



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**ORMAN KAYNAKLARINDAN FONKSİYONEL
YAKLAŞIM İLE ÇOK AMAÇLI FAYDALANMANIN
OPTİMİZASYONU**

**Orm.Yük.Müh. Hayati ZENGİN
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Orman Amenajmanı Programı**

**Danışman
Prof.Dr. Ünal ASAN**

**II. Danışman
Yrd.Doç.Dr.Sinan DESTAN**

Eylül, 2009

İSTANBUL



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**ORMAN KAYNAKLARINDAN FONKSİYONEL
YAKLAŞIM İLE ÇOK AMAÇLI FAYDALANMANIN
OPTİMİZASYONU**

**Orm.Yük.Müh. Hayati ZENGİN
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Orman Amenajmanı Programı**

**Danışman
Prof.Dr. Ünal ASAN**

**II. Danışman
Yrd.Doç.Dr.Sinan DESTAN**

Eylül, 2009

İSTANBUL

Bu çalışma 17/09/2009 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Orman Mühendisliğı Anabilim Dalı Orman Amenajmanı programında Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Prof.Dr. Ünal ASAN (Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Orman Fakültesi

Prof.Dr. Mehmet Nahit SERARSLAN
İstanbul Teknik Üniversitesi
İşletme Fakültesi

Prof.Dr. Ayhan KOÇ
İstanbul Üniversitesi
Orman Fakültesi

Prof.Dr. Ahmet YEŞİL
İstanbul Üniversitesi
Orman Fakültesi

Prof.Dr. Emin Zeki BAŞKENT
Karadeniz Teknik Üniversitesi
Orman Fakültesi

ÖNSÖZ

“Orman Kaynaklarından Fonksiyonel Yaklaşım İle Çok Amaçlı Faydalanmanın Optimizasyonu” başlıklı bu çalışma, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Orman Amenajmanı Programı’nda Doktora Tezi olarak hazırlanmıştır. Ülkemiz ormancılığında hem teori hem de uygulama düzeyinde önemli bir boşluğu dolduracağını düşündüğüm bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde danışmanlığımı üstlenerek güven ve bilimsel desteğini esirgemeyen, pek çok aşamadaki sorunların aşılmasında değerli yol göstericiliğinden faydalandığım sayın hocam Prof.Dr. Ünal ASAN’a teşekkür ve şükranlarımı sunarım.

Ek danışmanlığımı üstlenerek bilimsel problemlerime ortak olan ve görüşlerinden önemli ölçüde faydalandığım değerli hocam Yrd.Doç.Dr. Sinan DESTAN’a, Tez İzleme Komitesi’nde yer alarak, çalışmanın denetim ve yönlendirmeleriyle başarılı bir şekilde sonuca ulaşmasına katkı sağlayan değerli hocalarım Prof.Dr. M.Nahit SERARSLAN ve Prof.Dr. Ayhan KOÇ’a teşekkür ederim.

Yoğun günlerinde bile zaman ayırarak, tamamen yeni olduğum matematiksel modelleme konusunda bilgi ve uygulama yönünden belirli bir aşamaya gelmeme katkı sağlayan Doç.Dr.M.Mutlu YENİSEY ve Arş Gör. M.Engin ÜNAL’a çalışmanın ana bölümlerinden birisinin oluşumundaki önemli desteklerinden dolayı teşekkür ve şükranlarımı sunarım.

Bilimsel ve moral desteği sadece tez çalışmasıyla sınırlı olmayan, değerli görüşlerinden faydalanmayı her zaman fırsat bildiğim sayın hocam Prof.Dr. Ahmet YEŞİL’e ve yoğun çalışma günlerinin zorluklarını paylaştığım değerli arkadaşlarım Arş.Gör. U.Yunus ÖZKAN ve Arş.Gör. Serhun SAĞLAM’a teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmanın değişik aşamalarında pekçok kişinin katkıları olmuştur. Bu bağlamda Yrd.Doç.Dr. Yalçın YILMAZ ve Dr. Abdurrahim AYDIN’a Coğrafi Bilgi Sistemleri konusundaki desteklerinden, Orman Amenajman Başmühendisi Abbas ŞAHİN’e sayısal meşcere tipleri haritasını ve Orm.Yük.Müh. Gülçin ÖZKUL ÖZER’e ise plan ünitesine ait çeşitli verileri temin etmedeki yardımlarından dolayı teşekkür ederim. Çeşitli konularda desteklerini gördüğüm sevgili arkadaşlarım Arş.Gör. Akif KETEN, Arş.Gör. Bilal ÇETİN, Arş.Gör. Mehmet ÖZCAN, Arş.Gör. Hasan ÖZDEMİR ve Arş.Gör. Muammer ŞENYURT ile değerli hocalarım Doç.Dr. Ender MAKİNECİ ve Yrd.Doç.Dr.Orhan SEVGİ’ ye teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca desteklerini esirgemeyen aileme ve özellikle, çalışmamı sonlandıramadan kaybettiğim, rahmet ve şükranla anmayı görev bildiğim Babam’a teşekkürlerimi sunarım. İsimlerini saymayı unuttuğum ancak emeği geçen herkese teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilir, çalışmanın ormancılığımıza faydalı olmasını dilerim.

Eylül, 2009

Hayati ZENGİN

İÇİNDEKİLER

| | |
|--|-----------|
| ÖNSÖZ..... | I |
| İÇİNDEKİLER | II |
| ŞEKİL LİSTESİ..... | V |
| TABLO LİSTESİ | VI |
| SEMBOL LİSTESİ..... | IX |
| ÖZET | X |
| SUMMARY | XI |
| 1. GİRİŞ..... | 1 |
| 2. GENEL KISIMLAR | 13 |
| 2.1. ORMAN FONKSİYONLARI | 13 |
| 2.1.1. Ormanların Odun Üretim Fonksiyonu | 13 |
| 2.1.2. Ormanların Hidrolojik Fonksiyonu..... | 14 |
| 2.1.2.1. Su Bütçesi | 15 |
| 2.1.2.2. Su Bütçesi Elemanları..... | 18 |
| 2.1.2.3. Hidrolojik Fonksiyona İlişkin Genel Değerlendirmeler ve Türkiye' de Yapılan Çalışmalar | 27 |
| 2.1.3. Ormanların Rekreasyon Fonksiyonu | 30 |
| 2.2. ORMANLARDAN ÇOK AMAÇLI FAYDALANMA | 40 |
| 2.2.1. Çok Amaçlı Faydalanmayı Sağlamada Kullanılabilecek Yaklaşımlar | 44 |
| 2.2.1.1. Çok Amaçlı Faydalanmanın Konumsal ve Zamansal Boyutları..... | 45 |
| 2.2.1.2. Çok Amaçlı Faydalanmanın Optimizasyonu..... | 49 |
| 2.2.2. Çok Amaçlı Faydalanma Problemlerinin Çözümünde Kullanılabilecek Optimizasyon Teknikleri..... | 52 |
| 3. MALZEME VE YÖNTEM..... | 54 |

| | |
|--|------------|
| 3.1.MALZEME..... | 54 |
| 3.1.1. Çalışma Alanının Genel Özellikleri | 54 |
| 3.1.1.1. Ormandan Faydalanmayla İlgili Tarihsel Gelişmeler..... | 54 |
| 3.1.1.2. Coğrafi Konum ve Topoğrafya | 56 |
| 3.1.1.3. İklim | 58 |
| 3.1.1.4. Anakaya ve Toprak | 59 |
| 3.1.1.5. Genel Vejetasyon | 60 |
| 3.1.1.6. Ekolojik İlişkiler | 61 |
| 3.1.1.7. Plan Ünitesinin Aktüel Durumu | 64 |
| 3.1.1.8. Orman Fonksiyonları..... | 66 |
| 3.1.2. Çalışmada Kullanılan Diğer Malzemelere İlişkin Bilgiler | 73 |
| 3.2. YÖNTEM..... | 75 |
| 3.2.1. Çalışma Alanının Seçimi | 75 |
| 3.2.2. Orman Fonksiyonları Haritasının Düzenlenmesi..... | 76 |
| 3.2.2.1. Odun Üretim Fonksiyonuna Ayrılacak Alanların Belirlenmesi..... | 77 |
| 3.2.2.2. Hidrolojik Fonksiyona Ayrılacak Alanların Belirlenmesi | 77 |
| 3.2.2.3. Rekreasyon Fonksiyonuna Ayrılacak Alanların Belirlenmesi | 78 |
| 3.2.3. Bölmeciklerin Fonksiyonel Değerlerinin Belirlenmesi | 98 |
| 3.2.3.1 Plan Ünitesi Bölmeciklerinin Odun Üretim Değerinin Belirlenmesi | 98 |
| 3.2.3.2. Plan Ünitesi Bölmeciklerinin Hidrolojik (Kaliteli Su Üretimi) | |
| Değerinin Belirlenmesi | 101 |
| 3.2.3.3. Plan Ünitesi Bölmeciklerinin Rekreasyon Değerinin Belirlenmesi.... | 110 |
| 3.2.4. Plan Ünitesinde Çok Amaçlı Faydalanmanın Optimizasyonu..... | 112 |
| 3.2.4.1. Tamsayı Programlama (Integer Programming)..... | 113 |
| 3.2.4.2. Orman Planlama Modelinin Oluşturulması | 116 |
| 3.2.4.3. Optimizasyon Modeli Veri Matrislerinin Oluşturulması | 126 |
| 3.2.4.4. Meşcere Olgunluklarının Kararlaştırılması | 135 |
| 3.2.4.5. Planlama Stratejilerinin Belirlenmesi | 139 |
| 4. BULGULAR..... | 141 |
| 4.1. ÇALIŞMA ALANININ GENEL DURUMUNA İLİŞKİN BULGULAR .. | 141 |
| 4.2. ORMAN FONKSİYONLARININ HARİTALANMASINA İLİŞKİN | |
| BULGULAR..... | 145 |

| | |
|---|------------|
| 4.3. ORMAN FONKSİYON DEĞERLERİNE İLİŞKİN BULGULAR..... | 151 |
| 4.3.1. Odun Üretim Fonksiyonuna İlişkin Bulgular..... | 152 |
| 4.3.2. Hidrolojik Fonksiyona İlişkin Bulgular | 153 |
| 4.3.3. Rekreasyon Fonksiyonuna İlişkin Bulgular | 155 |
| 4.4. PLAN STRATEJİLERİNE İLİŞKİN BULGULAR..... | 156 |
| 4.4.1. Farklı Plan Stratejilerine Ait Bulgular | 156 |
| 4.4.2. Plan Stratejilerine Ait Genel Bulgular | 165 |
| 5. TARTIŞMA VE SONUÇ..... | 178 |
| KAYNAKLAR..... | 188 |
| ÖZGEÇMİŞ..... | 200 |

ŞEKİL LİSTESİ

| | |
|---|-----|
| Şekil 2.1: Hidrolojik Devre Modeli | 17 |
| Şekil 2.2: Çam ormanlarında orman altı yağışın kapalılığa göre değişimi | 21 |
| Şekil 2.3: Çam ormanlarında ormanaltı yağışın meşcere yaşına göre değişimi | 21 |
| Şekil 2.4: Bir orman ekosisteminin süksesyonun değişik aşamalarında üretim potansiyeli | 49 |
| Şekil 3.1 : Çalışma alanının genel konumu ve topoğrafik yapısı | 57 |
| Şekil 3.2 : Çalışma alanı aktüel meşcere tipleri haritası | 62 |
| Şekil 3.3: Plan ünitesindeki ormanlık alanların yaş sınıflarına dağılışı ve ormansız alanlar | 66 |
| Şekil 3.4: Çalışma alanında yer alan bentler ve su sistemi | 69 |
| Şekil 3.5 : Çalışma alanı içerisinde yer alan mevcut rekreasyon alanları..... | 71 |
| Şekil 3.6: Bölmeciklerin rekreasyona uygunluğunun değerlendirilmesinde kullanılan kriterler | 79 |
| Şekil 3.7: Ekolojik Toprak Serileri Haritası | 84 |
| Şekil 3.8: Orman Formasyonları ve Tipleri haritaları..... | 94 |
| Şekil 3.9: Çalışma alanındaki bent havzalarında dere sıralarının belirlenmesi | 107 |
| Şekil 3.10 : Planlama modelinin şebeke gösterimi ve büyüme oranları | 127 |
| Şekil 3.11: Plan ufku içerisinde bakım yapılacak ve gençleştirilecek meşcereler..... | 138 |
| Şekil 4.1: Çalışma alanına ait eğim ve bakı grupları haritaları..... | 142 |
| Şekil 4.2: Çalışma alanına ait bonitet sınıfları haritası | 143 |
| Şekil 4.3: Yaş sınıfları haritası ile alan, servet ve artımın yaş sınıflarına dağılımı | 144 |
| Şekil 4.4 : Hidrolojik fonksiyona ayrılacak alanlar | 145 |
| Şekil 4.5 : Aktüel RUD sınıfları | 147 |
| Şekil 4.6: Ortalama RUD Sınıfları..... | 147 |
| Şekil 4.7: Çalışma alanı için oluşturulan potansiyel rekreasyon işletme sınıfı sınırları..... | 149 |
| Şekil 4.8: Plan ünitesi orman fonksiyon haritası | 150 |
| Şekil 4.9: Rekreasyon, Hidroloji ve Odun üretimine ayrılan alanlar ile diğer arazi kullanımları | 151 |
| Şekil 4.10: Değişik stratejilerle planlama ufku sonunda sağlanacak fonksiyon düzeyleri..... | 166 |
| Şekil 4.11: Değişik stratejilere göre periyodik odun üretimi miktarları | 167 |
| Şekil 4.12: Değişik stratejilere göre periyodik su üretimi miktarları..... | 167 |
| Şekil 4.13: Değişik stratejilere göre periyodik rekreasyon değeri miktarları | 168 |
| Şekil 4.14: Değişik stratejilere göre periyodik gençleştirme alanı miktarları | 169 |
| Şekil 4.15: STRATEJİ1'e göre bölmeciklerin gençleştirileceği periyotlar | 170 |
| Şekil 4.16: STRATEJİ2'ye göre bölmeciklerin gençleştirileceği periyotlar | 171 |
| Şekil 4.17: STRATEJİ3'e göre bölmeciklerin gençleştirileceği periyotlar | 172 |
| Şekil 4.18: STRATEJİ4'e göre bölmeciklerin gençleştirileceği periyotlar | 173 |
| Şekil 4.19: STRATEJİ5'e göre bölmeciklerin gençleştirileceği periyotlar | 174 |
| Şekil 4.20: STRATEJİ6'ya göre bölmeciklerin gençleştirileceği periyotlar | 175 |

TABLO LİSTESİ

| | |
|--|-----|
| Tablo 2.1: Değişik ağaç türleri için intersepsiyon oranları | 19 |
| Tablo 2.2: Değişik yağış entansitelerinde toprağa ulaşan yağış miktarları | 19 |
| Tablo 2.3: Değişik ağaç türlerine göre yağışın dağılımı | 20 |
| Tablo 2.4: Değişik meşcere kapalılıklarında orman altı yağış miktarları | 22 |
| Tablo 2.5: Titrek kavak ve Dişbudak meşcerelerinde orman altı yağış miktarları | 22 |
| Tablo 2.6: Değişik yağış entansitelerinde gövdeden akış yüzdeleri | 23 |
| Tablo 2.7: Çam ve Huş meşcerelerinde yaş yaprak ağırlığı ve transpirasyon miktarı..... | 24 |
| Tablo 2.8: Değişik meşcerelerde buharlaşma ile uzaklaşan nem miktarları | 26 |
| Tablo 2.9: Belgrad ormanında bazı kayın, meşe ve karaçam meşcerelerinde ara yağış, gövdeden akış ve gövdeden akışa ilişkin 5 yıllık sonuçlar | 29 |
| Tablo 2.10: Belgrad Ormanı'nda çeşitli ağaç türlerine ait meşcere altında ve çıplak alanlarda serbest su yüzeylerinden meydana gelen buharlaşma miktarları . | 29 |
| Tablo 2.11: Elmalı Barajı yağış havzasında bitki örtüsünün yüzeysel akışla su kaybı üzerine etkisi | 30 |
| Tablo 2.12: Belgrad Ormanı'nda değişik meşcere tiplerinde yağış, orman altı yağış, gövdeden akış, intersepsiyon ve yüzeysel akış miktarları | 30 |
| Tablo 2.13: Kuzey ülkelerinde değişik aktivitelere katılım oranları..... | 32 |
| Tablo 2.14: İstanbul için rekreasyon alanı talebi | 33 |
| Tablo 2.15: Kullanıcıların rekreasyonel kullanımlara katılım oranları..... | 35 |
| Tablo 2.16: Değişik meşcere tiplerinin rekreasyonel tercih açısından bağlı değerleri... | 38 |
| Tablo 3.1: Mevcut durumda plan ünitesinde ayrılan orman fonksiyonları | 65 |
| Tablo 3.2 : İşletme sınıflarına göre kararlaştırılan eta miktarları | 67 |
| Tablo 3.3 : Eski ve Yeni Plandaki Eta Dağılım Oranları | 67 |
| Tablo 3.4: Çalışma alanındaki bentlerden sağlanan sağlanan su miktarları..... | 69 |
| Tablo 3.5: Belgrad ormanı içerisinde yer alan mesire alanları..... | 70 |
| Tablo 3.6: Rekreasyona uygunluk açısından bakı değerleri..... | 81 |
| Tablo 3.7: Rekreasyona uygunluk açısından alan değerleri..... | 81 |
| Tablo 3.8: Rekreasyona uygunluk açısından yola yakınlık değerleri..... | 82 |
| Tablo 3.9: Rekreasyona uygunluk açısından bentlere yakınlık değerleri..... | 83 |
| Tablo 3.10: Rekreasyona uygunluk açısından akarsulara yakınlık değerleri | 83 |
| Tablo 3.11: Rekreasyona uygunluk açısından toprak türü değerleri | 83 |
| Tablo 3.12: Rekreasyona uygunluk açısından toprak derinliği değerleri..... | 85 |
| Tablo 3.13: Rekreasyona uygunluk açısından bonitet değerleri | 86 |
| Tablo 3.14: Rekreasyona uygunluk açısından orijin değerleri..... | 86 |
| Tablo 3.15: Rekreasyona uygunluk açısından iklim değerleri | 89 |
| Tablo 3.16: Rekreasyona uygunluk açısından rölyef değerleri | 91 |
| Tablo 3.17: Rekreasyona uygunluk açısından eğim değerleri..... | 92 |
| Tablo 3.18: Rekreasyona uygunluk açısından meşcere tipi değerleri | 92 |
| Tablo 3.19: Bölmeçiklerin dikili odun değerlerinin belirlenmesi | 100 |
| Tablo 3.20: Bölmeçiklerin odun üretim değerlerinin belirlenmesi | 101 |
| Tablo 3.21: Su üretimine uygunluk katsayısı kriterlerin puanlandırılması | 104 |

| | |
|--|-----|
| Tablo 3.22: 160 yaşındaki ve IV. bonitetteki MGnc3 meşçeresi için büyüme oranı matrisi..... | 128 |
| Tablo 3.23: 160 yaşındaki ve IV. bonitetteki MGnc3 meşçeresinin orta çap gelişimi | 129 |
| Tablo 3.24: MGnc3 meşçeresi için orta çap matrisi..... | 131 |
| Tablo 3.25: Gelişim çağları ve meşçere tipi katsayıları | 131 |
| Tablo 3.26: MGnc3 meşçeresi için meşçere tipi katsayıları matrisi | 132 |
| Tablo 3.27: MGnc3 meşçeresine ait Rekreasyona Uygunluk Değeri (RUD) matrisi .. | 132 |
| Tablo 3.28: Meşçerelerden alınacak minimum ve maksimum bakım etası oranları.... | 133 |
| Tablo 3.29: MGnc3 meşçeresi için minimum ara hasılat etası oranı matrisi | 134 |
| Tablo 3.30: MGnc3 meşçeresi için maksimum ara hasılat etası oranı matrisi..... | 134 |
| Tablo 3.31: Plan ünitesindeki bazı meşçerelere ait komşuluk matrisi | 135 |
| Tablo 3.32: Ağaç türleri için kararlaştırılan olgunluk periyodunun alt ve üst sınırları | 137 |
| Tablo 3.33: MGnc3 meşçeresinin gençleştirilebileceği ilk ve son periyotlar | 138 |
| Tablo 3.34: Planlama stratejileri..... | 140 |
| Tablo 4.1 : Çalışma alanının eğim guruplarına dağılımı..... | 141 |
| Tablo 4.2: Çalışma alanının bakı guruplarına dağılımı | 142 |
| Tablo 4.3: Çalışma alanının bonitet sınıflarına dağılımı | 143 |
| Tablo 4.4: Plan ünitesi alanlarının RUD sınıflarına dağılımı..... | 146 |
| Tablo 4.5: Değişik fonksiyon alanlarındaki gençleştirilecek ve bakım yapılacak alan miktarları | 151 |
| Tablo 4.6: Plan ünitesindeki ürün çeşidi miktarları ve tarife bedeli..... | 152 |
| Tablo 4.7: Farklı gelişim çağındaki meşçerelerin tarife bedelleri ve odun üretim değerleri..... | 152 |
| Tablo 4.8: Plan ünitesi havzalarının uygunluk (HUK) katsayıları | 153 |
| Tablo 4.9: Bentlerin bulunduğu havzaların çeşitli hidrolojik değerleri | 154 |
| Tablo 4.10: STRATEJİ1' e göre plan ufku boyunca gerçekleşen odun üretimi | 157 |
| Tablo 4.11: STRATEJİ1' e göre plan ufku boyunca gerçekleşen su üretimi ve rekreasyon değerleri | 157 |
| Tablo 4.12: STRATEJİ2' ye göre plan ufku boyunca gerçekleşen odun üretimi miktarları | 158 |
| Tablo 4.13: STRATEJİ2' ye göre plan ufku boyunca gerçekleşen su üretimi ve rekreasyon değerleri | 159 |
| Tablo 4.14: STRATEJİ3' e göre plan ufku boyunca gerçekleşen odun üretimi miktarları | 160 |
| Tablo 4.15: STRATEJİ3' e göre plan ufku boyunca gerçekleşen su üretimi ve rekreasyon değerleri | 160 |
| Tablo 4.16: STRATEJİ4' e göre plan ufku boyunca gerçekleşen odun üretimi miktarları | 161 |
| Tablo 4.17: STRATEJİ4' e göre plan ufku boyunca gerçekleşen su üretimi ve rekreasyon değerleri | 161 |
| Tablo 4.18: STRATEJİ5' e göre plan ufku boyunca gerçekleşen odun üretimi miktarları | 162 |
| Tablo 4.19: STRATEJİ5' e göre plan ufku boyunca gerçekleşen su üretimi ve rekreasyon değerleri | 163 |
| Tablo 4.20: STRATEJİ6' ya göre plan ufku boyunca gerçekleşen odun üretimi miktarları | 164 |
| Tablo 4.21: STRATEJİ6' ya göre plan ufku boyunca gerçekleşen su üretimi ve rekreasyon değerleri | 164 |

| | |
|---|-----|
| Tablo 4.22: Değişik stratejilerin amaç fonksiyonu değerleri | 165 |
| Tablo 4.23: Değişik stratejilerle planlama ufku sonunda sağlanacak fonksiyon değerleri..... | 166 |
| Tablo 4.24: Rekreasyon işletme sınıfından geliştirilen alan miktarları | 169 |
| Tablo 4.25: MGnc3 meşceresinden değişik periyotlarda alınacak ara hasılat etası miktarları | 176 |
| Tablo 4.26: STRATEJİ3 için ilk plan döneminde geliştirilecek alanlardan alınacak son hasılat etası miktarları..... | 177 |

SEMBOL LİSTESİ

| | |
|-----------------|---|
| ARP | : Aktif Rekreasyon Periyodu |
| ARZ | : Aktif Rekreasyon Zonu |
| CBS | : Coğrafi Bilgi Sistemleri |
| CPM | : Kritik Yörüğe Metodu |
| CVP | : Index of Climate, Vegetation and Productivity |
| DP | : Doğrusal Programlama |
| GAMS | : General Algebraic Modeling System |
| HUK | : Havza Uygunluk Katsayısı |
| İSKİ | : İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi |
| maxARZ | : Rekreasyon işletme sınıfından bir periyotta geliştirilebilecek alan |
| MS | : Management Science |
| MUSY-Act | : Multiple Use Sustained Yield Act |
| OPA | : Optimal Periyodik Alan |
| OT | : Orman Toprağı |
| PERT | : Programları Değerlendirme ve Gözden Geçirme Tekniği |
| PFA | : Periyodik Faydalanma Alanı |
| RUD | : Rekreasyona Uygunluk Değeri |
| SUK | : Su Üretimine Uygunluk Katsayısı |
| TP | : Tamsayılı Programlama |
| (HO) | : Hidroloji ve Odun Üretimi Fonksiyonu |
| (O) | : Odun Üretimi Fonksiyonu |
| (RHO) | : Rekreasyon, Hidroloji ve Odun Üretimi Fonksiyonu |
| (RO) | : Rekreasyon ve Odun Üretimi Fonksiyonu |

ÖZET

ORMAN KAYNAKLARINDAN FONKSİYONEL YAKLAŞIM İLE ÇOK AMAÇLI FAYDALANMANIN OPTİMİZASYONU

Bu çalışmada ormanların odun üretimi, rekreasyon ve hidroloji fonksiyonlarının Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Planlama yaklaşımına uygun şekilde işletme sınıfları ayrılarak, orman amenajmanına entegrasyonu ve bu yolla hem toplumun değişik fonksiyonlara olan taleplerinin karşılanması hem de farklı disiplinler tarafından üretilen bilimsel verilerin planlama çatısı altında nasıl bütünleştirileceğine dair bir yaklaşımın ortaya koyulması amaçlanmıştır.

Çok amaçlı planlamanın gerçekleştirilmesinde ana ilke olarak objektif ölçütlere dayalı olarak fonksiyonel işletme sınıflarının ayrılması ve meşcerelerin komşuluk ilişkilerinin planlamada gözetilmesi hedeflenmiş, yaklaşım olarak ele alınan fonksiyonlardan sağlanan toplam faydanın plan ünitesi bazında en iyilenmesine çalışılmıştır. İşletme sınıfı ayrımı gerçekleştirildikten sonra, bir kesim düzeni oluşturulup mevcut bölmeciklerin hangi periyotta gençleştirmeye sokulacağı kestirilmeye çalışılarak, Orman Amenajmanı disiplininin temel görevi olan plan ünitesinden faydalanmanın düzenlenmesine akılcı bir tarzda ve çok amaçlı kullanım yaklaşımına uygun bir şekilde çözüm üretilmeye çalışılmıştır. Planlama tekniği olarak Karışık Tamsayı Programlama (Mixed Integer Programming) kullanılmıştır. Modellemede karar değişkeni olarak, meşcerelerden bakım kesimleri ile çıkarılacak “ara hasılat miktarları” kullanılmış ve özgün bir matematiksel model geliştirilmiştir.

Çeşitli konumsal verilerin elde edilmesinde ArcMap, matematiksel modelin çözümünde ise GAMS adlı bilgisayar programlarından faydalanılmıştır.

Altı adet örnek planlama stratejisi oluşturularak, bu stratejiler için model çıktıları değerlendirilmiştir. Stratejilerin genelinde plan ufku süresince odun üretimi artarken, rekreasyon ve su üretimi değerlerinde düşüş gözlenmektedir. Rekreasyon ve hidrolojik fonksiyon değerlerinin plan ufkunca periyodik olarak sürekli artışının amaçlanması durumunda olurlu çözüm bulunamamıştır. Su ve rekreasyon fonksiyonlarının ağırlık değerlerinin bağıl olarak yüksek oluşu gençleştirme işleminin mümkün olduğunca geç periyotlara ertelenmesine neden olmaktadır. Bu çalışma ile ekosistem tabanlı fonksiyonel planlamaya bir örnek ve ülkemizde gittikçe artan orman planlamada modelleme çalışmaları için bir yaklaşım sunulmuştur.

SUMMARY

MULTIPLE-USE OPTIMISATION OF THE FOREST RESOURCES BY MEANS OF FUNCTIONAL PLANNING APPROACH

This study focuses on the integration of wood production, recreation and hydrologic functions of forests to the planning procedure by means of separating working groups (management units) based on the Ecosystem-Based Functional Planning approach. By this way, meeting the demands of society to different functions and carrying out an approach of how to integrate different data generated by different disciplines under planning framework were intended to be realized.

In the realization process of multi-objective planning, separation of working groups based on objective criteria and considering adjacency relations of stands is adopted as one of the main principles and as an approach total benefit provided from the functions dealt with is tried to be maximized at the planning unit context. After the separation of working groups, harvest scheduling was tried to be established. By this way, a solution to regulation of utilization, which is the main duty of Forest Management and Planning is tried to be produced by a rational way and consistent with the multiple-use approach. Mixed Integer Programming was used as the planning technique. Amount of volume of maintenance cuttings were taken as the decision variable in the mathematical modelling and an original model is developed for multi-objective planning procedure.

ArcMap software in obtaining of some spatial data and GAMS software for the solution of mathematical model were used.

Six sample planning strategies were constituted and model outputs were evaluated according to these strategies. Generally, while wood production increases in all strategies along the planning horizon, values of recreation and hydrologic functions tend to decrease. When a strategy, which ensures the periodic increment of recreation and hydrologic value levels in the planning horizon is tried to develop, the model could not find a feasible solution. Because the weighting values of recreation and hydrologic function is relatively high, model delays the regeneration of stands as possible as to the last periods. By this study a sample to the ecosystem-based functional planning and an approach to the modelling in forest management planning is presented.

1. GİRİŞ

Ormancılık, toplumun orman kaynaklarından beklediği ürün ve hizmet taleplerini yerinde, zamanında, yeteri miktarda ve sürekli biçimde karşılayabilmek için orman işletmelerinde sürdürülen planlı ve amaçlı faaliyetler zincirini kapsamaktadır. Amaç, her planlı faaliyette mevcut olan ve ulaşılmaya çaba sarf edilen temel hedeftir ve bu hedefe ulaşılması bir plan çerçevesinde yapılan işlemlerle mümkündür. Orman işletmelerinin doğaya açık ve uzun üretim süreli olmaları, buralarda yapılacak her türlü faaliyetin planlı olmasını zorunlu kılar. Bu zorunluluğun doğal sonucu olarak, tüm gelişmiş ülkelerde olduğu gibi Türkiye’de de ormanlar belirli amaçları gerçekleştirmek üzere amenajman planlarına göre işletilir (Asan, 2005).

Ülkemiz ormanlarının toplum yararına kullanılması sırasında gözetilen amaçlar hiyerarşik açıdan dört guruba ayrılmaktadır. Bunlar; küresel ormancılık amaçları, ulusal ormancılık amaçları, işletme amaçları ve işletme tekniği (silvikültürel) amaçlarıdır. Türkiye ormanları için söz konusu olan ulusal ormancılık amaçları, Anayasamızın ormanlar ile ilgili hükümlerinde, halen yürürlükteki orman yasalarında ve ülke kalkınmasına yön veren 5-7 Yıllık Planların ormancılık sektörü ile ilgili bölümlerinde aşağıdaki biçimde özetlenmektedir (Asan, 2005):

Türkiye Ormancılığının ana amacı; Türk Ulusu’ nun orman ürünlerine ve hizmetlerine olan bugünkü ve gelecekteki gereksinimlerini tam olarak karşılamaktır. Genel bir ifade şeklinde verilen bu ana amaca ulaşabilmek için şu görevlerin yerine getirilmesi gerekmektedir;

- 1- Bütün olanaklara ve önlemlere başvurarak, Türkiye ormanlarını tam olarak korumak,
- 2- Varolan ormanların yetersiz ve/veya düzensiz kuruluşlarını optimal kuruluşlara ulaştırmak ve böylece bu ormanları *sürekli* ve rasyonel bir biçimde işletmek suretiyle, bunlardan *çok amaçlı* yararlanmak,

3- Ormanlarımızın bugünkü alanlarını genişletmek amacıyla olmayan yerlerde yeni ormanlar kurmak.

Ulusal ormancılık amaçlarına ulaşabilmek için yerine getirilecek görevler arasında sayılan *süreklilik* ve *çok amaçlı kullanım*, ormanların planlanması sırasında da gözetilmesi gereken temel ilkeler arasında yer almaktadır.

Orman Amenajmanı biliminin doğuş nedeni olan *süreklilik* tanımlanırken odun üretimi ile birlikte ormanların sunduğu diğer fonksiyonların sürekliliğini de kapsayacak bir ifade kullanılmaktadır. Buna rağmen süreklilik terimi yakın zamana kadar uygulamada sadece odun üretimi fonksiyonu için göz önünde bulundurulmuş bir ilke olarak yer almıştır. Garip karşılanmaması gereken bu durumun nedeni; diğer ürün ve hizmet fonksiyonlarına yönelik toplum taleplerinin yeni yeni belirginleşerek, ormanların işletilmesinde henüz ana amaç haline gelmeye başlamalarıdır. Günümüzde ise bu sürecin yanı sıra; ormancılık biliminin diğer bilimlerle etkileşimi ve orman ekosistemini anlamada ulaştığı yeni aşama, süreklilik prensibinin kapsamının değişmesine neden olmuştur. Süreklilik prensibi kapsam ve anlamını genişleterek, ürün ve hizmet fonksiyonlarının tamamı ile bunları oluşturan ekosistem elemanlarının ve bu elemanlar arasındaki etkileşimlerin kesintiye uğratılmaması şeklinde *sürdürülebilirlik* prensibine dönüşmüştür.

Sürdürülebilir Orman İşletmeciliği; “ormanların ve orman alanlarının yerel, ulusal ve küresel düzeylerde, biyolojik çeşitliliğini, verimliliğini, kendini yenileme kabiliyetini ve yaşama enerjisini, şimdi ve gelecekte, ekolojik, ekonomik ve sosyal fonksiyonlarını yerine getirebilme potansiyelini koruyacak ve diğer ekosistemlere zarar vermeyecek bir şekilde kullanılması ve düzenlenmesi” şeklinde tanımlanmaktadır. Bu tanıma göre ormanların ekolojik, ekonomik ve sosyal olmak üzere 3 fonksiyonu olduğu kabul edilmektedir (Anonim, 2001).

Sürdürülebilir Orman Yönetiminde kabul edilen temel fonksiyonlar Sürdürülebilir Orman Yönetiminin durumunu belirlemek üzere izlenebilecek ve değerlendirilebilecek şekilde 6 ölçüte indirgenmiştir. Bunlar (Anonim, 2001);

- Orman kaynakları ve bunların küresel karbon döngüsüne katkısının
- Orman ekosisteminin sağlığı ve canlılığının
- Ormanların odun ve odun dışı üretim fonksiyonlarının
- Orman ekosistemlerindeki biyolojik çeşitliliğin
- Ormanların koruyucu fonksiyonlarının
- Ormanların sosyo-ekonomik ve diğer fonksiyonlarının

muhafazası ve geliştirilmesidir. Bu ölçütler; biyolojik çeşitliliğin dahil edilmesi, ilgi guruplarının katılımının sağlanması, ürün ve hizmetlerin sertifikasyonu gibi yaklaşımların planlama sürecinde daha etkin bir şekilde yer almasının önünü açmıştır. Aynı zamanda bunları gerçekleştirmek için planlamada kullanılan çeşitli araç ve yöntemlerin değişim ve gelişimini zorunlu hale getirmiştir.

Ormancılık; geleneksel olarak kendisinden beklenen, ormanların sadece odun üretimi ihtiyaçlarının karşılanmasına yönelik işletilmesi sürecini aşmaktadır. Çevre, biyolojik çeşitlilik, koruma ve refah ile rekreasyonel imkanların sağlanması gibi fonksiyonlar üzerine de yoğunlaşarak, çok amaçlı bir rolü üstlenme sürecine girmiştir. Orman Amenajmanı' ndaki sürdürülebilir odun üretimi yaklaşımından daha geniş anlamda bir sürdürülebilirlik kavramına doğru bu paradigma değişimi orman kaynakları planlamasının gereksinimlerini büyük ölçüde artırmıştır. Bir çok uluslar arası tavsiye ve anlaşmalara göre sürdürülebilir orman kaynakları yönetiminin, ekosistemlerin ekolojik bütünlüğünü kapsaması istenmektedir. Bu durum; sürdürülebilir odun üretiminin ötesinde ve buna ek olarak yapısal düzenleniş ve konumsal ölçeğe bağlı olarak değişik aşamalarda biyolojik çeşitliliği, su kaynakları ve yaban hayatını koruma, odun dışı diğer ürün ve ekosistem hizmetlerini sağlama, karbon bağlama, erozyon ve çığ oluşumunu önleme gibi işlevlerin yerine getirilmesi anlamına gelmektedir (Lexer ve Brooks, 2004).

Günümüz ormancılığının çok amaçlı doğası; yönetim stratejilerinin geliştirilmesi ve çeşitli planların hazırlanmasında, yönetim faaliyetlerinin etkinliğinin değerlendirilmesinde, çatışmalar arasındaki ilişkilerin izlenmesi gibi aşamalarda orman kaynakları yöneticilerinin değişik konumsal ve zamansal ölçekteki büyük boyuttaki ekosistem özelliklerini göz önünde bulundurmalarını gerektirmektedir. Bu gereksinimlere ek olarak; değişen çevresel, sosyal ve ekonomik koşullar diğer

belirsizlik kaynaklarını ortaya çıkararak, geçmiş tecrübelerin gelecek hakkında karar vermede kullanımını elverişsiz hale getirebilmektedir. Bu konular; orman kaynaklarının değerlendirilmesinde daha kapsamlı yaklaşımlar ile daha etkin karar verme ve planlama araçları için yeni taleplere dönüşmektedir (Lexer ve Brooks, 2004). Sosyal, teknolojik ve bilimsel gelişmelere paralel olarak orman amenajmanı kavram ve tasarımında da hızlı değişimler gözlenmektedir. Başkent ve arkadaşları (2002), model plan çalışmaları, konumsal orman bilgi sistemi kurulması, çeşitli işletme amaçlarının planlamada dikkate alınması, modern karar verme tekniklerinin kullanılması ile ekosistem tabanlı konumsal planlama ve orman amenajmanı sürecinin sürdürülebilir kaynak kullanımına yönelik sistem, ürün ve hizmetlerin sertifikalandırılmasının orman amenajmanındaki önemli yeni açılımlar olduğunu belirtmektedir.

Global ölçekte insan-orman ilişkilerine bakıldığında; doğayı tam koruma, doğadaki işleyişi taklit etme (doğaya uygun), dengesini bozmadan belli ölçülerde doğadan sapma (doğaya yakın) ve doğada insan amaçlarına uygun değişimler yapma (sosyo-ekonomik amaçlı) gibi çeşitli yaklaşımlar görülmektedir. Bu yaklaşımların temelinde, insanın doğadaki yerinden hareketle insan merkezilik (antropocentric) ile biyolojik merkeziliği (biocentric) esas alan düşünceler yer almaktadır. Doğaya kendi aslındaki değer gereği saygı duyulması gerektiğine inananlar (bio-merkezciler) ile doğanın insana yararları ölçüsünde değerli olduğuna inananlar (insan-merkezciler) arasında küresel boyutta felsefi bir ihtilaf bulunduğunu belirten Bidwell ve Quinby (1994)' e göre insan-merkezciler “asli değere sadece insanların sahip olduğunu ve diğer tüm objelerin değerlerinin insanlara katkılarından türediğine” inanmaktadır. Başka bir anlatımla, doğa sadece insanların refahı ve mutluluğuna katkı yaptığı ölçüde değerlidir. Bu katkı maddi yararlarla sınırlı değildir ve rekreasyon, estetik gibi daha az somut diğer yararlarla kadar geniş bir yelpazeye yayılmaktadır. Bio-merkezciler ise asli değeri doğaya atfetmektedir. Bu; “niteliği başka bir objeye katkısına bağlı olmayan” bir değerdir ve insanlara yapılan muameleye yaşayan her şeyin layık olduğu anlamına gelmektedir. Bidwell ve Quinby (1994) endüstriyel toplumlardaki mevcut insan-doğa ilişkilerinden kaynaklanan huzursuzluk nedeniyle ortaya çıkan bu felsefeyi birçok kişinin içgüdüsel olarak benimsediğini, bununla birlikte pek çok çevrecinin de çevre güvenliği için insan merkezli iddiaları kabul ederek bio-merkezciliği reddettiğini belirtmektedir. Bio-merkezciliğin bir ahlaki değer olabileceğini, geliştirilmedikçe, açık hale getirilmedikçe

ve açık bir şekilde değerlendirilmedikçe çevre stratejilerinin geliştirilmesinde başarısız kalacağı belirtilmektedir. Bu nedenle de koruma konusunda inandırıcı gerekçelerin bulunması için insan merkezli yaklaşıma bakmak gerektiği savunulmaktadır. Duer et al. (1979) de değişik amaç ve problemleriyle insanların, orman kaynaklarının yönetiminde her zaman ön planda olduğunu dile getirmektedir. Bununla birlikte henüz anlayamadığımız karmaşık yapının yönetimi konusunda yeterli bilgimiz olmadığından da, koruma (conservation) sürdürülebilirliğin önemli bir bileşeni olarak görülmektedir. Korumayı, insan taleplerini göz önünde bulundurarak değerlendiren bir yaklaşımın, en geniş kabul göreceği ve başarıya ulaşacağı düşünülebilir. Bu nedenle ekosistemden sağlanan fonksiyonların sürdürülebilirliğini sağlamak veya bu fonksiyonları sağlayan ekosistemin bizatihi kendisinin sürdürülebilirliğini sağlamak şeklinde birbiri ile ilişkili iki düşüncenin planlama tasarımında uzlaştırılarak işlevlendirilmesi gerekmektedir.

Çevremizi değiştirebilme ve belli bir düzeye kadar denetleyebilme yeteneğimiz nedeniyle onu özel bir şekilde yönetme sorumluluğumuz bulunmaktadır. Ormanları sadece ekonomik kriterlere göre planlamak ve yönetmek yeterli olmadığı gibi sadece ekolojik veya sosyal kriterlere göre korumak da yeterli değildir. Ancak bu kriterlerin tamamı her alan için gerekli midir veya hangi alanlarda hangi kriterler yer almalıdır veya aynı alan için söz konusu kriterlerin tamamı geçerli ise hangisine öncelik verilmelidir şeklinde bir değerlendirmeye gerek vardır. Bu durum kısa veya uzun vadede insan ihtiyaçlarını göz önünde bulunduran, insan merkezli bir yaklaşımı yansıtmaktadır. İhtiyaç duyulan korunması gereken yerleri korumaya ayırmak, talep edilen orman fonksiyonlarından, ormanın kapasitesini aşmayarak toplumu en iyi şekilde faydalandırarak bir planlama yaklaşımıdır. Ülkemizde daha önce uygulama örneği verilen ve yeni teknik ve deneyimlerle geliştirilmesi düşünülen Fonksiyonel Planlamanın Sürdürülebilir Ormancılık için gerekli kriterlerin çoğunu kendiliğinden yerine getireceği ve toplumun sosyo-ekonomik ihtiyaçları ile ekosistem dengesini uzlaştıran bir planlama modeli olacağı düşünülmektedir.

Toplumun ormanlardan beklediği fayda ve fonksiyonların giderek çeşitlenmesi, orman kaynaklarının çok amaçlı kullanım doğrultusunda planlanmasını zorunlu hale getirmiş ve bu amaçla değişik planlama sistemleri geliştirilmiştir. Bu bağlamda ortaya konan planlama sistemlerinden birisi de; orman kaynaklarının işletilmesinde çok amaçlı

faydalanmayı esas alan ve bunu orman fonksiyonlarına oturtan “Fonksiyonel Planlama” dır. Piussi ve Farrell (2000) in de belirttiği gibi ormanların çok amaçlı kullanımı genellikle; odun üretimine yönelik faydalanmanın, odun dışındaki diğer orman ürün ve hizmetlerine yönelik faydalanma ile kombine edilmesi şeklinde anlaşılmaktadır.

1970 yılında Orman Bakanlığı tarafından Türkiye’deki orman işletmelerinin idare amaçlarının tesbiti esaslarını incelemek üzere komisyon kurulması ve bu komisyonun; *“Türkiye ormanlarının göreceği fonksiyonların önem ve ağırlık derecelerinin tesbitinde kullanılacak kriterlerin, özellik ve niteliklerin, değişik alternatiflerin ortaya konması, kıyaslanması, değerlendirilmesi, hükümlendirilmesi ve çok yönlü amaçlara göre kombine edilmesi için bir teknik kılavuz hazırlanması ve bu kılavuzu uygulayacak ekiplerin kurulması ve Türkiye’deki orman işletmelerinin idare amaçlarının tesbiti işinin 1972 yılı ortasına kadar bitirilmesi”* (Eraslan, 1973) şeklinde aldığı karar, ülkemizde 1970’li yılların başında çok amaçlı faydalanma konusunda kuramsal çalışmaların başladığını ancak uygulamaya geçirilemediğini göstermektedir.

Ormanlarımızdan çok amaçlı yararlanma, ulusal ormancılık amaçlarına erişebilmek için güdülmesi gereken ilkelerin başında gelmesine ve 1963 yılından itibaren düzenlenen tüm amenajman planlarında bu ilkedен söz edilmesine ve orman fonksiyonlarının 1973’de Eraslan tarafından kuramsal olarak sınıflanmasına rağmen, ülkemizde bu ilkeyi hayata geçiren somut bir amenajman planı 1990’lara kadar düzenlenememiştir. 1990 yılından itibaren İstanbul ve Bahçeköy Orman İşletmeleri için düzenlenen amenajman planları ile Fonksiyonel Orman İşletmeciliği, ülkemiz ormancılığına girmiştir (Asan 1992).

Çok amaçlı faydalanma kavramının ilk ortaya atıldığında tanımının çok açık olmaması, tüm dünyada uzun yıllar uygulanmama nedeni olmuştur. Orman kaynaklarından faydalanmada bu yaklaşım biçimini tanımlamada sorunlar olduğu söylene de daha sonraları gittikçe artan bir terim olarak kullanılmaya ve ormancılıkta uygulanmaya başlanmıştır (Hytönen, 1995). Çeşitli yasa metinlerinde de kullanılmaya başlayan kavram “Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Planlama” adı altında ülkemizde de 5 Şubat 2008 tarihinde yayınlanan Amenajman Yönetmeliği’ nde (Anonim, 2008) yerini almış ve devlet ile özel ve tüzel kişilere ait ormanlarda planlama ve işletme amaçlarının

belirlenmesinde ekonomik, ekolojik, sosyal ve kültürel fonksiyonlar dikkate alınarak ve katılımçılık sağlanarak ekosistem tabanlı fonksiyonel planlamanın yapılması öngörülmüştür.

Modern ormancılığın çok kaynaklı doğası, yöneticilerden; kararlarının biyolojik çeşitlilik, odun üretimi, karbon depolama, rekreasyon ve diğer değerler ile ilişkili çok boyutlu orman özellikleri üzerindeki potansiyel etkilerini değerlendirmelerini istemektedir. Bu özellikler arasındaki karmaşık konumsal ve zamansal ilişkiler ve bu ilişkilerin doğası hakkında genel bilgi ve verilerin olmayışı bu işlemi zorlaştırmaktadır. Çok amaçlı orman amenajmanına doğru yöneliş, alternatif yönetim senaryolarının geliştirilmesi ve değerlendirilmesine ilişkin olarak zaman-mekan boyutundaki karmaşıklığı uzlaştıracak karar destek sistemlerinin geliştirilmesini gerekli kılmaktadır (Seely ve diğ., 2004).

Ormancılık sorunlarının çözülmesinde ve faaliyetlerin planlanmasında uzun yıllardan beri matematiksel modellerden yararlanılmaktadır. Özellikle servet ve artımla ilgili konular genellikle istatistik ölçülerle tanımlanmış ve tahminler istatistik modellerle yapılmıştır (Lexer ve Brooks, 2005). Problemin niteliğine ve gözetilen amaçlara göre değişik çözümlerden en elverişlisinin seçimi konusunda yöneylem araştırması adı verilen matematiksel programlama tekniklerinden de yararlanılmaktadır (Asan, 1980). Karar destek niteliğindeki bu sistemler, çok amaçlı orman kaynakları yönetiminde kalite ve şeffaflığı artırdıkları için büyük ilgi görmektedir. Doğal kaynakların çevre ve yönetim koşulları altında gelecekteki olası durumlarını tahmin eden simülasyon modellerinin artmasıyla birlikte ekosistem modellemedeki yükseliş, bu uygulamaların gelişimini teşvik etmiştir (Lexer ve Brooks, 2005).

Sadece odun üretimine veya değişik fonksiyonların birlikte sağlanmasına yönelik olarak ormanların planlanması konusunda değişik Yöneylem Araştırması teknikleri (Doğrusal Programlama, Amaç Programlama, Dinamik Programlama, Tamsayılı Programlama veya Sezgisel yöntemler gibi) kullanılarak yapılmış çok sayıda uluslar arası çalışma (Steuer and Schuler, 1979; Chang and Buongiorno, 1981; Horvedt, 1982; Mendoza et al., 1987; Jamnick, 1990; Lu and Buongiorno, 1993; Hof and Joyce, 1993; Rowse and Center, 1998; Murray, 1999; Hof and Bevers, 2000; Baskent and Jordan, 2002; Backeus et al., 2006; Öhman and Wikström, 2008; Raymer et al., 2009) bulunmaktadır. Orman

Amenajmanı'nın, hiyerarşik planlama, çok amaçlı kullanım, konumsal özelliklerin dahil edilmesi gibi pek çok boyutu olması nedeniyle, planlama sorunlarının çözümünde kullanılan teknikler de çeşitlilik göstermektedir. Yöneylem Araştırması teknikleri uygulanarak yapılan orman planlama çalışmalarının ilk örneklerinde genel olarak Doğrusal Programlamanın daha yaygın bir şekilde kullanıldığı görülmektedir. Zamanla planlama modellerinde konumsal ilişkilere yer verilmeye başlanması ve Doğrusal Programlama tabanlı modellerin konumsal ilişkileri tanımlamadaki yetersizlikleri nedeniyle Karışık Tamsayılı Programlama modellerine yönelik çalışmalar başlamıştır (Adhikary, 1997; Tarp and Helles, 1997). Tamsayılı programlama algoritmalarının, çok sayıda tamsayılı değişken bulunması durumunda etkinliğinin azaldığı, konumsal özellikleri yeteri düzeyde formüle edemedikleri, makul sürelerde çözüm bulunamadığı ve kullanım alanlarının küçük problemlerle sınırlı olduğu belirtilmektedir. Bunu aşmak için de tavlama benzetimi, genetik algoritmalar, tabu arama gibi sezgisel (heuristics) algoritmaların kullanılabileceği dile getirilmekte ancak bu yöntemlerin en büyük dezavantajı olarak da optimal çözümü garanti edememeleri gösterilmektedir (Adhikary, 1997; Brumelle et al., 1997; Tarp and Helles, 1997; Kurttila, 2001; Öhman and Eriksson, 2002; Bettinger et al., 2003; Öhman and Lamas, 2005; Baskent and Keles, 2005; Pukkala and Heinonen, 2006; Weintraub and Murray, 2006; Bettinger et al. 2007).

Dünyadaki geniş uygulamalara paralel olarak, ülkemizde de yöneylem araştırması tekniklerinin ormancılıkta değişik yerlerde kullanımları konusunda çalışmalar yapılmıştır.

Soykan (1979), Simülasyon ve Doğrusal Programlama tekniğini optimal kuruluşa ulaşmada izlenecek yolların ve idare sürelerinin tesbitinde kullanmıştır.

Eraslan (1981), aynı yaşlı ve maktalı ormanları optimale götürmede kullanılmak üzere "Artım Yüzdeleri Simülasyon" yöntemini geliştirmiştir.

Asan (1981), Amenajman planlarının yapımında CPM ve PERT tekniklerini kullanarak sağlanacak zaman tasarrufunu belirlemeye çalışmıştır.

Gül (1995), etanın uzun süreli kestiriminde ve ormanları çok amaçlı olarak planlamada Doğrusal Programlama tekniğinden yararlanmıştır.

Ok (1997), aynı yaşlı ormanlarda kesim düzeninin ekonomik analizini yaptığı çalışmada net bugünkü değerlerinden yararlanarak yıllık kesim alanlarını sıralamış ve bir simülasyon programı hazırlamıştır.

Mısır (2001), Amaç Programlama tekniğini kullanarak ormanı Coğrafi Bilgi Sistemlerine dayalı olarak planlamaya çalışmıştır.

Karahalil (2003), toprak koruma ve odun üretimi fonksiyonlarını Coğrafi Bilgi Sistemlerine dayalı olarak Doğrusal Programlama ile modellemeye çalışmıştır.

Keleş (2003), ormanların su ve odun üretimi fonksiyonlarını Coğrafi Bilgi Sistemlerine dayalı olarak Doğrusal Programlama tekniği ile optimize etmeye çalışmıştır

Yolasığmaz (2004), ormanları planlamada yeni bir yaklaşım olarak Ekosistem Amenajmanı kavramını ele almış ve planlama tekniği olarak Doğrusal Programlamayı kullanarak 100 yıllık planlama yörüngesi sonunda odun, su, oksijen üretimi gibi değişik amaçları optimize etmeye çalışmıştır. Çalışmasında Coğrafi Bilgi Sistemlerinden faydalanmıştır.

Yılmaz (2004), Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve Amaç Programlamadan yararlanarak, orman, tarım ve mera arazileri için tahsis düzeylerini ve en uygun alternatifi belirlemeye çalışmıştır.

Keleş ve diğ. (2005), hipotetik bir orman alanı için Tamsayılı Programlama tekniğinden faydalanarak, meşcerelerin bölünmeden tamamının bir periyotta kesime girmesini sağlayarak çok amaçlı planlamayı gerçekleştirmek üzere model geliştirmeye çalışmıştır.

Bir Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS)'nin de orman planlamada karar destek rolü özellikle önemlidir. Varma ve diğ. (2000) arazi kullanım modellemesinde CBS ve yöneylem araştırması tekniklerinin bütünleştirilmesinin orman amenajmanının geliştirilmesinde etkili bir araç sağlayacağını belirtmektedir. Yüksek düzeyde hem zamansal hem de mekansal bilgiye ihtiyaç duymaları nedeniyle orman planlamaya ilişkin modeller, çok büyük boyutlu ve optimal çözümlerinin bulunuşu zor olarak tanımlanmaktadır. Bu nedenle orman kaynaklarının CBS tabanlı çok yönlü değerlendirilmesi gittikçe artan bir şekilde kullanılmaktadır. Orman alanlarına ait verilerin depolanması ve analizinde günümüzde CBS' den büyük ölçüde faydalanılmakta ve bir çok optimizasyon

modelinde bu sistemlerden sağlanan veriler kullanılmaktadır. Sonuçlar da genellikle CBS ile üretilen haritalar üzerinde gösterilmektedir (Church et al., 1998).

CBS teknolojisi, çok sayıda analitik çözüm yöntemleri sağlayarak şimdiye kadar imkansız olan ve ormancılık çalışmalarının temelini oluşturan ormanın konumsal yapısını özünde beslediği konumsal veri tabanı ile inceleme ve değerlendirmeye imkan sağlamaktadır (Başkent ve diğ. 2002). Ormancılık çalışmalarında büyük ölçüde coğrafi verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Orman varlığının üzerinde yer aldığı arazinin eğimi, bakışı, yüksekliği ve yapısal elemanlarından ağaç türü, meşcere tipi, bonitet, orta çap gibi çalışmalarda gerekli temel verilerin birlikte değerlendirilmesi ve konumsal dağılıma ilişkin bilgilerin tablo, grafik ve haritalar şeklinde elde edilmesi CBS aracılığıyla kolayca gerçekleştirilmektedir (Koç ve Yeşil, 1996). CBS ile elde edilecek temel konumsal veriler sayısal halde saklanacağından tekrar kullanılmaları da kolay olmaktadır. Plan dönemi boyunca uygulanan tüm teknik müdahaleler zamanında her bir coğrafi detay için kayıt edilebilmektedir (Yolasığmaz, 2004). Naesset (1997) de bahsedilen özellikleri nedeniyle CBS' nin orman planlamada kullanılan optimizasyon modellerinin önemli bir tamamlayıcısı olduğunu belirtmektedir.

Ülkemizde yapılan model orman planlama çalışmaları incelendiğinde genel olarak Doğrusal Programlama ve Amaç Programlama Tekniklerinin kullanılarak belirli bir plan ufku sonunda bir veya daha fazla amacın en iyilenmeye çalışıldığı ve matematiksel tekniklerden yararlanılarak ormanın modellenmesi konusunda önemli aşamalar kaydedildiği görülmektedir. Yapılan çalışmalarla değişik fonksiyonların planlamaya entegrasyonu ve bunun nasıl gerçekleştirileceği konusundaki yaklaşımları görmek mümkündür. Ancak bu çalışmaların artırılması ve değişik fonksiyonlar için daha gerçekçi ve uygulanabilir modellerin geliştirilmesi gerekmektedir. Yapılan çalışmalardaki amaçlar farklı olmakla birlikte ortak özelliklerinin; modelleme sürecinde karar değişkeni olarak alan (veya aktivite alanı) üzerinden hareket edildiği, meşcerelerin parçalanmalarına izin verildiği ve komşuluk ilişkilerinin göz önünde bulundurulmadığı belirtilebilir.

Mevcut çalışmada ormanların *odun üretimi*, *rekreasyon* ve *hidroloji* fonksiyonlarının ekosistem tabanlı fonksiyonel planlama yaklaşımına uygun şekilde işletme sınıfları

ayrılarak, orman amenajmanına entegrasyonu ve bu yolla hem toplumun değişik fonksiyonlara olan taleplerinin karşılanması hem de farklı disiplinler tarafından üretilen bilimsel verilerin planlama çatısı altında nasıl bütünleştirileceğine dair bir yaklaşımın ortaya koyulması amaçlanmıştır. Bu amaçla objektif ölçütlere dayalı olarak fonksiyonel işletme sınıflarının ayrılması ve meşcerelerin komşuluk ilişkilerinin planlamada gözetilmesi hedeflenmiştir. Bir kesim düzeni oluşturulup mevcut bölmeciklerin hangi dönemde gençleştirmeye sokulacağı kestirilmeye çalışılarak; orman kaynaklarından faydalanmanın düzenlenmesine akılcı bir tarzda ve çok amaçlı kullanım yaklaşımına uygun bir şekilde çözüm üretilmeye çalışılmıştır. Yaklaşım olarak plan ünitesinden, planlama ufku sonunda değişik fonksiyonlardan sağlanacak toplam faydanın maksimum yapılması benimsenmiş, bu amaçla da genel optimum çözümü garantileyebilen Karışık Tamsayılı Programlamanın (Mixed Integer Programming) planlama tekniği olarak kullanılması kararlaştırılmıştır. Modellemede karar değişkeni olarak alan üzerinden hareket etmek de mümkün olmakla birlikte, modellemenin daha kolay gerçekleştirilebileceği ve farklı bir yaklaşım getirmek amacıyla, meşcerelerden bakım kesimleri ile çıkarılacak “ara hasılat miktarları” karar değişkeni olarak kullanılmış ve özgün bir matematiksel model geliştirilmeye çalışılmıştır.

Çalışma; GİRİŞ ile birlikte toplam beş bölüm halinde ele alınmıştır. GENEL KISIMLAR bölümünde ormanların, çalışma kapsamında ele alınan odun üretimi, hidrolojik ve rekreasyon fonksiyonlarıyla ilgili genel bilgiler verilerek, çok amaçlı ormancılık kavramı ile çok amaçlı faydalanmayı sağlamakta kullanılacak optimizasyon teknikleri üzerinde durulmuştur. MALZEME ve YÖNTEM bölümünde; çalışma alanının genel özellikleri hakkında bilgiler verilmiş daha sonra ele alınan orman fonksiyonlarının plan ünitesinde ayrılmasında ve fonksiyon değerlerinin belirlenmesinde kullanılan yöntemler ile çok amaçlı faydalanmayı sağlamak üzere oluşturulan optimizasyon modeli açıklanmıştır. BULGULAR bölümünde, çalışma alanının çeşitli özelliklerine yönelik üretilen veriler ile çeşitli plan strateji için elde edilen sonuçlar sunulmuştur. TARTIŞMA ve SONUÇ bölümünde ise çalışma alanının genel özellikleri ile optimizasyon modelinin değişik stratejiler için çözüm sonuçları tartışılmış, daha sonraki çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.

2. GENEL KISIMLAR

Bu bölümde, çalışma kapsamında planlama yaklaşımında göz önünde bulundurulması düşünülen orman fonksiyonları ile ormanlardan çok amaçlı faydalanma kavramına ilişkin genel bilgilere yer verilmiştir.

2.1. ORMAN FONKSİYONLARI

Nesnelerin kullanma potansiyeli olan değerlendirilebilir özellik gruplarına kaynak adı verilmektedir. Kaynaklar bir bakıma insan tabanlı olup, insanlar tarafından türetilmişlerdir ve değerleri de insanların onlara verdikleri öneme bağlı bulunmaktadır (Duerr et al. 1973). Bu çalışmada orman “kaynakları”, orman “fonksiyonları” ile eş anlamlı olarak kullanılmıştır.

Sağlıklı bir orman ekosisteminde kendiliğinden oluşan ve gereksinim duyulduğunda toplum yararına kullanılmak üzere yönlendirilebilen ürün ve hizmetlerin tamamına, orman fonksiyonları denilmektedir. Değişik gruplar altında sınıflandırılabilen ve çok sayıdaki orman fonksiyonlarından *odun üretimi*, *rekreasyon* ve *hidrolojik* fonksiyon bu çalışma kapsamında ele alınmış ve bu fonksiyonlarla ilgili genel bilgiler aşağıdaki alt başlıklarda sunulmuştur.

2.1.1. Ormanların Odun Üretim Fonksiyonu

Ekonomik değeri olan ve adına orman ürünleri denilen hammaddeleri üretmek, ulusal ve uluslar arası ekonominin bu ürünlere olan gereksinimlerini sürekli olarak karşılamak bakımından ormanların gördüğü fonksiyon, *orman ürünleri üretim fonksiyonu* olarak adlandırılmaktadır (Eraslan, 1982; Asan, 1999) . Ana ürün olan odun (tomruk, direk sanayi odunu gibi) üretimi de diğer yan ürünlerin (bitkisel, hayvansal ve mineral kökenli diğer ürünler) üretimi ile bu fonksiyon içerisinde yer almaktadır.

Ülkemizde 2005 yılında 11 836 000 m³ endüstriyel, 18 147 000 m³ de yakacak odun olmak üzere toplam 29 983 000 m³ odun üretimi yapılmıştır. Bu miktar 2000 yılında 32 024 000 m³, 1990 yılında da 36 104 000 m³ olarak gerçekleşmiştir (Anonim, 2006). Yıllar itibariyle bu düşüşün farklı sebepleri olabilmekle birlikte, ormanlara yönelik taleplerin diğer fonksiyonlara kaymasının da bunda etkisi olabileceği düşünülmektedir (Asan, 1999).

Odun üretim fonksiyonu, ormanların diğer fonksiyonları gündeme gelinceye kadar öncelikli olarak pek çok bilimsel çalışmaya konu olmuştur. Bu amaca yönelik olarak değişik ağaç türlerinin büyüme ilişkileri ortaya konmuş, hasılat tabloları hazırlanmış, en yüksek verimi sağlamak üzere silvikültürel teknikler geliştirmeye ve idare süresi belirlemeye yönelik çalışmalar yapılmıştır. Planlama sistemlerinden, yol ağının belirlenmesine kadar pek çok konu odun üretim odaklı olmuştur. Dolayısıyla odun üretimi hakkında en çok bilgi ve veriye sahip olunan orman fonksiyonudur denilebilir.

2.1.2. Ormanların Hidrolojik Fonksiyonu

Yenilenebilir bir doğal kaynak olan su, küresel ölçekte tükenmeyen doğal kaynaklar gurubu içinde yer alsa da bölgesel olarak veya kalite yönünden sonlu bir kaynak durumundadır. Dünya ağırlığının yaklaşık 800' de birini, yüzölçümünün de dörtte üçünü oluşturan suyun, insan ve diğer canlılar için önemli olan kullanılabilir tatlı su miktarı çok sınırlıdır ve yerine kullanılacak başka bir ikame maddesi bulunmamaktadır (Avcı, 2002). Bununla birlikte günümüzde artan nüfus, sanayileşme, ekonomik gelişmeler ve şehirlere göç nedeniyle zaten sınırlı olan su kaynakları üzerindeki baskı giderek artmakta ve mevcut su kaynaklarının en verimli şekilde kullanımı daha da önemli hale gelmektedir (Ceylan, 2005).

Hidrolojik fonksiyon, yağışlardan yararlanmayı artırma, su bütçesini düzenleme ve sürekliliğini sağlama, su taşkınlarını ve dere, nehir, bent, baraj, su kanalı gibi tesislerin dolmasını önleme doğrultusunda ormanların; miktar ve kalite olarak su üretiminin artırılması, mevsimsel dağılımının düzenlenmesi ile her çeşit su kaynak ve tesislerini korunması yönünden gördüğü işlevdir (Eraslan, 1982). Değişik niteliklere sahip bitki örtülerinin ve bunların oluşturduğu ölü örtünün, toprağa ulaşan yağış ve bunun toprağa sızan miktarına etkileri farklıdır. Bu nedenle bitki örtüsünde yapılacak düzenlemelerle

yağış sularını belirli ölçülerde kontrol altında tutarak ormanların hidrolojik etkisini artırmak olası görülmektedir. Günümüzde, su sorununa ilişkin çalışmalarda orman-su ilişkisi üzerinde önemle durulmakta ve değişik niteliklere sahip bitki örtülerinin toprağa ulaşan yağış miktarına ve toprak nemine etkilerini ortaya koyabilmek amacıyla çeşitli çalışmalar yapılmaktadır.

Su, insanlar için olduğu kadar bitkiler için de büyük önem taşımaktadır. Bitkilerin dünya üzerindeki yayılışı ve hatta vejetasyon tipleri büyük ölçüde iklim etmenlerine bağlıdır. Bu etmenlerden en önemlileri sıcaklık ve topraktan alınabilir su miktarıdır. Sıcaklığın önemi evapotranspirasyona etkisinden kaynaklandığından, su varlığı ana etken olarak kabul edilmektedir. Bitkilerin birçok fizyolojik süreçleri, ancak su varlığı ile gerçekleşebilmektedir. Çünkü hücrelerin metabolizma aktivitelerinin sınırları su içeriği tarafından çizilmektedir. Fotosentez sonucunda oluşturulan temel organik maddelerin çeşitli kimyasal reaksiyonlarla değiştirilerek, yeni maddelerin elde edilmesinde ve bunların çeşitli bitki kısımlarına taşınmasında suyun oynadığı rol büyüktür (Çepel, 1993).

