*i* = 1,…,I, *s* =1,…I) |
| *k*: ekosistem hizmetleri (*k* = 1,…K) k=1 *eğitim*, k=2 *görsel etki*, k=3 *kültür*, k=4 *rekreasyon* k=5 *karbon*, k=6 *su düzenleme* ve k=7 *su sağlama* |
| *p:*sürdürülebilir kalkınma amaçları (SKA) (*p=1,…,P*) p=1 *karasal yaşam*, p=2 *temiz su ve sanitasyon*, p=3 *sağlık ve kaliteli yaşam*, p=4 *iklim eylemi* ve p=5 *insana yakışır iş ve ekonomik büyüme* |
| **N:** komşu meşcereler kümesi, **N** = ( i,s ) \| i ve s komşudur |
| **Parametreler** |
| $S_{ik}$: *i.* meşcerenin *k.* ekosistem hizmetinden aldığı uygunluk puanı |
| $W_p$: *k.* sürdürülebilir kalkınma amaçlarının ağırlığı |
| $D_{kp}$: k. Ekosistem hizmetinin *p.* Sürdürülebilir kalkınma amaçlarına katkısı |
| **Karar değişkenleri** |
| $X_{ik}$: *i.* meşcere için *k.* ekosistem hizmetinin atanıp atanmayacağını gösteren ikili değişken $X_{ik} = \begin{cases} 1 & eğer\ k.ekosistem\ hizmeti\ i.meşcereye\ atanırsa \\ 0 & atanmazsa \end{cases}$ $Y_{isk}$: komşu meşcereleri temsil eden ikili değişken aynı ekosistem hizmetine atanır $Y_{isk} = \begin{cases} 1 & eğer\ i\ ve\ s\ komşu\ meşcereler\ k.ekosistem\ hizmetine\ atanırsa \\ 0 & atanmazsa \end{cases}$ |

Yukarıdaki problemde, karar değişkenlerine ikili değerler atanmıştır. 3.7 nolu denklemde, ilk kısım birincil hedefi; ikinci kısım ikincil hedefi temsil etmektedir. Birincil hedef, ekosistem hizmetlerinin meşcerelere atanmasıyla hedeflerin toplam başarı puanını en üst düzeye çıkarmaktır. İkincil hedef, aynı ekosistem hizmetini komşu meşcerelere atamaktır. ε, modelin başlangıçta birincil hedefi maksimuma çıkarmasını ve daha sonra birincil hedefin maksimum değeri için ikincil hedefi maksimize etmesini garanti eden yeterince küçük bir sayıdır.

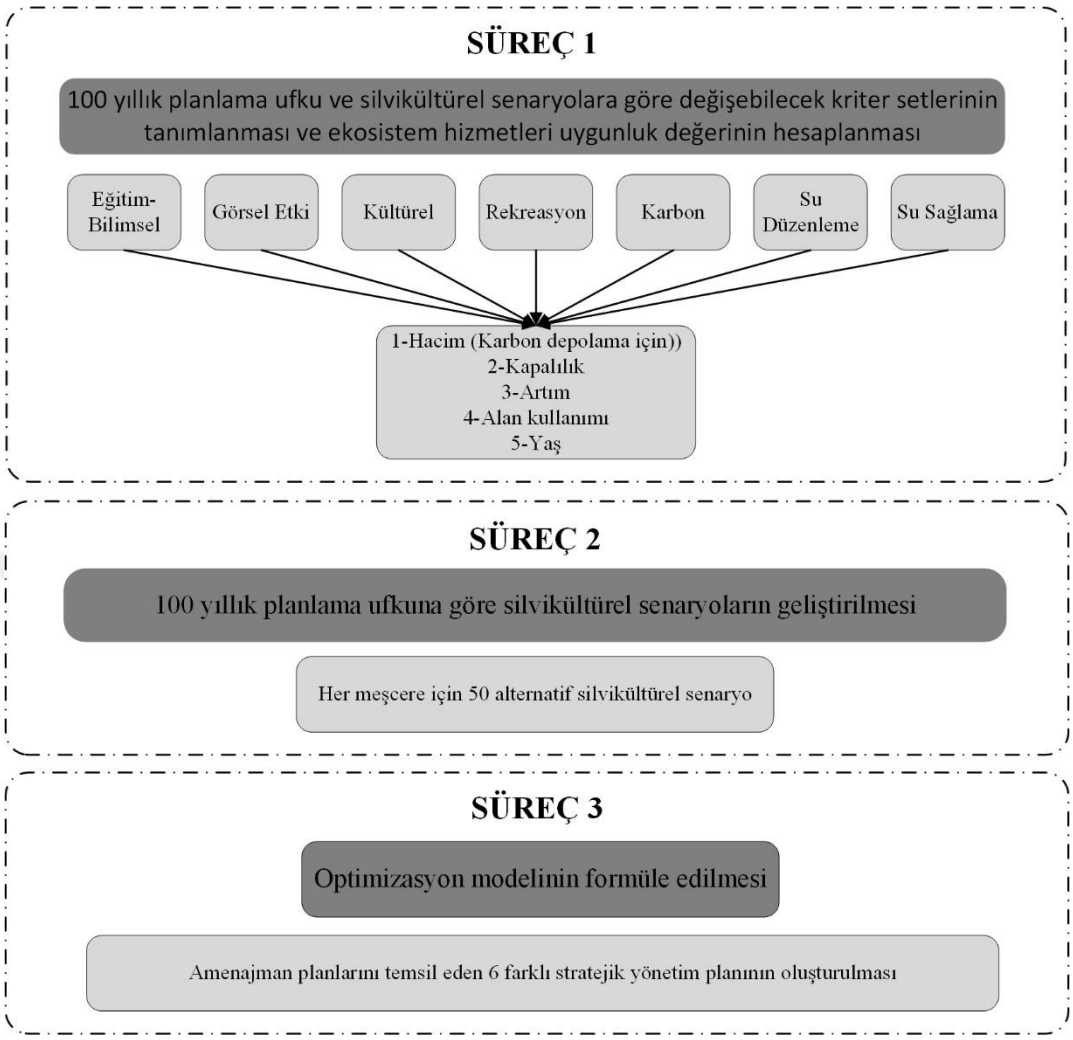
Denklem 3.8'de verilen ilk kısıtlama, her bir meşcereye bir ekosistem hizmeti ataması içindir. Denklem 3.9'de verilen kısıtlama ile iki komşu meşcere *i* ve *s*'ye farklı ekosistem hizmetleri (k) atandığında, ona karşılık gelen $Y_{isk}$ 0 olmaya zorlanması sağlanmaktadır. Aksi takdirde; komşu meşcereler aynı ekosistem hizmetine atanırlarsa $Y_{isk}$ 1 olabilir ve bu da $Y_{isk}$ toplamını en üst düzeye çıkarmak için ikincil hedefe katkıda bulunmaktadır. Karar değişkenlerinin türleri Denklem 3.10'da tanımlanmıştır.

## 3.3. EKOSİSTEM HİZMETLERİNİN ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YAKLAŞIMI İLE PLANLANMASI SÜRECİ[6]

Bu çalışmada ***"ekosistem hizmetlerinin çok kriterli karar verme yaklaşımı ile planlanması süreci"*** geliştirilmiş ve bu yaklaşım alt adımlar dâhil üç ana aşamaya dayanmaktadır. Önceki bölümlerde, çalışma alanı için yedi ekosistem hizmeti ve her ekosistem hizmetinin uygunluk değerlerinin nasıl belirlendiği açıklanmıştır. Bundan sonraki süreçler ise aşağıda detaylı olarak verilmiştir.

Burada geliştirilen planlama süreci birbirini takip eden üç ayrı süreçten meydana gelmektedir. İlk süreçte, 100 yıllık planlama ufku boyunca her silvikültürel senaryo için ekosistem hizmeti uygunluk değerleri geliştirilmiştir. İkinci süreçte, silvikültürel senaryolar geliştirilmiş ve bu senaryolara göre ekosistem hizmetleri uygunluk değerlerini değiştirebilecek kriter kümeleri tanımlanmıştır. Çünkü her periyot için uygunluk değeri, silvikültürel senaryolara sahip olmadan hesaplanamamaktadır. Daha sonra, her meşcere için elli farklı silvikültürel senaryo uygunluk değeri simüle edilmiştir. Her silvikültürel senaryo, 100 yıllık bir planlama ufku için aralama ve son hasılat kesimine dayalı bir dizi yönetim faaliyetinden oluşmaktadır. Son olarak, üçüncü süreçte, orman için bir yönetim planı oluşturmak üzere her bir meşcere için en uygun silvikültürel senaryoyu seçmek amacıyla bir optimizasyon modeli geliştirilmiştir. Model, yönetim planlarını temsil eden altı farklı yönetim stratejisi altında çözülmüştür. Şekil 3.8'deki akış şeması, ekosistem hizmetlerinin çok kriterli karar verme yaklaşımı ile planlanma sürecini gösteren bir diyagramdır.

[6] 3.3. Ekosistem hizmetlerinin çok kriterli karar verme yaklaşımı ile planlanması süreci ile ilgili olan bölümden "Caglayan, İ., Eriksson, O., Öhman, K., Yeşil, A. *Using optimization for maximizing the future utility of ecosystem services*" makalesi üretilmiş ve bir dergiye gönderilmek üzere hazırlanmıştır.




**Şekil 3.8:** Ekosistem hizmetlerinin çok kriterli karar verme yaklaşımı ile planlanması süreci.

### 3.3.1. Süreç 1(a): 100 Yıllık Planlama Ufku ve Silvikültürel Senaryolara göre Değişebilecek Kriter Setlerinin Tanımlanması ve Ekosistem Hizmetleri Uygunluk Değerlerinin Hesaplanması

Bu adımda, yukarıdaki kısımlarda açıklanan eğitim, görsel etki, kültür, rekreasyon, karbon, su düzenleme ve su sağlama ekosistem hizmetlerinin uygunluk değerlendirmesi yapılabilmesi için hangi kriterlerin kullanılacağı belirlenmiştir. Tablo 3.33'de her ekosistem hizmetinin uygunluğunu değerlendirmek için daha önceden belirlenmiş kriterler yer almaktadır. Bu kriterlerden bazıları, 100 yıllık planlama ufkuna göre silvikültürel senaryolardan etkilenmekte ve bunların uygunluk değeri değişmektedir. Bu çalışmada, ekosistem hizmetlerinin değerlendirilmesinde yararlanılan 20 kriterin silvikültürel senaryolardan etkilenmediği, 5 kriterin ise bu senaryolardan etkilendiği varsayılmıştır. Örneğin, yükseklik ve bakı gibi

topoğrafik özellikler silvikültürel müdahalelerden etkilenmemekte ancak kesim sonucuna bağlı olarak yüzeysel akışa geçen su miktarı etkilenmektedir. Bu çalışmada, silvikültürel senaryolardan etkilenmeyen bu 20 kriter sabit parametreler (modelde: $B_{ik}$) olarak ifade edilmiştir. Bu sabit parametreleri değerlendirmek için, silvikültürel senaryolara göre değişmeyen ekosistem hizmetleri uygunluk değerleri ($S_{ijtk}$) kullanılmıştır. Silvikültürel senaryolardan etkilenen diğer 5 kriterin değerlerine ise silvikültürel müdahalelere bağlı değişkenler adı verilmiştir (Tablo 3.33).

**Tablo 3.33:** Ekosistem hizmetleri için belirlenmiş ortak kriter seti.

| Kriterler | Eğitim-Bilim | Kültür | Su Düzenleme | Su Sağlama | Karbon | Rekreasyon | Görsel Etki |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Sabit parametreler (modelde: $B_{ik}$)** | | | | | | | |
| Yükseklik | | | | | | X | |
| Eğim | | | X | X | | X | |
| Bakı | | | X | X | | X | |
| Rekreasyon alanına olan mesafe | | | | | | X | |
| Yoğun aktivite alanları | | | | | | X | |
| Erişilebilirlik | | | | | | X | |
| Görsel etki | | | | | | X | |
| Orman tipi | | | X | X | | | |
| Toprak tekstürü | | | X | X | | | |
| Yağış | | | X | X | | | |
| Sıcaklık | | | X | X | | | |
| Nem | | | X | X | | | |
| Hidroloji | | | X | X | | | |
| Su taşınması | | | | | | X | X |
| Su miktarı | | | | | | X | X |
| Negatif insan etkisi | | | | | | X | X |
| Pozitif insan etkisi | | | | | | X | X |
| Alan büyüklüğü | | | | | X | | |
| Eğitim değeri | X | | | | | | |
| Kültür değeri | | X | | | | | |
| **Silvikültürel senaryolara bağlı değişkenler** | | | | | | | |
| Hacim (Karbon depolama için) (modelde: $V_{ijt}$) | | | | | X | | |
| Artım (modelde: $I_{ijt}$) | | | | | X | | |
| Kapalılık (modelde: $CC_{ik}$) | | | X | X | | X | |
| Alan kullanımı (modelde: $LC_{ik}$) | | | X | X | X | X | |
| Yaş (modelde: $Age_{ijt}$) | | | X | X | | X | |

### *3.3.1.1. Hacim ve Artım Değerlerinin Hesaplanması*

Meşcerelerin senaryolara göre büyümelerinin hesaplanabilmesi için meşceredeki ağaç türlerine ait hacim (modelde: $V_{ijt}$) ve artım (modelde: $I_{ijt}$) değerlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada bu veriler Orman Genel Müdürlüğü tarafından yapılan 2012 yılı amenajman planlarındaki envanter verilerinden elde edilmiştir. Hacim ve artım parametrelerinin hesaplanmasında ağaç türüne göre farklı bonitetler için hazırlanmış hasılat tabloları kullanılmıştır. Bunlar arasında hasılat tablosu olanlar; kayın (*Fagus orientlis* Lipsky.) (Carus, 1998), meşe (*Quercus* spp.) (Eraslan ve Evcimen, 1967), kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) (Alemdağ, 1962), karaçam (*Pinus nigra*) (Kalıpsız, 1963), sarıçam (*Pinus sylvestris* L.)(Alemdağ, 1967), göknar (*Abies* spp.) (Asan, 1984), sahilçamı (*Pinus pinaster* Ait.) (Özcan, 2002) hasılat tablolarıdır. Fakat fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.), ıhlamur (*Tilia* spp.), kızılağaç (*Alnus* spp.) ve gürgen (*Carpinus* spp.) için hasılat tablosu bulunmadığından, bu çalışmada gürgen, kızılağaç ve ıhlamur için kayın hasılat tablosu, fıstıkçamı için ise kızılçam hasılat tablosu değerleri kullanılmıştır.

Bu adımda 50 silvikültürel senaryo için hacim ve artım hesaplanmıştır. Meşcere büyüme modeli için Eraslan (1981) tarafından geliştirilen "Artım Yüzdeleri Simülasyon Yöntemi" kullanılmıştır. Hacim artım hesaplamaları Rstudio programı kullanılarak yapılmıştır. Meşcerelerin her periyottaki hacimleri 3.11 ve 3.12 nolu denklemler kullanılarak hesaplanmıştır. Tüm meşcere parametreleri periyot ortası değerlere göre hesaplanmıştır. Meşcerelerin son hasılat kesiminden sonra mevcut hasılat tablosu değerlerine göre gelişeceği varsayılmıştır.

$$Hacim_{t+1} = Hacim_t * \left(1 - p_{jt}\right) * (1 + 20 * g_t) \tag{3.11}$$

$$g_t = (Ag_t/H_t) - (Hr_t/t/H_t) \tag{3.12}$$

Denklem 3.11'de $Hacim_{t+1}$ $t$+1 dönemindeki hasattan önceki hacmi ifade etmektedir. $Hacim_t$ mevcut meşcerenin hacmini ifade eder ($m^3$ $ha^{-1}$). $p_{jt}$ 20 yıllık periyot boyunca *j.* silvikültürel senaryo için *t.* periyotta çıkarılacak olan hacimdir. $g_t$ mevcut meşcere için *t.* periyottaki büyüme katsayısını ifade etmektedir. $Ag_t$ hasılat tablosundaki *t.* periyottaki mevcut yıllık büyüme miktarıdır ($m^3$ $ha^{-1}$). $H_t$ hasılat tablosundaki *t.* periyottaki meşcere hacmidir ($m^3$ $ha^{-1}$). $Hr_t$ hasılat tablosundaki *t.* periyottaki ayrılan meşcere hacmi ($m^3$ $ha^{-1}$) anlamına gelmektedir.

#### *3.3.1.2. Kapalılık Değerlerinin Hesaplanması*

Belgrad Ormanı genellikle üç kapalılık seviyesine sahiptir. Bunlar % 11–40 (gevşek) ve% 41-70'tir (orta) ve >% 71 (tam) kapalılıktır. Kapalılık seviyeleri ve orman dinamikleri aralama ve son hasılat kesimlerinden sonra değişebilmektedir (Tsai ve diğ., 2018). Optimizasyon modelinde, kapalılık silvikültürel senaryolara bağlı değişken olarak tanımlanmıştır. Rekreasyon, su düzenleme ve su sağlama uygunluk değerini belirlemek için meşcere kapalılığının ($CC_{ik}$) tahmini gerekmektedir. Planlamada kapalılık seviyesini korumak için, meşcerelerin son hasılat kesiminden sonra tam kapalılık seviyesine sahip olacağı varsayılmıştır. Çünkü periyot uzunluğu 20 yıldır ve tüm parametreler dönemin ortasına göre hesaplanmaktadır, bu nedenle meşcereler son hasılat kesiminden sonra tam kapalılık seviyesine sahip olacaktır. Ayrıca, mevcut kapalılık seviyelerinin aralamalardan sonra değişmeyeceği varsayılmıştır. Eğer silvikültürel senaryolarda son hasılat kesimi varsa, kapalılık ağırlıklı "e" değerini alacaktır. Aksi takdirde, mevcut kapalılık seviyesi için ağırlıklı "d" değerini alacaktır (Tablo 3.34).

#### *3.3.1.3. Alan Kullanımı ve Yaş Değerlerinin Hesaplanması*

Alan kullanımı ($LC_{ik}$) 11 sınıfa ayrılmıştır. Bunlar yukarı bölümlerde detaylı olarak açıklanmış ve meşcereler yaş sınıfına bağlı olarak üç alt sınıfa ayrılmıştır. Bu çalışmada alan kullanım parametresi ile yaş ($Age_{ijt}$) parametresi ilişkilendirilmiştir. Bu nedenle, alan kullanım parametreleri üç farklı yaş sınıfına göre değişmektedir. Alan kullanım değerini tahmin etmek için, silvikültürel senaryolara göre yaşı değişen meşcereler için ekosistem hizmetlerinin alan kullanım değeri ($LC_{ik}$) hesaplanmıştır (Tablo 3.34).

### 3.3.2. Süreç 1(b): Ekosistem Hizmetleri Uygunluk Değerlerinin Hesaplanması

Ekosistem hizmetleri uygunluk değeri meşcere düzeyinde hesaplanmıştır. Öncelikle, Her ekosistem hizmeti için meşcerelere göre sabit parametreler ($B_{ik}$) hesaplanmıştır. Sabit parametreleri hesaplamak için silvikültürel senaryolara göre değişmeyen kriterlerin uygunluk puanları kullanılmıştır. Daha sonra, her ekosistem hizmeti için alan kullanım uygunluk puanları ($LC_{ik}$) silvikültürel senaryolar doğrultusunda değişen yaşlar esas alınarak hesaplanmıştır. Son olarak, yine senaryolara göre meşcerelerin kapalılık seviyeleri ($CC_{ik}$) hesaplanmıştır. Periyot uzunlukları 20 yıl gibi uzun bir zaman dilimini kapsadığından, planlama aşamasında kapalılık seviyesini korumak için, meşcerelerin son hasılat kesiminden sonra tam kapalı seviyesinde olacağı varsayılmıştır. IPCC (2006) tarafından karbon hesabı için yayınlanan denklem kullanılarak her periyotta silvikültürel senaryolara göre yıllık ve toplam depolanan karbon

miktarı hesaplanmıştır. Karbon uygunluk puanlarını değerlendirebilmek için, yıllık ve toplam karbon depolama puanları normalize edilmiştir.

$$S_{ijtk} = B_{ik} + LC_{ik} + CC_{ik} \qquad \forall ijtk, \quad \forall k \in \{4,6,7\}$$

$$S_{ijtk} = \begin{cases} B_{ik} \text{ eğer } set_{jt} < 100 \\ 0 \text{ eğer } set_{jt} = 100 \end{cases} \qquad \forall ijtk \quad \forall k \in \{1,2,3\} \tag{3.13}$$

$$C_{ijt} = V_{ijt} * HBC_i * (1 + R_i) + C\text{ölüodun}_i + C\text{ölüörtü}_i + Ctoprak_i \ \ \forall i, \forall j, \forall t \tag{3.14}$$

$$Cn_{ijt} = (C_{ijt}/[max_{jt}, C_{ijt}]) * m \tag{3.15}$$

$$C\imath_{ijt} = I_{ijt} * HBC_i * (1 + R_i) \tag{3.16}$$

$$C\imath n_{ijt} = (C\imath_{ijt}/[max_{jt}, C\imath_{ijt}]) * n \tag{3.17}$$

$$C\text{ölüodun}_i = V_{ijt} * 0.01 * CF \tag{3.18}$$

$$S_{ijtk} = Cn_{ijt} + C\imath n_{ijt} + B_{ik} + LC_{ik} \quad \forall ijt, \forall k \in \{5\} \tag{3.19}$$

3.13 nolu denklem *k*. ekosistem hizmeti için *i*. meşcerenin kapalılık ve alan kullanımı uygunluk puanları ile sabit uygunluk puanlarının k. ekosistem hizmetinin *t*. periyotta, *j*. silvikültürel senaryo için *i*. meşcerenin uygunluk değerini vermektedir. 3.14 nolu denklem *t*. periyotta, *j*. silvikültürel senaryo için *i*. meşcerenin depolanmış karbon puanını temsil etmektedir. 3.16 nolu denklem t. periyotta, j. silvikültürel senaryo için i. meşcerenin yıllık depolanan karbon puanını temsil etmektedir. 3.15 ve 3.17 nolu denklemler, 3.14 ve 3.16 nolu denklemlerde hesaplanan değerlere doğrusal normalizasyon uygulanması için oluşturulmuştur. Normalleştirme yapılmasının nedeni daha önce diğer altı ekosistem hizmeti için hesaplanan uygunluk değerlerinin normalleştirilerek kullanılmış olmasıdır. 3.18 nolu denklem ile ölü odundaki depolanan karbon değeri hesaplanmıştır. 3.19 nolu denklem normalleştirilmiş karbon uygunluk değerini vermektedir. Tablo 3.34'de bu açıklanan denklemler kullanılarak hesaplanan ekosistem hizmetleri uygunluk değeri için parametrelerin açıklamaları verilmiştir.

**Tablo 3.34:** Ekosistem hizmetleri uygunluk değerinin hesaplanmasındaki parametrelerin tanımı.

| **Parameters** |
|---|
| $S_{ijtk}$: *t.* periyotta *k.* ekosistem hizmeti ve *j.* silvikültürel senaryo için *i.* meşcerenin uygunluk puanı |
| $B_{ik}$: *k.* ekosistem hizmeti için *i.* meşcerenin sabit fayda puanı |
| $LC_{ik}$: *k.* ekosistem hizmeti için *i.* meşcerenin alan kullanım puanı ( a,b ve c normalize edilmiş puanlardır) $LC_{ik} = \begin{cases} a \ \ eğer & age_{ijt} < 60 \\ b \ \ eğer & age_{ijt} \geq 60 \leq 140 \\ c \ \ eğer & age_{ijt} > 140 \end{cases}$ |
| $Age_{ijt}$: *t.* periyotta *j.* silvikültürel senaryo için *i.* meşcerenin yaşı |
| $CC_{ik}$: *k.* ekosistem hizmeti ve *j.* silvikültürel senaryo için *i.* meşcerenin kapalılık puanı (d ve e normalize edilmiş puanlardır) $CC_{ik} = \begin{cases} d \ eğer \ set_{jt} < 100 \\ e \ eğer \ set_{jt} = 100 \end{cases}$ |
| $set_{jt}$: *t.* periyotta *j.* silvikültürel senaryo için silvikültürel senaryoların sayısal değeri |
| $C_{ijt}$: *t.* periyotta *j.* silvikültürel senaryo için *i.* meşcerenin karbon depolama puanı |
| $Cn_{ijt}$: *t.* periyotta *j.* silvikültürel senaryo için *i.* meşcerenin normalize edilmiş depolanmış karbon puanı |
| $V_{ijt}$: *t.* periyotta *j.* silvikültürel senaryo için *i.* meşcerenin hacmi ($m^3$) |
| $HBC_i$: (HA*BGF*CF); HA = hacim ağırlığı (ton/$m^3$), BGF = gövde odunu biyokütlesi katsayısı, CF = karbon faktörü; bu değer IPCC, (2006)'ye göre ibreliler için 0.51 ve yapraklılar için 0.48 ölü odun için 0.47'dir. |
| $R_i$: *i.* meşcere için kök/sak oranları |
| $Cölüodun_i$: *i.* meşcere için ölü odundaki karbon |
| $Cölüörtü_i$: *i.* meşcere için ölü örtüdeki karbon |
| $Ctoprak_i$: *i.* meşcere için topraktaki karbon |
| $I_{ijt}$: *t.* periyotta *j.* silvikültürel senaryo için *i.* meşcerenin artımı |
| $Cı_{ijt}$: *t.* periyotta *j.* silvikültürel senaryo için *i.* meşcerenin yıllık depolanan karbon miktarı |
| $Cın_{ijt}$: *t.* periyotta *j.* silvikültürel senaryo için *i.* meşcerenin normalize edilmiş yıllık depolanan karbon puanı |
| m=0.635 karbon depolama kriterinin ağırlık puanı |
| n=0.149 artım kriterinin ağırlık puanı |

### 3.3.3. Süreç 2: 100 Yıllık Planlama Ufkuna göre Silvikültürel Senaryoların Geliştirilmesi

Duncker ve diğ. (2012) beş farklı orman yönetim yaklaşımı tanımlamıştır. Bunlar; Doğa koruma amacıyla yönetilmeyen orman (unmanaged forest nature reserve), doğaya yakın ormancılık (low-close-to-nature forestry), amaçları birleştirilmiş ormancılık (medium-combined objective forestry), yüksek oranda aynı yaşlı ormancılık (high-intensive even-aged forestry) ve kısa idare süreli ormancılık (intensive-short-rotation forestry). Bu sınıflandırmalara göre Belgrad Ormanı için orman yönetim yaklaşımı doğaya yakın ormancılık olarak tanımlanmıştır. Bu yaklaşıma göre, herhangi bir yönetim stratejisinin ormanın ekolojik işlevlerini iyileştirmesine veya korumasına yardımcı olabilmekte, aynı zamanda odun üretimine

izin verilebilmektedir. Bu nedenle silvikültürel senaryolar en az yoğunlukta hasılat alınmasına izin verilecek şekilde tasarlanmış ve böylece optimizasyon modeli için silvikültürel senaryoların nasıl geliştirildiği açıklanmıştır. Doğaya yakın ormancılık yaklaşımına göre; Her meşcere için dört farklı alternatif silvikültürel müdahale düşünülmüştür (Tablo 3.35). Bunlardan birincisi müdahale yok (NO): Bu silvikültürel müdahalede, bir ormanın içinde bölgenin doğasını değiştirebilecek hiçbir işleme izin verilmez (Duncker ve diğ., 2012). İkincisi son hasılat kesimi (FF): Her döneme göre, ancak planlama süresi boyunca bir kere son hasılat kesimine izin verilir. Üçüncüsü aralama (T): Aralamalar her dönemde yapabilir. Ancak bu oran% 20'yi aşamaz. Dördüncüsü aralama ve son hasılat kesiminin (TFF) birlikte değerlendirildiği durum: % 20'ye kadar aralamaya izin verilen ve son hasılat kesiminin her dönemde, ancak planlama periyodu boyunca bir defa gerçekleştirileceği durumu temsil etmektedir (Tablo 3.35). Bu silvikültürel müdahaleler için, her meşcereye uygulanacak 50 farklı alternatif silvikültürel senaryo geliştirilmiştir (Tablo 3.35).

**Tablo 3.35:** Senaryoların silvikültürel müdahale şekline göre periyotlara dağılımını gösteren tablo ($Set_{jt}$).

| Senar-yolar | Silvikültürel müdahale | Periyot 1 | | | Periyot 2 | | | Periyot 3 | | | Periyot 4 | | | Periyot 5 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Aralama (%) | | Son Hasılat Kesimi | Aralama (%) | | Son Hasılat Kesimi | Aralama (%) | | Son Hasılat Kesimi | Aralama (%) | | Son Hasılat Kesimi | Aralama (%) | | Son Hasılat Kesimi |
| | | 20 | 10 | FF | 20 | 10 | FF | 20 | 10 | FF | 20 | 10 | FF | 20 | 10 | FF |
| 1 | NO | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | FF | | | X | | | | | | | | | | | | |
| 3 | FF | | | | | | X | | | | | | | | | |
| 4 | FF | | | | | | | | | X | | | | | | |
| 5 | FF | | | | | | | | | | | | X | | | |
| 6 | FF | | | | | | | | | | | | | | | X |
| 7 | T | X | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | T | | | | X | | | | | | | | | | | |
| 9 | T | | | | | | | X | | | | | | | | |
| 10 | T | | | | | | | | | | X | | | | | |
| 11 | T | | | | | | | | | | | | | X | | |
| 12 | TFF | X | | | | | | | | | | | | | | X |
| 13 | TFF | | | | X | | | | | | | | | | | X |
| 14 | TFF | | | | | | | X | | | | | | | | X |
| 15 | TFF | X | | | | | | | | X | | | | | | |
| 16 | TFF | | | | X | | | | | | | | X | | | |
| 17 | TFF | | | X | X | | | | | | | | | | | |
| 18 | TFF | | | | | | X | X | | | | | | | | |
| 19 | TFF | | | | | | | | | X | X | | | | | |
| 20 | TFF | | | X | | | | X | | | | | | | | |
| 21 | TFF | | | | | | X | | | | X | | | | | |
| 22 | TFF | | | | | | | | | X | | | | X | | |
| 23 | T | X | | | X | | | X | | | X | | | X | | |
| 24 | T | | X | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | T | | | | | X | | | | | | | | | | |
| 26 | T | | | | | | | | X | | | | | | | |
| 27 | T | | | | | | | | | | | X | | | | |
| 28 | T | | | | | | | | | | | | | | X | |
| 29 | TFF | | X | | | | | | | | | | | | | X |
| 30 | TFF | | | | | X | | | | | | | | | | X |
| 31 | TFF | | | | | | | | X | | | | | | | X |
| 32 | TFF | | X | | | | | | | X | | | | | | |
| 33 | TFF | | | | | X | | | | | | | X | | | |
| 34 | TFF | | | X | | X | | | | | | | | | | |
| 35 | TFF | | | | | | X | | X | | | | | | | |
| 36 | TFF | | | | | | | | | X | | X | | | | |
| 37 | TFF | | | X | | | | | X | | | | | | | |
| 38 | TFF | | | | | | X | | | | | X | | | | |
| 39 | TFF | | | | | | | | | X | | | | | X | |
| 40 | T | | X | | | X | | | X | | | X | | | X | |
| 41 | TFF | X | | | | | | | X | | | | | | | X |
| 42 | TFF | | X | | | | | X | | | | | | | | X |
| 43 | TFF | | | X | | | | X | | | | | | | X | |
| 44 | TFF | | | X | | | | | X | | | | | X | | |
| 45 | TFF | X | | | | X | | | | X | | | | | | |
| 46 | TFF | | | | X | | | | X | | | | X | | | |
| 47 | TFF | | | | | | | X | | | | X | | | | X |
| 48 | TFF | | X | | X | | | | X | | X | | | | X | |
| 49 | TFF | X | | | | X | | X | | | | X | | X | | |
| 50 | TFF | X | | | X | | | | X | | | X | | | | X |

### 3.3.4. Süreç 3(a): Optimizasyon Modelinin Oluşturulması

Planlama probleminin amacı, rekreasyon, eğitim/bilim, kültür, su sağlama, su düzenleme, karbon ve görsel etki ekosistem hizmetlerinin uygunluk değerlerini içeren bir fayda fonksiyon değerini en üst düzeye çıkarmaktır. Genel planlama problemi, ormandaki her meşcere için en iyi sonucu verecek bir silvikültürel senaryonun seçilmesinden ibarettir. Böylece 100 yıllık planlama ufku boyunca ekosistem hizmetlerinin toplam faydası maksimize edilmektedir. Hesaplamalar AIMMS optimizasyon programı kullanılarak yapılmıştır. Odun üretimi ekosistem hizmeti olarak tanımlanmamıştır. Ancak, odun üretimi her dönem belirli bir düzeyde eta alınması gibi kısıtlamalar kullanılarak modele dâhil edilmiştir. Problemin matematiksel formülasyonu aşağıdaki gibidir. Karışık tamsayılı programlama formülasyonu için kümelerin, parametrelerin ve değişkenlerin tanımları Tablo 3.36'da verilmiştir.