Artan su taleplerini en ekonomik şekilde karşılayabilmenin belki de tek yolu mevcut kaynakların en etkin şekilde kullanımudur. Su rezervlerinin korunması, erozyon ve sedimentasyonun önlenmesi su kıtlığının aşılmasında önemlidir. Ancak bunlarla birlikte su havzalarında optimal su üretimini sağlamak amacıyla alınacak teknik önlemlerle düzenli ve temiz su ihtiyacı sağlanabilir. Su üretim havzaları az veya çok ormanlarla kaplıdır ve bu ormanlar ile uygulanacak ormancılık teknikleri optimal su üretimi amacına ulaşmada katkı yapacak en önemli araçlardır (Özcan et al., 2007).

2.1.2.1. Su Bütçesi

Genelde tüm bitkilerin özelde ise ormanların, bir alandaki hidrolojik öneminin ortaya konabilmesi için su döngüsündeki işlevlerinin anlaşılması gerekmektedir. Yerkürenin atmosfer, hidrosfer ve litosfer olmak üzere 3 ayrı bölümünde güneş enerjisi ile yerçekimi kuvvetlerinin etkisi altında su; gaz durumundan katı veya sıvı hale, ya da katı veya sıvı durumundan gaz haline dönüşerek yer değiştirir. Bir döngü halinde gerçekleşen bu olayın başlangıç ve sonu belli değildir. Ancak, atmosferde bulunan su buharı bir başlangıç noktası olarak varsayılırsa bu buharın yoğunlaşıp yağışa dönüşmesi ve yeryüzüne ulaşım çeşitli aşamalardan geçtikten sonra tekrar atmosfere buhar şeklinde

dönmesine kadar geçen süreç; “Hidrolojik Döngü”, “Hidrolojik Devre”, “Hidrolojik Çevrim” veya “Su Döngüsü” olarak tanımlanmaktadır (Özhan, 2004). Çepel (1993) de hidrolojik döngüyü; suyun katı, sıvı ve buhar halinde ekosistemler veya bir ekosistemin ögeleri arasında yer değiştirme süreci olarak tanımlamaktadır.

Diğer bitkisel ekosistemler gibi su döngüsünün önemli bileşenlerinden birisi olan ormanlar; gelişimleri esnasında suyu kullanmak, yağışların toprağa ulaşan, toprağa sızan veya topraktan buharlaşan miktarları üzerinde etken olarak süreçte önemli rol oynarlar. Özhan (2004), su döngüsünün ögelerinin bir *havzada* belirlenmesi halinde su üretimi, su koruması, toprak koruması gibi hidroloji ve arazi kullanımı sorunlarında çözüm olanağı bulunabileceğini belirtmektedir.

Çepel (1993), su bütçesi denklemini gelir ve gider kısımlarını birbirine eşitleyerek ve basitleştirerek;

$$Y = B + A + TS \quad (2.1)$$

olarak göstermektedir. Burada;

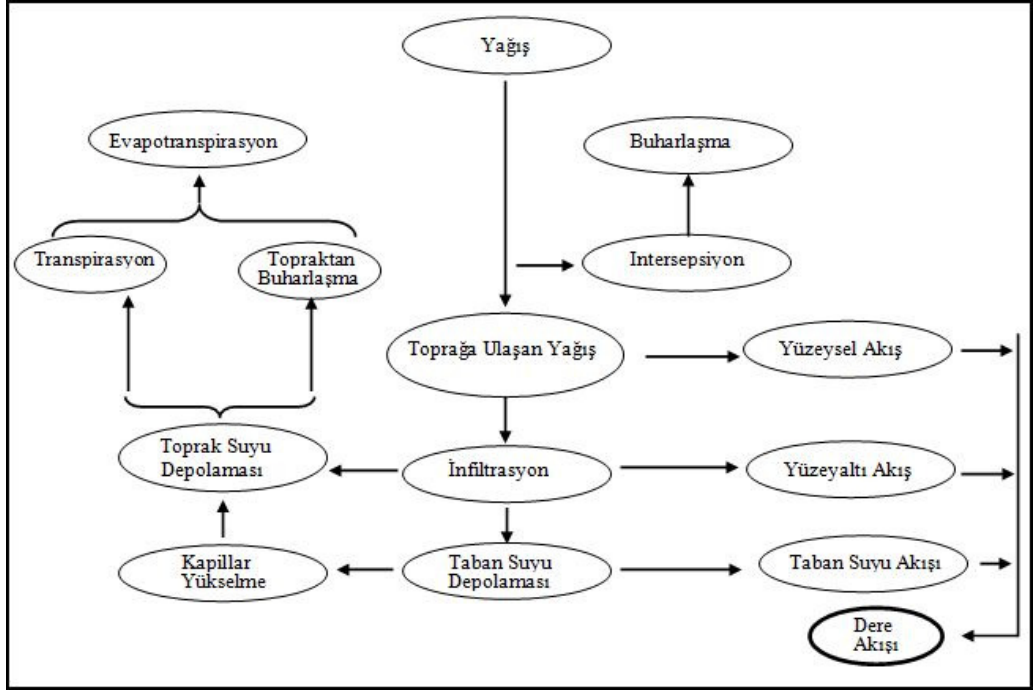
Y : Yağış

B : Buharlaşma

TS : Toprak Suyu

A : Akış' dır.

Bir ekosistemin su ekonomisinin gelir kısmını yağışlar, gider kısmını ise buharlaşma, akış ve toprak suyu rezervleri oluşturmaktadır. Buharlaşma terimi intersepsiyon, evaporasyon ve transpirasyon süreçleri ile meydana gelen su kayıplarını toplu olarak ifade etmektedir. Akış terimi ise; yüzeysel akış, yüzey altı akış ve derin sızıntı suyu olmak üzere üç çeşit su kaybını kapsamaktadır. Toprak suyu teriminden toprakta depolanan su ile taban suyu kapillar saçağı ile sağlanan su anlaşılmaktadır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1: Hidrolojik Devre Modeli (Özhan, 1982)

Hidrolojik devre modelinde yer alan elemanlar göz önüne alınarak su bütçesi denklemi geniş olarak şu şekilde yazılabilir.

$$Y = ET + \dot{I} + Y_a + YA_a + TAS_a \pm TOS_d \quad (2.2)$$

Burada;

Y : Yağış (mm/yıl)

ET : Evapotranspirasyon (mm/yıl)

\dot{I} : İntersepsiyon (mm/yıl)

Y_a : Yüzeysel akış (mm/yıl)

YA_a : Yüzey altı akış (mm/yıl)

TAS_a : Taban suyu akışı (mm/yıl)

TOS_d : Toprak suyu depolamasındaki değişim (mm/yıl)' dır.

Çepel (1993), su bilançosu modelinde kullanılacak parametrelerin, ölçülebilir meşcere ve toprak özelliklerine göre bulunması halinde hem duyarlı sonuçlar elde edilebileceğini hem de bu sonuçların kullanım alanının geniş olacağını dile getirmekte ancak bütçe elemanlarının tespitinde karşılaşılan çok sayıda güçlük nedeniyle böyle bir yöntemin

henüz geliştirilemediğini belirtmektedir. Çepel'e göre orman yetişme ortamlarında su ekonomisini belirleyen meşcere ve toprak özellikleri şu şekilde sıralanmaktadır.

- meşcere yapısı
- ağaç boyu
- ağaç türü ve yaşı
- kök yayılım alanındaki toprak özellikleri
- köklenme derinliği
- kök yoğunluğu
- taban suyu

2.1.2.2. Su Bütçesi Elemanları

Su ekonomisinin gelir kısmını yağışlar, toprakta depolanan su ve taban suyundan kapilarite ile yükselen su miktarı oluşturmaktadır. Yağışlar; su bütçesi girdilerinin başında gelip, hidrolojik döngünün de ana ögesidir. Bütün dünyada yıllık yağış miktarı ile mevsimlere dağılım çok değişmemektedir. Toprakta depolanan su miktarı ve taban suyundan meydana gelen kapillar yükselme, bitkilerin su kullanımını açısından önemlidir ve daha çok toprak özellikleri ile ilgilidir (Molchanov, 1963).

Aşağıdaki alt başlıklarda su ekonomisinin gider kısmını oluşturan buharlaşma ve akışa ilişkin değişkenler ile ormanların bu süreçlere etkisi açıklanmaya çalışılacaktır.

2.1.2.2.1. İntersepsiyon

Vejetasyonun topraküstü kısımları tarafından tutulan yağış sularının bir kısmının buradan buharlaşması veya emilmesiyle meydana gelen yağış kaybı olayına "intersepsiyon" denilmektedir. Orman toprağına ulaşan yağış miktarının bir kısmı tepe çatısından damlayarak (orman altı yağış), bir kısmı da gövdeden akarak (gövdeden akış) gelir. Bu nedenle ağaçların tepe, yaprak, gövde ve dallanma özellikleri ile yağış şekli ve şiddeti intersepsiyon miktarı üzerinde büyük rol oynar (Çepel, 1993).

Meşcere doğal yaş sınıflarına göre intersepsiyon miktarının büyük değişim gösterebilmektedir. *Picea abies* için bu konuda şu değerler verilmektedir (Delfs, 1958' e atfen Çepel, 1993).

| Doğal Gelişim Çağı | İntersepsiyon (%) |
|--------------------|-------------------|
| Gençlik | 11 |
| Sıklık | 21 |
| Direklik | 28 |
| Kalın ağaçlık | 36 |

Molchanov (1963), su bütçesi elemanları ile orman örtüsü ilişkileri konusunda genellikle Rusya'da yapılan çalışmaları derlemiştir. Bu ilişkileri açıklayabilmek amacıyla araştırmacının eserinden büyük ölçüde faydalanılmış ve özetlenen bilgiler aşağıdaki kısımlarda sunulmaya çalışılmıştır

Okhlyabinin (1913)' e göre orta sıklıktaki çam meşcerelerinde yağışın %20 'si intersepsiyonla uzaklaştırılmaktadır. Bu oran hafif yağışlarda maksimum %30' a çıkmakta ve yoğun yağışlarda minimum %16 olmaktadır. Mozorov (1926)' un çalışmalarına göre intersepsiyon oranı yaşlı çam ormanlarında %23, genç çam ormanlarında ise %32, 60 yaşındaki bir meşe meşceresinde ise %21 olarak bulunmuştur. Nesterov ve Eitingen tarafından yapılan uzun dönemli araştırma sonuçlarına göre değişik meşcerelerdeki yağış yüzdesine (%) oranla intersepsiyon miktarına ilişkin olarak aşağıdaki (Tablo 2.1) sonuçlar elde edilmiştir (Molchanov, 1963).

Tablo 2.1: Değişik ağaç türleri için intersepsiyon oranları (%)

| Ağaç Türü | Yaş | Ortalama | Yaz | Kış |
|-----------|--------|----------|-----|------|
| Çam | 32-60 | 12,8 | 19 | 10,8 |
| Çam | 60-100 | 14,1 | 20 | 10,6 |
| Ladin | 40-60 | 35 | 46 | 22 |
| Huş | 80-92 | 8,3 | 24 | 2.5 |

1938-1939 yılları için Rusya'daki tüm ormancılık araştırma enstitülerinin yaz mevsimi için elde ettikleri orman altı yağış miktarları da Tablo 2.2' de verilmiştir (Molchanov, 1963).

Tablo 2.2: Değişik yağış entansitelerinde toprağa ulaşan yağış miktarları (%)

| Meşcere Tür Bileşimi | Yaş | Sıklık | Yağış (mm) | | | | | | Ortalama |
|---|-----|--------|------------|-----|-----|------|-------|-------|----------|
| | | | 0-1 | 1-2 | 2-5 | 5-10 | 10-20 | 20-30 | |
| Ladin | 60 | 0,9 | 12 | 34 | 52 | 63 | 75 | 90 | 63 |
| Dişbudak/Ladin | 50 | 1,0 | 14 | 39 | 57 | 63 | 74 | 81 | 65 |
| Ladin-Dişbudak | 40 | 0,9 | 22 | 51 | 62 | 64 | 88 | 77 | 69 |
| Çam | 90 | 1,0 | 43 | 52 | 59 | 73 | 81 | 87 | 75 |
| Meşe | 45 | 1,1 | 68 | 61 | 69 | 79 | 82 | 82 | 79 |
| <u>Üst Kat:</u> Meşe, Ladin, Kayın | 145 | | | | | | | | |
| <u>Alt Kat:</u> Gürgen, Akçaağaç, Ladin | 136 | 0,8 | 23 | 36 | 47 | 63 | 81 | 87 | 72 |

Riegler (1879), Avusturya’da yaptığı çalışmalarda toprağa ulaşan yağışı ormanaltı ve gövdeden akışın toplamı olarak hesaplamış ve Tablo 2.3 deki sonuçlara ulaşmıştır (Molchanov, 1963).

Tablo 2.3: Değişik ağaç türlerine göre yağışın dağılımı (%)

| Yağışın bileşenleri | Kayın | Meşe | Akçaağaç | Ladin |
|----------------------|-------|------|----------|-------|
| Ormanaltı yağış | 65,4 | 73,6 | 71,5 | 39,8 |
| Gövdeden akış | 12,8 | 5,7 | 5,9 | 1,3 |
| Toprağa ulaşan yağış | 78,2 | 79,3 | 77,4 | 41,1 |
| İntersepsiyon oranı | 21,8 | 20,7 | 22,6 | 58,9 |

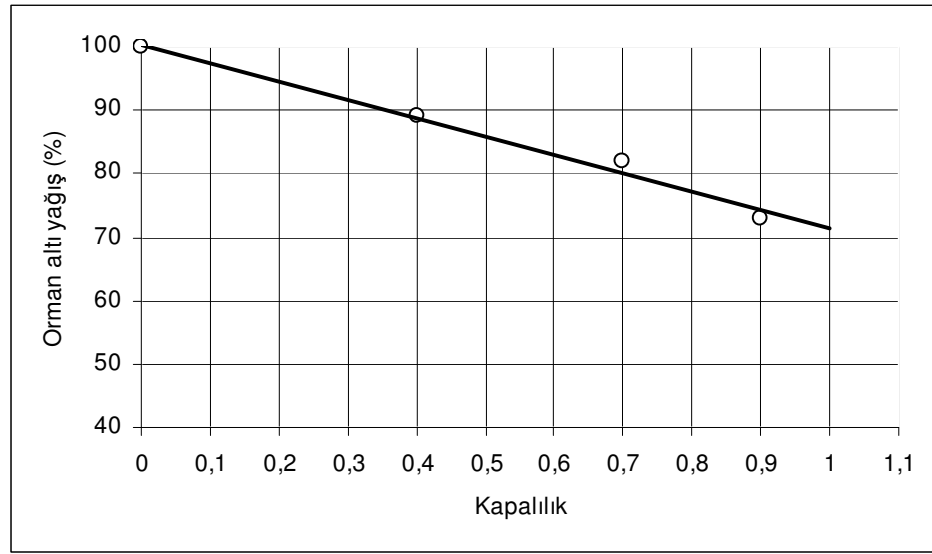
İsviçre’de, Buhler (1918) çok yaşlı göknar ormanları ile değişik yaşlardaki kayın ormanlarında gözlemler yapmıştır. Yazara göre kayın tepelerinden gerçekleşen intersepsiyon oranları şu şekildedir (Molchanov, 1963).

| Yaş | 20 | 50 | 60 | 90 |
|-------------------|----|----|----|----|
| İntersepsiyon (%) | 2 | 27 | 23 | 17 |

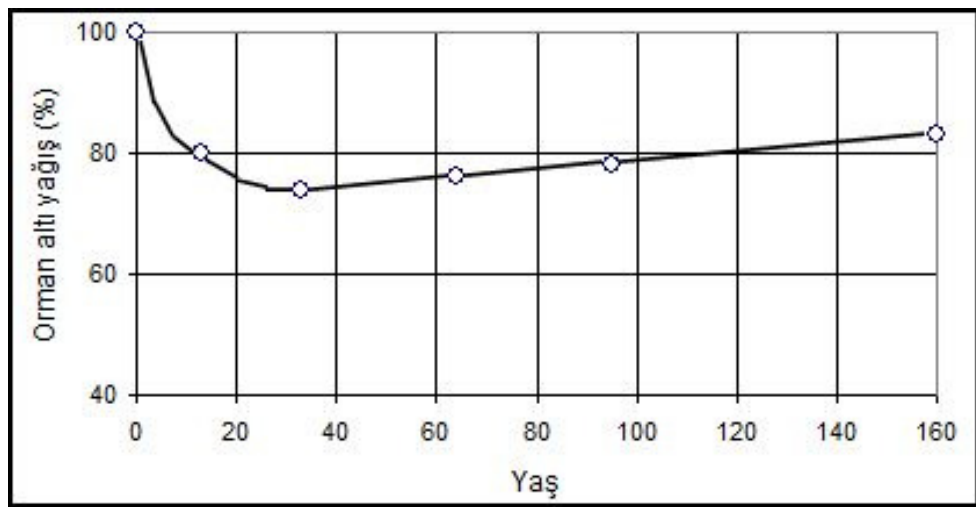
Delfs (1955); 15, 30, 60 ve 80 yaşındaki göknar meşcereleri için gözlemler yapmıştır. İntersepsiyon oranı; sıklığın çok yüksek olduğu 15 yaşındaki gençliklerde %6, 30 yaşındaki meşcerelerde %23, 60 yaşındakilerde %32 ve 80 yaşında %42 olarak belirlenmiştir. Meşcerelerin yaşları ile orantılı olarak

intersepsiyon oranındaki bu artış; tepe tacı büyüklüğü ve yaprak yoğunluğuna bağlanmıştır (Molchanov, 1963).

Orman altı yağış miktarı, meşcere kapalılığı, tepe büyüklüğüne ve dolaylı olarak da ağaç türüne göre değişmektedir. Rusya'da kapalılık ve yaşa bağlı olarak orman altı yağışın değişimi, çam ormanları için aşağıdaki şekillerde (Şekil 2.2 ve Şekil 2.3) verilmiştir.



Şekil 2.2: Çam ormanlarında orman altı yağışın kapalılığa göre değişimi (Molchanov, 1960)



Şekil 2.3: Çam ormanlarında ormanaltı yağışın meşcere yaşına göre değişimi (Molchanov, 1960)

Yapraklı ormanlar da intersepsiyon nedeniyle toprağa ulaşan yağış miktarını büyük ölçüde engellemektedir. Aynı yaştaki meşcerelerde, orman tipi ve meşcere kapalılığı etkili olmaktadır (Tablo 2.4 ve Tablo 2.5). Toprağa ulaşan yağış miktarı, tepe kapalılığı ile ters orantılı bir seyir izlemektedir. Toprağa ulaşan yağış miktarını artırmak için değişik yaşlarda çeşitli bakım müdahalelerinin uygulanması gerekli görülmektedir.

Tablo 2.4: Değişik meşcere kapalılıklarında orman altı yağış miktarları

| Meşcere Tipi | Yaş | Kapalılık | Orman altı yağış | |
|---------------|-----|-----------|------------------|------|
| | | | (mm) | % |
| Meşe-Dişbudak | 45 | 0,9 | 475,1 | 88,7 |
| Meşe-Dişbudak | 45 | 0,7 | 499,0 | 92,5 |
| Meşe | 45 | 0,4-0,5 | 504,9 | 93,6 |
| Açıklık | | | 539,6 | 100 |

Tablo 2.5: Titrek kavak ve Dişbudak meşcerelerinde orman altı yağış miktarları

| Meşcere Tipi | Yaş | Kapalılık | Orman altı yağış (mm) |
|---------------------------|-------|-----------|-----------------------|
| Titrek kavak-Ihlamur | 25-30 | 1,0 | 464,6 |
| Titrek kavak-Dişbudak | 37-43 | 0,9 | 474,0 |
| Dişbudak | 36-40 | 0,9 | 501,4 |
| Dişbudak-Karaağaç-Ihlamur | 65-70 | 0,9 | 501,0 |
| Açık alan | - | - | 529,4 |

2.1.2.2.2. Gövdeden Akış

Gövdeden akış miktarı, ağaç türü ve yaşına bağlı olarak değişen kabuk pürüzlülüğünden etkilenmektedir. Horton (1919)' a göre en yüksek gövdeden akış miktarı kayında gözlenmiştir. Dişbudak, karaağaç ve çam meşcerelerinde sırasıyla daha azalan miktarda gövde akışı oluşmaktadır. Kayında 33mm yağışın %10'u gövdeden akışla toprağa ulaşmaktadır. Diğer türler için bu oran %5 ile %0,6 arasında değişmektedir.

Hirata (1929), Japonya'da kriptomerya (*Cryptomeria japonica*)' da yaptığı gözlemlerde yağışın 5,08mm'ye ulaşmasıyla gövdeden akışın başladığını ve 24 saatte 116mm yağış olması durumunda bunun maksimum %11 seviyesini bulduğunu belirlemiştir. Hoppe

(1896)'a göre; 60 yaşındaki bir ladin meşceresinde gövdeden akış 2,5-5mm' lik yağışta başlamakta ve maksimum %5'e ulaşmakta ve ortalama %0,05 olmaktadır (Molchanov, 1963). Tablo 2.6' da bazı ağaç türleri için değişik yağış entansitelerindeki gövdeden akış yüzdeleri verilmiştir.

Ağaç türlerinin gövdeden akış miktarları, kabuk pürüzlülüğü yanında dallanma açılarında da bağlıdır. Kabuk pürüzlülüğünün etkisi bir meşcerenin değişik yaş kademelerindeki gövdeden akış miktarının incelenmesiyle daha net ortaya koyulmaktadır.

Tablo 2.6: Değişik yağış entansitelerinde gövdeden akış yüzdeleri (Molchanov, 1963)

| Tür | Yaş | Yağış entansitesi (mm) | | | | | | | | |
|--------------|-----|------------------------|---------|---------|----------|-----------|-----------|-----------|-------|------|
| | | 0,1-1,0 | 1,1-2,0 | 2,1-5,0 | 5,1-10,0 | 10,1-15,0 | 15,1-20,0 | 20,1-25,0 | 25-30 | 60 |
| Meşe | 25 | 0,04 | 0,24 | 1,98 | 4,9 | 6,5 | 8,5 | - | - | 15,3 |
| | 65 | 0,02 | 0,04 | 0,14 | 0,41 | 0,59 | 0,73 | - | - | 2,11 |
| | 220 | 0,01 | 0,03 | 0,04 | 0,07 | 0,25 | 0,48 | - | - | 1,31 |
| | 25 | 0,16 | 0,32 | 0,64 | 1,18 | 2,08 | 5,62 | - | - | 10,9 |
| Dişbudak | 40 | 0,09 | 0,08 | 0,18 | 0,29 | 0,54 | 1,41 | - | - | 6,1 |
| | 70 | 0,03 | 0,06 | 0,13 | 0,20 | 0,39 | 0,71 | - | - | 4,0 |
| Çam | 95 | 0,02 | 0,03 | 0,05 | 0,09 | 0,6 | 1,1 | 1,5 | - | - |
| Ladin | 60 | 0 | 0 | 0 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,04 | - |
| | 90 | 0 | 0,01 | 0,03 | 0,06 | 0,08 | 0,11 | 0,29 | 0,43 | - |
| Titrek kavak | 50 | 0,03 | 0,8 | 2,2 | 3,2 | 4,8 | 6,4 | 8,1 | 9,4 | - |
| Huş | 65 | 0,2 | 0,7 | 2,1 | 2,8 | 3,9 | 5,6 | 7,3 | 8,5 | - |

Meşe ve dişbudakta genç yaşlarda pürüzsüz olan kabuk ilerleyen yaşlarda çatlaklı ve pürüzlü bir hale gelmekte, gövdeden akış azalmaktadır. Olgun çağa yakın meşe ve dişbudak meşcerelerinde gövdeden akış çok sınırlı miktarlarda gerçekleşirken, titrek kavak ve huş meşcerelerinde gençlik ile olgunluk çağları arasında gövde akışı açısından farklılık olmamaktadır (Molchanov, 1963).

2.1.2.2.3. Transpirasyon

Transpirasyon veya fizyolojik buharlaşma, bitkilerin kökleri ile topraktan aldıkları sıvı haldeki suyu, fotosentez sonucunda yapraklarından atmosfere verme olayıdır. Transpirasyonla buharlaşma üzerinde toprakların su içeriği ve sıcaklığı, havanın

sıcaklığı ve nem açığı, bitki türü ve hava hareketleri rol oynamaktadır. Transpirasyon olayı, toprak suyunun bitkilerin kök, gövde ve yaprakları tarafından atmosfere taşınmasıdır ve bu yolla büyük su kayıpları meydana gelebilmektedir. Optimum koşullarda bir orman vejetasyonu, ilkbaharda günde 6mm'ye kadar (1 hektar orman günde 60 bin litre) su harcamaktadır. Çeşitli ağaç türlerinde bu oran 2-5mm/gün arasında değişmektedir (Çepel, 1993).

Transpirasyon miktarı, çevre koşulları yanında bitki yapraklarının iç ve dış yapısı ile yaprak miktarına bağlı olarak ağaç veya bitki türleri arasında değişebildiği gibi aynı türün farklı bireyleri arasında da değişiklik göstermektedir. Süreç üzerinde rol oynayan sıcaklık, yağış, rüzgar gibi dış çevre faktörlerinin de denizden yükseklik, bakı, eğim derecesi gibi diğer faktörlerin etkisi altında olduğu düşünüldüğünde, transpirasyonun coğrafi bölge ve yörelere göre ne kadar çok değişeceği anlaşılabilir. Meteorolojik verilerin de kendine özgü bir mikroklimaya sahip olan ormanlar tarafından etkilenmesi de ayrı bir güçlük nedenidir (Çepel, 1993).

Mingler (1939)' a göre, Amerika'da kayın ormanlarının transpirasyon miktarı 102-127mm arasında değişmektedir. Genel olarak orman tiplerinin transpirasyon miktarı 127-387mm arasında değişirken, optimal kuruluşa yakın meşcerelerde bu oran 890mm'ye çıkabilmektedir. Costner (1937)'ye göre tropiklerde transpirasyon miktarı 3100mm'ye ulaşabilmektedir. Fakat genel sonuç olarak tüm dünya ormanları için değişik yaştaki meşcereler veya orman tiplerine göre transpirasyon konusunda güvenilir bilgiler bulunmamaktadır (Molchanov,1963). Tablo 2.7' de değişik yaşlardaki çam ve huş meşcerelerindeki yaş yaprak ağırlıkları ve transpirasyon miktarları verilmiştir.

Tablo 2.7: Çam ve Huş meşcerelerinde yaş yaprak ağırlığı ve transpirasyon miktarı

| Tür | Yaş | Yaş yaprak ağırlığı (kg) | Transpirasyon (mm) |
|-----|-----|--------------------------|--------------------|
| Çam | 10 | 11500 | 260 |
| | 33 | 15965 | 361 |
| | 65 | 12050 | 272 |
| | 150 | 9000 | 203 |
| Huş | 35 | 6500 | 335 |
| | 60 | 5288 | 323 |
| | 77 | 5564 | 286 |

2.1.2.2.4. *Evaporasyon*

Serbest su yüzeylerinden ve katı cisimlerin nemli yüzeylerinden sıcaklık etkisiyle suyun buharlaşarak atmosfere karışması olayına “buharlaşma” veya “evaporasyon” adı verilmektedir. Evaporasyon üzerinde iklim (sıcaklık, atmosferin nem açığı, hava hareketleri) ve toprak özellikleri (toprağın tekstür ve strüktürü, taban suyu) önemli derecede rol oynamaktadır. Üzerinde etken olan faktörlerin çokluğu nedeniyle evaporasyonun tam olarak ölçülmesi güçtür. Ayrıca, üzerinde bitki örtüsü bulunan toprakta meydana gelen buharlaşma, hem sıcaklık etkisi altında fiziksel buharlaşma hem de bitkiler tarafından transpirasyon yoluyla meydana gelen buharlaşma şeklinde cereyan etmektedir. Bu nedenle ve ayırım güçlüklerinden dolayı topraktan meydana gelen buharlaşma ile bitkilerin transpirasyonu ile oluşan buharlaşma birlikte ifade edilerek “evapotranspirasyon (toplam buharlaşma)” olarak hesaplanmaktadır (Çepel, 1993).

Bitki örtüsü yapmış olduğu gölge ile topraktan fiziksel buharlaşma ile meydana gelen su kaybını önemli ölçüde azaltmaktadır. Yapılan bir araştırmadan elde edilen 5 yıllık ölçüm sonuçlarına göre, bir ladin meşceresi toprağından meydana gelen evaporasyon miktarının 80mm, aynı iklim koşullarında çıplak alanda meydana gelen evaporasyon miktarının ise yaklaşık 3 katı, 241 mm olduğu belirlenmiştir (Delfs, 1958’ e atfen Çepel, 1993). Değişik ağaç türleri yaşa bağlı olarak toplam buharlaşma eğilimleri Tablo 2.8’ de verilmiştir.

Belirli bir alandaki toprak ve akarsu rejimini düzenleyebilmek için diğer faktörler yanında ağaçların gelişimi esnasında ormandan transpirasyon ve evaporasyonla uzaklaşan nem miktarının belirlenmesi gerekmektedir.

Değişik bölgelerdeki benzer orman tiplerinde toplam buharlaşma enlem ve boylama göre değişmektedir. Herhangi bir bölgenin belirli bir alanında toplam buharlaşma orman tipi ve büyüme koşullarına bağlıdır. Bir orman tipi için ise meşcere yaşı ve kapalılığına bağlı bir seyir izlemektedir. Bu nedenle bir havzadaki su rejiminin düzenlenebilmesi için, değişik orman tiplerinin ve değişik yaş ve kapalılığa sahip meşcerelerin su bütçesi elemanlarını ne şekilde etkilediğinin belirlenmesi gerekmektedir (Molchanov, 1963).

2.1.2.2.5. Yüzeysel Akış

Toprağa ulaşan yağış sularının bir kısmı toprağın içine girmeden yüzeysel akış şeklinde eğim yönünde akarak mevcut akarsulara karışırlar. Bu akış üzerinde en önemli etmenler yağış şiddeti ve miktarı ile arazi eğimi, toprak özellikleri, bitki örtüsü ve ölü örtüdür. Alanda mevcut bitki örtüsü yüzeysel akışı azaltıcı yönde etki yapmakta ve vejetasyon tipine göre bu etkinin derecesi değişmektedir (Çepel, 1993).

Tablo 2.8: Değişik meşcerelerde buharlaşma ile uzaklaşan nem miktarları (mm) (Molchanov, 1963)

| Tür | Yıllık yağış (mm) | Buharlaşma şekli | Meşcere yaşı | | | | | | | | |
|----------|-------------------|------------------|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 | 220 |
| Çam | 550 | Transpirasyon | 236 | 250 | 200 | 185 | 170 | 158 | 146 | 125 | - |
| | | Evaporasyon | 48 | 67 | 87 | 100 | 100 | 100 | 103 | 105 | - |
| | | İntersepsiyon | 127 | 150 | 140 | 135 | 120 | 105 | 100 | 97 | - |
| | | Toplam | 411 | 467 | 427 | 420 | 390 | 363 | 349 | 327 | - |
| Meşe | 523 | Transpirasyon | 310 | 342 | 352 | 323 | 289 | 263 | 255 | 252 | 254 |
| | | Evaporasyon | 65 | 78 | 84 | 90 | 94 | 98 | 104 | 104 | 100 |
| | | İntersepsiyon | 49 | 63 | 64 | 60 | 58 | 58 | 60 | 60 | 64 |
| | | Toplam | 424 | 483 | 500 | 473 | 441 | 419 | 419 | 416 | 418 |
| Ladin | 580 | Transpirasyon | 203 | 291 | 300 | 278 | 219 | 193 | 188 | 188 | - |
| | | Evaporasyon | 60 | 55 | 55 | 60 | 58 | 75 | 80 | 83 | - |
| | | İntersepsiyon | 158 | 175 | 185 | 180 | 170 | 160 | 144 | 128 | - |
| | | Toplam | 421 | 521 | 540 | 518 | 447 | 428 | 412 | 399 | - |
| Kavak | 500 | Transpirasyon | 248 | 258 | 220 | 189 | - | - | - | - | - |
| | | Evaporasyon | 98 | 104 | 107 | 118 | - | - | - | - | - |
| | | İntersepsiyon | 88 | 86 | 66 | 51 | - | - | - | - | - |
| | | Toplam | 434 | 448 | 393 | 358 | - | - | - | - | - |
| Dişbudak | 500 | Transpirasyon | 236 | 258 | 228 | 183 | - | - | - | - | - |
| | | Evaporasyon | 68 | 83 | 93 | 95 | - | - | - | - | - |
| | | İntersepsiyon | 103 | 99 | 85 | 65 | - | - | - | - | - |
| | | Toplam | 407 | 440 | 406 | 343 | - | - | - | - | - |
| Çam | 375 | Transpirasyon | 155 | 166 | 158 | - | - | - | - | - | - |
| | | Evaporasyon | 66 | 70 | 79 | - | - | - | - | - | - |
| | | İntersepsiyon | 21 | 20 | 19 | - | - | - | - | - | - |
| | | Toplam | 242 | 256 | 256 | - | - | - | - | - | - |

2.1.2.2.6. Yüzey altı ve Taban Suyu Akışı

Su bilançosunun gider kısmını oluşturan yüzey altı akışı ile taban suyuna ve oradan da yer altı akarsularına karışan su miktarının belirlenmesi kolay olmamaktadır. Bu konuda

bazı özel yöntemler bulunmakla birlikte, bir yağış havzasında yapılan akım ölçmeleri ve bunlara dayanılarak çizilen hidrograflardan yararlanılabilmektedir (Çepel, 1993).

2.1.2.3. Hidrolojik Fonksiyona İlişkin Genel Değerlendirmeler ve Türkiye’ de Yapılan Çalışmalar

Meşcere özellikleri, başta intersepsiyon ve toprağa sızan su miktarı olmak üzere hidrolojik devre elemanlarını etkilemektedir. Meşcere yapısında yapılacak değişikliklerle bu elemanlar kontrol altında tutularak su üretiminin kalite ve kantite olarak amaçlanan sınırlarda olması sağlanabilir. Aynı ekolojik koşullar altında bile intersepsiyon, yüzeysel veya yüzey altı akış gibi parametreler değişik değerler alabilmektedir. Bu nedenle *su döngüsü elemanlarının sadece havza için değil değişik meşcere tipleri için belirlenmesi, bunun da uzun dönemli orman planlamada kullanılabilmesi amacıyla meşcere gelişimiyle ilişkili olarak verilerin oluşturulması gerekmektedir.*

Bir ormanın veya meşcerenin su verimi; yüzeysel, yüzey altı ve taban suyu akışlarından oluşmaktadır. Miktar olarak su verimi amaçlandığında buharlaşma veya toprağa sızma minimuma indirilerek, gelen yağışların bir baraj ve gölde toplanması amaçlanmaktadır. Suyun kalitesi söz konusu olduğunda ise mümkün olduğunca fazla suyun toprağa ulaşım toprak altında süzülerek, yüzey altı veya taban suyu akışı olarak toplanması istenmektedir. Ormanların hidrolojik fonksiyonu esasen su üretimini artırmak değil, su rejimini düzenlemek suretiyle yıl boyunca sürekli ve kaliteli su üretimini sağlamaktır.

Yüzeysel akış ile üretilen su miktarını artırmak için transpirasyon ve intersepsiyon kayıplarını azaltmak üzere genel olarak orman örtüsünün seyreltilmesi veya tamamen açılması öngörülmektedir. Serengil ve arkadaşları (2007) tarafından Belgrad Ormanı’nda yapılan bir araştırmada, orman örtüsünün hacim olarak %11 kadarının kesilip çıkarılması ile su veriminin çok kısa bir süre için artış gösterdiği belirlenmiştir. Ancak bu gerçekleştirilirken erozyon tehlikesi ve topraktan buharlaşma ile oluşacak su kayıplarının gözetilmesi ve toplanacak suyun kullanım yerine göre katlanılacak arıtma masraflarının dikkate alınması gerekmektedir.

Üretilen suyun kalitesi söz konusu olduğunda ise, toprağa ulaşan yağışların yüzeysel akışa geçmeden, mümkün olduğunca en yüksek düzeyde toprağa sızmasını sağlayacak şekilde, sık, tam kapalı, ölü ve diri örtüce zengin bir orman yapısı ideal görülmektedir.

Ekosistem tabanlı bir planlama anlayışı sadece miktar olarak su verimine odaklı olamaz. Denge içerisinde devam eden döngü hareketine makul sınırlar içerisinde müdahale ederek, üretilen suyun miktarıyla birlikte suyun toplandığı havzadaki ormanların doğal yapısı ve sürekliliği ile ekosistem içerisindeki diğer ilişkileri de göz önünde bulundurması gerekir.

Doğal durumunu koruyan, ekolojik yapısı bozulmamış bir orman ekosisteminde diğer elemanların birbiriyle olduğu gibi ağaçların da diğer elemanlar ve su rejimiyle ilişkileri düzenlidir. Orman, gelişimi için bir miktar suyu kullanarak, oluşturduğu ekosistemin en baskın elemanı olarak varlığını devam ettirirken, kalan kısmının da ekosistemin diğer elemanlarının adapte olduğu denge içerisinde döngüsel seyrine katkı yapmaktadır. Ormanların bu işlevi bir nevi, yağışların göl, deniz veya okyanuslara ulaşımını, dolayısıyla su döngüsünü yavaşlatmak ve karasal ekosistemlerdeki canlıların yararlanabilmesi için suyu mümkün olduğunca yeryüzünde tutmak olarak görülebilir.

İntersepsiyon miktarına ağaç türü, orman yapısı ve iklime bağlı olarak oldukça değişkenlik gösteren transpirasyon miktarı da eklendiğinde ormanların yağışın önemli bir miktarını uzaklaştırdığı görülmektedir. Bu nedenle orman tipi ve meşcere dinamikleri su üretim havzalarındaki ormanlar için önemli özellikler olarak ortaya çıkmaktadır. Optimum su üretimi için en uygun işletme müdahalelerini belirlemek amacıyla havza amenajmanı konusunda önemli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalardan geniş kabul gören bazılarının sonuçları Serengil ve arkadaşlarına atfen Özcan et. al. (2007) tarafından aşağıda açıklanmıştır;

- Meşcerelerden ağaç çıkarılmasıyla su üretimi artmakta ve meşcere gelişimi ile tekrar azalmaktadır.
- Meşcereden çıkarılan ağaç hacmi ilk yılda en yüksek etkisini göstermekte ve su miktarındaki artışın süresini etkilemektedir.

- Değişik üretim şekilleri değişik ekolojik koşullar altında bazen birbiriyle çelişen sonuçlar vermektedir.
- Ormana yapılan müdahaleye gösterilen tepki çok değişkendir ve büyük kısmı tahmin edilemeyecek şekildedir.
- Dere akışlarının müdahaleye tepkisi hem havzanın ortalama yıllık yağış miktarına hem de müdahaleden sonraki yıldaki yağış miktarına bağlıdır.
Müdahaleden sonraki akış değişimi üzerinde hem infiltrasyon hem de evapotranspirasyon büyük rol oynamaktadır
- Havzalarda %20 den daha düşük seviyedeki müdahalelerde yıllık su verimindeki değişiklikler dere akımı ölçümleri ile istatistiksel olarak belirlenmemektedir.

Ormanların su kaynaklarını iyileştirmek amacıyla işletimi, sadece ağaçların kesilerek uzaklaştırılmasıyla fazla su üretiminin ötesinde karmaşık bir süreçtir. Konu hakkında temel hidrolojik bilgiler ve çeşitli ortak varsayımlar bulunmakta ve dünya çapında birbiri ile çelişkili sonuçlar gözlenmektedir. Bölgenin iklim, vejetasyon, topoğrafya ve toprak özellikleri bir havzanın iyileştirme potansiyelinin olup olmadığına karar vermede kullanılacak ana parametrelerdir.

Ülkemizde de farklı ağaç türlerinin su bütçesi elemanlarının etkisinin belirlenmesine yönelik çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Çok sayıda olmayan ve değişik ağaç türleri ve yaş basamaklarına yaygınlaştırılması gereken bu çalışmalara ilişkin verilerden bazıları, Tablo 2.9, Tablo 2.10, Tablo 2.11, ve Tablo 2.12’ de verilmiştir.

Tablo :2.9 Belgrad ormanında bazı kayın, meşe ve karaçam meşcerelerinde ara yağış, gövdeden akış ve gövdeden akışa ilişkin 5 yıllık sonuçlar (Çepel, 1971)

| Ağaç Türü | Yaş | Boy | Bakı | Çıplak alandaki yağış | Meşcere altı yağış | | Gövdeden akış | | Meşcereye giren toplam yağış | | İntersepsiyon | |
|-----------|-----|-----|------|-----------------------|--------------------|-------|---------------|-------|------------------------------|-------|---------------|-------|
| | | | | mm | % | mm | % | mm | % | mm | % | mm |
| Kayın | 45 | 14 | KD | 1045,4 | 67,1 | 704,6 | 15,5 | 171,8 | 82,6 | 876,5 | 17,4 | 168,8 |
| Meşe | 50 | 11 | KD | 1020,0 | 69,1 | 718,7 | 10,9 | 119,3 | 80,0 | 838,0 | 20,0 | 181,6 |
| Karaçam | 38 | 12 | B | 1061,0 | 64,0 | 682,5 | 4,0 | 43,0 | 68,9 | 725,5 | 31,1 | 335,7 |

Tablo 2.10: Belgrad Ormanı'nda çeşitli ağaç türlerine ait meşcere altında ve çıplak alanlarda serbest su yüzeylerinden meydana gelen buharlaşma miktarları (Çepel, 1965)

| Ölçüm Yılı | Yıllık Ortalama Evaporasyon (mm/m ²) | | | | | |
|---------------|--|----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|
| | Karaçam | | Meşe | | Kayın | |
| | Meşcere Altı | Çıplak Alan | Meşcere Altı | Çıplak Alan | Meşcere Altı | Çıplak Alan |
| 1960 | 23,5 | 80,3 | 27,1 | 91,5 | 14,8 | 96,1 |
| 1961 | 18,9 | 77,3 | 29,7 | 83,8 | 16,9 | 95,1 |
| 1962 | 27,5 | 85,3 | 39 | 93,4 | 20,8 | 105,7 |
| Ortalama | 23,3 | 81,0 | 31,9 | 89,6 | 17,5 | 99,0 |

Tablo 2.11: Elmalı Barajı yağış havzasında bitki örtüsünün yüzeysel akışla su kaybı üzerine etkisi (Balcı, 1958)

| Dış toprak hali | Yağış (mm) | Toprağa sızan yağış miktarı | | | Yüzeysel akış miktarı | | |
|--------------------|---------------|-----------------------------|--------------------|----|-----------------------|--------------------|----|
| | | mm | m ³ /ha | % | mm | m ³ /ha | % |
| Çıplak | 1336 | 592 | 5920 | 44 | 744 | 7440 | 56 |
| Çayır | | 855 | 8550 | 64 | 481 | 4810 | 36 |
| Orman | | 1095 | 10950 | 82 | 241 | 2410 | 18 |

Tablo 2.12: Belgrad Ormanı'nda değişik meşcere tiplerinde yağış, orman altı yağış, gövdeden akış, intersepsiyon ve yüzeysel akış miktarları (Özhan, 1982)

| Ağaç türü | Yaş | Yıllık yağış | Orman altı yağış | | Gövdeden akış | | İntersepsiyon | | Toprağa ulaşan yağış | | Yüzeysel akış | |
|-------------|-----|-----------------|---------------------|------|------------------|------|---------------|------|-------------------------|------|------------------|-----|
| | | | mm | % | mm | % | mm | % | mm | % | mm | % |
| Meşe | 55 | 1095,6 | 816,6 | 74,6 | 107,7 | 9,8 | 171,3 | 15,6 | 924,3 | 84,4 | 43,4 | 4,0 |
| Karaçam | 23 | | 745,1 | 68,0 | 40,3 | 3,7 | 310,2 | 28,3 | 785,4 | 71,7 | 33,8 | 3,1 |
| Gürgeç-Meşe | 17 | | 756,7 | 69,1 | 187,5 | 17,1 | 151,4 | 13,8 | 944,2 | 86,2 | 52,3 | 4,8 |

2.1.3. Ormanların Rekreyon Fonksiyonu

Ormanlar; ilgi çekici bitkisel, hayvansal ve mineral elamanları içerisinde barındırmalarından ve zengin doğal güzelliklere ve peyzaja sahip olmalarından dolayı, insanların zamanlarının bir kısmını geçirmek ve çeşitli etkinlikleri gerçekleştirmeye olanak sağlama açısından uygun ortamlar oluşturmaktadır. Ormanların, her türlü turistik ve sportif hareketlerde bulunmak, avlanmak, eğlenmek, dinlenmek, gezip dolaşmak, doğayı görüp tanımak, bu türden hareketler için gerekli tesisleri kurmak bakımından uygun koşulları ve olanakları hazırlaması ve koruması rekreyon fonksiyonu olarak

adlandırılmaktadır. Rekreasyon fonksiyonunun, estetik, bilimsel, toplum sağlığı ve doğayı koruma fonksiyonları ile sıkı ilişkisi bulunmaktadır (Eraslan, 1982).

Akesen (1983), rekreasyonel taleplerdeki artışı; geçtiğimiz yüzyılın başından ve özellikle İkinci dünya savaşından sonra başlayan teknoloji, sanayi, ulaşım ve iletişim alanındaki gelişmelerle ilişkilendirmektedir. Bahsedilen gelişmelerle, insanların kişi başına düşen geliri ve boş zamanlarıyla orantılı olarak yaşam düzeyleri yükselmiş ancak düzensiz ve yoğun kentleşme, aşırı nüfus artışı ve çevre kirliliği gibi olumsuz sonuçlar insanların rekreatif amaçlarla doğal kaynaklara taleplerinin artmasına neden olmuştur. Özellikle büyük kent ve endüstri merkezlerinin olumsuz yaşam koşullarında yıpranan bireyler ruhsal ve bedensel yenilenme gereksinimlerini gidermek için ulaşabilecekleri doğal kaynaklara yönelmişler ve böylece ormanlar toplumun rahatlıkla ulaşabileceği doğal rekreasyon kaynağı haline gelmişlerdir.

Gülezer (1990) da; ileri ülkelerde normal yaşamdan soyutlanmayan rekreasyonun ülkemizde de artık bilinçli bir şekilde sürdürüldüğünün gözlendiğini, özellikle büyük kentlerin bunaltıcı ortamından kurtulup kent dışındaki kırsal alanlarda doğa ile baş başa kalma arzusunun günümüzde gittikçe artan bir özlem haline geldiğini belirtmektedir. Bireyin, içinde bulunduğu toplumsal yapıya ve yaşam ortamının sunduğu olanaklara göre ortaya çıkan etkinlikler aracılığıyla, ruhsal ve bedensel gereksinimlerini karşılayabilmesi ve belirli bir doygunluğa ulaşabilmesi, yeni değerler kazanması, yaşam gücü ve isteğini ayakta tutabilmesi, sürdürdüğu etkinliklerden yeterince zevk alabilmesi rekreasyonel aktivitelerde temel hedeftir (Pehlivanoglu, 1986).

Akesen (1995), çeşitli tanımların ortak noktasından yola çıkarak, rekreasyonel faaliyetlerin bazı niteliklerini şu şekilde sıralamaktadır;

- Bireylerin beğenisine yönelik, yani estetik özelliği olan,
- Ruhsal ve bedensel yenilenme amacı taşıyan,
- Sosyo-ekonomik, kültürel ve fizyolojik olaylarla büyük ölçüde ilgili, yani bu faktörlerin bir fonksiyonu olan,
- Boş zamanlarda ortaya çıkan,

eylem ya da eylemlerden oluşmaktadır. Boş zamanların değerlendirilmesi yönünden ele alındığında, rekreasyon eylemleri, 1-Ev içi eylemler, 2-Kapalı yer eylemleri ve 3-Açık hava eylemleri şeklinde 3 grup altında toplanmaktadır. Pehlivanoğlu (1986) da rekreasyon tiplerinin; yapısal (kapalı yer, açık hava), yersel (kentsel, kırsal), içeriksel (aktif, pasif) ve zamansal (günlük, haftalık) gibi yönlerden sınıflandırıldığını ve bu sınıflandırmanın daha da genişletilebileceğini belirtmektedir.

Orman içi rekreasyon, oldukça yaygın ve aynı zamanda popüler bir rekreasyon tipi olarak, çeşitli açık hava etkinlikleri içinde önemli bir yer tutmaktadır. Orman içi rekreasyonu karakterize eden en önemli iki temel faktör “doğal ya da yapay orman ekosistemlerinin varlığı” ve “bu ekosistemleri kullanan kitlelerin insan-doğa ilişkisi içerisinde gösterdiği eylemliliktir”. Genel olarak açık hava rekreasyonunun şekillenebilmesi için, yabani karakterde ya da özel amaçlara göre geliştirilmiş belirli doğal kaynakların, yeterli ölçülerde kullanılması gerekmektedir. Orman alanları, bizzatihi orman ekosisteminin kendi varlığıyla, açık hava rekreasyonu açısından gerekli temel koşullara yeterince sahip bulunmakta ve söz konusu doğal kaynakları topluca sunabilen en elverişli rekreasyonel yaşam çevreleri olarak ortaya çıkmaktadır. İnsan ögesinin orman ekosisteminde yerini almasıyla birlikte, belirli bir etkinlik için gerekli rekreasyonel işlerlik oluşmaktadır (Pehlivanoğlu, 1986).

Jensen (1995); orman içi rekreasyonun diğer boş zaman aktiviteleri içerisinde önemli bir yer tuttuğunu, kuzey ülkelerinde yetişkin insanların %80’inin yılda en az bir kez ormanları ziyaret ettiğini belirtmektedir. Diğer etkinliklerle karşılaştırıldığında bu oldukça yüksek bir orandır (Tablo 2.13).

Tablo 2.13: Kuzey ülkelerinde değişik aktivitelere katılım oranları

| | Norveç (%) | İsveç (%) | Finlandiya (%) | Danimarka (%) |
|------------------------|---------------|--------------|-------------------|------------------|
| Ormanlar/Doğal alanlar | 91 | 82 | 85 | 91 |
| Kütüphane | - | 51 | 66 | 64 |
| Sanat sergisi | 17 | 31 | 41 | 37 |
| Müze | 23 | 45 | - | 34 |
| Tiyatro | 22 | 33 | 45 | 13 |
| Spor merkezi | 33 | 44 | 15 | 32 |
| Konser salonu | 15 | 33 | 20 | 12 |

Yıldızcı (1990), İstanbul için yaptığı çalışmada, toplumun yarısından fazlasının açık hava rekreasyon ihtiyacını gidermek üzere ormanları tercih ettiğini, talebi karşılamak üzere mevcut rekreasyon alanlarının yetmediğini ve yeni alanların açılması gerektiğini belirtmektedir. Rekreasyonel talebi vurgulamak üzere Yıldızcı' nın 1990 yılı için mevcut ve olması gereken rekreasyon alanlarına ilişkin veriler Tablo 2.14' de verilmiştir.

Tablo 2.14:İstanbul için rekreasyon alanı talebi (Yıldızcı, 1990)

| İşletme | Mevcut Rekreasyon Yerleri (adet) | Mevcut Alan (ha) | Eklenmesi İstenen Yerler (adet) | Eklenmesi İstenen Alan (ha) |
|----------|----------------------------------|------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| Çatalca | 2 | 75,0 | 7 | 2634,0 |
| Alemdağ | 2 | 118,25 | 10 | 10259,75 |
| İstanbul | 4 | 102,0 | 5 | 9257,0 |
| Bahçeköy | 8 | 72,4 | 3 | 316,6 |
| Toplam | 16 | 367,65 | 25 | 22467,35 |

Milli parklar, doğa parkları, doğa anıtları ve orman rekreasyon alanları (orman içi dinlenme yerleri) açık hava rekreasyonuna imkan sağlayan başlıca doğal rekreasyon kaynaklarını oluşturmaktadır. Diğer rekreasyon kaynaklarında amaçlar ve ayrılma kriterleri yönünden farklı durumlar ve kullanım konusunda çok daha fazla kısıt söz konusuysen, orman içi dinlenme yerleri; rekreasyon için özel ayrılmış ve sadece bu amaca hizmet eden, orman rejimine tabi olmaları nedeniyle, ormancılık faaliyetleri ile de ilişkisi daha kuvvetli olan yerlerdir.

Orman içi dinlenme yeri olarak ayrılacak alanların;

- Mahalli seviyede açık hava rekreasyonu yönünden değişik ve zengin özelliklere sahip olması,
- Yakın çevresinde yaşayan halkın açık hava rekreasyonu kullanım talebi olması
- Altyapı imkanlarına sahip olması
- Kaynak bütünlüğü sağlayacak bütünlükte olması
- Orman rejimine tabi olması

gerekmektedir.

Ülkemizde bulunan orman rekreasyon alanları kaynak değerleri ve kuruluş amaçlarına göre 3 guruba ayrılmaktadır:

1- **A Tipi Orman Rekreasyon Alanları:** Geceleme olanağı sağlayan, yüksek kullanım ve kaynak potansiyeli bulunan alanlardır.

2- **B Tipi Orman Rekreasyon Alanları:** Geceleme olanağı olmayıp, günübirlik kullanıma imkan sağlayan alanlardır. Yoğun kent yerleşim merkezlerine yakın alanlarda düzenlenir.

3- **C Tipi Orman Rekreasyon Alanları:** Kaynak ve kullanım potansiyeli sınırlı, daha çok yerel talebi karşılayabilen alanlardır

Akesen (2005), rekreasyonun teknik tanımını; “doğal kaynakların, ekonomik ve ekolojik gerekleri de göz önünde bulundurarak, toplumsal ve estetik ağırlıklı kullanımı” şeklinde yaparak, özelliklerini aşağıdaki gibi sıralamaktadır. Rekreasyon;

1- Rekreasyonel etkinliklere katılma sonucu ortaya çıkan bir deneyimdir.

2-Fiziksel veya düşünsel hareketlilik içerir.

3-Çok yönlü çeşitliliğe sahiptir.

4-Çoğunlukla mevsimseldir.

5-Bir gereksinme sonucu ortaya çıkar.

6-Katılanın serbest ve bireysel seçimine bağlı olarak ve istenilerek yapılır.

7-Sürdürüldüğü sürece kişiye ruhsal doyumluk ve zevk verir, yaşama gücünü artırır.

8-Depolanamaz, taşınamaz, genellikle kaynakta (alandan) tüketilir.

9-Başkası yerine yapılamaz yani kişiye bağımlıdır.

10-Çoğu kez geniş alanlar, doğal çevre ve uzaklık gerektirir.

11-Kesin bir mekan sınırlandırması yoktur.

12-Sağlık ve fiziksel yapıyla ilgili olarak her yaşta yapılabilir

13-Parasal kazanç amacı yoktur.

Çok sayıda ve çeşitli bu özelliklerin sonucu olarak rekreasyonel talep çok değişken bir yapıya sahiptir. Bu nedenle, doğal kaynağın korunması ve sürekliliğinin sağlanması

kısıtlarını aşmadan toplum beklentilerine cevap verebilme açısından rekreasyonel talep analizleri, planlamada önemli bir araç olarak görülmektedir.

Ekonomik ve toplumsal sorunları kalmamış, kültür düzeyi yüksek bir toplum çevrenin estetik özellikleriyle daha fazla ilgilenmeye başlamakta ve gittikçe doğadan nitelik beklentilerine yönelmektedir. Teknolojinin gelişmesi ile uzun iş günleri ortadan kalkmaktadır. Bugün bile üretimin %90'ının makinelerce yapıldığı birimler bulunmaktadır. Bu hızda bir gelişmenin sürmesi ve tüm dünyaya yayılması sonucunda yarının insanı bugünden çok daha fazla boş zamana sahip olabileceği, bu nedenle de yarının rekreasyon planları yapılırken teorik olarak "sıfır" saat işgücünün bile göz önüne alınması gerekebileceği belirtilmektedir (Akesen, 2005, s. 43). Toplumun sosyal ve kültürel yapısı ile ilişkili olarak doğaya ve dar anlamda ormanlara bakışları ve beklentileri zaman içerisinde değişim göstermektedir. Ormanları rekreasyonel faaliyetlere uygun bir şekilde planlayabilmek için toplumun değişik açılardan durumunu ve rekreatif etkinlikler açısından ormandan beklentilerini yansıtan araştırmalara ihtiyaç bulunmaktadır. Çağlayan (1999), Belgrad Ormanı'nda rekreasyonel talep özelliklerini belirlemeye yönelik çalışmasında, alan ve kullanıcılar arasındaki değişik ilişkilerin yanı sıra, kullanıcıların bazı kullanım şekillerine dağılımını aşağıdaki gibi bulmuştur (Tablo 2.15).

Tablo 2.15: Kullanıcıların rekreasyonel kullanımlara katılım oranları.

| Kullanım Şekilleri | Kış (%) | Yaz (%) | Toplam (%) |
|-----------------------|---------|---------|------------|
| Yürüyüş | 68 | 63 | 67 |
| Koşu | 64 | 38 | 58 |
| Dinlenme | 21 | 56 | 30 |
| Bisiklet | 17 | 7 | 15 |
| Doğayı inceleme | 8 | 20 | 11 |
| Piknik yapma | 9 | 10 | 10 |
| Fotoğraf çekme | 8 | 10 | 8 |
| At binme | 5 | 6 | 5 |
| Kamp kurma | 5 | 6 | 5 |
| Kitap okuma | 3 | 2 | 3 |
| Çiçek (bitki) toplama | 1 | 5 | 2 |
| Resim yapma | 2 | 1 | 2 |

Endüstrileşme ile birlikte oluşan çarpık kentleşme, hava, toprak, su kirlenmesi, gürültü ve doğal kaynakların tahribi gibi sorunlar karşısında fiziksel ve ruhsal yapısında olumsuzluklar yaşayan kent insanının rekreasyonel taleplerinin rekreasyon planlaması ilkelerine göre karşılanması, modern kent yaşamı için kaçınılmaz olarak görülmektedir (Kuvan, 1991). Aşırı talep ile bunu karşılamada yetersiz rekreasyon kaynakları ve taleple kaynak arasındaki karmaşık ilişkiler planlamayı zorunlu hale getirmektedir. Rekreasyon da dahil olmak üzere ormancılıkta tüm faaliyetler uzun sürelidir ve ormancılık uygulamaları bu faaliyetlerin sürekliliğini sağlamaya yöneliktir.

Açık hava rekreasyonu, rekreasyonel arz ve talebin birbiriyle karşılaşmasıyla oluşmaktadır. Sosyal çevre olarak adlandırılabilir birey veya toplumlar, nüfus ve sosyo-ekonomik yapısı, kültür düzeyi, rekreasyonel algılama ve davranışlarıyla birbirinden farklı geniş bir rekreasyonel kullanım talebi oluşturmaktadır. Sahip olduğu fiziksel ve rekreasyonel nitelikleri ile kendisine yönelen rekreasyonel kullanım talebini karşılamaya çalışan rekreasyon kaynağı ise doğal çevre olarak düşünülebilir. Rekreasyonel arz-talep (doğal çevre-sosyal çevre) ilişkilerinin sürekli ve sağlıklı bir şekilde yürütülerek dengenin sağlanabilmesi, gerçek verilere dayalı rekreasyon planlarının geliştirilmesini ve uygulanmasını gerektirmektedir (Akesen, 1982).

Kullanıcılara yeterli düzeyde açık hava rekreasyonu imkanı sunabilmek amacıyla, potansiyel orman içi rekreasyon alanlarının seçilmesi ve işlevsel hale getirilmesinin yanı sıra mevcut alanların geliştirilerek sürekliliğinin sağlanması gerekmektedir. Rekreasyon faaliyetlerinin sürdürüldüğü alanlardaki ormanlar canlı bir varlık olarak büyümeleri sonucu kısa vadede, süksesyona süreci ile de uzun vadede yapısal bir değişim süreci yaşarlar. Taşıma kapasitelerinin sınırlı olması da sonsuza dek sürekli rekreasyon alanı olarak kullanılmalara engeldir. Plansız bir şekilde, kullan-at gibi bir mantıkla yetersiz hale gelen rekreasyon alanlarının yerine sürekli yenilerinin açılması da mümkün değildir. Rekreasyon alanına yönelik talebin niteliğini belirlemek üzere verilerin toplanması veya rekreasyon potansiyelini artırmak üzere alanda tesis edilecek çeşitli kültür yapılarının planlanması ve uygulanması Orman Amenajmanı'nın çalışma konusu değildir. Ancak, ormanı oluşturan ağaçların veya meşcerelerin büyüme ilişkileri, ekosistemin doğal dinamikleri ve rekreasyon fonksiyonunun alandaki diğer fonksiyonlarla uyumu da gözetilerek, meşcerelerin rekreasyona uygunluğunu en üst

düzeve çıkarmak üzere uygulanacak ormancılık faaliyetlerinin yer, zaman ve miktarını düzenleyen bir planlama sisteminin oluşturulması gerekmektedir. Bu plan belirli bir düzeydeki rekreasyon fonksiyonunun sürekliliğini sağlayacak uygun özelliklerdeki orman alanının devamlı bulundurulmasına yöneliktir.

Rysin (2003); bir alanın rekreasyon potansiyelini, “alanın doğal özelliklerine bağlı olarak, insanların rekreasyonel taleplerini gerçekleştirebilme olanağının derecesi” olarak tanımlamaktadır (Lepeshkin, 2007). Bir alanın rekreasyona uygunluğu veya rekreasyon potansiyeli çeşitli kriterler yardımıyla ortaya koyulabilmekte ve bu kriterler yönünden uygun değere sahip alanlar potansiyel rekreasyon alanı olarak ayrılabilir. Toplum talebini karşılamaya yönelik olarak mevcut alanın ne kadar uygun olduğu veya olabileceğini gösteren bu kriterlerin bir kısmı (kent nüfusu, kişi başına düşen yeşil alan) alanın tamamı için aynı değere sahipken bazı kriterler (yola yakınlık, görüş derinliği) alanın değişik parçalarında farklı durum gösterebilmektedir. Yine bu kriterlerin bir kısmı (bakı, eğim) değiştirilemez nitelikte iken, bazıları (meşcere özellikleri) doğal, bazıları (altyapı tesisleri) da insan müdahaleleri ile değişmektedir. Kültür yapıları bir yana bırakılırsa, bir alanın doğal rekreasyon potansiyelini iyileştirmek üzere sadece alandaki bitki örtüsüne müdahale edilebileceği görülmektedir. Dolayısıyla diğer kriterlerin yanında, insanların hangi orman formlarını rekreasyonel kullanım için daha çok tercih ettiği ve ormanların doğal gelişim süreçlerinde aldığı özelliklerin tercih edilmelerini nasıl etkilediğine yönelik veriler planlamada önemli araçlardan birisini oluşturmaktadır.

Rekreasyon fonksiyonunun, estetik fonksiyonla sıkı ilişkisi bulunmaktadır. İnsanlar buldukları ortamda güzellik, güvenlik ve çeşitlilik ihtiyacı hissetmektedir. Kültürel çevredeki farklı algılamaların sonucu olarak ortaya çıkan estetik değer, yeryüzünde hareket ederken veya bir manzarayı belirli bir mesafeden izlerken hissedilebilmektedir. Bir kişi çevreyi izlerken aynı zamanda onun estetik kalitesini de değerlendirmektedir (Komulainen, 1995). Meşcere veya ağaçların estetik görünümü tercih edilmelerini ve dolayısıyla rekreasyon potansiyelini etkilemektedir. Bu nedenle, doğal rekreasyon potansiyelinin saptanmasında insanların hangi meşcereleri çok veya az tercih ettiğinin belirlenmesi gerekmektedir.

Lindgren (1995), bazı İskandinav ülkelerinde insanların değişik meşcerelere yönelik estetik düşünceleri hakkında şu bilgileri vermektedir:

-Norveç'te yapılan çalışmalar, sıklık ve kapalılığı düşük, değişik yaşlardaki ibrelili ve yapraklı türlerden oluşan karışık meşcerelerin daha çok tercih edildiğini göstermektedir. Meşcerede yaşlı ağaçların sayısı arttıkça beğenilme düzeyi de artmaktadır.

-Finlandiya'da yapılan çalışmalarda saf, yaşlı ve sıklığı zayıf huş meşcereleri daha estetik bulunmalarına rağmen saf ve yaşlı çam meşcereleri rekreasyon için daha çok tercih edilmektedir. Ladin meşcerelerinde, diğer türlerin karışımı estetik ve rekreasyon değerini mutlak surette artırmıştır. Ağaç türünün etkisi, yaşına ve boyutlarına bağlı olarak değişmektedir. Çok genç bir meşcerede; çam ve huş, ladin kadar beğenilmemektedir.

-Danimarkalılar özellikle yaz mevsiminde, yapraklı ormanları, ibrelilere göre daha çok tercih etmektedirler. En çok tercih edilen tür olan kayının etkisi meşcere yaşlandıkça artmaktadır. İbrelili ormanlarda aynı durum gözlenmemiştir. Yaşın tercih düzeyine bir etkisi görülmemiştir.

Ormanlarda yabancı tür istenmemektedir. İnce gövde, dal ve sürgünler, tüm ormanlarda rahatsız edici görülmektedir. Tıraşlama kesimler ormana en olumsuz etkilerden biri olarak görülerek, kesimlerden sonra ortaya çıkan sürgünler negatif olarak algılanmaktadır. Bakir ormanlardaki yüksek miktardaki devrik ağaçlar açık hava rekreasyonu açısından olumsuz karşılanırken, çevre korumacılar, ölmüş ve devrik ağaçlara pozitif bakmaktadır. Meşcere içerisindeki çeşitlilik estetik ve rekreasyonel katkılar sağlamasına rağmen, geniş alanlara yayıldığında monoton kabul edilebilmektedir (Lindgren, 1995).

Pehlivanoğlu (1986) Belgrad ormanı için yaptığı anket sonuçlarından yararlanarak, değişik meşcere tiplerinin bağlı değerlerinin sayısal karşılığı olarak Tablo 2.16' daki katsayıları elde etmiştir. Bu değerlere göre yapraklı meşcereler ibrelilere göre daha fazla tercih edilmekte ve meşcere yaşlandıkça tercih edilme oranı artmaktadır. Genel olarak da orta ve tam kapalı meşcerelerin tercih edildiği görülmektedir.

Tablo 2.16: Değişik meşcere tiplerinin rekreasyonel tercih açısından bağlı değerleri

| Orman Tipi | Genç Orman | | Orta Yaşlı Orman | | | | | | Yaşlı Orman | | |
|---------------|--------------|----------------|------------------|-------------|------------|-------------------|-------------|------------|---------------|-------------|------------|
| | Gençlik çağı | Sırlıklık çağı | Direklik çağı | | | Orta ağaçlık çağı | | | Ağaçlık çağı | | |
| | | | Gevşek kapalı | Orta kapalı | Tam kapalı | Gevşek kapalı | Orta kapalı | Tam kapalı | Gevşek kapalı | Orta kapalı | Tam kapalı |
| İbrelili | 2 | 4 | 7 | 15 | 13 | 9 | 17 | 15 | 16 | 24 | 22 |
| Yapraklı | 2 | 4 | 7 | 19 | 11 | 9 | 21 | 13 | 19 | 30 | 23 |
| Karışık | 2 | 4 | 5 | 16 | 8 | 7 | 6 | 10 | 13 | 24 | 16 |

Güleç (1990), ülkemizde açık hava rekreasyon ihtiyaçlarının karşılanmasında önemli yeri olan orman içi rekreasyon alanlarının, halkın ve yabancı turistlerin rekreasyon ihtiyaçlarını ne ölçüde karşılayabileceklerinin veya başka bir deyişle, bu alanların rekreasyon potansiyellerinin ne olduğunun veya ne olabileceğinin önceden bilinmesi gerektiğini belirtmektedir. bu amaçla öngördüğü değişik kriterler ve bunların sayısal değerleri yardımıyla potansiyel rekreasyon değeri belirlemeye çalışmıştır.

Bolin ve Chesney (1990) uygun rekreasyon alanları belirlenirken en az aşağıdaki 7 kriterin göz önünde bulundurulması gerektiğini belirtmektedir.

A-Genel kriterler

- 1- **Alan:** Rekreasyon alanının belirli bir toplum ihtiyacına cevap verecek büyüklükte olması gerekmektedir. Alandaki fiziksel kısıtlar ve taşıma kapasitesi göz önünde bulundurulmalıdır.
- 2- **Uygun İklim:** İklimin belirli rekreasyon aktivitelerine imkan verecek durumda olması gerekmektedir.
- 3- **Ulaşılabilirlik:** İnsanların rekreasyon alanına ulaşımının kolay ve güvenli olması gerekmektedir. Ulaşımın zorluğu rekreasyon alanının kullanımını kısıtlamaktadır.

B-Özel Kriterler

- 4- **Çekicilik ve düzen:** Alan, amaçlanan aktiviteyi tamamlayan özelliklere sahip olmalıdır. Bisiklet sürüşü için çok güzel imkanlar sunan bir alanda, güzergah üzerinde geçişi kısıtlayıcı engeller, kullanıcıların tatmin düzeyini düşürebilir.

5- Su yüzeyleri: Göl, nehir ve dere gibi su yüzeyleri insanları cezbetmektedir.

6- Toplum onayı: Bir rekreasyon alanında planlanan aktivitelerin istenen düzeyde gerçekleşmesi toplumun onayına bağlıdır. Bazı özel aktiviteler toplumun bunları destekleme potansiyelinin olduğu yerlerde gerçekleştirilmelidir.

7- Arazi kullanımı: Ormanın alternatif kullanımları göz önünde bulundurulmalı, çok amaçlı kullanımda birbiri ile çelişen amaçlar yer almamalıdır.

Arrowsmith ve Chhetri (2006) de, bir milli parkta yaptıkları çalışmada değişik kriterler kullanarak ve bir matematiksel model oluşturarak, rekreasyon potansiyeli yüksek alanları belirlemeye çalışmışlardır. Coğrafi Bilgi Sistemleri'nden de faydalandıkları çalışmalarında rekreasyon potansiyelini aşağıdaki denklem yardımıyla hesaplamışlardır.

$$\text{Rekreasyon potansiyeli} = 0.782 + 0.316 (\text{yükseklik}) + 0.235 (\text{rölyef}) + 0.148 (\text{bitki çeşitliliği}) + 0.09 (\text{suya yakınlık}) + 0.133 (\text{eğim})$$

Benzer şekilde farklı kriterler yardımıyla rekreasyon potansiyelini ortaya koymaya yönelik çeşitli çalışılmışlar yapılmıştır (Goossen and Langers, 1999; Vries and Goossen, 2002). Belirli kriterler yardımıyla değişik rekreasyon alanlarının potansiyellerinin ortaya konulması, ülke veya bölge bazında bu alanların birbirleri ile karşılaştırılmalarına ve bir sınıflandırma yapılabilmesine imkan sağlayabileceği gibi, talebi karşılamak üzere yeni açılacak rekreasyon alanlarının da nerelerden seçilebileceğini göstermesi açısından faydalı olacaktır. Bir rekreasyon işletme sınıfındaki değişik meşcerelerinin birbirlerine göre bağlı değerlerinin sayısal olarak ortaya konulması da bu alanların planlanması açısından önemlidir. Buna paralel şekilde sayısal olarak tanımlanmış diğer fonksiyonlara ilişkin değerlerle karşılaştırma ve çok amaçlı planlamada kullanılmaları da bu sayede mümkün olmaktadır.

2.2. ORMANLARDAN ÇOK AMAÇLI FAYDALANMA

Çok sayıda ürün ve hizmet üretimi ve bunlardan faydalanma sözkonusu olduğunda, ormancılık; orman kaynaklarının çok amaçlı kullanımı adını almaktadır. Çok amaçlı ormancılık kavramının, ormancılık içerisinde yeni bir sektör, ormancılıkla eş anlamlı

veya ormancılıkla ilişkili faydaların ötesinde bir düşünce olarak yorumlandığı durumlar olmaktadır (Fernand, 1995). Değişik uzman veya ilgi gurupları kavramı kendi amaçlarına uyacak şekilde tanımlama eğilimindedirler. Literatürde çok amaçlı faydalanmayı tanımlamada birbiri ile aynı anlamda kullanılan çok fazla terim (multiple-use, multi-functional, multi-objective, multi-purpose, multi-interest, multi-value, multi-beneficiaries, integrated management) olduğu görülmektedir. Bu durum çok amaçlılığın ilgilenilen çalışma alanı ile ilişkiye getirilmesinden kaynaklanmaktadır (Weis et. al, 2002). “Ürün”, “hizmet”, “çıktı” gibi ekonomik yönleri olan terimlere karşılık, Politika bilimi ile uğraşanlar “ilgi”, “değer” gibi terimler kullanmaktadır. Benzer şekilde ülkemizde kullanılan “Fonksiyonel Planlama”, “İşlevsel Planlama” ve “Çok Amaçlı Planlama” gibi kavramlar bulunmaktadır. Mısır (2001) ve Karahalil (2003) fonksiyonel planlama ile çok amaçlı planlamanın birbiri yerine kullanılmasının doğru bir yaklaşım olmadığını, çünkü her fonksiyonel planın çok amaçlı sayılamayacağını belirtmektedir. Bu kavramlar, şimdiye kadar ortaya koyulan uygulama örneklerinde teknik açıdan farklılıklar olsa da temelde ormanlardan çok amaçlı faydalanmayı amaçlayan ve aynı anlama gelen ifadelerdir.

Çok amaçlı kullanım kavramının temelleri Almanya ve Amerika Birleşik Devletleri’ne dayanmaktadır. Alman ormancılar; çok amaçlı ormancılıkla ilgili terimleri 19. yüzyılda kullanmalarına rağmen, bilimsel temelleri 1950’lerde açıklanmıştır. Alman profesör Viktor Dieterich, 1953 yılında yayınladığı “Forstwirtschaftspolitik (Ormancılık Politikası)” isimli kitapta orman fonksiyonları teorisini işlemiştir. Dieterich; Ormancılık Politikası’nın orman fonksiyonlarına dayanması gerektiğini, başarılı bir ormancılığın ön koşulunun insanlar ile orman arasındaki karmaşık ilişkilere ait bilginin yanı sıra ormancılığın ekonomi ve refah yönünden öneminin anlaşılması olduğunu belirtmiştir (Hytönen, 1995).

Çok amaçlı kullanım felsefesi Amerika’da 19. yüzyılın başlarında gelişmeye başlamıştır. Ormancılık biriminin başkanı Gifford Pinchot’ un fikirleri bugünkü çok amaçlı ormancılık yaklaşımının gelişimini hızlandırmıştır. Pinchot; ot, odun ve suyu ormanlardan sağlanacak ana ürünler olarak düşünmüştür. Tartışmalara rağmen, 1960 yılında MUSY-Act (Multiple Use Sustained Yield Act) adı verilen sürdürülebilir çok amaçlı kullanımı amaçlayan yasanın kabul edilmesiyle de çok amaçlı kullanım resmi bir

kavram haline gelmiştir (Hytönen, 1995). Bu yasaya göre çok amaçlı kullanım şu şekilde tanımlanmıştır:

“Çok amaçlı kullanım; ulusal ormanlardan sağlanan çeşitli yenilenebilir yüzey kaynaklarının tamamının Amerikan vatandaşlarının ihtiyaçlarını en iyi karşılayacak şekilde kombine edilerek işletilmesi, arazinin bu kaynakların tamamı, bir kısmı veya ilgili hizmet üretimi için yeterince geniş alanlarda değişen ihtiyaç ve koşullara göre periyodik düzenlemelere imkan sağlayacak şekilde en akıllıca kullanılmasıdır ki bazı alanlar tüm kaynaklardan daha azı için kullanılabilir, değişik kaynaklar arazi verimliliğini düşürmeden birbiriyle ahenkli ve düzenli işletilirken kaynakların bağlı önemleri göz önünde bulundurulur ve en yüksek para veya birim çıktı sağlayacak kombinasyonun seçimi önemli değildir” (Gregory, 1987’ye atfen Hytönen, 1995).

Her ne kadar tanımlansa da çok amaçlı kullanım tanımının bazı belirsizlikler içermesi ve değişik kullanımların nasıl dengeleneceği konusunda kılavuzlar olmaması nedeniyle farklı ilgi grupları arasındaki çatışmaları çözmede yetersiz görülerek tanımda daha sonra yeni düzenlemeler yapılmıştır (Anderson, 2002). Amerika’da ulusal ormanlardaki yenilenebilir kaynakların sürdürülebilir bir tarzda ve çok amaçlı işletilmesini öngören yasada; su havzaları, odun, mera, rekreasyon, yaban hayatı ve balıkçılık eşit öneme sahip yenilenebilir kaynaklar olarak tanımlanmıştır (Cliff, 1960). Yine 1960 yılında, bu yasanın kabulünden iki ay sonra ana teması “Orman Alanlarının Çok Amaçlı Kullanımı (Multiple Use of Forest Lands)” olan Beşinci Dünya Ormancılık Kongresi düzenlenmiş ve bu sayede çok amaçlı ormancılığa ilgi dünya çapında artmıştır.

Amerika Birleşik Devletleri Ormancılık Terminolojisi’ nin tanımı ise “Odun ya da diğer orman ürünleri üretimi ile evcil hayvanlar için yem, ince dal ve yaprak üretimi, yaban hayvanları için uygun yaşama koşulları meydana getirme, güzel manzaralar elde etme, erozyon ve sellere karşı koruma, ulusal savunma gibi iki ya da daha fazla amacı birleştiren bir ormancılık uygulamasıdır” şeklindedir (Eraslan, 1973).

Kuzey Avrupa ülkelerinde kavramla 1960 yılında Amerika’da kabul edilen MUSY-Act (Multiple Use Sustained Yield Act) sonrasında ilgilenilmeye başlanmıştır. Kuzey Avrupa’da ilk defa 1960 yılının sonunda kullanılmaya başlanan kavram 1970’lerin

ortasında iyi bilinir hale gelmiştir. Çok amaçlı ormancılığın tanımına yönelik tartışmalar uzun yıllar devam etmiş ve tanım birçok kez değiştirilmiştir. Kavram üzerine en yoğun tartışmalar, çok amaçlı kullanımın; çatışma veya harmoni, optimizasyon veya adaptasyon olarak anlaşılması ile insan ve doğa arasında özne-obje ilişkisi ve çok amaçlı kullanım kavramının doğa yönetiminin diğer alanlarıyla ilişkisinin nasıl olduğu şeklinde gelişmiştir (Fernand, 1995).

Kuzey Avrupa ülkelerinden ormancılığın gelişmiş olduğu Finlandiya da kavramı Amerika'dan almıştır. Burada da başlangıçta kavram çok tartışılmış, bazı bilim adamları tarafından tüm insanlara olası en iyi hizmetin sunulması için kullanımların en uygun şekilde kombine edilmesi şeklinde yapılan tanımlar diğerleri tarafından gerçekçi görülmeyip, ütöpik olarak değerlendirilmiştir. Bu tarz ifadelerin kavramın tanımında yer alamayacağı, ancak çok amaçlı faydalanmanın amaçları arasında sıralanabileceği belirtilmiştir. Ülkede 1970'lerde teknik içerikli tanımlar yaygın iken 1980'lerde sosyal amaçlar içeren tanımlar daha sık kullanılır olmuştur (Hytönen, 1995).

Finlandiya Çok Amaçlı Ormancılık Çalışma Gurubu, çok amaçlı faydalanmayı; “Orman kaynaklarından planlı faydalanarak insanların çeşitli ihtiyaçlarının sürdürülebilir bir tarzda karşılanması ve ormanların toplum için sunduğu maddesel ve maddesel olmayan faydalarının mümkün olduğunca en yüksek seviyeye getirilmesidir” şeklinde tanımlarken, bazı yazarlar çok amaçlı faydalanma ile doğa koruma ve ormanlarda açık hava rekreasyonunu kastetmektedir. Norveç Tarım Bakanlığı tarafından oluşturulan çalışma gurubuna göre ise, “ekonomi ağırlıklı ormancılık uygulanırken doğal çevre ve rekreasyona önem verilmesidir” şeklinde tanımlanmaktadır (Hytönen, 1995).

Hytönen (1995), Solbraa (1991)'ya atıfta bulunarak; Solbraa'nın çok amaçlı ormancılığın sosyal ve politik yönleri üzerinde durduğunu ve çok amaçlı ormancılık tanımına orman yöneticileri ve onların sorumluluklarını dahil ettiğini belirtmektedir. Solbraa'ya göre çok amaçlı ormancılığın amacı değişik kullanıcılar arasındaki çatışmaların çözülmesi veya azaltılması ve ormanlardan sağlanan sosyal faydanın maksimum yapılmasıdır.

Ülkemizde de Eraslan, 1973 yılında Türkiye'deki ormanların göreceği fonksiyonları sınıflamış ve ormanların işletme amaçlarının belirlenmesi esaslarını orman fonksiyonlarına dayalı olarak teorik şekilde açıklamıştır. Büyük Britanya Ulusal Topluluğu ve Amerika Birleşik Devletleri Ormancılık Terminolojilerinden yola çıkarak, çok amaçlı ormancılığı kısaca "Bir orman alanını, aynı zamanda iki ya da daha fazla amaç için kullanmaktır" şeklinde tanımlamıştır. Bir orman için ikiden fazla amacın kararlaştırılması halinde, bunlardan birisinin ya da birkaçının ana amacı teşkil etmesi ve diğerlerinin bunun yanında yan amaçlar olarak yer alması, bütün amaçların birbirini desteklemesi ve hiçbir zaman birbirleriyle çelişme halinde bulunmaması gerektiğini, aksi halde bu prensibin uygulanmasının ormancılık için zararlı olabileceğini belirtmiştir (Eraslan, 1973). Ülkelerin ormancılık geleneklerine bağlı olarak kavramda açılımlar yapılmasına rağmen Eraslan'ın tanımı çok amaçlı faydalanma konusunda yapılan tanımların ortak noktasını oluşturmaktadır. Asan da çok amaçlı faydalanma da Eraslan'la aynı tanımı kullanmaktadır (Asan, 1990; Asan et al., 1998; Asan, 2005). Mısır (2001) da çok amaçlı planlamadan söz edebilmek için aynı alandan beklenen mal ve hizmet üretiminin iki veya daha fazla olması gerektiğini belirtmektedir.

Pukkala (2002)' ya göre orman planlamanın ne zaman tek, ne zaman çok amaçlı olduğunu söylemek kolay değildir. Diğer amaçları göz ardı ederek net bugünkü değeri maksimum yapan bir planlama şekli de çok amaçlı planlama sayılabilir. Değişik zaman periyotlarındaki net gelirler, farklı iskonto oranları veya orman sahibinin tercihleri de farklı amaçlar olarak yorumlanabilir. Tek bir amaç değişkenine sahip doğrusal programlama da çok amaçlı planlama tekniği olarak düşünülebilir. Amaçlardan biri, amaç fonksiyonunda yer alırken diğerleri modelin kısıt denklemlerinde yer alabilir. *Bununla birlikte açık olan nokta orman planlamanın öncesine göre daha çok amaçlı ve orman kullanımını temsil eden odun üretimi dışındaki amaçların daha yaygın olmasıdır.*

2.2.1. Çok Amaçlı Faydalanmayı Sağlamada Kullanılabilecek Yaklaşımlar

Çok amaçlı kullanım tanımlarına bakıldığında şu özellikler dikkat çekmektedir;

1-Bir orman *alanının* aynı zamanda iki veya daha fazla amaç için kullanımı (Konumsal ve zamansal boyut)

2-Maddesel ve maddesel olmayan hizmetlere yer vererek ormanlardan sağlanan faydaların *en yüksek* hale getirilmesi (Optimizasyon)

Yapılan çalışmaların çoğu yukarıda bahsedilen özelliklerin bir veya her ikisini sürece dahil ederek çok amaçlı faydalanmayı sağlamaya yöneliktir.

2.2.1.1. Çok Amaçlı Faydalanmanın Konumsal ve Zamansal Boyutları

Çok amaçlı ormancılığın kapsamı kültüre bağlı olarak değişik zamanlarda, değişik şekillerde ifade edilmiştir. Çok amaçlı kullanıma yönelik araştırmaların içeriği de toplumun taleplerine bağlı olarak değişmektedir. Ormanlar dinamik ve pek çok sayıda fonksiyona sahiptir. Bu fonksiyonları bir plan çatısı altında kombine ederek, toplum taleplerinin karşılanması amacıyla değişik yaklaşımlar kullanılabilir. Bu yaklaşımları şu şekilde sıralamak mümkündür (Saastamoinen ve Hytönen, 1995):

- 1- Birleşik üretim; aynı alanda ve aynı zamanda iki veya daha fazla üretim gerçekleştirilir.
- 2- Kullanımları alternatif süreçler halinde konumsal olarak ayırmak; alanın tamamı belli kullanım veya kullanım kombinasyonlarına ayrılır.
- 3- Zincirleme üretim; yukarıdaki iki yaklaşımdan biri kullanılarak değişik faydalanmalar zaman ölçeğine bağlı olarak düzenlenir.

Çok amaçlı ormancılıkla ilgili temel fikirler ortaya atıldıktan sonra anlamının açık olmaması nedeniyle tartışılmış ve eleştirilmiştir. Tartışılan konulardan birisi değişik çıktı üretimlerinin konumsal olarak nasıl kombine edileceğidir (Anderson, 2002). Bu çok amaçlı kullanımda *ölçek* sorunu olarak adlandırılmaktadır. Tanımdaki alan ve zaman kavramlarının açıklığa kavuşturulması gerekmektedir.

McArdle (1960) alanın büyüklüğünün çok amaçlı kullanımda anahtar olduğunu belirterek, çeşitli ihtiyaç ve koşullara uyacak ve periyodik ayarlamalar için yeterli serbestliği sağlayacak şekilde alanın büyük olması gerektiğini söylemektedir. Ayrıca değişik döngüsel deneyimleri kazanabilmek için de çok amaçlı kullanımın bir veya çok sayıda yıldan oluşan periyotları kapsamaması gerektiğine işaret etmektedir.

Orman Amenajmanı'nda planlama kriteri olarak kullanılabilen alansal ifadeler; meşcere, işletme sınıfı ve plan ünitesidir. Çok amaçlı kullanımın en uç örneği meşcere bazında çok amaçlı faydalanmayı sağlamaktır. Ancak işletme sınıfı veya plan ünitesi bazında çok amaçlı kullanım şeklinde anlamda açılım yapmak da mümkündür. Dolayısıyla orman fonksiyonlarına göre ayırımın yanı sıra, her ne kadar çok amaçlı kullanımda odun dışı ürün ve hizmetlerin planlamaya entegrasyonu söz konusu olsa da; klasik yaklaşımla ağaç türlerine göre yapılan işletme sınıfı ayırımını da plan ünitesi bazında çok amaçlı faydalanma olarak görmek olasıdır.

Belirli birer fonksiyonu görece alanların bir kısmı plan ünitesinde üst üste örtüşebilir. Örneğin rekreasyon fonksiyonuna ayrılan bir alanın bazı kısımlarında erozyon tehlikesi söz konusu olabilir. Bu durumda rekreasyon fonksiyonuna ayrılmış bir işletme sınıfında toprağın korunmasını da göz önünde bulunduracak şekilde işletme sınıfı bazında çok amaçlı faydalanma sağlanabilir.

Çok amaçlı faydalanmada üzerinde durulması gereken diğer bir konu da fonksiyonların bağıl önemidir. İki ve daha çok sayıda fonksiyonun örtüştüğü alanlarda, fonksiyonların bağıl önemini göz önünde bulunduracak şekilde baskın fonksiyonu ortaya çıkaran yaklaşım veya her fonksiyona eşit önem veren yaklaşım kullanılabilir. Mısır (2001), amaç önceliklerinin saptanmasının bir zorunluluk olduğunu, çok amaçlı planlama yapabilmek için amaçların sayısallaştırılması ve önceliklerinin belirlenmesi gerektiğini belirtmektedir.

Meşcere bazında çok amaçlı faydalanma ile işletme veya plan ünitesi bazında da çok amaçlı faydalanma sağlanmış olur ve işletme sınıfı ayırımı gereksiz görülebilir ancak bu durum optimal meşcere kuruluşlarının ortaya koyulmasını veya meşcerelerin yapısal (hacim, göğüs yüzeyi) durumlarının sürekliliğini gerektirdiğinden uygulanması zordur. Ağaç türünün biyolojisi de uygun değilse ve silvikültürel müdahalelerle sürekli bir meşcere kuruluşunun sağlanması mümkün değilse, fonksiyon sürekliliğinin yaş sınıfları metodu uygulanarak ve idare süreleri, söz konusu fonksiyona göre meşcere olgunluklarının ortalamasına denk gelecek şekilde kararlaştırılarak işletme sınıfı bazında çok amaçlı faydalanmayı sağlama daha uygulanabilir görülmektedir.

Çok amaçlı ormancılıkta değişik kullanımların konumsal olarak nasıl kombine edileceğine dair temel olarak karşıt iki yaklaşım bulunmaktadır. Anderson (2002); çok sayıda çıktının aynı alandan (meşcere veya işletme sınıfı) karışık olarak üretimi şeklindeki birinci yaklaşımın Dana (1943), McArdle (1953, 1962) ve Franklin (1989) tarafından savunulduğunu ve örneğin; Franklin'in bunu "biyolojik çeşitliliğin korunması her gün her alanda yapılan her işe dahil edilmelidir" şeklinde belirttiğini, değişik her bir çıktı için değişik alanlar ayrılması (plan ünitesi bazında) şeklindeki ikinci yaklaşıma Pearson (1944) ve biraz da Vincent ve Binkley (1993) ile McNeely (1994) tarafından öncülük edildiğini bildirmektedir. Gregory (1955) bir firmanın optimum çıktı karışımını analiz etmede kullanılan teknikleri çok amaçlı orman kullanımını problemine uygulayan ilk kişidir. Her iki yaklaşımı da ekonomik bakış açısından tartışmış ve her iki yaklaşımın da en üst üretim düzeyini sağlayabileceğini, bunun üretimin yer alacağı alandaki koşullara bağlı olacağını belirtmiştir (Sahajananthan et al., 1998). Vincent ve Binkley (1993) çok amaçlı ormancılığın verimli olabilmesi için neden her bir kullanıma ayrı alan tahsis edilmesi gerektiğini tartışmıştır. Aynı zamanda iki meşcerede koşullar aynı ise, işletme iki üründen birinin işletme faaliyetlerine daha iyi tepki göstermesi durumunda alanı tek bir ürüne ayırma eğiliminde olacağını belirtmiştir (Stevens and Montgomery, 2002).

Gustavsson (1979)' a atfen Anderson (2002) birçok kimsenin çok amaçlı faydalanma kavramını, alanın aynı anda değişik amaçlar için kullanılması şeklinde yorumlamadığını, bunun yerine içerisinde bir kullanımın, komşu alanda ise diğer bir kullanımın baskın olduğu küçük ölçekli zonlama olarak düşündüğünü bildirmektedir. *Ayrıca ölçeğin çok amaçlı faydalanmada; küçük boyuttaki alanlarda birçok farklı kullanımın olabilmemesinden, bir kullanımın geniş alanlarda tek bir baskın kullanım olmasına izin verilmemesi şeklinde görülmesi gereken anahtar bir kavram olduğunu belirtmektedir.*

Nitschke ve Innes (2005), çok amaçlı ormancılık konseptinin ilk uygulamalarında, meşcerelerin ormandan beklenen fayda ve fonksiyonların çoğunu veya bazen tamamını sağlayacağını öne sürüldüğü, ancak bu fikrin günümüzde büyük ölçüde terk edilerek, iyi planlanmış ormanların toplumun çok yönlü ihtiyaçlarını karşılayabileceği fikrinin hakim olduğunu belirtmektedir. Aynı araştırmacılar, orman zonlamanın birçok kişi

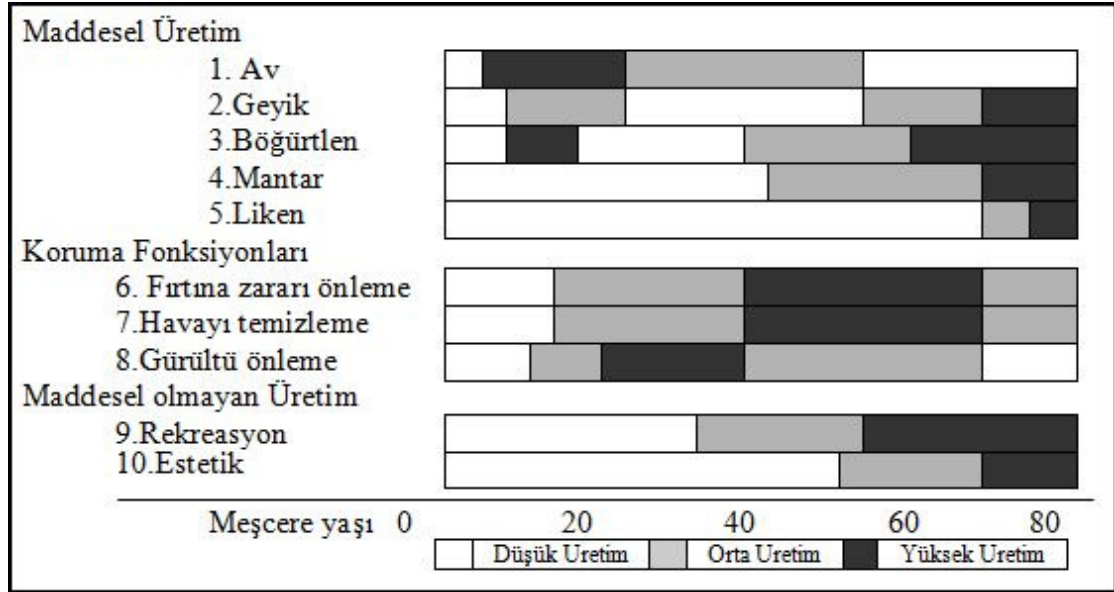
tarafından sosyal, ekonomik ve çevresel değerleri dengelemede en iyi yöntem olarak görülmesinden dolayı, orman alanlarının değişik fonksiyonlara tahsisine yönelik modellerin arttığını dile getirmektedirler. Binkley (1997) ye atıfta bulunarak; orman kaynaklarının kullanımında çıkar guruplarının orman alanlarının bol ve sınırsız olduğu varsayımıyla hareket ettiklerini, bu nedenle de çatışmaları çözümenin en iyi yolunun ormanın değişik kullanımlara tahsisinin olduğunu önermektedirler. Makalelerinin devamında, arazi için bir fiyat sisteminin olmadığı ve pazarı olmayan çevresel değerlerin bulunduğu bir ortamda mantıklı yaklaşımın arazi kullanımı zonlaması olduğunu vurgulamaktadırlar.

Sahajanathan et al., (1998), özellikle kullanımların yüksek derecede rekabet halinde olduğu durumlarda orman alanının her bir hektarını çok amaçlı işletmenin verimli olmayacağını bildirmektedir.

Eraslan (1973) de bir orman alanı için kararlaştırılan iki veya daha fazla amacın birbirini desteklememesi veya bir orman alanından beklenen fonksiyonların birbiri ile çelişme halinde bulunması durumunda, çok amaçlı faydalanma prensibinin uygulanmasının orman için zararlı olabileceğini belirtmektedir.

Batur (2004), Geray (2003)'ün; orman kaynaklarının farklı niteliklerdeki alt sistemlere bölünebilir olması ve taleplerin çeşitlilik arz etmesi nedeniyle farklı işlevlere tahsis edilmesi gerektiğini savunduğunu, bu tahsis işlemine işlevsel bölümlenme veya amaçlandırma adını verdiğini ve her işlev için kendi içinde, kendine özgü planlama tekniği ve model geliştirilmesini önerdiğini bildirmektedir.

Çok amaçlı ormancılığın bir diğer boyutu da zamandır. Yine çok amaçlı faydalanma tanımından yola çıkarak (*aynı alandan aynı zamanda...*) zaman kavramının sınırları da sorgulanabilir. Meşcereler, gelişimlerinin değişik dönemlerinde değişik fonksiyonlara uygunluk açısından farklı özellikler gösterirler (Şekil 2.4). Dolayısıyla 100 yıllık bir planlama ufkunda değişik plan dönemlerinde aynı alanın farklı kullanımlara tahsisi ile de çok amaçlı faydalanma gerçekleştirilmiş olur.



Şekil 2.4: Bir orman ekosisteminin süksesyonun değişik aşamalarında üretim potansiyeli (Hytönen, 1995' den düzenlenerek)

Gustafson (1996), kesimlerin ve dinamik zonlama adını verdiği, değişik arazi kullanım şekillerinin zamansal ve konumsal ölçekteki değişiminin etkilerini araştırdığı çalışmasında, dinamik zonlama ile kesim esnasında meşcere orta yaşlarının daha yüksek olması ve ormanın kenar (edge) etkisinin azalması gibi sonuçlara ulaşmıştır.

Sonuç olarak; çok amaçlı faydalanma yaklaşımındaki alan ve zaman kavramlarından, birçok araştırmacı tarafından olduğu gibi bu kavramların en küçük ölçekteki durumları anlaşılabilirliği gibi, planlanacak alanın yerel koşullarına ve beklenen fonksiyonların birbiriyle uyumuna göre alan ve zaman kavramlarını esnetmek mümkün görülmektedir.

2.2.1.2. Çok Amaçlı Faydalanmanın Optimizasyonu

Çok amaçlı faydalanma kavramının temel bileşenlerinden birisi de ormanlardan sağlanacak çeşitli sosyal, ekolojik veya ekonomik faydaları en üst düzeye getirecek şekilde planlama araçlarının kullanımınıdır. Optimizasyon, en iyileme demektir. Başka bir ifadeyle, mevcut kısıtlar altında olası seçeneklerden en uygununun seçilerek, amacın en üst düzeyde gerçekleşmesini sağlamaktır. Bu; amaca katkı yapan değişkenlerin, amacı maksimum veya minimum yapacak şekilde düzenlenmesiyle gerçekleştirilebilir. Ulucan (2004), kar amaçlı olan ya da olmayan tüm örgütlerin genel amacının, kıt kaynakları en etkin şekilde örgüt faaliyetlerine tahsis ederek, kaynak kullanımının optimize edilmesi olduğunu belirtmektedir.

Orman kaynaklarının kullanımı ve toplumun bu kaynaklardan faydalanmasının planlanması sırasında bazı temel ilkeler ve ölçütler göz önüne alınmaktadır. Orman kaynaklarından faydalanmanın planlanması sırasında planlayıcının mutlak surette gözetmek zorunda olduğu bu ilkeler:

- 1 - Süreklilik ilkesi (Devamlılık ilkesi)
- 2 - İktisadilik ilkesi (Rasyonellik ilkesi)
- 3 - Verimlilik ilkesi (Prodüktivite ilkesi)
- 4 - Çok amaçlı faydalanma ilkesi
- 5 - Koruma ilkesi
- 6 - Estetik ilkesi
- 7 - Katılımcılık

şeklinde sıralanmaktadır (Asan, 2003).

Planlamada öncelikli olarak göz önünde bulundurulması gereken “süreklilik” ormancılığın baş ve taç ilkesi olup, Orman Amenajmanı biliminin de doğuş nedenidir. Sürekliliği tehlikeye sokma pahasına, diğer kriterlere ağırlık verilemez ve diğer kriterler süreklilik sağlanırken göz önünde bulundurulacak tali kriterler olarak düşünülmelidir. Optimizasyon da tüm bu kriterler uygulanırken akılcı davranmayı veya değişik kriterler arasındaki uyumu sağlamayı hedefleyen ayrı bir kriter olarak görülebilir.

Sayısal yöntemler kullanılsın veya kullanılsın, planlama doğal olarak her zaman optimizasyon yönlü olmuştur. Ağırlıklı olarak odun üretimi üzerine yoğunlaşan klasik orman planlamada da bu durum geçerlidir. Optimal yapıda bulunan bir ormanın değişik ürün ve hizmetleri sürekli olarak sağlayacağı varsayılmıştır. Amaca; en kısa sürede veya en yüksek karla veya en yüksek miktarda üretim yaparak ulaşma gibi yaklaşımlar yer almasa da ormanın mevcut durumuna ilişkin alan, servet, artım, ağaç sayısı gibi planlama kriterlerinin ve bunların yaş veya çap sınıflarına dağılımının optimale ulaştırılarak, uzun vadede orman ürünlerinden sağlanan faydanın maksimizasyonu amaçlanmıştır. Eraslan (1965) in değişik düzenleme sürelerini denemek suretiyle optimal kuruluşa ulaşma yollarını incelediği çalışması, ülkemizde orman planmada optimizasyonu uygulamaya yönelik ilk örnek sayılabilir.

Günümüz ormancılığında karar verme süreci, birçok amaç ve göz önünde bulundurulması gereken birbiriyle çelişen çeşitli konuların bulunması nedeniyle oldukça karmaşık bir yapı göstermektedir. Değişik ilgi guruplarının amaç ve beklentileri ve bunların zamanla değişebilmesi, doğaya açık bir işletme oluşun getirdiği belirsizlikler, ürünlerin gelecekteki değerlerini tahmindeki güçlük, meşcere gelişimini tahminde kullanılan modellerin yetersizliği bu süreci daha zor bir hale getirmektedir.

Orman alanlarından sağlanacak toplam faydayı en yüksek seviyeye getirebilmek için, toplam faydayı etkileyen karar değişkenlerinin veya planlama araçlarının zamansal, mekansal veya yapısal olarak akıllıca düzenlenmesi gerekir. Değişik fonksiyonlar için en uygun yer ve miktarda alan tahsisi, en uygun idare veya düzenleme sürelerinin seçimi, idare süresini dolduran alanlar için en uygun kesim sırasının belirlenmesi, en uygun yol ağının sağlanması gibi planlama sürecindeki bir takım faaliyetlerin optimizasyonu anlamına gelen süreç ile, belirlenen kriterlere göre toplam fayda maksimum yapılabilir. “En uygun” olanın belirlenmesi ise çoğu zaman insan beyninin kapasitesini aşacak şekilde, çok sayıda karar alternatifinin değerlendirilmesini gerektirir.

Pukkala (2002), karar sürecinin karmaşıklığını göstermek için Başkent (2004) tarafından da benzeri sunulan şu örneği vermektedir.

Meşcerelere silvikültürel müdahale şekillerinin tüm farklı kombinasyonlarının ayrı bir plan alternatifi olarak değerlendirilmesi durumunda, eğer müdahale şekillerinin sayısı tüm meşcereler için aynı ise, toplam alternatif plan sayısı $P=T^S$ şeklinde hesaplanır (P ; alternatif plan sayısı, T ; her bir meşcere için müdahale şekli sayısı, S ; toplam meşcere sayısı). Örneğin orman her biri 3 müdahale seçeneği uygulanabilen 2 adet meşcereden oluşuyorsa, toplam alternatif plan sayısı $3^2=9$ dur.

30 meşcereden oluşan küçük bir ormanda, müdahale şekli sayısı yine 3 ise toplam plan sayısı $3^{30}=205.891.000.000.000$ olacaktır. Bu ise her bir Finlandiya’lı için 41 milyon plan demektir. Her Fin’li bir planı değerlendirmek için 10 saniyeye ihtiyaç duysa, tüm Fin’lilerin tüm planları değerlendirmesi için 14300 iş günü gerekecektir.

Bu örnek açık bir şekilde etkin sayısal araçlar olmadan, orman planlamada olası tüm karar alternatiflerini kıyaslama ve değerlendirmenin mümkün olmadığını göstermektedir. Gerçek durum bahsedilenden çok daha karmaşıktır, çünkü gerçekte meşcere sayısı ve alternatif müdahale seçenekleri daha fazladır. Birçok gerçek planlama sürecinde alternatif plan sayısı bilgisayarların değerlendirme kapasitesinden de fazladır. Bu durum, optimal veya ona yakın bir plan elde etmek için bilgisayar olanaklarının ve yöneylem araştırması adı verilen matematiksel çözüm tekniklerinin devreye sokulmasını gerektirmektedir (Pukkala, 2002).

2.2.2. Çok Amaçlı Faydalanma Problemlerinin Çözümünde Kullanılabilecek Optimizasyon Teknikleri

Sürdürülebilir ormancılık esasları çerçevesinde ormanları planlarken çelişen amaçların dengelenmesi gerekmektedir. Çelişkiler; ekonomik, çevresel, sosyal, kültürel, teknik ve estetik gibi değişik amaçlar yönünden ortaya çıkabilmektedir. Çok sayıdaki amaçta ise en iyi kombinasyonun seçimi büyük uğraş gerektirmektedir. Karar verme sürecinde göz önünde bulundurulması gereken alternatif sayısının fazlalığı ve bunların eş zamanlı değerlendirilmesi gerekliliği; problemin bilgisayarda matematiksel modellerle ifade edilerek, çeşitli çözüm tekniklerinden faydalanmayı zorunlu kılmaktadır. Model; çözülmek istenen planlama probleminin matematiksel formülasyonudur. Gerçek hayat problemlerinin sayısal olarak matematiksel ifadelerle gösterimidir. Çözüm tekniği ise modeli çözmek için kullanılan matematiksel programlama teknikleridir (Doğrusal Programlama, Tamsayılı Programlama gibi) (Leuschner, 1990). Bunlara “Yöneylem Araştırması (Operations Research)” teknikleri de denir.

Matematiksel modeller, Yönetim Bilimi (Management Science-MS) olarak da adlandırılan Yöneylem Araştırması biliminin esasını oluşturur. Yenisey (1996), iyi bir matematik modelleme aşamasının ardından uygulanacak iyi bir algoritma ve şüphesiz bu algoritmanın çalıştırıldığı iyi bir bilgisayar programının sonucunda sorun ne olursa olsun kalıcı çözümlere ulaşılmasının mümkün hale geleceğini belirtmekte ve Wilson (1985) e atfen yöneylem araştırması modellerini, problemin formülasyonundaki zorluk açısından aşağıdaki şekilde sınıflandırmaktadır:

- a) Yapısı, ifade edilmesi ve çözümü basit problemler

- b) Yapısı basit ancak sembolik ifadesi açık olmayan problemler
- c) Yapısı basit olmayan ancak veri analizi sonucunda yapısının kurulması mümkün olan problemler
- d) Bireysel değişkenlerin ifade edilmesinin mümkün olmadığı ve uzmanlık gerektiren problemler
- e) Yeterli verinin olmadığı ve denemeler yapmanın gerekli olduğu problemler

Matematiksel modelin formülasyonu, gerçek hayat probleminin yapısına; kullanılacak çözüm tekniği de modele göre değişir. Dolayısıyla problemin niteliğine göre kullanılacak çözüm teknikleri farklılıklar göstermektedir.

Matematiksel modeller çeşitli ölçütlere göre sınıflandırılmaktadır. En genel sınıflandırmalardan birisi, modellerin içerdiği belirsizliğe göredir. Bu sınıflandırmada modeller “deterministik (belirli)” veya “stokastik (rassal, olasılığa dayalı)” olmak üzere ikiye ayrılır. Deterministik modellerde; modeli oluşturan tüm parametreler kesin olarak bilinirken, Stokastik modellerde; bazı parametrelerin değeri bilinmemekte ancak bu parametreleri olasılık dağılımlarıyla açıklamak mümkün olmaktadır. Bir diğer sınıflandırmada da modeller amaçlarına göre “optimizasyon” veya “tahmin” modelleri şeklinde gruplandırılmaktadır. Tahmin modellerinde; regresyon analizi, hareketli ortalamalar gibi yöntemler kullanılarak gelecekteki durum tahmin edilmeye veya açıklanmaya çalışılır (Ulucan, 2004). Simülasyon modelleri de bu grupta düşünülebilir.

Optimizasyon modellerinde, maksimum veya minimum yapılmak istenen bir amaç ve bu amaçlara ulaşmada göz önünde bulundurulması gereken kısıtlar ve amaca ulaşmada alternatifleri temsil eden karar değişkenleri yer almaktadır. En yaygın şekilde kullanılan optimizasyon tekniklerinden birisi doğrusal programlamadır.

Her biri farklı tipteki problemlerde destek sağlayan çok sayıda matematiksel model bulunmaktadır. Bazen problem birden fazla yaklaşımla modellenilebilecek yapıda da olabilmektedir. Modelleme konusunda yapılan en önemli hatalardan birisi, problemin bir model tipine uydurulmaya çalışılmasıdır. Olması gereken, probleme uyan modelin seçimidir (Ulucan, 2004).

3. MALZEME VE YÖNTEM

Bu bölümde, öncelikle tez çalışmasının yürütüldüğü arazi ve onun bazı özellikleri ile veri üretiminde ve analizinde kullanılan çeşitli malzemelere ait bilgiler verilmiş, daha sonra da çalışmanın değişik aşamalarını gerçekleştirmek amacıyla kullanılan yöntemler açıklanmaya çalışılmıştır.

3.1.MALZEME

Çalışma alanına ait çeşitli özellikler ve çalışma esnasında kullanılan diğer malzemeler bu bölümde açıklanmıştır

3.1.1. Çalışma Alanının Genel Özellikleri

Çalışma alanı olarak, yaygın şekilde “Belgrad Ormanı” ismiyle de bilinen bölgenin bir parçası olan ve İstanbul Orman Bölge Müdürlüğü, Bahçeköy İşletme Müdürlüğü’ne bağlı bulunan Bentler İşletme Şefliği seçilmiştir. Daha önce ve halen çeşitli araştırmalara konu olan, genel özellikleri çeşitli çalışmalarda bulunabilecek alana ait bilgiler, tez içeriği ile de ilişkileri göz önünde bulundurularak açıklanmaya çalışılmıştır.

3.1.1.1. Ormandan Faydalanmayla İlgili Tarihsel Gelişmeler

Bizans İmparatorluğu’nun merkezine ve Haliç’e yakınlığının yanı sıra, özellikle denizcilikte kullanılan meşe odununun kaynağı oluşu, ayrıca çeşitli yeniçeri isyanları ile orman yangınları, aşırı otlatmalar, önceleri daha geniş alana sahip olan Belgrad ormanının hızla tahrip olmasına neden olan etkenler arasında sayılmaktadır. 1864 yılında yayınlanan bir eserde aralardaki ormansız alanlar da dahil toplam Belgrad ormanı alanının 13 bin hektardan fazla olduğu belirtilmektedir (Anonim, 1994). Bugün Belgrad ormanı denilince Bahçeköy Orman İşletme Müdürlüğü ve onu oluşturan Bentler ve Kurtkemerli İşletme Şeflikleri akla gelmektedir. Bentler ve Kurtkemerli İşletme Şefliklerinin toplam alanı yaklaşık 5926 hektar olup, idari bir bölümlenme sonucu, etrafındaki orman kompleksinden ayrılarak oluşturulmuştur. Dolayısıyla orman alanının tahrip yoluyla azalmış olduğu çeşitli kaynaklarda belirtilmiş olmasına rağmen,

bu tahripler sonucu 1864 yılı için bahsedilen alanın bugünkü 5926 hektara gerilediği yanılıgısına düşmemek gerekmektedir.

Belgrad ormanından tarihsel süreç içerisinde faydalanılma şekline ilişkin bilgileri, alanla ilgili çeşitli çalışmalarda, alan için hazırlanmış amenajman planlarında ve çeşitli raporlarda görmek mümkündür (Anonim, 1991; Anonim, 1994; Anonim, 2003). Bu kaynaklardan yararlanarak orman kullanımına ilişkin bilgiler aşağıda özetlenmeye çalışılmıştır.

Belgrad ormanı özellikle 12. ve 15. yüzyıllar arasında tahribata uğramamakla birlikte kendi haline terk edilmiş bir doğal kaynak görüntüsü vermektedir. İstanbul'un Türk egemenliğine girmesiyle, orman doğal bir su kaynağı olarak geliştirilmiş ve koruma altına alınmıştır, ancak orman; yüzyıllar boyu uğramadığı tahribata I. Dünya Savaşı ve Ulusal Kurtuluş Savaşı döneminde (1914-1923) uğramış, doğal yapısı ve sağlıklı halini büyük ölçüde yitirmiştir.

1926 yılında “ Devlet orman İşletmesi” haline gelen ormana, 1937 yılında “Bahçeköy Örnek Devlet Orman İşletmesi” adı verilmiş ve ilk Amenajman Planı düzenlenmiştir.

İstanbul'un Türkler tarafından fethedilmesiyle, Bizans döneminde ormanın içindeki su kaynaklarından yararlanabilmek için oluşturulan çeşitli su yolu sistemlerinin iyileştirilmesi çalışmaları başlamış ve artan su ihtiyacını karşılamak üzere değişik tarihlerde yapılan bentler (7 adet) ile Belgrad ormanının su üretim ve koruma fonksiyonu daha da pekiştirilmiştir. 1953 yılında ormanın, içindeki bentlerin su miktar ve kalitesine yaptığı etki göz önünde bulundurularak Bahçeköy Orman İşletme Müdürlüğü'nü oluşturan 5237 hektar sahası “ Muhafaza Ormanı” olarak ilan edilmiştir. Ormanın bu statüsü bugün de aynen devam etmektedir.

1950 yılında 50 hektarlık bir sahada Arboretum tesisine, 1954 yılında da, Belgrad Ormanı'nın doğal av hayvanı türlerinden olan fakat usulsüz avlanmalarla miktarı azalan karaca neslini yeniden üretmek, aynı zamanda halkın av hayvanlarına sevgisini artırmak üzere 70 hektar büyüklüğünde bir “ Av Üretme sahası” tesis edilmesine başlanmıştır.

Günün ihtiyaçları nedeniyle ve baltalıklardan uygun şekilde faydalanmanın yolunu ve şeklini göstermek üzere Belgrad Ormanı içerisinde bir “Örnek Baltalık İşletmesi” tesis edilmiş ve 1955-1974 yıllarını kapsayacak 20 yıllık bir periyot için işletilmesi öngörülmüştür.

1957 yılından başlamak üzere, İstanbul’ da yaşayan nüfusun ormandan faydalanmasını sağlamak amacıyla Valide Bendi civarında piknik sahaları tesis edilmiş ve sonra bu sahalar, ormanın aynı özellik gösteren diğer yerlerine de dağıtılmıştır.

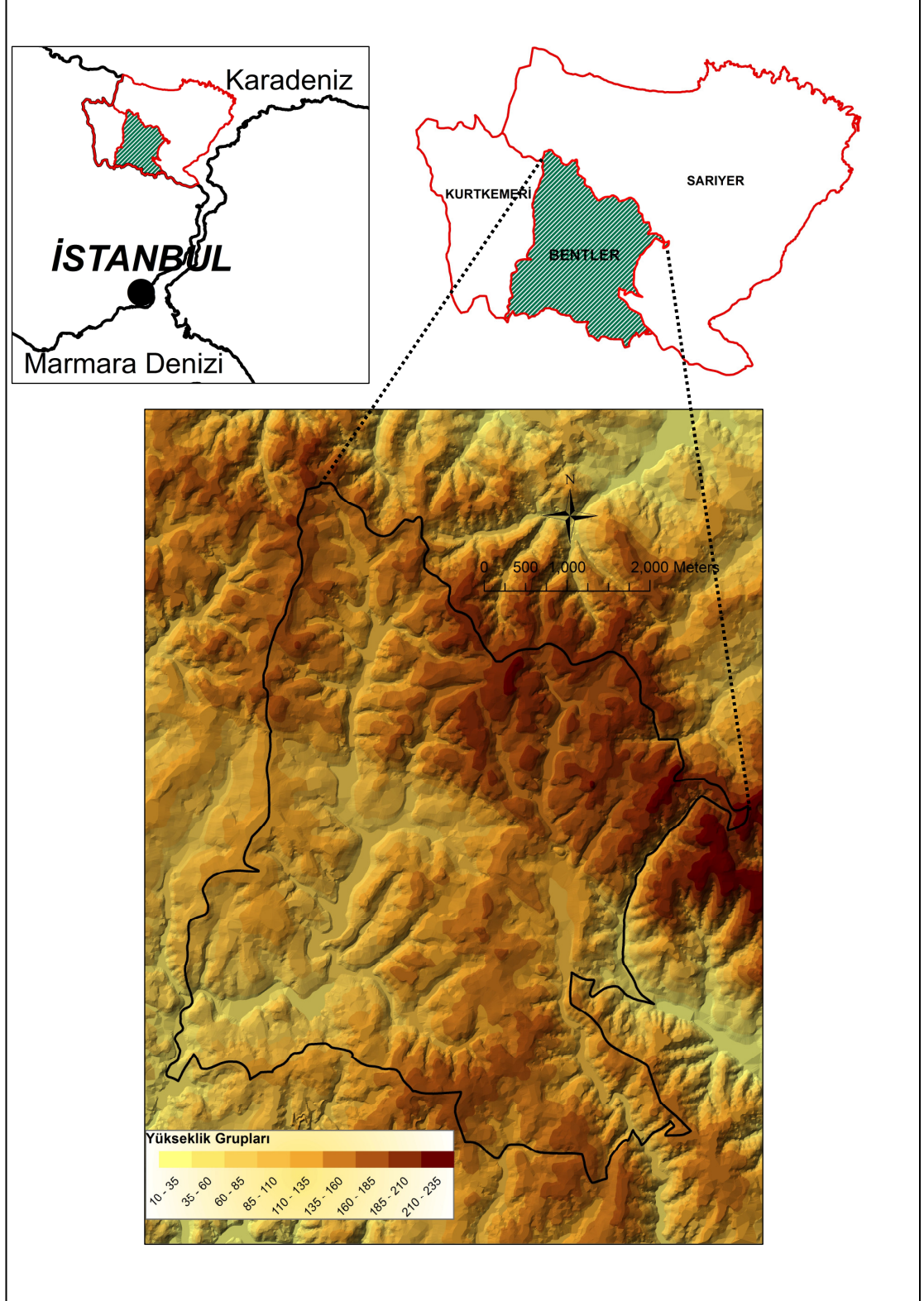
Bentler İşletme Şefliğinin alanına, komşu işletme şefliklerinden kuruluş değişiklikleri yapılarak yeni alanlar eklenmiştir. 02.03.1995 gün ve K.1.M.OR.-17/3 sayılı bakan oluru ile “Azizpaşa ve Fatih Muhafaza Ormanı” olarak İstanbul Orman İşletme Şefliğinden ayrılan alan, Bentler işletme şefliğine katılmıştır.

3.1.1.2. Coğrafi Konum ve Topoğrafya

Belgrad Ormanı, Marmara Bölgesi’nin olduğu kadar, ülkemizin de en önemli yerleşim odağı olan İstanbul Metropolitan alanının kuzeyindeki eski orman kuşağı üzerinde yer almaktadır. Trakya’nın kuzey doğusunda ve Çatalca Yarımadası Orman Yetiştirme Bölgesi’nin Karadeniz ile İstanbul Boğazı arasında, Istranca dağlarının Karadeniz’e doğru uzanan kısımlarının güney yüzünde bulunmaktadır (Çepel, 1965). Çalışma alanını oluşturan ve Bahçeköy Orman İşletme Müdürlüğü içerisinde yer alan Belgrad Ormanı’nın Bentler İşletme Şefliği kısmını kapsayan plan ünitesi $41^{\circ} 13'29''$ - $41^{\circ} 08'54''$ kuzey enlemleri ile $28^{\circ} 55'56''$ - $29^{\circ} 01'04''$ doğu boylamları arasında yer almaktadır. Alanın büyük kısmı İstanbul-F21-c2 ve bir kısmı da İstanbul-F22-d1 numaralı 1/25 000 ölçekli memleket paftalarında yer almaktadır. Alanın denizden yüksekliği 30-230m arasında değişmekte olup ortalama 110m dir. Çalışma alanının batısında yine Bahçeköy İşletme Müdürlüğü içerisinde yer alan Kurtkemer, kuzey ve doğusunda ise Sarıyer Orman İşletme Şefliği yer almaktadır. Güneyi ise İstanbul Orman İşletme Müdürlüğü ile sınırdır. Alanın genel konumu ve topoğrafik yapısı Şekil 3.1 de gösterilmiştir.

Trakya-Kocaeli düzlüğü adı verilen eski bir erozyon yüzeyi üzerinde bulunan alanın, bu yüzeyin sonradan gerçekleşen epirojenik karakterdeki yükselmelerden sonra akarsular tarafından parçalanarak plato karakterine sahip bugünkü şeklini aldığı belirtilmektedir

(Tunçkale, 1965). Bölge silik ve yuvarlak konturlu bir topoğrafyaya sahiptir. Çok dik yamaçlar ve derin vadiler yerine hafif ve orta eğimli yamaçlar ve geniş sırt düzlükleri genellikle karakteristiktir.



Şekil 3.1 : Çalışma alanının genel konumu ve topoğrafik yapısı

3.1.1.3. İklim

Kayacık (1955), meteorolojik veriler ve doğal bitki örtüsü dikkate alındığında, Belgrad ormanının Rubner' e göre mutedil sıcak iklim bölgesinin deniz ikliminden çok geçiş iklim zonuna yaklaşmakta ve Pavari sistemine göre de Castanetum'un sıcak alt zonunun yazın kurak tipine girdiğini belirtmektedir.

Yaltırık (1963), Raunkiaer'in biyolojik spektrum formülüne göre yaptığı inceleme ve tesbitlerle, Belgrad ormanı ikliminin, Akdeniz ve Orta Avrupa iklimleri arasında bir geçiş iklimi olduğunu belirlemiştir.

Belgrad Ormanı'nda S. Erinç yağış etkenliği indisine göre nemli bir iklim vardır. Ancak aynı indise göre iklim tipinin aylık analizleri kışları çok nemli, yazları ise yarı kurak bir iklimin varlığını göstermektedir. Thorntwaite metoduna göre ise Belgrad Ormanı'nın iklimi; nemli, orta sıcaklıkta, yazın orta derecede su noksanı olan, deniz tesirine yakın bir iklimdir (Kantarıcı, 1980; Özhan, 1982).

Özhan (1982) Belgrad Ormanı için bazı önemli iklim elemanlarının yıllık ortalama değerlerine ilişkin verileri aşağıdaki gibi özetlemektedir;

-Yıllık ortalama sıcaklığın $12,8^{\circ}\text{C}$ olduğu Belgrad Ormanı'nda en soğuk ay Ocak ($4,7^{\circ}\text{C}$), en sıcak aylar ise Temmuz ve Ağustos ($21,6^{\circ}\text{C}$)' dur. En düşük ve en yüksek sıcaklık değerleri ise sırasıyla Ocak ($-15,8^{\circ}\text{C}$) ve Ağustos ($39,7^{\circ}\text{C}$) aylarında görülmektedir.

-Yıllık ortalama yağış 1095 mm olup büyük kısmı kış ve sonbahar mevsimine isabet etmektedir. Ortalama değerlere göre yağış en az Temmuz (29,9 mm) ve en çok da Aralık ayında (172,2 mm) düşmektedir. Yıllık yağışın %40,4' ü kışın , %19,5' i ilkbaharda, %11' i yazın ve %29,1' de sonbaharda düşmektedir.

-Belgrad Ormanı'nda bağıl nem ortalama olarak %82'dir. Yıl içinde en yüksek bağıl nem Kasım ayında (%87) ve en düşük bağıl nem ise Temmuz ve Ağustos aylarında (%79) görülmektedir.

Yıllık hakim rüzgarlar hakimiyet sırasına göre kuzey ve kuzeydoğu, güneybatı ve güney yönlerinden esmektedir.

3.1.1.4. Anakaya ve Toprak

Çalışma alanına ait anakaya ve toprak özellikleri Kantarcı (1980), Tunçkale (1965) ve Çepel (1965) den faydalanılarak aşağıdaki şekilde özetlenmiştir.

Belgrad ormanının jeolojik temelini Karbonifer'e ait grovak-toz taşı şistleri ve Neojen'e ait henüz taşlaşmamış pliosen tortulları oluşturmaktadır. Neojen bu karbonifer şistleri üzerinde yatmaktadır. Neojen tortulları akarsu materyalleridir. Karbonifer şistlerine genellikle orta, dik ve çok dik eğimli yamaçlarda, neojenin aşındığı vadilerde rastlanmaktadır. Ormandaki bentler bu şistlerin üzerine oturtulmuştur.

Toprak oluşumu bakımından taşlaşmış grovak-toz taşı şistleri ile taşlaşmamış, gevşek neojen tortulları arasında büyük bir fark bulunmaktadır. Karbonifer şistleri üzerinde sığ veya orta derin ve orta taşlı veya taşlı, Esmer Orman Toprakları ile Solgun Esmer Orman Toprakları gelişmiştir. Hakim toprak türü ağır balçıktır. Toprak genellikle geçirgen ve dolayısıyla serbest drenajlıdır.

Neojen tortullarından pek derin, genellikle taşsız ve ana materyalin tekstürüne ve diğer özelliklerine bağlı olarak farklı yıkanma evrelerinde Solgun Esmer Orman Toprakları, Boz Esmer Orman Toprakları ve durgun su oluşumu nedeniyle pseudogleyler gelişmişlerdir. Hakim toprak türü balçık, ağır balçık ve ağır balçık üzerinde balçık tabakalıdır. Kumlu balçık tekstüründeki ana materyal azınlıktadır. Gevşek olmasına rağmen sıkı istiflenmiş ve ince tekstürlü ana materyalden, yeryüzü şeklinin de etkisiyle, derin fakat geçirimsiz topraklar oluşmuştur. Neojen ana materyalinin genellikle sırt düzlükleri ile üst ve orta yamaçlarda bulunuşu Belgrad Ormanı'nda bu gibi yeryüzü şekillerinde genellikle derin topraklara rastlanacağını göstermektedir.

Kayacık (1955) Belgrad ormanı topraklarının kireçce fakir olmakla beraber humus teşekkülü ve ayrışmasının iklim şartlarına uygun olarak elverişli bir seyir takip ettiğini ve toprak ilişkilerinin orman için iyi olduğunu belirtmektedir. Tunçkale (1965) de; üst toprağın yapısının genellikle yağışları tutabilecek ve emebilecek derecede gevşek ve kırıntı bünyesinde, alt toprağın ise kış yağışlarının önemli bir kısmını alıkoyarak yaz

kuraklığı zamanlarında sarf edilmek üzere depo etmeye müsait, ince kısımlarca zengin ve sıkı bir yapıda olduğunu söylemektedir.

Belgrad Ormanı'nın bugünkü Bentler İşletme Şefliği'ni oluşturan kısmında toprak haritalama çalışmaları Tunçkale (1965) ve Kantarcı (1980) tarafından yapılmıştır. Tunçkale, alanın doğu kısmını haritalarken, Kantarcı da batı kısmına ait toprak haritasını oluşturmuştur.

3.1.1.5. Genel Vejetasyon

Belgrad ormanı çeşitli Meşeler (*Quercus* sp.), Kayın (*Fagus orientalis*), Gürgen (*Carpinus betulus*), Kestane (*Castanea sativa*), Kızılağaç (*Alnus glutinosa*), Titrek kavak (*Populus tremula*), Ihlamur (*Tilia tomentosa*), Akçaağaçlar (*Acer* sp.) ve Karaağaç (*Ulmus campestris*) gibi ağaçlardan ve çok sayıda ağaçcık ve boylu çalılardan oluşan bir "Yapraklı Orman" formasyonudur. Ormanın baskın ağaç türü meşedir. Bunu sırası ile kayın, gürgen ve kestane izlemektedir.

Belgrad Ormanı bitki coğrafyası yönünden bir yeknesaklık göstermemektedir. Kayacık (1955), ormanın daha çok bir Avrupa ormanı hüviyeti taşıdığı zannedilse de yakından incelendiğinde yalnız Balkan florası değil, aynı zamanda birbirinden ayrı karakterde olan Colchis, Mediterran ve orta Avrupa flora elemanlarını da ihtiva ettiğinin görüleceğini ve bu yapısıyla ormanın, 3 ayrı bitki aleminin kavşak noktasında bulunduğunu belirtmektedir. Ayrıca bu değişik bitkilerin burada bulunması mümkün kılan ekolojik faktörlerin başında da iklim geldiğini dile getirmektedir.

Belgrad ormanındaki meşcereleri teşkil eden ağaç ve ağaçcıklar ile bu meşcereler altında yaygın görülen türlerin %56,1' i bütün Avrupa, orta Avrupa ve Balkan florasına ait bulunmakta, %22' si bütün Akdeniz havzası ile güney Avrupa, yani Akdeniz flora alanı içerisinde yer almakta, %18' i Karadeniz (Colchis- güney Euxine) ve kısmen Kafkas florasına dahil bulunmakta, %3,9' u da dünyanın diğer kısımlarında yayılış göstermektedir (Yaltırık, 1963).

Bahsedilen mevcut doğal bitki örtüsü dışında, çeşitli araştırmalar için deneme alanlarının kurulması ya da ekonomik amaçlar gözetilerek yapılan ağaçlandırmalar yoluyla, orman alanına; karaçam, sarıçam, duglas, göknar ve sedir gibi iğne yapraklı

türler de getirilmiş bulunmaktadır (Eraslan ve Kalıpsız, 1967; Pehlivanoglu, 1986). Çalışma alanının aktüel Meşcere Tipleri Haritası şekil 3.2' de verilmiştir.

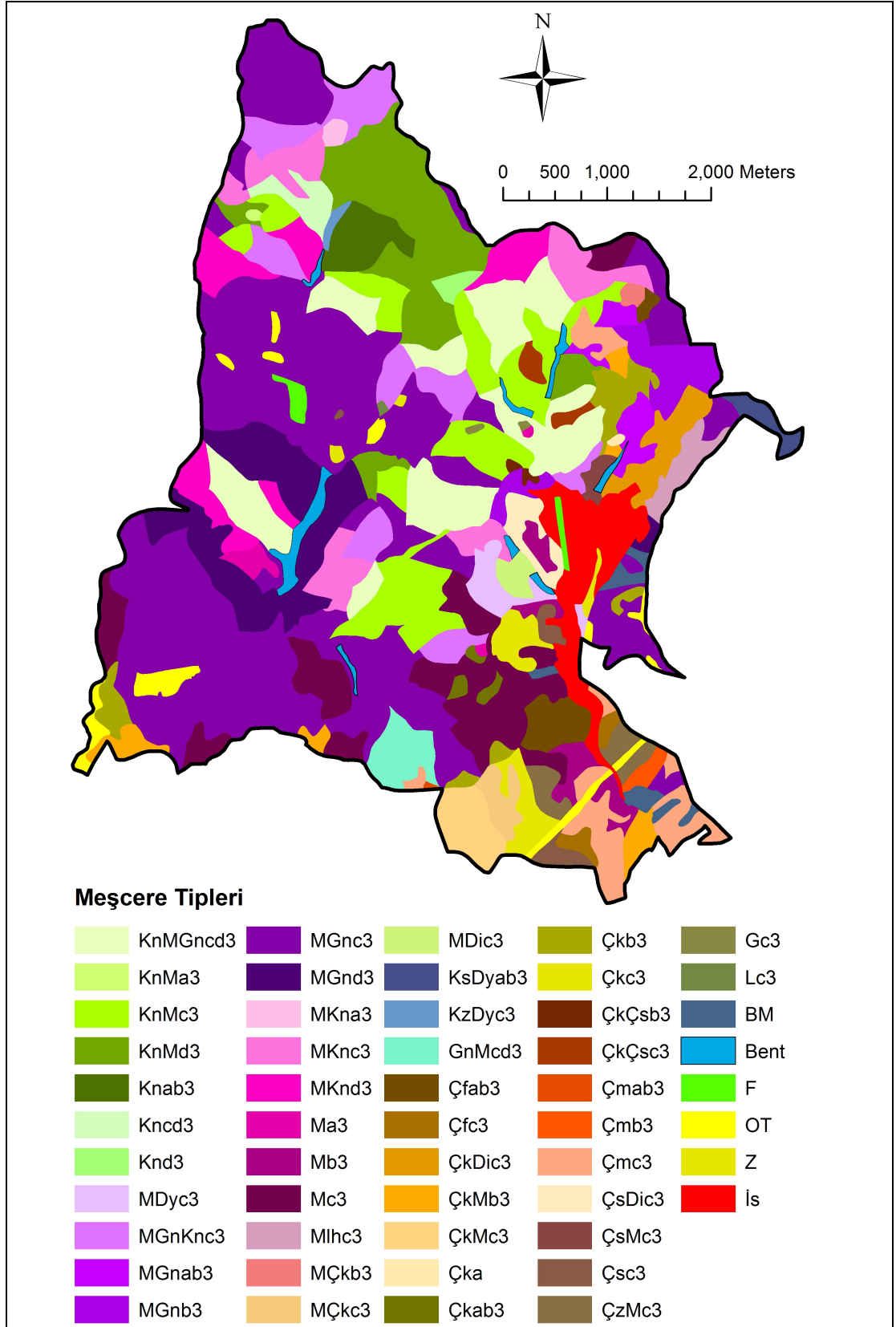
3.1.1.6. Ekolojik İlişkiler

Tamamen ayrı karakterde olan çeşitli bitki alanlarına mensup elemanların Belgrad ormanı ve çevresinde bir araya gelerek zengin ve oldukça karışık bir mozayik meydana getirmesinde; topoğrafya ve iklim şartları ile birlikte ve hatta ondan daha fazla, yakın jeolojik çağlarda meydana gelen tabiat olaylarının ve ormanın coğrafi konumunun etkisi olduğunu ve biyotik faktörlerin de mevcut oluşumda rol oynadığını belirten Yaltrık (1963) süreci aşağıdaki şekilde açıklamaktadır;

-Belgrad ormanının, Avrupa' da hüküm sürmüş bulunan buzullaşma nedeniyle buradaki floranın Himalaya istikametinde göçü ve buzullaşmanın kalkmasıyla tekrar dönüşü yolu üzerinde olmasının, Avrupa florasının bu ormanda yüksek bir katılım oranıyla (%56,1) bulunuşuna neden olmuştur.