Amaç fonksiyonu

$$\text{Max U} = \sum_{p=1}^{P} w_p \sum_{i=1}^{I} \sum_{j=1}^{J} \sum_{t=1}^{T} \sum_{k=1}^{K} S_{ijtk} D_{kp} x_{ij} \tag{3.20}$$

Amaç fonksiyonuna bağlı olarak aşağıdaki denklemler geliştirilmiştir.

$$\sum_{j=1}^{J} x_{ij} = 1 \quad \forall i \in I \tag{3.21}$$

$$\sum_{p=1}^{K} w_p = 1 \quad \forall k \in K \tag{3.22}$$

$$\sum_{i1=1}^{I} \sum_{j=1}^{J} M_{ijt} x_{ij} \leq maxadjacency \qquad \forall i, \forall j, \forall t \qquad (i, s) \in \mathbf{N} \tag{3.23}$$

$$\sum_{i=1}^{I} \sum_{j=1}^{J} h_{ijt} x_{ij} a_i = H_t \quad \forall t \tag{3.24}$$

$$\sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J} t_{ijt} x_{ij} a_i = T_t \quad \forall t \tag{3.25}$$

$$X_{ij} \in \binom{0}{1} \qquad \forall i, \forall j \tag{3.26}$$

$$H_t \geq H_{(t-1)} \quad \forall t \geq 2 \tag{3.27}$$

$$T_t \geq T_{(t-1)} \quad \forall t \geq 2 \tag{3.28}$$

$$H_t \geq V \quad \forall t \tag{3.29}$$

$$\sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J} S_{ijtk}\, x_{ij} \geq \sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J} S_{ij(t-1)k}\, x_{ij} \quad \forall t \geq 2 \quad \forall k \tag{3.30}$$

**Tablo 3.36:** Karışık tamsayılı programlama formülasyonu için kümelerin, parametrelerin ve değişkenlerin tanımı.

| **Kümeler ve Göstergeler** |
|---|
| *i*, *s* : meşcereler (*i* = 1,…,I, *s* =1,…I) |
| *j:* silvikültürel senaryolar *(j=1,…J)* |
| *t: periyotlar (t=1,..T)* |
| *k*: ekosistem hizmetleri (*k* = 1,…K) k=1 *eğitim/bilim*, k=2 *görsel etki*, k=3 *kültür*, k=4 *rekreasyon* k=5 *karbon*, k=6 *su düzenleme* ve k=7 *su sağlama* |
| *p:*sürdürülebilir kalkınma amaçları (*p=1,…,P*) p=1 *karasal yaşam*, p=2 *temiz su ve sanitasyon*, p=3 *sağlık ve kaliteli yaşam*, p=4 *iklim eylemi* ve p=5 *insana yakışır iş ve ekonomik büyüme* |
| **N:** komşu meşcereler kümesi, **N** = ( i,s ) \| i ve s komşudur |
| **Parametreler** |
| $a_i$: *i.* meşcerenin alanı (ha) |
| $W_p$: *p.* sürdürülebilir kalkınma amaçlarının ağırlığı |
| $h_{ijt}$: *t.* periyotta *j.* silvikültürel senaryo için *i.* meşcerenin son hasılatı |
| $t_{ijt}$: *t.* periyotta *j.* silvükültürel senaryo için *i.* meşcerenin ara hasılatı |
| V: toplam hasılat talebi ($m^3$) |
| $D_{kp}$: ile k. Ekosistem hizmetinin *p.* sürdürülebilir kalkınma amaçlarına katkısı |
| **Değişkenler** |
| $X_{ij}$: *i.* meşcere için *j.* silvikültürel senaryonun seçilip seçilmediğini gösteren ikili değişken $X_{ij} = \begin{cases} 1 & eğer\ i.meşcere\ j.silvikültürel\ senaryo\ için\ seçilirse. \\ 0 & seçilmezse \end{cases}$ |
| U: fayda fonksiyonu değeri |
| $M_{ijt}$: *j.* silvikültürel senaryonun i. meşcere için seçilip seçilmeyeceğini belirten ikili parametre. |
| $H_t$ : *t.* periyottaki toplam son hasılatı |
| $T_t$ : *t.* periyottaki toplam ara hasılatı |

Amaç fonksiyonu 3.20 nolu denklemde sunulmuştur. 3.21 nolu denklem, bir meşcere için en fazla bir silvikültürel senaryonun seçilmesini sınırlar. 3.22 nolu denklem, tüm ekosistem hizmetlerinin toplam ağırlığının bire eşit olmasını sağlar. 3.23 nolu denklem, komşu meşcerelerin aynı periyotta kesilmemesini sağlar. 3.24 nolu denklem, her periyottaki son hasılat etasını temsil eder. 3.25 nolu denklem, her periyottaki ara hasılat etasını temsil eder. 3.26 nolu denklem ikili karar değişkenidir. Denklem 3.27'de, son hasılat etası kısıtlamaları her periyot boyunca kesilecek eta miktarlarını sınırlandırır. Son hasılat etası kontrol denklemleri (Denklem 3.27), t döneminde hasat edilen odun hacminin t-1 dönemlerinden daha fazla olacağına belirtir. Ara hasılat etası kontrol denklemleri (Denklem 3.28), t döneminde hasat edilen aralamalar ile hasat edilen odun hacminin t-1 dönemlerinden daha fazla olacağını belirtir. 3.29 nolu denklem eta talebini kontrol eder. Uygunluk puanı kontrol denklemleri (Denklem 3.30), ekosistem hizmetlerinin t dönemindeki uygunluk puanlarının t-1 dönemlerinden daha fazla olacağını öngörmektedir.

### 3.3.5. Süreç 3(b): Planlama Stratejilerinin Oluşturulması

Bu başlık altında, hangi faktörlerin silvikültürel senaryolarının seçimini etkilediği araştırılmış ve bu faktörlerin finansal olup olmadığı tartışılmıştır. Bu çalışmada planlama stratejileri finansal olmayan faktörlere göre belirlenmiştir. Stratejiler, düzenli eta akışı, komşuluk, ekosistem hizmetleri uygunluk değeri ve eta talebi olmak üzere dört temel kısıt ile kontrol edilmektedir. Bu dört kısıtlama kümesi ile altı farklı strateji geliştirilmiştir (Tablo 3.37).

Bu çalışmada kullanılan bu dört kısıt aşağıda ayrıntıları ile açıklanmıştır. “Düzenli eta akışı” kısıtı t döneminde elde edilen etanın bir sonraki dönemde ne oranda değişebileceğini belirlemektedir. “Komşuluk” kısıtı aynı periyotta gençleştirilecek olan birden fazla meşcerenin komşu sayısını belirlemektedir. “Ekosistem hizmetleri uygunluk değeri” kısıtı t döneminde elde edilen uygunluk değerinin bir sonraki dönemde ne oranda değişebileceğini belirlemektedir. “Eta talebi” kısıtı ise toplam etanın ne oranda olması gerektiğini belirlemektedir.

Bu çalışmada altı strateji değerlendirilmiştir. Strateji 1'de orman yönetimi, ormanlardan daha yüksek eta ve ekosistem hizmetleri uygunluğuna katkıda bulunarak toplam faydayı maksimize etmeye odaklanmıştır. Hiçbir kısıt yokken program amaç fonksiyonunu maksimize etmeye odaklanmakta dolayısıyla ekosistem uygunluk değerlerinin maksimize edilmesine çalışmaktadır. Bir başka ifade ile bu strateji, doğa korumaya yönelik bir yönetim yaklaşımını

tanımlamak için tasarlanmıştır. Benzer yaklaşımla Strateji 2 ve 4 geliştirilmiş ancak kısıtlamalar farklılaştırılmıştır. Strateji 2 ve Strateji 4'de kesim yoğunluğunun en aza indirilmesi için kısıtlar eklenmiştir.

**Tablo 3.37:** Ekosistem hizmetlerinin çok kriterli karar verme yaklaşımı ile planlanması stratejileri.

| Strateji No | Kısıtlar | Açıklamalar |
|---|---|---|
| 1 | Hiçbir kısıt yok | Herhangi bir kısıtlama olmadığında ekosistem hizmetleri faydasının maksimize edilmesi amaçlanmıştır. Ormanın yaşlanmasına izin verilmektedir. |
| 2 | Düzenli eta akışı kısıtı var<br>Komşuluk kısıtı var<br>Ekosistem hizmetleri uygunluk puanı kısıtı var<br>Eta talebi kısıtı var | En fazla dört komşu meşcerenin gençleştirilmesi, t. periyottaki ekosistem hizmetleri uygunluk değerlerinin t-1 periyodundan daha büyük, t periyodundaki ara ve son hasılat etalarının t-1 periyodundan büyük ve t periyotta toplam etanın 17.000 $m^3$'den büyük ya da eşit olması durumunda ekosistem hizmetlerinin faydası maksimize edilecektir. |
| 3 | Düzenli eta akışı kısıtı yok<br>Komşuluk kısıtı yok<br>Ekosistem hizmetleri uygunluk puanı kısıtı var<br>Eta talebi kısıtı yok | t. dönemde sağlanan ekosistem hizmeti değerlerinin t-1. dönemden daha büyük olacağı kısıtı ile ekosistem hizmetlerinin faydasının maksimize edilmesi. |
| 4 | Düzenli eta akışı kısıtı var<br>Komşuluk kısıtı var<br>Ekosistem hizmetleri uygunluk puanı kısıtı yok<br>Eta talebi kısıtı var | En fazla dört komşu meşcerenin gençleştirilmesi, her periyotta etanın arttırılması ve t döneminde etanın, 20.000 $m^3$'ten büyük ya da eşit olması durumunda Ekosistem hizmetleri faydasının maksimize edilmesi. |
| 5 | Düzenli eta akışı kısıtı var<br>Komşuluk kısıtı var<br>Ekosistem hizmetleri uygunluk puanı kısıtı var<br>Eta talebi kısıtı var | En fazla yedi komşu meşcerenin gençleştirilmesi, her periyotta etanın arttırılması ve toplam etanın her periyotta 120,000 $m^3$ ile 150,000 $m^3$ arasında olması. |
| 6 | Düzenli eta akışı kısıtı var<br>Komşuluk kısıtı var<br>Ekosistem hizmetleri uygunluk puanı kısıtı var<br>Eta talebi kısıtı var | En fazla altı komşu meşcerenin gençleştirilmesi, her periyotta etanın arttırılması ve toplam etanın her periyotta 80,000 $m^3$ ile 100,000 $m^3$ arasında olması. |

OGM'nin önceki orman amenajman planlarında, 7,471 $m^3$ yıllık ortalama son hasılat etası, 11,413 $m^3$ yıllık ara hasılat etasının olduğu görülmektedir. Bu nedenle, 20 yıllık periyotta, son hasılat etası seviyesi yaklaşık 150,000 $m^3$ ve ara hasılat etası yaklaşık 220,000 $m^3$ olarak öngörülmektedir. Yirmi yıllık periyotta 370,000 $m^3$ toplam eta alınması beklenmektedir. Bununla birlikte, bu eta miktarlarının ormandan çıkarılması ekosistem hizmetlerini dikkate alan planlama yaklaşımıyla çelişmektedir. Amenajman planlarına yansıtılan eta miktarlarının fazla olduğunu gösterebilmek için Strateji 5 geliştirilmiştir. Strateji 5, eta talebi için amenajman planlarından alınan mevcut eta sınırlarına göre tasarlanmıştır. Strateji 5 toplam etanın 150,000

$m^3$'ten az ve 120,000 $m^3$'ten daha yüksek olmasını sağlamaktadır. Bu çalışmada ara hasılat etası toplamları dikkate alınmamıştır. Strateji 5'te tanımlanan kısıtlamaları daraltarak doğa koruma yaklaşımlarından yararlanmak için Strateji 6 tasarlanmıştır. Bu nedenle toplam etanın 80,000 $m^3$'ten fazla ve 100,000 $m^3$'ten az olmasına izin verilmiştir.

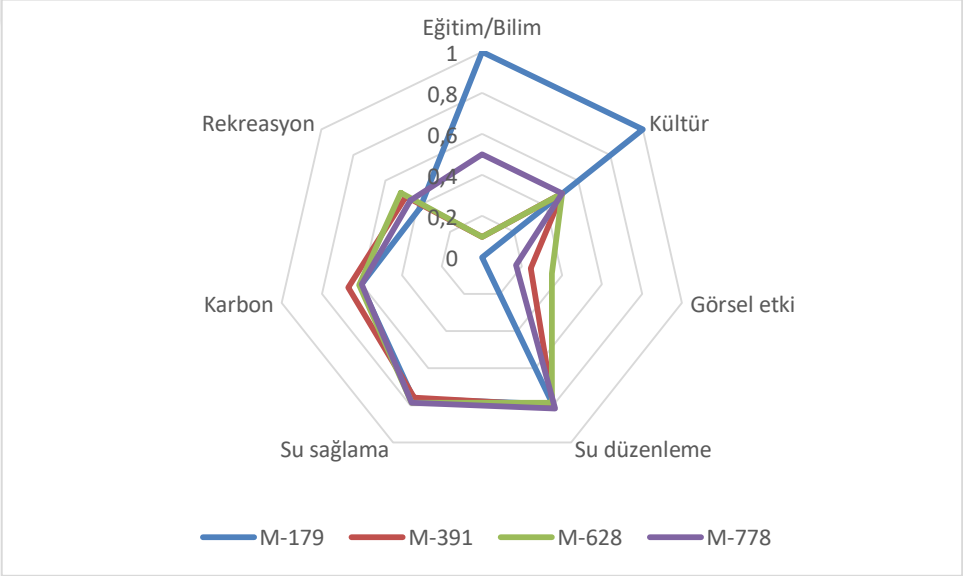
# 4. BULGULAR

## 4.1. BELİRLENEN EKOSİSTEM HİZMETLERİ İÇİN POTANSİYEL UYGUNLUK HARİTALARI

Belgrad Ormanı'nda sunulan yedi ekosistem hizmetinin potansiyelini göstermek için, her ekosistem hizmeti ile ilgili literatürde yaygın olarak kullanılan kriterler seçilmiştir. Her ne kadar farklı hizmetler için kriterler arasında benzerlikler olsa da (örneğin, su düzenlemesi ve su sağlama ekosistem hizmeti aynı değerlendirme kriterlerine sahiptir), kriterlerin farklı ağırlıkları nedeniyle her meşcerenin ekosistem hizmeti uygunluk değeri farklı çıkmıştır. Ekosistem hizmetlerinin bazıları, sosyal (ör., yoğun aktivite alanı) ve ekolojik (ör. eğim, yükseklik) faktörlere göre mantıksal olarak mekânsal olarak kümelenmiştir. Bununla birlikte, her meşcerenin farklı ekosistem hizmeti için farklı uygunluk değeri alabileceği gözlemlenmiştir. Malzeme ve yöntem (3.2.2'de) bölümünde açıklandığı gibi her meşcere için ekosistem hizmetleri uygunluk değerleri belirlenerek uygunluk haritaları elde edilmiştir. Ekosistem hizmetleri uygunluk değerleri örnek meşcereler için Tablo 4.1'de verilmiştir. Bu uygunluk değerleri 0-1 ölçeğinde tanımlanmıştır. Ancak bazı meşcereler farklı ekosistem hizmetlerinden aynı uygunluk değerlerini almışlardır. Bu durum meşcere için en uygun ekosistem hizmetinin atanması ile ilgili bir diğer sorunu ortaya çıkarmıştır. Örneğin Şekil 4.1'de, yedi ekosistem hizmetine göre örnek olarak seçilen meşcerelerin uygunluk değerleri gösterilmektedir. Meşcere numarası M-179 (mavi çizgi) olan meşcere eğitim/bilim ve kültür ekosistem hizmetlerinden aynı uygunluk değerini (1) almışlardır. Ancak bu meşcere diğer beş ekosistem hizmeti için daha düşük uygunluk değerlerine sahiptir. Sadece ekosistem hizmetleri uygunluk değerine bakarak bu meşcere eğitim mi yoksa kültür amaçlı mı işletilmelidir? Bu sorunun sorulmasının ardından ekosistem hizmetleri arasında ödünleşmelerin olabileceği sonucuna varılmıştır. Bu ödünleşmelerin yapılabilmesi için ise matematiksel bir modelin geliştirilmesi gerekmektedir.

**Tablo 4.1:** Meşcerelerin ekosistem hizmetlerinden aldıkları uygunluk değerleri.

| Meşcere Kodu (M) | Eğitim/Bilim | Kültür | Görsel etki | Su düzenleme | Su sağlama | Karbon | Rekreasyon |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 179 | 1 | 1 | 0 | 0.794 | 0.767 | 0.604 | 0.384 |
| 250 | 0.1 | 1 | 0.516 | 0.809 | 0.750 | 0.640 | 0.595 |
| 286 | 0.1 | 1 | 0.941 | 0.808 | 0.746 | 0.633 | 0.586 |
| 364 | 0.1 | 1 | 0.843 | 0.836 | 0.763 | 0.661 | 0.509 |
| 391 | 0.1 | 0.5 | 0.245 | 0.802 | 0.758 | 0.667 | 0.472 |
| 496 | 0.1 | 0.5 | 0.101 | 0.802 | 0.748 | 0.645 | 0.470 |
| 611 | 0.1 | 0.5 | 0.076 | 0.820 | 0.746 | 0.680 | 0.449 |
| 628 | 0.1 | 0.5 | 0.350 | 0.787 | 0.787 | 0.613 | 0.505 |
| 778 | 0.5 | 0.5 | 0.169 | 0.818 | 0.786 | 0.601 | 0.444 |




**Şekil 4.1:** Rastgele seçilen meşcereler için ekosistem hizmetleri uygunluk değerleri (M:179, 391, 628, 778).

Bu kısımda meşcerelerin ekosistem hizmetlerinden aldıkları uygunluk değerleri sonuçları özetlenerek aktarılmıştır. Bir sonraki kısımda her ekosistem hizmeti için oluşturulan uygunluk haritaları açıklanmaktadır.

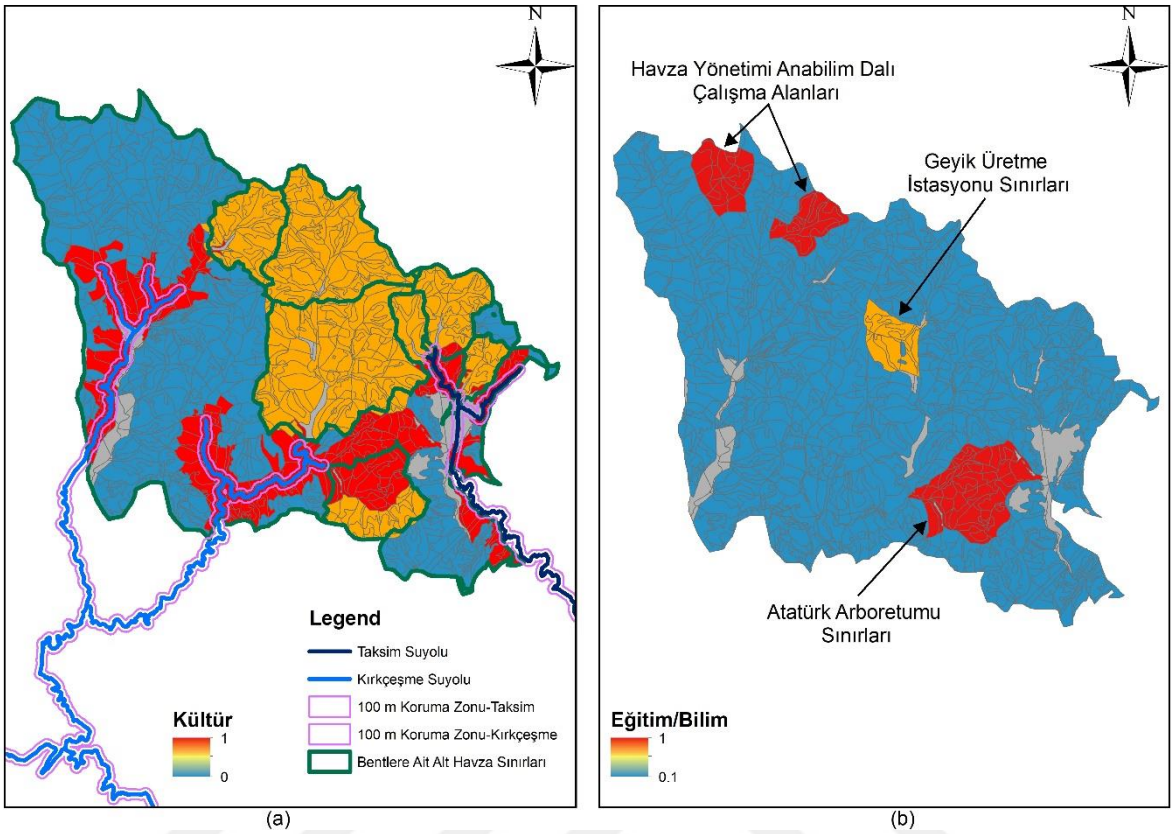
### 4.1.1. Eğitim/Bilim ve Kültür Hizmeti

Bu çalışmada geliştirilen ve her bir meşcerenin Eğitim/Bilim ve Kültür ekosistem hizmetleri için alanın uygunluğunu belirleyen puanlar kullanılarak uygunluk haritaları üretilmiştir (Şekil 4.2). Haritalar, ana kriterlerin her birine göre tüm meşcereler için normalleştirilmiş değerleri temsil etmektedir. Ormandaki her meşcereye her ekosistem hizmetinden aldığı 0 ila 1

ölçeğindeki normalize değerler atanmıştır. Bu haritalarda, her bir renk, uygunluk derecesini temsil etmektedir. Renklere göre maviden kırmızıya değişen renk skalasında en düşük uygunluk puanı (0) alan meşcere mavi renkte olup, bu değer en yüksek uygunluk değerine (1) ulaştığında ise kırmızı renkte gösterilmektedir (Şekil 4.2). Eğitim ekosistem hizmeti için meşcerelere düşük 0.1, orta 0.5 ve yüksek 1.0 uygunluk puanları atanmıştır. Buna göre 1 tam puan alan Atatürk arboretumu sınırları ve Havza Yönetimi anabilim dalı çalışma alanı sınırları tüm alanının %9.2'sini kaplamakta ve en yüksek eğitim uygunluk puanına almaktadır (Tablo 4.2). Bu alanlar kırmızı renkte kümelenmiş bir şekilde haritada gösterilmektedir (Şekil 4.2). Kültürel ekosistem hizmetinden yüksek uygunluk puanı alan meşcereler ise alanın %22.4'ünü kaplamaktadır (Tablo 4.2). Yüksek kültür hizmet uygunluk değeri alan meşcerelerin su kemerleri ile kırkçeşme ve taksim su yollarının etrafında toplandığı görülmektedir (Şekil 4.2).

**Tablo 4.2:** Eğitim/Bilim ve Kültür ekosistem hizmetleri için uygunluk yüzdeleri.

| Eğitim/Bilim uygunluk seviyesi | Alan (ha) | Yüzde(%) | Uygunluk puanı |
|---|---|---|---|
| Düşük | 5036 | 89.9 | (0.1-0.1] |
| Orta | 107 | 1.9 | (0.5-0.5] |
| Yüksek | 517 | 9.2 | (1.0-1.0] |
| **Kültür uygunluk seviyesi** | **Alan (ha)** | **Yüzde(%)** | **Uygunluk puanı** |
| Düşük | 2580 | 46.0 | (0.0-0.0] |
| Orta | 1824 | 32.6 | (0.5-0.5] |
| Yüksek | 1256 | 22.4 | (1.0-1.0] |




**Şekil 4.2:** Kültür ve Eğitim/Bilim ekosistem hizmeti için tayin edilen puanların haritası.

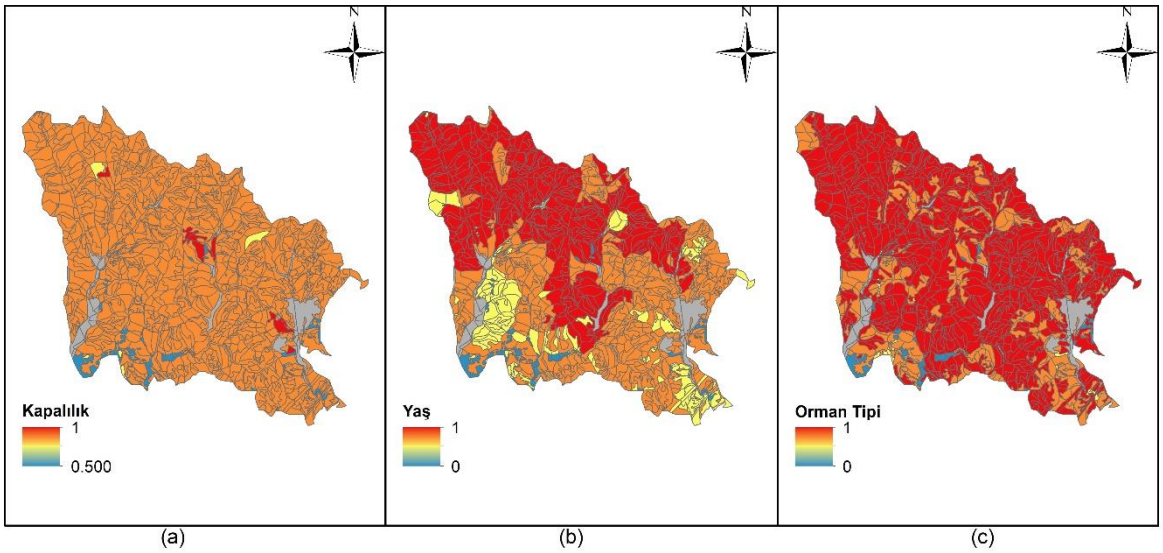
### 4.1.2. Su Düzenleme ve Su Sağlama Hizmeti

Su düzenleme ve su sağlama ekosistem hizmetleri için aynı kriter seti ancak farklı ağırlık değerleri kullanılmıştır. Sonuç haritalarının karşılaştırmalarının daha anlaşılır yapılabilmesi için aynı kritere göre elde edilen haritalar birlikte Şekil 4.3 ve Şekil 4.10 arasında verilmektedir.

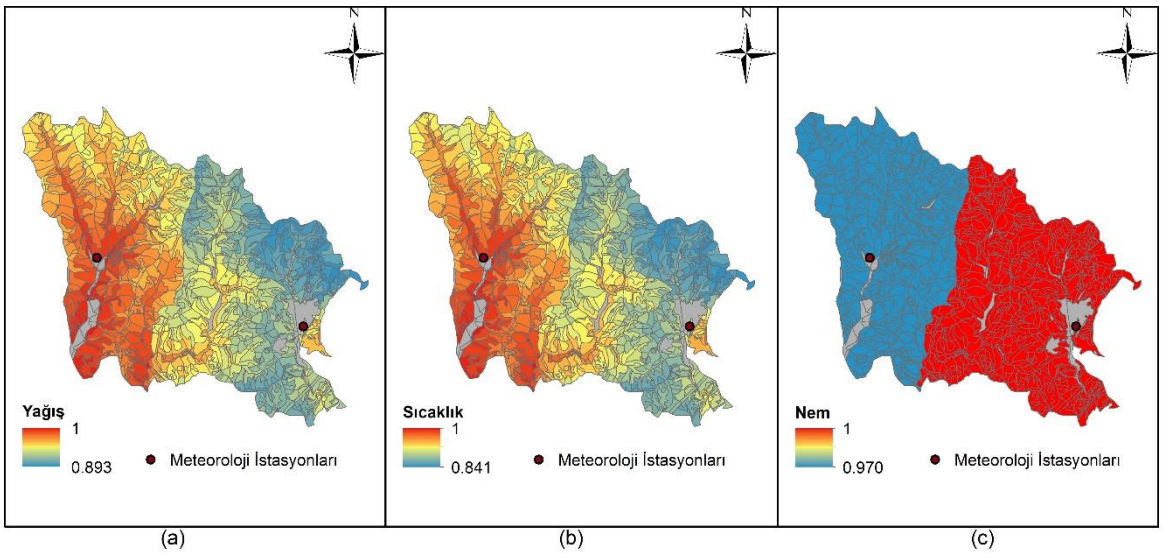
Şekil 4.3, 4.4 ve 4.5 her bir meşcerenin su düzenleme ekosistem hizmeti için uygunluğunu belirten kriter puanlarını ve ağırlıkları kullanarak yapılan haritaları göstermektedir. Benzer şekilde, Şekil 4.6, 4.7 ve 4.8 her bir meşcerenin su sağlama ekosistem hizmeti için uygunluğunu belirten kriter puanlarını ve ağırlıkları kullanarak yapılan haritaları göstermektedir. Şekil 4.9 ve 4.10 ise her iki ekosistem hizmeti için ortak olan kriter setinin sonuçlarını göstermektedir. Su düzenleme için kapalılık kriteri göz önünde bulundurulduğunda neredeyse tüm alanın uygun değerlere sahip olduğu görülmektedir (Şekil 4.3a). Yaş kriterine göre su düzenleme için uygun alanlar haritanın kuzey batısında yoğunlaşmaktadır (Şekil 4.3b). Orman tipi kriterine göre su düzenleme için neredeyse tüm alan yüksek uygunlukta görülmektedir (Şekil 4.3c). Yağış ve sıcaklık kriterlerine göre su düzenleme için yüksek uygunlukta alanlar haritanın güneybatı ve

kuzeybatısında toplanmaktadır (Şekil 4.4a ve 4.4b). Nem kriterine göre su düzenleme için uygun alanlar haritanın kuzeydoğu ve güneydoğu alanlarda gruplanmaktadır (Şekil 4.4c). Toprak tekstürü kriteri açısından su düzenleme için uygun alanlar haritanın her yönüne dağılmışlardır (Şekil 4.5a). Eğim kriterine göre su düzenleme açısından alanın büyük çoğunluğu orta seviyede uygunluk değerlerine sahipken, yüksek uygunluk değerlerine sahip olan alanlar oldukça azdır (Şekil 4.5b). Bakı kriterine göre birçok meşcerenin su düzenleme için uygun olduğu ve bu uygun alanların çalışma alanının geneline dağıldığı görülmektedir (Şekil 4.5c).

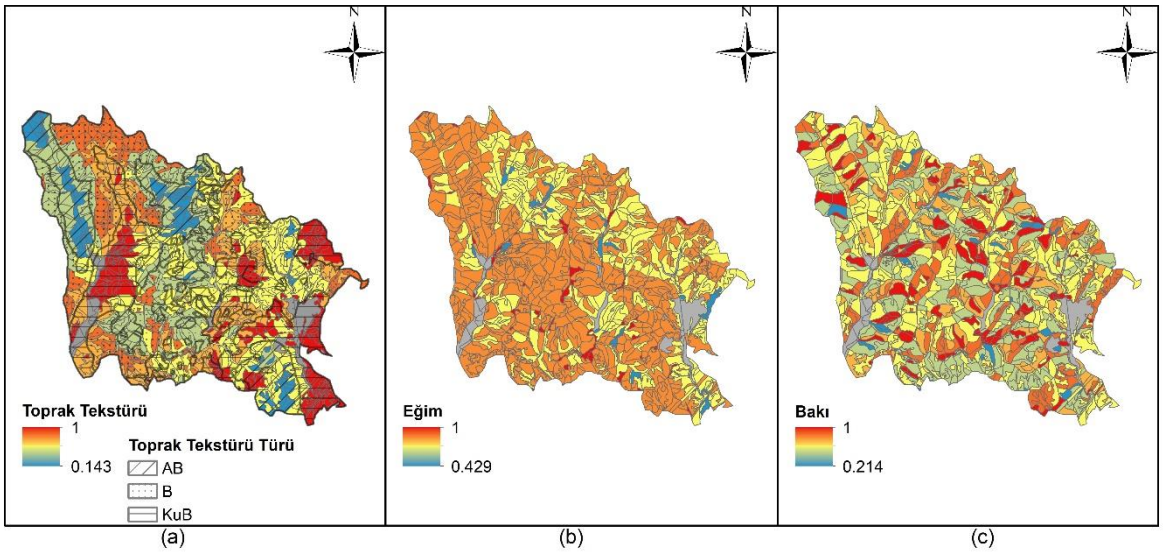
Su sağlama için ise kapalılık kriterine göre alanın neredeyse tamamının düşük uygunluk değerlerine sahip olduğu görülmektedir (Şekil 4.6a). Yaş kriterine göre su sağlama için uygun alanlar haritanın güneybatı ve güneydoğusunda yoğunlaşmaktadır (Şekil 4.6b). Orman tipi kriterine göre su sağlama için orta veya altı düzeyde uygun olduğu görülmektedir (Şekil 4.6c). Su sağlama açısından yağış ve sıcaklık kriterlerine göre uygun alanlar haritanın kuzeydoğu ve güneydoğusunda toplanmaktadır (Şekil 4.7a ve 4.7b). Nem kriterine göre su sağlama açısından uygun alanların haritanın kuzeybatı ve güneybatısında yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 4.7c). Su sağlama için toprak tekstürü açısından uygun alanlar kuzeybatıda yoğunlaşmaktadır (Şekil 4.8a). Su sağlama için eğim kriteri açısından yüksek uygunluk değerine sahip alanlar kuzeyde yoğunlaşmakta ancak güneyinde ve batısında da uygun alanlar olduğu görülmektedir (Şekil 4.8b). Bakı kriterine göre su sağlama için orta uygunlukta olan meşcerelerin alanın geneline dağıldığı gözlemlenmiştir (Şekil 4.8c). Şekil 4.9a'da su düzenleme Şekil 4.9b'de ise su sağlama fonksiyonları için puan değerleri farklı olan ancak alanda aynı meşchereleri temsil eden sulu derelerin uzunluğu, otlak ve göle komşu meşcereler için konumsal olarak gösterilmiştir. Benzer şekilde Şekil 4.10 da otlak ve komşu meşcereler kriterlerinden her iki ekosistem hizmeti de aynı puanı aldığından sadece konumsal olarak gösterilmiştir.



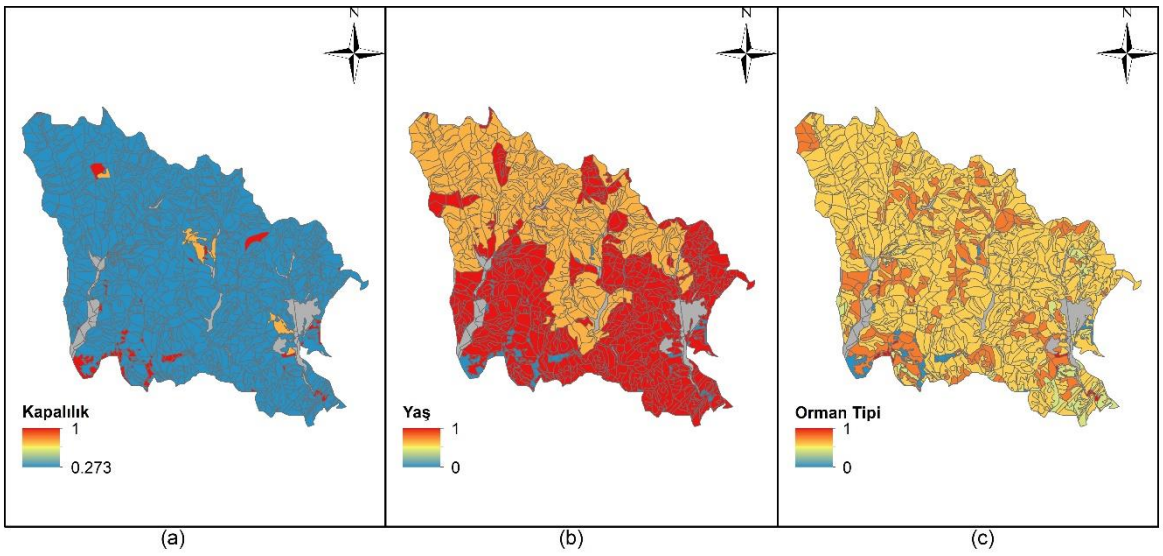

**Şekil 4.3:** Su düzenleme ekosistem hizmeti için normalize edilmiş kapalılık (a), yaş (b) ve orman tipi (c) haritası.



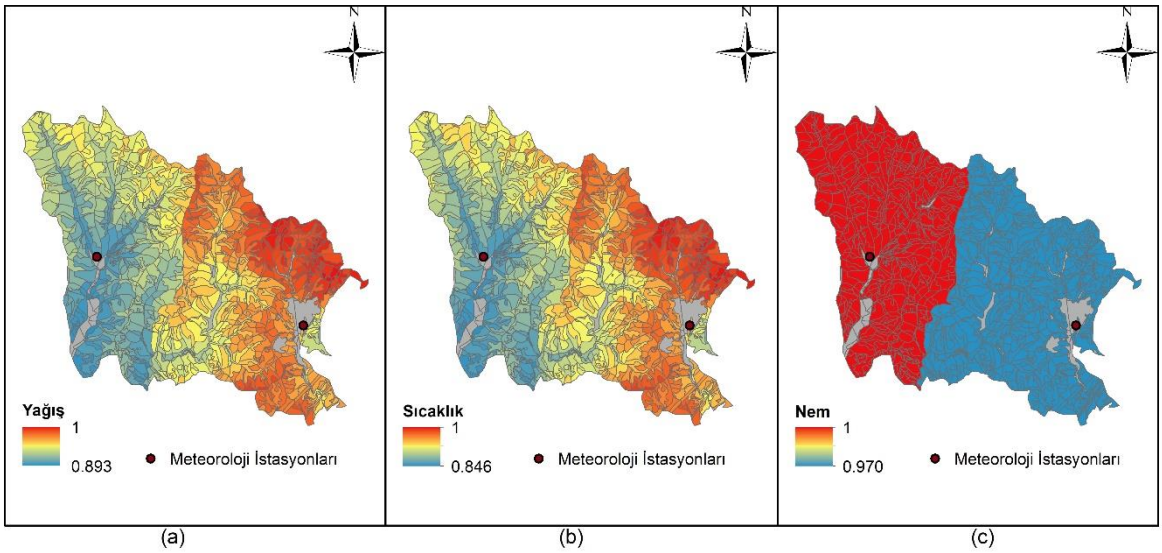

**Şekil 4.4:** Su düzenleme ekosistem hizmeti için normalize edilmiş yağış (a), sıcaklık (b), nem (b) haritası.



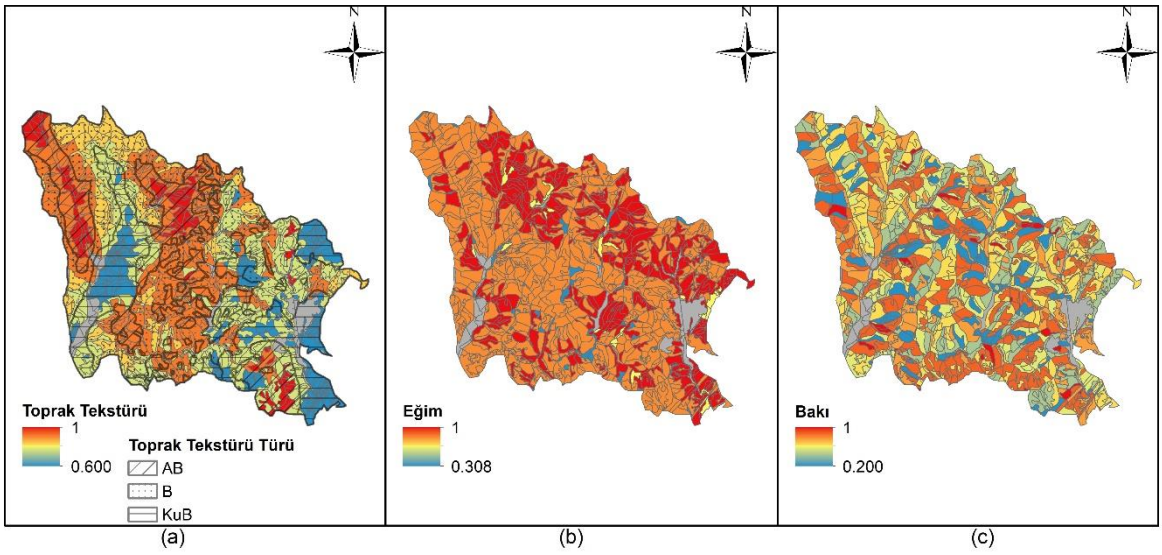

**Şekil 4.5:** Su düzenleme ekosistem hizmeti için normalize edilmiş toprak tekstürü (a), eğim (b), bakı (c) haritası.



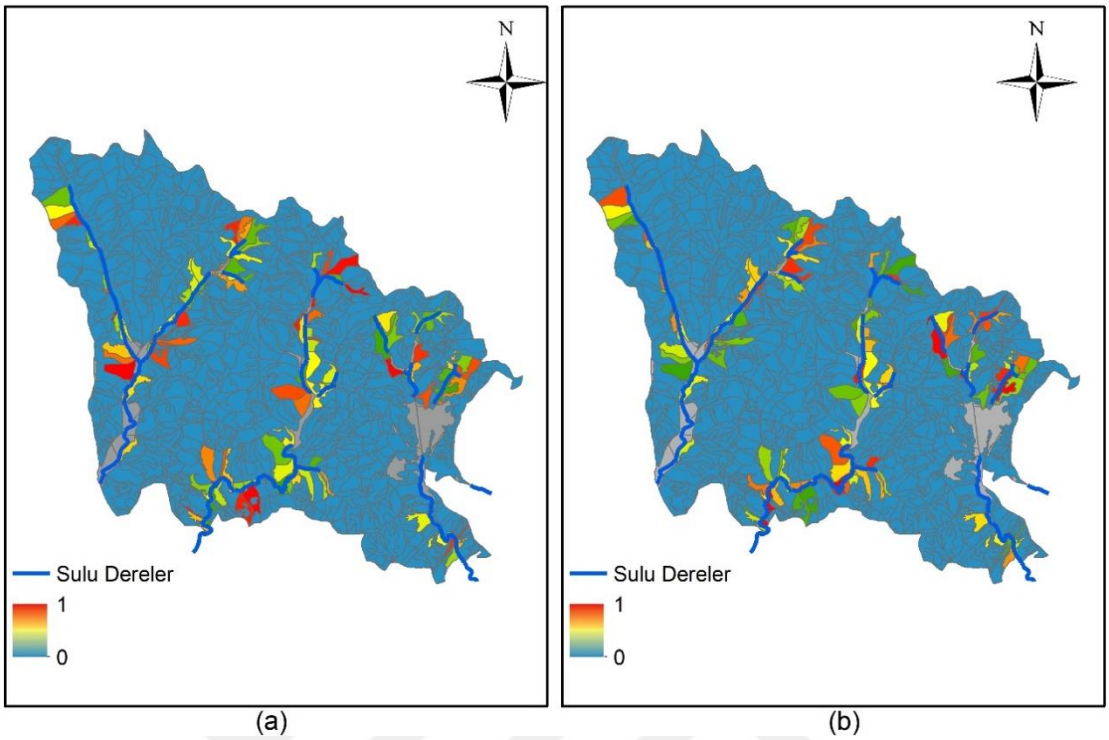

**Şekil 4.6:** Su sağlama ekosistem hizmeti için normalize edilmiş kapalılık (a), yaş (b), orman tipi (c) haritası.



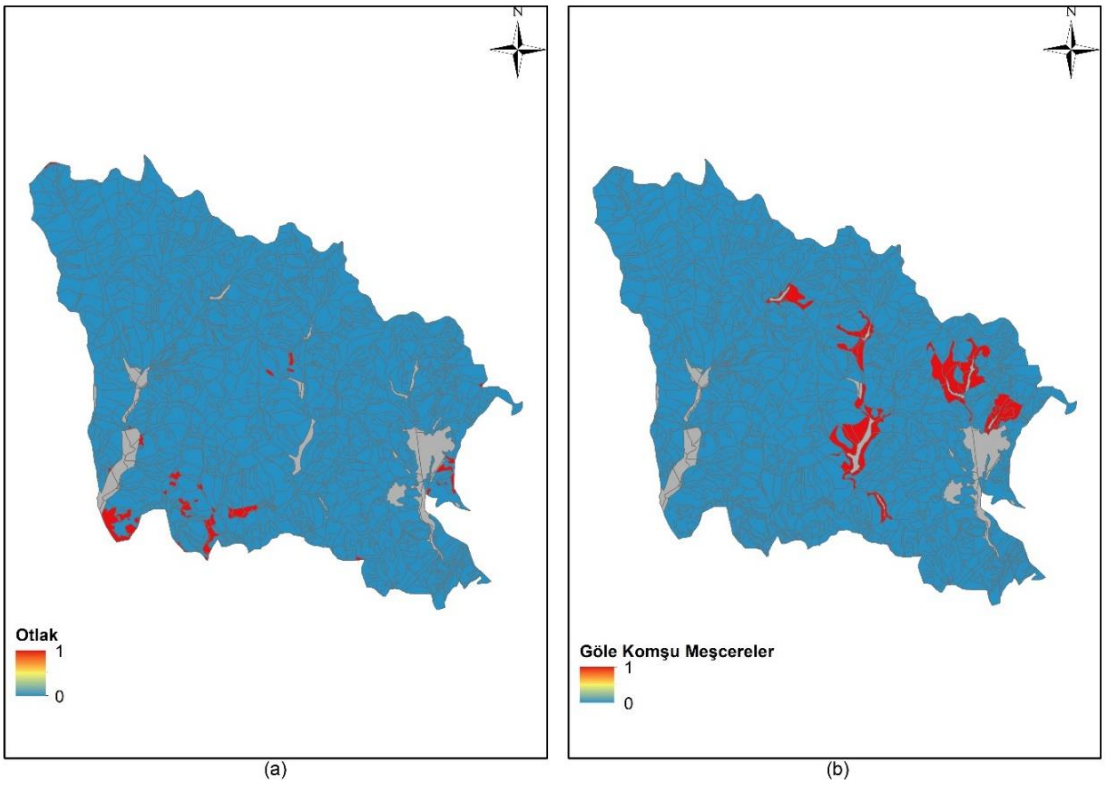

**Şekil 4.7:** Su sağlama ekosistem hizmeti için normalize edilmiş yağış (a), sıcaklık (b), nem (b) haritası.




**Şekil 4.8:** Su sağlama ekosistem hizmeti için normalize edilmiş toprak tekstürü (a), eğim (b), bakı (c) haritası.




**Şekil 4.9:** Su düzenleme (a) ve Su sağlama (a) ekosistem hizmeti için normalize edilmiş meşceredeki sulu derelerin uzunluğu haritası.

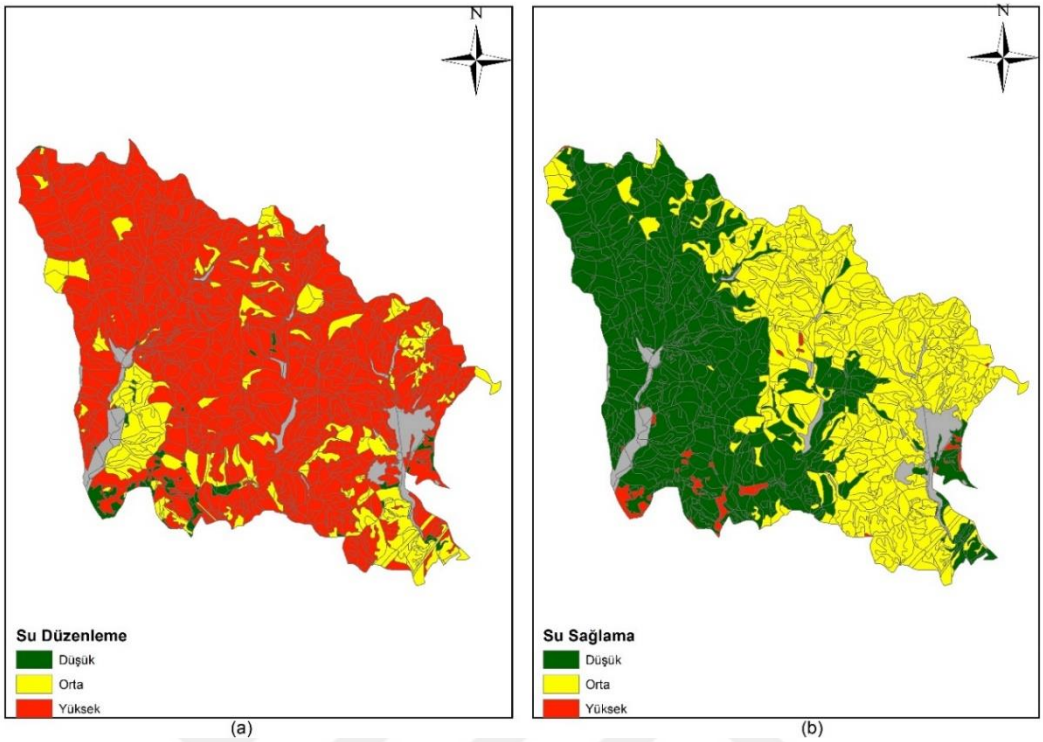



**Şekil 4.10:** Su sağlama ve Su düzenleme ekosistem hizmeti için normalize edilmiş otlak ve göle komşu meşcereler.

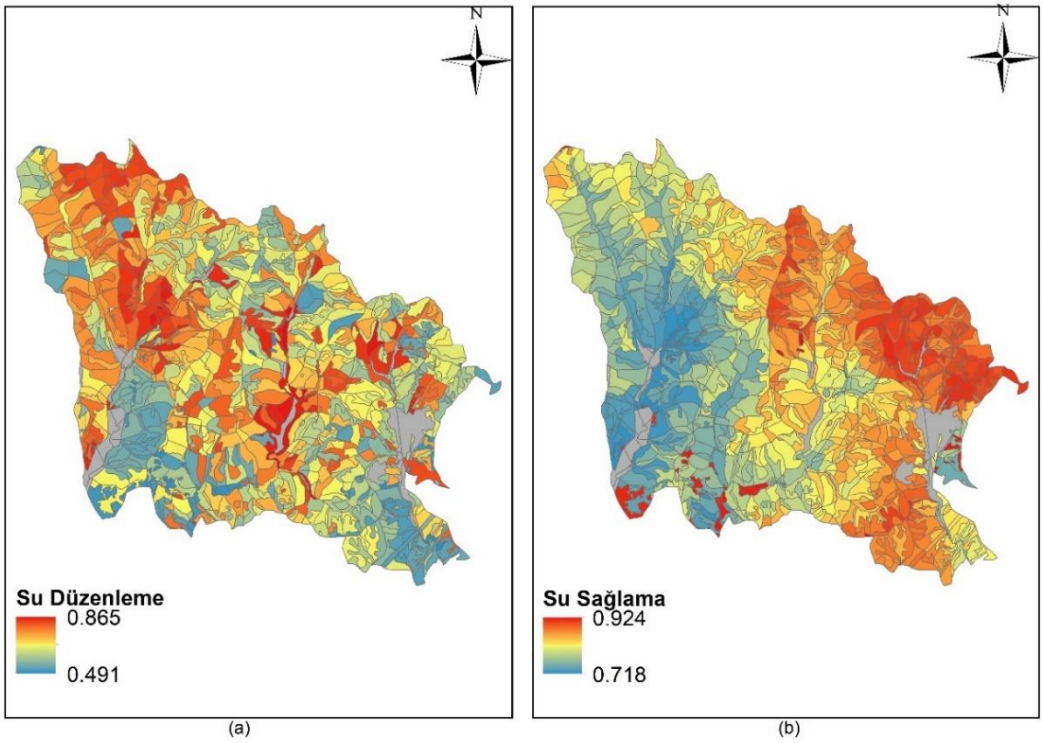
Tablo 4.3'de örnek meşcereler için her kriterden alınan uygunluk puanlarının hesaplanmasından sonra elde edilen su düzenleme ve su sağlama ekosistem hizmeti uygunluk değerlerini ArcGIS'te sınıflandırmak için Jenks Natural Breaks algoritmasına dayanan kümeleme yöntemi kullanılmıştır. Tüm meşcereler aldıkları uygunluk puanına göre üç su düzenleme ve su sağlama uygunluk sınıfına atanmıştır. Su düzenleme uygunluk puanları düşük (0.491-0.556), orta (0.557-0.775) ve yüksek (0.776-0.865) olarak, su sağlama uygunluk puanları, düşük (0.717-0.759), orta (0.760-0.798) ve yüksek (0.799-0.923) olarak gruplandırılmıştır (Tablo 4.3). Bu üç sınıf su sağlama su düzenleme için Şekil 4.11'da gösterilmiştir. Bu sınıflandırma sonucuna göre alanın % 82.8'i yüksek su düzenleme uygunluk seviyesine sahipken, % 1.5'i yüksek su sağlama uygunluk seviyesine sahiptir. Şekil 4.12'de sınıflandırma yapmadan sadece su düzenleme ve su sağlama ekosistem hizmetlerinin uygunluk puanları mavi renkten kırmızı renge artan ve 0-1 arasında değişen uygunluk puanına göre renklendirilerek haritalandırılmıştır.

**Tablo 4.3:** Su düzenleme ve su sağlama ekosistem hizmetleri için uygunluk seviyeleri yüzdeleri.

| Su düzenleme uygunluk seviyesi | Alan (ha) | Yüzde(%) | Uygunluk puanı |
|---|---|---|---|
| Düşük | 109 | 1.9 | (0.491-0.556] |
| Orta | 912 | 16.3 | (0.557-0.775] |
| Yüksek | 4639 | 82.8 | (0.776-0.865] |
| **Su sağlama uygunluk seviyesi** | **Alan (ha)** | **Yüzde(%)** | **Uygunluk puanı** |
| Düşük | 3022 | 54.0 | (0.717-0.759] |
| Orta | 2554 | 45.5 | (0.760-0.798] |
| Yüksek | 84 | 1.5 | (0.799-0.923] |




**Şekil 4.11:** Su düzenleme (a) ve Su sağlama (b) ekosistem hizmeti uygunlukları için düşük, orta ve yüksek olarak seviyelendirilmiş alanlar.

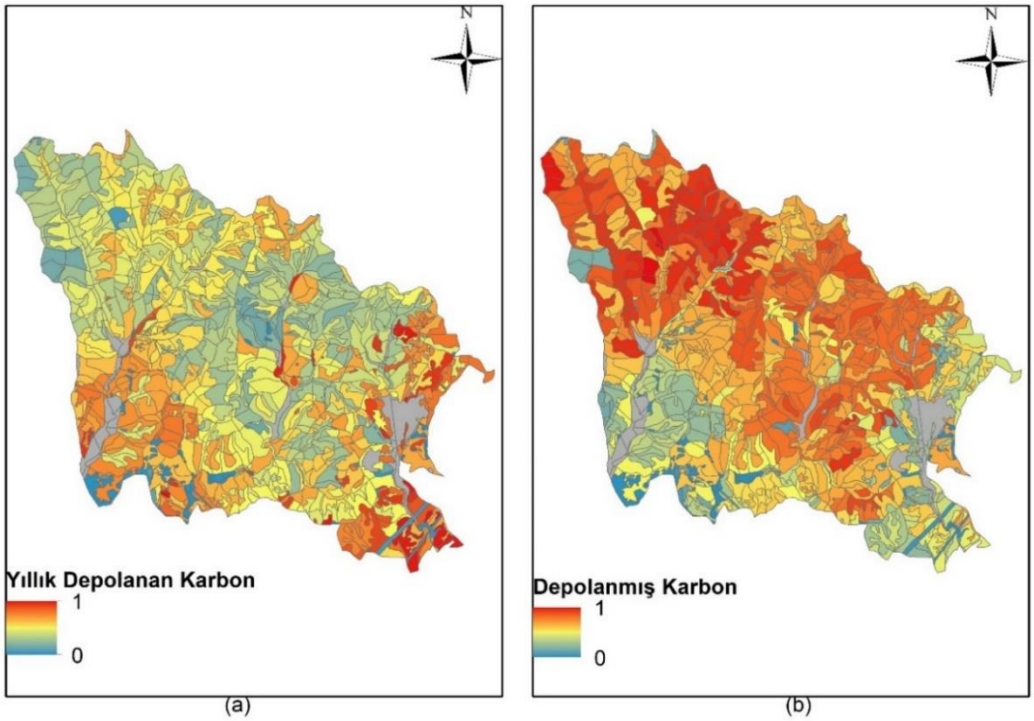



**Şekil 4.12:** Su düzenleme (a) ve Su sağlama (b) ekosistem hizmeti için uygun alanlar.

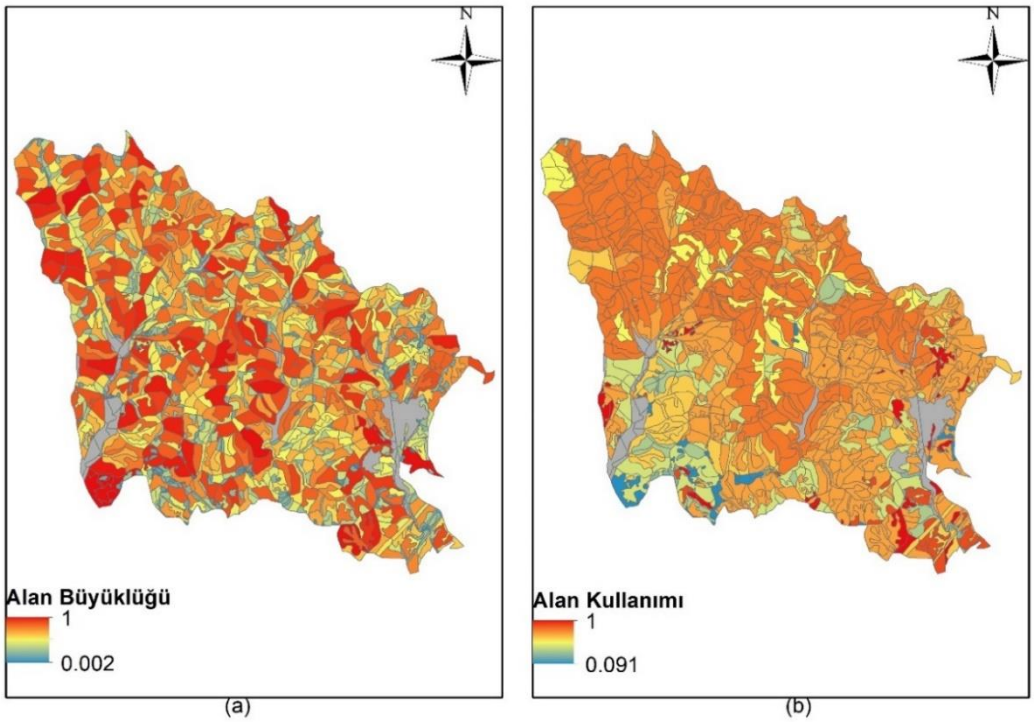
### 4.1.3. Karbon Hizmeti

Şekil 4.13, meşcereler için normalize değerleri kullanılarak bu çalışmada geliştirilen karbon uygunluğunun belirlenmesinde yıllık depolanan karbon ve depolanmış karbon için sonuçlar haritada gösterilmiştir. Şekil 4.13a, meşcereler için yıllık depolanan karbon kriterine ait normalize edilmiş değerleri göstermektedir. En yüksek değerler haritanın güneydoğu kesiminde bulunmaktadır. Yüksek karbon artışlarına sahip meşcereler genellikle genç meşcerelerdir ve bunlar çalışma alanının güneydoğusunda yoğunlaşmaktadır (Şekil 4.13a). Depolanmış karbon kriteri için en yüksek normalize değerler haritanın kuzeybatısında yer almaktadır (Şekil 4.13b). Yaşlı meşcerelerin bulunduğu alanlarda depolanmış karbon miktarı daha yüksektir ve bu meşcereler de çalışma alanının kuzeybatısında yer almaktadır (Şekil 4.13b).

Alan büyüklüğü kriteri için normalize değerler Şekil 4.14a'da gösterilmektedir. Büyük alanlara sahip meşcereler karbon depolama açısından daha uygundur ve haritada kırmızı renkte gösterilmektedir. Son olarak, alan kullanımı açısından benzer meşcereler gruplar halinde kümelenmiş olarak görülmektedir (Şekil 4.14b).




**Şekil 4.13:** Karbon ekosistem hizmeti için normalize edilmiş yıllık depolanan karbon (a) ve depolanmış karbon (b) haritası.




**Şekil 4.14:** Karbon ekosistem hizmeti için normalize edilmiş alan büyüklüğü (a) ve alan kullanımı (b) haritası.

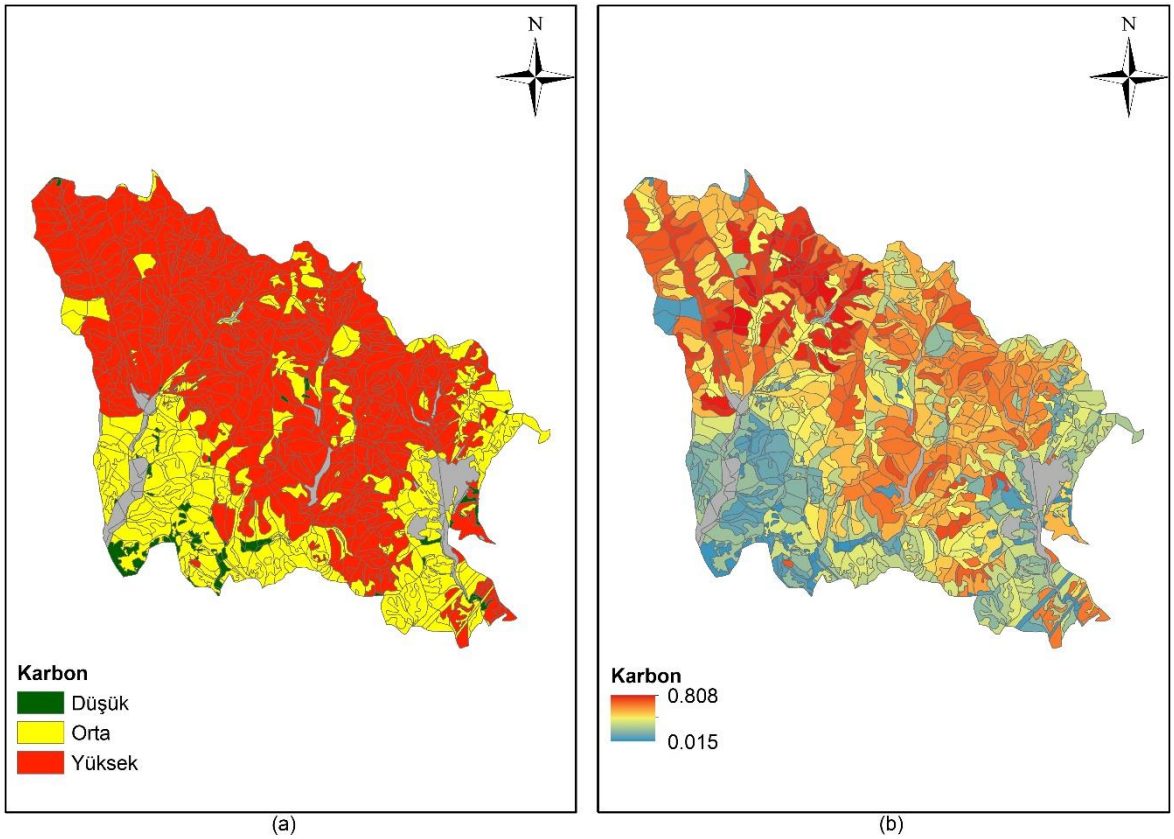
Tablo 4.4'da örnek meşcereler için her kriterden alınan uygunluk puanlarının hesaplanma şekli gösterilmektedir. Bu hesaplamanın sonucunda elde edilen karbon uygunluk değerlerini ArcGIS'te sınıflandırmak için Jenks Natural Breaks algoritmasına dayanan küme yöntemi kullanılmıştır. Tüm meşcereler aldıkları uygunluk puanına göre üç karbon uygunluk sınıfına atanmıştır: düşük (0.015-0.292), orta (0.293-0.578) ve yüksek (0.579-0.808) (Tablo 4.5). Bu sınıflandırma sonucuna göre alanın % 65'i yüksek karbon uygunluk seviyesine sahiptir. Şekil 4.15a'da üç sınıfa ayrılan karbon uygunluk haritası verilmiştir. Şekil 4.15b'de sınıflandırma yapmadan sadece karbon uygunluk puanları mavi renkten kırmızı renge artan 0-1 arasında değişen uygunluk puanına göre renklendirilerek haritalandırılmıştır.

**Tablo 4.4:** Meşcerelerin karbon ekosistem hizmetinin her kriterden aldıkları uygunluk değerleri.

| Ana kriter ağırlıkları | 0.149 | 0.635 | 0.162 | 0.054 | Meşcere uygunluk puanı |
|---|---|---|---|---|---|
| Meşcere ID | Yıllık depolanan karbon | Depolanmış karbon | Alan kullanımı | Alan büyüklüğü | |
| 1 | 0.106 | 0.310 | 0.545 | 0.033 | 0.303 |
| 2 | 0.430 | 0.462 | 0.818 | 0.026 | 0.491 |
| 3 | 0.501 | 0.579 | 0.636 | 0.115 | 0.551 |
| 4 | 0.311 | 0.475 | 0.636 | 0.154 | 0.459 |
| 5 | 0.278 | 0.566 | 0.273 | 0.013 | 0.446 |
| 6 | 0.430 | 0.462 | 0.818 | 0.067 | 0.494 |
| 7 | 0.194 | 0.332 | 0.818 | 0.014 | 0.373 |
| 8 | 0.106 | 0.310 | 0.545 | 0.091 | 0.306 |
| 9 | 0.565 | 0.502 | 0.909 | 0.061 | 0.554 |
| 10 | 0.958 | 0.608 | 0.818 | 0.107 | 0.667 |

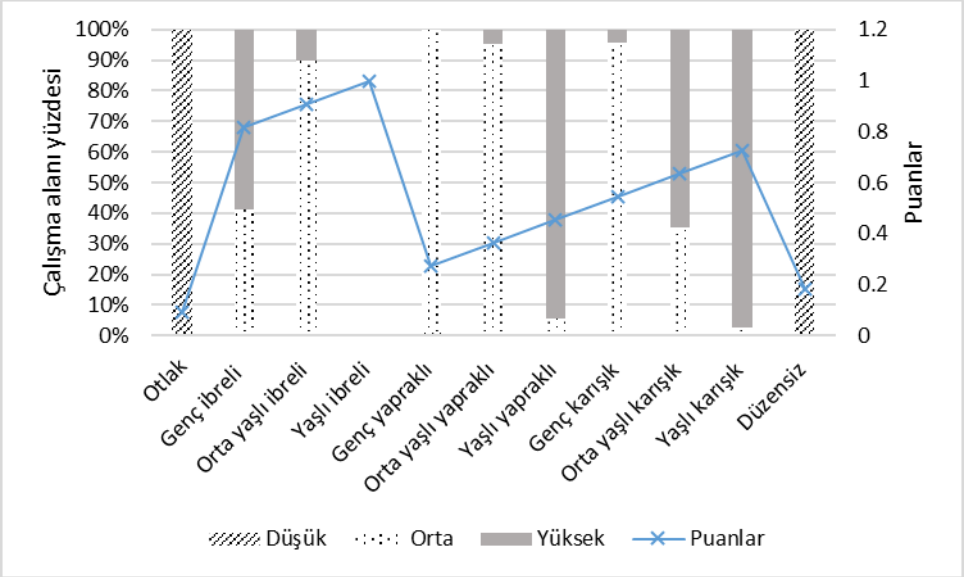
**Tablo 4.5:** Karbon ekosistem hizmeti için uygunluk seviyeleri yüzdeleri.

| Uygunluk Seviyeleri | Alan (ha) | Yüzde (%) | Uygunluk puanı |
|---|---|---|---|
| Düşük | 110.88 | 2 | (0.015-0.292] |
| Orta | 1870.77 | 33 | (0.293-0.578] |
| Yüksek | 3678.61 | 65 | (0.579-0.808] |




**Şekil 4.15:** Karbon ekosistem hizmeti için uygun alanlar ve uygunluklar için düşük, orta ve yüksek olarak seviyelendirilmiş alanlar haritası.

Karbon uygunluk puanları düşük, orta ve yüksek olarak üç sınıfa ayrıldıktan sonra alan kullanımı kriteri için uygun karbon alanlarının yüzdesi Şekil 4.16'da gösterilmektedir. Alan kullanımı kriterine göre uygun alanların yüzdesi, karbon için yüksek uygunluk değerine sahip olan alanların çoğunlukla yaşlı yapraklı, orta yaşlı ve yaşlı karışık meşcerelere sahip alanlardan oluştuğunu göstermektedir (Şekil 4.16). Genç yapraklı ve genç karışık meşcereler, uygunluk puanı orta düzeyde olan meşcerelerdir. Otlak ve düzensiz meşcerelerin uygunluk puanı düşük olduğundan karbon ekosistem hizmeti için uygun olmayan alanlar olarak belirlenmiştir. Bu nedenle, bu alanların % 90' nından fazlası karbon ekosistem hizmeti için düşük bir potansiyele sahip olduğu görülmektedir (Şekil 4.16).