-Akdeniz flora elemanlarına ait türlerin (*Erica sp.*, *Arbutus unedo*, *Cistus sp.* gibi) büyük çoğunluğunun orman içi açık sahalarda ve ormanın çevresinde yer alışı, bu bitkilerin alanda bulunuşunda iklim yanında insan müdahaleleri başta olmak üzere biyotik faktörlerin etkili olduğu kanaatine varılmasına neden olmuştur. Bu nedenle bazı araştırmacılar (Czeczott, 1939) bu çalı oluşumunu başlangıçta "maki" olarak isimlendirmişse de buna "pseudomaki" veya "Shiblyak" demek daha isabetli ve gerçeğe uygundur.

-Colchis florasından bazı elemanlar (*Prunus laurocerasus*) kuytu yerler ve dere içlerinde bulunurken, bazıları (*Daphne pontica*) ise açık alanlardan kaçarak meşcere gölgesine sığınmakta ve sadece çok lokal olarak bulunmaktadır. Kayın (*Fagus orientalis*) çoğunlukla kuzey ve dik yamaçlarda yer almakta, ormangülü (*Rhododendron ponticum*) de yok denecek kadar az bulunmaktadır (Istranca dağlarında yeniden ortaya çıkmakta). Bu veriler, Colchis florasının Belgrad ormanındaki mevcudiyetinde (%18) iklimin (yaz kuraklığının varlığı) ve fizyografik faktörün (özellikle rakımın alçak oluşu) başlıca rol oynadığını düşündürmektedir.



Şekil 3.2 : Çalışma alanı aktüel meşcere tipleri haritası

Optimum yetiştirme ortamlarında kayın meşcereleri altında görülen türlerin neredeyse hiçbirisine Belgrad ormanındaki kayın meşcereleri altında rastlanamamaktadır. Kayın meşcereleri altında barınamayan bu türler, dere tabanlarında ve dere tabanlarındaki gürgen meşcereleri altında görülmektedir. Bu durum, alandaki şartların kayın için uygun olmadığını, kayının kendi optimum mıntikasından uzak, sınırdaki bulunduğunu teyit etmektedir (Yaltırık, 1963). Tunçkale (1965), kayının korunaklı yerlerde, dere içlerine yakın, rutubetli ve hiç olmazsa kurak devrede serin (taze rutubetli) yerlere sokulduğunu ve havalanma durumu iyi olmayan, durgun sulu ve zayıf drenajlı yerlerden kaçtığını belirtmektedir. Böyle alanlar ile ağır kil gibi geçirgenlik ve havalanma şartlarının iyi olmadığı, kök gelişiminin engellendiği anamateryallerden oluşan yetiştirme ortamlarında kayın yerini meşe ve gürgene bırakmaktadır.

Türkiye'nin Avrupa arazisinde sadece Belgrad ormanında doğal olarak yetişen ağaç türlerinden biri olan kestanenin, alanda daha önceleri meşeden sonra ikinci sırayı alacak şekilde yayılış gösterdiği ancak Phytophthora cambivora Petri. adı verilen bir mantarın neden olduğu mürekkep hastalığı nedeniyle kuruyarak bugünkü yok denecek kadar az olan seviyesine gerilediği belirtilmektedir (Kayacık, 1955; Yaltırık, 1963). Nitekim Kayacık (1955), alanın; Castanetum'un sıcak alt zonunun yazın kurak iklim tipine girdiğini ve Rubner (1934)'in burasını kestane mıntikası olarak gösterdiğini de bildirmektedir.

Belgrad ormanında, yazın yaşanan orta derecede su noksanlığı ve bu mevsimde yarı kurak şartların hüküm sürmesine rağmen ortalama nisbi hava neminin yaz aylarındaki seyri %80 civarındadır. Ormanın bir yarım ada üzerinde bulunması ve denizden uzaklığının 2-10 km arasında oluşu nisbi nemin bu yüksek seviyede kalmasına neden olmaktadır. Nisbi nemin yüksek oluşuna yarımada üzerinde esen hakim rüzgarların da etkisi büyük olmaktadır. Kuzey yönlerden esen rüzgarlar, Karadeniz üzerinden geldikleri için taşıdıkları yüksek nemi bir engelleyici yükseltiye rastlamadan Belgrad Ormanı'na ulaştırmaktadırlar (Kantarıcı, 1980).

Bölgede sıcaklığa bağlı olarak vejetasyon süresinin 8 aya kadar uzadığı görülmektedir. Vejetatif faaliyetin normal, nemli iklim şartlarında sıcaklığa bağlı olarak başlaması ve durması olağan kabul edilir. Ancak vejetasyon süresi içinde kuraklık söz konusu ise bu

defa vejetatif faaliyeti sadece sıcaklık değil, orman yetişme ortamının nemlilik derecesi yani yağış ve toprakta depo edilmiş su da kontrol edecek demektir (Kantarıcı, 1980).

Kantarıcı (1980), Belgrad ormanında bazı yetişme ortamı birimlerinde aşırı kurak yıllarda, bazı yetişme ortamı birimlerinde ise her yıl belirli süre için kuraklık beklenebileceğini, kuraklık eğer 7. ve 8. aylarda ise vejetatif faaliyeti engellediğini ve ağaçların yapraklarını döktüğünü, kuraklık 9. ayda ise etkisinin pek gözlenemediğini belirtmektedir. 7. ve 8. aylardaki kuraklık dolayısıyla yaprak döken ağaçların tekrar yapraklanması söz konusu olmayıp, bu aylardaki su noksanı kuraklık seviyesine ulaşmamışsa yıllık halkaların yaz odunlarındaki hücre çaplarında bir değişiklik görülmemektedir. Özet olarak, yaz devresindeki su noksanı Belgrad Ormanı'nda artımı yavaşlatmamakta ancak kuraklık seviyesine ulaştığında yaprakların dökülmesi sebebiyle vejetatif faaliyeti ve artımı erken durdurabilmektedir. Bu durum, Belgrad Ormanı'nda vejetatif faaliyetin sadece aylık ortalama sıcaklığa değil, onunla birlikte kuraklığa da bağlı olduğunu göstermektedir.

Destan (2001), Belgrad ormanına ilişkin tipolojik araştırmalarında, ormandaki süksesyon sürecine ilişkin yaptığı yorumda, alanın büyük ölçüde meşe ve kayın formasyonuna ait olduğunu ve bunun işletme amaçları açısından da elverişli bulunduğunun ancak gürgenin insan müdahaleleri ve doğal süreçlerin (gölgeye dayanabilme, zengin tohum yılının sıklığı) etkisi ile pek çok alanda işgalci bir tür olarak yayılış gösterdiğini ve bazı meşcerelerde de hem üst tabakaya çıkarak hem de karışım oranını artırarak ormanın stabilitesini olumsuz yönde etkilediğini belirtmektedir.

3.1.1.7. Plan Ünitesinin Aktüel Durumu

Günümüzde çeşitlenen ürün ve hizmet talebi, mevcut orman kaynaklarımızın çok amaçlı kullanım ilkeleri doğrultusunda mevcut taleplere cevap verecek şekilde planlanmasını zorunlu hale getirmiştir. Belgrad ormanı tarihsel sürecinde de belirtildiği gibi uzun yıllardan beri çok değişik ve gittikçe de çeşitlenen toplum taleplerine konu olan bir alandır. Bu talepleri planlama sürecine dahil ederek, ormanın sahip olduğu doğal ve kültürel kaynaklardan çok amaçlı faydalanmayı sağlamak üzere ülkemizde ilk fonksiyonel plan, model olarak 1990 yılında bu orman için gerçekleştirilmiştir.

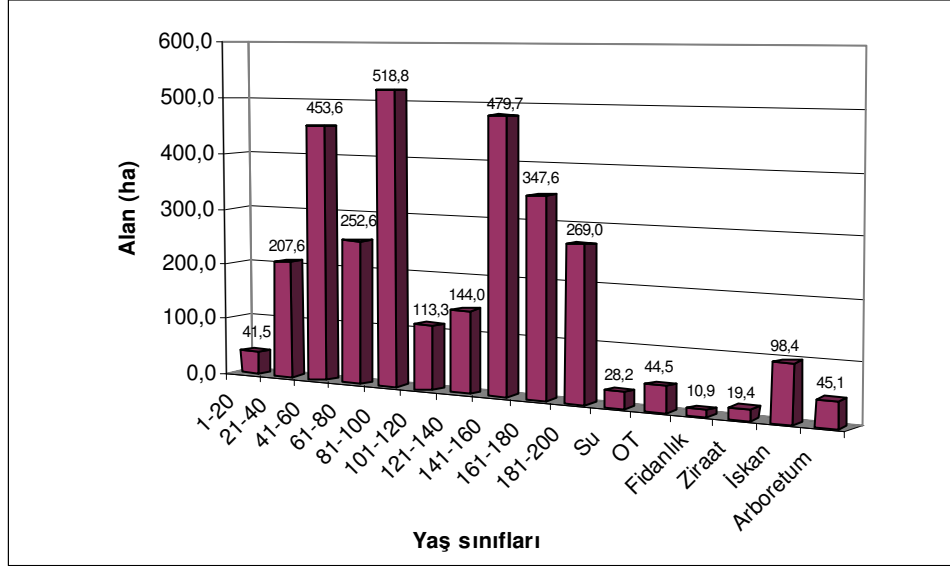
1990-1999 yıllarını kapsayan amenajman planında A-Erozyon Kontrol, B-Hidrolojik, C-Bilimsel, D-Estetik ve Rekreasyon fonksiyonu olmak üzere, alan 4 işletme sınıfına ayrılmıştır. 2003-2022 döneminde uygulanması düşünülen mevcut planda, geçmişteki bu fonksiyonlar yeniden değerlendirilerek orman fonksiyonları ve buna bağlı olarak yeni işletme sınıfları tespit edilmiştir. Bu şekilde alan; A-Toprak Koruma, B-Su Koruma, C-Rekreasyon, D-Peyzaj Koruma, E-Doğayı Koruma ve F-Bilimsel Araştırma işletme sınıflarına ayrılmıştır.

Mevcut amenajman planına göre ayrılan işletme sınıflarının sahip olduğu alanlar Tablo 3.1’ de verilmiştir.

Tablo 3.1: Mevcut durumda plan ünitesinde ayrılan orman fonksiyonları

| Orman Fonksiyonu | Bentler Plan Ünitesi | | |
|--------------------|----------------------|-----------|--------|
| | Orman Alanı | Açık Alan | Toplam |
| Toprak Koruma | 572,5 | 30 | 602,5 |
| Su Koruma | 1465 | 26,5 | 1491,5 |
| Rekreasyon | 192,5 | 2 | 194,5 |
| Peyzaj Koruma | 171,5 | 86 | 257,5 |
| Doğayı Koruma | 134,5 | 7 | 141,5 |
| Bilimsel Araştırma | 356 | 50,5 | 406,5 |
| Toplam | 2892 | 202 | 3094 |

Plan ünitesi toplam 3074,28 ha olup, bunun 201,32 hektarlık kısmını ormansız alanlar oluşturmaktadır. Av üretim sahasını oluşturan 57,68 Hektarlık kısmın da dahil olduğu prodüktif ormanlık alanlar ise, plan ünitesinin 2827,82 hektarını oluşturmaktadır. Bu değerlerle, ormanlık ve ormansız sahalara ilişkin amenajman planında verilen değerler arasındaki küçük farkların alan hesabında kullanılan yöntem farklılıklarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Alanda, 166 bölme ve 299 bölmecik ile yapraklı, ibreli ve karışık toplam 46 meşcere tipi bulunmaktadır. Plan ünitesindeki prodüktif orman alanlarının (2827,82 ha); 2390,72 hektarı yapraklı türlerin saf veya karışık meşcerelerinden, 308 hektarı ibreli türlerin saf veya karışık meşcerelerinden, 129,10 hektarı da ibreli ve yapraklı karışık meşcerelerden oluşmaktadır. Meşcere alanlarının yaş sınıflarına dağılımı, diğer arazi kullanımlarının alanları ile birlikte Şekil 3.3’ de verilmiştir.



Şekil 3.3: Plan ünitesindeki ormanlık alanların yaş sınıflarına dağılışı ve ormansız alanlar

3.1.1.8. Orman Fonksiyonları

Belgrad ormanı çok değişik kaynak değerlerine sahip olup, bunlar belli düzeyde amenajman planlarına yansıtılarak, ormanın sürekliliğini tehlikeye sokmadan toplum ihtiyaçlarına cevap verilmeye çalışılmaktadır. Odun dışı ürün ve hizmet fonksiyonlarına yönelik planlama açısından bazı çalışmalar yapılmış olmasına rağmen bunları henüz başlangıç aşaması olarak görmek gerekmektedir. Ormancılığın, diğer fonksiyonlar için de odun üretimi planlanması konusundaki bilgi ve deneyim düzeyine gelebilmesi için çok sayıda temel araştırmaların yapılması ve alana özel bilgilerin toplanmasının yanı sıra bunların uygun bir modelleme çatısı altında planlamaya dahil edilmesi gerekmektedir. Plan ünitesinden beklenen fonksiyonların çeşitliliği ve bunların tamamına ait verilerin toplanmasının ve planlama modeline yansıtmanın güçlüğü nedeniyle, çalışma kapsamında sadece odun üretimi, hidrolojik ve rekreasyon fonksiyonları göz önünde bulundurulmuş ve bu fonksiyonlara ilişkin alana ait bilgiler özetlenmeye çalışılmıştır.

3.1.1.8.1. Odun Üretim Fonksiyonu

Plan ünitesinin ortalama boniteti 3,12 olup, yıllık cari artımı 4,86 m³/ha dır. Destan (2001), alan için yıllık cari artımı 3,5 m³/ha olarak bulmuştur. Aradaki farkın, plan ünitesine 1995 yılında dahil edilen meşcerelerin genelde ibreli türlerden oluşması ve

artımlarının yüksek oluşundan kaynaklandığı düşünülebilir. Destan (2001) ayrıca Patterson'un CVP indeksine göre ideal verimliliği 6,61 (m³/ha/yıl) olarak belirlemiştir.

Mevcut amenajman planına göre, plan ünitesinde değişik işletme sınıflarından alınması kararlaştırılan toplam eta, 2385 m³/yıldır (Tablo 3.2). Bu miktar cari artım ve silvikültürel eta miktarından oldukça düşüktür. Ormanda, odun üretimi yerine koruma ve sosyal nitelikli amaçların öncelikli olarak görülmesi ve bir önceki plan döneminde (1990-1999) alınan tüm etanın %25'i olağanüstü hasılatla gerçekleştiğinden, eta miktarı düşük olarak kararlaştırılmıştır. Ayrıca bu etanın büyük çoğunluğunun (%80) bakım kesimleri ile ara hasılat etası olarak alınması tasarlanmıştır (Tablo 3.3) (Anonim, 2003).

Tablo 3.2 : İşletme sınıflarına göre kararlaştırılan eta miktarları

| İşletme Sınıfı | Cari Artım (m ³ /yıl) | Genel Alandaki Silvikültürel Eta (m ³ /yıl) | Kararlaştırılan Eta (m ³ /yıl) |
|----------------|-------------------------------------|---|--|
| Toprak Koruma | 3125 | 973 | 587 |
| Su Koruma | 6844 | 2412 | 1385 |
| Rekreasyon | 893 | 334 | 319 |
| Peyzaj Koruma | 917 | 170 | 76 |
| Doğayı Koruma | 617 | 183 | 18 |
| TOPLAM | 12396 | 4071 | 2385 |

Tablo 3.3 : Eski ve Yeni Plandaki Eta Dağılım Oranları

| Eta Türü | Eski Plan (1990-1999) | Toplam Etaya Göre % | Yeni Plan (2003-2012) | Toplam Etaya Göre % |
|--|--------------------------|------------------------|--------------------------|------------------------|
| Ara Hasılat Etası m ³ /yıl | 1126 | 15 | 2385 | 80 |
| Son hasılat Etası m ³ /yıl | 6206 | 85 | 596 | 20 |
| Toplam Eta m ³ /yıl | 7332 | 100 | 2981 | 100 |

3.1.1.8.2. Hidrolojik Fonksiyon

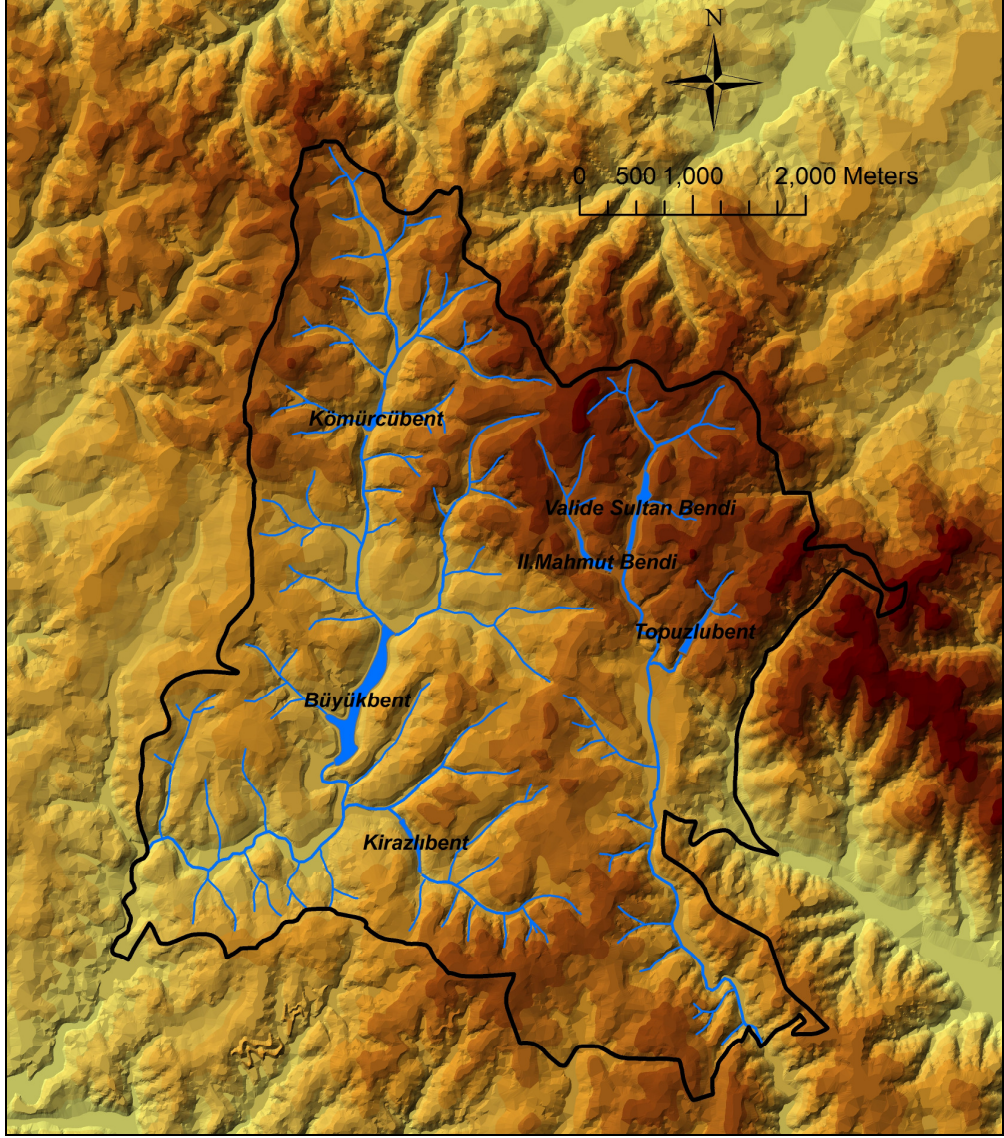
Belgrad ormanı, dereler ve bunların bir kısmı üzerindeki bentler ile çeşitli kaynak suları sayesinde toplumun su ihtiyacının bir kısmının karşılanmasına yönelik bir potansiyele sahip bulunmaktadır. Ormanlar su rejimini düzenleyerek, hem tarihi ve kültürel

değerlere sahip olan bu bentlerin dolmasını ve arazinin alçak kısımlarındaki iskan alanlarının ani ve şiddetli yağışlarla sel ve taşkınlara maruz kalmasını önlemekte, hem de kaliteli su temininin sürekliliğini sağlamaktadır.

Belgrad ormanının su varlıklarını dereler, bunların bir kısmı üzerinde inşa edilmiş bentler ve çeşitli kaynak suları oluşturmaktadır. Dereler esas itibariyle oldukça küçük hacimli ve cılız akarsular niteliğindedir ve büyük bölümü yazın oldukça az su taşımaktadır. Yeterli su taşıyan dereler üzerinde de tarihi bentler inşa edilmiş bulunmaktadır (Pehlivanoğlu, 1986). Kayacık (1955), “Belgrad ormanının bugüne kadar kalabilmiş olmasını her şeyden önce orman içerisinde bulunan 7 su bendine borçluyuz” demektedir. Bu bentler inşa edildikten sonra orman daha çok “Muhafaza Ormanı” hüviyeti kazanmış ve korunmaya başlanmıştır. Orman içinde yer alan Kömürcü bent (1620), Büyükbent (1724), Topuzlu bent (1750), Ayvat bendi (1765), Valide bendi (1796), Kirazlı bent (1818) ve Sultan II. Mahmut bendinden (1839); Ayvat bendi dışında kalanlar Bentler işletme şefliği sınırları içerisinde kalmaktadır. Bentlerin plan ünitesindeki konumları ile dere sistemi Şekil 3.4’ de gösterilmiştir.

2004-2007 aralığında bentlerden şehir şebekesine verilen su miktarlarının yıllık ortalama miktarları Tablo 3.4’ de verilmiştir. Kömürcü bent alanda ilk inşa edilendir ve aynı zamanda Büyükbent havzası içerisinde kalmaktadır. Sahip olduğu havza alanına göre oldukça küçük bir rezerv kapasitesine sahiptir. Bentte toplanan su estetik amaçlı tutulmakta ve fazlası da Büyükbentte akmaktadır. Bentlerde toplanan suyun kalite özellikleri uygun olup arıtma maliyetlerinin önemsenmeyecek kadar az olduğu belirtilmektedir.

Giderek önemini yitirmekle birlikte Pehlivanoğlu (1986); bentlerden sağlanan suyun yıllık ortalama 6,9 milyon m³ olduğunu belirtmektedir. Destan (2004) ise yıllık ortalama 2,6 milyon m³ olarak hesapladığı su üretiminin günümüzde 1 milyon m³ den biraz fazla olduğu görülmektedir. Dolayısıyla bahsedilen araştırmacılar tarafından da belirtildiği gibi çalışma alanındaki bentlerin tarihi ve rekreasyonel özellikleri dışında hidrolojik açıdan etkinliği gittikçe azalmaktadır.



Şekil 3.4: Çalışma alanında yer alan bentler ve su sistemi

Tablo 3.4: Çalışma alanındaki bentlerden sağlanan sağlanan su miktarları

| Havza Adı | Maksimum Su Rezervi (m ³ /yıl) | Kullanılan Su Miktarı (m ³ /yıl) | Havza Alanı (ha) |
|------------------|--|--|---------------------|
| Büyük Bent | 1 352 000 | 565 240 | 714,06 |
| Kömürcü Bent | 41 000 | - | 455,74 |
| Kirazlı Bent | 105 000 | 107 211 | 262,48 |
| Valide Bendi | 241 000 | 214 435 | 180,99 |
| II. Mahmut Bendi | 230 000 | 29 380 | 80,26 |
| Topuzlu Bent | 150 000 | 135 460 | 78,12 |
| Toplam | 2 119 000 | 1 051 726 | 1 771,65 |

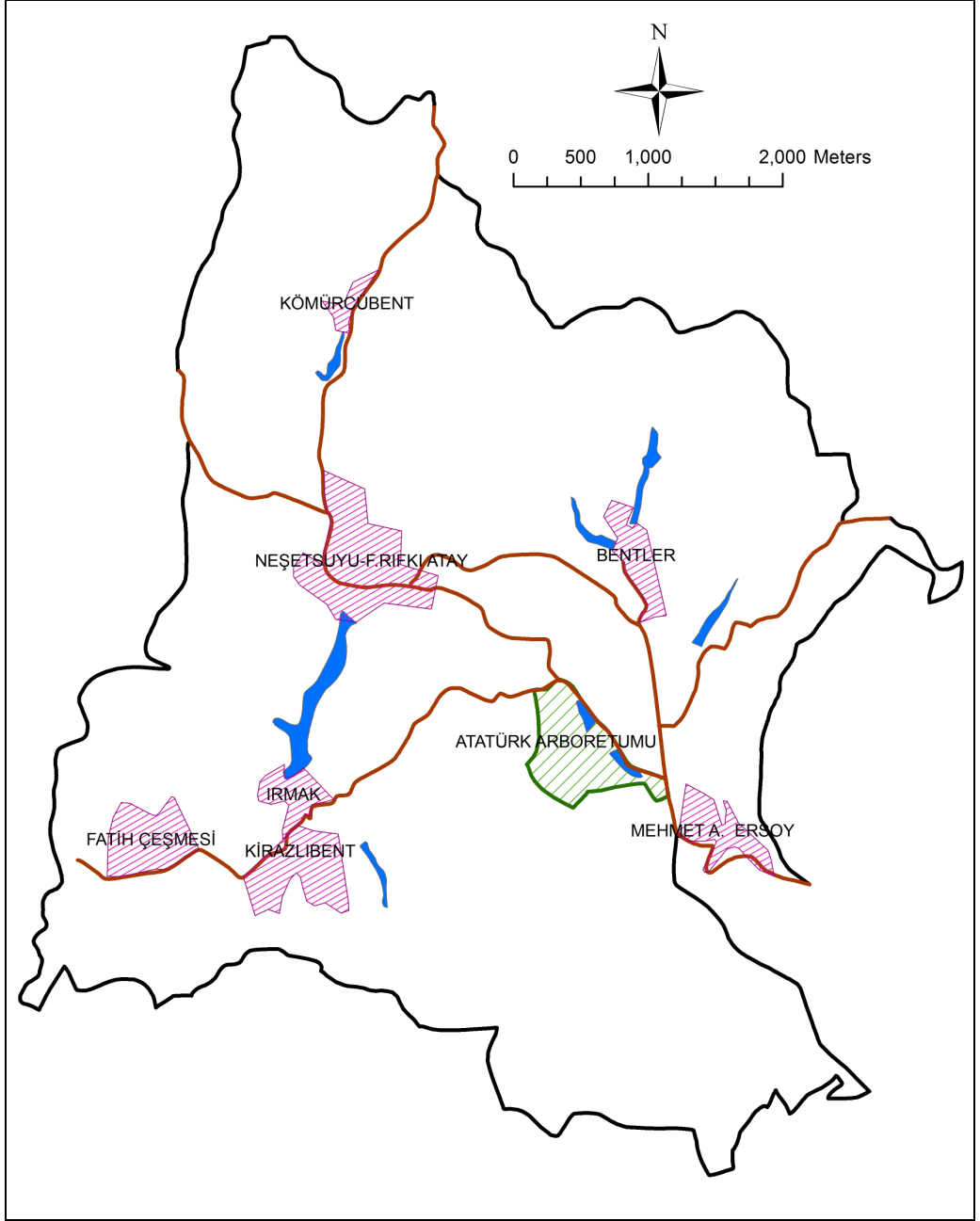
3.1.1.8.3. Rekreasyon Fonksiyonu

İstanbul nüfusunun orman içi rekreasyon ihtiyacını araştıran Yıldızcı (1990); anket sonuçlarına göre insanların açık hava rekreasyon etkinliği taleplerini 6 gurup altında toplamıştır. Buna göre İstanbul halkının %26'sı şehir kenarı ormanlarını, %23'ü şehir içi parkları, %19'u boğaz turu, %9'u plajları, %2'si kırsal ortamda ve akarsu kenarlarında dinlenmeyi, geri kalan kısmın da çeşitli diğer faaliyetleri tercih ettiğini bildirmektedir. Bu durum nüfusun yarısından fazlasının açık hava rekreasyonu amacıyla ormanları tercih ettiğini göstermektedir. Belgrad ormanı da şehre yakınlığı, doğal ve kültürel potansiyeli ile uzun yıllardır insanların rekreasyon ihtiyacını karşılama açısından önemli bir işlev görmektedir.

Tablo 3.5: Bentler İşletme Şefliği içerisinde yer alan mesire alanları

| Orman İçi Rekreasyon Alanı | Alan(ha) | Tesis Yılı |
|----------------------------|----------|------------|
| Bentler | 20 | 1953 |
| Neşetsuyu | 23 | 1956 |
| F. Rıfkı Atay | 20 | 1970 |
| İrmak | 10 | 1970 |
| Kirazlıbent | 13 | 1972 |
| M. Akif Ersoy | 24,5 | 1983 |
| Kömürcübent | 3 | 1984 |
| Fatih Çeşmesi | 42 | 1998 |

İstanbul halkının açık hava rekreasyon ihtiyaçlarını karşılamak üzere Belgrad ormanında ilk rekreasyon alanı 1953 yılında tesis edilmiştir. Daha sonra artan ihtiyaçlara bağlı olarak bu alanların sayısı artırılmıştır. Kurtkemerli İşletme Şefliğinde olanlar da dahil Belgrad ormanında sayıları 11' e ulaşan ve toplam büyüklükleri yaklaşık 247 ha olan orman içi mesire yerlerinden (orman içi rekreasyon alanları) Bentler İşletme Şefliği'nde olanların alanları ve tesis yılları Tablo 3.5'de, sunulmuştur. Sınırları İstanbul Orman Bölge Müdürlüğünden temin edilen bu mesire alanları ile Bentler İşletme Şefliği içerisinde yer alan Atatürk Arboretumu'nun plan ünitesi içerisindeki konumu, anayol şebekesi ile birlikte Şekil 3.5'de gösterilmiştir.



Şekil 3.5 : Çalışma alanı içerisinde yer alan mevcut rekreasyon alanları

Rekreasyon planlama bazında, makro düzeyde ana ilke ve kararların saptanabilmesi için doğal ve kültürel veriler kadar, ziyaretçi verilerinin de bilinmesi gerekmektedir; talep özelliklerinin bilinmesi verilen kararların doğruluğu açısından büyük öneme sahip bulunmaktadır (Cole and Daniel, 2003). Rekreasyonel talebin niteliği ile ilgili olarak, sosyo-ekonomik yapı, kentsel iskan koşulları, ziyaret ilişkileri, rekreasyonel aktivite ve tesis ilişkileri ve kullanım ilişkileri gibi özellikler Pehlivanoglu (1986) ve Çağlayan

(1999) tarafından çeşitli anket çalışmaları ile Belgrad ormanı için ortaya koyulmuş bulunmaktadır.

Pehlivanoğlu (1986)'nın, alana ilişkin çeşitli bulgularının bazılarını şu şekilde sıralamak mümkündür;

-Belgrad ormanı; çeşitli meslek guruplarına mensup, büyük ölçüde evlilik bağları kurmuş, oldukça eğitilmiş, taşralı ağırlıklı, genç ve orta yaşlı, kısmen de yaşlıca erkek çoğunluğundan oluşan ve toplumun hemen her kesimini temsil etmekte olan bir ziyaretçi kitlesine sahiptir.

-Alan, oldukça yakın ilçelere mensup, çevreyi yeterince tanıyacak kadar İstanbul'da yaşamış ve büyük ölçüde yeşil özlemi çeken ziyaretçiler tarafından kullanılmaktadır.

-Piknik hemen her sezonda geçerli olup, kış ve kısmen de ilkbahar ziyaretçileri yaya gezintiye önem vermekte, çeşitli aktif oyunlar ise en çok ilkbaharda olmak üzere kışa doğru etkisini yitirmektedir.

Pehlivanoğlu (1986), ziyaretçilerin doğal peyzaj öğelerine ilişkin tercihleri konusunda da araştırmalar yapmıştır. Bunların bazıları da şu şekilde özetlenebilir:

-En çok su yüzeyleri tercih edilmektedir. Orman yüzeyleri ve orman içi boşluklar bunu izlemektedir.

-Orta ve tam kapalı, yaşlı meşcereler daha çok tercih edilmekte, genel olarak da yapraklı türlerden oluşan meşcereler, ibrelilere göre daha çok beğenilmektedir.

-Rekreasyonel aktivite ve tesis imkanları açısından eğimin az olduğu alanlar daha avantajlı görülmektedir.

-Ziyaretçiler daha çok Doğu bakırları, en az da Güney bakırları tercih etmektedir.

Çağlayan (1999)'un bulgularına göre, alana en fazla talep, ilkbahar ve yaz mevsimleri ile hafta sonlarında olmaktadır. 1997 yılı için yıllık 797 794 kişi olarak belirlenen alana gelen ziyaretçi sayısının bugün için bir milyonu aşkın olduğu tahmin edilmektedir.

Çağlayan (1999)'un verdiği ziyaretçilerin alana geliş zamanına yönelik verilerle örtüştüğü görülen Destan (2004)'ün iklim normlarına göre yaptığı hesap sonuçları, Belgrad ormanı için Aktif Rekreasyon Periyodu'nun 21 Mart – 10 Eylül tarihleri arası olduğunu göstermektedir. Ortalama yıllık ziyaretçi sayısının yaklaşık %65 'i alana bu aktif rekreasyon periyotunda gelmektedir.

2003-2005 yılları için yapılan 3 yıllık hesaplarda, rekreasyon alanları için ortalama 57 751 TL masraf yapılmış ve ortalama 644 953 TL brüt gelir elde edilmiştir. Dolayısıyla rekreasyon alanlarından yıllık ortalama 587 201 TL net gelir elde edilebileceği söylenebilir.

3.1.2. Çalışmada Kullanılan Diğer Malzemelere İlişkin Bilgiler

Çalışma alanındaki meşcerelere ilişkin çeşitli parametrelerin planlama ufku boyunca gelişim trendlerini elde etmek üzere hasılat tablolarından faydalanılmıştır. Alandaki meşcerelerin bir kısmı farklı ağaç türlerinin değişik oranlarda karışımından oluşmasına rağmen ülkemizdeki hasılat tabloları saf, aynı yaşlı meşcereler için düzenlenmiş bulunmaktadır. Karışık meşcerelerde, asli türü esas almak üzere, yine saf meşcereler için düzenlenmiş hasılat tabloları veri kaynağı olmuştur. Bu amaçla Meşe (Eraslan ve Evcimen, 1967), Kayın (Carus 1998), Sarıçam (Alemdağ, 1967), Ladin (Akalp, 1978), Kızılcım (Alemdağ, 1962), Karaçam (Kalıpsız, 1963) ve Gökmar (Asan, 1984) Hasılat Tablo'ları kullanılmıştır. Hasılat tabloları olmadığı için Gürgen meşcerelerine ilişkin verilerin elde edilmesinde Meşe, Kestane meşcerelerine ilişkin verilerin elde edilmesinde de Kayın Hasılat Tablosu'nun kullanılması uygun görülmüştür. Hasılat tablosu olmasına rağmen verilerin uzun bir dönemi kapsayacak şekilde ekstrapole edilmesi gereksinimi ve alanda sadece tek bir meşcerede asli tür olarak bulunuşu nedeniyle, Kızılağaç (Batu ve Kapucu, 1995) için de Kayın Hasılat Tablosu kullanımının çalışmanın bütününe bir etki yapmayacağı düşünülmüştür. Benzer düşüncelerle Fıstıkçamı ve Sahil çamı (Özcan, 2003) için Kızılcım Hasılat Tablosundan faydalanılmıştır.

Meşcerelerin dikili değerlerini hesaplamak üzere; Bahçeköy Orman İşletme Müdürlüğü'nden sağlanan çeşitli masraf çeşitlerine ilişkin birim fiyat karar tutanakları kullanılmıştır. Bu tutanaklarda, değişik üretim masraflarının (kesme ve tomruklama,

sürütme, yükleme, taşıma ve istif) bölme bazında ibrelî ve yapraklı türlere göre, değişik emval çeşitleri için birim fiyatları bulunmaktadır. Bu birim fiyatlar; Orman Genel Müdürlüğü, İşletme ve Pazarlama Dairesi Başkanlığı'nın 288 No'lu tebliğinde (Anonim, 1996) belirtilen kriterlere göre tesbit edilmiştir.

Çalışmada kullanılan meşcere tipleri haritası İstanbul Orman Bölge Müdürlüğü'nden sayısal olarak hazır halde alınmıştır. Plan ünitesine ait daha önceki araştırmalarla ortaya konmuş bulunan üst toprak (Tunçkale 1965; Kantarcı, 1980), yetişme ortamı (Kantarcı, 1980), orman formasyonları (Destan, 2004), su kaynakları (Pehlivanoğlu, 1986) gibi haritalarla, 1:25000 ölçekli memleket paftaları çalışmada kullanılan değişik altlıklardır.

Çeşitli sayısal haritaların üretimi ve analizi amacıyla bir Coğrafi Bilgi Sistemi yazılımı olan ArcMap programından yararlanılmıştır. Çeşitli senaryolara göre 100 yıllık planlama ufku için en uygun (optimum) kesim düzeninin oluşturulmasında GAMS (General Algebraic Modeling System) isimli optimizasyon programı kullanılmıştır.

3.2. YÖNTEM

Bu çalışma, ülkemizdeki ormanların çok amaçlı planlanmasında bir model geliştirmek üzere ortaya koyulmuş ve uygulama yeri olarak da Bentler İşletme Şefliği seçilmiştir. Modelin ülke geneline uyarlanabilmesi açısından çalışma alanının özel statüsü (Tabiatı Koruma Alanı) kısmen göz ardı edilerek odun üretiminin ağırlığı biraz daha artırılmıştır. Plan ünitesinden sağlanan en önemli fonksiyonlardan olan rekreasyon ve hidrolojik fonksiyonun çok amaçlı planlama modeline entegrasyonu sağlanmaya çalışılmıştır. Bu amaçla bu fonksiyonlara (rekreasyon ve hidroloji) tahsis edilecek alanların, fonksiyon değerlerinin ve meşcere yapısıyla ilişkilerinin belirlenmesinde ve çalışmanın çeşitli aşamalarının gerçekleştirilmesinde kullanılan yöntemler alt bölümlerde açıklanmaya çalışılmıştır.

3.2.1. Çalışma Alanının Seçimi

Günümüzde orman alanlarından beklentiler çeşitlenmiştir. Rekreasyon, su rejimini düzenleme ve kaliteli su üretimi, iklimik fonksiyon ve hatta kısa bir zaman öncesine kadar adı bile bilinmeyen biyolojik çeşitliliğin korunması öncesine göre daha önemli hale gelmiş bulunmaktadır. Dolayısıyla bu ve diğer hizmet fonksiyonlarının, orman planlamada daha fazla dikkate alınması bunun da ötesinde planların bu fonksiyonlara yönelik yapılması beklenir olmuştur. Bu beklentilerin gerçekleştirilmesi ve değişik fonksiyonların bir orman plan ünitesinde ahenkli bir şekilde buluşturulması, esasında bir veri ve bu verileri işlemede kullanılacak teknik araçlar sorunudur. İyi bir planlama, mevcut durumu ve planlanacak objelerin çeşitli alternatif uygulamalar için gelecekte alacağı durumları sağlıklı bir şekilde yansıtan verilerle mümkündür.

Odun üretimine yönelik planlama yapılırken, bu fonksiyon yönünden aktüel durumu ortaya koymada, envanter esnasında hangi verilerin toplanacağı bellidir. Gelecekteki duruma ilişkin verileri ise hasılat tablolarından almak veya büyüme modelleri yardımıyla hesaplamak mümkündür. Diğer fonksiyonlar için ise envanter esnasında hangi verilerin toplanacağı bilinmediği gibi, bu fonksiyonları yerine getirecek potansiyel alanların plan ünitesinin nerelerinde olduğunu belirlemeye yönelik kriterler de tam anlamıyla oluşmuş değildir.

Hem odun üretimi hem de diğer fonksiyonlara yönelik planlamalardaki eksikliklerden birisi de kaynağa olan talep miktarının bilinmemesidir. Tek bir fonksiyona yönelik planlamada plan dönemi sonunda maksimum faydanın sağlanması bir amaç olarak beklenebilir. Ancak çok sayıda fonksiyondan aynı planlama döneminde çok amaçlı kullanım bekleniyorsa, toplam faydayı optimum yapabilmek için kaynağa yönelik taleplerin bilinmesi gerekir. Planlanacak alana özel mevcut durumu yansıtan verilerin ve meşcerelerin gelişmesiyle bu verilerin nasıl değişeceğinin bilinmeyişi, planlamada çeşitli varsayımların kabul edilmesini gerektirecektir. Bu da ister istemez planın gerçekçiliğini ve uygulanabilirliğini kısıtlayan bir faktör olacaktır.

Belgrad ormanı çeşitli orman fonksiyonlarının somut olarak gözlemlendiği ve kullanımı ile doğal özelliklerine ilişkin önemli bilimsel çalışmaların en çok gerçekleştirildiği alandır. Bu nedenle, mümkün olduğunca varsayımlardan kaçınarak gerçek verileri kullanabilmek için, değişik fonksiyonlara yönelik kısmi de olsa altlık çalışmaların gerçekleştirilmiş olduğu Belgrad Ormanı'nın bir kısmını oluşturan Bentler İşletme Şefliği çalışma alanı olarak seçilmiştir. Belgrad ormanı, birçok bilim dalının araştırmalarına konu olmuş bir açık hava laboratuvarı şeklindedir. Dolayısıyla tez süresi kapsamında araştırılması ve elde edilmesi mümkün olmayan, planlama açısından önemli, değişik fonksiyonlara ilişkin verilerin Belgrad ormanı için bulunabileceği düşünülmüştür.

3.2.2. Orman Fonksiyonları Haritasının Düzenlenmesi

Plan ünitesi ormanlarında söz konusu olacak fayda ve fonksiyonların esasen geniş bir coğrafi bölgeyi kapsayacak biçimde, planlama çalışmalarından bağımsız olarak önceden belirlenmesi gerekmektedir. Ancak, ülkemizde böyle bir çalışma henüz mevcut olmadığından, hem plan üniteleri için belirsiz olan işletme amaçlarına temel teşkil etmek hem de çok amaçlı planlamaya olanak vermek için plan ünitesi ormanlarında odun üretimi fonksiyonu dışında kalan olası orman fonksiyonlarına ait bilgilerin de toplanması gerekmektedir. Bu bilgilerin hangi kaynaklardan ve nasıl bir yolla toplanacağı orman fonksiyonuna göre değişmektedir (Asan, 1999). Çalışma alanında konumsal orman fonksiyonlarını ayırmak üzere öncelikle sayısal meşcere tipleri haritası İstanbul Orman Bölge Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. 1:25000 ölçekli topoğrafik

haritalardaki eşyüksele eğrileri sayısallaştırılarak, çeşitli konumsal analizler yapmak üzere alanın sayısal arazi modeli oluşturulmuştur. Konumsal olarak çeşitli fonksiyonlara ilişkin alanların belirlenmesinde kullanılacak verilerin bazıları bu arazi modelinden temin edilmiştir.

3.2.2.1. Odun Üretim Fonksiyonuna Ayrılacak Alanların Belirlenmesi

Planlama, ormanların sağladıkları fonksiyonların seyrinin düzenlenmesini de içerir. Planlayıcının bu seyri etkilemekte kullanabileceği en önemli araç, ormanları oluşturan meşcereler ve bunların konumsal, zamansal ve yapısal özellikleridir. İklim, topoğrafya ve yetişme ortamı özelliklerin değiştirilmesi mümkün veya ekonomik olmadığına göre dinamik yapıdaki bitki örtüsüne yapılacak müdahalelerle amaca ulaşılmaya çalışılır. Dolayısıyla sadece odun üretmek için değil, aynı zamanda değişik fonksiyonların amaçlanan düzeyde devamlılığının sağlanması açısından da meşcerelere planlı müdahalelerin yapılması ve ister istemez az veya çok bir orman emvalinin hasat edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle odun üretimi fonksiyonunun plan ünitesinin her yerinde söz konusu olması ancak rekreasyon ve hidroloji fonksiyonlarının dışında kalan alanlarda ana fonksiyon olarak yer alması kararlaştırılmıştır. Dolayısıyla öncelikle diğer fonksiyonel alanlar belirlendikten sonra kalan kısım ana amacı odun üretimi olan fonksiyona ayrılmıştır.

3.2.2.2. Hidrolojik Fonksiyona Ayrılacak Alanların Belirlenmesi

Genel olarak bir plan ünitesi içerisindeki mevcut baraj ve göletlerin su toplama havzaları ile içme suyu kaynaklarının etrafı hidrolojik fonksiyon görmek amacıyla doğal hatlar dikkate alınarak ayrılmaktadır (Asan, 1992; Özdemir ve diğ., 2005). Mevcut çalışmada da plan ünitesi içerisinde yer alan ve kapasitelerine göre belirli miktarlarda su toplayarak, toplumun içme suyu ihtiyacının bir kısmını karşılayan 6 adet tarihi bende su sağlayan havzalar hidrolojik fonksiyon görme amacıyla ayrılmıştır. Havzaların ve dolayısıyla hidrolojik fonksiyon görecek alanların sınırları eşyüksele eğrilerin sayısallaştırılması ile elde edilen arazi modelinden faydalanılarak sırt ve tepeler gibi doğal hatlardan geçecek şekilde oluşturulmuştur. Benzer şekilde havza sınırlarının bölmecik sınırlarına dayanmasına ve onları bölmemesine dikkat edilmiştir. Bölmecik sınırları da doğal hatlara dayanılarak geçirilmiş olduğundan bölmecik sınırları ile havza sınırları örtüşecek şekilde hidrolojik fonksiyon görecek alanlar belirlenmiştir.

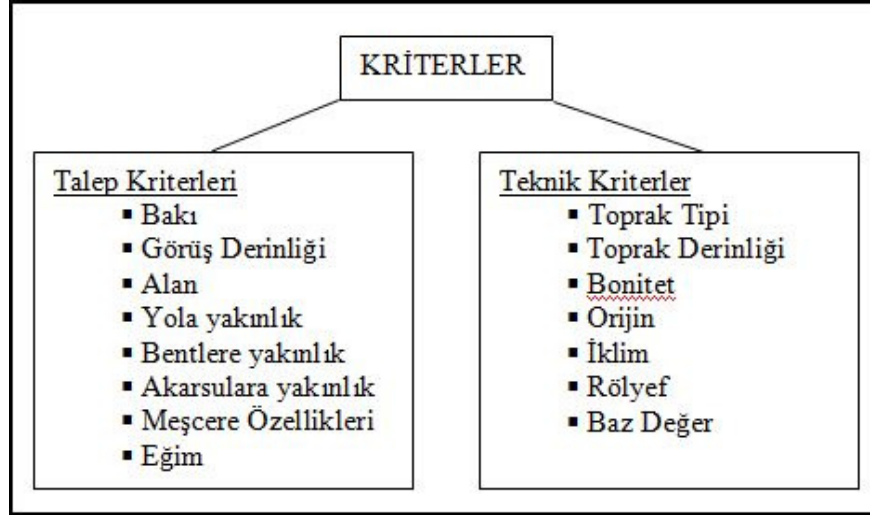
3.2.2.3. *Rekreasyon Fonksiyonuna Ayrılacak Alanların Belirlenmesi*

Rekreasyon fonksiyonu görece alanların belirlenmesinde, bazı kriterler kullanılarak bir puanlandırma sistemi uygulanmıştır. Puanlama sisteminde kullanılacak kriterlerin belirlenmesi ve uygulanmasında, Pehlivanoglu (1986)' nun "Ormaniçi Rekreasyona Uygunluk ve Kullanılabilirlik Değeri" nin belirlenmesi, Gülez (1990)' in orman içi rekreasyon potansiyelinin saptanması ve Destan (2001)' in ormaniçi rekreasyon fonksiyonunun doğal kıymetlendirilmesi amacıyla kullandığı kriter ve yaklaşımlardan büyük ölçüde faydalanılmıştır.

Pehlivanoglu (1986) "Eğer bir orman parçasını oluşturan doğal ve kültürel öğelere ilişkin değişkenlerin sayısı asgari düzeye indirgenebilir ve bunlar ölçülebilir hale getirilebilirse, o orman parçasının rekreasyona uygunluğu ve kullanılabilirliği, birim alanlara göre belirli sayısal değerlerle ifade edilebilir" hipotezinden yola çıkmaktadır. Bu ifade esasen günümüz sayısal ormancılığında birçok çalışmanın gerçekleştirilmesindeki temel yaklaşımı oluşturmaktadır.

Hipotezdeki **birim** alan için çalışma amacına bağlı olarak değişik büyüklükler kullanılabilir. Pehlivanoglu (1986), çalışma alanını gerçek uzunluğu 500 m olan plankarelere ayırarak, değişik kriterler yönünden bu alanlarda değerlendirmeler yapmıştır. Orman Amenajmanında kullanılabilmesi açısından yaklaşım olarak değerlendirmelerin bölmecik bazında yapılması kararlaştırılmış ve her bölmeciğin değişik kriterler yönünden alacağı puanlar belirlenmeye çalışılmıştır.

Çalışmada bölmeciklerin rekreasyona uygunluğunu değerlendirmede kullanılan kriterler; kullanıcıların doğrudan beklentilerini yansıtacağı varsayılan talep kriterleri ile hem *fonksiyon sürekliliği* açısından önemli olan hem de daha iyi rekreasyonel kullanım yönünden uzman kişilerce değerlendirilebilecek teknik kriterler şeklinde gruplandırılmıştır. Bölmeciklerin rekreasyona uygunluk değerlendirmesinde kullanılan kriterler Şekil 3.6 de gösterilmiştir.



Şekil 3.6: Bölmeciklerin rekreasyona uygunluğunun değerlendirilmesinde kullanılan kriterler

Bölmeciklerin değişik kriterler yönünden aldığı değerler aşağıdaki formülde yerine koyularak, Rekreasyona Uygunluk Değerleri (RUD) bulunmuştur.

$$RUD = \left[(Bk * Gd * Al * Yy * Sy * Ay) + (Tt * Td * Bo * Or * İd * Rö) \right] * EĞ * Mk * BD \quad (3.1)$$

RUD : Rekreasyona Uygunluk Değeri

Bk : Bakı Değeri

Gd : Görüş Derinliği Değeri

Al : Alan Değeri

Yy : Yola Yakınlık Değeri

Sy : Su yüzeylerine (Bentlere) Yakınlık Değeri

Ay : Akarsulara Yakınlık Değeri

Eğ : Eğim Değeri

Mk : Meşcere Tipi Katsayısı

Tt : Toprak Türü Değeri

Td : Toprak Derinliği Değeri

Bo : Bonitet Değeri

Or : Orijin Değeri

İd : İklim Değeri

Rö : Rölyef Değeri

BD : Baz Değeri

Talep kriter değerleri ve teknik kriter değerleri önce kendi aralarında çarpılmış, sonra da birbirleriyle toplanmıştır. Eğim, Meşcere tipi ve baz değerinin rekreasyona uygunluk değerlendirmesi açısından daha önemli olduğu varsayılarak, bunların diğer kriter değerleri ile çarpılması uygun görülmüştür. Kriterlerin öncelikleri konusunda genel bir çalışma yapılmadığından diğer ölçütlerin aynı önem derecesine ve ağırlığa sahip olarak formülde yer alması uygun görülmüştür. Tüm kriterler maksimum 1 (bir) değerini

alırken, meşcerelerin sağlık durumunun bir ifadesi olarak kullanılan baz değerine maksimum 10 puan olacak şekilde formülde en yüksek ağırlık verilmiştir.

Hesaplamalar sonucunda rekreasyona uygunluk değerleri (RUD) en yüksek olanlardan başlamak üzere meşcerelerin yaş sınıflarına dağılımı da göz önünde bulundurularak toplum talebini karşılayacak büyüklükte ve sürekliliği sağlanacak bir işletme sınıfı oluşturmak üzere alanlar bir araya getirilerek rekreasyon işletme sınıfı alanları belirlenmiştir. Rekreasyon işletme sınıfı olarak ayrılacak alanın büyüklüğü üzerinde, alana gelen ziyaretçi sayısı etkin olmaktadır. Öncelikle tümevarım yöntemi uygulanarak alana gelen günlük en yüksek ziyaretçi sayısından hareket etmek suretiyle, orta düzeyde kullanım durumunda bu ziyaretçi kitlesine ayrılacak “Aktif Rekreasyon Zonu (ARZ)” büyüklüğü belirlenmiştir. Belirlenen bu ARZ, Yaş Sınıfları Yöntemi’ndeki “*Optimal Periyodik Alan*” gibi düşünülerek toplam işletme sınıfı alanı belirlenmiştir.

Yaş Sınıfları Yöntemi’nde optimal periyodik alanı bulmak amacıyla kullanılan $OPA = (F/U) * n$ formülü, Rekreasyon işletme sınıfı büyüklüğünü bulmak amacıyla

$$F = ARZ * U / n \quad (3.2)$$

şeklinde yeniden düzenlemiştir. Burada;

F : Rekreasyon işletme sınıfı büyüklüğü (ha)

U : Rekreasyon işletme sınıfına ayrılacak meşcerelerin ortalama olgunluk süresine denk gelen idare süresi (yıl)

n : Periyot uzunluğu veya gençleştirme süresi (yıl)

Formülde yer alan “ n ”, ARZ’ da yer alan meşcerelerin kullanım nedeniyle yıpranma sürelerini göstermektedir. Bu süre meşcere özellikleri ve kullanım yoğunluğuna göre değişmekle birlikte, mevcut çalışmada hesaplarda kolaylık sağlaması açısından gençleştirme süresi yıl sayısına eşit olarak 10 yıl alınmıştır.

3.2.2.3.1. Bakı Değeri

Arazi bakısının; güneşlenmeyi ve toprak nemliliği gibi faktörleri etkileyerek rekreasyona uygunluk üzerinde rol oynayacağı varsayılmıştır. Bir bölmecik içerisinde farklı bakıların olması doğaldır. Ancak bir bölmeciğe ilişkin tek bir veri ile hareket etmek ve hesaplamalarda kullanmak üzere sayısal arazi modeli üzerinde bakı analizi

yapılarak bölmeciklerin ortalama bakıları belirlenmiştir. Toplum taleplerini yansıtan bir kriter olarak ele alındığından, değişik bakıların rekreasyona uygunluk açısından birbirlerine göre bağıl değerlerinin belirlenmesinde, güneşlenme durumlarıyla ilişkili bir değerlendirme yerine Pehlivanoğlu (1986) nın anket sonuçlarındaki verilere uyulmuş ve değerlerin maksimumu 1 (bir) olacak şekilde bir düzenleme yapılmıştır. Sonuç olarak rekreasyona uygunluk açısından yapılan puanlandırmada değişik bakılar Tablo 3.6 deki değerleri almıştır.

Tablo 3.6: Rekreasyona uygunluk açısından bakı değerleri

| Bakı | Doğu | Güneydoğu | Güney | Güneybatı | Batı | Kuzeybatı | Kuzey | Kuzeydoğu |
|-------|------|-----------|-------|-----------|------|-----------|-------|-----------|
| Değer | 1,0 | 0,8 | 0,3 | 0,5 | 0,8 | 0,8 | 0,5 | 0,8 |

3.2.2.3.2. Görüş Derinliği Değeri

Değişik çalışmalarda (Jensen, 1995; Lindgren, 1995) ortaya koyulmuş, sık ve ince gövdelerden oluşan, doğal dal budanmasının zayıf ve geçirgenliğin de düşük olduğu yapıların hoş karşılanmaması nedeniyle görüş derinliği de rekreasyona uygunluk açısından bir kriter olarak ele alınmıştır. Görüş derinliğini ortaya koymak için bölmeciklerde gözlem ve somut ölçümler yapılabilir. Ancak bu zaman alıcı olarak görüldüğünden uygulanması basit bir yol aranmış ve bölmeciklerdeki meşcere yapısından görüş derinliği ile ilgili değerler çıkarılmaya çalışılmıştır. Meşcere gelişimi esnasında orta çap ve görüş derinliği artarken ağaç sayısı azaldığından; meşcere orta çapını, meşceredeki ağaç sayısına bölmek suretiyle elde edilecek oranın (d/N) görüş derinliğini yansıtacağı varsayılmıştır. Bu şekilde elde edilen oranlardan en yükseği 1 (bir) kabul edilerek diğerleri buna göre oranlanmıştır. İbrelili ağaç türlerinde alt dalların daha yoğun olduğu ve görüş derinliğini olumsuz etkilediği düşünülerek, bu tip meşcerelerde en yüksek puan **0,8** olarak alınmıştır.

3.2.2.3.3. Alan Değeri

Büyükliğin daha çok kişiye rekreasyonel kullanım imkanı sunması nedeniyle, bölmeciklerin alansal büyüklükleri de rekreasyona uygunluk değerlendirmelerinde göz önünde bulundurulmuştur. Alansal büyüklüğü yansıtmak amacıyla bir sınıflandırma ve puanlandırma yapılmıştır. Bölmeciklerin alan değerlerinin belirlenmesinde Tablo 3.7 deki veriler kullanılmıştır.

Tablo 3.7: Rekreyasyona uygunluk açısından alan değerleri

| Alan (ha) | <1 | 1-5 | 5-10 | 10-20 | 20< |
|-----------|-----|-----|------|-------|-----|
| Değer | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1,0 |

3.2.2.3.4. Yola Yakınlık Değeri

Alanın kullanım yoğunluğunu etkileyen faktörlerden birisi de kolay ulaşılabilir olmasıdır. Belgrad ormanını ziyaret edenlerin %80'i (Çağlayan, 1999) İstanbul'un Avrupa yakasında ve ormana yakın semtlerde oturmaktadır. Değişik alanların doğal rekreasyon potansiyellerinin belirlenmesinde seyahat maliyeti (Navrud, 1990; Strange et al., 1999; Guo et al. 2001; Zandersen et al., 2007) gibi ulaşım açısından rekreasyon alanlarını değerlendiren yöntemler de kullanılmaktadır. Bütün olarak rekreasyon kaynağını oluşturan ormanın ulaşılabilirliği, onun rekreasyonel kullanım yoğunluğunu etkilediği gibi ormanı oluşturan birimlerin (bölmeçik) yola yakınlığı da bu birimlerin kullanım yoğunluğunu etkileyecektir. Mevcut çalışmada da değişik bölmeçiklerin alandaki anayol şebekesi göz önünde bulundurularak ulaşım kolaylığı ve rekreasyona uygunluğu, alanda mevcut yol şebekesine yakınlıklarıyla değerlendirilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla bölmeçiklerin geometrik ağırlık merkez noktalarının en yakın yola mesafeleri belirlenmiştir. Sayısallaştırılmış yol şebekesi ile meşcere tipleri haritası çakıştırılarak, belirlenmek istenen mesafeler ArcMap programı vasıtasıyla otomatik olarak elde edilmiştir. Merkez noktaların yola yakınlıkları 9 m ile 1977 m arasında değişmektedir. Yola yakınlığın rekreasyona uygunluk açısından değerlendirilmesinde Tablo 3.8 deki puanlama sistemi kullanılmıştır.

Tablo 3.8: Rekreyasyona uygunluk açısından yola yakınlık değerleri

| Yola yakınlık (m) | <50 | 50-100 | 100-250 | 250-500 | 500< |
|-------------------|-----|--------|---------|---------|------|
| Değer | 1,0 | 0,8 | 0,6 | 0,4 | 0,2 |

3.2.2.3.5. Su Yüzeylerine Yakınlık Değeri

Alanda kullanım halindeki aktif rekreasyon zonları genellikle bentlerin civarında bulunmaktadır. Bentler hem sahip oldukları tarihi ve kültürel özellikleri hem de oluşturdukları su yüzeyleri nedeniyle bir cazibe merkezi olup, ziyaretçilerin ilgisini çekmektedir. Dolayısıyla bu ilgi civardaki meşcerelere ilgiyi de beraberinde getirmektedir. Nitekim Pehlivanoglu (1986) araştırmasında, orman yüzeyi, orman içi su yüzeyi, orman içi boşluk, orman içi tarım alanı ve makiliklere ilişkin yaptığı

değerlendirmelerde, ziyaretçilerin %37,2 lik bir oranla en çok orman içi su yüzeylerini tercih ettiğini belirlemiştir. Bentlere yakınlığın değerlendirilmesinde, yola yakınlığın belirlenmesinde izlenen aşamalar takip edilmiş ve bölmecik merkezlerinin bentlerin su yüzeyi alanlarına olan uzaklıkları esas alınmıştır. Değerlendirmede, mesafelere göre Tablo 3.9 deki puanlandırma sistemi kullanılmıştır.

Tablo 3.9: Rekreasyona uygunluk açısından bentlere yakınlık değerleri

| Bente yakınlık (m) | <100 | 100-250 | 250-500 | 500-1000 | 1000< |
|--------------------|------|---------|---------|----------|-------|
| Değer | 1,0 | 0,8 | 0,6 | 0,4 | 0,2 |

3.2.2.3.6. Akarsulara Yakınlık Değeri

Pehlivanoğlu (1986); akarsu, göl ve deniz gibi su yüzeyi tercihlerine ilişkin olarak yaptığı anket sonucunda akarsuların %46,7 lik oranla en çok tercih edilen su yüzeyleri olduğunu belirlemiştir. Bu kriter yönünden bölmeciklerin değerlendirilmesi için öncelikle alandaki sürekli sulu dereler sayısallaştırılarak meşcere tipleri haritası ile çakıştırılmıştır. Yine ArcMap programında yakınlık analizi kullanılarak bölmeciklerin merkez noktalarının en yakın dereye olan uzaklıkları belirlenmiştir. Bölmeciklerin derelere yakınlık yönünden değerlendirilmesinde Tablo 3.10 deki puanlandırma sistemi kullanılmıştır.

Tablo 3.10: Rekreasyona uygunluk açısından akarsulara yakınlık değerleri

| Akarsulara yakınlık (m) | <50 | 50-100 | 100-250 | 250-500 | 500< |
|-------------------------|-----|--------|---------|---------|------|
| Değer | 1,0 | 0,8 | 0,6 | 0,4 | 0,2 |

3.2.2.3.7. Toprak Türü Değeri

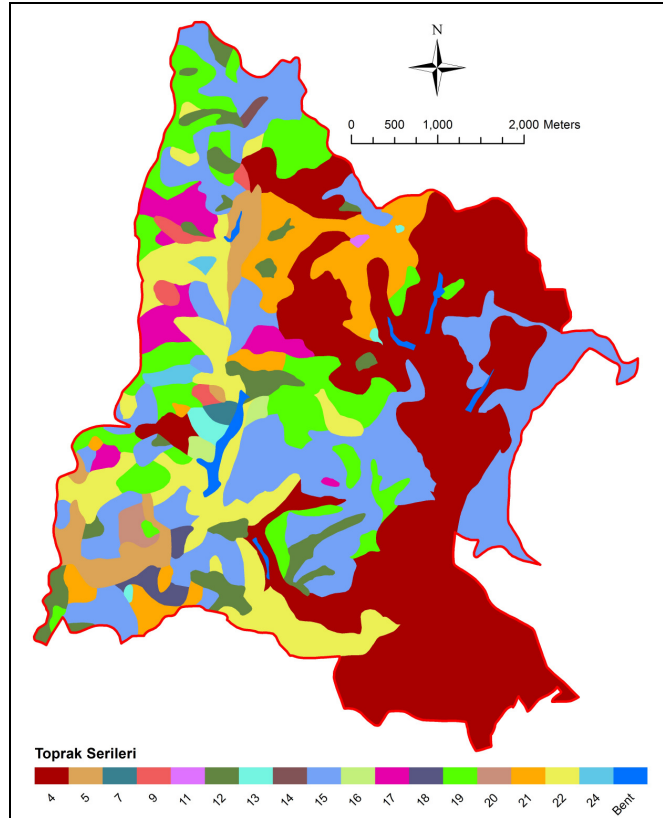
Toprağın kolay sıkışan bir yapıya sahip olması, gençliğin oluşumu için gerekli şartları tehlikeye sokarak ormanın ve beklenen fonksiyonun sürekliliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Ayrıca üst toprağın sıkışık olduğu yerlerde, yüzeysel akışın artması gibi sakıncaların yanı sıra drenajın çok kötü olduğu bazı alanlarda yüzeysel su birikintileri de oluşabilmektedir. Bu durum geçirgenliğin düşmesine ve ziyaretçilerin alan

Tablo 3.11: Rekreasyona uygunluk açısından toprak türü değerleri

| Toprak Tipi | Kum | Balçıklı Kum | Kumlu Balçık | Balçık | Ağır Balçık |
|-------------|-----|--------------|--------------|--------|-------------|
| Değer | 1,0 | 0,8 | 0,6 | 0,4 | 0,2 |

kullanımında kısıtlamalara neden olarak, rekreasyon potansiyeline olumsuz etki yapmaktadır. Bu nedenle kum miktarı yüksek toprakların drenaj ve sıkışma yönünden rekreasyona daha uygun olduğu varsayılarak bir puanlandırma sistemi oluşturulmuştur (Tablo 3.11).