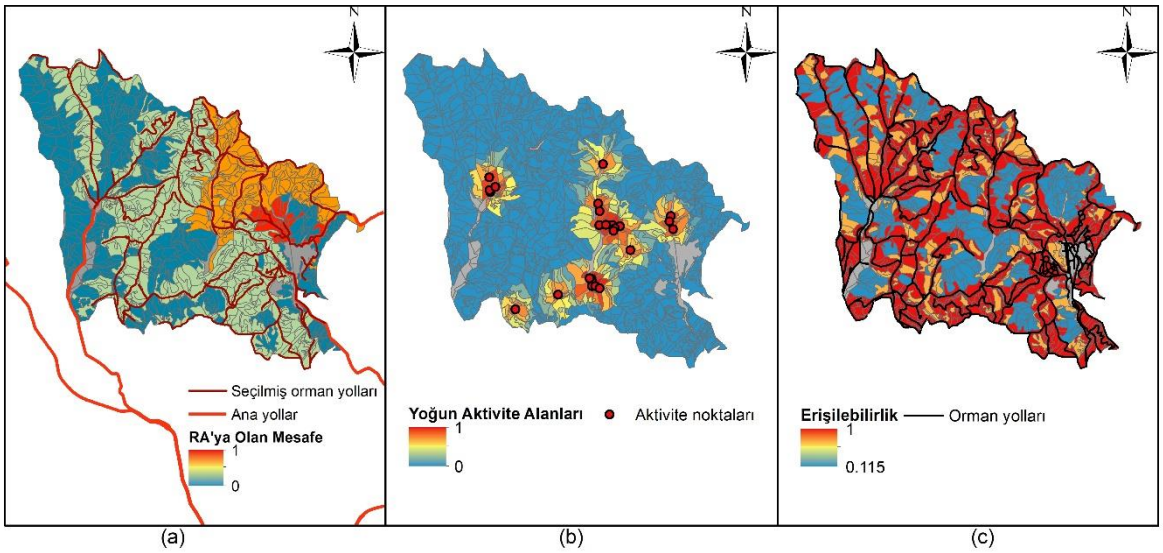

**Şekil 4.16:** Alan kullanımı kriterine göre uygun karbon alanlarının yüzdesi.

### 4.1.4. Rekreasyon ve Görsel Etki Hizmeti[7]

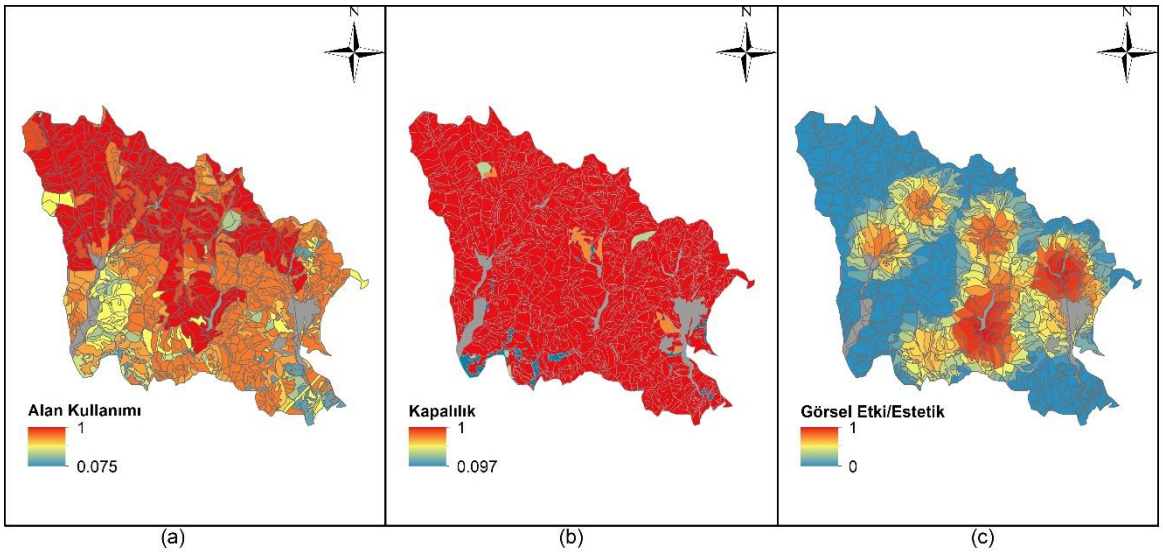
Şekil 4.17, 4.18 ve 4.19 bu çalışmada geliştirilen ve her bir meşcerenin rekreasyon uygunluğunu belirlemek için kriter puanlarını ve ağırlıklarını kullanarak yapılan haritaları göstermektedir. Haritalar, ana kriterlerin her birine göre tüm meşcereler için normalleştirilmiş değerleri temsil etmektedir. Bu haritalarda, her bir renk, bir kriterin uygunluk derecesini temsil etmektedir. Şekil 4.17a, ilçeler ve rekreasyon alanları arasındaki mesafeler açısından halkın erişim seviyesini göstermektedir. Rekreasyon alanına olan mesafe kriterine esas alındığında rekreasyon uygunluk potansiyeline göre en yüksek değere sahip meşcerelerin haritanın kuzeydoğu kısmında yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 4.17a). Yoğun aktivite alanları kriteri çalışma alanı içerisinde yedi farklı kümelenme göstermektedir (Şekil 4.17b). Ancak bu yedi alandan bazılarında diğerlerine kıyasla daha yoğun rekreasyon faaliyeti yapılmaktadır. Erişilebilirlik kriterine göre birçok meşcerenin rekreasyon için uygun olduğu ve bu uygun alanların çalışma alanının geneline dağıldığı görülmektedir (Şekil 4.17c). Rekreasyonel kullanım için alan kullanımı kriterine göre en uygun alanlar yaşlı meşcerelerin bulunduğu haritanın kuzeybatı kesiminde yer almaktadır (Şekil 4.18a). Birkaç istisna dışında sadece kapalılık kriteri için alanın neredeyse tamamının rekreasyonel kullanım için uygun olduğu görülmektedir (Şekil 4.18b). Görsel etki kriterine göre, Şekil 4.18c'de görülebileceği gibi çalışma alanı altı uygun bölgeye ayrılabilir. Bakı kriterine göre birçok meşcerenin rekreasyon için uygun olduğu ve bu uygun

[7] Bu doktora tez çalışmasında rekreasyon ve görsel etki himzeti ile ilgili kısım "Caglayan, İ., Yeşil, A., Cieszewski, C., Gül, F. K. & Kabak, Ö. 2020. Mapping of recreation suitability in the Belgrad Forest Stands. Applied Geography, 116, 102153." makalesi yayınlanmıştır.

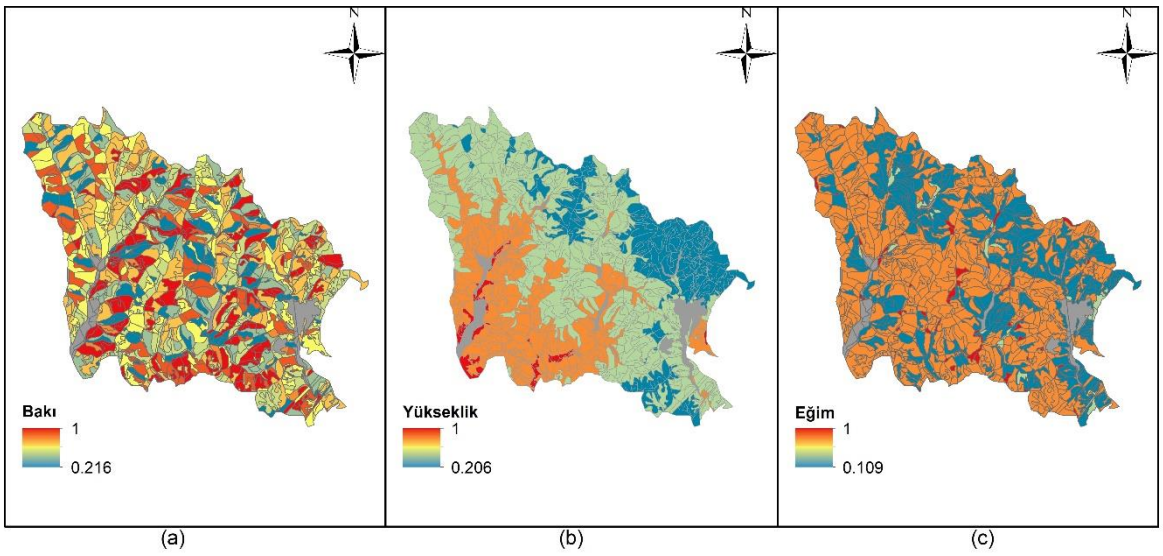
alanların çalışma alanının geneline dağıldığı görülmektedir (Şekil 4.19a). Yükseklik kriterine göre uygun alanlar, haritanın güneybatı kesiminde ve kısmen de güneyinde yer almaktadır (Şekil 4.19b). Eğim kriterine göre, uygun alanlar haritanın her yerine dağıldığı görülmektedir (Şekil 4.19c). Görsel etki ve yoğun aktivite alanları mekânsal dağılımlarda benzerlikler göstermektedir. Görsel etki kriteri için uygun olan alanlarının coğrafi konumları ile, yoğun aktivite alanları kriterine göre uygun olan alanların konumları örtüşmektedir, çünkü bunlar muhtemelen rastlantısal değildir ve bir seçim yapması istendiğinde, insanlar görsel etkisi en yüksek alanlarda rekreasyon yapmayı tercih edeceklerdir.




**Şekil 4.17:** Rekreasyon ekosistem hizmeti için normalize edilmiş rekreasyon alanına olan mesafe (a), yoğun aktivite alanları (b) ve erişilebilirlik (c) haritası (Caglayan ve diğ., 2020)**.**




**Şekil 4.18:** Rekreasyon ekosistem hizmeti için normalize edilmiş alan kullanımı (a), kapalılık (b), görsel etki (c) haritası (Caglayan ve diğ., 2020).




**Şekil 4.19:** Rekreasyon ekosistem hizmeti için normalize edilmiş bakı (a), yükseklik (b) ve eğim (c) haritası(Caglayan ve diğ., 2020).

Tablo 4.6'da örnek meşcereler için her kriterden alınan uygunluk puanlarının hesaplanma şekli gösterilmektedir. Bu hesaplamanın sonucunda elde edilen rekreasyon uygunluk değerlerini ArcGIS'te sınıflandırmak için Jenks Natural Breaks algoritmasına dayanan küme yöntemi kullanılmıştır. Tüm meşcereler aldıkları puana göre üç rekreasyona uygunluk sınıfına ayrılmıştır: Yüksek, (0.484-0.834); Orta, (0.371-0.484); ve Düşük, (0.371-0.127) (Tablo 4.7). Sonuç olarak, rekreasyon için yüksek uygunluk potansiyeli olan alanlar tüm alanın % 8.25'ini

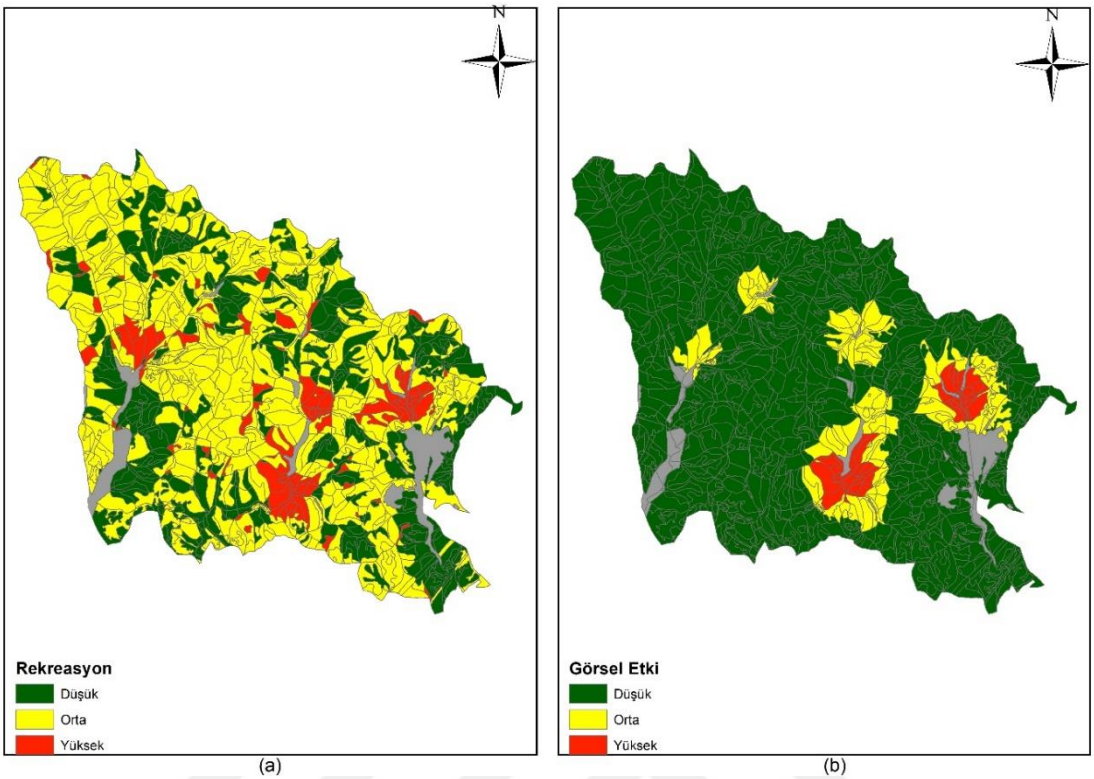
kaplamaktadır. Düşük ve orta uygunluk düzeylerinin alanı ve yüzdeleri Tablo 4.7'de verilmiştir. Görsel etki ekosistem hizmeti için ise düşük (0.000-0.112), orta (0.113-0.429) ve yüksek (0.430-1.000) olarak uygunluk puanları sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırma sonucuna göre alanın % 3.57'si yüksek görsel etki seviyesine sahip olduğu görülmektedir (Tablo 4.7). Şekil 4.20a'da rekreasyon ve Şekil 4.20b'de görsel etki ekosistem hizmeti uygunlukları için düşük, orta ve yüksek olarak seviyelendirilmiş alanlar haritası gösterilmektedir. Şekil 4.21a'da rekreasyon Şekil 4.21b'de görsel etki ekosistem hizmetleri için sınıflandırma yapmadan sadece uygunluk puanları 0-1 arasında renklendirilerek haritalandırılmıştır.

**Tablo 4.6:** Meşcerelerin rekreasyon ekosistem hizmetinin her kriterinden aldıkları uygunluk değerleri (Caglayan ve diğ., 2020)**.**

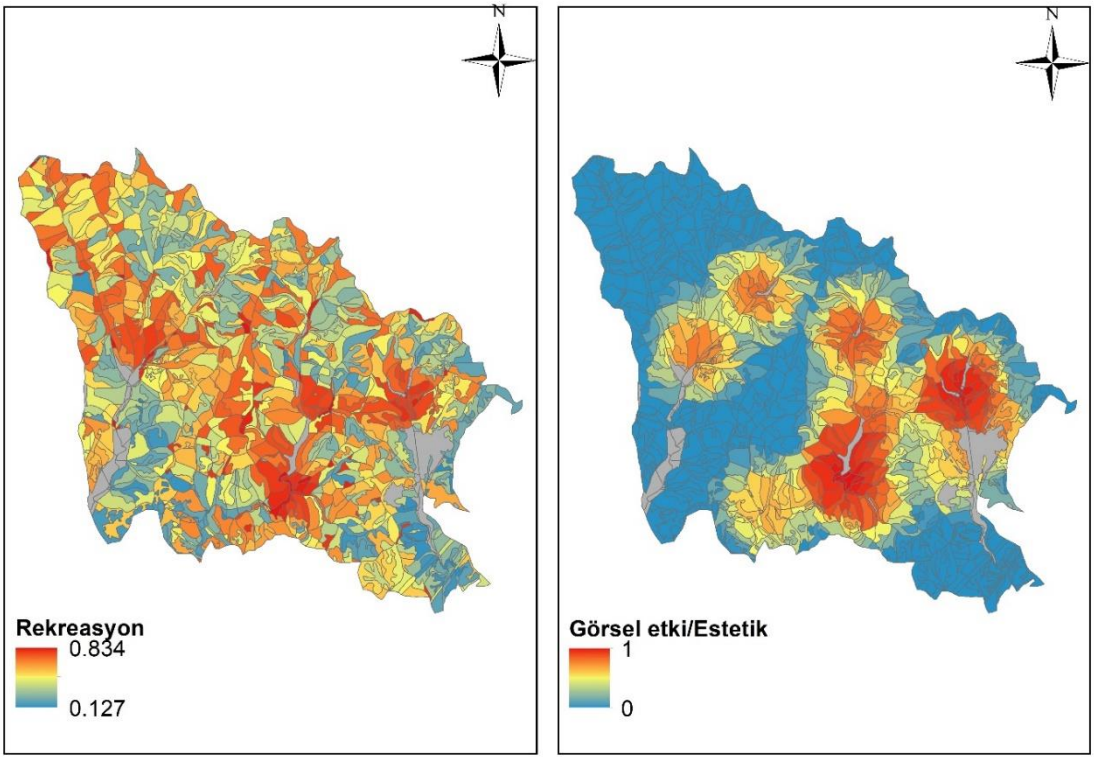
| Ana kriter | RA'na olan mesafe | Yoğun aktivite alanları | Erişilebilirlik | Bakı | Yükseklik | Eğim | Alan kullanımı | Kapalılık | Görsel etki | Meşcere uygunluk puanı |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kriter ağırlıkları | 0.040 | 0.082 | 0.061 | 0.025 | 0.021 | 0.354 | 0.093 | 0.131 | 0.193 | |
| Meşcere | | | | | | | | | | |
| 1 | 0.115 | 0 | 1 | 0.840 | 0.206 | 0.453 | 0.123 | 1 | 0 | 0.394 |
| 2 | 0.115 | 0 | 1 | 0.423 | 0.206 | 1 | 0.075 | 1 | 0 | 0.573 |
| 3 | 0.115 | 0 | 1 | 0.216 | 0.346 | 0.453 | 0.523 | 1 | 0 | 0.418 |
| 4 | 0.115 | 0 | 1 | 0.218 | 0.206 | 0.453 | 0.523 | 1 | 0 | 0.415 |
| 5 | 0 | 0 | 1 | 0.840 | 0.595 | 0.453 | 0.093 | 1 | 0 | 0.395 |
| 6 | 0.115 | 0 | 1 | 1 | 0.206 | 0.453 | 0.075 | 1 | 0 | 0.393 |
| 7 | 0 | 0 | 1 | 0.423 | 0.595 | 0.215 | 0.075 | 1 | 0 | 0.298 |
| 8 | 0.115 | 0 | 1 | 1 | 0.346 | 0.453 | 0.123 | 1 | 0 | 0.401 |
| 9 | 0.115 | 0 | 1 | 0.343 | 0.346 | 0.215 | 0.195 | 1 | 0 | 0.307 |
| 10 | 0 | 0 | 1 | 0.423 | 0.346 | 0.453 | 0.075 | 1 | 0 | 0.377 |

**Tablo 4.7:** Rekreasyon ve görsel etki ekosistem hizmetleri için uygunluk seviyeleri yüzdeleri (Caglayan ve diğ., 2020)**.**

| Rekreasyon uygunluk seviyesi | Alan (ha) | Yüzde(%) | Uygunluk puanı |
|---|---|---|---|
| Düşük | 1820 | 32.16 | (0.126-0.371] |
| Orta | 3373 | 59.59 | (0.372-0.484] |
| Yüksek | 467 | 8.25 | (0.485-0.834] |
| Görsel etki Uygunluk seviyesi | Alan (ha) | Yüzde(%) | Uygunluk puanı |
| Düşük | 4794 | 84.70 | (0.000-0.112] |
| Orta | 664 | 11.73 | (0.113-0.429] |
| Yüksek | 202 | 3.57 | (0.430-1.000] |

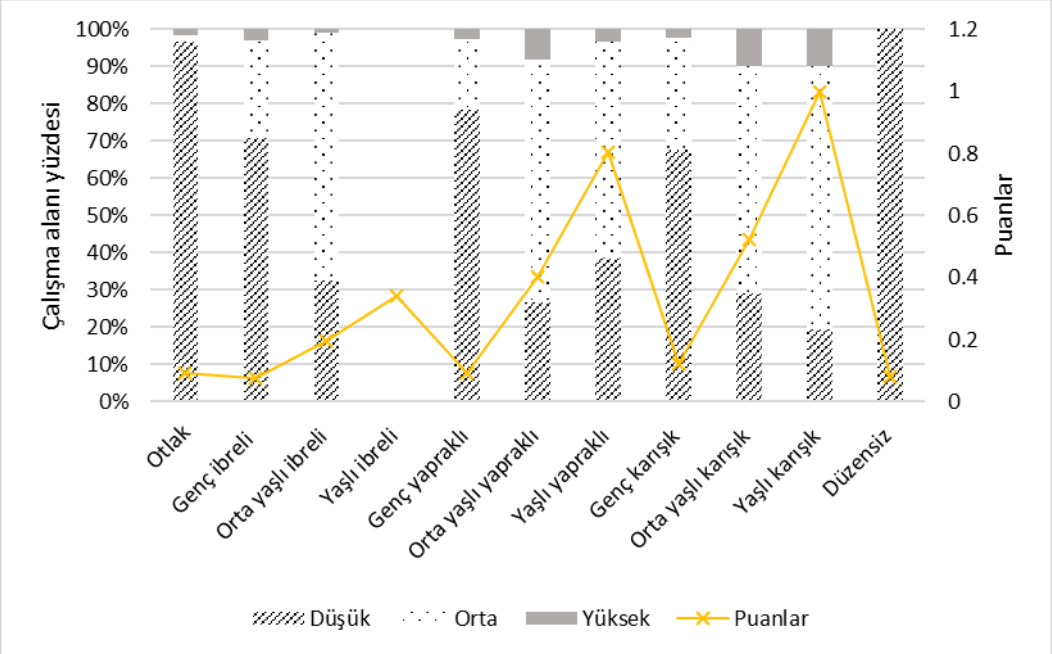



**Şekil 4.20:** Rekreasyon (a) ve Görsel etki (b) ekosistem hizmeti uygunlukları için düşük, orta ve yüksek olarak seviyelendirilmiş alanlar haritası.

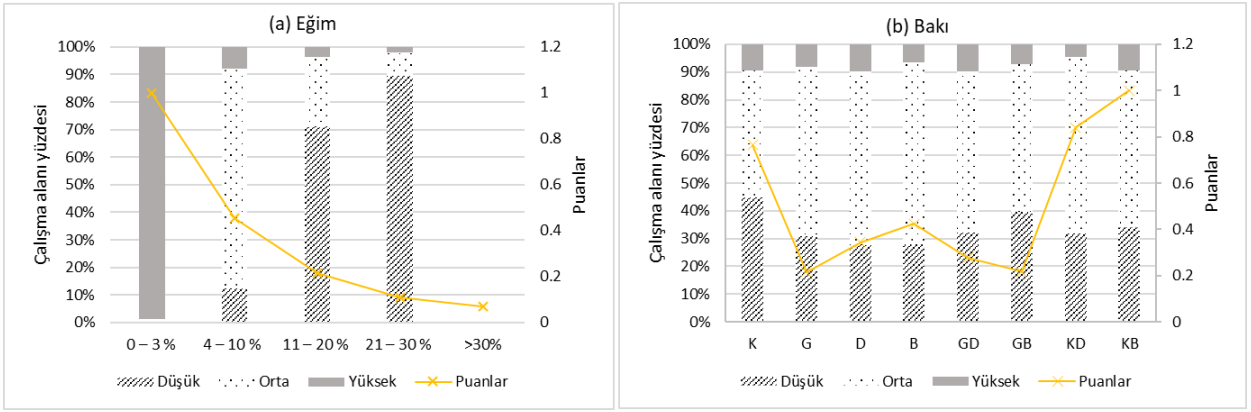



**Şekil 4.21:** Rekreasyon ve görsel etki ekosistem hizmeti için uygun alanlar haritası.

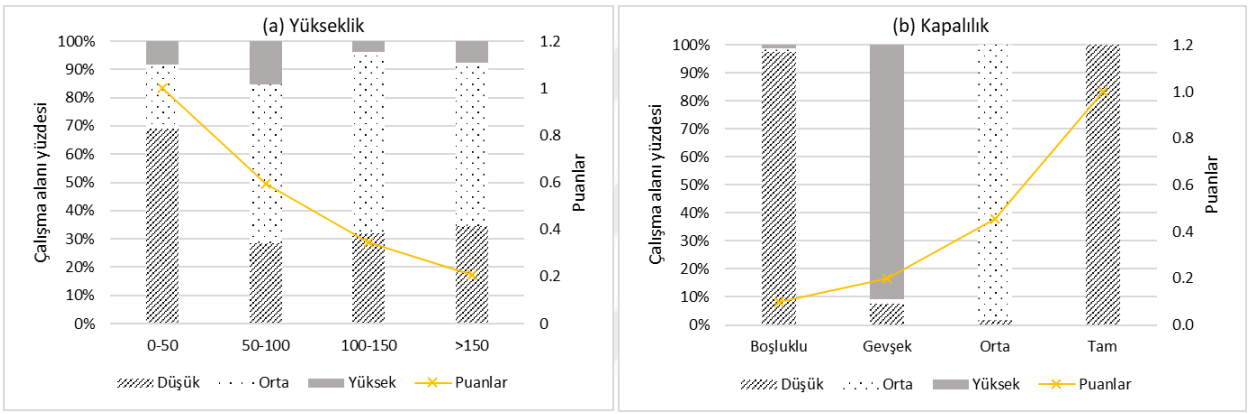
Rekreasyon uygunluk puanları düşük, orta ve yüksek olarak üç sınıfa ayrıldığında, yüksek uygunlukta olan alanların kriterlere göre hangi sınıflara girdiği aşağıdaki şekillerde gösterilmektedir (Şekil 4.22, 4.23 ve 4.24). Bu şekillerde uygun rekreasyon alanlarının alan kullanımı, eğim, bakı, yükseklik ve kapalılık kriterleri için yüzdeleri sırasıyla Şekil 4.22, 4.23 ve 4.24'de gösterilmektedir. Alan kullanım kriterine göre, rekreasyon için yüksek uygunluk değerine sahip olan alanların çoğunlukla yapraklı ve karışık meşcerelerden oluştuğu görülmektedir (Şekil 4.22). Genç ibreli, yapraklı ve karışık meşcerelerin alan kullanım kriterine göre yaklaşık %70 in üzerinde düşük düzeyde bulunmaktadır. Otlak ve düzensiz meşcereler, doğal olarak uygunluk puanı düşük olan meşcerelerdir. Bu nedenle, sırasıyla otlak alanların % 96.8'i ve düzensiz meşcerelerin tamamı rekreasyonel kullanım için düşük bir potansiyele sahip olduğu görülmektedir (Şekil 4.22). Eğim ile ilgili olarak, % 0-3 eğim sınıfına giren meşcerelerin % 98.7'si rekreasyon için yüksek uygunluk değerine sahiptir (Şekil 23a). Rekreasyon için yüksek uygunluk değerine sahip olan yerlerin, tüm bakılara yaklaşık olarak eşit dağıldığı görülmektedir (Şekil 23b). Rekreasyonel kullanım için yüksek uygunlukta olan yerler yükseklik sınıflarına göre Şekil 24a'da gösterilmiştir. Kapalılık ile ilgili olarak, yüksek uygunluk puanına sahip olan alanların % 90.9'u gevşek kapalılığa sahip meşcerelerden oluşmaktadır (Şekil 24b).




**Şekil 4.22:** Alan kullanımı kriterine göre uygun rekreasyon alanlarının yüzdesi (Caglayan ve diğ., 2020).




**Şekil 4.23:** Eğim (a) ve Bakı (b) 'ya göre uygun rekreasyon alanlarının yüzdesi (Caglayan ve diğ., 2020).




**Şekil 4.24:** Yükseklik (a) ve Kapalılık (b) 'a göre uygun rekreasyon alanlarının yüzdesi (Caglayan ve diğ., 2020).

## 4.2. EKOSİSTEM HİZMETLERİNİN MEŞCERELERE ATANMASI SONUÇLARI

Ekosistem hizmetlerinin meşcerelere atanmasından sonra ekosistem hizmetlerinin mekânsal dağılımı bir önceki bölümlerde harita üzerinde ve tablo olarak gösterilmiştir. Çalışmada yedi ekosistem hizmeti için değerlendirmeler ve analizler yapılmıştır ancak tam sayılı programlama modeli sonucunda Belgrad Ormanı'ndaki meşcerelere beş ekosistem hizmeti atanmıştır. Bu ekosistem hizmetlerinin beşe düşmesinin nedeni ise yedi ekosistem hizmetinin yedisinin mutlaka meşcerelere atanması ile ilgili bir kısıt bulunmamasıdır. Çünkü model kurulması aşamasında bu kısıtın aktifleştirilmesi denenmiş ancak model çalıştırılamamıştır. Bu kısıt aktifleştirildiğinde çalışmamasının nedeni olarak komşuluk kısıtları ile birlikte aktif olması gösterilebilir. Bu sebeplerden dolayı sadece bir meşcereye mutlaka bir ekosistem hizmeti atanması kısıtı kullanılmıştır.

Bu beş hizmet su düzenleme, kültür, eğitim/bilim, karbon ve su sağlama ekosistem hizmetleridir. Meşcerelere atanan ekosistem hizmetlerinin alansal dağılımına bakıldığında, tüm alanın 4010.3 ha'ı yani %71'i su düzenleme ekosistem hizmeti olarak tanımlanmıştır (Tablo 4.8). Şekil 4.25'de bu alanlar kırmızı renkte gösterilmiş ve su düzenleme ekosistem hizmeti olarak işletilmesi uygun alanlar olarak görülmektedir. En fazla atamanın su düzenleme ekosistem hizmetine yapılması, bu ekosistem hizmetinin temel olarak "temiz su ve sanitasyon" ve "karasal yaşam" sürdürülebilir kalkınma amaçlarına ulaşmada fazla katkı sağlamış olmasıdır.

Atama modelinin sonucunda, kültür ekosistem hizmeti için 962.9 ha (201 meşcere) alanda tam puan alan meşcerelere atama yapılmıştır (Tablo 4.8). Bir önceki bulgular kısmının 4.1.1 bölümünde, 1256 ha (258 meşcere) alan için 1 tam puan kültür ekosistem hizmeti uygunluk puanı tanımlanmıştır. Şekil 4.25'de bu alanlar turuncu renkte gösterilmektedir. Ancak kültür ekosistem hizmeti için uygunluk değeri olarak 1 tam puan alan 57 meşcere, atama modeli sonucunda kültür ekosistem hizmeti olarak işletmek amacıyla atanmamıştır. Çünkü bu 293.1 ha (57 meşcere) alana sahip olan meşcereler hem kültür hem de eğitim-bilim ekosistem hizmetlerinden 1 tam puan almıştır. Bu 57 meşcere ekosistem hizmetleri arasında ödünleşmelere tabi olmuştur. Eğitim/bilim ekosistem hizmeti karasal yaşam sürdürülebilir kalkınma amaçlarına daha fazla katkıda bulunduğu için bu 57 meşcere eğitim/bilim ekosistem hizmeti olarak işletilmek üzere tahsis edilmiştir.

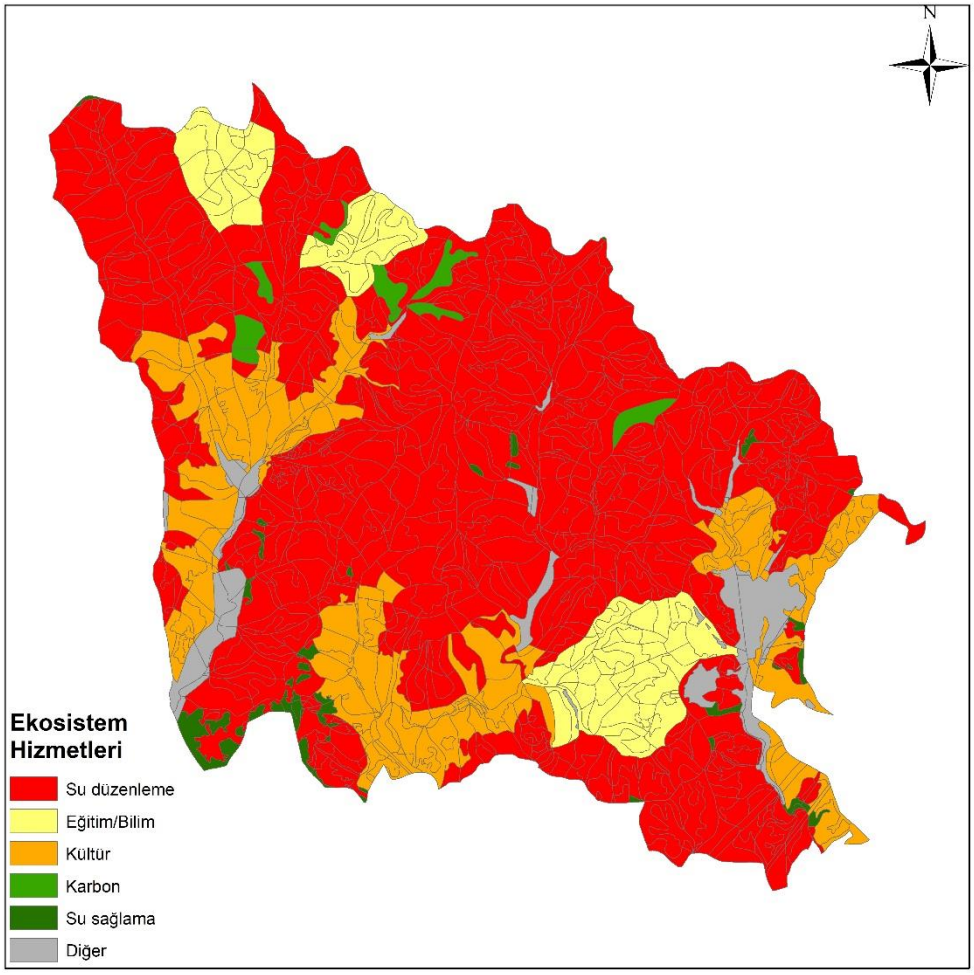
Bulgulara ait kısmının 4.1.1 bölümünde, eğitim ekosistem hizmeti uygunluk puanı olarak 1 tam puan alan 517 ha (90 meşcere) alana sahip meşcereler bulunmaktadır. Atama modeli sonucunda, aynı toplam 517 ha alana sahip (90 meşcere) meşcerelerin tamamı eğitim ekosistem hizmeti için tahsis edilmiştir (Tablo 4.8). Bu alanlar Şekil 4.25'de sarı renkte görülmektedir. Eğitim ekosistem hizmeti karasal yaşam sürdürülebilir kalkınma amacına en fazla katkıyı sağladığından 1 tam puan alan meşcerelerin tamamı bu nedenle eğitim ekosistem hizmeti amacıyla işletilmek üzere tahsis edilmiştir. Bu durumun nedeni ise karasal yaşam sürdürülebilir kalkınma amacının en yüksek ağırlığa sahip olmasıdır. Atama modelinin sonucunda su sağlama ekosistem hizmeti için 85.8 ha (49 meşcere) ve karbon ekosistem hizmeti için 84.2 ha (10 meşcere) alan tahsis edilmiştir. Şekil 4.25'de atanan ekosistem hizmetlerinden su sağlama koyu

yeşil ve karbon açık yeşil renkte gösterilmektedir. Rekreasyon ve görsel etki ekosistem hizmetleri için atama modeli sonucunda herhangi bir atama yapılmamıştır (Tablo 4.8).

**Tablo 4.8:** Ekosistem hizmetlerine ait alanların meşcerelere dağılımı.

| Atanan ekosistem hizmetleri | Meşcere sayısı | Alan toplamı (ha) | Orman alanı yüzdesi (%) |
|---|---|---|---|
| Su düzenleme | 768 | 4010.3 | 71 |
| Kültür | 201 | 962.9 | 17 |
| Eğitim/bilim | 90 | 517.1 | 9 |
| Su sağlama | 49 | 85.8 | 2 |
| Karbon | 10 | 84.2 | 1 |
| Diğer | 0 | 235.6 | - |
| | Toplam | 5895.9 | - |
| | Toplam orman alanı | 5660.3 | 100 |

Sürdürülebilir kalkınma amaçlarına en iyi şekilde ulaşmak için meşcerelere ekosistem hizmetleri atanması aşamasında her meşcerenin her ekosistem hizmetinden aldığı uygunluk değeri göz önünde bulundurulmuştur. Su düzenleme ekosistem hizmeti % 71 ile en fazla atanan ekosistem hizmeti olup, % 17 ile kültür ekosistem hizmeti ve % 9 ile eğitim/bilim ekosistem hizmeti onu takip etmektedir (Tablo 4.8 ve Şekil 4.25). Sonuçlar, ekosistem hizmetlerinin sürdürülebilir kalkınma amaçlarından etkilenebileceğini göstermektedir. Çünkü karasal yaşam ve temiz su ve sanitasyon sürdürülebilir kalkınma amaçları paydaşlara göre en fazla ağırlığa sahip amaçlardır. Su düzenleme ekosistem hizmeti ise bu sürdürülebilir kalkınma amaçlarına en büyük katkıyı sağlamaktadır. Sonuç olarak da en fazla alan tahsisi su düzenleme ekosistem hizmeti için yapılmıştır.




**Şekil 4.25:** Ekosistem hizmetlerinin meşcerelere atanması haritası.

## 4.3. EKOSİSTEM HİZMETLERİNİN ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YAKLAŞIMI İLE PLANLANMASI SÜRECİ SONUÇLARI

Yukarıdaki 4.1. nolu bölümde her ekosistem hizmetinin uygunluk seviyelerinin sonuçları gösterilmektedir. 4.2. nolu bölümde bu ekosistem hizmetlerinin uygunluk seviyeleri arasındaki ödünleşmelerin çözülebilmesi için matematiksel bir model geliştirilerek meşcerelere ekosistem hizmeti atanmıştır. Başka bir ifade ile ekosistem hizmetlerinin konumsal olarak belirlenmesi için ekosistem hizmetlerinin zonlanmasına çalışılmıştır. Bu zonlama sonucunda beş ekosistem hizmeti için atama gerçekleştirilmiştir. Her ekosistem hizmetinin zonlandığı alanlar bir işletme sınıfı olarak kabul edilerek bir kesim döngüsü oluşturulabilir. Beş ekosistem hizmeti için farklı işletme amaçları belirlenerek bir planlama yaklaşımı geliştirilebilir. Ancak bu çalışmada bu zonlanmış alanlarda bir kesim döngüsü oluşturulması tercih edilmemiştir. Bunun yerine plan

ünitesinin tamamı için ekosistem hizmetlerinin toplam faydasının maksimizasyonu amaçlanmıştır. Çünkü, tüm bu süreç boyunca uzmanlar tarafından yedi ekosistem hizmetinin belirlenmesi ve katılımcılar ile yapılan Delfi süreci sonucunda her ekosistem hizmetinin sürdürülebilir kalkınma amaçlarına olan katkılarının planlama modeline dahil edilmesidir.

Çünkü bu çalışmada ele alınan yaklaşım ekosistem hizmetlerinin stratejik düzeyde planlamaya dahil edilmesi ile ilgilidir. Ormanın dinamik bir yapıya sahip olması nedeniyle ve planlama ufkunun 100 yılı aşması nedeniyle meşcerelerin uygunluk seviyeleri uygulanan silvikültürel senaryoya göre farklılaşma gösterecektir. Türkiye'de amenajman planları taktik seviyede (plan ufku 10 yıl) yapılmakta ve böylece işletme sınıfları oluşturulmaktadır. Ancak bu çalışmada orman işletme sınıflarına ayrılarak değil tüm orman alanı dikkate alınarak planlama yapılmasına karar verilmiştir.

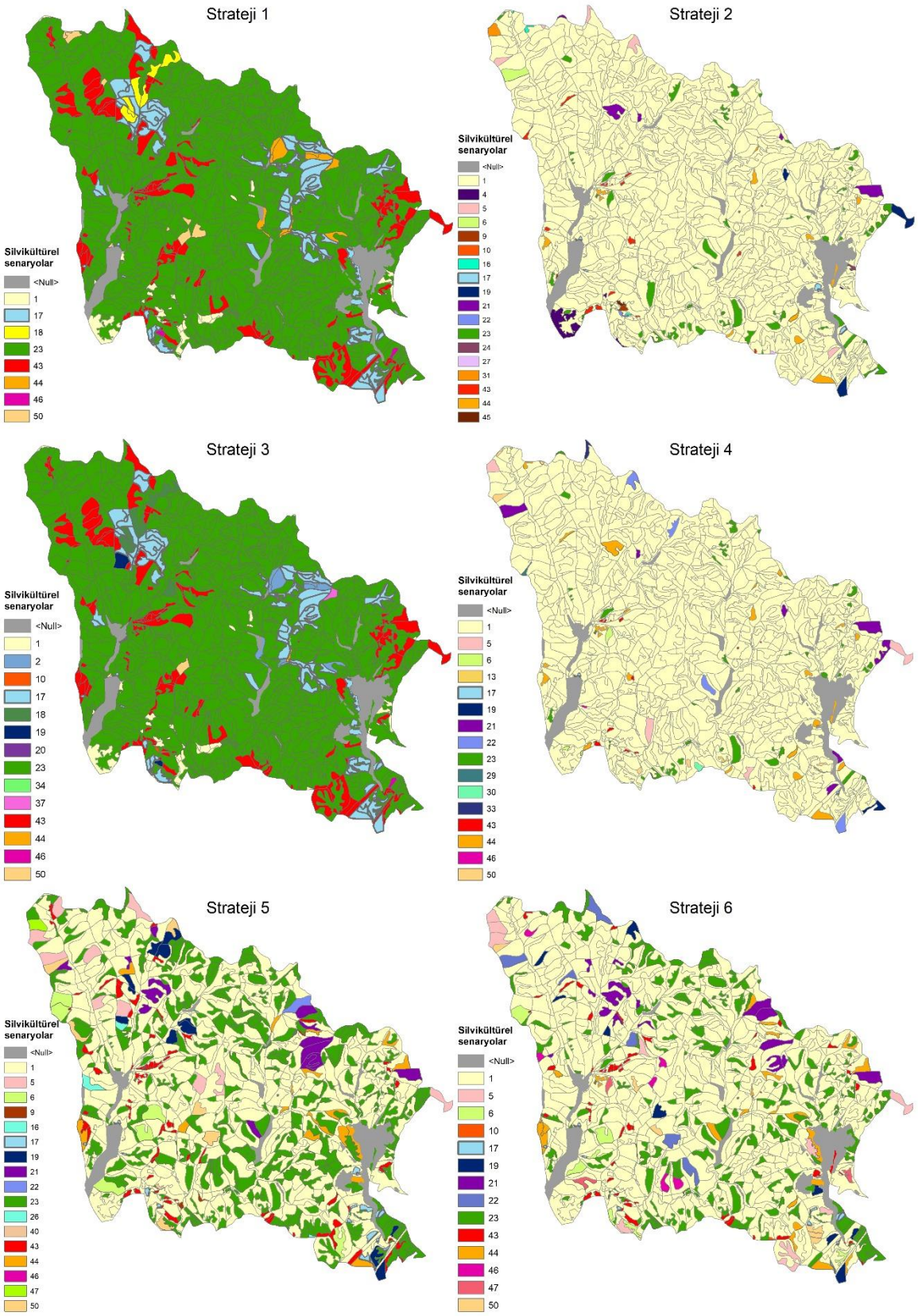
Atama problemi sonucunda her ne kadar meşcerelere beş ekosistem hizmeti atansa dahi, bu çalışmada planlama yaklaşımı yedi ekosistem hizmeti için yapılmıştır. Bu çalışmada 100 yıllık planlama ufkuna göre plan yapılmıştır. Ormanın dinamik bir yapıya sahip olduğundan ekosistem hizmetleri uygunluk değerlerinin 100 yıllık plan ufku içerisinde değişebileceği göz önünde bulundurulmuştur. Dinamik bir yapıya sahip olan ormanların planlanma aşamasında ekosistem hizmeti uygunluk değerlerinin değişmesi nedeniyle bir optimizasyon modeli kurulmuştur.

Optimizasyon modelinin çalıştırılması sonucunda 6 stratejiye göre elde edilen sonuçlar Şekil 4.26'da sunulmaktadır. Optimizasyon modeli çalıştırıldığında her bir strateji için uygun olan silvikültürel senaryolar seçilmektedir. Bu seçilen silvikültürel senaryolar Şekil 4.26'te her bir meşcere için harita üzerinde gösterilmektedir. Haritadaki renkli alanlar meşcereler için stratejilerin çözümü sonucunda seçilen silvikültürel senaryoları göstermektedir.

Strateji 1 sonuçlarına göre; 8 adet farklı silvikültürel senaryo seçilmekte ve bu senaryolar içerisinden en fazla 23 nolu senaryonun tercih edildiği görülmektedir. 23 nolu silvikültürel senaryo 100 yıllık plan ufku boyunca her periyotta %20 aralama yapılmasını öngörmektedir. Bu senaryoyu ikinci sırada 43 nolu silvikültürel senaryo takip etmektedir. 43 nolu senaryo ise 1. periyotta son hasılat kesimi yapılmasını ve 3. periyotta %10 ve 5. Periyotta %20 aralama yapılmasını öngörmektedir.

Strateji 2 sonuçlarına bakıldığında ise 18 adet senaryo seçilmekte ve neredeyse tüm meşcereler için 1 nolu silvikültürel senaryo uygun görülmektedir. 1 nolu senaryo 100 yıllık plan ufku boyunca ormana herhangi bir silvikültürel müdahaleyi öngörmemektedir. 1 nolu senaryoyu ise 23 nolu senaryo takip etmektedir.

Strateji 3 için 14 adet senaryo seçilmekte ve yine sırasıyla en fazla 23 ve onu takiben 43 ve 17 nolu senaryolar seçilmektedir. Senaryo 17 ise ilk periyotta son hasılat kesimi ikinci periyotta %20 aralamayı öngörmektedir. Strateji 4 için 16 senaryo seçilmiş ve sırasıyla en fazla 1, 23 ve 46 nolu senaryolar tercih edilmiştir. 46 nolu senaryo ikinci periyotta %20 üçüncü periyotta %10 ve dördüncü periyotta son hasılat kesimini öngörmektedir. Strateji 5 için 17 senaryo seçilmiş ve 1 ve 23 nolu senaryo yaklaşık olarak eşit bir şekilde seçilmiştir. Senaryo 6 için ondört silvikültürel senaryo seçilmiş ve 1 ve 23 nolu senaryo baskın olmakla birlikte en fazla 1 nolu senaryonun seçildiği görülmektedir (Şekil 4.26).

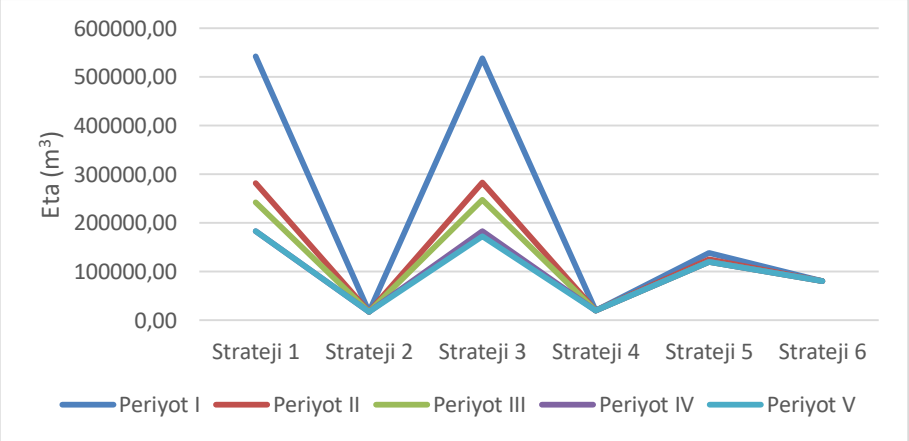



**Şekil 4.26:** Alternatif stratejik plan sonuçları.

Yukarıda seçilen silvikültürel senaryo sonuçlarına göre her bir strateji için, plan ünitesinin tamamında periyotlara göre toplam eta hesaplanmıştır. Her periyotta toplam odun üretimi miktarları Strateji 1 için 1,433,335 m³, Strateji 2 için 85,542 m³, Strateji 3 için 1,424,706 m³, Strateji 4 için 100,027 m³, Strateji 5 için 623,663 m³ ve Strateji 6 için 400,036 m³ olarak hesaplanmış ve Şekil 4.27'de gösterilmiştir. Stratejiler arasından en fazla odun üretimi 1 nolu stratejide elde edilmiştir. Aynı zamanda 1 nolu strateji en yüksek amaç fonksiyon değerine de sahiptir (Tablo 4.9).

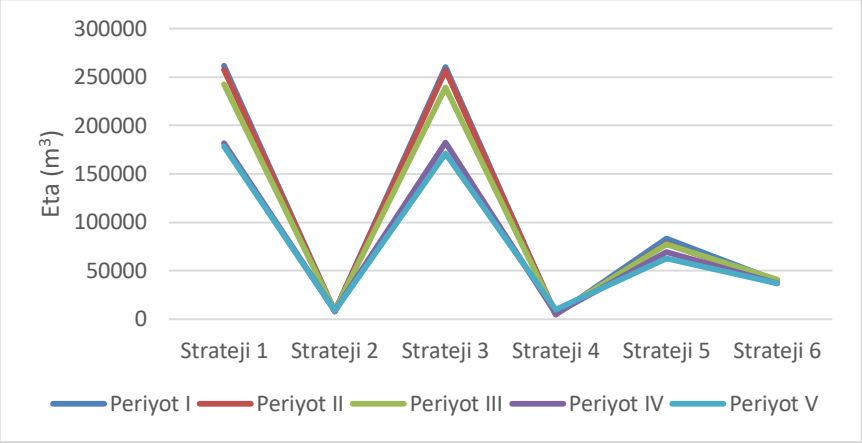
**Tablo 4.9:** Amaç Fonksiyonu değerleri.

| Strateji | Amaç fonksiyonu değeri |
|---|---|
| 1 | 112750.3723 |
| 2 | 110513.4542 |
| 3 | 112750.106 |
| 4 | 110473.5711 |
| 5 | 111625.1251 |
| 6 | 111204.139 |



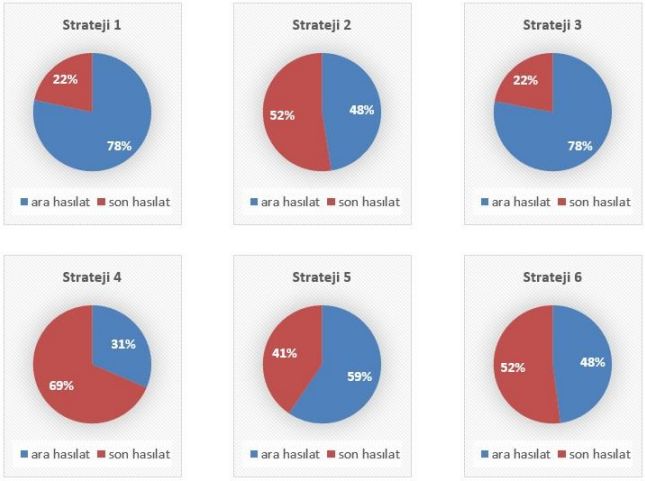

**Şekil 4.27:** Her strateji ve periyotta elde edilen toplam eta miktarları.

Ara hasılattan elde edilen odun miktarları Strateji 1için 1,122,788 m³, Strateji 2 için 40,636 m³ Strateji 3 için 1,110,666 m³ Strateji 4 için 31,454 m³, Strateji 5 için 370,802 m³ ve Strateji 6 için 191,747 m³ olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.28). En fazla ara hasılat 1 ve 3 nolu stratejiden elde edilmiştir.

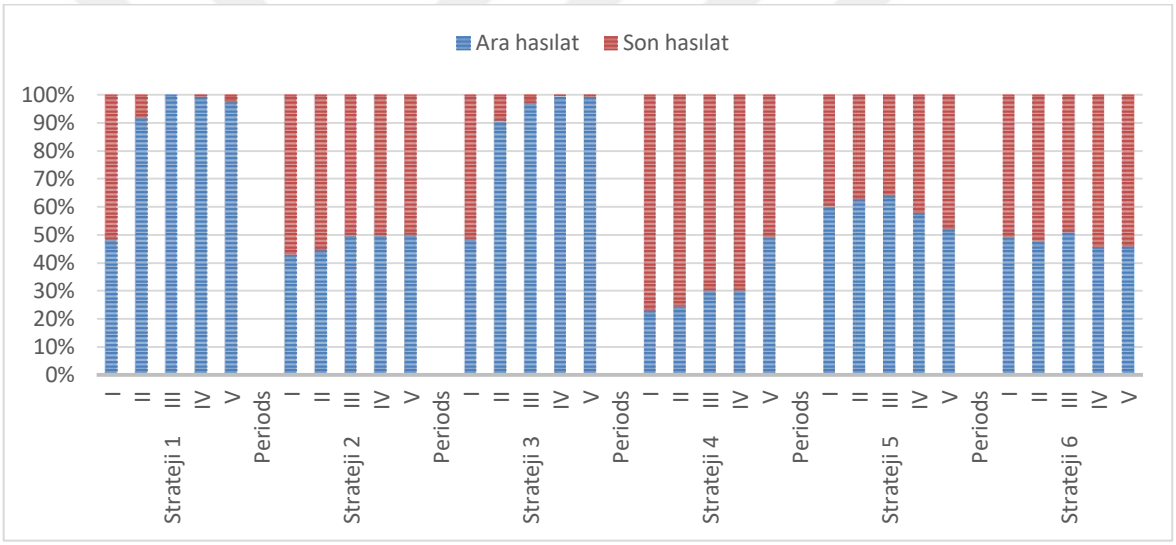



**Şekil 4.28:** Her strateji ve periyotta elde edilen ara hasılat etası miktarları.

Şekil 4.29 her strateji için ara ve son hasılattan elde edilen odun üretiminin yüzde olarak dağılımını göstermektedir. Buna göre Strateji 1 ve Strateji 3'de sonucunda elde edilen toplam odun üretimlerinin %78'si ara ve %22'i son hasılattan elde edildiği görülmektedir. Strateji 2 ve Strateji 6 sonucunda toplam odun üretiminin %'48'nin ara ve %52'nin son hasılattan elde edildiği görülmektedir. Strateji 4'de toplam odun üretiminin %69'nun son hasılattan %31'nin ara hasılattan elde edildiği görülmektedir. Son olarak Strateji 5'te ise odun üretiminin %59'nun son hasılattan %41'nin ara hasılattan elde edildiği görülmektedir. Şekil 4.30'de, yığılmış çubuk grafik, her senaryo için her periyottaki ara ve son hasılat miktarlarının yüzdesini göstermektedir. Stratejilerde, hasılatın büyük çoğunluğunun aralamalardan sağlandığı görülmektedir. Strateji 2, 4 ve 6 için her periyot için hem ara hem son hasılattan elde edilen odun miktarları yaklaşık olarak eşittir (Şekil 4.30). Strateji 1 ve 3'e göre, her periyotta hem son hasılat hem ara hasılattan elde edilen odun miktarları her periyotta farklı hasılat seviyelerine sahiptir (Şekil 4.30). Her periyottaki hem ara hem son hasılattan elde edilen odun miktarlarındaki en yüksek dalgalanmalar Strateji 1 ve 3'de görülmektedir (Şekil 4.30).

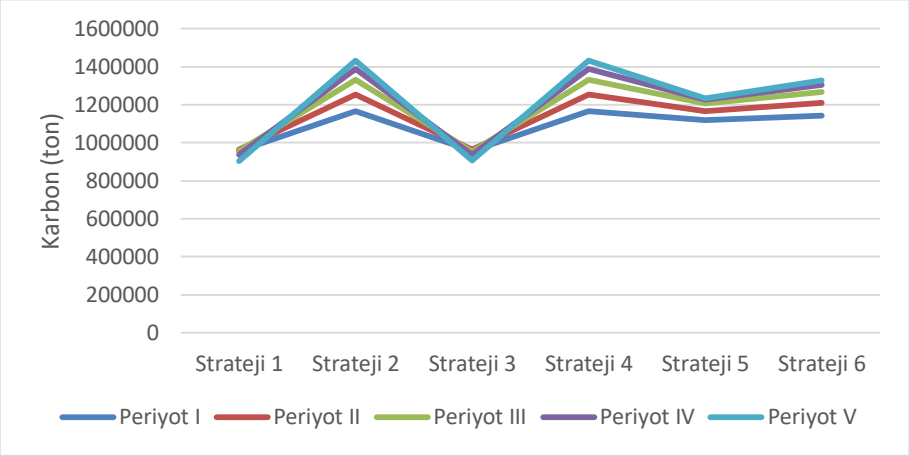



**Şekil 4.29:** Stratejilere göre ara ve son hasılattan elde edilen odun üretiminin yüzde olarak dağılımı.



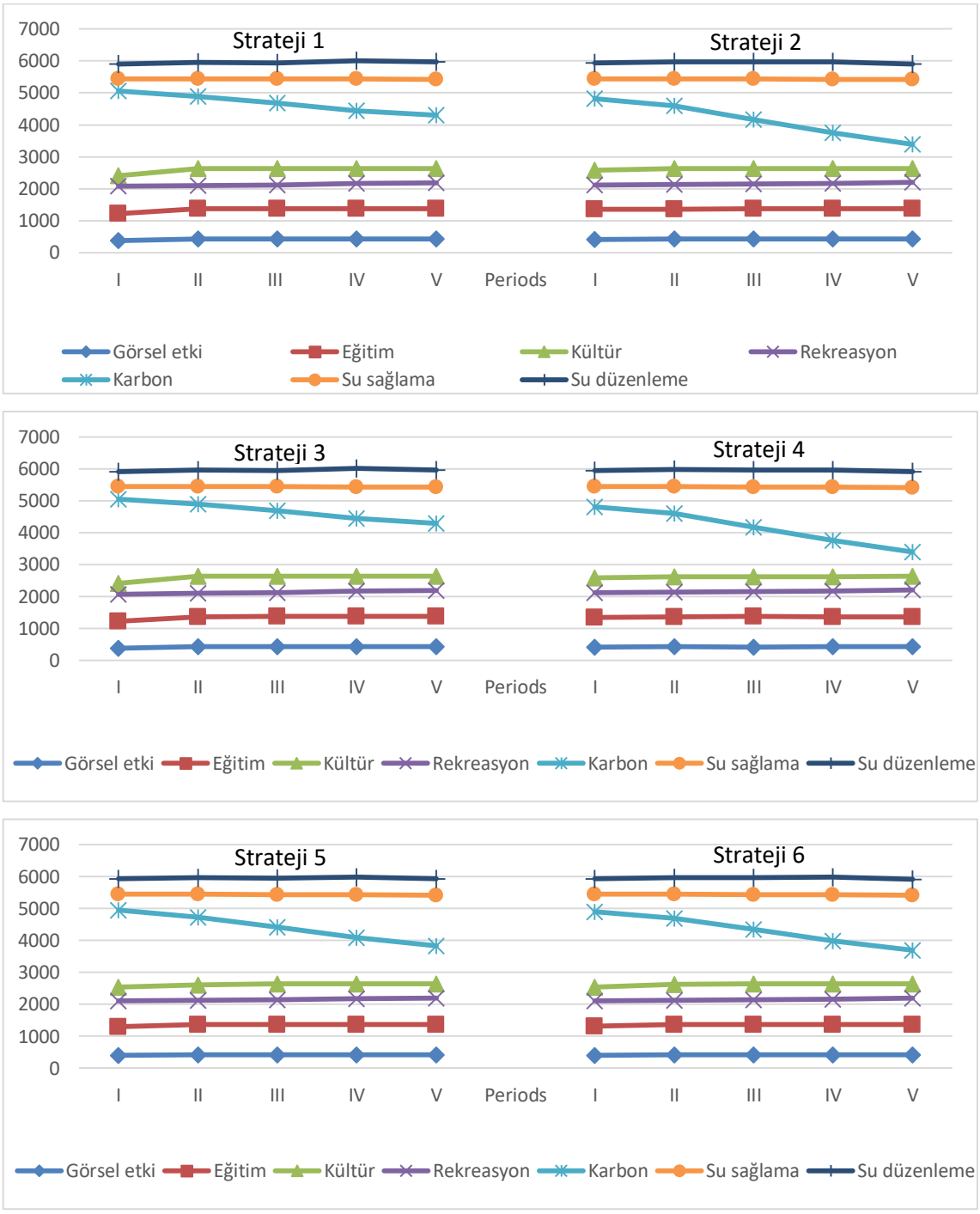

**Şekil 4.30:** Aralama ve son hasılat kesimlerinin her strateji ve periyota göre yüzde olarak dağılımı.

Planlama süresi boyunca her strateji için toplam karbon depolama miktarları hesaplanmıştır Bu miktarlar sırasıyla, Strateji 1 için, 4,718,974.6 ton, Strateji 2 için 6,574,804.2 ton, Strateji 3 için 2, 4,725,098.4 ton, Strateji 4 için 6,572,149.3 ton, Strateji 5 için, 5,951,327.4 ton ve Strateji 6 için 6,251,265.1 ton olarak Şekil 4.31'de gösterilmektedir. Stratejilere göre elde edilen karbon depolama miktarları ile toplam odun üretim miktarlarının ters orantılı olduğu görülmektedir. Başka bir ifadeyle toplam odun üretim miktarı düştüğünde doğal olarak karbon depolama miktarının arttığı görülmektedir (Şekil 4.31).




**Şekil 4.31:** Stratejilere göre karbon depolama miktarları.

Ekosistem hizmetlerinin planlanması yaklaşımıyla ilişkili model çıktıları, her ne kadar odun üretimi elde edilmesine odaklansa bile, bunlara ilaveten yedi farklı ekosistem hizmetinin uygunluk değerlerine karşılık gelen sonuçları da içermektedir. Şekil 4.32'deki, çizgi grafiği ekosistem hizmetlerinin her periyottaki uygunluk değerlerini göstermektedir. Su düzenleme hizmeti, tüm ekosistem hizmetleri arasında hem periyotlara hem de stratejilere göre en yüksek uygunluk değerine sahiptir. Bu nedenle çizgi grafikte en üstte gösterilmektedir. Su düzenleme, su sağlama, kültür, rekreasyon, görsel etki ve eğitim/bilim ekosistem hizmetlerinin değerlerinde hem senaryolar hem de periyotlar arasında fazla dalgalanma görülmemektedir. Ancak Karbon ekosistem hizmeti uygunluk değeri hem senaryolar hem de periyotlar arasında en yüksek dalgalanmaya sahiptir. Bu durum ise karbon ekosistem hizmetinin hesaplanmasında kullanılan hacim değişkeninin senaryolara göre farklılaşmasından kaynaklanmaktadır.




**Şekil 4.32:** Stratejilere göre her periyottaki ekosistem hizmetleri değerleri.

# 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Orman planlamasına katılımcı yaklaşımın entegre edilmesi sürecinde, çoğunlukla çelişkili menfaatleri olan çok sayıda paydaş bulunmaktadır. Bu durum planlama açısından karar sürecinde karmaşıklıklara neden olmaktadır. Katılımcı planlama ile çok kriterli karar analizlerinin bütünleştirilmesi bu karmaşık durumlarla başa çıkma konusunda çözüm sunan bir yaklaşımdır. Bu çalışmanın amaçlarından biri, çok kriterli karar vermenin ve grup karar vermenin katılım sürecini nasıl etkilediğine odaklanan hibrit (melez) bir yaklaşımı irdelemektir.

Bu çalışmada ele alınan katılımcı süreçte, kararların oluşturulmasında iki ayrı yönteme odaklanılmıştır. Birincisi bireysel paydaş tercihlerinin toplu grup tercihi haline getirildiği katılımcı, çok kriterli karar verme ve grup karar verme sürecinin parçaları üzerine odaklanılmıştır. Birden fazla amacı tercih eden paydaşlar çok amaçlı fonksiyonel planlamada karar verme sürecini iyileştirmek için gereklidir. Bu nedenle katılımcı ve hibrit yaklaşımlar özellikle son dönemlerde önem kazanmaktadır. İkinci olarak, birden fazla ekosistem hizmetinin dikkate alınmasının yanı sıra analitik değerlendirme talep eden katılımcı görüşlerine odaklanılmaktadır. Bu ekosistem hizmetleri dört ana başlık altında toplanmakta ve tedarik, düzenleme, kültürel ve destekleyici hizmetleri kapsamaktadır. Bazı tedarik ve kültür hizmetler, yönetilmesi daha somut olup, örneğin çok kriterli karar verme ve optimizasyon teknikleri ile birlikte ele alınarak değerlendirilebilmektedir. Buna karşılık, düzenlenme ve destek hizmetlerinin pratikte sınırlarının belirlenmesi zor olabilmekte ve paydaşların sürece dâhil edilmesi çözüm olanaklarını artırmaktadır. Bu nedenle, birden çok katılımcının tercihlerini içeren bir paydaş analizi, ekosistem hizmetlerinin değerlendirilmesi için çok önemlidir. Bu durum çok kriterli karar verme ve grup karar vermenin birlikte ele alınarak çözüm üretilmesinde de kolaylık sağlamaktadır.

Bu çalışmada çok kriterli karar verme ve grup karar verme tekniklerinin katılımcı ormancılık planlama sürecine entegre edildiği hibrit bir yaklaşım Belgrad Ormanı özelinde incelenmiştir. Bu süreçte hem paydaş değerleri sürece dâhil edilmiş hem de grup tercihleri bir bütün olarak ele alınmıştır. Bireysel tercihleri toplamak için Delfi yöntemi, grup tercihlerini toplamak için Analitik Hiyerarşi Süreci kullanılmıştır. Sonuçlar, çok kriterli karar vermenin katılımcı planlamaya entegrasyonunun Belgrad Ormanı planlama sürecini yapılandırmasına yardımcı olduğunu ve karar vermede belirli bir şeffaflık sağladığını göstermektedir. Buna ek olarak, çok

kriterli karar verme, çıkarların birbirine göre dengelenmesiyle kararların kalitesinin ve paydaşların memnuniyetinin artmasını sağlamıştır.

## 5.1. BELİRLENEN EKOSİSTEM HİZMETLERİ İÇİN UYGUN ALANLARIN HARİTALANMASI SÜRECİ

Eğitim/bilim, su düzenleme, su sağlama, karbon, rekreasyon ve görsel etki ekosistem hizmetleri konusunda literatür araştırması yapılarak yaygın kullanılan kriterler belirlenmiştir. Bu çalışmada her ekosistem hizmeti için formüle ettiğimiz ve belirlediğimiz kriterlere göre uygunluk değerleri oluşturulmuştur. Belgrad Ormanı'nın eğitim/bilim, su düzenleme, su sağlama, karbon, rekreasyon ve görsel etki ekosistem hizmetleri potansiyellerinin haritalanması için analitik hiyerarşi süreci uygulandığı şeffaf bir metodolojiden yararlanılmıştır.

Bir ekosistem hizmeti için yüksek potansiyele sahip alanları tanımlamada farklı sınıflandırma yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden en yaygın kullanılanlar; en zengin hücreler (a top richest cells), kümeleme (cluster) ve eşik (threshold) yöntemleridir (Schröter ve Remme, 2016). Çoğu araştırmacı tarafından, ekosistem hizmetlerinin uygun alanlarının belirlenmesi için bu sınıflandırma yöntemlerini kullanmaktadır (Schröter ve Remme, 2016). Bu çalışmada, tüm ekosistem hizmetleri için bir çeşit kümeleme yöntemi olan Jenks Natural Breaks yöntemi kullanılarak en uygun alanlar tanımlanmıştır. Kümeleme yöntemi ile alanlar düşük, orta ve yüksek olmak üzere üç uygunluk sınıfına ayrılmıştır. Ancak, sınıf sayısının seçimi ve en uygun alanın ne olduğu konusunda literatürde bir fikir birliği bulunmamaktadır (Schröter ve Remme, 2016). Bu belirsizliklerin çözümü karar vericinin inisiyatifine bırakılmakta ve bu durum karar vericiyi sezgisel davranmaya zorlamaktadır.

Ananda ve Herath (2009) ve Kangas (1994) yaptıkları çalışmalarda, çelişkili ve çoklu amaçlar söz konusu olduğunda analitik hiyerarşi sürecinin orman planlamasında uygun bir teknik olduğunu belirtmişlerdir. Bu nedenle bu çalışmadaki ilk problemin çözümünde analitik hiyerarşi süreci tekniklerinden yararlanılmıştır. Aşağıdaki kısımlarda her bir ekosistem hizmetinin analitik hiyerarşi süreci kullanılarak elde edinilen uygunluk değerleri tartışılmıştır.

### 5.1.1. Eğitim/Bilim ve Kültür Hizmeti

Bu çalışmada eğitim/bilim ve kültür ekosistem hizmetlerinin potansiyelinin tanımlanmasında literatürde yaygın kullanılan kriter setleri yerine sınırlı sayıda uzman ile yapılan istişareler

sonucunda belirlenen kriterlere göre uygunluk puanları belirlenmiştir. Böylece uygunluk değerleri belirlemek için kriterlerin ağırlıklandırılması yerine, belirlediğimiz kriterlere puan atanmıştır. Bu çalışmada bu durum eksiklik olarak değerlendirilmektedir. Ancak bu durumun oluşmasındaki temel neden olarak bu doktora çalışmasının kapsamının genişlemesi gösterilebilir. Çünkü literatürde bulunan kriterlerin derlenmesi ve analiz edilmesi süreci yüksek lisans tezi düzeyinde bir çalışmayı gerektirmektedir. Aynı zamanda eğitim/bilim ve kültür ekosistem hizmeti için kategorilere ayırmak, tanımlamak, korumak, değer vermek ve yönetmek için araçlar, kavramlar ve çerçevelerin kullanımına ihtiyaç duyulmaktadır. Çünkü bu hizmetlerin ekosistem ile ilişkilendirilmesinde değer üretilirken ya da bu ekosistem hizmetlerine göre orman işletilirken çeşitli zorluklar yaşanmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada pratik bir yol olarak uygunluk puanları hesaplamak yerine uygunluk puanları belirlenmiştir.

Bu çalışma ile Belgrad Ormanı'ndaki meşcerelerin %9.2'sinin yüksek eğitim potansiyeline ve %22.4'ünün yüksek kültür hizmeti potansiyeline sahip olduğu ortaya koyulmuştur.

### 5.1.2. Su Düzenleme ve Su Sağlama Hizmeti

Çalışma alanı olarak orman planlama çalışmalarında plan ünitesi sınırları dikkate alınmaktadır. Bu çalışmada Belgrad Ormanı'nın üç işletme şefliği sınırları dikkate alınmıştır. Ancak uzmanlar özellikle su düzenleme ve su sağlama ekosistem hizmetleri için potansiyel belirleme çalışmalarının ve analizlerinin havza bazında yapılmasını önermektedirler. Çünkü bu ekosistem hizmetleri için tanımlanan ya da ölçülen kriterler havzanın tamamını ilgilendiren özellikleriyle (şekli, büyüklüğü vb.) ilgilidir. Bu çalışmada orman amenajman planlamasında orman sınırları dikkate alındığı için havza sınırları dikkate alınmamıştır. Bu nedenle bu ekosistem hizmetlerinin tanımlanması açısından bir eksiklik olarak değerlendirilebilir. Ancak orman amenajman planları havza bazında yapılmamaktadır. Bunun temel nedeni ise havza bazında yapılan çalışmalarda tarım ve mera gibi diğer arazi kullanımlarının da çalışma alanı sınırlarına dâhil edilmesidir. Bu eksikliğin avantaja çevrilmesi için planlamanın peyzaj seviyesinde (landscape level: diğer arazi kullanımlarını dikkate alan) yapılması ve multidisipliner olması tavsiye edilmektedir.