Çalışma alanındaki bölmeciklere ait toprak türlerini belirlemek amacıyla öncelikle Tunçkale (1965) ve Kantarcı (1986)'nın ortaya koyduğu yetişme ortamı ve toprak tipleri haritaları birleştirilerek Destan (2001) tarafından oluşturulan harita sayısallaştırılmıştır. Plan ünitesine eklenen güney kısımdaki parçanın toprak özelliklerine ait veri olmadığından, buranın ekolojik toprak serisinin etrafındaki alana uygun olarak 4 olduğu kararlaştırılmıştır. Sayısal olarak oluşturulan bu harita ile meşcere tipleri haritası çakıştırılarak her bölmeciğin toprak türü belirlenmeye çalışılmıştır. Bir bölmecik içerisinde farklı toprak türlerinin olması durumunda, toprak türlerinin kapladığı alanların ağırlıklı ortalamaları hesaplanarak, bölmecikler için ortalama toprak türü değerleri belirlenmiştir. Çalışma alanındaki toprak durumuyla ilgili çeşitli verilerin (toprak türü, derinliği, geçirgenliği) sağlandığı sayısallaştırılmış ekolojik toprak serileri haritası Şekil 3.7'de verilmiştir.



Şekil 3.7: Ekolojik Toprak Serileri Haritası

3.2.2.3.8. Toprak Derinliği Değeri

Toprak derinliği de bölmeciklerin rekreasyona uygunluğu açısından bir gösterge olarak kabul edilmiş ve bağımsız bir kriter olarak değerlendirilmiştir. Derin topraklarda üst toprak sıkışması sonucu oluşacak zararların daha tolere edilebilir ve rekreasyonel kullanım açısından bölmeciklerin taşıma kapasitesinin daha üst düzeyde olacağı varsayılmıştır. Böylece derin topraklarda ekosistemin, fonksiyona olan talebi karşılama kapasitesi daha yüksek ve sürekliliğinin riske girme durumu da düşük olacaktır. Bu temele dayanılarak yapılan puanlandırmada Kantarcı (1980) tarafından oluşturulan sınıflandırmadan faydalanılarak, değişik toprak derinlik kademeleri için Tablo 3.12' deki değerler kullanılmıştır. Meşcerelerin toprak derinlikleri, sayısal yetiştirme ortamı haritası ile meşcere tipleri haritasını karşılaştırmak suretiyle, bir meşcere alanı içerisine giren farklı derinlik kademelerinin ağırlıklı ortalamaları alınmak suretiyle belirlenmiştir.

Tablo 3.12: Rekreasyona uygunluk açısından toprak derinliği değerleri

| Toprak derinliği (cm) | Pek Sığ | Sığ | Orta Derin | Derin | Pek Derin |
|-----------------------|---------|-------|------------|--------|-----------|
| | <15 | 15-30 | 30-60 | 60-120 | 120< |
| Değer | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1,0 |

3.2.2.3.9. Bonitet Değeri

Meşcerelerin orta çapı, boyu, sıklığı ve tür karışımı gibi bir çok özellikleri onların rekreasyon açısından az veya daha çok tercih edilmelerini sağlamaktadır. Meşcerelerin sahip olduğu bu özelliklerin büyük çoğunluğu ise bonitetten etkilenmektedir. Bu nedenle yetiştirme ortamının verim gücünün bir göstergesi olan bonitet de rekreasyona uygunluk değerlendirmelerinde bağımsız bir kriter olarak kullanılmıştır. Bonitetin iyi olduğu yetiştirme ortamlarında ağaçların gelişimi hızlı ve fiziksel görünüm itibariyle kalite durumları üst düzeyde olmaktadır. Bu alanlar ağaçlara doğal potansiyellerini en üst seviyede sunma imkanı sağlayarak, rekreasyonel kullanım açısından daha uygun koşulların oluşmasına yardımcı olmaktadır. Bunun yanı sıra meşcerelerin mantar, böcek gibi çeşitli biyotik zararlara karşı direnci de iyi bonitetli alanlarda daha yüksek olmaktadır. Böylece genel olarak estetik düşünceler yönünden daha olumlu koşullar oluşurken, kırık ve devrikler nedeniyle insan hayatını tehlikeye sokabilecek durumlar da büyük ölçüde önlenmiş olmaktadır. Bazı formu bozuk, devrik veya mantarla kaplı

ağaçlar ilgi çekici olsa da bunların sayısının fazlalığının hem meşcere sağlığı hem de ziyaretçi memnuniyeti açısından olumsuz karşılanacağı varsayılarak, yüksek bonitet genel olarak rekreasyona uygunluğu artıracak şekilde bir puanlandırma sistemi oluşturulmuş ve plan ünitesini oluşturan bölmeciklerin rekreasyona uygunluklarının bonitet yönünden değerlendirilmesinde Tablo 3.13' deki veriler kullanılmıştır.

Tablo 3.13: Rekreasyona uygunluk açısından bonitet değerleri

| Bonitet Sınıfı | Çok iyi I | İyi II | Orta III | Kötü IV | Çok kötü V |
|----------------|--------------|-----------|-------------|------------|---------------|
| Değer | 1,0 | 0,8 | 0,6 | 0,4 | 0,2 |

Bazı türler (Kızılcım, Sarıçam) için hazırlanmış bonitet tabloları 3 sınıf üzerinden oluşturulmuştur. Bu türlerden oluşan bölmeciklerin bonitet değerleri olarak; Çok iyi, Orta ve Çok kötü bonitet sınıfları için gösterilen veriler kullanılmıştır.

3.2.2.3.10. Orijin Değeri

Orijin terimi bölmecikleri oluşturan meşcerelerin oluşum biçimleri için kullanılmıştır. Plan ünitesi meşcerelerinin bir kısmı sürgün kökenli olup bir kısmı da doğal gençleşme yoluyla tohumlardan oluşmuştur. Sürgün kökenli meşcerelerin bir kısmı tarihsel süreç içerisindeki bir takım düzensiz faydalanmalar sonucu meydana gelirken, bir kısmı da günün ihtiyaçları nedeniyle baltalıklardan uygun bir şekilde faydalanma şeklini göstermek üzere tesis edilen örnek baltalık işletmesi nedeniyle oluşmuştur. Sürgün kökenli meşcereler ilk yaşlarda hızlı büyümelerine rağmen büyüme performansları hızla düşmekte, çap ve boy gibi fiziksel özellikler yönünden tohum kökenli meşcerelerin gerisinde kalmaktadırlar. Sürgünlerin oluştuğu kütüklerin çok yaşlı olması durumunda meşcere ve fonksiyon sürekliliğinin kesintiye uğraması sözkonusu olabilir. Sürgün kökenli meşcerelerin, tohumdan oluşan koru ormanları gibi uzun yıllar işletilmeleri de mümkün olmamaktadır. Bu nedenle bölmecikleri oluşturan meşcerelerin oluşum şekli (orijini) de rekreasyona uygunluk değerlendirmelerinde bağımsız bir kriter olarak ele alınmıştır. Mevcut ve önceki döneme ait amenajman planlarındaki meşcere tipi tanımlarından ve arazi gözlemlerinden faydalanılarak meşcere hacimlerinin yüzde (%) olarak sürgünden gelen ve tohumdan yetişen bireylerinin oranları hesaplanmıştır. Bu oranlardan ve Tablo 3.14'de ki değerlerden faydalanılarak, bölmeciklerin orijin yönünden rekreasyona uygunlukları belirlenmiştir. Ara değerler için ise enterpolasyon yapılmıştır.

Tablo 3.14: Rekreyona uygunluk açısından orijin değerleri

| | | | | | |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|
| Hacim olarak tohumdan yetişen miktar (%) | 100 | 80 | 60 | 40 | 20 |
| Değer | 1,0 | 0,8 | 0,6 | 0,4 | 0,2 |

3.2.2.3.11. İklim Değeri

İklimin rekreasyonel etkinlikler üzerinde büyük bir etkisi bulunmaktadır. Bu nedenle ziyaretçilerin alanı en çok kullandığı aktif rekreasyon periyodunun belirlenmesinde iklim öğelerinden yararlanılmaktadır. İklimin etkisi en belirgin şekilde yaz ve kış mevsimindeki ziyaretçi sayısındaki büyük farklılıklardan da anlaşılmaktadır. Çağlayan (1999), Belgrad ormanını ziyaret edenlerin %62'sinin ilkbahar ve yaz mevsimlerinde geldiğini belirtirken, Pehlivanoglu (1986)' da iklim öğeleri ve ziyaretçi verilerinden faydalanarak, Belgrad ormanı için aktif rekreasyon periyodunun 1 Nisan-31 ağustos arasındaki 153 günlük süre olduğunu dile getirmektedir.

Gülez (1990), orman içi rekreasyon potansiyelinin saptanması için geliştirdiği formülde, iklimin ana öğeleri olarak kabul ettiği sıcaklık, yağış, güneşlenme rüzgarlılık durumlarını belirli ağırlıklarla ele almıştır.

Pehlivanoglu (1986), genel peyzaj değerlendirmelerinde iklim konusunun esas itibariyle genel ölçütler çerçevesinde çözümlendiğini belirtmektedir. Gerek büyüklük gerekse topoğrafik yapının sunduğu elverişsiz koşullar nedeniyle mevcut yaklaşımlardan yola çıkan iklim değerlendirmelerinin Belgrad ormanı için kullanılmasının oldukça güç olduğunu belirterek, eldeki nesnel verilere dayanan ve çalışma alanını oluşturan Belgrad ormanı için geçerliliği olacak bir iklim katsayısı ve değeri hesaplamaya çalışmıştır. İklim değeri genellikle sıcaklığın deniz seviyesinden yükseldikçe azalması, buna karşılık biyoklimatik etki nedeniyle rekreasyonel çekiciliğin artması esasına göre saptanmakta ve yükseklik basamakları değerlendirmelerde baz veri olarak kullanılmaktadır. Mevcut çalışmada da Pehlivanoglu' nun önerdiği yöntemin kullanılması benimsenmiş ve esasları aşağıda açıklanmıştır. Bu formül şu kabullere dayanmaktadır (Pehlivanoglu, 1980).

- a. Deniz seviyesinden itibaren ayrılan 10'ar metrelik yükseklik basamaklarının taban yükseklikleri, iklim değerlendirmelerinde baz veri durumundadır.
- b. Basamak taban yükseklikleri, iklim katsayıları ile çarpılarak, her yükselti basamağı için ayrı bir iklim değeri hesaplanabilir.
- c. Her basamak için hesaplanacak iklim değerlerinin, diğer peyzaj öğelerine ilişkin değerlerle aynı oranda küçülmesi gerekir.
- d. İklim katsayısı “negatif” olmadığı sürece, iklim değeri en az 0-10m basamağını tanımlayan +1,00 katsayısından büyük çıkmalıdır.

Bu kabullere dayanarak, formül şu şekilde oluşturulmuştur.

$$İd = \left[(Ty * İk) / Sg \right] + 1 \quad (3.3)$$

İd : Basamaklara göre iklim değeri

Ty : Deniz seviyesine göre basamak taban yüksekliği

İk : İklim katsayısı (0,8)

Sg : Genel küçültme sabiti (500)

Formülde yer alan genel küçültme sabiti, araştırmacının kendi rekreasyona uygunluk değerlendirmelerinde kullandığı sayıya eşit olarak 500 alınmıştır. Formülün sonunda bulunan 1 değeri ise, 0-10m lik yükseklik basamağına ilişkin başlangıç sabitesini vermektedir. İklim katsayısı ise birtakım ayrı hesaplar sonucunda Belgrad ormanı alanı için özel olarak bulunmuştur. Pehlivanoğlu, iklim katsayısının belirlenmesinde çalışma alanını temsil edecek bir meteoroloji istasyonu, ona en yakın biri deniz kıyısında diğeri en yüksek noktada olmak üzere toplam 3 meteoroloji istasyonuna ait sıcaklık ve yağış verilerinden hareket etmiştir. Bu hesaplarda rekreasyonel etkinlik bakımından sıcaklık pozitif, yağış ise negatif faktör olarak tanımlanarak bunların her 100m deki değişim oranları saptanmıştır. Sonuç olarak Belgrad ormanının bulunduğu alan için iklim katsayısı **0,8** olarak bulunmuştur.

Formülün uygulanmasına ilişkin bir örnek 60-70m yükselti basamağı için şu şekilde verilebilir. Buna göre basamak taban yüksekliği (*Ty*) = 60, İklim katsayısı (*İk*) = 0,8 ve

Genel küçültme sabiti (S_g) = 500, formülde yerine koyularak söz konusu yükselti basamağı için iklim değeri şu şekilde bulunmaktadır.

$$\dot{I}d = [(60*0,8) / 500] + 1 = 1,096$$

Mevcut çalışmada, Pehlivanoğlu (1986) tarafından iklim değerinin belirlenmesine yönelik olarak önerilen bu formülün kullanılmasında genel yapıya bağlı kalınmıştır. Ancak bu şekilde hesaplanan iklim değerleri 1,096 – 1,336 arasında değiştiğinden, diğer rekreasyona uygunluk kriterleriyle uyumluluk bakımından değerlerde maksimum 1,0 ve minimum 0,2 olacak şekilde bir dönüşüm (normalizasyon) yapılmıştır. Bölmeciklerin basamak taban yüksekliklerini belirlemek için öncelikle her bir bölmeciğin deniz seviyesinden ortalama yükseklikleri hesaplanmıştır. Bu işlem 1/25 000 ölçekli topoğrafik haritalardaki her 10 metrede bir geçen eşyükselti eğrilerin sayısallaştırılmasıyla elde edilen sayısal arazi modeli modeli vasıtasıyla gerçekleştirilmiştir. Plan ünitesini oluşturan bölmeciklerin ortalama yükseklikleri 63 m ile 215 m arasında değişmektedir. Dolayısıyla 63m rakıma sahip bölmeciğin iklim değeri 0,2 ve 215 m rakıma sahip bölmeciğin iklim değeri 1,0 olmaktadır. Diğer bölmeciklerin iklim değerleri ise 0,2-1,0 aralığında değişmektedir. İklim değerlerinin normalize edilmesinde aşağıdaki denklemden (3.4) faydalanılmış ve değişik yükseklik basamakları için normalleştirilmiş iklim değerleri Tablo 3.15’ de verilmiştir. Bölmeciklerin rekreasyona uygunluklarının belirlenmesinde bu normalleştirilmiş iklim değerleri kullanılmıştır.

$$N\dot{I}d = (\dot{I}d - \dot{I}d_{min}) * \left[\frac{(N\dot{I}d_{maks} - N\dot{I}d_{min})}{(\dot{I}d_{maks} - \dot{I}d_{min})} \right] + N\dot{I}d_{min} \quad (3.4)$$

$N\dot{I}d$:Normalize edilmiş iklim değeri

$\dot{I}d$:Gerçek İklim değeri

$N\dot{I}d_{maks}$:Normalize edilmiş iklim değerlerinin üst sınırı (1,0)

$N\dot{I}d_{min}$:Normalize edilmiş iklim değerlerinin alt sınırı (0,2)

$\dot{I}d_{min}$: Gerçek İklim değerlerinin en küçüğü (1,096)

$\dot{I}d_{maks}$: Gerçek İklim değerlerinin en büyüğü (1,336)

Denklemin uygulanmasına örnek teşkil etmek üzere 70-80m yükseklik basamağı için normalleştirilmiş iklim değeri şu şekilde bulunmuştur.

$$N_{İd_{70-80}} = (1,112 - 1,096) * [(1,0 - 0,2) / (1,336 - 1,096)] + 0,2 = 0,25$$

Tablo 3.15: Rekreyona uygunluk açısından iklim değerleri

| Yükseklik Basamakları | Basamak Taban Yüksekliği | İklim Değeri (Pehlivanoğlu, 1980' e göre) | Normalize Edilmiş İklim Değeri |
|-----------------------|--------------------------|---|--------------------------------|
| 60-70 | 60 | 1.096 | 0.20 |
| 70-80 | 70 | 1.112 | 0.25 |
| 80-90 | 80 | 1.128 | 0.31 |
| 90-100 | 90 | 1.144 | 0.36 |
| 100-110 | 100 | 1.16 | 0.41 |
| 110-120 | 110 | 1.176 | 0.47 |
| 120-130 | 120 | 1.192 | 0.52 |
| 130-140 | 130 | 1.208 | 0.57 |
| 140-150 | 140 | 1.224 | 0.63 |
| 150-160 | 150 | 1.24 | 0.68 |
| 160-170 | 160 | 1.256 | 0.73 |
| 170-180 | 170 | 1.272 | 0.79 |
| 180-190 | 180 | 1.288 | 0.84 |
| 190-200 | 190 | 1.304 | 0.89 |
| 200-210 | 200 | 1.32 | 0.95 |
| 210-220 | 210 | 1.336 | 1.00 |

3.2.2.3.12. Rölyef Değeri

Bir alandaki en yüksek ve en alçak noktalar arasındaki görelî yükseklik farkı (rölyef enerjisi) da, değişik yeryüzü şekillerinin özelliklerini ve dolayısıyla peyzajın fizyolojik yapısını tanımlayan temel ölçüt olarak rekreyona uygunluk değerlendirmelerinde kullanılmaktadır (Pehlivanoğlu, 1980). Pehlivanoğlu, Belgrad ormanında ayırdığı değişik plankarelerin rölyef değerini hesaplamak üzere Kiemstedt (1967) tarafından önerilen aşağıdaki formülü kullanmıştır.

$$y = 45\sqrt{x} \quad (3.5)$$

y : Rölyef değeri

x : Rölyef enerjisi (alanın en yüksek ve en alçak noktaları arasındaki görelî yükseklik farkı)

Pehlivanoğlu, rölyef değerini hesaplamak üzere üzerinde çalıştığı plankarelere ilişkin yüksekliklerin taban ve tavan sayılarını bularak, 10' ar metrelik "rölatif yükseklik basamakları" ayırmış ve daha sonra rölyef enerjisine ilişkin değerlerin aritmetik ortalamalarını alarak, her yükselti basamağı için formüldeki "x" değerinin karşılığını bulmuştur. Bunları da formülde uygulayarak her yükselti basamağı için düz sayılara yuvarlanmış olarak "rölyef değerleri" ni hesaplamıştır. Benzer metodoloji, mevcut çalışmada bölmeciklerin rölyef değerini belirlemek üzere uygulanmıştır. Bu amaçla sayısal arazi modeli üzerinde yapılan analizlerle, her bir bölmeciğin maksimum ve minimum yükseklik değerleri ve bu değerler arasındaki kot farkları hesaplanmıştır. Rölyef enerjisini temsil eden bu kot farklarına ilişkin rölyef değerleri de Pehlivanoğlu tarafından oluşturulan tablodan (Tablo 3.16) alınmıştır. İklim değerinde olduğu gibi, diğer kriterlerle uyumluluk açısından maksimum değer 1,0 olacak şekilde bir normalleştirme işlemi yapılarak rölyef değerleri diğer hesaplamalarda kullanılmıştır. Rölyef değerleri 100-500 arasında değiştiğinden, tüm değerleri 500'e bölmek suretiyle 0,2-1,0 arasında değişen normalleştirilmiş rölyef değerleri elde edilmiştir.

Tablo 3.16: Rekreasyona uygunluk açısından rölyef değerleri (Pehlivanoğlu, 1986'dan düzenlenmiştir)

| Görelî Yükseklik Basamakları | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | XIII |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Rölyef enerjisi (Görelî Yükseklik Farkları) | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 |
| Ortalamalar | 15 | 25 | 35 | 45 | 55 | 65 | 75 | 85 | 95 | 105 | 115 | 125 | |
| Rölyef değeri | 100 | 170 | 225 | 265 | 300 | 330 | 360 | 390 | 415 | 440 | 460 | 480 | 500 |
| Normalize Edilmiş Rölyef Değeri | 0,20 | 0,34 | 0,45 | 0,53 | 0,60 | 0,66 | 0,72 | 0,78 | 0,83 | 0,88 | 0,92 | 0,96 | 1,0 |

3.2.2.3.13. Eğim Değeri

Eğim, çeşitli rekreasyonel aktiviteleri (piknik, yürüyüş vb.) kısıtlama ve rekreasyon kategorilerini (yüksek beden aktiviteleri, orta beden aktiviteleri gibi) etkileme yönünden alanın rekreasyona uygunluğunu belirlemede kullanılan en önemli topoğrafik

elemanlardan birisidir. Her rekreasyonel aktivite ve tesisi, her eğitim gurubunda yapmak mümkün olamamaktadır. Bu nedenle mevcut çalışmada da eğimin rekreasyona uygunluğu belirlemede bağımsız bir kriter olarak ele alınması ve bölmeciklerin bu kritere göre de değerlendirilmesi uygun görülmüştür. Sayısal arazi modeli üzerinde yapılan analizlerle her bölmeciğin ortalama eğimleri bulunmuş ve diğer kriterlerle uyumlu olacak şekilde bir puanlama sistemi uygulanmıştır. Eğitim rekreasyonel aktiviteleri sınırlayan bir faktör olarak değerlendirildiğinden puanlamada, bölmeciklerin ortalama eğimi arttıkça rekreasyona uygunlukları düşecek şekilde Tablo 3.17 deki değerler kullanılmıştır.

Tablo 3.17: Rekreasyona uygunluk açısından eğitim değerleri

| Eğim (%) | <5 | 5-10 | 10-20 | 20-40 | 40< |
|----------|-----|------|-------|-------|-----|
| Değer | 1,0 | 0,8 | 0,6 | 0,4 | 0,2 |

3.2.2.3.14. Meşcere Tipi Katsayısı

Orman içi rekreasyonun ana öğelerinden birisini oluşturan meşcereler, kendilerini oluşturan ağaçların bireysel ve grup özellikleri ile hem estetik hem de kullanım açısından rekreasyona uygun alanlar meydana getirmektedirler. Rekreasyon açısından değişik meşcerelere yönelik tercihler ülkeden ülkeye ve hatta bir ülke içerisinde bölgeden bölgeye değişebilmektedir. Bu nedenle ziyaretçilerin hangi meşcereleri tercih ettiğinin belirlenmesi hem rekreasyona uygunluk değerlendirmeleri hem de planlama çalışmaları öncesinde ortaya konması gereken önemli bir aşama olmaktadır. Bu konuda değişik ülkelerde yapılmış çalışmalar bulunmaktadır (Lindgren, 1995). Ülkemizde de Gül ve Kurdoğlu (2002) ve Pehlivanoglu (1986) bu konuda çalışmalar yapmıştır. Mevcut çalışmada da Pehlivanoglu'nun anket yoluyla Belgrad ormanındaki meşcereler için ürettiği katsayılardan faydalanılmış ve diğer kriterlerle uyumlu olacak şekilde normalleştirme yapılarak bulunan ve Tablo 3.18 de verilen katsayılar, meşcere tiplerinin rekreasyona uygunluk değerinin belirlenmesinde kullanılmıştır. Bu değerlere göre yapraklı meşcereler ibrelilere göre daha fazla tercih edilmekte ve meşcere yaşlandıkça tercih edilme oranı artmaktadır. Hesaplarda, yapılacak ormancılık müdahaleleri ile meşcerelerin mevcut tam kapalı halinin değişmeyeceği varsayılmış ve bu kapalılığa ilişkin değerler kullanılmıştır.

Tablo 3.18: Rekreyasyona uygunluk açısından meşcere tipi değerleri (Pehlivanoglu, 1980'den düzenlenerek)

| Orman Tipi | Genç Orman | | Orta Yaşlı Orman | | Yaşlı Orman |
|---------------|-----------------|-------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| | Gençlik Çağı | Sırlıklık Çağı | İnce Ağaçlık Çağı | Orta Ağaçlık Çağı | Kalın Ağaçlık Çağı |
| | (a) | (b) | (c) | (d) | (e) |
| İbrelili | 0.10 | 0.18 | 0.56 | 0.66 | 0.96 |
| Yapraklı | 0.10 | 0.18 | 0.48 | 0.56 | 1,00 |
| Karışık | 0.10 | 0.18 | 0.34 | 0.44 | 0.7 |

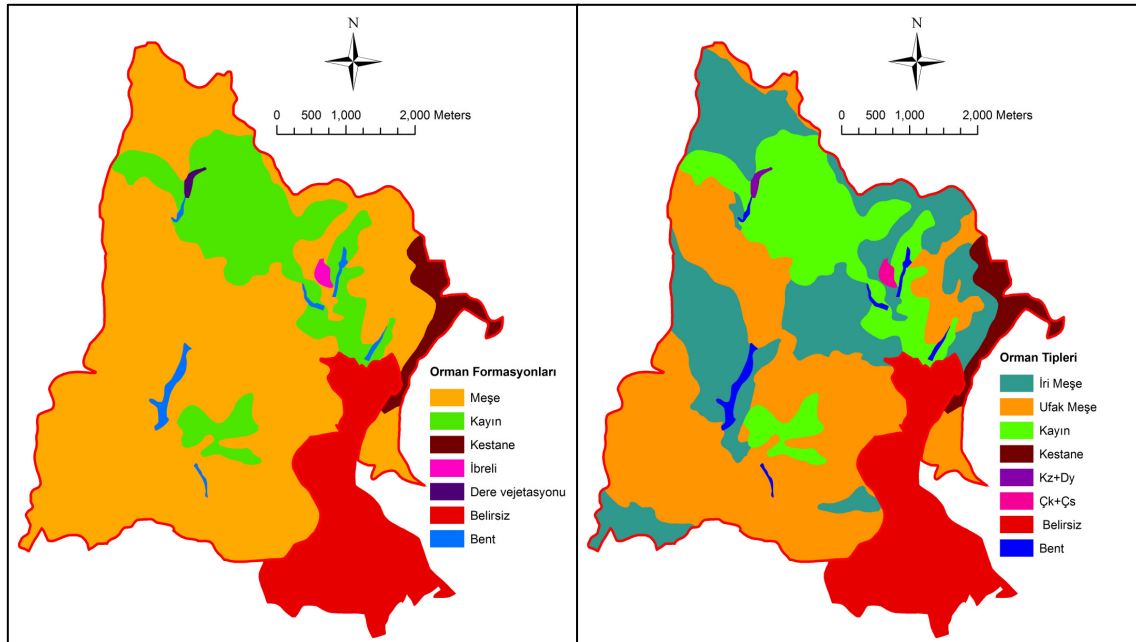
3.2.2.3.15. Baz Değeri

Çok amaçlı ormancılık uygulamalarının sürdürülebilir olması için, orman fonksiyonları ile ekosistem özelliklerinin örtüşüyor olmasının dikkate alınması gerekmektedir. Ormanlardan sadece ekosistemin kendine özgü kapasitesine uygun fonksiyonları yerine getirmesi beklenmelidir. Uyumsuzluk, fonksiyonların zarar görmesine, ekosistemin bozulmasına veya tolere edilebilecek ekonomik sınırları aşan düzeltici işletme müdahalelerine gereksinim duyulmasına yol açabilmektedir. Daha doğal, sağlıklı ve dengeli meşcerelerin, ormanı istenen koşulda tutmak için daha az müdahale gerektireceği varsayılmakta ve beklenen fonksiyonları en üst düzeyde gerçekleştireceği kabul edilmektedir (Weiss et al. 2002; Destan, 2001). Bu nedenle ekosistem tabanlı ve sürdürülebilir planlama çalışmalarında ekosistemlerin doğal yapılarının korunması veya bu yapıya kavuşturulması göz önünde bulundurulması gereken en önemli unsurların başında gelmektedir.

Sürekli etki halindeki bozucu (destabilizing) güçlere rağmen, ekosistemlerin devam etme yeteneği doğal mekanizmalarına bağlıdır. Bu mekanizmaların etkinliği, ekosistemlerin stabilite ve gelişimlerinin özünü oluşturmaktadır. Tüm kontrol mekanizmaları işlevlerini gereği gibi yerine getirirse, ekosistem stabilitesinin olduğu bir durum ortaya çıkmaktadır (Führer, 2000). Değişik müdahalelere karşı oluşan sistem dinamiklerini tanımlamada çeşitli terimler kullanılmaktadır. Redfearn ve Pimm (1987)'ye atfen Führer (2000) yaygın olarak kullanılan bazı terimleri aşağıdaki gibi açıklamaktadır.

- Bozucu bir etkiden sonra sistemin tekrar denge durumuna dönme eğilimi (Kararlılık veya *stabilite*)
- Etkiye karşı değişmeden kalma eğilimi (Direnç veya *resistance*):
- Etkiye maruz kalan sistemin tekrar denge durumuna dönme hızı (Esneklik veya *resilience*). Esnek sistemler daha kısa sürede denge durumuna dönerler.
- Bir sistemin değişikliğe uğradıktan sonra yıkılışına kadar geçen zaman (Yıkılma Süresi veya *persistence*)

Bahsedilen bu terimler ekosistem dengesinin veya doğallığının ve dolayısıyla rekreasyona uygunluğunun belirlenmesinde kullanılabilir. Ancak bu çalışmaları yapmak mevcut tez çalışma sürecini aşacağından ve uzmanlık alanı dışında bilgi gerektirdiğinden meşcerelerin sağlık, doğallık ve dengeli olma hallerinin bir göstergesi olarak Destan (2001) tarafından önerilen **baz değeri** terimi kullanılmış ve araştırmacının doktora tezi kapsamında Belgrad ormanındaki meşcere grupları için oluşturduğu baz değerleri, meşcerelerin rekreasyona uygunluğunda bağımsız bir kriter olarak kullanılmıştır. Eksik kalan bazı meşcereler için ise araştırmacının uyguladığı yöntem kullanılarak tarafımızdan baz değerleri oluşturulmuştur.



Şekil 3.8: Orman Formasyonları ve Tipleri haritaları

Destan (2001), Belgrad ormanı, Bentler plan ünitesi için değişik araştırmacıların çalışmalarından (Yönelli, 1986; Kantarcı, 1980; Tunçkale, 1965), çeşitli harita ve bilgi kaynakları (Amenajman planları) ile arazide yaptığı ölçümlerden faydalanarak orman tipleri ayırmış ve haritasını oluşturmuştur. Orman formasyonları ve tipleri haritaları, baz değerlerini belirlemek üzere aktüel meşcere yapısıyla karşılaştırmak üzere sayısallaştırılmış ve Şekil 3.8 de sunulmuştur.

Destan (2001), çeşitli ve çok sayıda kriter ve göstergeler kullanarak meşcerelerin aktüel durumu ile kabul görmüş ideal durumunu (yetişme ortamına göre ekolojik optimal) kıyaslayarak, oluşturduğu skalaya göre baz değerlerini hesaplamıştır. Bu metodolojiye göre “Meşcere Baz Değeri”, meşcerelerin yer aldıkları Orman Formasyonu ve Orman Tipi özelliklerine ve yetişme ortamı tipine bağlı olarak, optimal ağaç türü ve karışımları, süksesyon istikametleri ve derecelerine göre değerlendirilmektedirler. Bu hususta, Destan (2001) “sapma dereceleri” ne göre baz değeri hesaplamak üzere şu skalayı önermiştir.

- 1) Her “Orman Tipi”nden süksesyon belirtileri gözlenmeyen saf ve/veya “asil” ağaç türlerinden (karışımları toplamın %10’undan az olması şartı ile) oluşan “primer” vasıflı meşcereler – **10 puan**;
- 2) Her “Orman Tipi”nden süksesyon belirtileri gözlenmeyen yetişme ortamına uygun öncelikle asli ve asil ağaç türlerinden oluşan “primer” vasıflı meşcereler – **10 puan**;
- 3) Her “Orman Tipi”nden başlangıç süksesyon belirtileri gözlenen saf ve fakat yetişme ortamına uygun olmayan ağaç türlerinin (toplamın %10’dan az olması şartı ile) karışımı ile oluşan “sekonder” vasıflı meşcereler – **9 puan**;
- 4) Her “Orman Tipi”nden belirgin doğal menşeli süksesyon gözlenen karışık (%10-30), yetişme ortamına uygun olmayan asli ağaç türlerinin karışımı ile oluşan “sekonder” vasıflı meşcereler – **8 puan**;
- 5) Her “Orman Tipi”nden orta derecede doğal menşeli süksesyon gözlenen karışık (%40-60), yetişme ortamına uygun (%60-70) ve uygun olmayan (%30-40) asli ve asli olmayan ağaç türlerinin karışımı ile oluşan “sekonder” vasıflı meşcereler – **8 puan**;

- 6) Her “Orman Tipi”nden ileri derecede doğal menşeli süksesyon gözlenen karışık, yetiştirme ortamına uygun olmayan (%60-70) asli olmayan ağaç türlerinin karışımı ile oluşan “sekonder” vasıflı meşcereler – **7 puan**;
- 7) Her “Orman Tipi”nden belirgin doğal veya antropojenik menşeli süksesyon gözlenen karışık (%70-80), yetiştirme ortamına uygun olmayan asli ağaç türlerinin karışımı ile oluşan “sekonder” vasıflı meşcereler – **6 puan**;
- 8) Her “Orman Tipi”nden son aşamasında doğal veya antropojenik menşeli süksesyon gözlenen saf (%90) veya yetiştirme ortamına uygun olmayan ve de asli olmayan ağaç türü ve türlerinin karışımı (%70-89) ile oluşan “sekonder” vasıflı meşcereler – **5 puan**;
- 9) Her “Orman Tipi”nden ibreli asli ağaç türleri ile oluşan ve yetiştirme ortamına “biyotik” olarak uygun olan saf “primer” vasıflı meşcereler – **9 puan**;
- 10) Her “Orman Tipi”nden ibreli ve yapraklı asli ağaç türleri ile oluşan ve yetiştirme ortamına “ekolojik” ve “biyotik” olarak uygun olan karışık “primer” vasıflı meşcereler – **9 puan**;
- 11) Her “Orman Tipi”nden ibreli asli ağaç türleri ile oluşan ve yetiştirme ortamına ne ekolojik ve ne de “biyotik” olarak uygun olan saf kültür meşcereleri – **5-7 puan**;
- 12) Her “Orman Tipi”nden ibreli asli ağaç türleri ile oluşan ve yetiştirme ortamına ne ekolojik ve ne de “biyotik” olarak uygun olan karışık kültür meşcereleri – **5-7 puan**;

Bu sınıflama (skala) öncelikle Belgrad Ormanının planlama açısından en küçük ekosistemlerinin (meşcerelerinin) spesifik özellikleri göz önünde bulundurularak oluşturulmuştur. Farklı bitki coğrafyasında bulunan ekosistemler için doğal olarak farklı bir sınıflama uygulanması gerekecektir. Söz konusu sınıflama, araştırmalar açısından ekosistemlerin kolay değerlendirilmesi için basitleştirilerek oluşturulan bir yaklaşımdır (Destan, 2001). Meşcereler baz değer açısından 10 puan üzerinden değerlendirilmişlerdir. Meşcerelerin ekolojik açıdan her ne kadar optimalden uzak olsalar da belirli bir fonksiyonu asgari düzeyde gerçekleştirebilecekleri varsayılarak puanlandırmada alt değer 5 puan olarak uygun görülmüştür. Destan (2001) in baz değer hesaplamada kullandığı bazı kriterler Tablo 3.19’ da verilmiştir.

Tablo 3.19 : Meşçere baz değerlerinin belirlenmesinde kullanılan bazı kriterler (Destan, 2001'den değiştirilerek. Sayfa boyutu nedeniyle bazı kriterlere yer verilmemiştir.)

| Bolme (No:) | Meşçere tipi (Plandaki) | Plan Yaş (sın) | 2002 Boni tet (sın) | 1964 Boni tet (sın) | Plan Ağaç sayısı (N/ha) | Plan Göv. hac. V/ha | Plan Artım (Z/ha) | (Örnek al.ort.) Meşçerenin | | Orijin | | Ölü Örtü Tipi | Diri Örtü Tipi | Or- man Tipi | Süksesyon | | Dikili Oluşum | | Karşım | | | | Yetiştirme Ort. Elemanları | | | Toprak Derinliği | | Meşç. Ekos. Baz Değeri | |
|----------------|-------------------------------|----------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------------|------------------------------|-------------------------|---|-------------------------|------------|-------------|---------------------|----------------------|--------------------|-----------|---------------------|------------------|------|---------------|---------------|---------------|---------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------------|----------------------------------|-----------------------|---------------------------------|----------------------|
| | | | | | | | | Karşımı g1.3m ² /ha (1/10) | Dikey yapı durumu | To- hum | Sür- gün | | | | Yö- nü | Şid- deti sim | Prim. | Sek. | 1.Tür Adet | 2.Tür Adet | 3.Tür Adet | Top- lam N/ha | Toprak Nemi Sınıfı | Yetiştirme Ortamı Birimi | Durgun su Sınıfı | Köklen- me Derinl. (cm) | Maks. Ort. (cm) | | Min. Ort. (cm) |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | MGnc3 | 7 | 5 | 4.5 | 620 | 297 | 4.8 | 10 | M(Ks) | 10 | 0 | T | T | M(ip) | Y | - | 10 | 0 | 750 | 0 | 0 | 750 | Dn,Kr | 43,32,50,16 | 3,- | 60 | 60 | 30 | 10 |
| 2 | MGnc3 | 8 | 4 | 3,2,4 | 620 | 297 | 4.8 | 7;-3+ | M(Gn)/Gn(M) | 6 | 4 | T | T | M(ip) | N | A | 8 | 2 | 400 | 325 | 0 | 725 | Dn | 50,32 | 3 | 50 | 150 | 120 | 8 |
| 3 | MGnc3 | 8 | 4 | 4.5 | 620 | 297 | 4.8 | 10(Gn,Ks) | M(Gn,Ks) | 10 | 0 | T | T | M(is) | Y | - | 10 | 0 | 850 | 50 | 25 | 925 | Dn | 32,29,58 | 3 | 50 | 150 | 120 | 10 |
| 4 | MGnc3 | 9 | 4 | 3.5 | 620 | 297 | 4.8 | 8;3 | M(Gn)/Gn(M) | 7 | 3 | T | T | M(up) | N | A | 9-9 | 1-3 | 450 | 175 | 0 | 625 | Dn,Tz | 29,34,33 | 3-2 | 50 | 150 | 120 | 9 |
| 5 | MGNknc3 | 9 | 4 | 5,3 | 555 | 261 | 4.3 | 5+;3(10)-;2+ | MGNKn(Ks) | 8-1 | 2-9 | I;TD | T;TD | M(up,is) | N | A-O | 7-1 | 3-9 | 175 | 150 | 125 | 450 | Dn | 30,39 | 3 | 50 | 150 | 120 | 5 |
| 6 | Mkna3 | 1 | 4 | 2,3 | 475 | 439 | 4.8 | 10(Gn,M) | Kn/Kn(Gn,M) | 10 | 0 | TD | TD | M(is) | N | Ç | 1-2 | 9-8 | 450 | 25 | 0 | 475 | Dn | 38,39 | 3 | 50* | 60 | 30 | 6 |
| 7 | MGNknc3 | 7 | 4 | 4.5,1 | 525 | 345 | 4.3 | 10(Gn,M) | Kn(M)/Kn(Gn) | 10 | 0 | T | T | M(is) | N | A-O | 1-3 | 9-7 | 450 | 25 | 0 | 475 | Dn | 39,29 | 3 | 50* | 60 | 30 | 5 |
| 6 | MGNknc3 | 10 | 4 | | 555 | 261 | 4.3 | 5+;4;-1- | Kn(M)/Gn(M);M | 7-2 | 3-8 | T | T | M(is) | N | A | 6 | 4 | 133 | 300 | 67 | 500 | Dn | 39 | 3 | 50* | 150 | 120 | 6 |
| 8 | MGNknc3 | 5 | 3 | 3,4,5 | 555 | 261 | 4.3 | 6;3;1(10;0) | MKn/Gn(Ks) | 10(8) | 0(2) | T | T | M(ip) | Y | - | 10 | 0 | 325 | 150 | 25 | 500 | Tz;Dn | 37,48 | - | 150(120) | 150(120) | 120(60) | 10 |
| 9 | MKnc3 | 10 | 3 | 3 | 577 | 345 | 4.9 | 10(Kn) | M/M(Kn) | 10 | 0 | T | T | M(ip) | Y | - | 10 | 0 | 875 | 25 | 0 | 900 | Dn | 48 | 2-1 | 60(120) | 150 | 120 | 10 |
| 9 | MGnc3 | 10 | 3 | 4.5 | 620 | 297 | 4.8 | 7;-3+ | MGN/GnM | 7 | 3 | T | T | M(ip) | N | A-O | 7 | 3 | 350 | 275 | 0 | 625 | Dn | 32 | 3 | 50 | 150 | 120 | 7 |
| 10 | Kncd3 | 10 | 3 | 2,1(4) | 652 | 370 | 5.5 | 10 | Kn | 8 | 2 | T | T | Kn(pk) | P | A | 10 | 0 | 600 | 0 | 0 | 600 | Nm | x | 1-2 | 130* | 150 | 120 | 10 |
| 10 | MKnc3 | 10 | 3 | 1,2,4 | 577 | 345 | 4.9 | 6;3;1 | MKn/Gn | 10 | 0 | T | T | M(ip) | Y | - | 10 | 0 | 325 | 150 | 25 | 500 | Tz | 37,29 | - | 150 | 150 | 120 | 10 |
| 11 | Kncd3 | 10 | 3 | 2,1(4) | 652 | 370 | 5.5 | 10 | Kn | 8 | 2 | T | T | Kn(pk) | P | A | 10 | 0 | 600 | 0 | 0 | 600 | Nm | x | 1-2 | 130* | 150 | 120 | 10 |
| 11 | Kncd3 | 10 | 3 | 2,1(4) | 652 | 370 | 5.5 | 10 | Kn | 9 | 1 | T | T | Kn(ps) | Y | - | 10 | 0 | 725 | 0 | 0 | 725 | Nm | 22 | - | 120 | 120 | 60 | 10 |

Simgeler:

Yetiştirme ortamı elemanları: ("Kr"-kuru yet. ort., "Tzc"-tazece;"Tz"-taze; "N"-nemli, "Dn"-değişken nemli);

Durgun su sınıfı: "1"-zayıf, "2"-orta, "3" kuvvetli

"FSK"-faydalanabilir su kapasitesi, "KSA"-kuraklık sınırın altında, "ÜT"-üst toprak, "TT"- tüm toprak profili;

Ölü ve Diri örtü tipi: "T"-tipik, "TD"-tipik değil, "YT"-yarı tipik;

"Meşe Formasyonu Orman Tipleri":

"M(ip)-Meşe iri primer, "M(is)"-Meşe iri sekonder, "M(up)"-Meşe ufak primer, "M(us)"-Meşe ufak sekonder;

"Kayın Formasyonu Orman Tipleri":

Kn(ps)-Kayın primer saf, "Kn(ss)"-Kayın sekonder saf, "Kn(sk)"-Kayın sekonder karışık, "Kn(pk)"-Kayın primer karışık;

Süksesyon Yönü: "Y"-yok, "N"-negatif, "P"-pozitif;

Süksesyon şiddeti: "A"-az, "O"-orta, "Ç"-çok

3.2.3. Bölmeçiklerin Fonksiyonel Değerlerinin Belirlenmesi

Hem değişik fonksiyonlar arasında bir karşılaştırma yapabilmek, hem de optimizasyon aşamasında değişik bölmeçikler için kullanılacak ağırlık değerlerini belirleyebilmek amacıyla değişik fonksiyonlar açısından bölmeçiklerin ve bunların toplamı olarak da işletme sınıflarının değeri belirlenmeye çalışılmıştır.

3.2.3.1 Plan Ünitesi Bölmeçiklerinin Odun Üretim Değerinin Belirlenmesi

Odun üretim değeri, plan ünitesinden değişik amenajman metotları kullanılarak hesaplanan eta miktarlarından yola çıkarak, bir veya daha fazla plan döneminde üretilen odun miktarının parasal değeri olarak ortaya koyulabilir. Genelde koruma fonksiyonlarının sözkonusu olduğu alanlarda, meşcerelerin mümkün olduğunca yaşlandırılması (gençleşme olgunluğuna kadar) ve etanın, bakım etası veya silvikültürel eta olarak ara hasılatlardan sağlanması sözkonusu olur. Bu nedenle mevcut çalışmada da meşcerelerin yaşına ve bulunduğu bonitet sınıfına göre doğal yolla ayrılacak hacim miktarları; bahsedilen meşcerelerin etası olarak kabul edilmiş, bunun parasal karşılığı da meşcerenin odun üretim değeri olarak düşünülmüştür. Bunun için öncelikle mevcut meşcerelerin dikili haldeki parasal değerlerinin, sonra da bunların ayrılan hacim miktarı oranlarına göre üretimi yapılacak odun miktarının değeri hesaplanmaya çalışılmıştır.

Ürün çeşitlerinin ağaç türü ve buldukları kalite sınıfına göre depo satış fiyatları aynı olmasına rağmen, üretiminde katlanılan masraflar birbirinden farklıdır. Masrafların farklılığı, hasat edilen ağacın bireysel özellikleri, hasat edildiği meşcerenin topoğrafik özellikleri ve yola yakınlık durumu gibi faktörlerden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle odunun dikili ağaç halindeyken ormandaki metreküp fiyatının yani **tarife bedelinin** belirlenmesi gerekmektedir.

Odunun ormandan kesilip depoya getirilerek satışa çıkarılmasına kadar yapılan masraflar değişik guruplar altında toplanabilir. Bunlar: hasat masrafları (kesme, gerekliyse kabuk soyma ve ürün çeşitlerine ayırma), sürütme, yükleme, taşıma ve depoda istif masrafları ile işletmenin diğer çeşitli masrafları şeklinde sıralanabilir. Odunun yetiştirildiği yerde yani ormanda dikili halde iken birim hacminin bedeline çeşitli masraflar ve müteşebbis kazancı eklenerek, satış fiyatı belirlenmektedir. Müteşebbis kazancı tarife bedeli ve masraflar toplamının %8-30'u arasında

değişmektedir (Fırat, 1971). Dolayısıyla pazarda, serbest piyasa koşullarına göre oluşan bir ürün çeşidinin satış fiyatından masrafları çıkarmak suretiyle geriye doğru giderek tarife bedeli bulunabilmektedir.

$$S_f = t + h + s + y + n + i + \zeta + (t + h + s + y + n + i + \zeta) * 0,0m \quad (3.6)$$

$$S_f = (t + h + s + y + n + i + \zeta) * 1,0m \quad (3.7)$$

$$t = (S_f / 1,00m) - (h + s + y + n + i + \zeta) \quad (3.8)$$

t = Tarife bedeli (dikili halde iken odun değeri)

S_f = Satış fiyatı

h = Hasat masrafları

s = Sürütme masrafları

y = Yükleme masrafları

n = Taşıma (nakliye) masrafları

i = İstif masrafları

ζ = Çeşitli masraflar

m = Müteşebbis kazancı

Plan ünitesi meşcerelerinin tarife bedellerinin hesaplanmasında, ağaçların kesilip depoda istiflenmesine kadar geçen süreçteki masraflar değerlendirilmiş; tevzii ve müşterek giderlerden oluşan çeşitli masraflar göz ardı edilmiştir. Odun değeri yönünden meşcerelerin farklılıkları ortaya koyulmaya çalışıldığından ve bu masraflar tüm meşcereler için aynı şekilde geçerli olacağından bu durumun planlama sürecini etkilemeyeceği varsayılmıştır. Müteşebbis kazancının (m) ise %10 olarak kullanılması öngörülmüştür.

Değişik masraf çeşitlerine ait değerler, ürün çeşitlerine göre her bir bölmedeki ibrelili ve yapraklı türler için ayrı ayrı olmak üzere Bentler İşletme Şefliği'ne ait birim fiyat karar tutanaklarından alınmıştır. Bu şekilde her bir ürün çeşidinin bir metreküpü için çeşitli masrafların toplamı hesaplanmıştır. Plan ünitesinin bağlı bulunduğu işletme müdürlüğünden sağlanan ağaç türlerine göre ürün çeşitlerinin satış fiyatları, müteşebbis kazancına ilişkin oran ve masraflara ilişkin veriler formülde yerine koyularak,

meşcerede yer alan değişik ağaç türleri için ürün çeşitlerinin birim (1 m³) miktarının tarife bedelleri hesaplanmıştır. Plan ünitesinin ortalama bonitetinin yaklaşık III. sınıf olduğu ve ortalama olarak 3.kalite ürün elde edileceği varsayılarak, satış fiyatı olarak ürün çeşitlerinin bu kalite sınıfına ait değerleri kullanılmıştır.

Sun ve arkadaşları (1978) ülkemizdeki bazı ağaç türleri için meşcere orta çapına göre odun çeşidi oranlarını hesaplamışlardır. Plan ünitesindeki ibreli ve yapraklı türler için genel olarak ürün çeşidi oranları plan ünitesi için düzenlenen 1990-1999 yıllarını kapsayan amenajman planında da bulunmaktadır. Bu çalışmalardan yararlanarak plan ünitesindeki her bir meşcere için hektardaki ve genel alandaki ürün çeşiti oranları bulunmuştur. Her bir ürün çeşidinin birim miktarlarına ilişkin tarife bedellerini ilgili ürün çeşidinin genel alandaki hacmi ile çarpmak ve bunları toplamak suretiyle meşcerelerin (bölmeçiklerin) tarife bedelleri belirlenmiştir (Tablo 3.19).

Tablo 3.19: Bölmeçiklerin dikili odun değerlerinin belirlenmesi

| Bölme No | Ağaç Türü | Masraf Türü | TOMRUK (TL/m ³) | DİREK (TL/m ³) | SANAYİ ODUNU (TL/m ³) | YAKACAK ODUN (TL/m ³) |
|----------|-----------------------|---------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 51 | Yapraklı (M) | Kesme | 12,91 | 14,85 | 9,04 | 7,10 |
| | | Sürütme | 8,67 | 9,54 | 6,07 | 4,77 |
| | | Yükleme | 2,71 | 2,71 | 1,49 | 1,49 |
| | | Taşıma | 11,37 | 11,37 | 5,12 | 5,12 |
| | | İstif | 2,88 | 3,17 | 2,88 | 1,53 |
| | | Toplam | 38,54 | 41,64 | 24,60 | 20,01 |
| | Satış Fiyatı | | 174,61 | 131,41 | 106,36 | 26,12 |
| | Tarife Bedeli* | | 120,20 | 77,82 | 72,09 | 3,74 |
| | İbreli (Çk) | Kesme | 10,78 | 12,40 | 7,55 | 5,93 |
| | | Sürütme | 10,25 | 9,8 | 6,24 | 4,90 |
| | | Yükleme | 1,80 | 1,8 | 1,16 | 1,16 |
| | | Taşıma | 9,87 | 9,87 | 4,04 | 4,04 |
| | | İstif | 1,94 | 2,14 | 1,94 | 1,10 |
| | | Toplam | 34,64 | 36,01 | 20,93 | 17,13 |
| | Satış Fiyatı | | 125,71 | 147,32 | 104,98 | 35 |
| | Tarife Bedeli | | 79,64 | 97,92 | 74,51 | 14,69 |

Odun üretim değerinin, eta olarak çıkarılan hacim miktarına bağlı olarak hesaplanması ve bu etanın da genel olarak bakım kesimleri şeklinde ve doğal yolla ayrılacak hacim miktarı kadar olması kararlaştırılmıştır. Dolayısıyla her bir meşcerenin bulunduğu yaş sınıfı ve bonitete bağlı olarak doğal yolla ayrılan meşcere hacmine ilişkin oran,

meşçerenin tarife bedeli ile çarpılmak suretiyle de odun üretim değeri belirlenmiştir. Burada ara hasılatla çıkarılacak hacim için meşçerenin ürün çeşitlerine dağılım oranının aynen geçerli olduğu varsayılmıştır. Karışık meşçereler için hasılat tablosu bulunmadığından; bu tip meşçerelerde ayrılan meşçere hacmi ile ilgili oran için, meşçerenin asli türü için hazırlanmış hasılat tablosu kullanılmıştır. Meşçerelerin genel alandaki odun üretim değerlerinin toplanmasıyla plan ünitesinin odun üretim değeri bulunmuştur (Tablo 3.20).

Tablo 3.20: Bölmeciklerin odun üretim değerlerinin belirlenmesi

| Bölme No | Meşçere Tipi | Ağaç Türü | Orta Çap (cm) | Alan (ha) | Hacim (m ³ /ha) | TOMRUK | | DİREK | | SANAYİ ODUNU | | YAKACAK ODUN | |
|--------------|----------------|---------------------------|---------------|-----------|-------------------------------------|---------|----------------------|---------|-----------------------------------|--------------|----------------------|--------------|----------------------|
| | | | | | | % | (m ³ /ha) | % | (m ³ /ha) | % | (m ³ /ha) | % | (m ³ /ha) |
| 51 | ÇkMb3 | Ck | 20 | 4,0 | 75,242 | - | - | 22,4 | 16,854 | 25,7 | 19,337 | 51,9 | 39,050 |
| | | M | 17 | | 38,886 | - | - | 27,7 | 10,771 | 31,0 | 12,055 | 41,3 | 16,060 |
| | | Toplam | | | 114,128 | | - | | 27,626 | | 31,392 | | 55,110 |
| Genel Alanda | | Hacim (m ³) | | | 456,512 | - | | 110,504 | | 125,568 | | 220,440 | |
| | | Tarife Bedeli (TL) | | | | - | | 2488,54 | | 2309,84 | | 633,71 | |
| | | Toplam Tarife Bedeli (TL) | | | | 5432,10 | | | | | | | |
| Yaş | Bonitet Sınıfı | | | | Periyodik Ayrılan Meşçere Oranı (%) | | | | Periyodik Odun Üretim Değeri (TL) | | | | |
| 30 | III | | | | 1,5 | | | | 81,48 | | | | |

3.2.3.2. Plan Ünitesi Bölmeciklerinin Hidrolojik (Kaliteli Su Üretimi) Değerinin Belirlenmesi

Plan ünitesi meşçerelerinin kaliteli su üretim değerini belirleyebilmek için öncelikle her meşçerenin yıllık veya periyodik olarak üretilen toplam su miktarına katkısının hesaplanması gerekmektedir. Üretilen miktarı, net birim su fiyatı ile çarpılmak suretiyle de her meşçerenin kaliteli su üretim değerinin belirlenebileceği düşünülmüştür.

Plan ünitesi içerisindeki bentlerde toplanan sular önemli bir arıtma masrafı gerektirmeden içme suyu olarak şehir şebekesine verilmektedir. Kalite üzerinde şüphesiz plan ünitesi meşçerelerinin tam kapalı ve ölü-diri örtü açısından yüzeysel akışı önleyici yapılarının büyük etkisi olmaktadır. Havza Amenajmanı metotlarıyla alana düşen yağıştan hareketle akış katsayısı ve havzadan çıkan yağış miktarını hesaplamak mümkün olabildiği gibi bentlerden şehir şebekesine verilen su miktarını belirlemek suretiyle de ekonomik olarak havzanın su üretim potansiyeli ortaya koyulabilir. Ancak planlamada kullanılabilmesi açısından aynen rekreasyon fonksiyonunda olduğu değişik

meşcerelerin su verimine katkılarının bilinmesi ve bunun meşcere elemanlarıyla ilişkilendirilmesi gerekmektedir. Toplam buharlaşma, yüzeysel akış, toprağa sızan miktar gibi su bütçesi elemanlarının belirlenmesine ilişkin çalışmalar tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de yetersizdir. Ülkemizdeki az ve değerli çalışmalar sadece belirli yaşlardaki meşcereler için söz konusu olup, mevcut çalışmalarla değişik iklim bölgeleri (kurak, nemli) konusunda genellemeler yapmak veya ağaç türlerine göre bir değerlendirme yapmak mümkün olmamaktadır. Planlamada kullanabilmek üzere meşcere parametreleriyle ilişkili bir trend elde edebilme açısından da sayı olarak yeterli değildirler. Ülkemizde bazı plan ünitelerinde meşcere göğüs yüzeyinden hareketle miktar olarak su verimini hesaplamak amacıyla geliştirilmiş modeller bulunmaktadır (Mısır, 2001; Keleş, 2003; Yolasığmaz, 2004). Ancak mevcut çalışmada kaliteli su miktarının belirlenmesi amaçlandığından Destan (2001)'in hesap ve verilerinden faydalanılmıştır.

Destan (2001) araştırma çalışmalarını kolaylaştırmak için, “Su üretim/Su koruma” orman fonksiyonunun miktar ve su kalitesi olarak ifadesi olabilecek bir model oluşturmuştur. Oluşturulan “Hipotetik Orman Hidrolojisi Modeli”, Belgrad ormanını temsil eden önemli asli ağaç türlerini kapsamaktadır. Bu modelin oluşturulma aşamaları şunlardır:

- 1) Kapsamlı literatür taramasıyla “ılıman iklim kuşağı”nda yapılan Orman Hidrolojisi araştırmaların sonuçlarını elde etmek;
- 2) Elde edilen sonuçları “su bilânçosu” elemanlarına (ağaç tepelerine ulaşan yağış, orman altı yağış, intersepsiyon, gövdeden akış, evaporasyon, transpirasyon, yüzeysel akış, infiltrasyon, yüzey altı ve taban suyu akışı, toprak nemi değişimi, ölü örtü nem tutma ve geçirgenlik kapasitesi, su verimi) ayırmak, derlemek ve sınıflandırmak;
- 3) Sınıflandırılmış bilgi ve verilerlerden ortalamalar elde etmek, minimum ve maksimum değerleriyle “su bilânçosu” elemanının etki dağılımını gösterip, ekstrem verileri bertaraf etmek;
- 4) Elde edilen ortalama, minimum ve maksimum değerlerle her “su bilânçosu” elemanının meşcere bazında gelişme çağları itibarıyla eğilimini ortaya koymak;

- 5) “Su bilançosu”nun tamamı hakkında gerekli ayarlamaları yapıp, “Hipotetik Orman Hidrolojisi Modeli”ni Orman Hidrolojisi kural ve ilkelerine göre mantık çerçevesinde analiz etmek.

Destan (2008) in yukarıda açıklanan metodolojiye uygun olarak, Belgrad ormanındaki saf meşe, saf kayın ve ibrelili meşcereler için hesapladığı değişik yaş kademelerindeki su verimi değerlerinden faydalanılarak plan ünitesi geneli için adı geçen türlere göre birer denklem oluşturulmuştur. Meşcere hacmine bağlı olarak geliştirilen denklemler şu şekildedir.

Meşe:

$$y = 0,2873 * x + 95,579 \quad (R^2 = 0,8644) \quad (3.9)$$

Kayın:

$$y = 0,3702 * x + 75,812 \quad (R^2 = 0,8368) \quad (3.10)$$

İbrelili:

$$y = 0,2206 * x - 1,8239 \quad (R^2 = 0,9257) \quad (3.11)$$

Formüllerde “y”- kaliteli su miktarını gösterirken (mm/m^2), “x”- meşcere hacmini (m^3) temsil etmektedir.

3.2.3.2.1. Su Üretimine Uygunluk Katsayısı (SUK)

Meşcerelerin çeşitli konumsal özellikleri ile, meşcerelerin içerisinde yer aldığı su toplama havzalarının çeşitli özelliklerinden oluşan “su üretimine uygunluk katsayı (SUK)” larının da bentlerde toplanan su miktarı üzerine etki yapacağı düşünülerek, değişik kriterler yardımıyla hesaplanan ve birkaç aşamada elde edilen bu katsayının yukarıda genel şekli verilen denklemlere bir düzeltme katsayısı olarak eklenmesi uygun görülmüştür. Dolayısıyla denklemlerin genel şekli;

$$y = (ax + b) * (SUK) \quad (3.12)$$

biçiminde olacaktır.

Su üretimine uygunluk katsayısı (SUK); meşcere ortalama eğimi (E), toprak permeabilitesi (P) ve derinliği (Td) ile çeşitli havza özelliklerinin bileşkesi olan “Havza Uygunluk Katsayısı (HUK)” nın bir fonksiyonu olarak hesaplanmıştır;

$$SUK = E * P * Td * HUK \quad (3.13)$$

Plan ünitesindeki ana ağaç türleri için oluşturulan genel su verimi denklemlerinin, su üretimine uygunluk katsayısındaki kriterlerin ortalama değerlere sahip olduğu alanlar için geçerli olduğu ve her bir kriterin su verimini en çok $\pm\%10$ düzeyinde etkileyebileceği varsayılmış ve buna göre bir puanlandırma sistemi oluşturulmuştur. Değişik kriterlere ilişkin sınıflandırmalar için Balcı (1996) dan faydalanılmıştır (Tablo 3.21).

Tablo 3.21: Su üretimine uygunluk katsayısında kullanılan kriterlerin puanlandırılması

| Eğim grubu | | Toprak permeabilitesi | | Toprak derinliği | |
|------------|------|-----------------------|------|--------------------|------|
| (%) | Puan | (cm/sn) | Puan | (cm) | Puan |
| A (0-3) | 1,1 | Çok Yavaş (<0,125) | 0,9 | Derin (>90) | 1,1 |
| B (3-5) | 1,1 | Yavaş (0,125-0,50) | 0,9 | Orta Derin (50-90) | 1,0 |
| C (5-8) | 1,0 | Orta (0,50-12,5) | 1,0 | Sığ (30-50) | 1,0 |
| D (8-20) | 0,9 | Hızlı (12,5-25,0) | 1,1 | Çok Sığ (<30) | 0,9 |
| E (>20) | 0,9 | Çok Hızlı (>25,0) | 1,1 | - | - |

Tablo 3.21’ deki puanlandırma sistemi şu varsayımlara dayanmaktadır:

- Eğim, yağışların toprağa sızan miktarını azaltan ve yüzeysel akışı artıran bir unsur olarak kaliteli su üretimi açısından olumsuz bir etkiye sahiptir.
- Toprağın permeabilite seviyesinin düşüklüğü de toprağa sızan yağış miktarını azaltan ve yüzeysel akışı artıran bir unsur olarak, kaliteli su üretimi üzerinde olumsuz bir etkiye sahiptir.
- Toprak derinliğinin artması; suyun süzülerek, kalite özelliklerin iyileşmesi açısından olumlu bir etkiye sahiptir.

Meşcereler için toprak permeabilitesinin tespiti çalışma kapsamında mümkün olmadığı için bunun yerine geçecek ve tesbiti kolay bir göstergeden hareket edilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla kullanılabilceği düşünülen toprağın drenaj durumu, Kantarcı (1980)'in yetiştirme ortamı tipleri haritasından faydalanarak belirlenmiştir. Meşcere tipleri haritası ile yetiştirme ortamı tipleri haritası karşılaştırılarak; serbest drenajlı alanlar için permeabilitenin hızlı veya çok hızlı olduğu, engellenmiş olduğu alanlarda ise permeabilitenin yavaş veya çok yavaş olduğu, yarı geçirgen alanlarda ise orta derecede olduğu kabul edilmiştir. Bir bölmecik içerisinde farklı yetiştirme ortamları ve drenaj durumlarının sözkonusu olması halinde ağırlıklı ortalamaları alınarak bir değer belirlenmeye çalışılmıştır.

3.2.3.2.2. Havza Uygunluk Katsayısı (HUK)

Bir havzanın drenaj durumu veya drenaj kapasitesi, o havzadaki drenaj kanallarını oluşturan ana mecraya ve ona bağlı bulunan çok çeşitli ve değişik sıralardaki yan kolların veya derelerin havzaya düşen yağış sularını boşaltabilme yeteneği olarak tanımlanmaktadır. Bir havzanın drenaj durumundaki en etkili faktörlerden başında derelerin sayısı, sıklığı ve yoğunluğu gelmektedir. Bununla birlikte yağış sularının havzayı terk edene kadar ki seyri üzerinde havzanın şeklini ifade eden bazı oranlar da etkili olmaktadır. Havzaların bu şekilde birbirinden farklı çeşitli özellikleri nedeniyle, farklı havzalardaki benzer meşcerelerin su verimine **katkılarının** farklı olacağı göz önünde bulundurularak, su verimi açısından bir “havza uygunluk katsayısı (HUK)” geliştirilmiştir. Bu amaçla havza analizi tekniği kullanılarak çalışma alanındaki 6 adet bent havzasının su verimi açısından önemli olduğu düşünülen bazı topoğrafik özellikleri sayısallaştırılmış ve aşağıdaki fonksiyonel ilişkiden faydalanılarak havza uygunluk katsayıları hesaplanmıştır.

$$HUK = f(Ds, Dy, Ff, A) \quad (3.14)$$

Bu denklemde;

HUK : Havza uygunluk katsayısı

Ds : Dere sıklığı

Dy : Drenaj yoğunluğu

Ff : Form faktörü

A : Havza alanı' nı göstermektedir.

Bu şekilde elde edilen havza uygunlukları belirli bir küçültme sayısı (100) ile küçültülmüş ve SUK değerlerinin belirlenmesinde kullanılan diğer kriterler gibi genel su verimini en çok $\pm 0,10$ etkileyebileceği varsayılarak normalizasyon işlemine tabi tutulmuştur.