Su sağlama ve su düzenleme ekosistem hizmetleri için literatür incelendiğinde beş kriter (bitki örtüsü, alan kullanımı, toprak, yükseklik ve yağış) hem su sağlama hem de su düzenleme ekosistem hizmetlerinin değerlendirilmesinde ortak kriter setleridir. Ancak bu çalışmada her iki

ekosistem hizmetinin değerlendirilmesinde oniki adet ortak kriter uzmanlar tarafından önerilmiştir. Ancak bu çalışmada hem su düzenleme su sağlama hizmetinin değerlendirilmesinde ortak kriter olan yükseklik kriteri dikkate alınmamıştır. Yükseklik değiştikçe yağış miktarı da değişmekte ve yüksek kısımlar daha fazla yağış almaktadırlar (Nedkov ve Burkhard, 2012). Bu nedenle birçok çalışmada su sağlama ve düzenleme ekosistem hizmetleri için yükseklik doğrudan kullanılmıştır. Ancak bu çalışmada yükseklik dolaylı yönden kullanılmıştır. Örneğin yağış ve sıcaklık kriterinin meşcerelere göre değerlendirilmesinde yükseklik verisinden yararlanılmıştır.

Su düzenleme ekosistem hizmeti uygunluk puanları düşük 0.491-0.556, orta 0.557-0.775 ve yüksek 0.776-0.865 olarak, su sağlama ekosistem hizmeti uygunluk puanları, düşük 0.717-0.759, orta 0.760-0.798 ve yüksek 0.799-0.923 olarak gruplandırılmıştır. Belgrad Ormanı su sağlama ekosistem hizmeti için uygunluk puanı olarak en yüksek değerleri almıştır. Ancak bunlar düşük orta ve yüksek olarak sınıflandırıldıklarında, su sağlamak için uygun olan alanlar açısından ormanın yalnızca %1.5'i yüksek uygunluk puanına sahip olmaktadır. Örneğin su düzenleme ekosistem hizmeti için 0.780 puan alan bir meşcere yüksek uygunluk sınıfına girerken aynı meşcere su sağlama ekosistem hizmeti için orta uygunluk sınıfına dâhil olmaktadır. Bu çalışmada Jenk Natural Breaks yöntemi kullanılarak düşük orta ve yüksek uygunluk sınıfları belirlenmiştir. Bu yöntemle bir ekosistem hizmeti tek başına uygunluk seviyelerine ayrılırken bir sorun olmamaktadır. Ancak birden fazla ekosistem hizmetinin söz konusu olduğu bu çalışmada bir meşcerenin birden fazla uygunluk değeri alması ekosistem hizmetlerinden benzer uygunluk değerlerinin alınmasına sebep olmaktadır. Bu durumun aşılması için literatürde ödünleşmeler ile çözüm önerilmektedir. Bu çalışmada bu ödünleşmeleri çözmek için atama modeli geliştirilmiştir. Bu gerekçelerden dolayı uygunluk puanları belirlendikten sonra puan değerlerinin gruplandırılması yerine amaç doğrultusunda ekosistem hizmeti atama problemleri geliştirilmelidir.

Çalışma alanına yakın olarak dört meteoroloji istasyonu verileri alınmıştır. Ancak bu verilerden yalnızca iki istasyona ait veriler kullanılmıştır. Bunu nedeni ise iptal edilen iki meteoroloji istasyonunun Bahçeköy meteoroloji istasyonuna çok yakın olmasıdır. Çünkü istasyonların birbirine yakın olması dolaylı olarak ArcGIS ile yapılan analiz ve enterpolasyon işlemlerinde hatalı sonuçlar oluşmasına neden olmuştur.

Su sağlama ekosistem hizmeti için yüksek uygunlukta olan alanlar ile su düzenleme ekosistem hizmeti için yüksek uygunlukta olan alanlar karşılaştırıldığında birbirlerinin tam aksi olan alanlarda coğrafi olarak konumlanmışlardır. Bunun temel nedeni ise su düzenleme ve su sağlama ekosistem hizmetleri potansiyelini belirlemek için aynı kriterlerin farklı ağırlıklara sahip olmalarıdır. Örneğin su düzenleme ekosistem hizmeti için ormanlık alanlar daha fazla ağırlığa sahipken, su sağlama açısından ise otlak alanlar daha fazla ağırlığa sahip olmaktadır.

Bu çalışma ile Belgrad Ormanı'ndaki meşcerelerin %82.8'inin yüksek su düzenleme potansiyeline ve %1.5'inin yüksek su sağlama potansiyeline sahip olduğu ortaya koyulmuştur.

### 5.1.3. Karbon Hizmeti

Bu çalışmada, depolanmış karbon, yıllık depolanan karbon, alan kullanımı ve alan büyüklüğü gibi kriterler literatür bilgileri ve uzmanlarla yapılan görüşmeler sonucu belirlenmiş ve meşcerelerin karbon uygunluğunu belirlemek için kullanılmıştır. Yıllık depolanan karbon ve depolanmış karbon kriterlerinin karbon uygunluğunu belirlemek için alan kullanımı ve alan büyüklüğü kriterlerine göre daha önemli olduğu sonucuna varılmıştır. Bunun nedeni ise uzmanların çalışma alanını iyi bilmeleri ve kriterleri buna göre ağırlıklandırmalarıdır. Bölgedeki meşcereler oldukça küçük (ortalama meşcere büyüklüğü 5 ha) olduğundan, alan büyüklüğü kriteri sonucu büyük ölçüde etkilememiştir. Biyokütlenin artması karbon uygunluğuyla ilişkili olması muhtemeldir. Çünkü karbon havuzlarına girdi olarak katkıda bulunmaktadır ve dolayısıyla depolanmış karbon uygunluğu normalize değerleri ile tüm kriterlerden elde edilen karbon uygunluk değeri benzerlik göstermektedir. Daha büyük bir alana sahip meşcereler daha büyük bir biyokütleye sahip olabilir, ancak bu her zaman böyle olmayabilir ve meşcere sıklığı değiştikçe bu değer değişecektir. Bu çalışmada değerler normalize edilerek hesaplama yapıldığından alan büyüklüğü kriterinin karbon uygunluk puanı üzerindeki etkisi minimum olmaktadır. Dolayısıyla alan büyüklüğü kriterinin karbon uygunluk hesaplarında ihmal edilebilir olduğu değerlendirilmektedir. Alan kullanım kriteri ise karbon uygunluğu ile ilişkilidir, çünkü genç ve yaşlı meşcerelerde karbon depolama potansiyelleri değişmektedir. Örneğin genç meşcereler karbon depolama açısından yaşlı meşcerelere kıyasla daha yüksek potansiyele sahiptirler.

Karbon depolamaya uygun alanların planlanması ve önceliklendirilmesi iklim, doğanın korunması ve dolaylı olarak insanlık için önemlidir. Bunu desteklemenin bir yolu, karbon

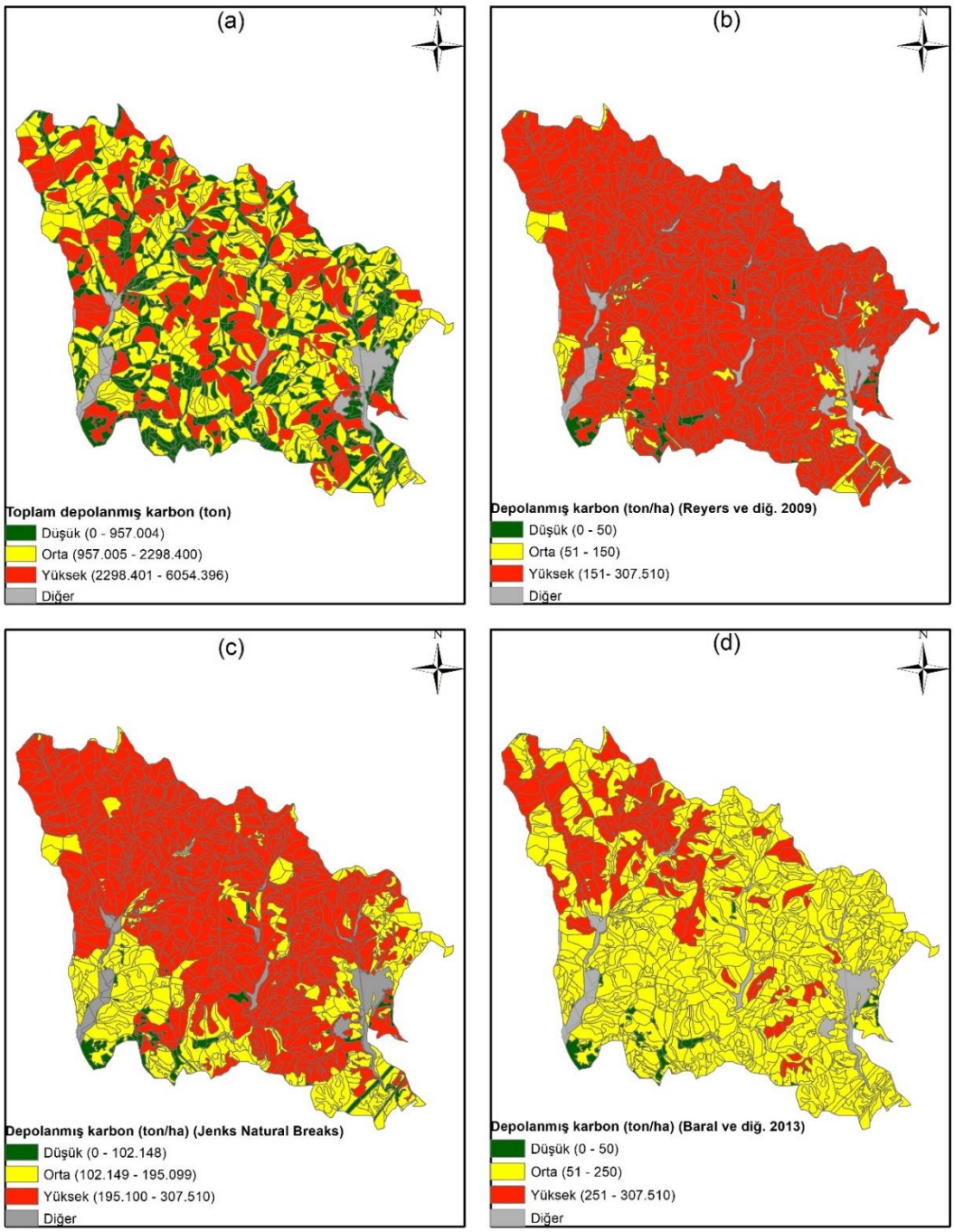
uygunluk haritaları üretmektir. Bu haritalar üretilirken uluslararası formül ve denklemlerden yararlanılır. Birleşmiş milletler iklim değişikliği çerçeve sözleşmesi (UNFCCC), Kyoto Protokolü ve Avrupa parlamentosunun 841 sayılı yönetmeliği (EU/2018/841) gibi iklim anlaşmaları ulusal düzeyde yapılmaktadır. Bu belirlenen ulusal politikaları yaymak ve yürütmek için bölgesel ve yerel ölçekte karbon uygunluk haritalarından yararlanılabilir. Bu çalışmada IPCC ve FRA tarafından geliştirilen uluslararası denklemler kullanılmış ve yerel ölçekte sonuçlara yansıtılmıştır.

Bu çalışmada örnek alanlardan elde edilen amenajman planı verilerinden yararlanılmıştır. Bu veriler mevcut meşcerelerin hacim ve artımlarının belirlenmesine yönelik yapılan envanter çalışmalarından alınmıştır. Ancak karbon uygunluk haritası elde etmek için literatürde tanımlanan diğer kriterlerin kullanılmasına da ihtiyaç duyulmaktadır. Bu farklı kriterleri kullanacağımız modeller geliştirilebilmesi için farklı verilerin toplanması gerekmektedir. Yukarıdaki 3.2.2.3 numaralı bölümde bahsedilen karbon uygunluk kriterlerinin değerlendirmelerde kullanılabilmesi için detaylı envantere ihtiyaç duyulmaktadır. Başka bir ifade ile daha detaylı bir envanter çalışması yapılmış olsaydı; örneğin meşcerelerdeki ağaçlar için modeller geliştirilebilir ve farklı girdilerin dikkate alındığı denklemler kullanılabilirdi. Bu çalışma ile Belgrad Ormanı'ndaki meşcerelerin %65'inin yüksek karbon tutma potansiyeline sahip olduğu ortaya koyulmuştur.

Belgrad Ormanı'nda yer üstü ve yer altı biyokütlede, ölü odunda, ölü örtüde ve toprakta yaklaşık 1,2 milyon ton karbon depolanmaktadır. Bu toplam depolanmış karbon miktarı karbon uygunluk sınıflandırmasında kullanılabilmektedir. Karbon uygunluğunun haritalanması sonuçlarını karşılaştırmak için normalizasyon kullanmadan ve yalnızca depolanmış karbon miktarlarına göre sınıflandırma yapan çalışmalar incelenmiş ve karşılaştırma yapılmıştır. İlk olarak elde ettiğimiz toplam karbon değeri üzerinden bir uygunluk haritası yapılmıştır. Bu haritada toplam depolanmış karbon miktarı (ton C) Jenks natural break sınıflandırması kullanılarak; düşük (0-957.004), orta (957.005-2298.400) ve yüksek (2298.401-6054.396) (ton C) olarak sınıflandırılmıştır. Sonuç olarak karbon için yüksek uygun olan alanların tüm yönlerde dağıldığı görülmektedir (Şekil 5.1a). Reyers ve diğ. (2009) hektarda depolanmış karbon miktarlarına göre ormanlık alanları üç kategoriye ayırmaktadır; 0-50, 50-150 ve 151-250 (ton C $ha^{-1}$). Benzer şekilde Baral ve diğ. (2013) hektarda depolanmış karbon miktarlarını;

düşük <50, orta 50–250 ve yüksek >250 ton C $ha^{-1}$ karbon depolama potansiyeli olarak üç sınıfa ayırmıştır. Daha sonra, Reyers ve diğ. (2009) tarafından yapılan sınıflandırmalar dikkate alınarak ve bu çalışmada hesaplanan hektardaki depolanmış karbon miktarları sınıflandırılmıştır. Alanın çok büyük bir kısmı karbon ekosistem hizmeti için yönetilme açısından yüksek uygunlukta çıkmıştır (Şekil 5.1b). Aynı zamanda hektardaki depolanmış karbon miktarı ArcGIS-Jenks Natural Breaks sınıflandırması kullanılarak uygunluk haritası üretilmiştir (Şekil 5.1c). Bu sınıflandırmaya göre düşük (0-102.148), orta (102.149-195.099) ve yüksek (195.100-307.510) (ton C $ha^{-1}$ ) karbon uygunlukları belirlenmiştir (Şekil 5.1c). Sonuçlar, karbon uygunluğu açısından alanların % 71'inin yüksek, % 26'sının orta ve % 2'sinin düşük uygunlukta olduğunu göstermiştir (Şekil 5.1c). Aynı zamanda Baral ve diğ. (2013) tarafından yapılan sınıflandırmaya göre hektardaki depolanmış karbon miktarları sınıflandırılmış ve alanın yaklaşık %60'ı orta uygunluk seviyelerinde çıkmıştır (Şekil5.1d).

Hektardaki depolanmış karbonun Jenks Natural Breaks sınıflandırılmasına göre elde edilen sonuç (Şekil 5.1c) ve dört kriter (depolanmış karbon, yıllık depolanan karbon, alan büyüklüğü ve alan kullanımı) puanları ile elde edilen karbon uygunluk sonuçları büyük ölçüde birbirleri ile benzerlik göstermektedir. Bununla birlikte karbon uygunluk sonuçları, uzman görüşlerinin öznel katkılarının bir sonucunu sunmaktadır. Şekil 5.1c'de ağırlıklı sonuçlar, puanlar ve uzman görüşü bulunmamaktadır. Bu nedenle, hektardaki depolanmış karbon kriteri değeri (ton $ha^{-1}$), arazi kullanımının çok farklı olmadığı durumlarda karbon uygunluğunun haritalanması için tek başına kriter olarak kullanılabilir.




**Şekil 5.1:** Depolanmış karbon miktarına göre karbon uygunluk haritaları: ArcGIS'de Jenks Natural Breaks sınıflandırmasına göre toplam depolanmış karbon miktarının (ton) sınıflandırılması (a) ve Reyers ve diğ. (2009)'in sınıflandırmasına göre depolanmış karbon miktarının (ton $ha^{-1}$) sınıflandırılması (b) Jenks Natural Breaks sınıflandırmasına göre depolanmış karbon miktarının (ton $ha^{-1}$) sınıflandırılması (c), Baral ve diğ. (2013)'nin sınıflandırmasına göre depolanmış karbon miktarının sınıflandırılması.

Karbon uygunluğunun haritalanması önemlidir ve uygun bölgelerin tespit edilmesine dayalı olarak alan belirleme algoritmaları ve haritalamaları için çeşitli yöntemler mevcuttur. Bu

çalışmada elde edilen sonuçlar farklı çalışmalarla (Baral ve diğ., 2013, Reyers ve diğ., 2009) test edilmiştir. Reyers ve diğ. (2009) ve Baral ve diğ. (2013) tarafından yapılan sınıflandırılmalarda hektardaki depolanmış karbon kriteri kullanılmakta ancak sınıfların değer aralıkları değiştiği için uygun alanların yüzdeleri de değişmektedir. Bu nedenle bu çalışmada uygulanan normalize edilmiş uygunluk puanları ve Jenks Natural Breaks sınıflandırmasına göre kategorilere ayıran yaklaşımın daha duyarlı olduğu söylenebilir.

Her meşcerenin karbon uygunluğunu tanımlamak için kriterleri belirlerken ve ağırlıklandırırken uzman bilgisinin yararlı olduğu bu çalışmada varsayılmıştır. Bu nedenle, bu çalışmada kriterlerin ağırlıkları ikili karşılaştırma kullanılarak uzman görüşlerine göre belirlenmiştir.

Karbon uygunluğu hesaplanırken kullanılan veriler ile ilgili bazı eksiklikler mevcuttur. Depolanmış karbon miktarı hesaplanırken toprak altı biyomas kök sak oranına ve ölü odun miktarı ise dikili gövde hacminin yüzdelik (%1) oranına göre hesaplanmaktadır. Ayrıca, toprak organik karbonu plan ünitesi için sabit bir değer olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle, bu değişkenler için daha ayrıntılı ve alana özgü verilerin üretilmesine ihtiyaç bulunmaktadır.

Alan kullanımı kriteri için alan kullanımının zamansal değişiminin bilinmesi ve bunun sonucunda çalışmaya dâhil edilmesi sonuçların duyarlılığı açısından önemlidir. Alan kullanımının zaman içerisinde değişmesi karbon salınımı ile bağlantılıdır (Van Der Werf ve diğ., 2009). Örneğin alan kullanım değişiminden sonra toprak organik karbon salınımı havuz sabit bir duruma gelene kadar uzun süre devam edebilir (Smith, 2014). Ancak bu çalışmada ve literatürde alan kullanım değişimi kriter olarak değerlendirilmemiştir.

### 5.1.4. Rekreasyon ve Görsel Etki Hizmeti

Geniş bir kriter havuzuna sahip olan rekreasyon uygunluğu için en önemli kriter, görsel etki olarak değerlendirilmektedir. Bu kriter literatürde görsel güzellik, görsel çekicilik (scenic attractiveness), peyzaj kalitesi (landscape quality), görsel kalite (visual quality) veya estetik (aesthetics) olarak da tanımlanmaktadır. Bazen, görsel etkinin algılanması, rekreasyonel aktiviteler üzerinde olumlu etkilere sahip en önemli faktörlerden olan su mevcudiyeti ve miktarı ile ilişkilendirilebilmektedir (Hammitt ve diğ., 1994, Paracchini ve diğ., 2014). Araştırmacılar görsel etkiyi rekreasyon alanlarının belirlenmesinde önemli bir kriter olarak görmektedir. Öyle ki görsel etki, bazı çalışmalarda kendi başına ayrı bir özellik olarak ele alınmaktadır. Örneğin

Arriaza ve diğ. (2004), Bulut ve Yilmaz (2008) ve Clay ve Daniel (2000) çalışmalarında fotoğrafları görsel etki değerlendirmesi için kullanmışlardır. Blasco ve diğ. (2009) birçok kritere göre görsel etkinin değerlendirilmesi için meşcerelerin fotoğraflarını inceleyerek ve uzman görüşünden yararlanarak ikili karşılaştırma yöntemi uygulamıştır. Schirpke ve diğ. (2013) dağlık alanların görsel etkilerini dolaylı olarak fotoğraflardan belirleyebilmek için bir noktadan görülebilecek peyzajı belirlemiştir. Vizzari (2011) görsel etki değerlendirmesi için görsel etki noktalarına verilen puanlarla bir "*kernel density*" analizi yapmak için coğrafi bilgi sistemleri, analitik hiyerarşi süreci ve görsel etkiyi bir arada kullanmıştır. Pozitif insan etkileri görsel etki değerlendirmesinde arzu edilmektedir. Ancak negatif insan etkileri bu değerlendirme üzerinde olumsuz bir etkiye sahiptir (Kienast ve diğ., 2012). Bu çalışmada, görsel etki GPS koordinatlarının, fotoğrafların, analitik hiyerarşi süreci, coğrafi bilgi sistemleri ve *kernel density* analizinin bir kombinasyonları kullanarak değerlendirilmiştir. Diğer çalışmalarla tutarlı olarak, yoğun aktivite alanları haritasına göre bulgularımız, rekreasyon amacıyla insanların genellikle yüksek görsel etki alanlarını ve bunlarla komşu alanları tercih ettiğini göstermektedir.

Rekreasyon yapmak için kişilerin tercihleri, büyük ölçüde bölgenin topografyasından etkilenmektedir. Polat ve Akay (2015) eğim derecesinin rekreasyon alanlarının işlevi ile ilişkili olduğunu belirtmişlerdir. Optimum eğim dereceleri açısından topografya için farklı tercihler karşılaştırıldıklarında, yani kayak ve piknik yapmak gibi farklı hedeflenen eğlence etkinliklerine göre değiştiğini belirtmektedirler. Eğim, toprak özellikleri üzerinde olumsuz bir etkiye sahiptir ve rekreasyon amaçlı kullanımları sınırlamaktadır (Liu ve diğ., 2012). Belgrad Ormanı'nın meşcerelerini incelediğimizde, yaklaşık % 65'inin eğim derecelerinin % 4 ve % 10 arasında değiştiği ve % 32'sinin ise % 11 ve % 20 eğim sınıfına sahip olduğu görülmektedir. Neredeyse tüm alan az ve orta eğim sınıfında yer almaktadır. Bu çalışma ile uygun rekreasyon alanları seçerken, Belgrad Ormanı'ndaki insan faaliyetlerinin yükseklik ile negatif korelasyon gösterdiği ortaya konulmuştur. Sıcaklıklardaki farklılıklara rağmen, seçimler Belgrad Ormanı'nın herhangi bir rekreasyon alanı ile korelasyon göstermediğinden, sıcaklığın rekreasyonel uygunluğun tanımlanmasında belirleyici bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

Rekreasyon alanları, kentsel alanların nüfus yoğunluğundan ve bu çalışmada halkın erişim seviyesi olarak tanımladığımız ana yollara ve yerleşim merkezlerine yakınlıktan etkilenmektedir (Chan ve diğ., 2006b). Paracchini ve diğ. (2014) rekreasyon alanlarının

şehirden uzaklığı 10 km'den büyük ise uzak olarak tanımlamaktadır. Öte yandan kar kayağı için arazi uygunluğu çalışmalarında katılımcı görüşlerini kullanan Kliskey (2000) otoyollardan kabul edilebilir mesafelerin 10-80 km olabileceğini göstermektedir. Yerleşim yerine yakınlık ve günlük azami mesafeyi belirlemek için bir anket yapan Paracchini ve diğ. (2014), açık hava rekreasyonu için seyahat mesafesini 8 ila 80 km arasında bulurken, Liu ve diğ. (2012) çalışmasını 0.5 ila 10 km arasında bir mesafe varsayımı üzerine kurmuştur. Genel olarak, insanların seyahat etmeye istekli oldukları mesafe, aradıkları rekreasyonel etkinliklerin özelliğine ve ulaşmak istedikleri rekreasyon alanlarının çekiciliğine bağlıdır; bu daha doğal habitatların mevcudiyeti ile ilgili olabilir (Paracchini ve diğ., 2014).

Seyahat etme isteği yerel kültür ve geleneklere de bağlıdır. Hörnsten ve Fredman (2000) İsveç nüfusunun% 40'ından fazlasına sahip ormanlar ile rekreasyonel faaliyetler için tercih edilen mesafenin 1 km veya daha az olduğunu tespit etmiştir. Finlandiya'da, katılımcıların % 80'i rekreasyon için 8 km'ye kadar seyahat etmektedir (Maes ve diğ., 2012). Rekreasyon alanına olan uzaklık kriteri bu çalışmada da önemlidir ve mevcut rekreasyonel kullanımların haritalanması ile doğrudan uyuşmaktadır. Pehlivanoglu (1986) doktora çalışmasında insanların Belgrad Ormanı'ndaki rekreasyon alanlarına yaklaşık 20 km'den daha uzak olmayan mesafelerden geldiklerini göstermiştir. Ancak Caglayan ve diğ. (2018a) çalışmalarında Belgrad Ormanı'na gelen ziyaretçilerin %74'ünün 20 km'den daha uzak mesafeden geldiklerini tespit etmişlerdir. Bu doktora çalışmasında artan İstanbul nüfusu göz önüne alınarak, insanların ormandaki belirli rekreasyon alanlarına orman içinde 5 km'ye kadar gidecekleri ve orman girişine 25 km'ye kadar seyahat etmeye istekli olacakları varsayılmıştır. Gelecekte bu parametrelerin tam değerlerini belirlemek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Ziyaretçilerin Belgrad Ormanı'na ulaşmak için seyahat ettikleri mesafeyi ve orman içinde yaptıkları etkinlikleri bulmak amacıyla Belgrad Ormanı ziyaretçilerine yönelik anketler tasarlanabilir.

Alan kullanımı, görsel etki değerini etkilediğinden rekreasyon amaçlı kullanımları da etkilemektedir. Herhangi bir bitki örtüsü tipinin görsel çekiciliği, bitki türlerinin zenginliği ile artmaktadır (Kienast ve diğ., 2012). Çünkü bitki örtüsü topluluklarındaki çeşitlilik, ziyaretçiler tarafından tercih edilen yüksek estetik etkilere ve değerlere dönüşen mekânsal desenler üretebilir. Farklı biyotik topluluklar arasındaki sınırlar, kenarlar ve ekotonlar, turizm ve eğlence için monokültürlerin yarattığı tekdüze manzaralara göre daha caziptir (Hammitt ve diğ., 1994).

Örneğin, saf ibreli meşcereler karbon depolama ve biyokütle ve lif üretimi gibi nedenlerle daha karlı ve arzu edilir olmasına rağmen, karışık meşcereler, ormanın diğer hizmet fonksiyonlarını talep eden insanlar tarafından çok daha fazla beğenilmektedir (Kienast ve diğ., 2012). Literatürde alan kullanımı sınıflandırmasına ilişkin çeşitli örnekler vardır. Örneğin, Casado-Arzuaga ve diğ. (2014) alan kullanımını kentsel alanlar, plantasyon alanları, ve doğal orman alanları olarak sınıflandırmıştır. Kienast ve diğ. (2012), alan kullanımını ibreli, yapraklı, karışık ormanlar ve diğer tipte araziler olarak sınıflandırmıştır. Bu çalışmada ise alan kullanımı; otlak, genç ibreli meşcere, orta yaşlı ibreli meşcere, yaşlı ibreli meşcere, genç yapraklı meşcere, orta yaşlı yapraklı meşcere, yaşlı yapraklı meşcere, genç karışık meşcere, orta yaşlı karışık meşcere, yaşlı karışık meşcere ve düzensiz meşcere olarak sınıflandırılmıştır. Bu çalışmanın sonuçları, arazi kullanım kriterlerinin rekreasyon için orta uygunlukta alanların seçiminde büyük ölçüde etkili olduğunu göstermektedir.

Türkiye'de halkın büyük bir kısmı yaz mevsiminde, rekreasyon faaliyetleri ve şehir hayatından uzaklaşmak için gölgeli alanları tercih etmektedirler (Destan ve Bekiroglu, 2011). Genel olarak, kapalılık seviyesi ne kadar yüksek olursa, alan o kadar serin olmaktadır. Bu tercihler dikkate alınarak kapalılık, meşcerelerin rekreasyon amaçlı kullanımlarının belirlenmesinde bir değerlendirme kriterlerinden birisi olarak kullanılmıştır. Belgrad Ormanı'nın yaklaşık %96'sı tam kapalılık seviyesine sahip meşcerelerden oluşmaktadır. Halk rekreasyon için serin yerleri dolayısıyla tam kapalı meşcereleri tercih ettiğinden, neredeyse tüm Belgrad Ormanı kapalılık kriterine göre rekreasyon için çok uygun olarak değerlendirilebilir. Bu çalışmada rekreasyon potansiyelinin belirlenmesinde bakı kriter olarak değerlendirilmiştir, ancak meşcereler tam kapalı olduğundan bakı kriterinin etkisi nispeten daha düşük olmuştur.

Mevcut amenajman planlarında Belgrad Ormanı'nın muhafaza ormanı olması dolayısıyla rekreasyon fonksiyonu ilk fonksiyon olarak tanımlanmamış, alanın sadece %3,18'i rekreasyon fonksiyonu olarak ikinci fonksiyon olacak şekilde belirlenmiştir. Mevcut durumda orman içinde mesire yerlerinin bulunduğu meşcerelere birinci fonksiyon olarak rekreasyon fonksiyonun belirlenmesi gerekmektedir. Ancak bu alanlar ikinci fonksiyon olarak rekreasyona atandığından uygulamada çelişkilerin bulunduğu görülmektedir. Bu çelişkinin sebebi, yapılan amenajman planları ile Belgrad Ormanı'nın korunmasının amaçlanmasıdır. Bu çalışma ile Belgrad Ormanı'ndaki meşcerelerin %8.25'inin yüksek rekreasyon potansiyeline ve %3.57'sinin yüksek görsel etki potansiyeline sahip olduğu ortaya koyulmuştur.

## 5.2. EKOSİSTEM HİZMETLERİNİN MEŞCERELERE ATANMASI

Bu çalışmada, paydaş tercihlerini anlamak için Delfi yöntemi kullanarak çoklu ekosistem hizmetlerini analiz etmek için bir atama modeli geliştirilmiştir. Atama modelinde amaç fonksiyonu sürdürülebilir kalkınma amaçları, bu amaçların ekosistem hizmetleri ile ilişkisi ve ekosistem hizmetlerinin ağırlıklarının kombinasyonundan oluşmaktadır. Ancak, atama modelinden elde edilen bulgular, sürdürülebilir kalkınma amaçlarının ağırlıklarının yerine ekosistem hizmetlerinin uygunluk değerlerinin ve sürdürülebilir kalkınma amaçlarının ekosistem hizmetleri ile ilişkisinin atama için en önemli özellikler olduğunu göstermiştir.

Atama modelinin kurulmasındaki amaç ormanın ekosistem hizmetlerine göre zonlanmasıdır. Bu çalışma ile alan analizi yani ekosistem hizmetlerinin zonlanması için ekosistem hizmetleri uygunluk değerlerinin hesaplanması ile başlamanın mantıklı olduğu görülmüştür. Bu çalışmayı diğer zonlama çalışmalarından ayıran en önemli özelliği, en küçük planlama birimi olan meşcere bazında yapılmış olmasıdır. Genellikle literatürde bu tür zonlama çalışmaları piksel bazında yapılmaktadır. Ancak piksel bazında yapılan değerlendirmelerinin planlama çalışmalarına adapte edilmesi zorlaşmaktadır. Bu zorluğu aşmak için bu çalışma ile ekosistem hizmeti değerlerinin ve verilerinin planlamaya adapte edilmesi açısından meşcerenin baz alınması önerilmiştir.

Bu çalışmada Belgrad Ormanı tarafından sunulan hangi ekosistem hizmetlerinin ön planı çıkarılması gerektiğini belirlemek için ilgili uzman görüşlerinden yararlanılmıştır. Uzmanlar arasında bazı görüş farklılıkları gözlenmiştir. Örneğin, bazı uzmanlar rekreasyonun Belgrad Ormanı için en uygun ekosistem hizmeti olduğunu, bazı uzmanlar kesinlikle uygun olmadığını düşünmektedir. Bu nedenle puanlamada rekreasyon ekosistem hizmeti yedinci ekosistem hizmeti olarak belirlenmiştir. Bu görüş farklılığının olası nedenlerinden biri, Belgrad Ormanı içerisinde rekreasyon amaçlı kullanılan bazı alanların aynı zamanda önemli bir tarihsel değere (kültürel) sahip olmasıdır. Bu nedenle bu çalışmada çıkar çatışmalarına çözüm üreten bir atama modeli geliştirilmiştir. Örneğin bir meşcere birden fazla ekosistem hizmeti için aynı uygunluk değerine sahip olabilir. Bu durum tanımlanmış uygunluk değerlerine dayanarak ekosistem hizmetleri arasındaki ödünleşmelerin dikkate alınması gerektiğini açıkça ortaya koymaktadır. Böylece, aynı uygunluk değerlerine sahip bir veya daha fazla ekosistem hizmeti sunulan meşcereler için, bu durumun üstesinden gelme süreci, yukarıda tarif edilen atama problemi için

tanımlanmış yedi adımla birlikte çözülebilir. Bu çalışmada önerilen bu yedi adımlı yaklaşım tezin en özgün yanlarından bir tanesidir.

Sürdürülebilir kalkınma amaçlarının önemi ve ekosistem hizmetlerinin sürdürülebilir kalkınma amaçlarına olan katkısı, Delfi metodolojisi kullanılarak bir toplantı organize edilmiş ve ortaya konulmuştur. Toplantıdan önce paydaşlar belirlenmiş ve toplantıya davet edilmiştir. Delfi metodolojisinin kullanımı sırasında, gruplar karakter olarak nispeten homojen olmalıdır. Ancak bu çalışmada, en çok eksik üyesi olan 3. grup için risk alınmıştır. 3. grubun kararları diğer iki grubun kararlarından çok farklı olursa, 3. grubun değerlendirmelerinin iptal edileceği kararlaştırılmıştır. Ancak, sonuçlar her üç grup arasında da büyük ölçüde benzerlik göstermiştir. Dolayısıyla 3. grup üyeleri eksik olmasına rağmen kararları iptal edilmemiştir.

Bu çalışma ile "karasal yaşam" ve "temiz su ve sanitasyon" sürdürülebilir kalkınma amaçlarının ekosistem hizmeti seçimi üzerinde güçlü bir etkiye sahip olduğu gösterilmiştir. Bu durum önceki çalışmaların sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir (Geijzendorffer ve diğ., 2017, Wood ve diğ., 2018). Aynı zamanda bu durum, Türkiye'nin kuzeybatısında Belgrad Ormanı'na benzer orman ekosistemlerinin korunmasını teşvik etmek için yöneticilerin sürdürülebilir kalkınma amaçlarını içeren işletme amaçlarına odaklanması gerektiğini göstermektedir. Sürdürülebilir kalkınma amaçları ve ekosistem hizmetleri arasındaki genel ilişkiler şu ana kadar yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur. Ancak orman yönetimi ile istenen ekosistem hizmeti düzeylerine ulaşılması arasındaki fonksiyonel ilişkiyi açıklayan yeterli çalışma bulunmamaktadır. Bu durum aynı zamanda sürdürülebilir kalkınma amaçları ve ekosistem hizmetleri arasındaki ilişkilerin iyi anlaşılmadığını da göstermektedir. Bir ekosistem hizmeti değerini en üst düzeye çıkarmaya çalışan bir yönetim yaklaşımı, genellikle diğer ekosistem hizmetlerinin değerinde bir azalmaya yol açmaktadır (Bennett ve diğ., 2009). Bu nedenle paydaş grubu kararları ekosistem hizmetlerinin önceliklendirilmesi ve bu zorluğun üstesinden gelinmesi amacıyla kullanılabilir. Aynı zamanda ekosistem hizmetleri arasındaki ödünleşmeler analiz edilirken de paydaş görüşleri dikkate alınabilir (Turkelboom ve diğ., 2018).
Bu çalışmada yedi ekosistem hizmetinin tamamının mutlaka meşcerelere atanması ile ilgili bir kısıt bulunmamaktadır. Çünkü model kurulması aşamasında bu kısıtın aktifleştirilmesi denenmiş ancak model çalıştırılamamıştır. Bu sebeplerden dolayı sadece bir meşcereye mutlaka

bir ekosistem hizmeti atanması kısıtı kullanılmıştır. Bu kısıt aktifleştirildiğinde modelin çalışmamasının nedeni olarak komşuluk kısıtlarının aktif olması gösterilebilir.

Ülkemizde mevcut amenajman planlarında bir meşcereye birden fazla ekosistem hizmeti atanabilmektedir. Genellikle bu sayı üç ekosistem hizmeti ile sınırlandırılmaktadır. Bu çalışmada ise model ile bir meşcereye yalnızca bir ekosistem hizmetinin atanması tanımlanmıştır. Bir meşcereye iki veya üç ekosistem hizmetinin atanması kısıtı eklenerek model geliştirilebilir. Bir meşcerenin birden fazla ekosistem hizmetini aynı anda sunmasını sağlamak ve birden fazla ekosistem hizmetine göre meşcereyi işletebilmek için gerekli olan silvikültürel yaklaşımların ve müdahale biçimlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bir örnekle açıklamak gerekirse; örneğin bir meşcereye hem erozyonu önleme hem de rekreasyon ekosistem hizmetleri tanımlandığında bu hizmetlerin her ikisi için öngörülen silvikültürel yaklaşım farklıdır. Bu iki ekosistem hizmetine göre bir meşcerenin işletilebilmesi için çeşitli silvikültürel yaklaşımların geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Çalışma alanındaki meşcerelerin su düzenleme, su sağlama, karbon, eğitim/bilim, kültür, rekreasyon ve görsel etki ekosistem hizmetleri için yüksek potansiyeline sahip olması, karar vericilere uygulanabilecek senaryolar açısından rehberlik edecektir. Örneğin, su düzenleme potansiyelini arttırmak için silvikültürel senaryolar geliştirilerek ormanın planlanması yapılabilecektir.

## 5.3. EKOSİSTEM HİZMETLERİNİN ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YAKLAŞIMI İLE PLANLANMASI SÜRECİ

111 adet makale tarama sonucunda elde edilen bulgular doğrultusunda orman planlama ile ilgili yapılan çalışmaların %95'i gerçek veriler kullanılarak yapılmıştır (Caglayan ve diğ., 2018b). Bu çalışmada da Belgrad Ormanı için amenajman planlarından alınan gerçek veriler ile gerek nokta verilerinden gerekse ArcGIS ile yapılan analizler sonucunda türetilen verilerden yararlanılmıştır. Bununla birlikte bu çalışmada bazı varsayımlar kabul edilmiştir ancak bu varsayımlar gerçek verileri etkilememiştir.

Orman planlamada optimizasyon problemlerinin %68.6'sı, belirsizliklerin ve risklerin dikkate alınmadığı deterministik modeller olarak ele alınmakta ve ağırlıklı olarak tam sayılı doğrusal programlama kullanılmaktadır (Caglayan ve diğ., 2018b). Bu çalışmada planlama problemi,

risk ve belirsizliklerin dikkate alınmadığı deterministik bir model kurularak ve tam sayılı programlama yardımıyla çözülmüştür. Ancak gelecek çalışmalarda belirsizlikleri dikkate alan orman planlama problemlerinin modellenmesine gereksinim duyulacağı açıktır. Bu gereksinimi karşılamak için stokastik ve bulanık modellerden yararlanılabilir. Özellikle araştırılan makalelerin sadece %1'i tarafından incelenen bulanık modeller, orman planlama problemleri için optimizasyon çalışmalarında daha fazla araştırma yapılması için büyük bir potansiyele sahiptir (Caglayan ve diğ., 2018b).

Orman planlama problemleri arasında kesim planlama problemleri için yani ormanın neresinden, ne zaman ve ne kadar kesim yapılması gerektiğinin planlandığı problemler en çok çalışılan konular arasındadır. Bu tip problemleri biyolojik çeşitlilik, yaban hayvanları, su sağlama vb. gibi konular ile ilişkilendirip bir kesim planlama problemi oluşturulduğunda bu problemler genişletilmiş kesim planlama problemleri olarak tanımlanmaktadır (Caglayan ve diğ., 2018b). Kesim planlama problemi ile ekosistem hizmetleri ilişkilendirildiği için, bu çalışmada aslında genişletilmiş kesim planlama probleminin ele alındığı söylenebilir.

Planlama problemlerinin %66'sı stratejik düzeyde olarak yapılmaktadır (Caglayan ve diğ., 2018b). Örneğin Kanada'nın kuzey doğu orman bölgelerindeki stratejik planlama ufukları, birkaç yıllık taktik planlarının yapıldığı ve günlük, haftalık, aylık operasyonel planların da uygulandığı 100 yıl veya daha fazla süreleri kapsamaktadır (Kuhlmann ve diğ., 2015a). Bu çalışmada da planlama stratejik seviyede ele alınmıştır.

Sonuçta; deterministik çalışmalar gelişime açık ve güncel konular olduğundan, bu çalışmada çok amaçlı tam sayılı programlama modelinin geliştirilmesi kararlaştırılmış ve farklı ekosistem hizmetleri dikkate alınacağından parasal olmayan amaçlar arasından fayda maksimizasyonu dikkate alınmıştır. Böylece Orman Amenajmanında stratejik planlamanın yapılmasında kullanılmak üzere tüm orman alanını kapsamlı olarak ele alan, gerçek veriye dayalı deterministik bir matematik model tasarlanmıştır. Bu modelde; rekreasyon, görsel etki, eğitim, kültür, karbon, su düzenlemesi ve su sağlama gibi yedi ekosistem hizmeti uygunluk değeri göz önüne alınmıştır. Farklı orman planlama stratejileri ile bu yedi farklı ekosistem hizmeti uygunluk değerleri için toplam faydanın maksimizasyonu değerlendirilmek üzere mekânsal olarak bir yaklaşım geliştirilmiştir. Ekosistem hizmetleri uygunluk verilerin değerlendirilmesine ek olarak, bu yaklaşımın bir diğer özelliği, planlama için silvikültürel

senaryoların oluşturulmasına yardımcı olabilmesidir. Maksimizasyon algoritması kullanılarak ve sonucunda bir dizi optimal çözüm sunularak ekosistem hizmetlerinin uygunluk değerleri optimize edilebilmektedir. Bu çalışmada, bu yaklaşımın Belgrad Ormanı örnek olay incelemesinde nasıl çalıştığı gösterilmiştir. Bu yaklaşımla, başka bir alan için ekosistem hizmeti uygunluk değerlerinde silvikültürel senaryolara göre ne gibi değişiklikler olduğu incelenebilir. Ayrıca, çok amaçlı planlama için çeşitli senaryolar tasarlanabilir, senaryo analizi yapılabilir ve ekosistem hizmeti fayda değerini maksimize etmek için optimal çözümler elde edilebilir. Baskent ve diğ. (2008) ekosistem hizmeti uygunluk değerleri, sürdürülebilir orman yönetimi anlayışı için kantitatif yöntemlerle orman planlama sürecine entegre edilebileceğini belirtmektedir. Geneletti (2011) Ekosistem hizmetlerinin haritalandırılmasını ve göstergelerin oluşturulmasını, ekosistem hizmetlerini mekânsal planlamaya dâhil etmenin yollarından biri olarak görmektedir. Bu nedenle, kriterler ve göstergeler yerel çok fonksiyonlu yönetim planları için orman ekosistem hizmetlerinin değerlendirilmesi için yerel olarak geliştirilebilmektedir (Zengin ve diğ., 2013). Bu literatür ışığında yaptığımız çalışma ile ekosistem hizmetleri değerlerinin planlama sürecine entegre edilebileceği ortaya konulmuştur.

Orman planlama ile ilgili optimizasyon çalışmaları zaman zaman maksimize edilmesine odaklanmaktadır (Caglayan ve diğ., 2018b). Ancak bu çalışmada net bugünkü değer yerine toplam faydanın maksimizasyonu amaçlanmıştır. Aynı zaman da ekosistem hizmeti uygunluk değerleri hesaplanırken ekonomik girdilerden yararlanılmamıştır. Çünkü ekosistem hizmetleri uygunluk değerlerinin orman planlama ile birleştirildiği durumlarda finansal amaçlar ikincil olarak değerlendirilebilir.

Bu doktora çalışması sonucunda altı farklı stratejik orman amenajman planı Belgrad Ormanı için üretilmiştir. Ancak bu stratejik planlar içerisinden hangi planın Belgrad Ormanı için daha uygulanabilir olduğu ile ilgili bir seçim yapılmamıştır. Bunun nedeni olarak ise bu doktora çalışmasının tüm süreçlerinde, her karar aşamasında uzman ya da katılımcı görüşlerinden yararlanılması gösterilebilir.

Genel olarak, sonuçlarımız; Strateji 1'de kısıt olmadığı için, her dönemde ara ve son hasılat seviyelerini arttırarak amaç fonksiyonunu en üst düzeye çıkarılması hedeflenmektedir. Ancak bu durum doğa koruma anlayışı ile işletilmek istenen Belgrad Ormanı için istenen bir sonuç değildir. Bu durumu kontrol etmek için Strateji 3 tasarlanmış ve ekosistem hizmeti uygunluk

değerlerinin her dönemde arttırılması kısıtı getirilmiştir. Temel olarak her periyotta ekosistem hizmeti uygunluk değerlerinin en üst düzeye çıkarılmasının hedeflendiği Strateji 3 ile kısıt tanımlanmayan Strateji 1 karşılaştırıldığında neredeyse elde edilen odun üretim miktarlarının neredeyse eşit olduğu görülecektir. Böylelikle, Strateji 3 ile Strateji 1 için yaklaşık olarak benzer sonuçlara ulaşılmıştır. Sonuç olarak, ekosistem hizmeti uygunluk değerlerinin her dönemde artırılması kısıtının model sonucunu etkilemediği gözlemlenmiştir.

Strateji 2'de tüm kısıtlar aktiftir ve yeterince daraltılmıştır. Strateji 2 ile hasat esnasında komşu meşcerelerin sayısı kontrol edilirken, aynı zamanda da hasat miktarı kontrol edilerek, ekosistem hizmeti uygunluk değeri maksimuma çıkarılmaya çalışılmaktadır. Sonuç olarak Strateji 2, hasat miktarının 17.000 $m^{3'}$ün altına düşürülmediği sürece ekosistem hizmeti uygunluk değerinin artırılabileceğini göstermektedir. Bu elde ettiğimiz sonuçlara göre tüm stratejiler arasından Strateji 2 orman planlamada doğa korumaya yönelik bir stratejidir. Hiçbir kısıt tanımlanmayan Strateji 1 ile doğa koruma odaklı Strateji 2 karşılaştırıldığında Strateji 2'de odun üretim miktarının yaklaşık % 94 oranında azaldığı görülmektedir. Doğa koruma anlayışına yönelik tasarlanan bir diğer strateji ise 4. stratejidir. 4. ve 2. strateji kıyaslandığında ise benzer doğa koruma eğilimlerine rağmen, odun üretim miktarının Strateji 4'de yaklaşık %14 oranında arttığını görülmektedir.

2. ve 4. stratejiler doğa korumayı temsil ederken, 5. ve 6. stratejiler, odun üretim talebinin karşılanması ile ilişkilidir. Strateji 5 ve 6 için odun üretim talep kısıtları, OGM'nin 2012 yılı orman amenajman planlarından elde edilen ortalama yıllık son hasılat miktarlarına göre belirlenmiştir. Strateji 5, odun üretim talebi için OGM'nin verilerinden elde edilen nihai odun üretim seviyelerine göre tasarlanmıştır. Bu stratejide aralama kesimlerinden elde edilen odun üretim miktarları dikkate alınmamıştır. Bunun nedeni ise, 2012 yılı amenajman planlarına göre ortalama yıllık toplam hasılat değeri, 20 yıllık periyotta 370 000 $m^3$ (ara ve son hasılat) elde edilmektedir. Sonuç olarak, bu miktar 100 yıllık planlama ufku sonunda yaklaşık 1 850 000 $m^3$ olacaktır. Bununla birlikte, bu miktar tüm kısıtlamaları gevşettiğimiz 1. strateji için bile çok büyük bir odun üretim miktarı olduğu için yalnızca yıllık son hasılat miktarına göre eta kısıtı tanımlanmıştır. Stratejileri OGM tarafından 2012 yılında hazırlanan amenajman planlarında verilen odun üretim seviyelerine göre belirlersek, bu strateji doğa koruma yaklaşımından uzaklaşacaktır. Bir sonraki plan döneminde, OGM, ekosistem hizmeti değerlerini korumak için

toplam odun üretim seviyelerini önceki (2012 plan dönemi) plan döneminde belirlediklerinden daha düşük değerlere düşürmeleri önerilmektedir.

Bu çalışmanın analizleri, Strateji 4'te eta talebi kısıtı eklenmediğinde, eta miktarının azalmasıyla karbon depolama miktarının arttığını göstermiştir. Bottalico ve diğ. (2016) eta yoğunluğunun ve sıklığının ekosistem hizmetleri tedarikini etkilediğini göstermiştir. Ancak bu çalışmada, eta yoğunluğu ekosistem hizmeti değerlerinden yalnızca karbon ekosistem hizmeti değerini etkilemiştir. Bunun nedeni, hacim parametresinin yalnızca ekosistem hizmetleri içerisinden karbon ekosistem hizmeti uygunluk değerini belirlerken bir kriter olarak kullanılmasından kaynaklanmaktadır. Sonuç olarak, elde edilen eta miktarları stratejilere ve silvikültürel senaryolara göre değişirken, karbon ekosistem hizmeti uygunluk değeri de değişmektedir. Bu nedenle, orman ekosistem hizmeti uygunluk değerleri ormanın stratejik planlanmasında bir parametre olarak kullanılacaksa, hacim değeri bu parametre için kriter olarak tanımlanmalıdır.

Bu çalışmada, ekosistem hizmeti uygunluk değerleri silvikültürel senaryolardan etkilenen kriterlere göre belirlenmiştir. Belirlenen bu kriterlerden beşinin, silvikültürel uygulamalara bağlı olarak değişebildiği belirlenmiştir. Bu kriterler hacim, kapalılık, artım, alan kullanımı ve yaştır. Ancak bunlar arasında hacim ve artım, karbon ekosistem hizmeti uygunluk değerini doğrudan etkilerken, yaş, alan kullanımı ve kapalılık diğer ekosistem hizmeti değerlerini etkilemektedir. Senaryo değişikliklerinden en çok etkilenen kriter hacimdir. Bu nedenle, hacim silvikültürel senaryolara göre değiştiğinde, karbon ekosistem hizmeti uygunluk değeri değişmektedir. Ekosistem hizmeti uygunluk değerlerindeki en çok değişiklik ve dalgalanma tüm ekosistem hizmetleri arasından karbon hizmetinde gerçekleşmiştir. Bunun nedeni, karbon ekosistem hizmeti değerinin hacim değeriyle doğrudan bağlantılı olmasıdır. Silvikültürel senaryolarda, hasat talebi ve eta akışı kısıtlamaları değiştiğinde karbon değeri etkilenmektedir. Yalnızca karbon ekosistem hizmeti değeri eta miktarlarından etkilenmiştir. Bu nedenle, senaryoya göre eta miktarının azalması veya artması diğer ekosistem hizmeti uygunluk değerlerini değiştirmemiştir.

Sonuç olarak, bu tür çalışmalar için orman ekosistem hizmeti uygunluk değerleri belirlenirken hacim ve artım kriteri tüm ormandaki ekosistem hizmetleri için ana veya alt kriterler olarak belirlenmelidir. Eğer ekosistem hizmeti uygunluk değerleri hacim veya artım ile

ilişkilendirilmezse; son hasılat kesiminden sonra, meşcereler ekosistem hizmeti uygunluk değerini kaybedecek, ancak bu sonuçlara yansıtılamayacaktır.

Bu çalışmadaki eksiklerden biri büyüme oranları ile ilgilidir. Bu çalışmada kullanılan büyüme oranları karışık meşcerelerin dinamik karakterleri değil saf meşcerelerin karakterlerini yansıtmaktadır. Bir diğeri ise; meşcere büyüme oranları belirlenirken dış değişkenler sadece silvikültürel senaryo (aralama gibi) göstergeleridir, risk ve belirsizlikler ile çevresel alan faktörleri hesaba katılmamaktadır. Bu eksikliklerden dolayı meşcerelerin dinamik yapıları modele yeterince yansıtılamamıştır.

Bu doktora çalışmasının başlangıcında, ilk olarak katılımcı yaklaşım kullanılarak ormanların sunduğu ekosistem hizmetlerinin belirlenmesi, ikinci olarak bu ekosistem hizmetleri için belirlenen hedefler arasında ödünleşmelerin yapılması, ve son olarak seçilen ekosistem hizmetleri için belirlenen hedefler doğrultusunda en iyi çözümün bulunması ve sonucunda alternatif amenajman planlarının üretilmesi amaç olarak belirlenmiştir. Bu çalışmanın neticesinde aşağıda detaylı olarak özetlendiği şekilde belirlenen amaçlara ulaştığımız kanıtlanmıştır.

Bu çalışmada özet olarak, ilk amacımızı gerçekleştirmek için Belgrad Ormanı'nın sunduğu ekosistem hizmetleri uzman görüşlerinden yaralanarak belirlenmiş ve bu hizmetlerin her biri için uygunluk haritaları üretilmiştir. Bu süreçte ise çok kriterli karar verme tekniklerinden analitik hiyerarşi süreci ve puanlama yöntemi kullanılmıştır. Sonuç olarak ekosistem hizmetlerinin sunulduğu alanlar mekânsal olarak belirlenmiştir. İkinci amacın gerçekleştirilmesinde ise ekosistem hizmetleri arasındaki ödünleşmelerin çözülmesi için katılımcı süreç devreye girmiştir. Bu süreçte grup karar verme tekniği olan Delfi tekniği, sürdürülebilir kalkınma amaçları ve ekosistem hizmetleri arasında ilişki kurularak bir atama modeli geliştirilmiştir. Sonuç olarak aynı ekosistem hizmeti değerine sahip olan meşcereler için ödünleşmeler çözülmüş ve meşcereler ekosistem hizmeti değerine göre zonlanmıştır. Üçüncü amacın gerçekleştirilebilmesi için ise, en iyi denge oluşturacak çözümü ortaya koymak için stratejik plan alternatifleri belirlenmiştir. Bunun içinde optimizasyon tekniklerinden yararlanılmıştır. Oluşturulan stratejik planlama alternatifleri için bu tekniklerinden öncelikle deterministik bir tam sayılı programlama modeli geliştirilmiş ve çalıştırılmıştır. Bütün bu süreçlerin sonucunda, model çıktısı olarak alternatif amenajman planları üretilmiştir. Önerilen bu yaklaşım literatürde yer alan çalışmalardan farklı özgün bir çözüm sunmaktadır.

Türkiye'de orman planlama için haritaların sunulmasında ArcGIS programı ile envanter çalışmaları sonucunda verilerin meşcere bazında üretilip çeşitli tabloların hazırlanmasında "APP Amenajman Plan Yapım Programı" kullanılmaktadır. Bu APP planlama programı farklı stratejilerin uygulandığı ve sonuçların değerlendirilerek alternatif amenajman planlarının düzenlenebildiği bir yazılım değildir. Çok kriterli karar verme ve optimizasyon yöntemlerinin bu programa entegre edilmesi yerine, planlama stratejileri oluşturulabilecek HEUREKA ve MONSU gibi bir yazılım geliştirilmelidir. Başka bir ifade ile APP ve ArcGIS programları, geliştirilecek yeni planlama programına entegre edilmelidir. Aynı zamanda planlar katılımcı yaklaşım dikkate alınarak ve uzman görüşlerinden yararlanılarak yapılmalıdır. Planlamada katılımcı görüşlerinin dikkate alınması plan çalışmalarının sonucunda yaptığınız planın en iyi şekilde uygulanacağını ispatlamanın bir yoludur. Çünkü amenajman planlarında eleştirilen en önemli kısım, planlamada yalnızca plan yapıcılarının kararlarının dikkate alınmasıdır. Bu çalışma ile ekosistem hizmetlerinin belirlenmesi, bu hizmetler arasındaki ödünleşmelerin yapılması, ödünleşmeler sonucunda, ekosistem hizmetlerinin zonlanması ve bu hizmetlerin nasıl işletileceği ile ilgili detaylar sunulmuştur. Bu süreç işletilirken katılımcı yaklaşım ve uzman görüşleri dikkate alınmıştır. Dolayısı ile gelişmiş dünya ülkelerinin benimsediği modern orman planlama yaklaşımları uygulamalı olarak test edilmiş ve ülkemiz orman planlama yaklaşımı ile entegre edilebileceği ortaya konulmuştur.

Bu çalışma sonucunda ortaya koyulan ekosistem hizmetlerinin belirlenmesinde çok kriterli karar verme yaklaşımından yararlanılarak uygunluk puanlarının kullanılması, belirlenen ekosistem hizmetleri arasında ödünleşmelerin yapılabilmesi için ekosistem hizmetleri atama modelinin geliştirilmesi ve bu süreçte katılımcı yaklaşımdan ve sürdürülebilir kalkınma amaçlarından yararlanılması, sonucunda bütün bu veriler kullanılarak stratejik düzeyde bir orman amenajman planlarının üretilmesi yaklaşımları Belgrad Ormanı örneği ile sunulmuştur. Ancak bu çalışmada işlenen bütün süreç ve yaklaşımlar Dünya ormanları içinde uygulanabilir. Çünkü sürecin temelinde uzman görüşleri yer almaktadır. Ülkeler, çalışılacakları orman alanı belirlendikten sonra orman alanı hakkında bilgi sahibi olan uzmanların görüşleri ile ekosistem hizmetlerini belirleyebilir. Bu ekosistem hizmetlerini değerlendirebilmek için kriter setleri oluşturulabilirler. Bütün ormanı planlama süreci bu doktora tezinin içerisinde bahsedildiği gibi ilerleyebilir.

# KAYNAKLAR


Alemdağ, Ş. 1962. Türkiye'deki kızılçam ormanlarının gelisimi, hasılatı ve amenajman esasları.: Ormancılık Arastırma Enstitüsü Yayını, Teknik bülten.Seri no: 11.

Alemdağ, Ş. 1967. Türkiye'deki sarıçam ormanlarının kurulusu, verim gücü ve bu ormanların isletilmesinde takip edilecek esaslar. Ormancılık Arastırma Enstitüsü Yayını.

Ananda, J. & Herath, G. 2003. The use of Analytic Hierarchy Process to incorporate stakeholder preferences into regional forest planning. *Forest policy and economics,* 5**,** 13-26.

Ananda, J. & Herath, G. 2009. A critical review of multi-criteria decision making methods with special reference to forest management and planning. *Ecological Economics,* 68**,** 2535-2548.

Anon 2012a. Atatürk Arboretumu Şefliği Fonksiyonel Orman Amenajman Planı. İstanbul: İstanbul Orman Bölge Müdürlüğü.

Anon 2012b. Bentler İşletme Şefliği Fonksiyonel Orman Amenajman Planı. İstanbul: İstanbul Orman Bölge Müdürlüğü.

Anon 2012c. Kurtkemeri İşletme Şefliği Fonksiyonel Orman Amenajman Planı. İstanbul: İstanbul Orman Bölge Müdürlüğü.

Arriaza, M., Cañas-Ortega, J. F., Cañas-Madueño, J. A. & Ruiz-Aviles, P. 2004. Assessing the visual quality of rural landscapes. *Landscape and Urban Planning,* 69**,** 115-125.

Asan, Ü. 1984. Kazdağı Göknarı (Abies equi-trojani Aschers, et Sinten.) Ormanlarının Hasılat ve Amenajman Esasları Üzerine Arastırmalar. . *İ.Ü. Orman Fakültesi Yayını. ,* İ.Ü. Yayın No: 3205. Orman Fakültesi Yayın No: 365.

Assessment, M. E. 2005. Millennium ecosystem assessment. *Ecosystems and human wellbeing: a framework for assessment Washington, DC: Island Press*.

Bagstad, K., Villa, F., Johnson, G. & Voigt, B. J. A. r. s. 2011. ARIES–Artificial Intelligence for Ecosystem Services: A guide to models and data, version 1.0. 1.

Bailey, T. C. & Gatrell, A. C. 1995. *Interactive spatial data analysis,* Longman Scientific & Technical Essex.

Banville, C., Landry, M., Martel, J. M. & Boulaire, C. 1998. A stakeholder approach to MCDA. *Systems Research and Behavioral Science,* 15**,** 15-32.

Baral, H., Keenan, R. J., Fox, J. C., Stork, N. E. & Kasel, S. 2013. Spatial assessment of ecosystem goods and services in complex production landscapes: a case study from south-eastern Australia. *Ecological Complexity,* 13**,** 35-45.

Baskent, E. Z., Keles, S. & Kadiogullari, A. I. 2014. Challenges in developing and implementing a decision support systems (ETcAP) in forest management planning: a case study in Honaz and Ibradi, Turkey. *Scandinavian Journal of Forest Research,* 29**,** 121-131.

Baskent, E. Z., Keles, S. & Yolasigmaz, H. A. 2008. Comparing multipurpose forest management with timber management, incorporating timber, carbon and oxygen values: A case study. *Scandinavian Journal of Forest Research,* 23**,** 105-120.

Baumgartner, R. J. J. F. 2019. Sustainable Development Goals and the Forest Sector—a Complex Relationship. 10**,** 152.

Bekiroglu, S., Destan, S., Can, M., Turkoglu, T. & Tolunay, A. J. F. E. B. 2015. Econometric analysis of a forest recreation area: an example from İstanbul, Turkey. 24**,** 2937-2945.

Bennett, E. M., Peterson, G. D. & Gordon, L. J. 2009. Understanding relationships among multiple ecosystem services. *Ecology Letters,* 12**,** 1394-1404.

Bettinger, P., Boston, K., Siry, J. P. & Grebner, D. L. 2010. *Forest management and planning*, Academic press.

Bettinger, P., Demirci, M. & Boston, K. 2015. Search reversion within s-metaheuristics: impacts illustrated with a forest planning problem. *Silva Fennica,* 49.

Bettinger, P. & Wing, M. G. 2004. *Geographic Information Systems: Applications in Forestry and Natural Resource Management,* McGraw-Hill, Inc., New York.

Blasco, E., González-Olabarria, J. R., Rodriguéz-Veiga, P., Pukkala, T., Kolehmainen, O. & Palahí, M. 2009. Predicting scenic beauty of forest stands in Catalonia (North-east Spain). *Journal of Forestry Research,* 20**,** 73-78.

Borges, P., Martins, I., Bergseng, E., Eid, T. & Gobakken, T. 2016. Effects of site productivity on forest harvest scheduling subject to green-up and maximum area restrictions. *Scandinavian Journal of Forest Research,* 31**,** 507-516.

Bottalico, F., Pesola, L., Vizzarri, M., Antonello, L., Barbati, A., Chirici, G., Corona, P., Cullotta, S., Garfì, V., Giannico, V., Lafortezza, R., Lombardi, F., Marchetti, M., Nocentini, S., Riccioli, F., Travaglini, D. & Sallustio, L. 2016. Modeling the influence of alternative forest management scenarios on wood production and carbon storage: A case study in the Mediterranean region. *Environmental Research,* 144**,** 72-87.

Brauman, K. A., Daily, G. C., Duarte, T. K. e. & Mooney, H. A. 2007. The Nature and Value of Ecosystem Services: An Overview Highlighting Hydrologic Services. 32**,** 67-98.

Bulut, Z. & Yilmaz, H. 2008. Determination of landscape beauties through visual quality assessment method: a case study for Kemaliye (Erzincan/Turkey). *Environmental Monitoring and Assessment,* 141**,** 121-129.

Burkhard, B., Kroll, F., Nedkov, S. & Müller, F. 2012a. Mapping ecosystem service supply, demand and budgets. *Ecological Indicators,* 21**,** 17-29.

Burkhard, B., Kroll, F., Nedkov, S. & Müller, F. 2012b. Mapping ecosystem service supply, demand and budgets. *Ecological Indicators,* 21**,** 17-29.

Caglayan, I., Sağlam, S. & Çınar, O. 2018a. The effect of distance to residence on recreation preference; the case of Belgrad Forest. *4th International Conference on Engineering and Natural Sciences (ICENS 2018).* Kiev, UKRAYNA,.

Caglayan, I., Yesil, A., Cinar, D. & Cieszewski, C. 2018b. Taxonomy for the optimization in forest management: a review and assessment. *Journal of the Faculty of Forestry-Istanbul University,* 68**,** 122-135.

Caglayan, İ., Yeşil, A., Cieszewski, C., Gül, F. K. & Kabak, Ö. 2020. Mapping of recreation suitability in the Belgrad Forest Stands. *Applied Geography,* 116**,** 102153.

Canadell, J. G. & Raupach, M. R. 2008. Managing Forests for Climate Change Mitigation. *Science,* 320**,** 1456-1457.

Caro, T., Borgerhoff Mulder, M. & Moore, M. 2003. Effects of conservation education on reasons to conserve biological diversity. *Biological Conservation,* 114**,** 143-152.

Carus, S. 1998. *Aynı Yaslı Doğu Kayını (Fagus orientalis Lipsky.) Ormanlarında Artım ve Büyüme.* . PhD Thesis, İstanbul University.

Casado-Arzuaga, I., Onaindia, M., Madariaga, I. & Verburg, P. H. 2014. Mapping recreation and aesthetic value of ecosystems in the Bilbao Metropolitan Greenbelt (northern Spain) to support landscape planning. *Landscape Ecology,* 29**,** 1393-1405.

Caspersen, O. H. & Olafsson, A. S. 2010. Recreational mapping and planning for enlargement of the green structure in greater Copenhagen. *Urban Forestry & Urban Greening,* 9**,** 101-112.

Chan, K. M., Shaw, M. R., Cameron, D. R., Underwood, E. C. & Daily, G. C. 2006a. Conservation planning for ecosystem services. *PLoS biology,* 4**,** e379.

Chan, K. M., Shaw, M. R., Cameron, D. R., Underwood, E. C. & Daily, G. C. 2006b. Conservation planning for ecosystem services. *PLoS Biol,* 4**,** e379.

Chan, K. M., Shaw, M. R., Cameron, D. R., Underwood, E. C. & Daily, G. C. J. P. b. 2006c. Conservation planning for ecosystem services. 4.

Chen, J. M., Ju, W., Cihlar, J., Price, D., Liu, J., Chen, W., Pan, J., Black, A. & Barr, A. 2003. Spatial distribution of carbon sources and sinks in Canada's forests. *Tellus B,* 55**,** 622-641.

Chhetri, P. & Arrowsmith, C. 2008. GIS-based modelling of recreational potential of nature-based tourist destinations. *Tourism Geographies,* 10**,** 233-257.

Clay, G. R. & Daniel, T. C. 2000. Scenic landscape assessment: the effects of land management jurisdiction on public perception of scenic beauty. *Landscape and Urban Planning,* 49**,** 1-13.

Costanza, R., Daly, L., Fioramonti, L., Giovannini, E., Kubiszewski, I., Mortensen, L. F., Pickett, K. E., Ragnarsdottir, K. V., De Vogli, R. & Wilkinson, R. 2016. Modelling and measuring sustainable wellbeing in connection with the UN Sustainable Development Goals. *Ecological Economics,* 130**,** 350-355.

Costanza, R., dArge, R., deGroot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., ONeill, R. V., Paruelo, J., Raskin, R. G., Sutton, P. & vandenBelt, M. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature,* 387**,** 253-260.

Crossman, N. D., Burkhard, B., Nedkov, S., Willemen, L., Petz, K., Palomo, I., Drakou, E. G., Martín-Lopez, B., McPhearson, T., Boyanova, K., Alkemade, R., Egoh, B., Dunbar, M. B. & Maes, J. 2013. A blueprint for mapping and modelling ecosystem services. *Ecosystem Services,* 4**,** 4-14.

Curtis, I. A. 2004. Valuing ecosystem goods and services: a new approach using a surrogate market and the combination of a multiple criteria analysis and a Delphi panel to assign weights to the attributes. *Ecological Economics,* 50**,** 163-194.

De Groot, R. S., Wilson, M. A. & Boumans, R. M. J. E. e. 2002. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. 41**,** 393-408.

De Jong, W., Pokorny, B., Katila, P., Galloway, G. & Pacheco, P. 2018. Community Forestry and the Sustainable Development Goals: A Two Way Street. 9**,** 331.

De Meo, I., Cantiani, M. G., Ferretti, F. & Paletto, A. 2018. Qualitative Assessment of Forest Ecosystem Services: The Stakeholders' Point of View in Support of Landscape Planning. *Forests,* 9**,** 465.

Deng, S., Shi, Y., Jin, Y. & Wang, L. 2011. A GIS-based approach for quantifying and mapping carbon sink and stock values of forest ecosystem: A case study. *Energy Procedia,* 5**,** 1535-1545.

Destan, S. & Bekiroglu, S. J. A. J. o. A. R. 2011. Evaluation of the territorial system of forest recreation by natural indicators: Belgrade forest example. 6**,** 212-223.

Diaz-Balteiro, L. & Romero, C. 2008. Making forestry decisions with multiple criteria: A review and an assessment. *Forest Ecology and Management,* 255**,** 3222-3241.

Díaz, S., Pascual, U., Stenseke, M., Martín-López, B., Watson, R. T., Molnár, Z., Hill, R., Chan, K. M. A., Baste, I. A., Brauman, K. A., Polasky, S., Church, A., Lonsdale, M., Larigauderie, A., Leadley, P. W., van Oudenhoven, A. P. E., van der Plaat, F., Schröter, M., Lavorel, S., Aumeeruddy-Thomas, Y., Bukvareva, E., Davies, K., Demissew, S., Erpul, G., Failler, P., Guerra, C. A., Hewitt, C. L., Keune, H., Lindley, S. & Shirayama, Y. 2018. Assessing nature's contributions to people. 359**,** 270-272.