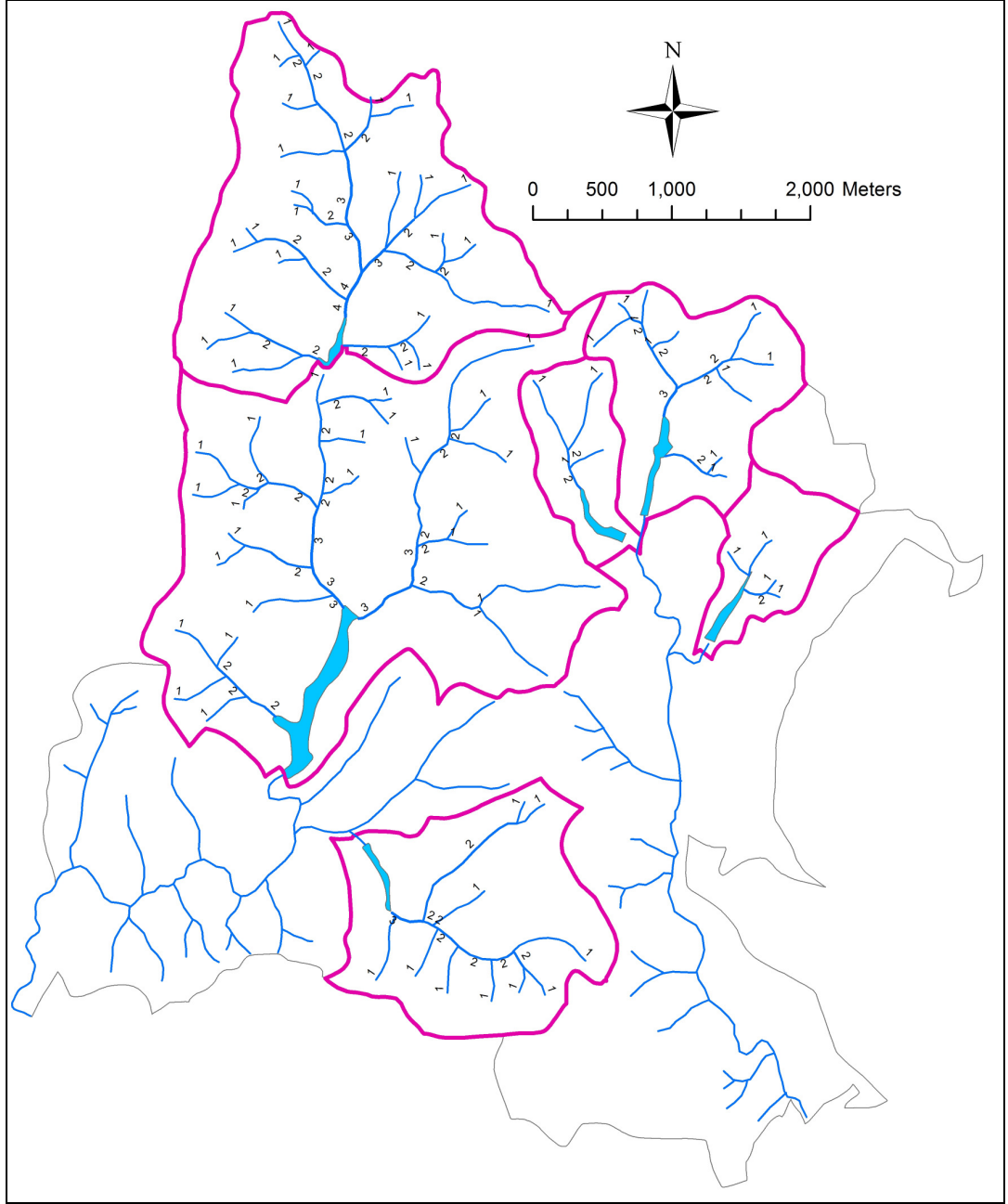
Dere Sıklığı (D_s):

Dere sıklığı, birim alana düşen dere sayısını ifade etmekte ve yıl boyunca kurumayan toplam dere sayısının havza alanına bölünmesi ile elde edilmektedir. Bu sayı ne kadar büyük olursa havzanın drenaj durumunun da o ölçüde elverişli olduğu, başka bir anlatımla da üzerinde toplanan suları uzaklaştırma veya boşaltma kapasitesinin de o kadar yeterli olduğu sonucu çıkarılmaktadır (Gök, 1995; Özhan, 2008).

$$D_s = N_s / A \quad (3.15)$$

Denklemde, (N_s); toplam dere sayısını; (A) ise havza alanını göstermektedir.

Dere sayısını saptayabilmek için derelere sıra numarası vererek büyüklüklerine göre hiyerarşik bir şekilde sıralamak gerekmektedir. Bu sıralama ile 1 den başlayan Dere sırası (N_s) dizileri oluşturulmaktadır. Derelerin sıralamasında farklı araştırmacılar tarafından uygulanan farklı yöntemler kullanılabilir. Genel olarak; yan kolu olmayan en küçük dereleri 1. sıra, iki derenin birleşmesinden sonra 2. sıra ve ikinci sıra derelerin birleşmesinden sonra 3. sıra olacak şekilde dereler sıralanmaktadır. Bu sıra daha da ileri gidebilmekte ve akarsuyun ana kolu en yüksek sıra numarasını almaktadır (Özhan, 2004). Mevcut çalışmada da Şekil 3.9' de gösterildiği gibi dereler bu şekilde sıralanarak her havzadaki toplam dere sayısı bulunmuştur. Bu şekilde her havza için bulunan toplam dere sayısını, ilgili havzanın alanına bölmek suretiyle havzaların dere sıklığı (D_s) bulunmuştur.



Şekil 3.9: Çalışma alanındaki bent havzalarında dere sıralarının belirlenmesi

Drenaj Yoğunluğu (D_y):

Drenaj yoğunluğu, 1 km^2 'ye düşen ortalama akarsu uzunluğu olarak tanımlanmaktadır. Havza içinde su taşıyan tüm doğal kolların toplam uzunluğunun havza alanına bölünmesi ile elde edilmektedir (Özhan, 2004).

$$D_y = \Sigma L / A \quad (3.16)$$

Denklemden (ΣL); devamlı ve periyodik derelerin toplam uzunluğunu (km), (A) ise havza alanını (km^2) göstermektedir.

Çalışma kapsamında ArcMap programı aracılığıyla sayısallaştırılan derelerin toplam uzunluğu otomatik olarak hesaplanmış ve denklemden yerine koyularak havzaların drenaj yoğunluğu (Dy) hesaplanmıştır.

Özhan (2008); değişik araştırmacılara atfen, drenaj yoğunluğu ile Thorntwaite'in yağış etkenlik indisi arasında negatif bir korelasyon ve regresyon ilişkisi bulunduğunu bildirmekte ve özetle; drenaj yoğunluğu ile yüzeysel akış miktarının doğru orantılı bir gelişim gösterdiğini belirtmektedir. Yüzeysel akış kaliteli su üretimi açısından istenmeyen bir durum olsa da yoğun bitki örtüsü ile kaplı bir alanda, taban suları ile beslenen derelerden oluşan bir drenaj sisteminin kalite yanında miktar olarak da su verimini artıracak varsayılmıştır. Buradan hareketle de drenaj yoğunluğunun büyüklüğü, havza uygunluk katsayısını artıran bir özellik olarak hesaplamalarda yer almıştır.

Form Faktörü (Ff):

Havzaya düşen yağışın derelere ulaşma hızı ve zamanını etkileyen bir havza karakteristiği olup; havza alanının, havza uzunluğunun karesine bölünmesiyle bulunur. Bu faktör, 1'den küçük bir değere sahiptir ve küçüklüğü havzanın dar ve uzun olduğunu ifade etmektedir. Havza uzunluğu (L), menba ve mansap arasındaki en uzak iki noktayı birleştiren doğru çizginin uzunluğu olarak kullanılmaktadır.

$$Ff = A / L^2 \quad (3.17)$$

Havza alanlarını gösteren sayısal harita üzerinde her havza için, havza uzunluğu ölçülerek denklemden yerine koyulmak suretiyle form faktörü (Ff) bulunmuştur.

Form faktörü; küçük form faktörüne sahip havzalarda şiddetli bir yağışın havza uzun ekseninin (L) tümünü kapsamı olasılığının, yüzölçümü aynı fakat büyük form faktörüne sahip havzalara nazaran daha az olduğunu söylenebileceği şeklinde

yorumlanmaktadır (Özhan, 2008). Şiddetli yağışlarla oluşacak sel ve taşkın riski ihmal edilerek, çalışma alanı için normal kapalılık ve sıklıktaki orman koşullarında, form faktörünün büyüklüğü havza uygunluğunu artıran bir özellik olarak hesaplamalarda yer almıştır.

Havza Alanı:

Havza alanı çeşitli havza amenajmanı uygulamalarında en çok kullanılan ve değişik hesaplara temel teşkil eden bir havza elemanıdır. Havza büyüklüğü ile sediment verimi arasında negatif bir ilişki bulunmaktadır. Birim alanın sediment verimi havza alanı büyüdükçe azalmaktadır (Özhan, 2004). Dolayısıyla, büyük havzalarda sularla taşınan sediment miktarı daha düşük olmakta, bu da kaliteyi olumlu etkilemektedir. Bentlerin rezerv kapasitelerine ulaşabilmeleri için su toplama havzalarının da bu kapasiteyle uyumlu büyüklükte olması gerekmektedir. Bu nedenle havza alanı, yağış sularının toplanan miktarı üzerinde doğrudan etkili bir unsur olarak havza uygunluk değerlendirmelerinde göz önünde bulundurulmuştur.

3.2.3.2.3. Meşcere Birim Su Üretim Değeri

Meşcerelerin su üretimine m^3 olarak katkılarının belirlenmesinden sonra bu katkı birim fiyatla çarpılmak suretiyle ekonomik değerleri hesaplanmıştır. 2009 yılı fiyatlarına göre İSKİ konutlarda kullanılacak suların birim fiyatını 4,2 TL (Konut başına 20 m^3 /ay dan fazla kullanım) olarak belirlemiştir (İSKİ, 2009). Bu fiyat çeşitli masraflar ve kar oranı dahil edilerek hesaplandığından, orman ve ormancılık etkinliklerinin dışındaki katkılar da bu fiyat içerisinde yer almaktadır. Ormanların katkısı, içilebilecek nitelikte su sağlamaları ve arıtma masraflarını düşürme ya da ortadan kaldırmaları olarak düşünülebilir. Dolayısıyla ormancılığın birim su üretimine katkısını, arıtma masraflarının değeri ile bir $1 m^3$ suyun ormancılığa yüklediği maliyet bedeli üzerinden hareket eden bir yaklaşımla hesaplanmış bir değeri kullanarak belirlemenin daha uygun olacağı kararlaştırılmıştır.

İSKİ verilerine göre $1m^3$ su arıtma bedeli 0,32 TL olarak kullanılmaktadır (İSKİ, 2009). Eker (2005), Darlık havzası için yaptığı araştırmada $1m^3$ suyun ormancılık faaliyetlerine yansıyan maliyet bedelinin yaklaşık olarak 0,034 TL olduğunu bulmuştur. Bu o havzada üretilen suyun maliyet bedelinin yaklaşık %9'unu oluşturmaktadır. İSKİ'nin maliyeti

ise %91 olarak bulunmuştur. Darlık Havzasının kendine özgü koşulları nedeniyle yüksek meblağlar tutan kamulaştırma masraflarının İSKİ tarafından karşılanması ve üretilen suyun arıtma ve ulaştırma masrafları İSKİ'ye yüklenen maliyeti artırmıştır. Her havzanın kendine özgü farklı ekolojik, topoğrafik ve sosyolojik koşulları nedeniyle, üretilen suların birim maliyet bedeli havzadan havzaya değişmekte ve havzalar için kendi özel koşullarını dikkate alacak şekilde değer belirlenmesi gerekmektedir. Bununla birlikte Eker (2005) tarafından Darlık baraj havzası için hesaplanan su üretimine yönelik ormancılığın katlanacağı maliyet bedelinin Belgrad ormanındaki bentler havzası için de aynen kullanılması kararlaştırılmıştır. Bunda her iki havzada da benzer şekilde rutin ormancılık faaliyetleriyle katlanılacak maliyetlerin birbirine yakın olacağının kabul edilmesi etkili olmuştur.

Çalışma alanındaki orman örtüsünün varlığının, İSKİ'nin yapacağı arıtma masraflarına gereksinimi ortadan kaldırdığı ve arıtma işleminin orman vasıtasıyla gerçekleştirilerek kaliteli su temininin yerine getirildiği varsayılmıştır. Buradan hareketle Belgrad ormanında üretilen birim su değeri olarak $0,32 + 0,034 = 0,354$ TL (Arıtma masrafı + Ormacılığa yüklenen maliyet) kullanılması uygun görülmüştür.

3.2.3.3. Plan Ünitesi Bölmeciklerinin Rekreasyon Değerinin Belirlenmesi

Meşcerelerin bazı hizmet değerlerini, meşcere özellikleri ile ilişkilendirerek belirlemeye yönelik çeşitli yaklaşımlar bulunmaktadır. Örneğin Kangas ve Kristiansen (1995), Savolainen ve Kellomaki (1981) e atfen meşcere hizmet değerinin aşağıdaki formülle tahmin edilebileceğini belirtmektedir.

$$HV = 49,04 + 0,3344H + 1,398nT + 0,0337V1 \quad (3.18)$$

Burada;

HV : Hizmet değeri

H : Orta boy (m)

nT : Ağaç sayısı

$V1$: Gövde hacmi (m^3/ha) olmaktadır.

Rekreasyon gelirleri orman içi rekreasyon alanlarına girişte, ziyaretçilerden alınan ücretlerden oluşmaktadır. Ziyaretçiler rekreasyon amaçlı olarak esasen kitlesel ziyaretçi zonunu kullanmalarına rağmen bu gelirin ayrılacak tüm rekreasyon işletme sınıfından sağlandığını kabul etmek gerekmektedir. Bölmeciklerin bu bütün işletme sınıfı içerisinde paylarına düşen rekreasyon gelirleri ise alanları ile orantılı olarak paylaşılabilir. Ancak hem planlamada kullanmak hem yoğun ilgi konusu olan meşcerelerin bireysel (topoğrafik, ekolojik, fiziksel vb.) özelliklerini ön plana çıkarmak üzere meşcerelerin rekreasyon gelirlerini yapısal parametreleri (yaş, göğüs yüzeyi, hacim gibi) ile ilişkilendirmek gerekmektedir. Bu nedenle Destan (2001) tarafından önerilen ve kitlesel ziyaretçi zonundaki meşcerelerin rekreasyon değerinin, tarife bedeli ve rekreasyona uygunlukla ilişkilendirildiği formülde bu amaca yönelik değişiklikler yapılarak plan ünitesi meşcerelerinin rekreasyon değerleri hesaplanmıştır. Destan (2001)'in önerdiği formül şu şekildedir:

$$r_p = \left[r_d + r_d \left(\frac{O(H)^i}{\sum O(H)^i} + \frac{EOH^i_{OTH}}{\sum EOH^i_{OTH}} \right) \right] K_p \quad (3.19)$$

Burada; r_p - “i.” meşcerenin rekreasyon kıymeti (TL); r_d - “i” meşcerenin dikili gövde servetinin kıymeti (TL); $(O(H))$ - “i.” meşcerenin rekreasyona uygunluk katsayısı; (EOH_{OTH}) - “i.” meşcerenin estetik katsayısı; K_p - meşcere rekreasyonel katsayısı (rekreasyon objenin bulunduğu çevre infrastrüktürdeki yeri ve önemini) nı ifade etmektedir.

Mevcut çalışmada, rekreasyon değeri belirlemede temel düşünce ve ana yapı Destan (2001)' in önerdiği metoda dayanmakta ve bu metod aşağıdaki değişiklik ve düzenlemelerle çalışmaya yansıtılmış bulunmaktadır.

- Meşcerelerin dikili gövde serveti değeri (TL) yerine, doğrudan gövde servetleri (m^3) kullanılmıştır.
- Meşcere estetik katsayısı, meşcerenin rekreasyona uygunluk katsayısının 0,10'u kadar olduğu varsayılmıştır.
- Rekreasyon kaynağının çevre infrastüktürdeki yeri yerine, rekreasyon kaynağını oluşturan meşcerelerin kendi aralarındaki bağıl rekreasyon değerleri göz önünde bulundurulduğundan “Kp” rekreasyonel katsayısı ihmal edilmiştir.

-Kitlesele ziyaretçi zonu meşcereleri için önerilen formül, işletme sınıfı büyüklüğü göz önünde bulundurularak düzenlenmiştir.

Her bölmeceğin dikili gövde değeri, meşcere hacmi ile ilişkilendirilerek ($R^2=0,9564$) bir denklem oluşturulmuştur. Bu şekilde hacme bağılı olarak elde edilen doğrusal ifade ($y = 93,839x - 3014,9$) dikili servet değeri yerine kullanılmış ve düzenlenmiş formül şu hali almıştır.

$$Rd_i = (93,839 * V_i - 3014,9) * [1 + (RUD_i / \Sigma RUD) + 0,10 * RUD_i] * (ARZ / F) * A_i \quad (3.20)$$

Burada;

Rd_i : i. meşcerenin rekreasyon değeri (TL)

V_i : i. meşcerenin hacmi (m^3/ha)

RUD_i : i. meşcerenin rekreasyona uygunluk değeri

ΣRUD : İşletme sınıfını oluşturan meşcerelerin rekreasyona uygunluk değerleri toplamı

ARZ : Aktif (kitlesele) rekreasyon zonu alanı (ha)

F : İşletme sınıfı alanı (ha)

A_i : i. meşcerenin alanı (ha)' dır.

3.2.4. Plan Ünitesinde Çok Amaçlı Faydalanmanın Optimizasyonu

Değişik orman fonksiyonlarının söz konusu olduğu plan ünitesinde çok amaçlı faydalanma, belirli bir plan ufku (100 yıl) sonunda meşcerelerin kesime girme (gençleştirme) sırasını ve değişik periyotlarda bakım kesimleri ile alınacak miktarlarını belirlemek suretiyle değişik fonksiyonlardan (odun, su ve rekreasyon) sağlanacak toplam faydayı maksimum yapmak suretiyle gerçekleştirilmeye çalışılmıştır. Kesim sırasının düzenlenmesi (harvest scheduling) olarak adlandırılan bu süreç, belirli kısıtlar altında bakım ve kesim alanlarının zamansal ve konumsal optimizasyonu şeklinde de özetlenebilir.

Değişik sayıdaki kısıtlar altında amaç fonksiyonunu maksimum veya minimum yaparak çözüm sağlamaya yönelik çeşitli matematiksel programlama teknikleri (doğrusal veya doğrusal olmayan programlama, tamsayılı programlama, şebeke modelleri gibi) geliştirilmiştir. Hangi optimizasyon tekniğinin kullanılacağını problemin yapısı belirlemektedir. Mevcut çalışmada planlama probleminin **Şebeke (network) Modelleri**

ile çözülebileceği düşünülerek, bu modelleme yapısına uygun olarak formülasyon gerçekleştirilmeye çalışılmıştır. Ancak meşcerelerin geliştirildikten sonraki gelişim durumlarının modellemeye dahil edilmesi şebeke yapısına uydurulamadığından öncelikle **Doğrusal Programlama** tekniğinin kullanılması kararlaştırılmıştır. Doğrusal Programlama modelleri sürekli değişkenler kullanmaktadır ancak konumsal (komşuluk) kısıtların tanımlanması tamsayılı karar değişkenlerinin kullanılmasını gerektirmektedir. Bu yöndeki eksiklikleri nedeniyle doğrusal programlama tabanlı modellere konumsal olmayan modeller denilmekte ve daha çok stratejik düzeydeki planlama problemlerinde kullanılmaktadırlar (Adhikary, 1997). Modellemeye dahil edilmesi klasik Doğrusal Programlama ile mümkün olmayan çeşitli senaryoların seçimi ve konumsal planlamaya yönelik komşuluk ilişkilerini içeren kısıtlar, problemin yapısının **Tamsayılı Programlama** ile formüle edilmesini gerektirmiş ve bu teknik kullanılarak çok amaçlı faydalanma problemi çözülmüştür. Bununla birlikte şebeke modeli şeklindeki gösterim, problemin yapısının daha iyi anlaşılması sağlamış ve şebeke yapısına uygun olarak geliştirilen denge denklemleri ve şematik görünümünden, mevcut modelin kısıtlarının oluşturulması ve çeşitli aşamalardaki formülasyonlarda büyük ölçüde faydalanılmıştır.

3.2.4.1. Tamsayılı Programlama (Integer Programming)

Tamsayılı Programlama (TP), değişkenlerinden bazılarının veya tümünün tamsayılı (ya da kesikli) değerler aldığı bir Doğrusal Programlama (DP) tekniğidir (Winston, 2004; Baray ve Esnaf, 2000). Uygulamada karşılaşılan bir çok problemin yapısı gereği, problemde yer alan değişkenlerin tümü ya da bir kısmı tamsayı değerli olmak durumundadır. Tamsayılı programlama problemlerinin doğuş nedeni genellikle, kaynakların parçalanamaması veya değişkenlerin tamsayılı birimler olmalarıdır. Örneğin işlerin makinelere atanması, otomobil, uçak, televizyon gibi ürünlerin üretim miktarlarının kesirli tanımlanması pratikte geçersiz olacağından; bu tür değişkenlerin tamsayı olarak tanımlanması zorunludur (Sezen, 2004).

Pek çok karar problemi de “evet-hayır”, “açık-kapalı”, “0-1”, “doğru-yanlış” veya “üret-üretme” gibi ikili yapıda olup bunlardan birini seçmeyi hedefler. Bu tip problemler de Tamsayılı Programlama ile modellenip çözülmektedir (Ulucan, 2004).

Değişkenler üzerindeki tamsayı veya 0-1 kısıtları kaldırılarak oluşturulan Doğrusal Programlama modeli, “tamsayılı programlamanın doğrusal programlama gevşetmesi

(linear programming relaxation)” olarak adlandırılmaktadır. Bu konsept, tamsayılı programlama modellerinin çözümünde önemli rol oynamaktadır. Dolayısıyla herhangi bir tamsayılı programlama modelinin, doğrusal programlama gevşetmesi ve ek kısıtların bütünü şeklinde görülebileceği söylenebilir. Bir başka ifadeyle doğrusal programlama, tamsayılı programlamanın daha az kısıtlı ve daha gevşetilmiş şeklidir. Bu; tamsayılı programlamanın olası çözüm kümesinin, buna karşılık gelen doğrusal programlama gevşetmesinin çözüm kümesi içinde kalacağı anlamına gelmektedir (Winston, 2004).

DP gevşetmesinin optimal Z değeri \geq TP'nin optimal Z değeri (Maksimizasyonda)

Tamsayılı doğrusal programlama algoritmaları, doğrusal programlamanın başarılı sonuçlar veren hesap yöntemlerinden yararlanma üzerine inşa edilmiştir. Bu algoritmalarındaki stratejiler 3 adım içermektedir (Baray ve Esnaf, 2000).

1. Herhangi bir 0-1 tamsayılı y değişkeni $0 \leq y \leq 1$ sürekli aralığında değerler alacak şekilde değiştirilip, bütün tamsayılı değişkenlerle ilgili tamsayı olma kısıtları da kaldırılarak tamsayılı doğrusal programlama çözüm uzayı gevşetilmekte ve böylece model normal doğrusal programlama haline getirilmektedir.
2. Doğrusal programlama modeli çözümlenerek sürekli optimum belirlenmektedir.
3. Sürekli optimumdan başlayıp, tekrarlı bir şekilde özel kısıtlar eklenerek çözüm uzayında düzeltmeler yapılır ve böylelikle tamsayılı gereksinimleri de karşılayacak bir optimum uç noktaya ulaşılmaya çalışılır.

Doğrusal programlama sürekli fonksiyonlarla ilgili olduğu halde, tamsayılı programlama kesikli fonksiyonlarla ilgilidir ve buna bağlı olarak doğrusal programlamada sonsuz sayıda, tamsayılı programlamada ise sonlu sayıda uygun çözüm kümesi bulunmaktadır. Tamsayılı programlama modelinin oluşturulması sürecinde, doğrusal programlamanın sınırlayıcı koşullarına değişkenlerin tamsayı değerler alması ile ilgili bir kısıt denklemi daha eklenmektedir. Eklenen tamsayı olma ile ilgili kısıt, tüm değişkenler ya da bunların alt kümelerine ilişkin olabilir. Değişkenlerin tamamı veya bir kısmının tamsayı olmasına bağlı olarak da tamsayılı programlamanın niteliği

değişmektedir. Bu duruma bağlı olarak tamsayılı programlama modelleri genel olarak şu 3 sınıfta toplanmaktadır (Sezen, 2004; Winston, 2004):

1) Saf Tamsayılı Programlama (Pure Integer Programming):

Bu tip modellerde tüm değişkenlerin alacağı değerlerinin tamsayı olması gerekmektedir.

Amaç fonksiyonu;

$$\text{Max } z = 3x_1 + 2x_2$$

Kısıtlar;

$$x_1 + x_2 \leq 6$$

$$x_1, x_2 \geq 0 \text{ ve } x_1, x_2 \text{ tamsayı}$$

2) Karışık Tamsayılı Programlama (Mixed Integer Programming)

Tamsayılı Programlama, sadece bazı değişkenlerin tamsayı olmasının gerekmesi halinde, Karışık Tamsayılı Programlama (Mixed Integer Programming) olarak adlandırılmaktadır. Değişkenlerin tamamı tamsayı olma koşulu ile sınırlandırılmazlar. Bir başka deyişle, “n” adet değişkene sahip bir modelde, bu değişkenlerden yalnızca “k” tanesinin tamsayı karakterde olması istenir ve ayrıca $(n - k) \geq 1$ ise bu tip model karışık tamsayılı programlama modeli niteliği kazanır.

Amaç fonksiyonu;

$$\text{Max } z = 3x_1 + 2x_2$$

Kısıtlar;

$$x_1 + x_2 \leq 6$$

$x_1, x_2 \geq 0$ ve x_1 tamsayı (x_1 ve x_2 negatif olmayan değişkenlerinden; x_1 ' in tamsayı olması gerekirken, x_2 için böyle bir koşul bulunmamaktadır.)

3) 0-1 Tamsayılı Programlama (0-1 Integer Programming)

Tüm değişkenlerin sadece 0 (sıfır) veya 1 (bir) olmasının gerekmesi durumunda 0-1 Tamsayılı Programlama (0-1 Integer Programming) adı verilmektedir. Bir başka deyişle, modeldeki değişkenlere 0 veya 1 değerleri dışında değer almamaları sınırlaması getirilmektedir.

Amaç fonksiyonu;

$$\text{Max } z = x_1 - x_2$$

Kısıtlar;

$$x_1 + 2x_2 \leq 2$$

$$2x_1 - x_2 \leq 1$$

$$x_1, x_2 = 0 \text{ veya } 1$$

3.2.4.2. Orman Planlama Modelinin Oluşturulması

Çalışma alanından sağlanan çeşitli fonksiyonlara ilişkin veriler ve bu verilerin meşcere gelişimiyle ilgili trendlerini gösteren denklemler ortaya konduktan sonra, plan ünitesi kapsamında bu fonksiyonlardan çok amaçlı faydalanmayı sağlamaya yönelik bir planlama modeli geliştirilmeye çalışılmıştır.

Modeller, bir sistem veya sürecin temsilcisi olarak tanımlanmaktadır. En iyi model; temsil ettiği sistem veya sürecin tüm öğelerini ihtiva eden olmasına rağmen, başarılı bir modelin gerçekçilik ve sadelik gibi birbiriyle çelişen iki isteği dengelemesi gerekmektedir. Bu nedenle modeller sistemin birebir tam kopyası olmayıp, ancak temel özellikleri ve bazı ayrıntıları yapılarında bulundurdıklarından, sistem veya sürecin kendisi yerine kullanılmaktadırlar (Asan, 2004). Bir sistem veya süreç farklı kişiler tarafından farklı şekillerde modellenebilir. Dolayısıyla aynı planlama problemi farklı kişiler tarafından farklı modeller ortaya koyularak çözülebilir. Bu yönüyle, matematiksel teknikler kullanılarak ortaya konan planlama problemini ve çözümünü, hem bir bilim hem de bir sanat olarak görmek gerekmektedir.

Çalışmanın matematiksel modelleme aşamasına, birçok çalışmadaki sürecin genel yapısını oluşturan aşağıdaki sorulara (Baray ve Esnaf, 2000) cevap aranarak başlanmıştır.

- Alternatif kararlar nelerdir?
- Karar hangi kısıtlar altında verilmektedir?
- Bu alternatifleri değerlendirmede kullanacağımız uygun bir amaç fonksiyonu nasıl olmalıdır?

Mevcut çalışmada; plan ünitesinin aktüel durumu ortaya koyulduktan sonra, plan ünitesini oluşturan meşcerelerin 100 yıllık planlama ufkundaki gelişim (hacim olarak)

trendleri ve değişik fonksiyonların (rekreasyon, odun ve su üretimi) meşcerelerin bu gelişimleri ile nasıl bir değişim gösterdiği sayısal olarak belirlenmeye çalışılmıştır. Buradan hareketle de, değişik kısıtlar altında meşcerelerin hangi periyotlarda gençleştirileceğini belirlemek suretiyle plan ünitesinden sağlanan toplam faydayı en iyileme ile orman ve fonksiyonlarının da sürekliliğini sağlamaya yönelik bir optimizasyon modeli geliştirilmeye çalışılmıştır. 100 yıllık plan ufku 10 yıllık plan periyotlarına ayrılmış ve meşcerelerin, optimizasyon modelinin uygun göreceği periyotta doğal olarak gençleştirileceği varsayılmıştır. Meşcerelerin hangi periyotta gençleşeceği baştan belli olmadığından 10 yıllık periyotlardan herhangi birinde gençleştirilebileceği göz önünde bulundurularak 1-10. periyot arasındaki 9 periyot için 9 adet senaryo oluşturulmuştur. Modelin bu 9 senaryodan sadece birisini seçmesi gerekliliği tamsayı kısıtları ile gerçekleştirilmiştir. Modele, ayrıntısı ilerleyen bölümlerde açıklanacak meşcerelerin komşuluk ilişkilerinin dahil edilmesi de yine tamsayı kısıtlarının eklenmesi ile mümkün olmaktadır. Sahip olduğu diğer sürekli değer alabilen kısıtların yanı sıra bu tamsayı kısıtların eklenmesi ile model, ***Karışık Tamsayılı Programlama*** haline gelmiştir. Modelde asıl karar değişkenini, meşcerelerin bakım kesimleri ile alınacak hacim miktarları oluşturmaktadır. Su ve Rekreasyon ile ilgili matematiksel fonksiyonlar da hacime bağlı olarak tanımlandığından, yapılacak müdahalelerle bu fonksiyonların seyrinin nasıl olacağı model varsayımları altında kestirilmeye ve bu şekilde, ana amaç (toplam faydanın maksimizasyonu) doğrultusunda meşcerelerden ne zaman ve ne kadar eta alınacağı da model çözümüyle ortaya koyulmaya çalışılmıştır. Modelin ana çerçevesini oluşturan temel ifadeler ve kabul edilen bazı varsayımlar aşağıda verilmiştir.

- *Planlama ufku 100 yıl ve periyot uzunluğu 10 yıl olarak alınmıştır.
- * 100 yıllık plan ufkunda gençleştirme olgunluğuna ulaşan meşcereler gençleştirilecek, diğer meşcerelere ise bakım yapılması kararlaştırılmıştır.
- * Gençleştirilecek meşcerelerde, gençleştirme işlemi; alt ve üst sınırı işletme sınıfı, bonitet ve ağaç türüne göre değişen ***olgunluk periyodu*** (birkaç plan periyotundan oluşmaktadır) içerisindeki herhangi bir plan periyodunda yapılabilir.
- * Gençleştirme, doğal gençleştirme yöntemleri kullanılarak yapılacak ve bir plan periyodunda bölmeçiğın tamamında başarılı bir şekilde yerine getirilecektir.

Yani gençleştirilecek periyotta bir bölmecikteki yaşlı meşcere uzaklaştırılırken alana en yaşlısı 10 yıllık olan gençlik getirilecektir.

* Tıraşlama kesim şekli kesinlikle kullanılmayacak ve plan ufku boyunca bölmeciklerin sınırları değişmeyecektir.

* Gençleştirme alanları bütün olarak büyük alanları kaplamayacak ve komşuluk ilişkileri göz önünde bulundurularak, birbirine komşu ancak belirli sayıda meşcerenin aynı periyotta kesilmesine izin verilecektir.

* Bakım yapılacak meşcerelerden gelişim çağlarına bağlı olarak hacimlerinin belli bir miktar kadarı ara hasılat etası olarak alınacaktır.

* Karışık meşcerelerin gelişiminin asli ağaç türüne göre belirlenmesi ve hasılat tablosu olmayan türler için, o türe benzeyen diğer türlerin hasılat tablosundan faydalanılması kararlaştırılmıştır.

* Hasılat tablolarında olmayan çok ileri yaşlardaki meşcere parametreleri enterpolasyonla tahmin edilecektir.

* Bozuk meşcerelerin gelişimi, mevcut hacimlerini hasılat tablosu değerlerine oranlamak suretiyle belirlenecektir.

* Planlama, sadece ormanla kaplı alanlar için gerçekleştirilecek, orman içi açıklıkların diğer faydaları göz önünde bulundurularak mevcut halleri korunacaktır.

*Plan ünitesi içerisindeki arboretum sahası, bilimsel fonksiyon için ayrılarak, mevcut planlama yaklaşımı kapsamına alınmayacaktır.

* Plan ünitesi içerisindeki av üretim sahası, bu fonksiyonu göz ardı edilerek, diğer ormanla kaplı alanlar gibi işlem görecektir.

* Mevcut meşcerelerin hacim gelişimi “Artım Yüzdeleri Simülasyon Yöntemi” ne (Eraslan, 1981) göre belirlenecektir.

*Amenajman metodu olarak, Yaş Sınıfları Yöntemi kullanılacak ve periyodik son hasılat etası bu yönteme göre belirlenecektir.

* Meşcere hacimleri periyot başı değerler olarak hesaplanacaktır.

* Meşcerelerin değişik yaşlardaki hacim artım yüzdelerinin, bakım kesimlerinden etkilenmeyeceği varsayılmıştır.

* Meşcerelerin değişik fonksiyonlar yönünden mevcut parasal değerlerinin (Odunpuan, Supuan, Reipuan), fonksiyonların ağırlıklandırılmasında ve önceliklerinin belirlenmesinde kullanılması kararlaştırılmıştır.

Bu varsayımlardan hareketle oluşturulan Karışık Tamsayılı Programlama modelinin matematiksel denklemleri, değişkenleri, kısıtları ve diğer elemanları aşağıdaki gibidir.

Amaç Fonksiyonu:

$$\begin{aligned}
 MaxZ = & \sum_k \sum_d Supuang_k \times TSUDg_{k,d} + \sum_l \sum_d Supuanb_l \times TSUDb_{l,d} + \\
 & \sum_k \sum_d Re KPUang_k \times TRDg_{k,d} + \sum_l \sum_d Re KPUanb_l \times TRDb_{l,d} + \\
 & \sum_k \sum_i \sum_d Odunpuang_k \times (Xg_{k,i,d} + Gg_{k,i,d}) + \sum_l \sum_d Odunpuanb_l \times Xb_{l,d}
 \end{aligned} \quad (3.21)$$

Kısıtlayıcı denklemler:

$$TG_j = \sum_k \sum_i Gg_{k,i,j} \quad (j = 1, \dots, 10) \quad (3.22)$$

$$TB_j = \sum_k \sum_i Xg_{k,i,j} + \sum_l Xb_{l,j} \quad (j = 1, \dots, 10) \quad (3.23)$$

$$PV_j = TG_j + TB_j \quad (3.24)$$

$$\begin{aligned}
 TRDg_{k,j} = & Rg_k \times (n \times \sum_i (reka \times Vg_{k,i,j} - y_{k,i} \times rekb) \times \\
 & \dots (1 + \frac{RUDg_{k,i,j}}{TopRUDg_{i,j}} + 0,10 \times RUDg_{k,i,j}) \frac{ARZ}{TopRekAlan} \times Alang_k)
 \end{aligned} \quad (3.25)$$

$$\begin{aligned}
 TRDb_{l,j} = & Rb_l \times (n \times reka \times Vb_{l,j} - rekb) \times (1 + \frac{RUDb_{l,j}}{TopRUDb_j} + 0,10 \times RUDb_{l,j}) \times \\
 & \dots \frac{ARZ}{TopRekAlan} \times Alanb_l \times Rb_l)
 \end{aligned} \quad (3.26)$$

$$TSUDg_{k,j} = suTL \times 10 \times n \times \sum_i (suag_k \times Vg_{k,i,j} + y_{k,i} \times subg_k) \times SUKg_k \quad (3.27)$$

$$TSUDB_{l,j} = suTL \times 10 \times n \times (suab_l \times Vb_{l,j} + subb_l) \times SUKb_l \quad (3.28)$$

$$Vg_{k,i,j} = hacimg_k \times y_{k,i} \times alang_k \quad (k,i,j) \in \{(k,i,j); j=1\} \quad (3.29)$$

$$Vb_{l,j} = hacimb_l \times alanb_l \quad (l,j) \in \{(l,j); j=1\} \quad (3.30)$$

$$Xg_{k,i,j} = 0 \quad (k,i,j) \in \{(k,i,j); j=10\} \quad (3.31)$$

$$Xb_{l,j} = 0 \quad (l,j) \in \{(l,j); j=10\} \quad (3.32)$$

$$Gg_{k,i,j} = 0 \quad (k,i,j) \in \{(k,i,j); j=10\} \quad (3.33)$$

$$(1+n \times BOg_{k,i,j}) \times Vg_{k,i,j} - Xg_{k,i,j} = Vg_{k,i,j+1} \quad (k,i,j) \in \{(k,i,j); i \neq j, j < 10\} \quad (3.34)$$

$$Vg_{k,i,j} = V10g_k \times y_{k,i} \times alang_k \quad (k,i,j) \in \{(k,i,j); i = j-1, j < 10\} \quad (3.35)$$

$$(1+n \times BOb_{l,j}) \times Vb_{l,j} - Xb_{l,j} = Vb_{l,j+1} \quad (l,j) \in \{(l,j); j < 10\} \quad (3.36)$$

$$Gg_{k,i,j} = 0 \quad (k,i,j) \in \{(k,i,j); i \neq j\} \quad (3.37)$$

$$Gg_{k,i,j} = Vg_{k,i,j} + n \times \frac{BOg_{k,i,j} \times Vg_{k,i,j}}{2} \quad (k,i,j) \in \{(k,i,j); i = j\} \quad (3.38)$$

$$Xg_{k,i,j} = 0 \quad (k,i,j) \in \{(k,i,j); i = j\} \quad (3.39)$$

$$kming_{k,i,j} \times Vg_{k,i,j} \leq Xg_{k,i,j} \quad (k,i,j) \in \{(k,i,j); i \neq j, j < 10\} \quad (3.40)$$

$$kmaxg_{k,i,j} \times Vg_{k,i,j} \geq Xg_{k,i,j} \quad (k,i,j) \in \{(k,i,j); i \neq j\} \quad (3.41)$$

$$kminb_{l,j} \times Vb_{l,j} \leq Xb_{l,j} \quad (l,j) \in \{(l,j); j < 10\} \quad (3.42)$$

$$kmaxb_{l,j} \times Vb_{l,j} \geq Xb_{l,j} \quad (l,j) \in \{(l,j); j < 10\} \quad (3.43)$$

$$(1+rOdun) \times PV_d \geq PV_{d+1} \quad d \in \{d; d < 9\} \quad (3.44)$$

$$(1 - rOdun) \times PV_d \leq PV_{d+1} \quad d \in \{d; d < 9\} \quad (3.45)$$

$$(1 + rSu) \times PSUM_d \geq PSUM_{d+1} \quad d \in \{d; d < 9\} \quad (3.46)$$

$$(1 - rSu) \times PSUM_d \leq PSUM_{d+1} \quad d \in \{d; d < 9\} \quad (3.47)$$

$$(1 + rRekreasyon) \times PTRD_d \geq PTRD_{d+1} \quad d \in \{d; d < 9\} \quad (3.48)$$

$$(1 - rRekreasyon) \times PTRD_d \leq PTRD_{d+1} \quad d \in \{d; d < 9\} \quad (3.49)$$

$$\sum_i y_{k,i} = 1 \quad (k = 1, \dots, 186) \quad (3.50)$$

$$y_{k,i} = 0 \quad (k, i) \in \{(k, i); i < GIPg\} \quad (3.51)$$

$$y_{k,i} = 0 \quad (k, i) \in \{(k, i); i > GSPg\} \quad (3.52)$$

$$\sum_k y_{k,i} \times alang_k \leq PFA \quad (i = 1, \dots, 10) \quad (3.53)$$

$$\sum_k komsuluk_{c,k} \times y_{k,i} \leq Maxkomsu \quad \forall c, i \quad (3.54)$$

$$Xg_{k,i,j} \geq 0 \quad \forall k, i, j \quad (3.55)$$

$$Xb_{l,j} \geq 0 \quad \forall l, i, j \quad (3.56)$$

Katsayılar;

rOdun: Periyotlar arası etada müsaade edilen değişim oranı

rSu: Periyotlar arası su üretim miktarında müsaade edilen değişim oranı

rRekreasyon: Periyotlar arası rekreasyon gelirlerinde müsaade edilen değişim oranı

n: Periyot uzunluğu (10 yıl)

PFA: Periyodik Faydalanma Alanı (ha)

reka, rekb: Rekreasyon değerinin hesaplanmasında kullanılan ve meşcerelerin hacimleri ile tarife bedelleri arasındaki ilişkiyi gösteren denklemdeki katsayılar (reka=93,839; rekb=3014,9)

suTL: 1 m³ su fiyatı (TL)

ARZ: Aktif Rekreasyon Zonu alanı (ha)

TopRekAlan: Rekreasyon işletme sınıfı alanı (ha)

Maxkomsu: Aynı periyotta gençleştirilmesine izin verilen maksimum komşu sayısı

Parametreler;

topRUDg, *topRUDb* : Gençleştirilecek ve bakım yapılacak meşcerelerin toplam Rekreasyona Uygunluk Değerleri.

Rekreasyona Uygunluk Değerleri (RUD); periyot ve senaryolara göre değişmektedir. Dolayısıyla işletme sınıfının toplam rekreasyona uygunluk değeri de değişkenlik göstermektedir. Rekreasyon değerinin belirlenmesi amacıyla kullanılan denklemlerdeki (5 ve 6 nolu denklemler) iki değişkenin birbirine bölümü “*RUD / TopRUD*” şeklindeki ifade doğrusal programlama mantığına aykırı olduğu ve yapıyı doğrusal olmayan bir duruma götürdüğünden Toplam Rekreasyona Uygunluk Değeri (*topRUD*) aşağıdaki şekilde hesaplanarak ve bir parametre olarak modele sokulmuştur.

$$topRUDg_{i,j} = \sum_k Rg \times RUDg_{k,i,j} + \sum_l Rb_l \times RUDb_{l,i,j} \quad (3.57)$$

$$topRUDb_j = \sum_i topRUDg_{i,j} \quad (3.58)$$

Temel Değişkenler;

Xb_{l,j} : l. meşcereden j. periyotta bakım kesimleri ile alınacak ara hasılat etası (m³)

Xg_{k,i,j} : k. meşcereden i. senaryoya göre j. periyotta bakım kesimleri ile alınacak etası miktarı (m³).

y_{k,i} : k. meşcere için i. senaryonun seçilip seçilmeyeceğini gösteren değişken (0-1)

Hesap Değişkenleri;

Z: Amaç fonksiyonu değeri (toplam puan)

Vg_{k,i,j}: k. meşcerenin i. senaryoya göre j. periyot başındaki hacmi (m³)

- $Vb_{l,j}$: l. meşcerenin j. periyot başındaki hacmi (m^3)
- TG_j : j. periyotta meşcerelerin geliştirilmesiyle alınacak toplam son hasılat etası (m^3)
- TB_j : j. periyottaki bakım kesimleri ile alınacak toplam ara hasılat etası (m^3)
- PV_j : j. periyotta alınacak tüm eta (m^3)
- $PSUM_d$: d. periyotta toplam su üretim miktarı (m^3)
- $PTRD_d$: d. periyotta toplam rekreasyon geliri (TL)
- $Gg_{k,i,j}$: k. meşcerenin i. senaryoya göre j. periyotta geliştirilmesiyle elde edilecek periyodik son hasılat eta miktarı (m^3)
- $TRDg_{k,j}$: Geliştirilecek meşcereler için Toplam Rekreasyon Değeri (TL)
- $TSUDg_{k,j}$: Geliştirilecek meşcereler için Toplam Su Üretim Değeri (TL)
- $TRDb_{l,j}$: Bakım yapılacak meşcereler için Toplam Rekreasyon Değeri (TL)
- $TSUDb_{l,j}$: Bakım yapılacak meşcereler için Toplam Su Üretim Değeri (TL)

Diğer terimler;

- $Supuan_k$: k. meşcerenin su üretim puanı
- $Rekpuan_k$: k. meşcerenin rekreasyon puanı
- $Odunpuan_k$: k. meşcerenin odun üretim puanı
- SUK : Su üretimine Uygunluk katsayısı
- sua, sub : Su üretim miktarının hesaplandığı $a+bx$ şeklindeki denklemlerdeki skalerler
- Rg_k, Rb_l : Rekreasyon işletme sınıfı dışındaki meşcereler için rekreasyon geliri hesaplanmamasını sağlayan katsayı (0-1)
- $Vg_{k,i,j}$: k. meşcerenin i. senaryoya göre j. periyottaki hacmi (m^3)
- $VI0g_k$: k. meşcerenin 10 yaşındaki (geliştirildikten sonraki) hacmi (m^3)
- $hacimg_k, hacimb_l$: meşcerelerin aktüel hacimleri (m^3)
- $alang_k, alanb_l$: bölmeciklerin alanları (ha)
- $BOg_{k,i,j}$: k. meşcerenin i. senaryoya göre j. periyottaki hacim artım oranı (Büyüme Oranı)
- $Bob_{l,j}$: l. meşcerenin j. periyottaki hacim artım oranı
- $kming_{k,i,j}, kmaxg_{k,i,j}$: k. meşcereden i. senaryoya göre j. periyotta alınacak ara hasılat etasının minimum ve maksimum oranları
- $kminb_{l,j}, kmaxb_{l,j}$: l. meşcereden j. periyotta alınacak ara hasılat etasının minimum ve maksimum oranları
- $komsuluk_{c,k}$: k. meşcere ile c. meşcerenin komşuluk durumu (0-1)

k: gençleştirilecek olarak ayrılan meşcereler ($k = 1, \dots, 186$)

l: Sadece bakım yapılacak olarak ayrılan meşcereler ($l=1, \dots, 113$)

c: *k*. meşcereye komşu olabilecek meşcereler kümesi ($c = 1 \dots 186$)

GIPg: Gençleştirilecek meşcerelerin, gençleştirilebileceği ilk periyot

GSPg: Gençleştirilebilecek meşcerelerin, gençleştirilebileceği son periyot

i: senaryo sayısı ($i= 1, \dots, 10$)

j: periyot sayısı ($j = 1 \dots 10$)

d: periyot sayısının alt kümesi ($d = 1 \dots 9$)

Denklemler;

21 nolu denklem modelin amaç fonksiyonunu oluşturmaktadır. Denklemdaki Supuan, Rekpuan ve Odunpuan simgeleri sırasıyla her bir meşcerenin aktüel su üretimi, rekreasyon ve odun üretimi değerlerini (TL) göstermekte ve denklemden 1000 (bin) küçültme sayısı ile küçültülmüş olarak yer almaktadır. Plan ufku sonunda toplam puanın en yüksek yapılması amaçlanmaktadır.

22 nolu denklem gençleştirilecek meşcerelerin herhangi bir periyottaki, periyodik son hasılat etaları toplamını gösterirken; plan ufku boyunca en az bir kez gençleştirilmek üzere ayrılan meşcerelerden de, gençleştirilecekleri periyota kadar bakım etası alınması gerektiğinden 23 nolu denklem vasıtasıyla plan ünitesindeki meşcerelerin tamamından bakım kesimleri yapılması durumunda herhangi bir periyotta alınacak toplam ara hasılat etaları temsil edilmiştir. Böylece 22 ve 23 nolu denklemler yardımıyla 24 nolu denklemden, herhangi bir periyotta elde edilecek toplam eta hesaplanmaktadır.

Sırasıyla gençleştirilecek ve bakım yapılacak meşcerelerin değişik senaryolara göre herhangi bir periyottaki toplam rekreasyon değerleri 25 ve 26 nolu denklemler aracılığıyla elde edilmektedir. Benzer şekilde 27 ve 28 nolu denklemler de meşcerelerden sağlanacak toplam su gelirlerinin hesaplanmasına yardımcı olmaktadır. Su miktarları daha önceki hesaplarda mm/m^2 olarak hesaplandığından, bunu m^3/ha değerine çevirmek amacıyla denklem "10" ile çarpılarak yazılmıştır.

Meşcerelerin mevcut hacimleri belli olmasına rağmen, modelleme gereği senaryolardan birinin seçilerek ve mevcut hacimleri ile ilişkili olarak büyütülmelerine çalışılmaktadır. Bu işlem 29 ve 30 denklemler aracılığıyla yapılmaktadır.

Toplam 10 periyot olmasına rağmen, planlama 1-10. periyotlar arasını kapsamaktadır. Dolayısıyla 10. periyotta herhangi bir eta (ara veya son hasılat) alınmamaktadır. Son periyot (10. periyot) için modelin herhangi bir eta hesaplamamasını sağlamak üzere, modele 31, 32 ve 33 nolu denklemler eklenmiş ve bu periyottaki etalar sıfıra eşitlenmiştir.

Gençleştirilecek meşcerelerin, gençleştirilecekleri periyoda kadar ki gelişimi (hacim olarak), artım yüzdeleri simülasyon yöntemine uygun olarak 34 nolu periyotlar arası denge denkleminde ifade edilmiştir. Ancak bu meşcerelerden ayrılacak miktarın; doğal yolla ayrılacak hacim değil, meşcere gelişim çağına göre belirli bir aralıkta değişen ara hasılat etası kadar olması kararlaştırılmıştır. Bu meşcerelerin gençleştirildikten sonraki gelişimlerini temsil amacıyla da 35 nolu denklem kullanılmıştır. Benzer şekilde bakım yapılacak meşcerelerin gelişimi de 36 nolu denklemde ifade edilmiştir. Bu meşcereler hiç gençleştirilmeyeceklerinden, plan ufku sonuna kadar artım yüzdeleri simülasyon yöntemine uygun olarak büyüyeceklerdir.

37 nolu denklem; gençleştirilecek meşcereler için, gençleştirilecekleri periyot dışında son hasılat etasının hesaplanmamasını sağlarken, 38 nolu denklem bu meşcerelerden alınacak son hasılat etasının miktarının hesaplanmasına yardımcı olmaktadır. 39 nolu denklem ise son hasılat etasının sözkonusu olduğu periyot için ilgili meşcereye yönelik bakım etası hesaplanmamasını sağlamaktadır.

Meşcerelerin gelişim çağlarına uygun bakım işlemlerinin gerçekleştirilebilmesi için hacimlerinin belirli kısmının ara hasılat etası olarak alınması gerekmektedir. Bu amaca uygun olarak, gençleştirilecek ve sadece bakım yapılacak olarak gruplandırılan meşcerelerden alınacak ara hasılat miktarının belirli bir aralığı aşmamasını sağlamak üzere 40, 41, 42 ve 43 nolu denklemler kullanılmıştır. Bu denklemler alınacak ara hasılat etasının alt ve üst sınırlarını belirlemektedir.

44 - 49 nolu denklemler aracılığıyla düzenli ve belirli bir oranı aşmayacak şekilde periyotlar arası ürün ve hizmet akışı sağlanmaktadır. Bu kısıtlar periyodik toplam eta, su üretimi ve rekreasyon gelirleri arasında çok fark olmamasını kontrol altına almaktadır.

Toplam 10 senaryo olmasına rağmen, meşcere gelişimi sadece birisine uygun olarak devam ettirilebilir. Diğer meşcerelerle ilişkili olarak, herhangi bir meşcere için bu senaryodan sadece bir (1) ve en uygununun seçimi 50 nolu denklem aracılığıyla gerçekleştirilmektedir.

Meşcerelerin olgunluk çağından önce gençleştirilmemesi ve benzer şekilde de bu işlemin olgunluk çağını aşmadan önce tamamlanması gerekmektedir. Aksi durum ya meşcerelerden tam faydalanılamaması ya da doğal gençleştirme için yeterli ve uygun özelliklere sahip tohum verme yaşının aşılması, sürekliliğin tehlikeye düşürülmesine neden olabilecektir. Bunu önlemek ve meşcerelerin istenen aralıktaki periyotlardan birisinde gençleştirmeye sokulmasını temin etmek üzere 51 ve 52 nolu denklemler eklenmiştir.

Modelin bir periyotta çok geniş alanlarda gençleştirme yapmasını önlemek amacıyla 53 nolu denklem eklenmiştir.

Gençleştirme alanlarının mümkün olduğunca bir araya toplanmamasının ve plan ünitesine dağıtılmasının ekolojik ilişkiler açısından daha faydalı olacağı varsayılarak meşcerelerin komşuluk ilişkileri göz önünde bulundurulmuş ve mümkün olduğunca az sayıda birbirine komşu meşcerenin aynı periyotta gençleştirilmesine çalışılmıştır. Bu amaç 54 nolu denklem aracılığıyla gerçekleştirilmeye çalışılmıştır.

55 ve 56 nolu denklemler ise temel karar değişkeni olan meşcerelerden bakım kesimleri ile çıkarılacak miktarların negatif değerler almamasını sağlamaktadır.

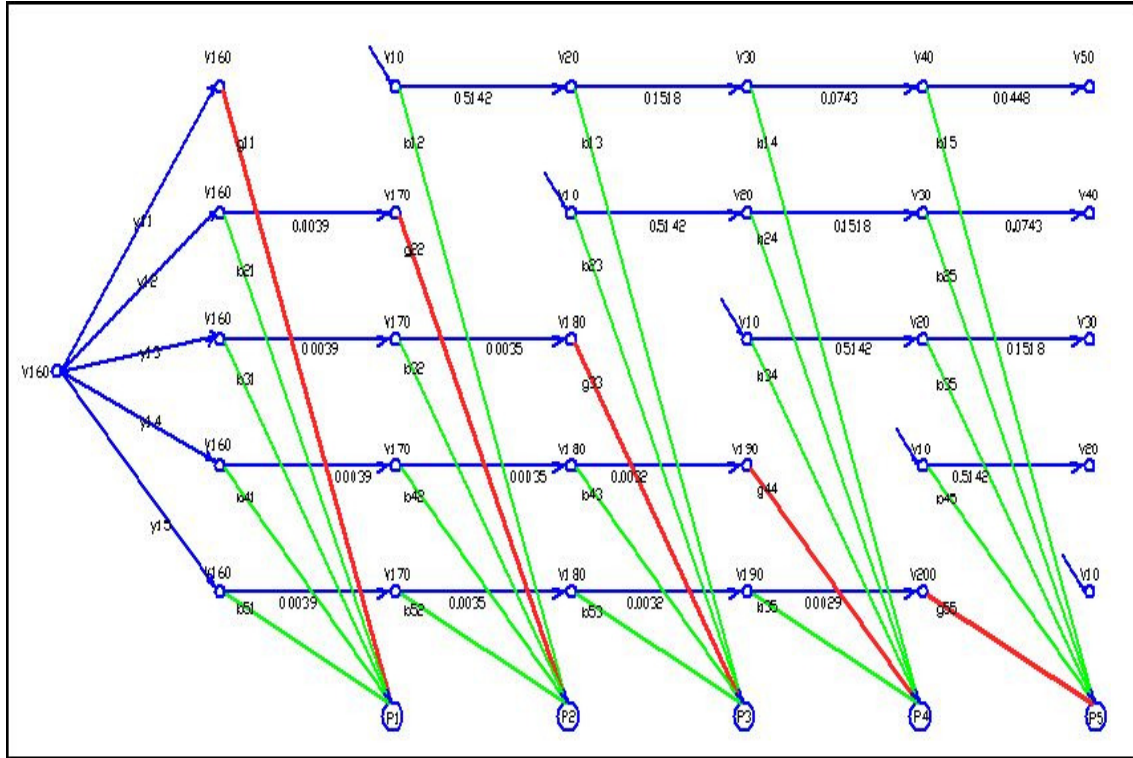
3.2.4.3. Optimizasyon Modeli Veri Matrislerinin Oluşturulması

Optimizasyon modelinde kullanılan bazı verilerin değişik senaryolara matris şeklinde hazırlanması gerekmektedir. Bu veriler meşcerelerin değişik senaryolara göre gelişimine göre farklı değerler aldıklarından bu şekilde hesaplanmalarına ihtiyaç duyulmuştur. Bu amaçla; büyüme oranları, rekreasyona uygunluk değerleri, ara hasılat

oranları ve komşuluk matrisleri oluşturulmuştur. Diğer veriler sabit olup senaryo seçiminden etkilenmemektedir.

3.2.4.3.1. Büyüme Oranı (Artım Yüzdeleri) Matrislerinin Oluşturulması

Meşcerelerin her yaştaki artım yüzdesi birbirinden farklıdır. İlk yaşlarda hızlı bir artım yüzdesi ile büyüme söz konusuysen, meşcere yaşlandıkça artım yüzdesi de düşmektedir. Artım yüzdeleri; modelde (34, 36 ve 38 nolu denklemlerde); meşcerelere ilişkin periyotlararası hacim dengesi (Artım yüzdeleri simülasyon yöntemine göre bir sonraki periyottaki hacmin kestirilmesi) ve gençleştirilecek meşcerelerin son hasılat etalarının hesaplanmasında kullanılmaktadır. Şekil 3.10'da büyüme oranları örnek MGnc3 meşceresi için modelin şebeke olarak temsilinde gösterilmektedir. Değişik periyotlardaki büyüme oranları akış miktarlarının hesaplanmasında ve düğümlere (periyotlara) gelen ve çıkan akışların dengelenmesinde (korunmasında) kullanılmaktadır. Bu nedenle bir matris halinde, her meşcerenin değişik senaryolara göre değişik periyotlardaki artım yüzdelerinin belirlenerek modele veri olarak sağlanması gerekmektedir.



Şekil 3.10 : Planlama modelinin şebeke gösterimi ve büyüme oranları

Şekil 3.10'daki sembolik olarak sadece 5 periyot ve 5 senaryo için verilen şebeke yapısında mavi oklar akışları, altındaki rakamlar da büyüme oranlarını göstermektedir. Periyot başındaki mevcut hacmi ve büyüme oranına göre büyüyen meşcereden; senaryolardan birisi seçilerek, yeşil ve kırmızı oklarla gösterilen son veya ara hasılat etaları alınarak meşcere gelişimine devam etmektedir.

Artım yüzdeleri, Eraslan (1981)' in önerdiği yönteme uygun olarak hesaplanmıştır. Bu amaçla, belirli bir ağaç türü ve bonitet sınıfına ait Yaş-Cari artım yüzdesi ilişkisini belirleyebilmek için hasılat tablolarından faydalanılmıştır. Bu tablolardaki cari artım yüzdeleri ile yaş eğrisinin denkleminde faydalanmak suretiyle meşcerelerin değişik yaş sınıfları ve hasılat tablosu verilerinin olmadığı ileri yaş sınıfları için periyot başı ortalama cari artım yüzdeleri belirlenmiştir. Karışık meşcereler için asli türe göre artım yüzdeleri belirlenmiş ve buna göre büyüyecekleri varsayılmıştır. 160 yaşında ve IV. bonitet sınıfındaki MGnc3 meşceresi için, meşcerenin değişik periyotlarda gençleştirilmesi durumunda plan ufku boyunca büyüme oranlarının alacağı değerler örnek olarak Tablo 3.22 de verilmiştir. Meşcereler gençleştirildikten sonra gelişimlerine 10 yaşındaki artım yüzdesi ile başlayarak devam etmektedir. Senaryo numaraları meşcerenin hangi periyotta gençleştirileceğini göstermektedir.

Tablo 3.22: 160 yaşındaki ve IV. bonitetteki MGnc3 meşceresi için büyüme oranı matrisi

| Senaryo | PERİYOTLAR | | | | | | | | | |
|---------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | 0.0039 | 0.5142 | 0.1518 | 0.0743 | 0.0448 | 0.0302 | 0.0219 | 0.0167 | 0.0132 | 0.0107 |
| 2 | 0.0039 | 0.0035 | 0.5142 | 0.1518 | 0.0743 | 0.0448 | 0.0302 | 0.0219 | 0.0167 | 0.0132 |
| 3 | 0.0039 | 0.0035 | 0.0032 | 0.5142 | 0.1518 | 0.0743 | 0.0448 | 0.0302 | 0.0219 | 0.0167 |
| 4 | 0.0039 | 0.0035 | 0.0032 | 0.0029 | 0.5142 | 0.1518 | 0.0743 | 0.0448 | 0.0302 | 0.0219 |
| 5 | 0.0039 | 0.0035 | 0.0032 | 0.0029 | 0.0026 | 0.5142 | 0.1518 | 0.0743 | 0.0448 | 0.0302 |
| 6 | 0.0039 | 0.0035 | 0.0032 | 0.0029 | 0.0026 | 0.0024 | 0.5142 | 0.1518 | 0.0743 | 0.0448 |
| 7 | 0.0039 | 0.0035 | 0.0032 | 0.0029 | 0.0026 | 0.0024 | 0.0022 | 0.5142 | 0.1518 | 0.0743 |
| 8 | 0.0039 | 0.0035 | 0.0032 | 0.0029 | 0.0026 | 0.0024 | 0.0022 | 0.0021 | 0.5142 | 0.1518 |
| 9 | 0.0039 | 0.0035 | 0.0032 | 0.0029 | 0.0026 | 0.0024 | 0.0022 | 0.0021 | 0.0019 | 0.5142 |
| 10 | 0.0039 | 0.0035 | 0.0032 | 0.0029 | 0.0026 | 0.0024 | 0.0022 | 0.0021 | 0.0019 | 0.0018 |

3.2.4.3.2. Rekreyasyona Uygunluk Değeri (RUD) Matrislerinin Oluşturulması

Meşcerelerin rekreyasyona uygunluğunun değerlendirilmesinde bir kriter olarak kullanılan "Meşcere Tipi Katsayısı", meşcerelerin gelişimine paralel olarak değişmekte ve farklı periyotlarda farklı değerler alarak dinamik bir yapı göstermektedir. Meşcere

tipi katsayısına bağılı olarak meşcerelerin rekreasyona uygunluk değeri de zaman içerisinde sabit kalmamakta ve sürekli değişmektedir. Bu nedenle meşcere tipi katsayısının, meşcere gelişimi ile birlikte değişiminin RUD katsayısına yansıtılması gerekmektedir. Benzer şekilde “baz değeri, görüş derinliği, yola yakınlık, orijin” gibi kriterler de zaman içerisinde değişim gösterebilmelerine rağmen hesaplama işlemlerini artırmamak amacıyla bunların plan ufku boyunca sabit kaldığı varsayılmış ve bunun da rekreasyona uygunluk değerlendirmelerinin gerçekçiliğini önemli derecede etkilemeyeceği düşünölmüştür.

Meşcere tipi katsayıları meşcerelerin gelişim çağlarına göre belirlenmekte ve meşcere yaşlandıkça artmaktadır. Dolayısıyla bu katsayının değişik periyotlardaki değerinin belirlenebilmesi için, meşcerelerin değişik periyotlarda hangi gelişim çağında olacağının ortaya koyulması gerekmektedir. Bu amaçla öncelikle, meşcerelerin değişik periyotlarda orta çaplarının ne olacağı kestirilmeye çalışılmıştır.

Meşcerelerin orta çap gelişimi hasılat tablosu verilerinden faydalanılarak belirlenmiştir. Mevcut orta çap değerinin aynı yaştaki hasılat tablosu değerine bölünmesine ile bulunan oranın meşcere gelişimi süresince aynen devam ettiği kabul edilerek, hasılat tablosu değerlerini bu oranla çarpmak suretiyle meşcerelerin orta çap gelişimleri kestirilmiştir. Buna yönelik olarak hazırlanan bir örnek; 160 yaşında, IV. bonitet sınıfında yer alan ve aktüel ortalama göğüs çapı 30 cm olan MGnc3 meşceresi için Tablo 3.23’ de verilmiştir.

Tablo 3.23: 160 yaşındaki ve IV. bonitetteki MGnc3 meşceresinin orta çap gelişimi

| MGnc3 | Hasılat | Yaş | 160 | 170 | 180 | 190 | 200 | 210 | 220 | 230 | 240 | 250 | 260 |
|----------------|------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Yaş:160 | Tablosu | Çap | 38.3 | 40.1 | 41.3 | 42.2 | 42.8 | 43.4 | 44.0 | 44.6 | 45.2 | 45.8 | 46.4 |
| Çap:30 | | | | | | | | | | | | | |
| Bonitet: IV | Hesaplanan | Çap | 30.0 | 31.4 | 32.3 | 33.1 | 33.5 | 34.0 | 34.5 | 34.9 | 35.4 | 35.9 | 36.3 |

Yukarıda açıklanan ve tablo olarak verilen verilerin hesaplanmasında kullanılan formöl aşağıda gösterilmiştir.

$$Dt_{hesap} = \left(D_{akt} / D_{opt} \right) * Dt_{opt} \quad (3.59)$$

Burada;

$D_{t_{hesap}}$: Hesaplanacak yaş için orta çap değeri (cm)

D_{akt} : Meşçerenin mevcut orta çapı (cm)

D_{opt} : Meşçerenin mevcut yaşına ait hasılat tablosundaki orta çap değeri (cm)

$D_{t_{opt}}$: Hesaplanacak yaşa ait hasılat tablosundaki orta çap değeri (cm),

olmaktadır.

Formül yardımıyla, örnek olarak MGnc3 meşçeresinin, 180 yaşındaki (2 periyot sonraki) meşçere orta çap değeri şu şekilde bulunmuştur.

$$D_{180_{hesap}} = (D_{160_{akt}} / D_{160_{opt}}) * D_{180_{opt}}$$

$$D_{180} = (30/38,3)*41,3 = 32,3cm$$

Meşe Hasılat Tablosu (Eraslan ve Evcimen, 1967), 200 yaşına kadar olan verileri ihtiva etmektedir. Dolayısıyla yaşlı meşçereler için çalışma kapsamında kullanılacak bazı hasılat tablosu verilerinin ileri yaşları kapsayacak şekilde hesaplanması gerekmiştir. Hasılat tablosundaki mevcut verilerle oluşturulan Çap-Yaş ilişkisinin denkleminde elde edilen veriler, ileri yaşlar için genel eğilime uymadığından farklı bir yol aranmış ve bu amaçla ardışık periyotlar arasındaki çap ilişkilerinden faydalanılarak aşağıdaki denklem oluşturulup, hasılat tablolarının ileriki yaşlardaki orta çap değerlerinin tahmininde kullanılmıştır. Hasılat tablosundaki son yaş basamağından başlanarak, formülü uygulamak suretiyle plan ufku boyunca meşçerelerin alabileceği son yaşa kadar aşamalı olarak orta çap değerleri belirlenmiştir.

$$D_{p+1} = D_p + (D_p - D_{p-1}) * (T_p / T_{p+1}) \quad (3.60)$$

Denklemdaki terimlerin açıklaması şu şekildedir:

D_{p+1} : Hasılat tablosunun hesaplanacak orta çap değeri (cm)

D_p : Mevcut en son yaş basamağına ait orta çap değeri (cm)

D_{p-1} : Mevcut en son yaştan bir önceki yaş basamağına ait orta çap değeri (cm)

T_p : Orta çap değeri mevcut en son yaş

T_{p+1} : Orta çap değeri hesaplanacak yaş

Meşe için IV. bonitet sınıfında 190 ve 200 yaşlarındaki orta çap değerleri sırasıyla 42,2cm ve 42,8cm olup, 210 yaşındaki orta çap değeri ise şu şekilde hesaplanmıştır:

$$D_{210} = 42,8 + (42,8 - 42,2) * (200/210) = 43,4 \text{ cm}$$

Gerekli hesaplar yapıldıktan sonra değişik senaryolar için meşcerelerin orta çap gelişimi matrisi oluşturulmuştur. Örnek MGnc3 meşceresi için orta çap matrisi Tablo 3.24'de verilmiştir.

Tablo 3.24: Örnek MGnc3 meşceresi için orta çap matrisi

| Senaryo | PERİYOTLAR | | | | | | | | | |
|---------|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | 30.0 | 2.1 | 3.9 | 5.7 | 7.6 | 9.7 | 12.1 | 14.8 | 18.1 | 21.2 |
| 2 | 30.0 | 31.4 | 2.1 | 3.9 | 5.7 | 7.6 | 9.7 | 12.1 | 14.8 | 18.1 |
| 3 | 30.0 | 31.4 | 32.3 | 2.1 | 3.9 | 5.7 | 7.6 | 9.7 | 12.1 | 14.8 |
| 4 | 30.0 | 31.4 | 32.3 | 33.1 | 2.1 | 3.9 | 5.7 | 7.6 | 9.7 | 12.1 |
| 5 | 30.0 | 31.4 | 32.3 | 33.1 | 33.5 | 2.1 | 3.9 | 5.7 | 7.6 | 9.7 |
| 6 | 30.0 | 31.4 | 32.3 | 33.1 | 33.5 | 34.0 | 2.1 | 3.9 | 5.7 | 7.6 |
| 7 | 30.0 | 31.4 | 32.3 | 33.1 | 33.5 | 34.0 | 34.5 | 2.1 | 3.9 | 5.7 |
| 8 | 30.0 | 31.4 | 32.3 | 33.1 | 33.5 | 34.0 | 34.5 | 34.9 | 2.1 | 3.9 |
| 9 | 30.0 | 31.4 | 32.3 | 33.1 | 33.5 | 34.0 | 34.5 | 34.9 | 35.4 | 2.1 |
| 10 | 30.0 | 31.4 | 32.3 | 33.1 | 33.5 | 34.0 | 34.5 | 34.9 | 35.4 | 35.9 |

Meşcere orta çap matrisi oluşturulduktan sonra, değişik senaryolara göre meşcerelerin değişik periyotlardaki gelişim çağları belirlenmiştir. Bu işlem Orman Amenajman Yönetmeliklerine (Anonim, 1976; Anonim, 1991) uygun olarak Tablo 3.25 deki sınıflara uyularak yapılmıştır.

Tablo 3.25: Gelişim çağları ve meşcere tipi katsayıları

| Gelişim Çağı | Çap Sınıfı Sınırları (cm) | Gelişim Çağı Rumuzu | Meşcere Tipi Katsayısı (Pehlivanoglu, 1986) | | |
|---------------------|---------------------------|---------------------|---|----------|---------|
| | | | Yapraklı | İbrelili | Karışık |
| Gençlik ve Sıklık | <8 | a | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Sırtlık ve Direklik | 8-19,9 | b | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| İnce Ağaçlık | 20-35,9 | c | 0,5 | 0,6 | 0,3 |
| Orta Ağaçlık | 36-51,9 | d | 0,6 | 0,7 | 0,4 |
| Kalın Ağaçlık | 52≤ | e | 1,00 | 0,9 | 0,7 |

tipi katsayısı matrisindeki değerlerle çarpılarak ilgili meşçereye ait gerçek RUD değeri elde edilmiş ve matrisi oluşturulmuştur. Örnek MGnc3 meşçeresi için elde edilen taslak RUD değeri **0,096'** dir. Bu değeri (0,096), Tablo 3.26' daki MGnc3 meşçeresine ait meşçere tipi katsayı matrisindeki her hücre ile çarpmak suretiyle oluşturulan gerçek RUD matrisi Tablo 3.27' de verilmiştir.

3.2.4.3.3. Ara Hasılat Oranı Matrislerinin Oluşturulması

Odabaşı ve arkadaşları (2004), aralama türleri ve derecelerinin belirlenmesinde meşçere kuruluşu ve meşçerede bireysel gelişim özelliklerinin ön planda tutularak sayısal tanımlamalara yer verilmemesinin, bilgili ve deneyimli ormancuların belirli rakamlar arasında sıkışmalarını önlediğini ve meşçere özelliklerine göre daha esnek işlem yapma olanağı tanıdığını belirtmektedir. Aynı şekilde belirli sayı ve şablonlara bağlı kalmanın, bakımların selektif etkilerini gerçekleştirmede de engelleyici olabileceğini dile getirmektedirler. Buna karşılık şiddet derecesinin sayısal olarak tanımlanmaması uygulamada subjektifliği artırmakta, bundan ötürü de aynı şiddet derecesinde yapılan işlemlerin karşılaştırılmasını güçleştirmektedir (Odabaşı ve ark., 2004). Bakım kesimlerinin sayısal tanımı için çeşitli meşçere özelliklerinden faydalanılmakta olduğunu bildiren Odabaşı ve arkadaşları (2004), bu konuda meşçere göğüs yüzeyinin uygun bir ölçüt olduğunu belirtmektedirler.

Mevcut çalışmada da bakım kesimleri ile alınacak miktarın sayısal olarak tanımlanması kararlaştırılmış ve bunun da, model kapsamında orman gelişiminin ve değişik fonksiyon düzeylerinin belirlenmesinde kullanılan ortak ölçüt olan meşçere hacmine bağlı olarak ortaya konması uygun görülmüştür. Bununla ilişkili olarak, plan ünitesi meşçerelerine gelişim çağları ile ilişkili olarak bakım yapılması ve ara hasılat olarak alınacak etanın buna uygun olması benimsenmiştir. Bu amaçla her bir bölmeceğin bulunduğu gelişim çağına göre, mevcut hacimlerinin bakım kesimleri ile alınabilecek miktarlarının alt ve üst sınırları tanımlanmıştır.

Meşçerelerin buldukları gelişim çağına bağlı olarak kararlaştırılan bakım kesimleri ile çıkarılacak hacim oranları Tablo 3.28' de verilmiştir.

3.2.4.3.4. Komşuluk Matrislerinin Oluşturulması

Çeşitli ekolojik amaçlarla bir periyottaki gençleştirme alanlarının mümkün olduğunca ormana dağıtılması ve bütün olarak geniş alanlarda gençleştirme yapılmaması kararlaştırılmıştır. Bu kriteri yerine getirmek için de birbirine komşu meşcerelerin aynı periyotta kesilmemesi benimsenmiştir. Bu amaçla öncelikle ArcMap programında plan ünitesinin meşcere tipleri haritasından faydalanarak birbirine komşu bölmecikler belirlenmiştir. Bölmeciklerin birbirine komşu olup olmaları 0-1 değerleri ile gösterilerek, gençleştirilecek meşcereler için komşuluk matrisi oluşturulmuştur. Örnek olarak plan ünitesindeki ilk bölmelere ait komşuluk ilişkilerini gösteren matris Tablo 3.31’ de verilmiştir. Simetrik bir yapıya sahip olan bu matrise göre; 1 nolu bölmedeki MGnc3 meşceresi sadece 2 nolu bölmedeki MGnc3 meşceresi ile komşu iken, 2 nolu bölmedeki MGnc3 meşceresi 1, 3 ve 4 nolu bölmedeki MGnc3 meşcereleri ile komşu bulunmaktadır. Bu matris verilerinin matematiksel modelde kullanımı yoluyla aynı periyotta kesilebilecek bölmecik adedi sınırlandırılmaktadır.

Tablo 3.31: Plan ünitesindeki bazı meşcerelere ait komşuluk matrisi

| Bölme No | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|----------|--------------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|---------|---------|---------|-------|
| Bölme No | Meşcere Tipi | MGnc3 | MGnc3 | MGnc3 | MGnc3 | MGnKnc3 | MKna3 | MGnKnc3 | MGnKnc3 | MGnKnc3 | MGnc3 |
| 1 | MGnc3 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | MGnc3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | MGnc3 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 4 | MGnc3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 5 | MGnKnc3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 6 | MKna3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 6 | MGnKnc3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 7 | MGnKnc3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 8 | MGnKnc3 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 9 | MGnc3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |

3.2.4.4. Meşcere Olgunluklarının Kararlaştırılması

Gelişmeleri esnasında meşcereler; ekolojik, ekonomik ve sosyal boyutları olan değişik ve çok sayıda faydalanmanın gerçekleşmesine imkan sağlamaktadır. Ağaçların veya meşcerelerin doğal gelişimleri sürecinde değişik toplumsal talepleri yerine getirebilme durumlarını ifade etmek üzere “olgunluk” kavramı kullanılmakta ve belirli bir amaç için kaynağın en verimli hale ulaştığı zamana “olgunluk yaşı” denilmektedir. Bununla

birlikte terim, genellikle tek bir yılı değil de, birkaç on yıldan oluşan bir zaman dilimini ifade edecek şekilde “olgunluk periyodu” olarak kullanılmaktadır. Bir olgunluğun meydana gelmesi, o olgunluğa ait kriter ve göstergelerin belirtileriyle başlamakta, gelişmekte, en verimli hale geldikten sonra azalarak olgunluk periyodunun sonunda ortadan kalkmaktadır. Dolayısıyla biyolojik, teknik ve ekonomik esaslara bağlı olarak olgunluk periyodunun alt ve üst sınırları bulunmaktadır (Destan, 2007).

Ormancılıkta olgunluk çeşitleri 5 ana grupta toplanmaktadır (Destan, 2007):

1. Ağaçların veya meşcerelerin doğal gelişimlerine ve biyolojik özelliklerine bağlı olan olgunluk çeşitleri (Gençleşme olgunluğu, Doğal olgunluk).
2. Odun üretiminde kullanılan olgunluk çeşitleri (En yüksek odun hasılatı olgunluğu, teknik olgunluk)
3. Ormanların sunduğu diğer faydalarıyla ilgili olgunluk çeşitleri (Toprak koruma olgunluğu, Su üretim/koruma olgunluğu, Rekreasyon olgunluğu vs.)
4. Ormanların sunduğu diğer maddi (yan) ürünleriyle ilgili olgunluk çeşitleri (Reçine verimi olgunluğu, meyve verimi olgunluğu vs.)
5. Ormanların tüm ürün ve hizmetleriyle ilgili ortak olgunluklar (Kalite olgunluğu, ekonomik olgunluk vs.)

Plan ünitesindeki meşcerelere ilişkin olgunluklar hakkında araştırmalar yapılmadığından, bilimsel gerçek ve bazı varsayımlara dayanarak çalışma alanı için meşcere olgunlukları kararlaştırılmıştır.

Rekreasyon ve kaliteli su üretimi amacıyla oluşturulan denklemlerde, meşcere yaşı (hacmi) arttıkça bu fonksiyonları değeri de artmaktadır. Dolayısıyla bu fonksiyonların söz konusu olduğu alanlarda, meşcerelerin doğal olgunluğunu kullanmak söz konusu olabilir. Ancak plan ünitesindeki meşcerelerin bir kısmının sürgünden geldiği ve kütüklerin çok yaşlanmış olmaları nedeniyle gençleşme olgunluklarının kullanılmasının daha uygun olacağı kararlaştırılmıştır. Meşcerelerin ileri yaşlarda tohum verme kabiliyetlerinin azalacağı ve boş tohum oranının artacağı düşünülerek, doğal gençleştirmenin tehlikeye düşeceği ve fonksiyonun kesintiye uğrayabileceği bunda etken olmuştur. Odun üretimi amacıyla çeşitli ağaç türleri için uygulamada kullanılan idare sürelerine yakın yaşların olgunluk yaşı olarak kullanılması ve olgunluk

periyodunun belirlenmesinde yine sürgün kökenli meşcerelerin durumunun dikkate alınması benimsenmiştir. Bu açıklamalar ışığında; plan ünitesindeki meşcereler için gençleşme olgunluklarının alt ve üst sınırı olarak ağaç türü, buldukları işletme sınıfı ve bonitete göre Tablo 3.32’deki değerlerin kullanılması uygun görülmüştür. Genel olarak meşcerelerin zengin tohum veriminin 200-220 yaşlarından sonra gittikçe azalacağı varsayılarak, bu yaşlardan önce gençleştirilmeleri öngörülmüştür.

Tablo 3.32: Ana ağaç türleri için kararlaştırılan olgunluk periyodunun alt ve üst sınırları

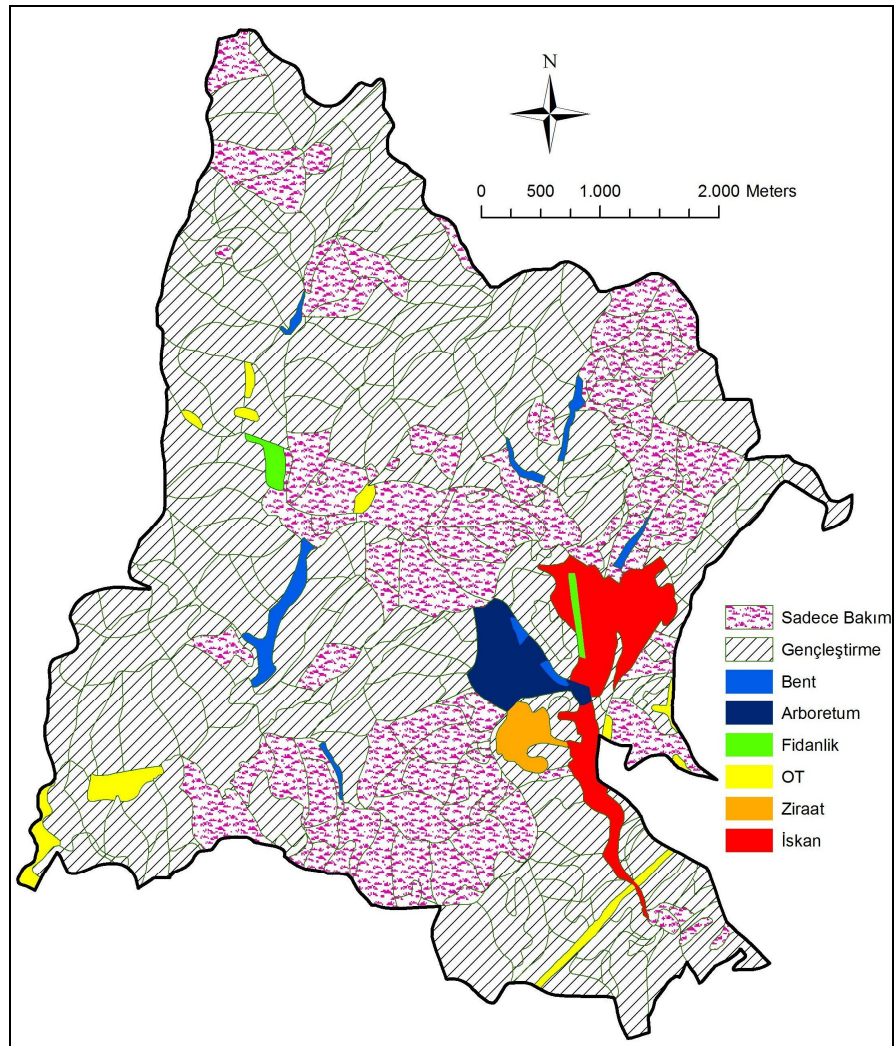
| Ağaç Türü | İşletme Sınıfı | Bonitet | Olgunluk Periyodu | |
|-------------------------------------|----------------|---------|-------------------|-----------------|
| | | | Alt sınır (Yaş) | Üst sınır (Yaş) |
| Meşe Gürgen | Odun Üretimi | I - II | 100 | 200 |
| | | Diğer | 120 | 220 |
| | Rekreasyon | I - II | 200 | 260 |
| | | Diğer | 220 | 260 |
| | Hidroloji | I - II | 200 | 260 |
| | | Diğer | 220 | 260 |
| Kayın | Odun Üretimi | I - II | 100 | 200 |
| | | Diğer | 120 | 220 |
| | Rekreasyon | I - II | 200 | 260 |
| | | Diğer | 220 | 260 |
| | Hidroloji | I - II | 200 | 260 |
| | | Diğer | 220 | 260 |
| Sarıçam Karaçam | Odun Üretimi | I | 80 | 180 |
| | | Diğer | 100 | 200 |
| Ladin | Rekreasyon | Hepsi | 200 | 300 |
| Sedir | Hidroloji | Hepsi | 200 | 300 |
| Kızılçam Fıstıkçamı Sahilçamı | Odun Üretimi | I | 50 | 150 |
| | | Diğer | 60 | 160 |
| | Rekreasyon | Hepsi | 200 | 300 |
| | Hidroloji | Hepsi | 200 | 300 |

Meşcerelerin mevcut yaşları ve olgunluk periyotları göz önünde bulundurularak, gençleştirilebilecekleri ilk ve son periyotlar belirlenmiştir. Meşcereler, plan ufku içerisinde gençleşme olgunluğuna ulaşma durumlarına göre “gençleştirilecek” ve “bakım yapılacak” olmak üzere 2 gruba ayrılmıştır. Plan ufku içerisinde gençleşme olgunluğuna ulaşan meşcerelerin gençleştirilmesi ve gençleştirilecekleri periyota kadar bakım görmeleri, diğerlerinin ise sadece bakıma tabi tutulması kararlaştırılmıştır.

Rekreasyon işletme sınıfında bulunan, IV. bonitet sınıfında ve 160 yaşında olan MGnc3 meşçeresinin olgunluk periyodu 220-260 yaşları arasındadır. Dolayısıyla plan ufku (100 yıl) içerisinde gençleşme olgunluğuna ulaşan bu meşçere “gençleştirilecek” olarak ayrılmıştır. MGnc3 meşçeresi 7. periyotta gençleşme olgunluğuna (220 yaş) ulaştığından, meşçereye bu periyota kadar bakım uygulanması ve 7-10. periyotlardan herhangi birisinde meşçerenin gençleştirilmesi gerekmektedir. Tablo 3.33’de meşçere yaş gelişimi ve gençleştirilebilecek ilk ve son periyotlar gösterilmektedir.

Tablo 3.33: MGnc3 meşçeresinin gençleştirilebileceği ilk ve son periyotlar (**B**: Bakım; **G**: Gençleştirme)

| Periyot | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Yaş | 160 | 170 | 180 | 190 | 200 | 210 | 220 | 230 | 240 | 250 |
| İşlem | B | B | B | B | B | B | G | | | |



Şekil 3.11: Plan ufku içerisinde bakım yapılacak ve gençleştirilecek meşçereler

Açıklanan sürece uygun olarak plan ufku boyunca olgunluğa ulaşmadığından sadece bakım yapılacak ve plan ufku boyunca olgunluğa ulaştıktan sonra herhangi bir periyotta gençleştirilebilecek meşcereler başlangıçta ayrılarak, modellenmeleri ve ana plan modeline entegrasyonları ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Bu meşcerelerin plan ünitesi içerisindeki konumları Şekil 3.11’de gösterilmektedir.

3.2.4.5. Planlama Stratejilerinin Belirlenmesi

Planlama; belirli hedeflere ulaşabilmek için geleceğe dönük faaliyetler arasında alternatifler üretip, bunlar arasından amaca ve duruma en uygununu seçme bilim ve sanatı olarak tanımlanmaktadır. Planlama altyapısının sayısal veriler kullanılarak oluşturulması, alternatif geliştirme ve sonuçlarını değerlendirme konusunda büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Mevcut çalışmada da amaç fonksiyonunu etkileyen bazı kısıt düzeylerinde değişiklikler yaparak farklı kombinasyonları denemek suretiyle çeşitli stratejiler oluşturmak mümkündür ancak tezin kapsamını genişletmemek amacıyla bunlar sınırlandırılmış ve sadece Tablo 3.34’deki durumlar için fonksiyonların periyodik çıktılarının değişimini incelemek üzere stratejiler oluşturulmuştur.

Yaş Sınıfları Yöntemi’ne göre gerçekleştirilen klasik planlama çalışmalarında oluşturulan işletme sınıfları içerisindeki meşcerelerin düzenleme süresi içinde optimal yaş sınıflarına dağılımına ulaşması hedeflenmekte ve her periyotta optimal periyodik alan (OPA) kadar bir sahada gençleştirme çalışmaları yapılmaktadır. Dolayısıyla OPA işletme sınıflarından bir periyotta gençleştirilecek alan miktarını kısıtlayan bir faktör olmaktadır.

Modelleme aşamasında çeşitli işletme sınıfı alanlarından ve plan ünitesinin tamamından bir periyotta gençleştirilecek alan miktarını kısıtlamak üzere denklemler geliştirilmiş, ancak karar değişkeni olarak meşcere hacminden η olarak çıkarılacak miktarın alınması, meşcerelerin alansal olarak bölünmemesi ve aktüel durum olarak olgunluk aşamasına yaklaşmış meşcerelerin fazlalığı ve bunların plan ufku içerisinde gençleştirilmesi zorunluluğu nedeniyle, Optimal Periyodik Alan (OPA) kısıtı esnek tutulmuştur. Bir başka ifade ile planlama ufku boyunca gençleştirme alanlarında OPA yerine Periyodik Faydalanma Alanı (PFA) esas alınmıştır.

Tablo 3.34: Planlama stratejileri

| Strateji No | Kısıt | Düzyey |
|-------------|---|--|
| 1 | <p>a) Periyodik eta dalgalanması göz önünde bulundurulmasın</p> <p>b) Komşuluk ilişkileri göz önünde bulundurulmasın</p> | <p>a) $rO_{dun} \geq 0$</p> <p>b) $maxkomşu \geq 1$</p> |
| 2 | <p>a) Periyodik eta dalgalanması kontrol edilsin</p> <p>b) Komşuluk ilişkileri göz önünde bulundurulmasın</p> <p>c) Değişik periyotlardaki rekreasyon geliri aktüel durumun altına düşmesin</p> <p>d) Değişik periyotlardaki su üretim miktarı aktüel durumun altına düşmesin</p> | <p>a) $rO_{dun} = 0,10$</p> <p>b) $maxkomşu \geq 1$</p> <p>c) $bTRD + gTRD \geq AktTRD$</p> <p>d) $bTSUM + gTSUM \geq AktTSUM$</p> |
| 3 | <p>a) Periyodik eta dalgalanması kontrol edilsin</p> <p>b) Komşuluk ilişkileri göz önünde bulundurulsun</p> <p>c) Değişik periyotlardaki rekreasyon geliri aktüel durumun altına düşmesin</p> <p>d) Değişik periyotlardaki su üretim miktarı aktüel durumun altına düşmesin</p> | <p>a) $rO_{dun} = 0,10$</p> <p>b) $maxkomşu \leq 3$</p> <p>c) $bTRD + gTRD \geq AktTRD$</p> <p>d) $bTSUM + gTSUM \geq AktTSUM$</p> |
| 4 | <p>a) Periyodik eta dalgalanması kontrol edilsin</p> <p>b) Komşuluk ilişkileri göz önünde bulundurulsun</p> <p>c) Değişik periyotlardaki rekreasyon geliri aktüel durumun altına düşmesin</p> <p>d) Değişik periyotlardaki su üretim miktarı aktüel durumun altına düşmesin</p> <p>e) Periyodik rekreasyon değerleri ve su üretimi dalgalanması kontrol edilsin</p> | <p>a) $rO_{dun} = 0,10$</p> <p>b) $maxkomşu \leq 3$</p> <p>c) $bTRD + gTRD \geq AktTRD$</p> <p>d) $bTSUM + gTSUM \geq AktTSUM$</p> <p>e) $rRekreasyon = 0,10; rSu = 0,10$</p> |
| 5 | <p>a) Periyodik ürün ve hizmet akışındaki dalgalanmalar kontrol edilmesin</p> <p>b) Komşuluk ilişkileri göz önünde bulundurulsun</p> <p>c) Herhangi bir periyottaki (6.periyot) su üretimi belirli bir düzeyin üzerinde bulunsun</p> | <p>a) $rO_{dun}, rRekreasyon \text{ ve } rSu \geq 0$</p> <p>b) $maxkomşu \leq 3$</p> <p>c) $bTSUM_6 + gTSUM_6 \geq 20 \cdot 10^6$</p> |
| 6 | <p>a) Periyodik ürün ve hizmet akışındaki dalgalanmalar kontrol edilmesin</p> <p>b) Komşuluk ilişkileri göz önünde bulundurulmasın</p> <p>c) Herhangi bir periyottaki (6.periyot) su üretimi belirli bir düzeyin üzerinde bulunsun</p> <p>d) Rekreasyon işletme sınıfında bir periyotta gençleştirilecek alan miktarı kısıtlanmasın</p> | <p>a) $rO_{dun}, rRekreasyon \text{ ve } rSu \geq 0$</p> <p>b) $maxkomşu \geq 1$</p> <p>c) $bTSUM_6 + gTSUM_6 \geq 20 \cdot 10^6$</p> <p>d) $MaxARZ \geq 0$</p> |

4. BULGULAR

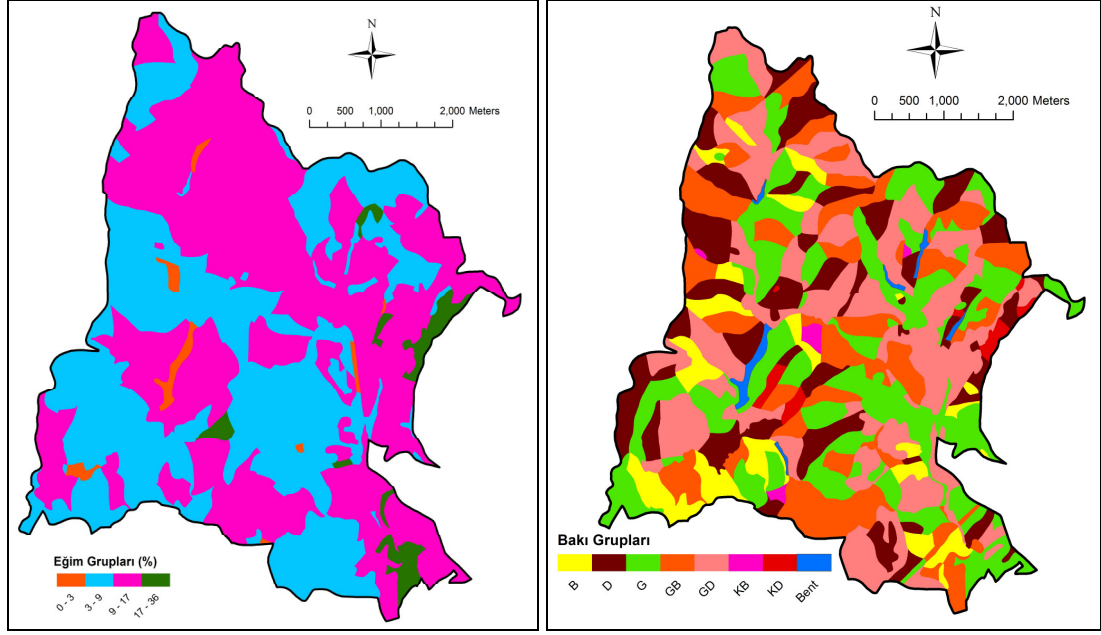
Çalışmanın değişik aşamalarında elde edilen bulgular sonraki aşamalarda veri olarak kullanıldığından, bazı bulguları yöntem konusunda görmek mümkün olduğu gibi yöntemle ilgili bazı bilgilere de bu bölümde değinilmesi uygun görülmüştür. Bununla birlikte bu bölümde öncelikle araştırma alanının genel özelliklerine ilişkin Coğrafi Bilgi Sistemleri yardımıyla oluşturulan çeşitli haritalar ve bunların analizi ile elde edilen çeşitli bulgular sunulmuştur. Daha sonrasında ise oluşturulan çok amaçlı planlama modeline yönelik geliştirilen değişik stratejiler için, model çözümü neticesinde ulaşılan çeşitli bulguların şekil, tablo veya metin olarak açıklamalarına yer verilmiştir.

4.1. ÇALIŞMA ALANININ GENEL DURUMUNA İLİŞKİN BULGULAR

Çalışma alanının eğim, bakı, bonitet ve yaş sınıfları gibi genel durumunu ifade eden haritalar; Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yazılımı olan ArcMap programı vasıtasıyla oluşturularak alansal dağılımları belirlenmiştir. Eğim ve bakı haritalarının oluşturulmasında plan ünitesindeki bölmeciklerin ağırlıklı değerlerinden faydalanılmıştır (Şekil 4.1). Çalışma alanının tamamı için ortalama eğim %9,67 olarak belirlenmiştir. Bölmeciklerin ortalama eğimi ise %0,1 ile %26,66 arasında değişmektedir. Alan genel olarak; az ve orta meyilli olup, dik ve sarp araziler yer almamaktadır (Tablo 4.1).

(Tablo 4.1) : Çalışma alanının eğim guruplarına dağılımı

| Eğim Grubu | Eğim Yüzdesi (%) | Alan | |
|--------------|------------------|---------|------|
| | | (ha) | (%) |
| Düz | 0-3 | 39,32 | 1,3 |
| Az Meyilli | 3-9 | 1292,29 | 42,0 |
| Orta Meyilli | 9-17 | 1686,02 | 54,8 |
| Çok Meyilli | 17-36 | 56,65 | 1,9 |
| Dik | 36-58 | - | - |
| Sarp | 58-70 | - | - |
| Toplam | | 3074,28 | 100 |



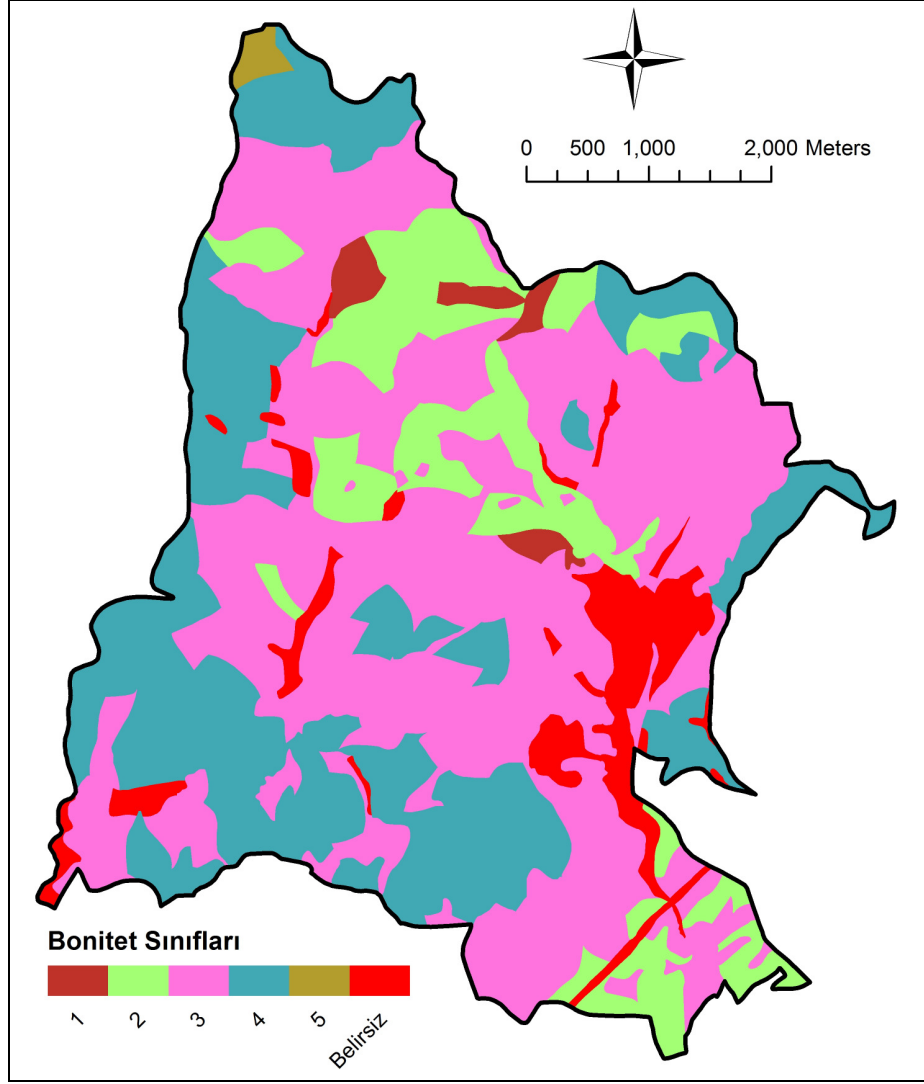
Şekil 4.1: Çalışma alanına ait eğim ve bakı grupları haritaları

Plan ünitesi bölmeciklerinin ortalama bakılarına göre yapılan analizler sonucunda, anayönler açısından yapılan karşılaştırmada alanın genel bakışının güney olduğu görülmektedir. Güney, güneydoğu ve güneybatı bakılar alanın %73,2 sini oluşturmaktadır (Tablo 4.2). Arazi genel olarak güney-kuzey doğrultusunda alçalmakta ve mevcut derelerin akış yönü de bu doğrultuda olmaktadır. Bölmecikler içerisinde küçük alanlar halinde kuzey bakılı alanlar bulunabilmekle birlikte, ortalama değerler açısından plan ünitesinde kuzey bakılı bölmecik yer almamaktadır.

Tablo 4.2: Çalışma alanının bakı guruplarına dağılımı

| Bakı | | B | D | G | GB | GD | KB | KD | Toplam |
|------|------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|---------|
| Alan | (ha) | 243,19 | 528,96 | 795,64 | 616,97 | 835,32 | 16,92 | 37,28 | 3074,28 |
| | (%) | 7,9 | 17,2 | 25,9 | 20,1 | 27,2 | 0,5 | 1,2 | 100 |

Plan ünitesinin büyük kısmı (%48,9) III. bonitet sınıfında olup, alanın genelinin ortalama boniteti 3,12' dir. Bent su yüzeyleri, iskan alanları ve orman içi açıklıklar gibi boniteti belirlenemeyen ormansız sahaların miktarı 204,56 ha dır (Tablo 4.3). Çalışma alanına ait bonitet haritası Şekil 4.2' de verilmiştir.

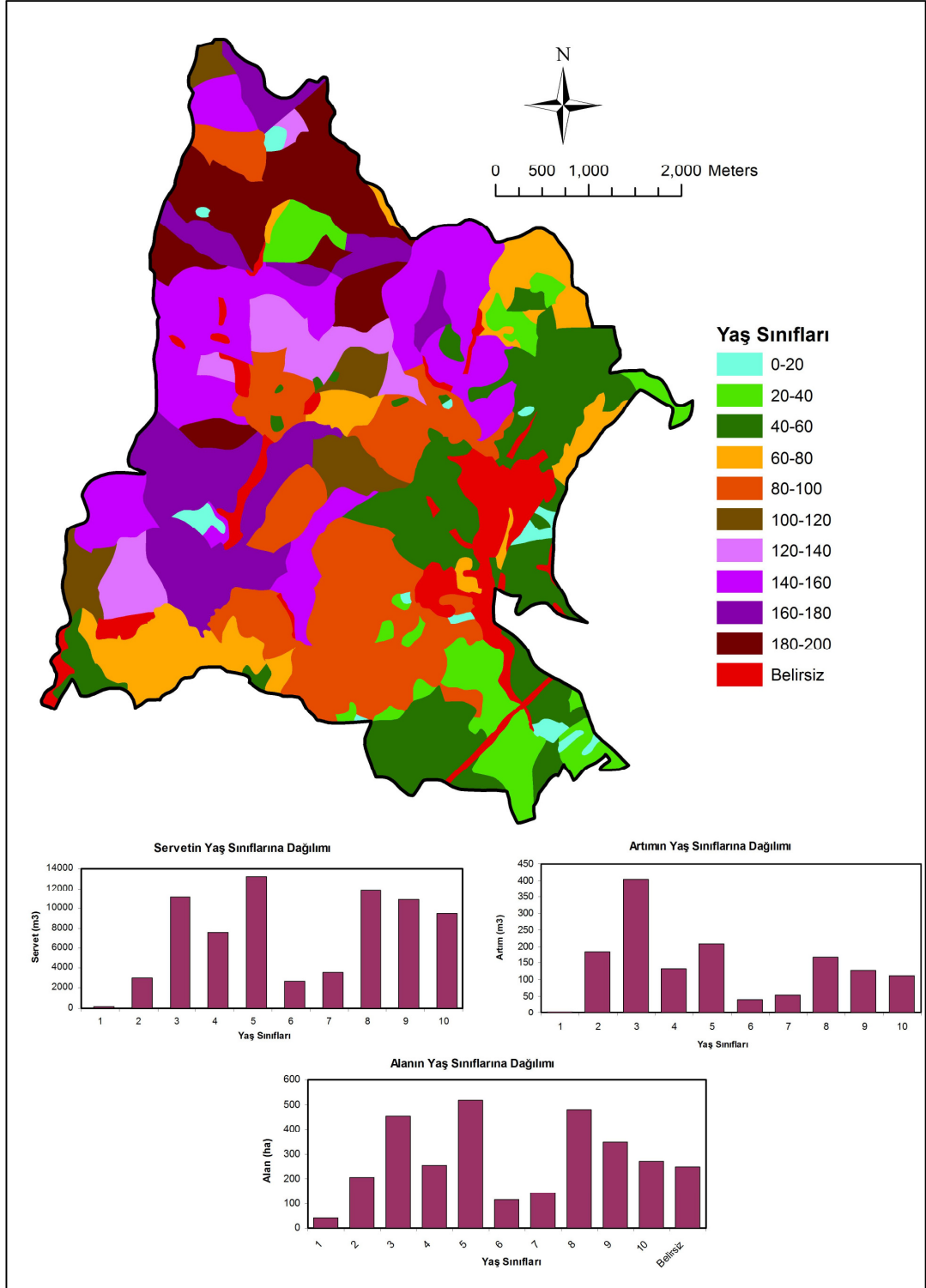


Şekil 4.2: Çalışma alanına ait bonitet sınıfları haritası

Tablo 4.3: Çalışma alanının bonitet sınıflarına dağılımı

| Bonitet | | I | II | III | IV | V | Belirsiz | Toplam |
|---------|------|-------|--------|---------|--------|-------|----------|---------|
| Alan | (ha) | 51,31 | 409,68 | 1502,84 | 891,01 | 14,87 | 204,56 | 3074,28 |
| | (%) | 1,7 | 13,3 | 48,9 | 29,0 | 0,5 | 6,6 | 100 |

İşletme sınıfı gözönünde bulundurulmadan plan ünitesinin tamamı için alan, servet ve artımın yaş sınıflarına dağılım grafiklerinde en yaşlı meşcerelerin X. yaş sınıfında yer aldığı ve ortalama yaşlarının 190 olduğu görülmektedir. En fazla alan ve servet V. yaş sınıfında yer almasına rağmen, en fazla artım III. yaş sınıfında gerçekleşmektedir (Şekil 4.3).

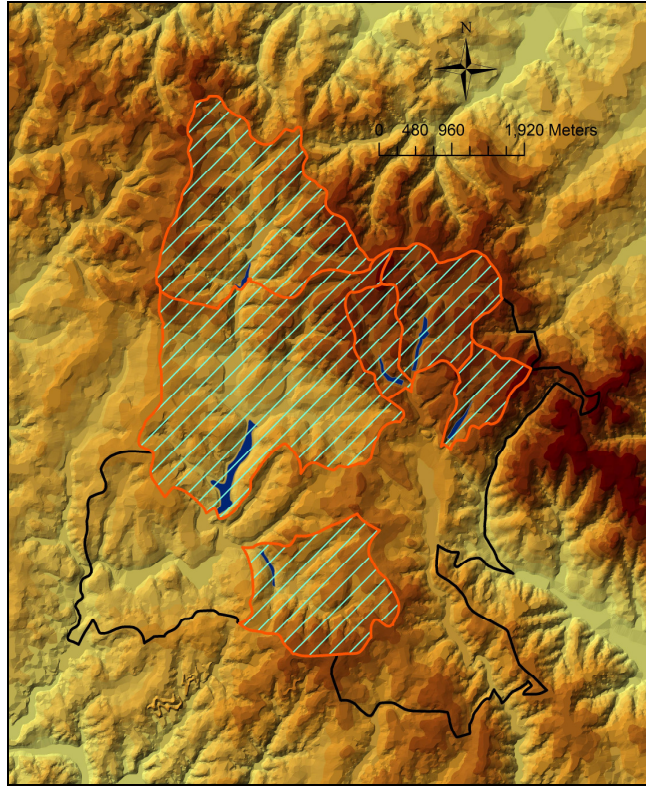


Şekil 4.3: Yaş sınıfları haritası ile alan, servet ve artımın yaş sınıflarına dağılımı

4.2. ORMAN FONKSİYONLARININ HARİTALANMASINA İLİŞKİN BULGULAR

Orman fonksiyonları haritası düzenlenirken öncelikle rekreasyon ve hidrolojik fonksiyona ayrılacak alanlar belirlenmiş, kalan diğer alanlardan ormansız olanlar ve arboretum dışındaki yerler, ana fonksiyonu odun üretimi olacak şekilde ayrılmıştır. Ana veya yan fonksiyon olarak odun üretimi alanın tamamı için gözönünde bulundurulmuştur. Rekreasyon ve hidrolojik fonksiyona ayrılacak alanlar ayrı ayrı belirlenerek haritalandıktan sonra, tüm fonksiyon haritalarını çakıştırmak suretiyle çalışma alanı için “fonksiyon haritası” oluşturulmuştur.

Hidrolojik fonksiyona ayrılacak alanlar belirlenirken üç boyutlu sayısal arazi modelinden faydalanılmış ve bentlerin içinde yer aldığı havzaların su ayırım çizgileri yanında, bölmecik sınırları da göz önünde bulundurulmuştur. Bölmecik sınırları büyük ölçüde doğal hatlara (su ayırım çizgisinin geçtiği sırtlara) dayandığından, bölmecikler parçalanmadan, sınırlarına uyacak şekilde hidrolojik fonksiyon görecek alanların sınırları belirlenmiştir. Bu şekilde oluşturulan ve hidrolojik fonksiyon görecek alanları gösteren harita Şekil 4.4’de verilmiştir.

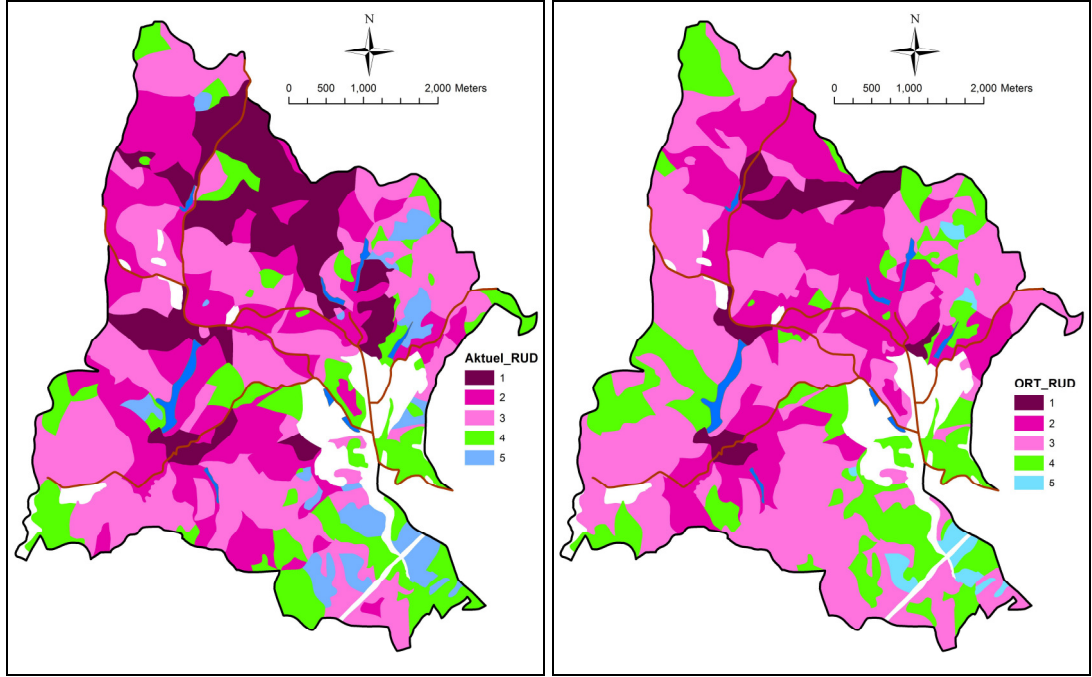


Şekil 4.4 : Hidrolojik fonksiyona ayrılacak alanlar

Rekreasyon fonksiyonuna ayrılacak alanlar belirlenirken tümdengelimsel bir yaklaşımla öncelikle alanı kullanan yıllık ziyaretçi sayısı ve bunun Aktif Rekreasyon Periyodundaki (ARP) oranından hareket edilerek, Aktif Rekreasyon Zonu (ARZ) olarak ayrılması gereken alan miktarı belirlenmiştir. Daha sonra tümevarım şeklinde bu ARZ’ den hareket etmek suretiyle rekreasyon işletme sınıfı için ayrılması gereken alan (ha) miktarı hesaplanmıştır. Yaklaşım olarak değişik kriterlere göre hesaplanan aktüel Rekreasyona Uygunluk Derecesi (RUD) en yüksek olanlardan başlayarak, bu alan kadar blmeciği rekreasyon işletme sınıfına dahil etmek suretiyle de rekreasyon işletme sınıfına ayrılacak alanların belirlenmesi tasarlanmıştır. Ancak RUD, meşcere tipi katsayısına bağlı olduğundan ve bu katsayı da meşcere gelişim çağına bağlı olarak arttığından olgun yaştaki meşcerelerin RUD değerleri diğer kriterler sabitken daha yüksek olmaktadır. Dolayısıyla işletme sınıfının, tamamı olgun meşcerelerden oluşan blmeciklerle doldurulabileceği ve kısa vadede bu meşcereleri genęleştirme gerekliliği nedeniyle fonksiyon sürekliliğini kesintiye uğratacak bir durumla karşılaşılabileceği gözönünde bulundurulmuştur. Bunu aşmak amacıyla meşcerelerin 200 yaşında genęleştirilebilecekleri varsayılarak, bu yaşta genęleştirilmeleri durumunda her bölmecik için meşcere tipi katsayıları ve RUD’un değişimi incelenerek bir ortalama RUD hesaplanmıştır. Sonuç olarak, aktüel ve ortalama RUD ile meşcerelerin aktüel yaşları (süreklilik amacıyla mümkün olduğunca her yaş sınıfından alan bulundurmak amacıyla) ulaşım ağı ve mevcut mesire alanları gözönünde bulundurulmak suretiyle rekreasyon işletme sınıfına ayrılacak alanlar belirlenmiştir. Bölmeciklerin aktüel ve ortalama RUD sınıflarını gösteren haritalar Şekil 4.5 ve Şekil 4.6’de gösterilmiştir. Mevcut durumda plan ünitesinin 442,44 ha’lık kısmı bağlı olarak rekreasyona birinci derece uygun görülmektedir. Ancak ortalama RUD gözönünde bulundurulduğunda bu miktar 137,38 hektara düşmektedir (Tablo 4.4).

Tablo 4.4: Plan nitesi alanlarının RUD sınıflarına dağılımı

| RUD sınıfı | RUD | Aktüel RUD | | Ortalama RUD | |
|------------|-------------|------------|-------|--------------|--------|
| | | (ha) | (%) | (ha) | (%) |
| 1 | 0,20 < | 442,44 | 15,6 | 137,38 | 4,86 |
| 2 | 0,10 – 0,20 | 714,13 | 25,3 | 732,03 | 25,89 |
| 3 | 0,05 - 0,10 | 1068,25 | 37,8 | 1379,22 | 48,77 |
| 4 | 0,01 - 0,05 | 446,05 | 15,8 | 530,97 | 18,78 |
| 5 | < 0,01 | 156,95 | 5,5 | 48,23 | 1,71 |
| Toplam | | 2827,83 | 100,0 | 2827,83 | 100,00 |



Şekil 4.5 : Aktüel RUD sınıfları

Şekil 4.6: Ortalama RUD sınıfları

3.1.1.8.3. bölümünde de açıklandığı gibi Belgrad ormanını kullanan yıllık ziyaretçi sayısının bir milyonu aştığı tahmin edilmektedir. Mevcut hesaplamalarda da bu sayının bir milyon olarak kullanılması kararlaştırılmıştır. Bu sayının % 65'i alana 21 Mart – 10 Eylül tarihleri arasındaki yaklaşık 175 günlük Aktif Rekreasyon Periyodunda (ARP) gelmektedir. Dolayısıyla ARP'de gelen ziyaretçi sayısı 650 000 kişi olmaktadır. Ancak ziyaretçi yoğunluğu açısından geleceğe yönelik analiz çalışmaları yapılamadığından, 100 yıllık planlama ufkunda alanın rekreasyonel amaçlı kullanımına yönelik talebin gittikçe artacağı varsayılarak, hesaplamalarda ARP' de alana gelen ziyaretçi sayısının 1 milyon kişi olarak kullanılması kararlaştırılmıştır. Alanın en yoğun kullanıldığı dönemdeki (ARP) günlük ziyaretçi sayısı; bu periyotta gelen toplam ziyaretçi sayısını, periyotun gün olarak süresine bölmek suretiyle,

$$Z_g = \frac{Z_{ARP}}{t_{ARP}} = \frac{1000000}{175} \approx 5714(\text{kişi / gün}) \text{ olarak bulunmuştur.}$$

Z_g : Günlük ziyaretçi sayısı

Z_{ARP} : Aktif Rekreasyon Periyodunda gelen ziyaretçi sayısı

t_{ARP} : Aktif Rekreasyon Periyodunun uzunluğu (gün)

Akesen (1982), değişik kullanımlar için standart alan boyutlarını vermekte ve piknik amaçlı rekreasyonel eylem tipinde 1000 bireye 1,2 ha lık bir alanın yeterli olacağını bildirmektedir. Lieber ve Fesenmaier (1983) ise orta kullanımda 40-300 kişi için 1 ha alan ayrılması gerektiğini belirtmektedir. Akesen (1982) tarafından verilen rakamlara göre hesap yapılmasının alanın yoğun kullanımına yol açacağı düşünülerek, Lieber ve Fesenmaier (1983) tarafından verilen rakamların kullanımı tercih edilmiş ve üst sınır olan 300 kişiye 1 ha alan ayırmak üzere ARZ ve rekreasyon işletme sınıfı büyüklüğü belirlenmiştir. Bu amaçla aşağıdaki formülden faydalanılmıştır.

$$F_{ARZ} = \frac{Z_g * F_{std}}{Z_{std}} \quad (4.1)$$

F_{ARZ} : Aktif Rekreasyon Zonu olarak kullanılacak alanın büyüklüğü (ha)

Z_g : Günlük ziyaretçi sayısı (Çalışma alanı için 5714 kişi)

F_{std} : Belirli büyüklükte bir ziyaretçi kitlesine ayrılacak standart alan boyutu (1 ha)

Z_{std} : Standart boyuttaki alanın taşıyabileceği ziyaretçi sayısı (300 kişi)

Değerler formülde yerine koyularak, ARZ alanı;

$$F_{ARZ} = \frac{5714 * 1}{300} = 19,05ha \text{ olarak bulunmuştur.}$$

Rekreasyon fonksiyonunun sürekliliğini sağlamak ve her periyotta hesaplanan ARZ alanı (19,05 ha) kadar büyüklükte sahayı hazır tutabilmek amacıyla işletme sınıfı oluşturularak, büyüklüğü belirlenmiştir. İşletme sınıfı alan büyüklüğünü belirlemek amacıyla,

$$F_{rek} = \frac{F_{ARZ} * U}{n} \quad (4.2)$$

formülünden faydalanılmıştır.

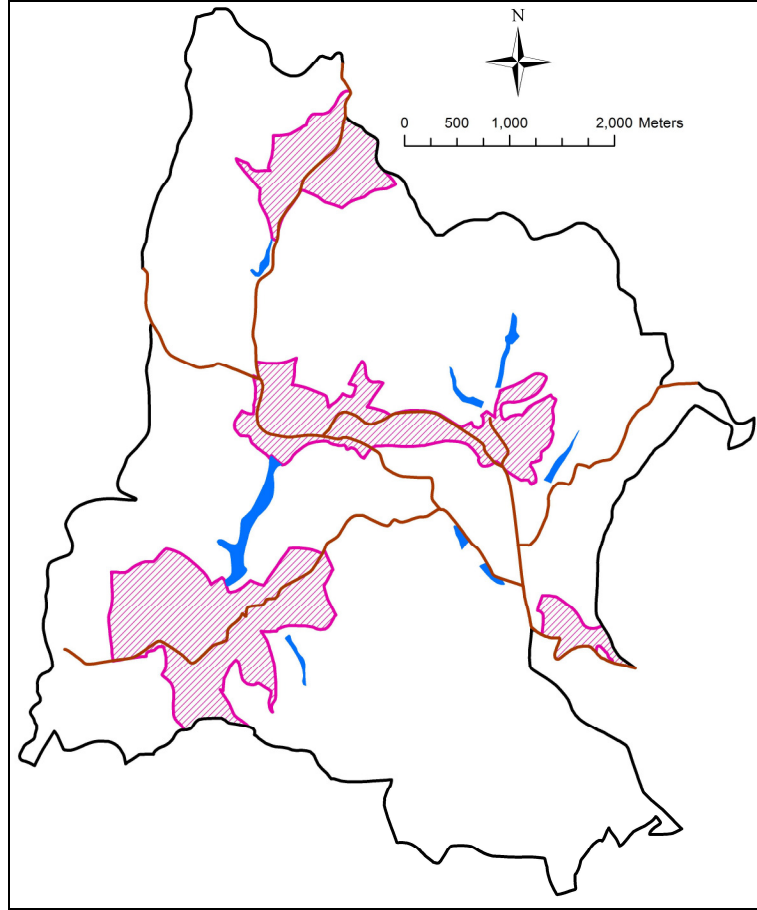
F_{rek} : Rekreasyon işletme sınıfı alanı

F_{ARZ} : Aktif Rekreasyon Zonu olarak kullanılacak alanın büyüklüğü (19,05 ha)

U : Rekreasyon işletme sınıfı için idare süresi (240 yıl)

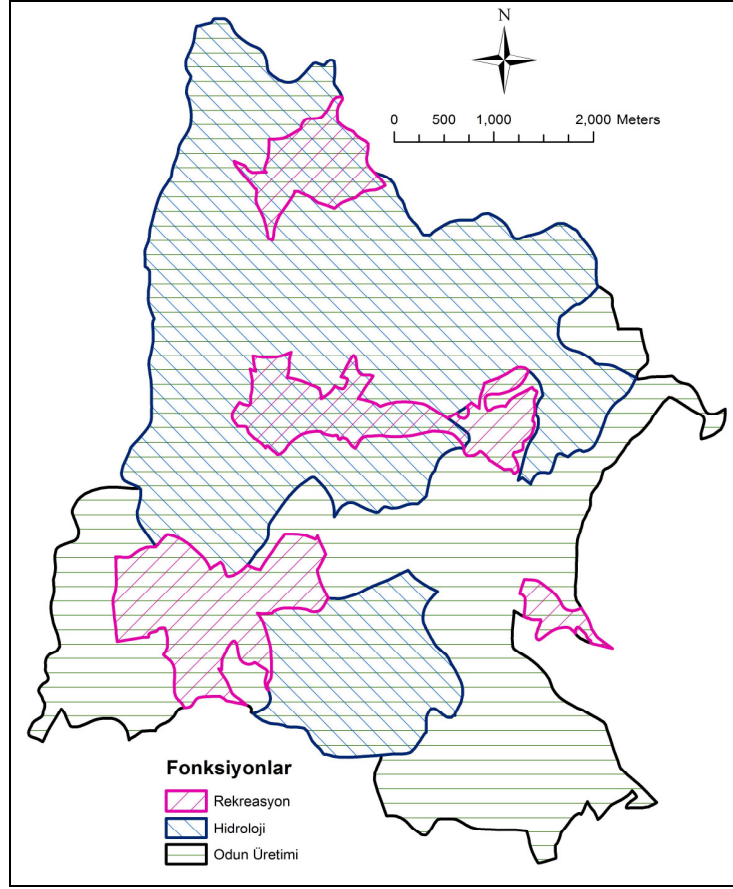
n : Periyot uzunluğu veya ARZ' daki meşcerelerin yıpranma süresi (10 yıl)

Değerler formülde yerine koyularak, rekreasyon işletme sınıfının alan büyüklüğü 457,12 ha olarak bulunmuştur. Bazı bölmecikleri parçalamamak, değişik yaş sınıflarındaki alanları dahil etmek gibi düşüncelerle 473,32 ha alan rekreasyon işletme sınıfı olarak ayrılmış ve plan ünitesi içindeki konumları Şekil 4.7 de gösterilmiştir. Bu alanın 2,95 hektarı OT alanlarından oluşmaktadır.



Şekil 4.7: Çalışma alanı için oluşturulan potansiyel rekreasyon işletme sınıfı sınırları

Rekreasyon, Hidroloji ve Odun üretimi fonksiyonlarına ayrılacak alanları gösteren haritalar üst üste çakıştırılmak suretiyle Şekil 4.8 de verilen plan ünitesi için “Fonksiyon Haritası” oluşturulmuştur. Diğer arazi kullanımları da göz önünde bulundurularak oluşturulan fonksiyon haritası ise Şekil 4.9 de verilmiştir.

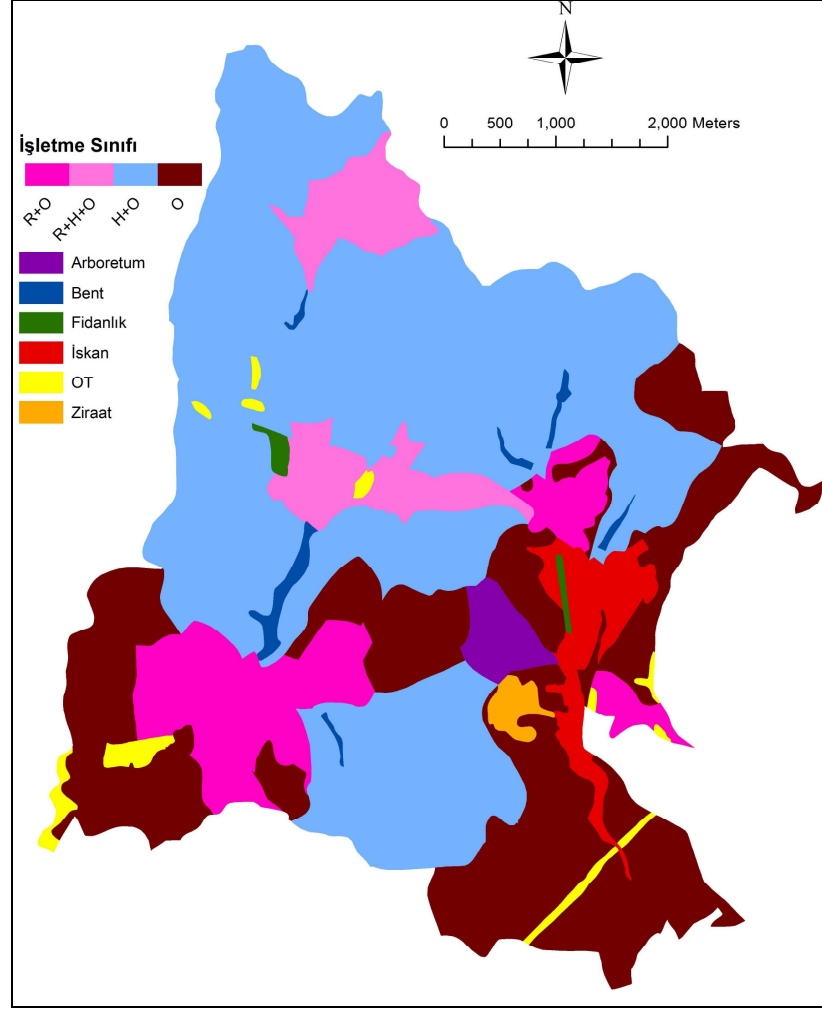


Şekil 4.8: Plan ünitesi orman fonksiyon haritası

Oluşturulan fonksiyon haritasına göre, plan ünitesinin 2827,83 ha olan ormanla kaplı kısmının;

- 277,66 hektarlık kısmı Rekreasyon + Odun Üretimi (RO)
- 192,71 hektarlık kısmı Rekreasyon + Hidroloji + Odun Üretimi (RHO)
- 1535,87 hektarlık kısmı Hidroloji + Odun Üretimi (HO)
- 821,59 hektarlık kısmı ise sadece Odun Üretimi (O) fonksiyonuna ayrılmıştır.

Modelleme aşamasında plan ufkunda gençleştirilecek ve sadece bakım yapılacak bölmecikler baştan belirlenmiş olup, bunların değişik fonksiyon alanlarındaki dağılımları ise Tablo 4.5' deki şekilde oluşmuştur. Buna göre plan ünitesindeki meşcerelerin yaklaşık 2/3'nün plan ufku içerisinde gençleştirilmesi gerekmektedir.



Şekil 4.9: Rekreasyon, Hidroloji ve Odun üretimine ayrılan alanlar ile diğer arazi kullanımları

Tablo 4.5: Değişik fonksiyon alanlarındaki geliştirilecek ve bakım yapılacak alan miktarları

| Fonksiyon Grubu | Genleştirilecek Alan | | Bakım Yapılacak Alan | | Toplam (ha) |
|-----------------|----------------------|------|----------------------|------|----------------|
| | (ha) | (%) | (ha) | (%) | |
| O | 800,43 | 97,4 | 21,16 | 2,6 | 821,59 |
| RO | 172,09 | 62 | 105,57 | 38,0 | 277,66 |
| HO | 909,32 | 59,2 | 626,55 | 40,8 | 1535,87 |
| RHO | 91,60 | 47,5 | 101,11 | 52,5 | 192,71 |
| Toplam | 1973,44 | 69,8 | 854,39 | 30,2 | 2827,83 |

4.3. ORMAN FONKSİYON DEĞERLERİNE İLİŞKİN BULGULAR

Odun üretimi, hidroloji ve rekreasyon fonksiyonuna ilişkin olarak, 3.2.3 bölümünde açıklanan metodolojiye uygun biçimde yapılan hesaplar sonucunda elde edilen bulgular

aşağıdaki bölümlerde sunulmuştur. İçerik olarak özellikle, planlama modeli oluşturulurken her bir bölmeçiğin değişik fonksiyonlar yönünden ağırlıklandırılmasında kullanılan ve ormanın sağladığı fonksiyonların sayısal göstergesi durumundaki parasal değerlerine değinilmeye çalışılmıştır.

4.3.1. Odun Üretim Fonksiyonuna İlişkin Bulgular

Plan ünitesinin dikili serveti 815 330,72 m³ olup bunun yaklaşık %95' ini yapraklı türler oluşturmaktadır. Bu servetin dikili haldeki toplam *tarife bedeli* de 67 379 913,18 TL olarak hesaplanmıştır (Tablo 4.6). Her bir bölmecikteki meşcerelerin mevcut yaş ve bonitetlerine göre ayrılan meşcere hacminden yola çıkarak hesaplanan ve bunların toplamı şeklinde bulunan, plan ünitesinin toplam *odun üretim değeri* ise 201 280,53 TL' dir. Bölmeciklerin hektardaki tarife bedelleri 42,92 – 5058,83 TL arasında değişirken, genel alanlarındaki odun üretim değerleri de 0,20 – 4692,77 TL arasında yer almaktadır (Tablo 4.7).

Tablo 4.6: Plan ünitesindeki ürün çeşidi miktarları ve tarife bedeli

| Ürün Çeşitleri | Genel Alanda | | | |
|----------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------|
| | Yapraklı (m ³) | İbrelili (m ³) | Toplam (m ³) | Tarife Bedeli (TL) |
| Tomruk | 324707,45 | 11900,69 | 336608,14 | 41393419,67 |
| Direk | 120228,06 | 8736,96 | 128965,02 | 11442059,62 |
| Sanayi Odunu | 130731,17 | 10125,17 | 140856,34 | 12416533,88 |
| Yakacak odun | 194641,14 | 14260,08 | 208901,22 | 2127900,01 |
| Toplam | 770307,82 | 45022,90 | 815330,72 | 67379913,18 |

Tablo 4.7 : Farklı gelişim çağındaki meşcerelerin tarife bedelleri ve odun üretim değerleri

| Gelişim Çağı | Tarife Bedeli (TL/ha) | | Odun Üretimi (genel alanda*) | |
|--------------|-----------------------|----------|------------------------------|----------|
| | Minimum | Maksimum | Minimum | Maksimum |
| a (ab) | 42,92 | 5614,33 | 0,20 | 1936,08 |
| b | 5213,85 | 17329,16 | 9,66 | 2369,01 |
| c (cd) | 6336,93 | 28938,41 | 17,65 | 4692,77 |
| d | 25653,26 | 55058,53 | 238,10 | 1320,43 |

*Bölmecek genel alanında

4.3.2. Hidrolojik Fonksiyona İlişkin Bulgular

Havzaların çeşitli topoğrafik ve drenaj özelliklerinin üretilen suyun miktar ve kalitesini etkileyeceği ve bu nedenlerle farklı havzalardaki aynı tip meşcerelerin su üretimine katkılarının ve dolayısıyla da su üretimi ve kalitesi yönünden hidrolojik etkilerinin farklı olacağından hareketle, havzaların su üretimine uygunlukları da bazı kriterler yardımıyla sayısallaştırılmıştır. Hidrolojik açıdan “Havza Uygunluk Değeri (HUK)”; havza alanı, dere sıklığı, drenaj yoğunluğu ve form faktörüne bağlı olarak hesaplanmış ve meşcerelerin su üretimine uygunluğunun değerlendirilmesinde bir parametre olarak kullanılmıştır. HUK’ un, meşcerelerin su üretimine uygunluk katsayıları üzerinde en çok $\pm 0,10$ etkileyebileceği kabul edilerek, gerekli düzeltmeler yapıldıktan sonra normalleştirilmiş HUK değerleri elde edilmiştir (Tablo 4.8). Normalleştirme işlemi, gerçek HUK değerlerinden en küçüğünü 0,90’ a ve en büyüğünü 1,10’a eşitledikten sonra ara değerler için enterpolasyon yapmak suretiyle gerçekleştirilmiştir. Yapılan hesaplar sonucunda kaliteli su üretimi açısından plan ünitesi içerisinde Kömürcü ve Büyükbent havzaları bağıl olarak daha uygun bulunmuştur.