Dixon, R. K., Solomon, A. M., Brown, S., Houghton, R. A., Trexier, M. C. & Wisniewski, J. 1994. Carbon Pools and Flux of Global Forest Ecosystems. 263**,** 185-190.

Dong, L., Bettinger, P., Liu, Z. & Qin, H. 2015. A comparison of a neighborhood search technique for forest spatial harvest scheduling problems: A case study of the simulated annealing algorithm. *Forest Ecology and Management,* 356**,** 124-135.

Dowling, R. K. & Newsome, D. 2010. *Geotourism: the tourism of geology and landscape*, Goodfellow Publishers Limited.

Duncker, P. S., Barreiro, S. M., Hengeveld, G. M., Lind, T., Mason, W. L., Ambrozy, S. & Spiecker, H. 2012. Classification of Forest Management Approaches: A New Conceptual Framework and Its Applicability to European Forestry. *Ecology and Society,* 17.

Egoh, B., Reyers, B., Rouget, M., Richardson, D. M., Le Maitre, D. C. & van Jaarsveld, A. S. 2008. Mapping ecosystem services for planning and management. *Agriculture, Ecosystems & Environment,* 127**,** 135-140.

Eraslan, İ. 1981. Aynı Yaşlı Ormanların Optimal Kuruluşlara Götürülmesinde Kullanılabilecek Artım Yüzdeleri Simulasyon Yöntemi. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University (JFFIU)* No. 2110/289**,** 38.

Eraslan, İ. 1982. *Orman Amenajmanı,* Matbaa Teknisyenleri Basımevi, Istanbul, Istanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi.

Eraslan, İ. & Evcimen, B. S. 1967. Trakya' daki Mese Ormanlarının Hacim ve Hasılatı Hakkında Tamamlayıcı Arastırmalar. . *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi. ,* Seri A, Cilt:17, Sayı:1.

Escobedo, F. J., Kroeger, T. & Wagner, J. E. 2011. Urban forests and pollution mitigation: Analyzing ecosystem services and disservices. *Environmental Pollution,* 159**,** 2078-2087.

Europe, C. o. 2000. European Landscape Convention.-European Treaty Series No. 176 https://rm.coe.int/1680080621.

Europe, C. o. 2005. Council of Europe Framework Convention on the Value of Cultural Heritage for Society (Faro Convention). European Treaty Series No. 199. https://rm.coe.int/1680083746.

Eyvindson, K. & Cheng, Z. 2016. Implementing the conditional value at risk approach for even-flow forest management planning. *Canadian Journal of Forest Research,* 46**,** 637-644.

Farrell, E. P., Führer, E., Ryan, D., Andersson, F., Hüttl, R. & Piussi, P. 2000. European forest ecosystems: building the future on the legacy of the past. *Forest Ecology and Management,* 132**,** 5-20.

Filyushkina, A., Strange, N., Löf, M., Ezebilo, E. E. & Boman, M. 2018. Applying the Delphi method to assess impacts of forest management on biodiversity and habitat preservation. *Forest Ecology and Management,* 409**,** 179-189.

Fowles, J. 1978. *Handbook of futures research*.

FRA 2010. Forest resources assesment country report for Turkey.

Geijzendorffer, I. R., Cohen-Shacham, E., Cord, A. F., Cramer, W., Guerra, C. & Martín-López, B. 2017. Ecosystem services in global sustainability policies. *Environmental Science & Policy,* 74**,** 40-48.

Geneletti, D. 2011. Reasons and options for integrating ecosystem services in strategic environmental assessment of spatial planning. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management,* 7**,** 143-149.

Gimona, A. & van der Horst, D. 2007. Mapping hotspots of multiple landscape functions: a case study on farmland afforestation in Scotland. *Landscape Ecology,* 22**,** 1255-1264.

Gregory, R. & Keeney, R. L. 1994. Creating policy alternatives using stakeholder values. *Management Science,* 40**,** 1035-1048.

Grêt-Regamey, A., Weibel, B., Kienast, F., Rabe, S.-E. & Zulian, G. 2015. A tiered approach for mapping ecosystem services. *Ecosystem Services,* 13**,** 16-27.

Guo, Z., Xiao, X. & Li, D. 2000. AN ASSESSMENT OF ECOSYSTEM SERVICES: WATER FLOW REGULATION AND HYDROELECTRIC POWER PRODUCTION. 10**,** 925-936.

Gül, A., Örücü, M. K. & Karaca, Ö. 2006. An approach for recreation suitability analysis to recreation planning in Gölcük Nature Park. *Environmental management,* 37**,** 606-625.

Haines-Young, R. & Potschin, M. J. E. E. A. 2012. Common international classification of ecosystem services (CICES, Version 4.1). 33**,** 107.

Hajkowicz, S. A., McDonald, G. T. & Smith, P. N. 2000. An evaluation of multiple objective decision support weighting techniques in natural resource management. *Journal of Environmental Planning and Management,* 43**,** 505-518.

Hammitt, W. E., Patterson, M. E. & Noe, F. P. 1994. Identifying and predicting visual preference of southern Appalachian forest recreation vistas. *Landscape and Urban Planning,* 29**,** 171-183.

Hartl, F. H., Barka, I., Hahn, W. A., Hlasny, T., Irauschek, F., Knoke, T., Lexer, M. J. & Griess, V. C. 2016. Multifunctionality in European mountain forests - an optimization under changing climatic conditions. *Canadian Journal of Forest Research,* 46**,** 163-171.

He, N., Wen, D., Zhu, J., Tang, X., Xu, L., Zhang, L., Hu, H., Huang, M. & Yu, G. 2017. Vegetation carbon sequestration in Chinese forests from 2010 to 2050. *Global change biology,* 23**,** 1575-1584.

Hiwasaki, L., Luna, E., Syamsidik & Shaw, R. 2014. Process for integrating local and indigenous knowledge with science for hydro-meteorological disaster risk reduction and climate change adaptation in coastal and small island communities. *International Journal of Disaster Risk Reduction,* 10**,** 15-27.

Hølleland, H., Skrede, J. & Holmgaard, S. B. 2017. Cultural Heritage and Ecosystem Services: A Literature Review. *Conservation and Management of Archaeological Sites,* 19**,** 210-237.

Houghton, R. A. 2007. Balancing the Global Carbon Budget. 35**,** 313-347.

Howard, A. F. 1991. A critical look at multiple criteria decision making techniques with reference to forestry applications. *Canadian journal of forest research,* 21**,** 1649-1659.

Hörnsten, L. & Fredman, P. 2000. On the distance to recreational forests in Sweden. *Landscape and Urban Planning,* 51**,** 1-10.

IPCC 2006. IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories, prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. In: IGES, Japan (Eds.: H.S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara and K. Tanabe).

Irmak, A. 1940. *Belgrad Ormanı Toprak Münasebetleri,* Ankara, Ankara Yüksek Ziraat Enstitisü Rektörlüğü.

ITTO 2002. ITTO guidelines for the restoration, management and rehabilitation of degraded and secondary tropical forests. *ITTO Policy Development Series*.

Jackson, B., Pagella, T., Sinclair, F., Orellana, B., Henshaw, A., Reynolds, B., McIntyre, N., Wheater, H. & Eycott, A. 2013. Polyscape: A GIS mapping framework providing efficient and spatially explicit landscape-scale valuation of multiple ecosystem services. *Landscape and Urban Planning,* 112**,** 74-88.

Jin, X. J., Pukkala, T. & Li, F. R. 2016. A management planning system for even-aged and uneven-aged forests in northeast China. *Journal of Forestry Research,* 27**,** 837-852.

Jujnovsky, J., González-Martínez, T. M., Cantoral-Uriza, E. A. & Almeida-Leñero, L. 2012. Assessment of Water Supply as an Ecosystem Service in a Rural-Urban Watershed in Southwestern Mexico City. *Environmental Management,* 49**,** 690-702.

Kalıpsız, A. 1963. Türkiye'de Karaçam (Pinus nigra Arnold) Mescerelerinin Tabii Bünyesi ve Verim Kudreti Üzerine Arastırmalar. . *In:* T.C. TARıM BAKANLıĞı, O. G. M. Y. (ed.). İstanbul.: Yenilik Basımevi.

Kangas, J. 1994. An approach to public participation in strategic forest management planning. *Forest ecology and management,* 70**,** 75-88.

Kantarcı, M. D. 1972. Belgrad Ormanında Toprak ve Orman Yetişme Muhiti Birimlerinin Haritalanması Esasları Üzerine Araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi,* 1**,** 123-214.

Karahalil, U. 2009. *Korunan orman alanlarında amenajman planlarının düzenlenmesi (Köprülü Kanyon Milli Parkı örneği).* Doktora Tezi, KT Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Kaya, A., Bettinger, P., Boston, K., Akbulut, R., Ucar, Z., Siry, J., Merry, K. & Cieszewski, C. 2016. Optimisation in forest management. *Current Forestry Reports,* 2**,** 1-17.

Keim, R. F. & Skaugset, A. E. 2003. Modelling effects of forest canopies on slope stability. 17**,** 1457-1467.

Kienast, F., Degenhardt, B., Weilenmann, B., Wäger, Y. & Buchecker, M. 2012. GIS-assisted mapping of landscape suitability for nearby recreation. *Landscape and Urban Planning,* 105**,** 385-399.

Kindler, E. 2016. A comparison of the concepts: Ecosystem services and forest functions to improve interdisciplinary exchange. *Forest Policy and Economics,* 67**,** 52-59.

Kliskey, A. D. 2000. Recreation terrain suitability mapping: a spatially explicit methodology for determining recreation potential for resource use assessment. *Landscape and Urban Planning,* 52**,** 33-43.

Kordi, M. & Brandt, S. A. 2012. Effects of increasing fuzziness on analytic hierarchy process for spatial multicriteria decision analysis. *Computers, Environment and Urban Systems,* 36**,** 43-53.

Köchli, D. A. & Brang, P. 2005. Simulating effects of forest management on selected public forest goods and services: A case study. *Forest Ecology and Management,* 209**,** 57-68.

Kuhlmann, C. A., Martell, D. L., Wets, R. J. & Woodruff, D. L. 2015a. Generating Stochastic Ellipsoidal Forest and Wildland Fire Scar Scenarios for Strategic Forest Management Planning under Uncertainty. *Forest Science,* 61**,** 494-508.

Kuhlmann, C. A., Martell, D. L., Wets, R. J. B. & Woodruff, D. L. 2015b. Generating Stochastic Ellipsoidal Forest and Wild land Fire Scar Scenarios for Strategic Forest Management Planning under Uncertainly. *Forest Science,* 61**,** 494-508.

Landeta, J. 2006. Current validity of the Delphi method in social sciences. *Technological Forecasting and Social Change,* 73**,** 467-482.

Lappi, J. & Lempinen, R. 2014. A linear programming algorithm and software for forest-level planning problems including factories. *Scandinavian Journal of Forest Research,* 29**,** 178-184.

Le Blanc, D. 2015. Towards Integration at Last? The Sustainable Development Goals as a Network of Targets. 23**,** 176-187.

Linkov, I., Varghese, A., Jamil, S., Seager, T. P., Kiker, G. & Bridges, T. Multi-Criteria Decision Analysis: A Framework for Structuring Remedial Decisions at Contaminated Sites. 2004 Dordrecht. Springer Netherlands, 15-54.

Linstone, H. A. & Turoff, M. 1975. *The delphi method,* Addison-Wesley Reading, MA.

Liu, H., Ren, H., Hui, D., Wang, W., Liao, B. & Cao, Q. 2014. Carbon stocks and potential carbon storage in the mangrove forests of China. *Journal of Environmental Management,* 133**,** 86-93.

Liu , J., Dietz, T., Carpenter, S. R., Alberti, M., Folke, C., Moran, E., Pell, A. N., Deadman, P., Kratz, T., Lubchenco, J., Ostrom, E., Ouyang, Z., Provencher, W., Redman, C. L., Schneider, S. H. & Taylor, W. W. 2007. Complexity of Coupled Human and Natural Systems. 317**,** 1513-1516.

Liu, M., Luo, X. & Li, Q. 2012. An integrated method used to value recreation land–a case study of Sweden. *Energy Procedia,* 16**,** 244-251.

Maes, J., Hauck, J., Paracchini, M. L., Ratamäki, O., Termansen, M., Perez-Soba, M., Kopperoinen, L., Rankinen, K., Schänger, J. P. & Henrys, P. 2012. *A spatial assessment of ecosystem services in Europe: Methods, case studies and policy analysis-phase 2 Synthesis report*.

Maes, J., Teller, A., Erhard, M., Liquete, C., Braat, L., Berry, P., Egoh, B., Puydarrieux, P., Fiorina, C. & Santos, F. J. A. a. f. f. e. a. u. a. 2013. Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services. 5**,** 1-58.

Maes, J., Teller, A., Erhard, M., Murphy, P., Paracchini, M. L., Barredo, J. I., Grizzetti, B., Cardoso, A., Somma, F. & Petersen, J. E. 2014. Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services: Indicators for ecosystem assessments under Action 5 of the EU Biodiversity Strategy to 2020.

Mancini, L., Vidal Legaz, B., Vizzarri, M., Wittmer, D., Grassi, G., Pennington, D. J. A. p. a. o. l., monitoring indicators & EUR, r. p. i. 2018. Mapping the role of Raw Materials in Sustainable Development Goals. 29595.

Martínez-Harms, M. J. & Balvanera, P. 2012. Methods for mapping ecosystem service supply: a review. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management,* 8**,** 17-25.

Maskell, L. C., Crowe, A., Dunbar, M. J., Emmett, B., Henrys, P., Keith, A. M., Norton, L. R., Scholefield, P., Clark, D. B., Simpson, I. C. & Smart, S. M. 2013. Exploring the ecological constraints to multiple ecosystem service delivery and biodiversity. 50**,** 561-571.

McFarlane, R. A., Horwitz, P., Arabena, K., Capon, A., Jenkins, A., Jupiter, S., Negin, J., Parkes, M. W. & Saketa, S. 2019. Ecosystem services for human health in Oceania. *Ecosystem Services,* 39**,** 100976.

McGuire, A., Sitch, S., Clein, J. S., Dargaville, R., Esser, G., Foley, J., Heimann, M., Joos, F., Kaplan, J. & Kicklighter, D. 2001. Carbon balance of the terrestrial biosphere in the twentieth century: Analyses of CO2, climate and land use effects with four process-based ecosystem models. *Global Biogeochemical Cycles,* 15**,** 183-206.

MEA 2005. Ecosystems and human well-being. Synthesis. A report of the Millenium Ecosystem Assesment. Island Press Whashington, D.C.

Mendoza, G., Ennaanay, D., Conte, M., Walter, M. T., Freyberg, D., Wolny, S., Hay, L., White, S., Nelson, E., Solorzano, L. J. N. C. t. & services, p. o. m. e. 2011. Water supply as an ecosystem service for hydropower and irrigation. 53-72.

Mitchell, R. K., Agle, B. R. & Wood, D. J. 1997. Toward a Theory of Stakeholder Identification and Salience: Defining the Principle of who and What Really Counts. 22**,** 853-886.

Mocior, E. & Kruse, M. 2016. Educational values and services of ecosystems and landscapes – An overview. *Ecological Indicators,* 60**,** 137-151.

Monkkonen, M., Juutinen, A., Mazziotta, A., Miettinen, K., Podkopaev, D., Reunanen, P., Salminen, H. & Tikkanen, O. P. 2014. Spatially dynamic forest management to sustain biodiversity and economic returns. *Journal of Environmental Management,* 134**,** 80-89.

Nahuelhual, L., Carmona, A., Lozada, P., Jaramillo, A. & Aguayo, M. 2013. Mapping recreation and ecotourism as a cultural ecosystem service: an application at the local level in Southern Chile. *Applied Geography,* 40**,** 71-82.

Naidoo, R., Balmford, A., Costanza, R., Fisher, B., Green, R. E., Lehner, B., Malcolm, T. & Ricketts, T. H. 2008. Global mapping of ecosystem services and conservation priorities. *Proceedings of the National Academy of Sciences,* 105**,** 9495-9500.

Nedkov, S. & Burkhard, B. 2012. Flood regulating ecosystem services—Mapping supply and demand, in the Etropole municipality, Bulgaria. *Ecological Indicators,* 21**,** 67-79.

Nelson, E., Mendoza, G., Regetz, J., Polasky, S., Tallis, H., Cameron, D., Chan, K., Daily, G. C., Goldstein, J. & Kareiva, P. M. 2009. Modeling multiple ecosystem services, biodiversity conservation, commodity production, and tradeoffs at landscape scales. *Frontiers in Ecology and the Environment,* 7**,** 4-11.

Nerini, F. F., Sovacool, B., Hughes, N., Cozzi, L., Cosgrave, E., Howells, M., Tavoni, M., Tomei, J., Zerriffi, H. & Milligan, B. J. N. S. 2019. Connecting climate action with other sustainable development goals. 2**,** 674-680.

Nobre, S., Eriksson, L.-O. & Trubins, R. 2016. The use of decision support systems in forest management: analysis of forsys country reports. *Forests,* 7**,** 72.

Nordström, E.-M., Eriksson, L. O. & Öhman, K. 2010. Integrating multiple criteria decision analysis in participatory forest planning: Experience from a case study in northern Sweden. *Forest Policy and Economics,* 12**,** 562-574.

NYDF 2018. forests and sustainable development goals https://nydfglobalplatform.org/.

OGM 2017. Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Orman Amenajman Planlarının Düzenlenmesine Ait Usul ve Esaslar. *In:* T.C. ORMAN VE SU İŞLERI BAKANLıĞı, O. G. M., ORMAN İDARESI VE PLANLAMA DAIRESI BAŞKANLıĞı (ed.). Ankara.

Okoli, C. & Pawlowski, S. D. 2004. The Delphi method as a research tool: an example, design considerations and applications. *Information & Management,* 42**,** 15-29.

Özcan, B. G. 2002. *Sahil çamı (Pinus pinaster ait. ) ağaçlandırmalarında artım ve büyüme (Growth and yield of Pinus pinaster ait. plantations).* PhD Thesis, İstanbul Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü.

Özhan, S. 1977. *Belgrad Ormanı Ortadere Yağış Havzasında Ölü Örtünün Hidrolojik Bakımdan Önemli Özelliklerinin Bazı Yöresel Etkenlere Göre Değişimi.* PhD., İstanbul University.

Özhan, S. 2004. *Havza Amenajmanı,* İstanbul.

Özyuvacı, N. 1999. *Meteoroloji ve Klimatoloji,* İstanbul, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları,.

Palacios-Agundez, I., Casado-Arzuaga, I., Madariaga, I. & Onaindia, M. 2013. The relevance of local participatory scenario planning for ecosystem management policies in the Basque Country, northern Spain. *Ecology and Society,* 18.

Pan, Y., Birdsey, R. A., Fang, J., Houghton, R., Kauppi, P. E., Kurz, W. A., Phillips, O. L., Shvidenko, A., Lewis, S. L. & Canadell, J. G. 2011. A large and persistent carbon sink in the world's forests. *Science,* 333**,** 988-993.

Paracchini, M. L., Zulian, G., Kopperoinen, L., Maes, J., Schägner, J. P., Termansen, M., Zandersen, M., Perez-Soba, M., Scholefield, P. A. & Bidoglio, G. 2014. Mapping cultural ecosystem services: A framework to assess the potential for outdoor recreation across the EU. *Ecological Indicators,* 45**,** 371-385.

Pattanayak, S. K. 2004. Valuing watershed services: concepts and empirics from southeast Asia. *Agriculture, Ecosystems & Environment,* 104**,** 171-184.

Pehlivanoglu, M. T. 1986. *Determination of recreational potential and planning principles for Belgrad Forest.* PHD, Istanbul University.

Pert, P. L., Butler, J. R. A., Brodie, J. E., Bruce, C., Honzák, M., Kroon, F. J., Metcalfe, D., Mitchell, D. & Wong, G. 2010. A catchment-based approach to mapping hydrological ecosystem services using riparian habitat: A case study from the Wet Tropics, Australia. *Ecological Complexity,* 7**,** 378-388.

Peura, M., Trivino, M., Mazziotta, A., Podkopaev, D., Juutinen, A. & Monkkonen, M. 2016. Managing boreal forests for the simultaneous production of collectable goods and timber revenues. *Silva Fennica,* 50.

Plieninger, T., Dijks, S., Oteros-Rozas, E. & Bieling, C. 2013. Assessing, mapping, and quantifying cultural ecosystem services at community level. *Land Use Policy,* 33**,** 118-129.

Polat, A. T. & Akay, A. 2015. Relationships between the visual preferences of urban recreation area users and various landscape design elements. *Urban Forestry & Urban Greening,* 14**,** 573-582.

Pukkala, T., Lahde, E. & Laiho, O. 2014. Optimizing any-aged management of mixed boreal forest under residual basal area constraints. *Journal of Forestry Research,* 25**,** 627-636.

Raudsepp-Hearne, C., Peterson, G. D. & Bennett, E. 2010a. Ecosystem service bundles for analyzing tradeoffs in diverse landscapes. *Proceedings of the National Academy of Sciences,* 107**,** 5242-5247.

Raudsepp-Hearne, C., Peterson, G. D., Tengö, M., Bennett, E. M., Holland, T., Benessaiah, K., MacDonald, G. K. & Pfeifer, L. J. B. 2010b. Untangling the environmentalist's paradox: why is human well-being increasing as ecosystem services degrade? 60**,** 576-589.

Raum, S. 2018. A framework for integrating systematic stakeholder analysis in ecosystem services research: Stakeholder mapping for forest ecosystem services in the UK. *Ecosystem Services,* 29**,** 170-184.

Reed, M. S. 2008. Stakeholder participation for environmental management: A literature review. *Biological Conservation,* 141**,** 2417-2431.

Reed, M. S., Graves, A., Dandy, N., Posthumus, H., Hubacek, K., Morris, J., Prell, C., Quinn, C. H. & Stringer, L. C. 2009. Who's in and why? A typology of stakeholder analysis methods for natural resource management. *Journal of Environmental Management,* 90**,** 1933-1949.

Repo, A., Ahtikoski, A. & Liski, J. 2015. Cost of turning forest residue bioenergy to carbon neutral. *Forest Policy and Economics,* 57**,** 12-21.

Reyers, B., O'Farrell, P., Cowling, R., Egoh, B., Le Maitre, D. & Vlok, J. 2009. Ecosystem services, land-cover change, and stakeholders: finding a sustainable foothold for a semiarid biodiversity hotspot. *Ecology and Society,* 14.

Rouget, M., Reyers, B., Jonas, Z., Desmet, P., Driver, A., Maze, K., Egoh, B., Cowling, R. M., Mucina, L. & Rutherford, M. 2004. South African National Spatial Biodiversity Assessment 2004. *Technical report. Volume 1: Terrestrial component*.

Saaty, R. W. 1987. The analytic hierarchy process—what it is and how it is used. *Mathematical Modelling,* 9**,** 161-176.

Saaty, T. L. 1990. How to make a decision: The analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research,* 48**,** 9-26.

Sandström, K. 1998. Can forests" provide" water: widespread myth or scientific reality?

Sarkissian, W., Cook, A. & Walsh, K. 1997. Community participation in praictice: A practical guide. Institute for Science and Technology Policy, Murdoch University. Perth. Western Australia.

Schirpke, U., Tasser, E. & Tappeiner, U. 2013. Predicting scenic beauty of mountain regions. *Landscape and Urban Planning,* 111**,** 1-12.

Schröter, M. & Remme, R. P. J. L. E. 2016. Spatial prioritisation for conserving ecosystem services: comparing hotspots with heuristic optimisation. 31**,** 431-450.

Scolozzi, R., Morri, E. & Santolini, R. 2012. Delphi-based change assessment in ecosystem service values to support strategic spatial planning in Italian landscapes. *Ecological Indicators,* 21**,** 134-144.

SDG. 2015. *Sustainable developments goals* *https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/* [Online]. [Accessed 20.06 2018].

Smith, L. M., Case, J. L., Smith, H. M., Harwell, L. C. & Summers, J. K. 2013. Relating ecoystem services to domains of human well-being: Foundation for a U.S. index. *Ecological Indicators,* 28**,** 79-90.

Smith, P. 2014. Do grasslands act as a perpetual sink for carbon? 20**,** 2708-2711.

Sugimura, K. & Howard, T. E. 2008. Incorporating social factors to improve the Japanese forest zoning process. *Forest Policy and Economics,* 10**,** 161-173.

Syrbe, R.-U. & Walz, U. 2012. Spatial indicators for the assessment of ecosystem services: Providing, benefiting and connecting areas and landscape metrics. *Ecological Indicators,* 21**,** 80-88.

Tallis, H., Ricketts, T., Guerry, A., Wood, S., Sharp, R., Nelson, E., Ennaanay, D., Wolny, S., Olwero, N. & Vigerstol, K. J. S., Available at http://ncp-dev. stanford. edu/~ dataportal/invest-releases/documentation/current_release/, last accessed February 2013. InVEST 2.5. 3 User's Guide. The natural capital project. 22**,** 2015.

Tolunay, D. 2011. Total carbon stocks and carbon accumulation in living tree biomass in forest ecosystems of Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry,* 35**,** 265-279.

Tolunay, D. 2019. Biomass factors used to calculate carbon storage of Turkish forests. *Forestist,* 69**,** 149-155.

Tolunay, D. & Çömez, A. 2008. Türkiye ormanlarında toprak ve ölü örtüde depolanmış organik karbon miktarları. *Hava Kirliliği ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu Bildiri Kitabı, Hatay s***,** 750-765.

Tsai, H.-C., Chiang, J.-M., McEwan, R. W. & Lin, T.-C. 2018. Decadal effects of thinning on understory light environments and plant community structure in a subtropical forest. 9**,** e02464.

Tunçkale, İ. H. 1965. Belgrad Ormanı Toprak Tipleri ve Yayılışları Üzerine Araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi,* 1**,** 111-164.

Turkelboom, F., Leone, M., Jacobs, S., Kelemen, E., García-Llorente, M., Baró, F., Termansen, M., Barton, D. N., Berry, P., Stange, E., Thoonen, M., Kalóczkai, Á., Vadineanu, A., Castro, A. J., Czúcz, B., Röckmann, C., Wurbs, D., Odee, D., Preda, E., Gómez-Baggethun, E., Rusch, G. M., Pastur, G. M., Palomo, I., Dick, J., Casaer, J., van Dijk, J., Priess, J. A., Langemeyer, J., Mustajoki, J., Kopperoinen, L., Baptist, M. J., Peri, P. L., Mukhopadhyay, R., Aszalós, R., Roy, S. B., Luque, S. & Rusch, V. 2018. When we cannot have it all: Ecosystem services trade-offs in the context of spatial planning. *Ecosystem Services,* 29**,** 566-578.

Uhde, B., Hahn, W. A., Griess, V. C. & Knoke, T. 2015. Hybrid MCDA Methods to Integrate Multiple Ecosystem Services in Forest Management Planning: A Critical Review. *Environmental Management,* 56**,** 373-388.

UNDP. 2015. *Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları* [Online]. Türkiye. Available: https://www.tr.undp.org/content/turkey/tr/home/sustainable-development-goals.html [Accessed 2020].

UNESCO 1992. Report of the Rapporteur from the Sixteenth Session of the World Heritage Convention. Santa Fe. December 7–14, 1992. WHC-92/CONF.002/12.

Unwto 2015. Tourism and the sustainable development goals. United Nations World Tourism Organization Madrid.

Vacik, H. & Lexer, M. J. 2014. Past, current and future drivers for the development of decision support systems in forest management. *Scandinavian Journal of Forest Research,* 29**,** 9-+.

Van Der Werf, G. R., Morton, D. C., Defries, R. S., Olivier, J. G. J., Kasibhatla, P. S., Jackson, R. B. & Randerson, J. T. 2009. CO2 emissions from forest loss. *Nature Geoscience,* 2**,** 737-738.

van Riper, C. J., Kyle, G. T., Sutton, S. G., Barnes, M. & Sherrouse, B. C. 2012. Mapping outdoor recreationists' perceived social values for ecosystem services at Hinchinbrook Island National Park, Australia. *Applied Geography,* 35**,** 164-173.

Vauhkonen, J. & Pukkala, T. 2016. Selecting the trees to be harvested based on the relative value growth of the remaining trees. *European Journal of Forest Research,* 135**,** 581-592.

Vihervaara, P., Kumpula, T., Tanskanen, A. & Burkhard, B. 2010. Ecosystem services–A tool for sustainable management of human–environment systems. Case study Finnish Forest Lapland. *Ecological Complexity,* 7**,** 410-420.

Villa, F., Bagstad, K., Johnson, G., Voigt, B. J. E. A. y. R. N.-A. & Economics, R. 2011. Scientific instruments for climate change adaptation: estimating and optimizing the efficiency of ecosystem service provision. 11**,** 83-98.

Vizzari, M. 2011. Spatial modelling of potential landscape quality. *Applied Geography,* 31**,** 108-118.

Vladimirova, K. & Le Blanc, D. 2016. Exploring Links Between Education and Sustainable Development Goals Through the Lens of UN Flagship Reports. 24**,** 254-271.

Wang, J., Chen, J., Ju, W. & Li, M. 2010. IA-SDSS: A GIS-based land use decision support system with consideration of carbon sequestration. *Environmental Modelling & Software,* 25**,** 539-553.

Wenhua, L. 2004. Degradation and restoration of forest ecosystems in China. *Forest Ecology and Management,* 201**,** 33-41.

Wood, S. L. & DeClerck, F. 2015. Ecosystems and human well-being in the Sustainable Development Goals. 13**,** 123-123.

Wood, S. L. R., Jones, S. K., Johnson, J. A., Brauman, K. A., Chaplin-Kramer, R., Fremier, A., Girvetz, E., Gordon, L. J., Kappel, C. V., Mandle, L., Mulligan, M., O'Farrell, P., Smith, W. K., Willemen, L., Zhang, W. & DeClerck, F. A. 2018. Distilling the role of ecosystem services in the Sustainable Development Goals. *Ecosystem Services,* 29**,** 70-82.

Yeşil, A., Asan, Ü., Özdemir, İ. & Özkan, Y. 2003. Ormancılıkta Katılımcı Yaklaşımın Gelişmiş Ülkelerdeki Uygulama Örnekleri Ve Türkiye İçin Öneriler. *II. Ulusal Ormancılık Kongresi: Türkiye Ormanlarının Yönetimi ve Katılım.*

Zengin, H. 2010. Orman Kaynaklarından Fonksiyonel Yaklaşım ile Çok Amaçlı Faydalanmanın Optimizasyonu. *PHD Thesis***,** 139.

Zengin, H., Yeşil, A., Asan, Ü., Bettinger, P., Cieszewski, C. & Siry, J. P. J. J. o. F. 2013. Evolution of modern forest management planning in the Republic of Turkey. 111**,** 239-248.

Zhang, L., Dawes, W. & Walker, G. 2001. Response of mean annual evapotranspiration to vegetation changes at catchment scale. *Water resources research,* 37**,** 701-708.

# EKLER

# ÖZGEÇMİŞ

| Kişisel Bilgiler | |
|---|---|
| Adı Soyadı | İnci ÇAĞLAYAN |
| Doğum Yeri | Ortaköy |
| Doğum Tarihi | 30.11.1988 |
| Uyruğu | ☑ T.C. ❒ Diğer: |
| Telefon | 05444005097 |
| E-Posta Adresi | inciyaylaci@istanbul.edu.tr |
| Web Adresi | http://avesis.istanbulc.edu.tr/inciyaylaci |



| Eğitim Bilgileri | |
|---|---|
| **Lisans** | |
| Üniversite | İstanbul Üniversitesi |
| Fakülte | Orman Fakültesi |
| Bölümü | Orman Mühendisliği |
| Mezuniyet Yılı | 2010 |

| Eğitim Bilgileri | |
|---|---|
| **Lisans** | |
| Üniversite | İstanbul Üniversitesi |
| Fakülte | Orman Fakültesi |
| Bölümü | Peyzaj Mimarlığı |
| Mezuniyet Yılı | 2013 |

| Yüksek Lisans | |
|---|---|
| Üniversite | İstanbul Üniversitesi |
| Enstitü Adı | Fen Bilimleri Enstitüsü |
| Anabilim Dalı | Orman Mühendisliği Anabilim Dalı |
| Programı | Orman Mühendisliği Programı |

**Makale ve Bildiriler**

Caglayan İ., Yeşil A., Zengin H., Unal M.E., (2018) Spatial harvest scheduling for oak coppices conversion into high forest involving wood production management, *Bosque*, vol.39, pp.177-190.

Caglayan, İ., Yeşil, A., Cieszewski, C., Gül, F. K., & Kabak, Ö. (2020). Mapping of recreation suitability in the Belgrad Forest Stands. *Applied Geography*, 116, 102153.

Çağlayan İ., Yeşil A., Cinar D., Cieszewski C., (2018) Taxonomy for the optimization in forest management: a review and assessment, *Forestist*, vol.68, pp.122-135.

Göltaş M., Demirel T., Çağlayan İ., (2017) Visibility Analysis of Fire Watchtowers Using GIS: A Case Study in Dalaman State Forest Enterprise, *European Journal of Forest Engineering*, vol.3, pp.66-71.

Çağlayan İ., (2019) *Belgrad Ormanının Ekosistem Hizmetleri Tabanlı Planlanması*, İstanbul Belgrad Ormanındaki Gelişme Planlarına Halkın Taleplerini Dahil Eden Katılımcı Bir Süreç Oluşturulması Teknik Rapor, 59-71 ISBN, 978-605-031-480-9

Cagayan İ., Koç M. , Demirel T., (2017) Ranking of Strategic Plans with GRA On The Basis of Recreation and Water Production; The case of Belgrade Forest ", International Symposium on New Horizons in Forestry, Isparta, Turkey, 18-20 October.

Çağlayan İ., (2016) Comparison of Forest Planning Systems Implemented in Turkey so far", 1st International Symposium of Forest Engineering and Technologies (FETEC 2016): Forest Harvesting and Roading in Environmentally Sensitive Areas, Bursa, Turkey 2-4 June.

Çağlayan İ., (2014) Ağaç Hacim Dağılım Haritalarının Mekansal Enterpolasyon Yöntem(ler)iyle Üretilmesi, II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, Isparta, Türkiye, 22-24 Ekim, ss.1063.

Çağlayan İ., Sağlam S., Çınar O., (2018) The Effect of Distance to Residence on Recreation Preference; The Case of Belgrad Forest, 4th International Conference on Engineering and Natural Sciences (ICENS 2018), Kiev, Ukraine, 2-6 May, pp.166-166.

Çağlayan İ., Sadak A., Kılıç Gül F., (2018) Comparation of the Carbon Footprint and Sequestration for a Forest and Neigbour Two Districts, 4th International Conference on Engineering and Natural Sciences (ICENS 2018), Kiev, Ukraine, 2-6 May 2018, pp.167-137

Demirel T., Göltaş M., Çağlayan İ., (2017) Visibility Analysis of Fire Watchtowers Using GIS; A Case Study of Dalaman State Forest Enterprise, International Forestry and Environment Symposium, Trabzon, Turkey, 7-10 November.