Tablo 4.8: Plan ünitesi havzalarının uygunluk (HUK) katsayıları

| Dere Sıra No | Kömürcü Bent | Büyük Bent | Kirazlı Bent | Valide Bendi | II. Mahmut Bendi | Topuzlu Bent | |
|-------------------------------------|--------------|------------|--------------|--------------|------------------|--------------|---|
| Dere Sayısı | 1 | 24 | 24 | 10 | 9 | 3 | 4 |
| | 2 | 8 | 7 | 2 | 3 | 1 | 1 |
| | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | - | - |
| | 4 | 1 | - | - | - | - | - |
| Toplam (N_s) | 35 | 33 | 13 | 13 | 4 | 5 | |
| Alan (A) (km^2) | 4,56 | 7,14 | 2,62 | 1,81 | 0,80 | 0,78 | |
| Dere Sıklığı (A/N_s) | 7,68 | 4,62 | 4,95 | 7,18 | 4,98 | 6,40 | |
| Toplam Dere Uzunluğu (L_d) (km) | 12,71 | 15,54 | 5,63 | 3,99 | 1,77 | 0,91 | |
| Drenaj Yoğunluğu | 2,79 | 2,18 | 2,14 | 2,20 | 2,20 | 1,16 | |
| Havza Uzunluğu (L) (km) | 2,53 | 3,60 | 2,06 | 1,78 | 1,41 | 1,35 | |
| Form Faktörü (A/L^2) | 0,71 | 0,55 | 0,62 | 0,57 | 0,40 | 0,43 | |
| HUK (Gerçek) | 0,69 | 0,40 | 0,17 | 0,16 | 0,04 | 0,02 | |
| HUK (Normalize edilmiş) | 1,10 | 1,01 | 0,95 | 0,94 | 0,90 | 0,90 | |

Somut verilere göre plan ünitesindeki bentlerden yıllık ortalama $1\ 051\ 726\ \text{m}^3$ içme suyu kullanılmak üzere şehir şebekesine verilmektedir. İstanbul metropolü için su

sağlama konusundaki diğer büyük projeler, plan ünitesinden sağlanacak suyun önemini düşürmektedir. Bu nedenle bazı bentlerden kullanım amaçlı hiç su verilmemekte ve biriken su estetik amaçlı tutulmaktadır. Yine de oluşturulan matematiksel modellerle yapılan hesaplamalar sonucunda yıllık parasal değeri 1 108 796 TL olan yaklaşık 3 132 192 m³ kaliteli içme suyu üretilebileceği hesaplanmıştır (Tablo 4.9).

Tablo 4.9: Bentlerin bulunduğu havzaların çeşitli hidrolojik değerleri

| Havza Adı | Büyük Bent | Kömürcü Bent | Kirazlı Bent | Valide Bendi | II. Mahmut Bendi | Topuzlu | Toplam |
|--|-------------|--------------|--------------|--------------|------------------|-----------|-------------|
| Maksimum Su Rezervi (m ³) | 1352000 | 41000 | 105000 | 241000 | 230000 | 150000 | 2119000 |
| Verilen Su Miktarı (gerçekleşen) (m ³ /yıl) | 565240 | 0 | 107211 | 214435 | 29380 | 135460 | 1051726 |
| Havza Alanı (ha) | 714.06 | 455.74 | 262.48 | 180.99 | 80.26 | 78.12 | 1771.65 |
| Potansiyel su üretimi (hesaplanan) (m ³) | 1320860,34 | 965918,59 | 417222,03 | 259024,24 | 121003,26 | 48163,67 | 3132192,12 |
| Potansiyel su üretim değeri (hesaplanan) (TL) | 467584,56 | 341935,18 | 147696,60 | 91694,58 | 42835,15 | 17049,94 | 1108796,01 |
| Bağlı su üretim değeri (TL) | 284830,80 | 208291,04 | 37169,90 | 85313,61 | 42835,15 | 17049,94 | 675490,44 |
| Dikili Odun Değeri (TL) | 20340791,93 | 12501447,25 | 5763888,53 | 4257847,12 | 2092228,22 | 595206,49 | 45551409,54 |
| Net Odun Üretim Değeri (TL) | 38608,67 | 20524,83 | 21765,73 | 15582,71 | 5036,27 | 3007,22 | 104525,42 |

Havza özellikleri ve bentlerin maksimum su rezervleri göz önünde bulundurulduğunda kaliteli içme suyu temininden kaynaklanacak yıllık toplam gelirin 675 490,44 TL olabileceği ve yaklaşık 1 908 165 m³ su üretilebileceği bulunmuştur. Bentlerin maksimum su rezervinden fazlasının değerlendirilemeyeceği varsayımına dayanarak ve maksimum su rezervine bağlı olarak bu değer, aşağıdaki şekilde hesaplanan meşcerelerin bağlı su üretim değerlerinin toplanmasıyla elde edilmiştir.

$$SUDr_i = SUD_i * \frac{\sum SUD}{MaxRezD} \quad (4.3)$$

$SUDr_i$: i.meşcerenin bağıl su üretim değeri (TL)

SUD_i : i. meşcerenin gerçek su üretim değeri (matematiksel modelle hesaplanan) (TL)

$\sum SUD$: i. meşcerenin bulunduğu havzanın toplam su üretim değeri (TL)

$MaxRezD$: i. meşcerenin bulunduğu havzanın maksimum su rezervi değeri (TL)

Kömürcü bentin maksimum su rezervi havza alanına göre küçük olmasına rağmen, burada üretilen suyun Büyük bentte değerlendirilebileceği göz önünde bulundurularak bu iki bentin havza ve maksimum su rezervleri bir bütün olarak düşünülmüş ve bağıl su üretim değerleri de buna göre hesaplanmıştır.

Havza alanlarından sağlanacak odun üretim değeri toplam 104 525,42 TL' dir. Bu değer, toplam su üretim değerinden (675 490,44) oldukça küçük olup; havzaların tamamında su üretim değeri, odun üretim değerinden daha üst seviyelerde bulunmaktadır.

4.3.3. Rekreasyon Fonksiyonuna İlişkin Bulgular

Meşcerelerin rekreasyon değerlerinin belirlenebilmesi için metodoloji gereği, mevcut hacimlerinin, rekreasyona uygunluk değerlerinin, alanlarının, aktif rekreasyon zonu olarak ayrılacak alan miktarının ve işletme sınıfı büyüklüğünün belirlenmesi gerekmektedir. Bu veriler açıklanan şekilde elde edildikten sonra her bir meşcerenin ve bunların toplamı halinde tüm rekreasyon işletme sınıfının rekreasyon değeri hesaplanmıştır. Mevcut durumda somut olarak gerçekleşen ve giriş ücretlerinden sağlanan net rekreasyon gelirlerinin yıllık ortalama miktarı 587 201,42 TL' dir. Matematiksel model yardımıyla hesaplanan değer, gerçekleşene oldukça yakın bir düzeyde olup 567 707,50 TL olarak bulunmuştur. Rekreasyon işletme sınıfının 470,37 ha büyüklüğündeki ormanla kaplı kısmının toplam tarife bedeli 13 063 943, 45 TL olup, bunun eta olarak alınabilecek hasılatlardan sağlanabilecek odun üretim değeri ise 34 969,34 TL olarak hesaplanmıştır.

Değişik fonksiyonlar için ayrılan işletme sınıfları veya değişik fonksiyonların plan ünitesi içinde gerçekleştikleri konumlar tamamen üst üste çakışmadığından, aynı alan bazında fonksiyonlardan sağlanan değerleri tam olarak karşılaştırmak mümkün olmamaktadır. Bununla birlikte yapılan hesaplar neticesinde, mevcut durumda birim alanda; hidrolojik fonksiyon değeri, odun üretimi değerinin yaklaşık 6,5 katı kadar gerçekleşmektedir. Rekreasyon değeri ise yine birim alanda odun üretiminin yaklaşık 16 katı kadar olmaktadır. Bu ilişkilerden de birim alanda rekreasyon fonksiyonundan sağlanacak gelirlerin, su üretiminden sağlanacak gelirlerin yaklaşık 2,51 katı olabileceği söylenebilir. Bununla birlikte planlama modelinin çözümünde bu genel ağırlıklar değil, her meşcerenin kendi konumsal özellikleri ve yapısal durumuyla ilgili olarak hesaplanan değişik fonksiyonel değerleri, ağırlıklarının belirlenmesinde kullanılmıştır.

4.4. PLAN STRATEJİLERİNE İLİŞKİN BULGULAR

Ana planlama modeli oluşturulduktan sonra, değişik kısıt düzeylerinde yapılan değişikliklerle geliştirilen 6 adet örnek alternatif planlama stratejisine ilişkin bulgular aşağıdaki bölümlerde açıklanmaya çalışılmıştır. Bu amaçla öncelikle stratejilerin çözülmesi ile ulaşılan bulgular ayrı ayrı sunulmuş, daha sonra da stratejilerin toplu olarak değerlendirilmesi ile ulaşılan bulgulara yer verilmiştir.

4.4.1. Farklı Plan Stratejilerine Ait Bulgular

STRATEJİ1' de rekreasyon alanlarından ve plan ünitesinin tamamından bir periyotta gençleştirilecek alanların sınırlandırılması dışında herhangi bir kısıt bulunmadan, plan ufku sonunda plan ünitesinden sağlanacak toplam faydanın maksimum yapılması hedeflenmiştir. Plan ünitesi için 280ha ve rekreasyon alanları için 40ha' dan daha az alanın gençleştirilmesine model izin vermediğinden (olurlu (*feasible*) çözüm bulunamadığından) kısıt miktarları bu düzeyde tutularak çözüme ulaşılmıştır.

Plan ufku sonunda 982 645,3 m³ odun üretimi gerçekleştirilmiş olup bunun %71'i son hasılat etası olarak sağlanmıştır (Tablo 4.10).

Tablo 4.10: STRATEJİ1' e göre plan ufku boyunca gerçekleşen odun üretimi miktarları

| Periyot No | Gençleştirme Etası | | Bakım Etası | | Toplam (m ³) |
|------------|--------------------|-----|-------------------|-----|-----------------------------|
| | (m ³) | (%) | (m ³) | (%) | |
| p1 | 22733,4 | 44 | 28565,2 | 56 | 51298,7 |
| p2 | 23754,0 | 48 | 26216,7 | 52 | 49970,7 |
| p3 | 83628,4 | 84 | 16313,0 | 16 | 99941,4 |
| p4 | 85601,0 | 85 | 15109,2 | 15 | 100710,2 |
| p5 | 76244,6 | 80 | 18740,9 | 20 | 94985,5 |
| p6 | 93556,8 | 78 | 25742,0 | 22 | 119298,7 |
| p7 | 118823,3 | 77 | 34806,6 | 23 | 153630,0 |
| p8 | 93679,2 | 69 | 42491,4 | 31 | 136170,6 |
| p9 | 102249,6 | 58 | 74389,9 | 42 | 176639,5 |
| Toplam | 700270,3 | 71 | 282375,0 | 29 | 982645,3 |

100 yıl sonunda toplam 155 010 311 m³ su üretimi gerçekleşmiştir. Bunun parasal değeri 54 873 650,1 TL' dir. 51 161 785,0 TL miktarındaki rekreasyon gelirleri ile hizmet fonksiyonlarından sağlanan toplam gelir 106 035 435,1 TL olmaktadır (Tablo 4.11).

Tablo 4.11: STRATEJİ1' e göre plan ufku boyunca gerçekleşen su üretimi ve rekreasyon değerleri

| Periyot No | Su Üretim Miktarı (m ³) | Su Üretim Değeri (TL) | Rekreasyon Değeri (TL) | Toplam (TL) |
|------------|--|--------------------------|---------------------------|----------------|
| p1 | 18373795 | 6504323,4 | 6131091,3 | 12635414,7 |
| p2 | 18606109 | 6586562,6 | 6284872,7 | 12871435,2 |
| p3 | 18780534 | 6648309,0 | 6176646,0 | 12824955,0 |
| p4 | 17471725 | 6184990,7 | 5883421,3 | 12068412,0 |
| p5 | 16696010 | 5910387,5 | 5467089,2 | 11377476,7 |
| p6 | 17531184 | 6206039,1 | 5410529,1 | 11616568,2 |
| p7 | 16150405 | 5717243,4 | 5303749,2 | 11020992,5 |
| p8 | 16092613 | 5696785,0 | 5302064,5 | 10998849,6 |
| p9 | 15307936 | 5419009,3 | 5202321,9 | 10621331,2 |
| Toplam | 155010311 | 54873650,1 | 51161785,0 | 106035435,1 |

STRATEJİ2' de STRATEJİ1 kısıtlarına periyodik ara ve son hasılatların toplamından oluşan toplam eta miktarının düzenli akışını sağlamak ve değişik periyotlar için gerçekleşen değerleri arasında fazla fark olmamasını sağlamak amacıyla bir kısıt eklenmiştir. Buna göre periyodik etalar arasında %10' dan fazla fark olmaması

istenmiştir. Ayrıca mevcut durumda gerçekleşen rekreasyon gelirlerinin yıllık ortalama miktarının 10 ile çarpılması ile elde edilen periyodik miktarı olan 5 872 014,2TL ile mevcut su üretim miktarının periyodik değeri olan 105 17 260 m³ kısıt düzeyi olarak belirlenmiş ve periyodik su üretimi ve rekreasyon değerlerinin bu düzeylerin altına düşürülmemesi amaçlanmıştır. Ancak periyodik eta kısıtı sözkonusuyken rekreasyon için, gelirlerin plan ufku boyunca mevcut düzeyin altına düşürülmeden bir çözümün bulunması mümkün olmamıştır. Bu nedenle STRATEJİ2 için rekreasyon gelirlerinin altına düşürülmemesi gereken değer olarak 5 000 000TL düzeyi alınmış ve çözüm elde edilerek, bulguları aşağıda sunulmuştur.

Bu stratejiye göre plan ufku sonunda 909 603,7 m³ odun üretimi gerçekleşmekte olup, bunun %73' ü son hasılat etası şeklinde sağlanmaktadır. Bakım kesimleri ile sağlanacak ara hasılat oranı ise ilk periyottan itibaren gittikçe azalmakta, son üç periyotta bir miktar artış göstermektedir (Tablo 4.12).

Tablo 4.12: STRATEJİ2' ye göre plan ufku boyunca gerçekleşen odun üretimi miktarları

| Periyot No | Gençleştirme Etası | | Bakım Etası | | Toplam (m ³) |
|------------|--------------------|-----|-------------------|-----|--------------------------|
| | (m ³) | (%) | (m ³) | (%) | |
| p1 | 27779,3 | 41 | 39204,5 | 59 | 66983,7 |
| p2 | 43368,5 | 59 | 30313,6 | 41 | 73682,1 |
| p3 | 57211,2 | 71 | 23839,1 | 29 | 81050,3 |
| p4 | 66999,2 | 75 | 22156,1 | 25 | 89155,3 |
| p5 | 76008,8 | 78 | 22062,1 | 22 | 98070,8 |
| p6 | 85609,2 | 79 | 22268,7 | 21 | 107877,9 |
| p7 | 96203,4 | 81 | 22462,3 | 19 | 118665,7 |
| p8 | 101446,2 | 78 | 29086,1 | 22 | 130532,3 |
| p9 | 108707,3 | 76 | 34878,2 | 24 | 143585,5 |
| Toplam | 663333,1 | 73 | 246270,6 | 27 | 909603,7 |

STRATEJİ2' ye göre plan ufku sonunda toplam 154 018 842 m³ su üretilmektedir. Üretilen suyun parasal değeri 54 522 670,1 TL'dir. 51 159 729,5 TL olan toplam rekreasyon değeri ile birlikte hizmet fonksiyonlarından sağlanan toplam gelir 105 682 399,6 TL olmaktadır (Tablo 4.13).

Tablo 4.13: STRATEJİ2'ye göre plan ufku boyunca gerçekleşen su üretimi ve rekreasyon değerleri

| Periyot No | Su Üretim Miktarı (m ³) | Su Üretim Değeri (TL) | Rekreasyon Değeri (TL) | Toplam (TL) |
|------------|--|--------------------------|---------------------------|----------------|
| p1 | 18373795 | 6504323,4 | 6131091,3 | 12635414,7 |
| p2 | 18461614 | 6535411,4 | 6284748,9 | 12820160,2 |
| p3 | 17823569 | 6309543,4 | 6176409,3 | 12485952,7 |
| p4 | 17135359 | 6065917,1 | 5883167,9 | 11949085,0 |
| p5 | 16838729 | 5960910,1 | 5466821,6 | 11427731,7 |
| p6 | 17350176 | 6141962,3 | 5410249,5 | 11552211,8 |
| p7 | 16201266 | 5735248,2 | 5303459,3 | 11038707,5 |
| p8 | 16434469 | 5817802,0 | 5301765,9 | 11119568,0 |
| p9 | 15399865 | 5451552,2 | 5202015,8 | 10653568,0 |
| Toplam | 154018842 | 54522670,1 | 51159729,5 | 105682399,6 |

STRATEJİ3, STRATEJİ2'ye komşuluk kısıtları eklenerek oluşturulmuştur. Ekolojik faydaları nedeniyle gençleştirme alanlarının bütün olarak büyük sahalar kaplamasını önlemek üzere birbirine komşu meşcerelerin aynı periyotta gençleştirilmemesi kısıtı eklendiğinde fonksiyon değerlerinin periyodik ve toplam düzeylerinin nasıl değiştiği anlaşılma çalışılmıştır.

Model öncelikle komşu meşcerelerin aynı periyotta gençleştirilmesini engelleyecek şekilde “maxkomsu=1” olarak çözülmeye çalışılmış ancak olurlu bir çözüm bulunamamıştır. Gençleştirilecek meşcerelerin plan ufku boyunca eritilebilmesi için herhangi bir periyotta en az 3 komşu meşcerenin gençleştirilmesi zaruri olarak görüldüğünden, bu duruma göre kısıt düzeyi değiştirilmiş ve optimal çözüm bulunmaya çalışılmıştır.

STRATEJİ3'e göre modelin çözülmesiyle, plan ufku sonunda 909 171,0 m³ odun üretimi gerçekleştirilmektedir. Bunun %74'ünü oluşturan 669 750,0 m³ son hasılat kesimleri ile sağlanmaktadır. Ara hasılatın miktarı ve periyodik toplam etaya oranı, plan ufkunun başından ortasına kadar gittikçe düşen bir seyir izlemekte, daha sonra yükselmektedir (Tablo 4.14).

Tablo 4.14: STRATEJİ3' e göre plan ufku boyunca gerçekleşen odun üretimi miktarları

| Periyot No | Gençleştirme Etası | | Bakım Etası | | Toplam (m ³) |
|------------|--------------------|-----|-------------------|-----|-----------------------------|
| | (m ³) | (%) | (m ³) | (%) | |
| p1 | 27893,9 | 42 | 39057,9 | 58 | 66951,8 |
| p2 | 39474,3 | 54 | 34172,8 | 46 | 73647,0 |
| p3 | 60389,0 | 75 | 20622,7 | 25 | 81011,7 |
| p4 | 72208,4 | 81 | 16904,5 | 19 | 89112,9 |
| p5 | 82076,5 | 84 | 15947,7 | 16 | 98024,2 |
| p6 | 87799,4 | 81 | 20027,2 | 19 | 107826,6 |
| p7 | 93954,6 | 79 | 24654,7 | 21 | 118609,3 |
| p8 | 101191,9 | 78 | 29278,3 | 22 | 130470,2 |
| p9 | 104761,9 | 73 | 38755,3 | 27 | 143517,2 |
| Toplam | 669750,0 | 74 | 239421,0 | 26 | 909171,0 |

STRATEJİ3' e göre plan ufku sonunda toplam 152 668 102 m³ su üretilmektedir. Üretilen suyun parasal değeri 54 044 508,1 TL'dir. 51 133 136,0 TL olan toplam rekreasyon değeri ile birlikte hizmet fonksiyonlarından sağlanan toplam gelir 105 177 644,1 TL olmaktadır (Tablo 4.15).

Tablo 4.15: STRATEJİ3'e göre plan ufku boyunca gerçekleşen su üretimi ve rekreasyon değerleri

| Periyot No | Su Üretim Miktarı (m ³) | Su Üretim Değeri (TL) | Rekreasyon Değeri (TL) | Toplam (TL) |
|------------|--|--------------------------|---------------------------|----------------|
| p1 | 18373795 | 6504323,4 | 6120197,4 | 12624520,8 |
| p2 | 18163143 | 6429752,6 | 6004905,2 | 12434657,8 |
| p3 | 17744739 | 6281637,6 | 6213575,2 | 12495212,8 |
| p4 | 17151500 | 6071631,0 | 5934597,1 | 12006228,1 |
| p5 | 16653883 | 5895474,6 | 5517113,6 | 11412588,2 |
| p6 | 16881482 | 5976044,6 | 5452086,2 | 11428130,8 |
| p7 | 16016281 | 5669763,5 | 5334776,6 | 11004540,1 |
| p8 | 16344469 | 5785942,0 | 5328779,0 | 11114721,0 |
| p9 | 15338810 | 5429938,7 | 5227105,7 | 10657044,5 |
| Toplam | 152668102 | 54044508,1 | 51133136,0 | 105177644,1 |

STRATEJİ4, STRATEJİ3'e periyodik rekreasyon değerleri ile su üretim miktarları arasında %10'dan fazla dalgalanma olmamasını sağlayan kısıtlar eklenerek oluşturulmuştur. Buna göre; periyodik ürün ve hizmet akışları arasında %10'dan fazla dalgalanma olmayacak, bir periyotta en fazla birbirine komşu 3 adet bölmecik

genleştirilebilecektir. Su üretim miktarı her periyotta aktüel durumdaki değerinin altına düşmeyecek, rekreasyon gelirleri de herhangi bir periyotta 5 000 000 TL değerinin altına inmeyecektir.

STRATEJİ4'e göre modelin çözülmesiyle, plan ufku sonunda 923 914,8 m³ odun üretimi gerçekleştirilmektedir. Bunun %72'sini oluşturan 665 848,5 m³ son hasılat kesimleri ile sağlanmaktadır. Bu stratejiye ilişkin odun üretimine yönelik veriler Tablo 4.16' da diğer fonksiyonlara ilişkin veriler de Tablo 4.17' de verilmiştir.

Tablo 4.16: STRATEJİ4' e göre plan ufku boyunca gerçekleşen odun üretimi miktarları

| Periyot No | Gençleştirme Etası | | Bakım Etası | | Toplam (m ³) |
|------------|--------------------|-----|-------------------|-----|--------------------------|
| | (m ³) | (%) | (m ³) | (%) | |
| p1 | 29133,2 | 42 | 40379,3 | 58 | 69512,6 |
| p2 | 40897,6 | 53 | 35566,2 | 47 | 76463,8 |
| p3 | 57561,5 | 68 | 26548,7 | 32 | 84110,2 |
| p4 | 77329,0 | 84 | 15192,3 | 16 | 92521,2 |
| p5 | 77399,0 | 79 | 21093,6 | 21 | 98492,6 |
| p6 | 80811,4 | 75 | 27530,4 | 25 | 108341,8 |
| p7 | 91671,7 | 77 | 27504,4 | 23 | 119176,0 |
| p8 | 102795,9 | 78 | 28297,7 | 22 | 131093,6 |
| p9 | 108249,2 | 75 | 35953,7 | 25 | 144203,0 |
| Toplam | 665848,5 | 72 | 258066,3 | 28 | 923914,8 |

Tablo 4.17: STRATEJİ4'e göre plan ufku boyunca gerçekleşen su üretimi ve rekreasyon değerleri

| Periyot No | Su Üretim Miktarı (m ³) | Su Üretim Değeri (TL) | Rekreasyon Değeri (TL) | Toplam (TL) |
|------------|-------------------------------------|-----------------------|------------------------|-------------|
| p1 | 18373795 | 6504323,4 | 6131091,3 | 12635414,7 |
| p2 | 18405983 | 6515718,0 | 6284140,6 | 12799858,6 |
| p3 | 17606761 | 6232793,4 | 6175117,5 | 12407910,9 |
| p4 | 16874287 | 5973497,6 | 5878198,6 | 11851696,2 |
| p5 | 16248009 | 5751795,2 | 5465216,0 | 11217011,2 |
| p6 | 16636733 | 5889403,5 | 5408550,2 | 11297953,7 |
| p7 | 16001494 | 5664528,9 | 5301668,5 | 10966197,3 |
| p8 | 16186123 | 5729887,5 | 5299895,6 | 11029783,1 |
| p9 | 15321109 | 5423672,6 | 5200071,6 | 10623744,1 |
| Toplam | 151654294 | 53685620,1 | 51143949,8 | 104829569,9 |

STRATEJİ4' e göre plan ufku sonunda toplam 151 654 294 m³ su üretilmektedir. Üretilen suyun parasal değeri 53 685 620,1 TL'dir. 51 143 949,8 TL olan toplam rekreasyon değeri ile birlikte hizmet fonksiyonlarından sağlanan toplam gelir 104 829 569,9 TL olmaktadır (Tablo 4.17).

STRATEJİ5; periyodik ürün ve hizmet akışlarındaki dalgalanmaları dikkate almadan, ancak meşcerelerin komşuluk ilişkilerini göz önünde bulundurmamak suretiyle ve plan ufkunun belirli bir dönemdeki ürün veya hizmet değerinin belirli bir düzeyin üzerinde olmasının istenmesi halinde fonksiyon değerlerinin periyodik ve toplam değerlerinin nasıl değiştiğini anlamak ve birkaç on yıl sonra herhangi bir fonksiyona olacak talep düzeyinin bugünden kestirilmesi durumunda, plan ünitesinin bu amaca göre nasıl düzenleneceğini belirlemek üzere oluşturulmuştur. Bu amaçla modele, yine en çok 3 adet komşu meşcerenin aynı periyotta geliştirilebilmesine yönelik kısıt ile, 6. periyotta üretilen su miktarının 20 milyon m³ üzerinde olmasını sağlayacak bir kısıt eklenmiştir. Olurlu bir çözümün bulunabilmesi için plan ünitesinden bir periyotta geliştirilebilecek toplam alanın (PFA) 320 hektara, aynı şekilde rekreasyon işletme sınıfından bir periyotta geliştirilebilecek alan miktarının da (maxARZ) 60 hektara çıkarılması gerekmiştir. Bu stratejiye göre modelin çözülmesiyle elde edilen odun üretimine yönelik veriler Tablo 4.18'de verilmiştir.

Tablo 4.18: STRATEJİ5' e göre plan ufku boyunca gerçekleşen odun üretimi miktarları

| Periyot No | Gençleştirme Etası | | Bakım Etası | | Toplam (m ³) |
|------------|--------------------|-----|-------------------|-----|--------------------------|
| | (m ³) | (%) | (m ³) | (%) | |
| p1 | 30186,9 | 52 | 28200,8 | 48 | 58387,7 |
| p2 | 8696,1 | 27 | 23816,3 | 73 | 32512,4 |
| p3 | 47756,9 | 73 | 17267,9 | 27 | 65024,8 |
| p4 | 29142,7 | 60 | 19625,6 | 40 | 48768,3 |
| p5 | 79260,3 | 81 | 18276,4 | 19 | 97536,7 |
| p6 | 122051,9 | 83 | 24363,0 | 17 | 146414,9 |
| p7 | 141865,4 | 82 | 30885,5 | 18 | 172750,8 |
| p8 | 119884,7 | 76 | 37615,8 | 24 | 157500,5 |
| p9 | 126996,3 | 67 | 63896,2 | 33 | 190892,5 |
| Toplam | 705841,2 | 73 | 263947,4 | 27 | 969788,6 |

STRATEJİ5'e göre plan ufku sonunda 969788,6 m³ odun üretimi gerçekleştirilmektedir. Bunun %73'ünü oluşturan 705 841,2 m³ son hasılat kesimleri ile sağlanmaktadır. En az

odun üretimi 32 512,4 m³ ile ikinci periyotta gerçekleşmekte olup, bunun %73 de bakım kesimleri sağlanmaktadır. Diğer periyotlarda son hasılat etası, ara hasılatla oranla daha yüksek düzeylerde gerçekleşmektedir.

STRATEJİ5' e göre plan ufku sonunda toplam 161 426 069 m³ su üretilmektedir. Üretilen suyun parasal değeri 57 144 828,4 TL'dir. 54 566 783,7 TL olan toplam rekreasyon değeri ile birlikte hizmet fonksiyonlarından sağlanan toplam gelir 111 711 612,1 TL olmaktadır (Tablo 4.19).

Tablo 4.19: STRATEJİ5'e göre plan ufku boyunca gerçekleşen su üretimi ve rekreasyon değerleri

| Periyot No | Su Üretim Miktarı (m ³) | Su Üretim Değeri (TL) | Rekreasyon Değeri (TL) | Toplam (TL) |
|------------|-------------------------------------|-----------------------|------------------------|-------------|
| p1 | 18373795 | 6504323,4 | 6131091,3 | 12635414,7 |
| p2 | 18606109 | 6586562,6 | 6295750,4 | 12882313,0 |
| p3 | 19079002 | 6753966,7 | 6479813,9 | 13233780,6 |
| p4 | 19030045 | 6736635,9 | 6435723,1 | 13172359,0 |
| p5 | 19541544 | 6917706,6 | 6626347,4 | 13544054,0 |
| p6 | 20027587 | 7089765,8 | 6425840,6 | 13515606,4 |
| p7 | 16987905 | 6013718,4 | 5984141,4 | 11997859,8 |
| p8 | 15571670 | 5512371,2 | 5290963,1 | 10803334,3 |
| p9 | 14208412 | 5029777,8 | 4897112,6 | 9926890,4 |
| Toplam | 161426069 | 57144828,4 | 54566783,7 | 111711612,1 |

STRATEJİ6, STRATEJİ5'deki komşuluk ve rekreasyon işletme sınıfından bir periyotta geliştirilebilecek maksimum alan kısıtları kaldırılarak oluşturulmuştur. Rekreasyon işletme sınıfındaki bölmecikler genel olarak olgunluk çağına yakın meşcerelerden oluştuğundan, bir periyotta geliştirilebilecek alan miktarının kısıtlanması modelin olurlu çözüm bulmasını güçleştirmektedir. Bu nedenle bu kısıt gevşetilerek, periyodik ve toplam ürün ve hizmet değerlerinin değişiminin incelenmesi amaçlanmıştır. Ancak plan ünitesinin tamamından bir periyotta geliştirilebilecek alan miktarı yine 320 ha ile sınırlandırılmıştır. Periyodik ürün ve hizmet akışlarındaki dalgalanmalar ise dikkate alınmamıştır.

STRATEJİ6'ya göre modelin çözülmesiyle, plan ufku sonunda 971 942,5 m³ odun üretimi gerçekleştirilmektedir. Bunun %73'ünü oluşturan 712 921,1 m³ son hasılat

kesimleri ile sağlanmaktadır. İlk iki periyotta bakım kesimleri ile sağlanan eta miktarı, son hasılat etasına oranla daha yüksekken, sonraki periyotlarda bu oran daha aşağı seviyelerde seyretmektedir. (Tablo 4.20).

Tablo 4.20: STRATEJİ6' ya göre plan ufku boyunca gerçekleşen odun üretimi miktarları

| Periyot No | Gençleştirme Etası | | Bakım Etası | | Toplam (m ³) |
|------------|--------------------|-----|-------------------|-----|--------------------------|
| | (m ³) | (%) | (m ³) | (%) | |
| p1 | 26414,3 | 49 | 27252,7 | 51 | 53667,0 |
| p2 | 8905,2 | 31 | 20025,4 | 69 | 28930,6 |
| p3 | 37357,5 | 68 | 17429,9 | 32 | 54787,3 |
| p4 | 45768,5 | 74 | 16384,2 | 26 | 62152,7 |
| p5 | 85558,1 | 82 | 18623,4 | 18 | 104181,5 |
| p6 | 135460,3 | 84 | 24851,2 | 16 | 160311,5 |
| p7 | 143684,0 | 82 | 31826,5 | 18 | 175510,5 |
| p8 | 112647,8 | 75 | 38487,4 | 25 | 151135,2 |
| p9 | 117125,4 | 65 | 64140,7 | 35 | 181266,1 |
| Toplam | 712921,1 | 73 | 259021,4 | 27 | 971942,5 |

STRATEJİ6' ya göre plan ufku sonunda toplam 159 066 287 m³ su üretilmektedir. Üretilen suyun parasal değeri 56 309 465,6 TL'dir. 58 227 158,3 TL olan toplam rekreasyon değeri ile birlikte hizmet fonksiyonlarından sağlanan toplam gelir 114 536 623,9 TL olmaktadır (Tablo 4.21).

Tablo 4.21: STRATEJİ6' ya göre plan ufku boyunca gerçekleşen su üretimi ve rekreasyon değerleri

| Periyot No | Su Üretim Miktarı (m ³) | Su Üretim Değeri (TL) | Rekreasyon Değeri (TL) | Toplam (TL) |
|------------|-------------------------------------|-----------------------|------------------------|-------------|
| p1 | 18373795 | 6504323,4 | 6131091,3 | 12635414,7 |
| p2 | 18751334 | 6637972,2 | 6295750,4 | 12933722,6 |
| p3 | 19201213 | 6797229,4 | 6489140,2 | 13286369,6 |
| p4 | 19117652 | 6767648,8 | 6662405,6 | 13430054,5 |
| p5 | 19647733 | 6955297,5 | 6855689,8 | 13810987,2 |
| p6 | 20098121 | 7114734,8 | 7027973,3 | 14142708,1 |
| p7 | 16231520 | 5745958,1 | 7126141,6 | 12872099,6 |
| p8 | 14737408 | 5217042,4 | 5758589,5 | 10975631,9 |
| p9 | 12907511 | 4569258,9 | 5880376,6 | 10449635,5 |
| Toplam | 159066287 | 56309465,6 | 58227158,3 | 114536623,9 |

4.4.2. Plan Stratejilerine Ait Genel Bulgular

Planlama modelinin amaç fonksiyonunda yer alan ağırlık değerleri (odunpuanı, supuanı ve rekreasyon puanı) meşcerelerin mevcut fonksiyon değerlerini belirli bir ölçekle (1000) küçültmek suretiyle oluşturulmuştur. Amaç fonksiyonu da bu ağırlık puanları ile meşcerelerin değişik periyotlarda alacağı fonksiyon değerlerinin çarpımının maksimum yapılması üzerine inşa edilmiştir. Dolayısıyla strateji çözümlerinin amaç fonksiyon değerlerinin pratikte önemi olmamasına rağmen, büyüklüğü stratejinin uygulanması neticesinde fonksiyonlardan sağlanacak toplam faydanın büyüklüğünün bir göstergesidir. Bu nedenle alternatif stratejilerin çözümü sonucunda ulaşılan amaç fonksiyonu değerleri Tablo 4.22’de verilmiştir.

Tablo 4.22: Değişik stratejilerin amaç fonksiyonu değerleri

| Strateji No | Amaç Fonksiyonu Değeri |
|-------------|------------------------|
| STRATEJİ1 | 1 445 837 717 |
| STRATEJİ2 | 1 448 404 391 |
| STRATEJİ3 | 1 443 864 787 |
| STRATEJİ4 | 1 443 459 967 |
| STRATEJİ5 | 1 543 702 864 |
| STRATEJİ6 | 1 617 736 307 |

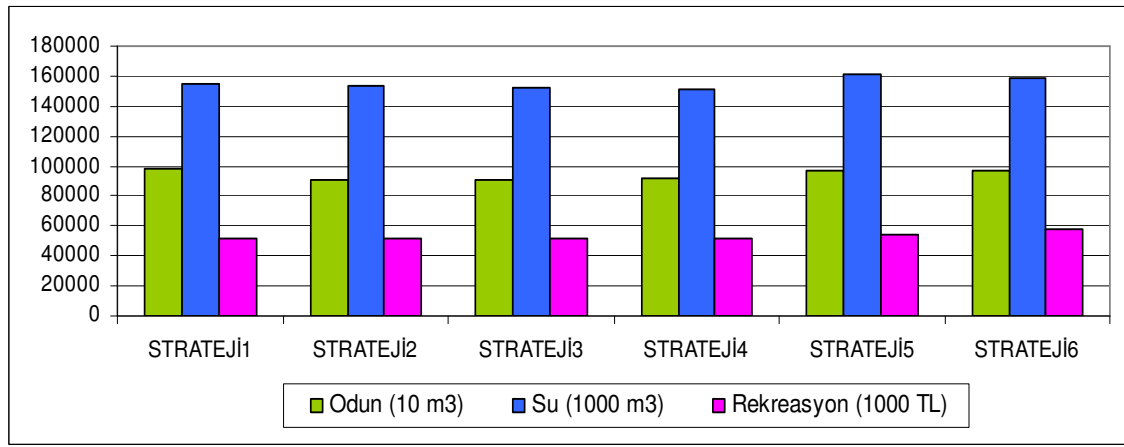
Tablo 4.22’deki bulgulara göre, değişik stratejilerin çözümü neticesinde değişik fonksiyonlardan sağlanan toplam fayda büyükten küçüğe doğru STRATEJİ6, STRATEJİ5, STRATEJİ2, STRATEJİ1, STRATEJİ3 ve STRATEJİ4 şeklindedir.

Değişik stratejilerle planlama ufku sonunda plan ünitesinden sağlanacak fonksiyon değerleri Tablo 4.23 ve Şekil 4.10’de gösterilmiştir. Bu verilere göre odun üretimi tüm stratejilerde 900 000 metreküpün üzerinde gerçekleşmiş olup, en yüksek 982 645,3 m³ lük değerle STRATEJİ1 ile elde edilmektedir.

En yüksek miktarda su üretimi 161 426 069 m³ ile STRATEJİ5’de gerçekleşmekte, bunu STRATEJİ6 izlemektedir. 151 654 294 m³ ile en az su üretimi STRATEJİ4’de olmaktadır.

Tablo 4.23: Değişik stratejilerle planlama ufku süresince sağlanacak fonksiyon değerleri

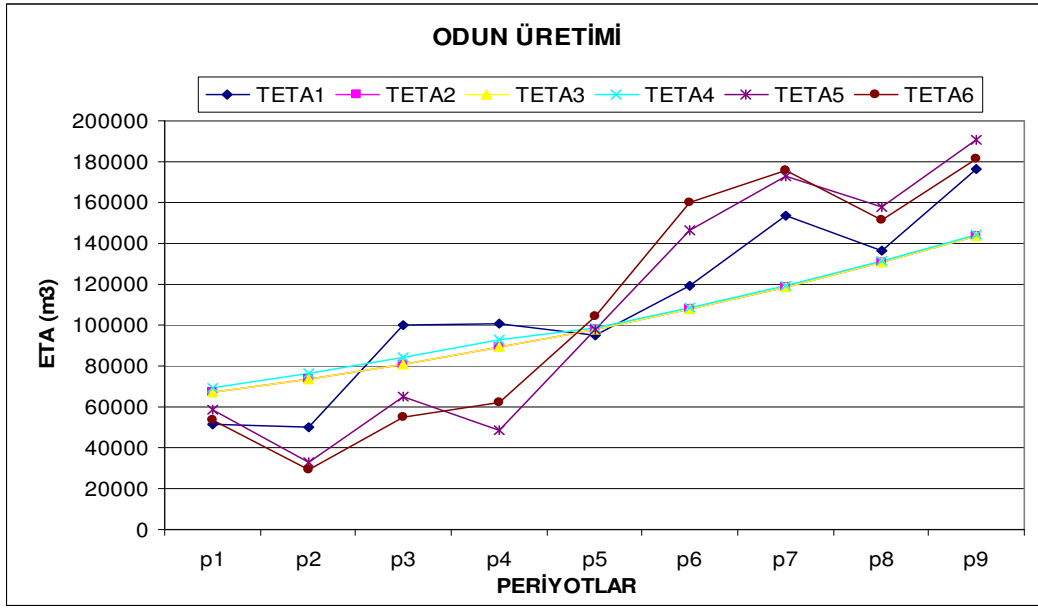
| Strateji No | Odun Üretimi (m ³) | Su Üretimi (m ³) | Rekreasyon Değeri (TL) |
|-------------|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------|
| STRATEJİ1 | 982645,3 | 155010311 | 51161785,0 |
| STRATEJİ2 | 909603,7 | 154018842 | 51159729,5 |
| STRATEJİ3 | 909171,0 | 152668102 | 51133136,0 |
| STRATEJİ4 | 923914,8 | 151654294 | 51143949,8 |
| STRATEJİ5 | 969788,6 | 161426069 | 54566783,7 |
| STRATEJİ6 | 971942,5 | 159066287 | 58227158,3 |



Şekil 4.10: Değişik stratejilerle planlama ufku sonunda fonksiyon düzeyleri

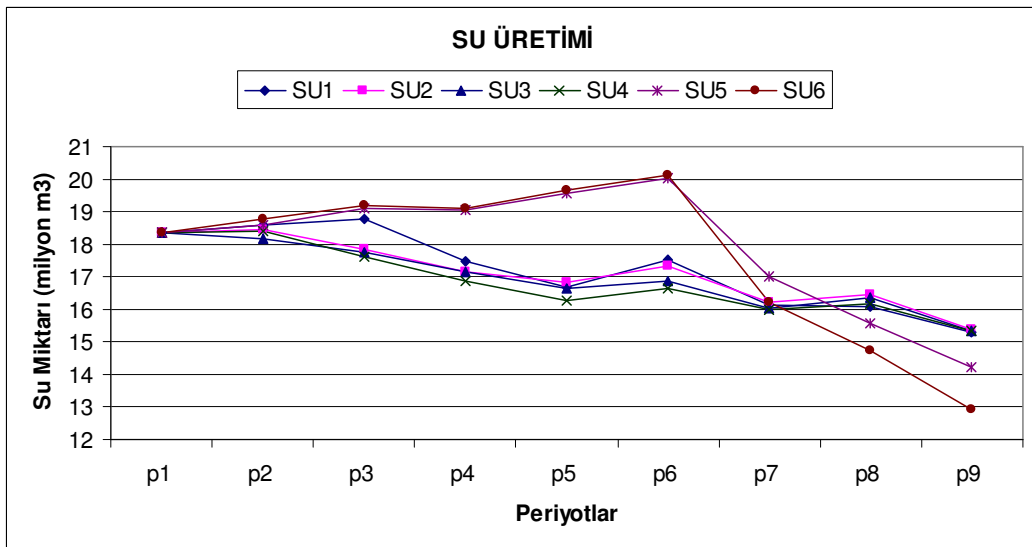
En yüksek rekreasyon geliri 58 227 158,3 TL ile STRATEJİ6' da oluşmakta ve bunu STRATEJİ5 izlemektedir. Diğer stratejiler için düzey 51 milyon TL civarındadır ve 51 133 136,0 TL ile en az STRATEJİ3'de gerçekleşmektedir.

Odun üretimi miktarının stratejiler açısından değişik periyotlardaki değişimine ait bulgulara göre, odun üretiminin tüm stratejiler için ilk periyotlarda bağıl olarak az olduğu ve ilerleyen periyotlarda gittikçe arttığı görülmektedir. STRATEJİ2, STRATEJİ3 ve STRATEJİ4'de odun üretimi periyodik gelişimi, üst üste örtüşecek şekilde benzer bir seyir göstermektedir. Bu üç stratejiye göre gerçekleşen odun üretim miktarları ilk periyotlarda diğer stratejilere göre daha üst düzeyde gerçekleşirken, ilerleyen periyotlarda diğer stratejilerin altına düşmektedir (Şekil 4.11).



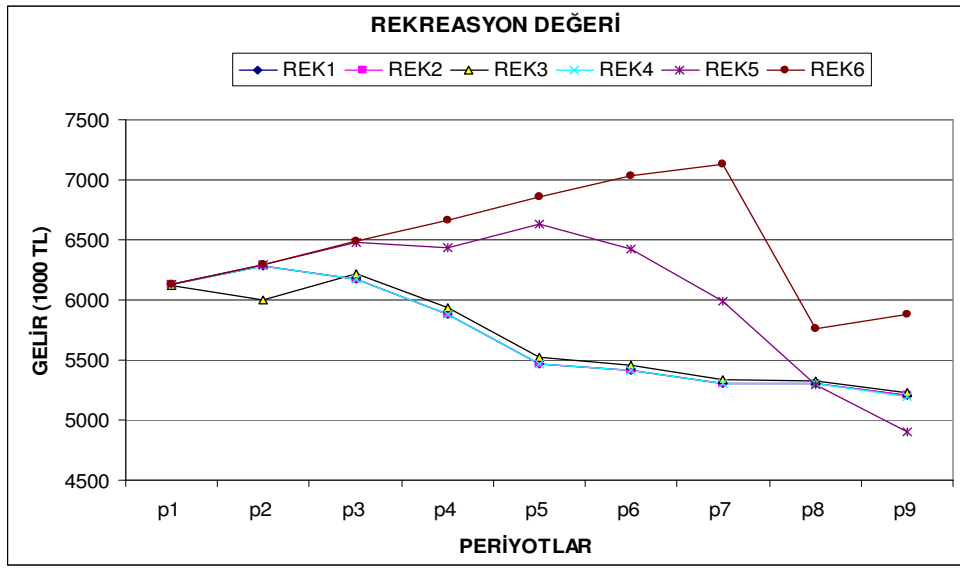
Şekil 4.11: Değişik stratejilere göre periyodik odun üretimi miktarları

18 373 795 m³ ile tüm stratejiler için ilk periyotta gerçekleşen su üretim miktarı aynıdır. Daha sonra STRATEJİ2, STRATEJİ3 ve STRATEJİ4' de üretilen su miktarı tüm periyotlar için hemen aynı olarak ve sürekli düşerek, diğer stratejilerden ayrılmaktadır. STRATEJİ5 ve STRATEJİ6'daki su üretim miktarları ise 6. periyota kadar hemen hemen aynı seyri göstermekte ve 6. periyotta 20 milyon metreküp seviyesinin üzerine çıktıktan sonra düşmektedir (Şekil 4.12).



Şekil 4.12: Değişik stratejilere göre periyodik su üretimi miktarları

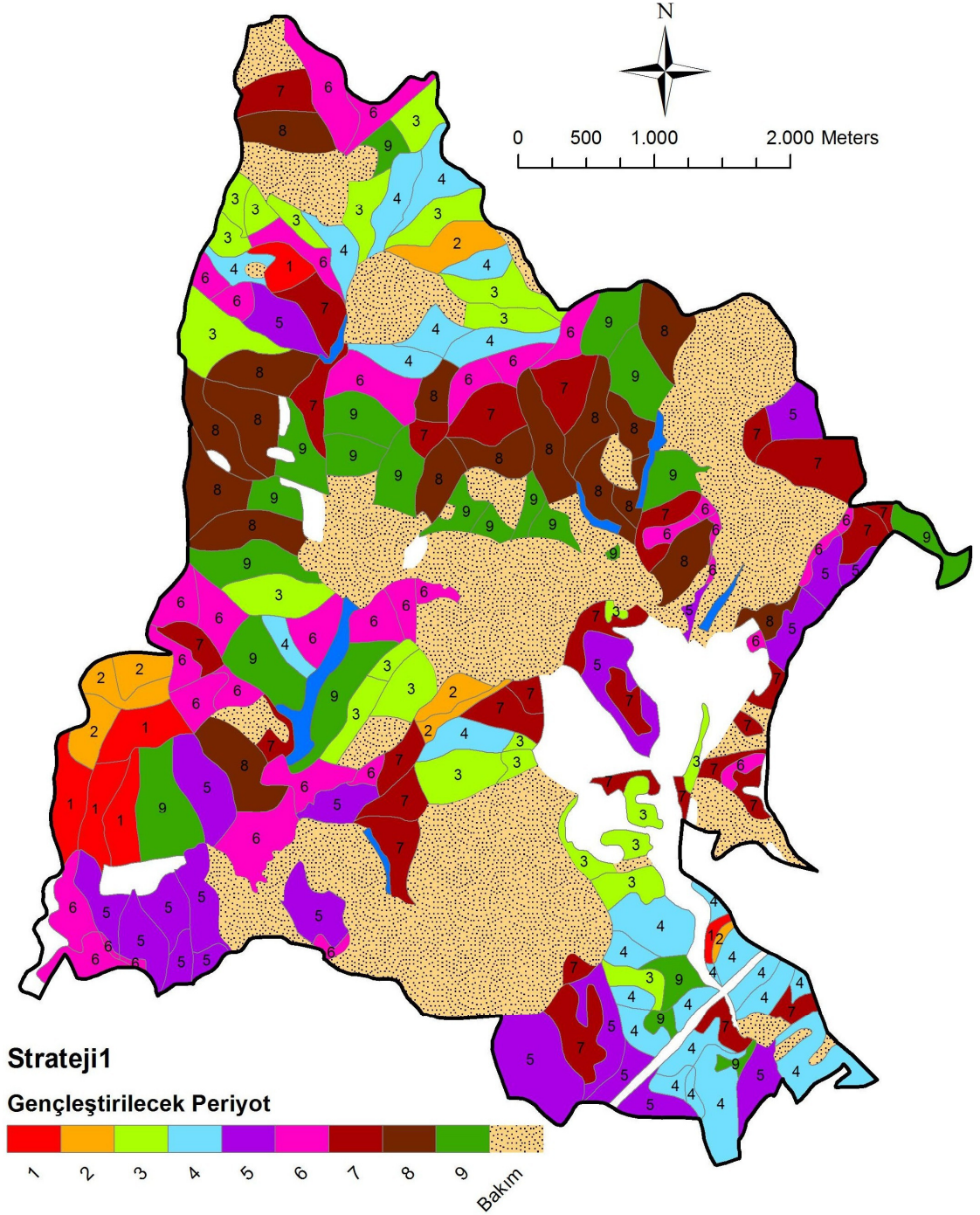
Rekreasyon değerinin stratejiler açısından değişik periyotlardaki değişimine ait bulgular, su üretimindeki bulgulara paralel bir seyir göstermektedir. İlk periyotta STRATEJİ3 hariç diğer stratejiler için rekreasyon değeri 6 131 091,3 TL olarak aynıdır. STRATEJİ1, STRATEJİ2, ve STRATEJİ4’de fonksiyonun seyri hemen hemen üst üste örtüşecek şekilde benzer bir eğilim göstermekte ve ikinci periyottan itibaren değerinde düşüş izlenmektedir. STRATEJİ3 ise üçüncü periyottan itibaren bu eğilime uymaktadır. STRATEJİ6’da 7. periyoda kadar periyodik olarak artan rekreasyon değeri, bu periyottan sonra büyük bir düşüş göstermektedir (Şekil 4.13).



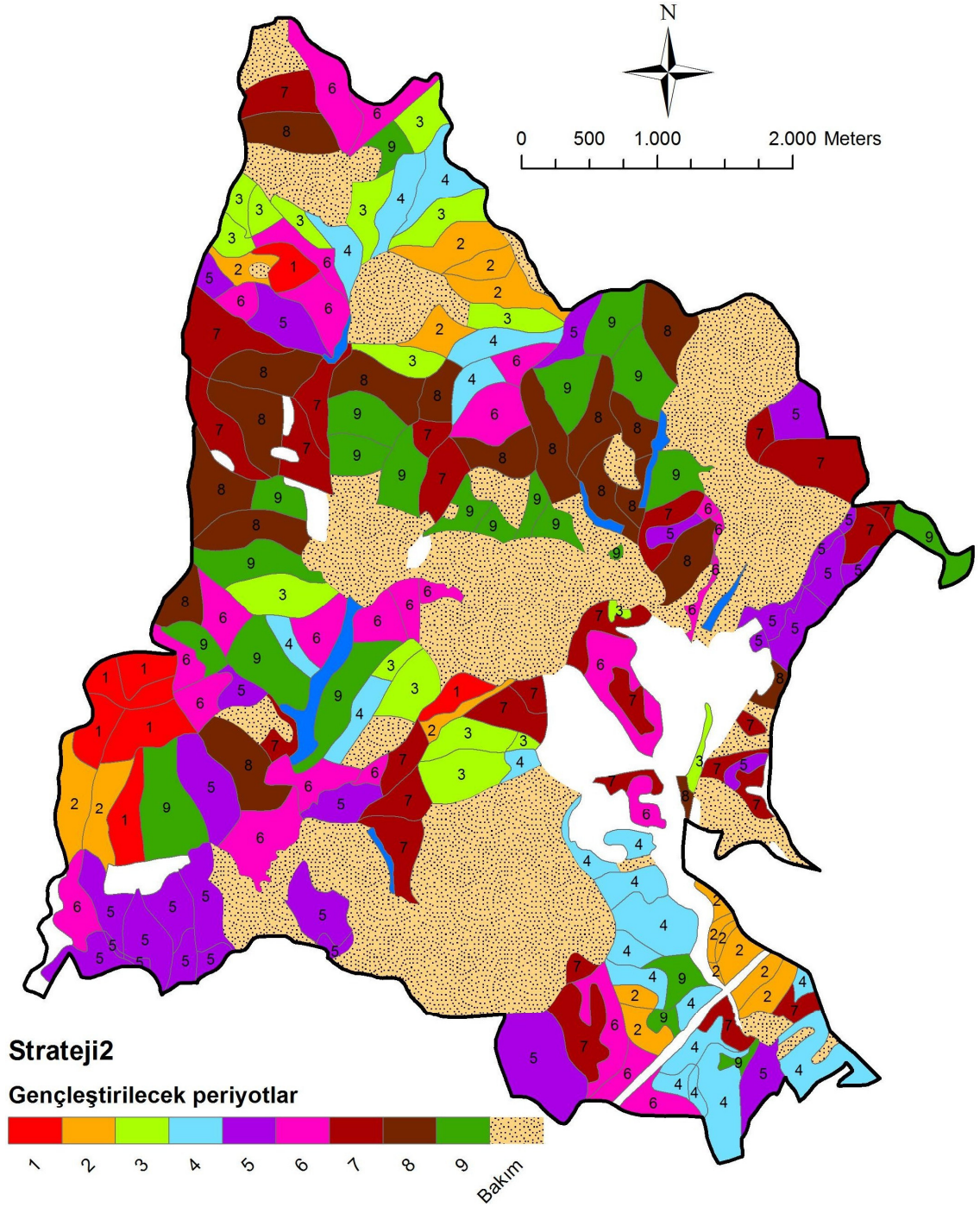
Şekil 4.13: Değişik stratejilere göre periyodik rekreasyon değeri miktarları

Gençleştirme alanlarının büyüklükleri STRATEJİ2, STRATEJİ3 ve STRATEJİ4’ de birbirine çok yakın bir seyir izlemekte ve 5. periyota kadar periyodik olarak sürekli artmaktadır. 5. periyottan itibaren planlama ufku sonuna kadar yaklaşık olarak periyodik faydalanma alanı kısıtının (ilk 4 stratejide 280 ha, son iki stratejide 320 ha) üst seviyesine kadar büyüklükte saha her periyotta gençleştirilmektedir (Şekil 4.14).

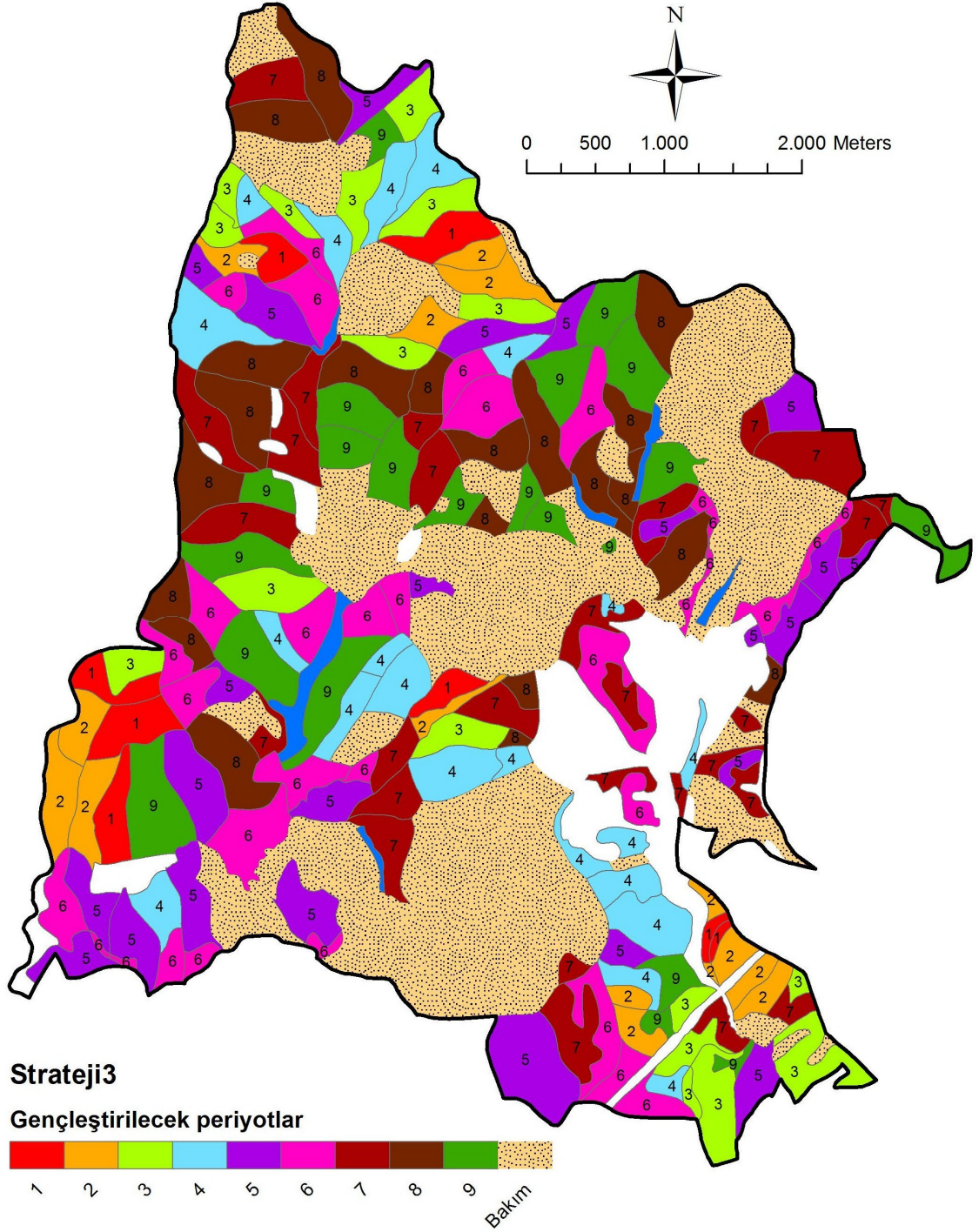
Alternatif strateji seçenekleri için bölmeciklerin hangi periyotta geliştirileceğini gösteren kesim düzeni haritaları Şekil 4.15, Şekil 4.16, Şekil 4.17, Şekil 4.18, Şekil 4.19 ve Şekil 4.20' de verilmiştir.



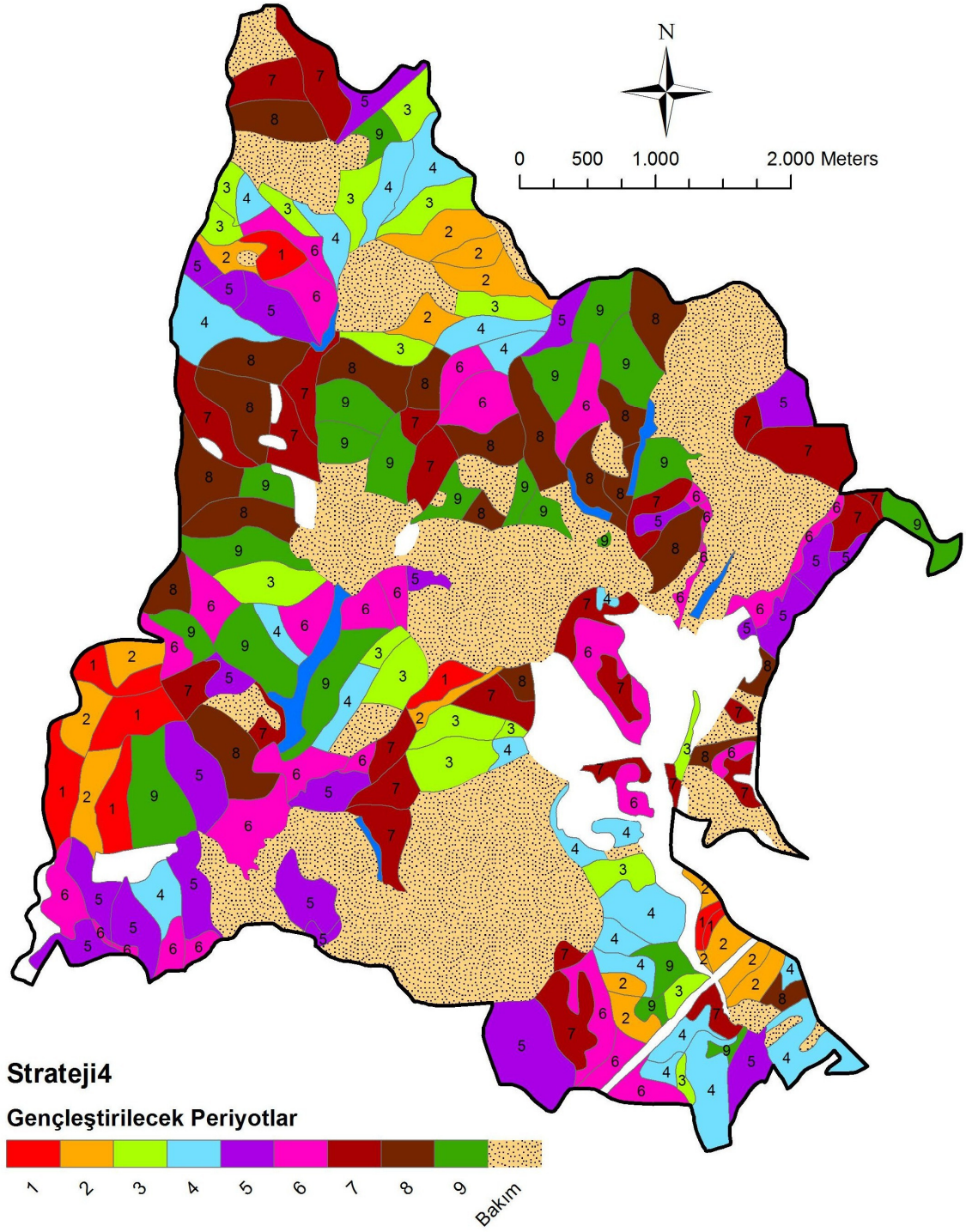
Şekil 4.15: STRATEJİ1'e göre bölmeciklerin geliştirileceği periyotlar



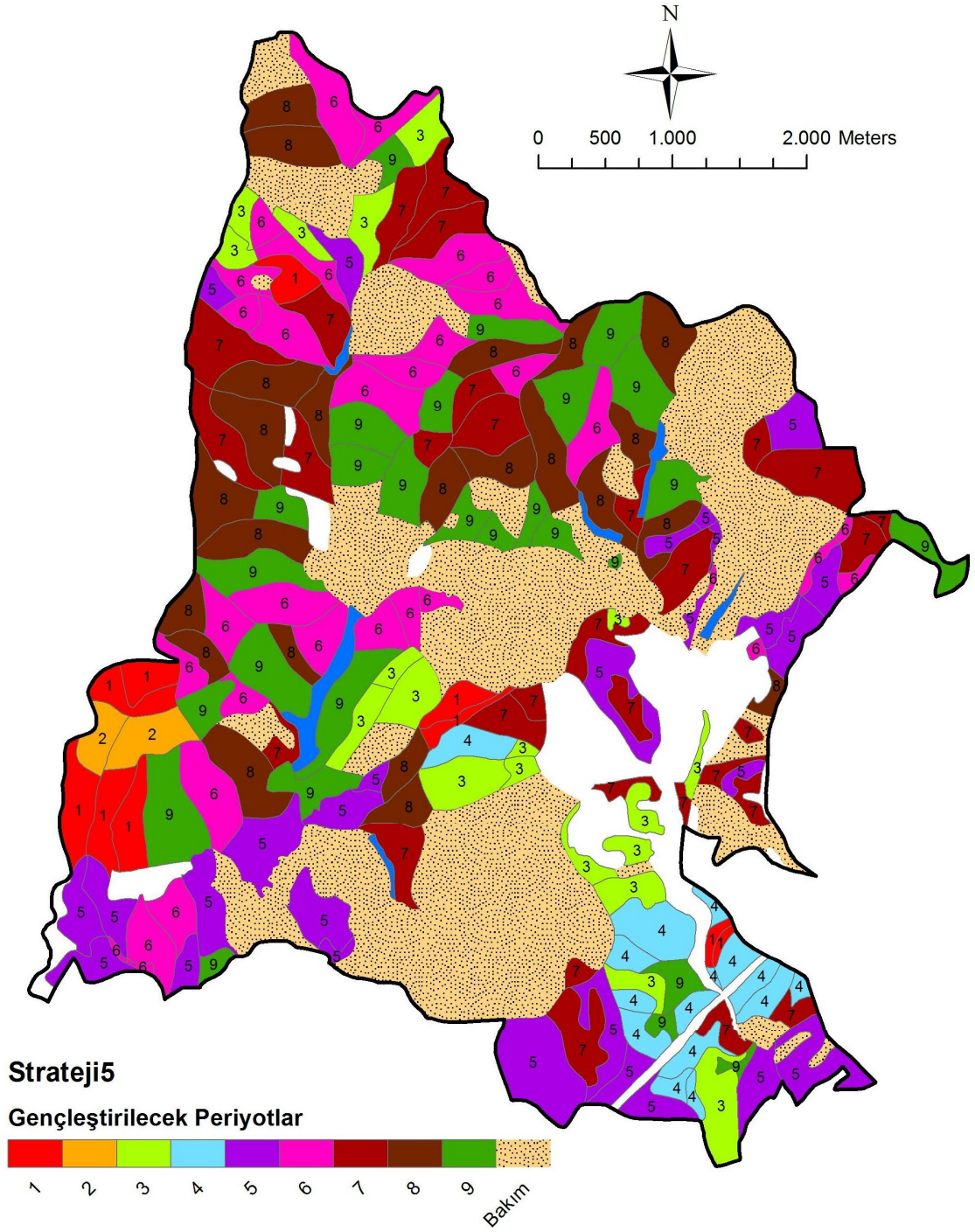
Şekil 4.16: STRATEJİ2'ye göre bölmeciklerin gençleştirileceği periyotlar



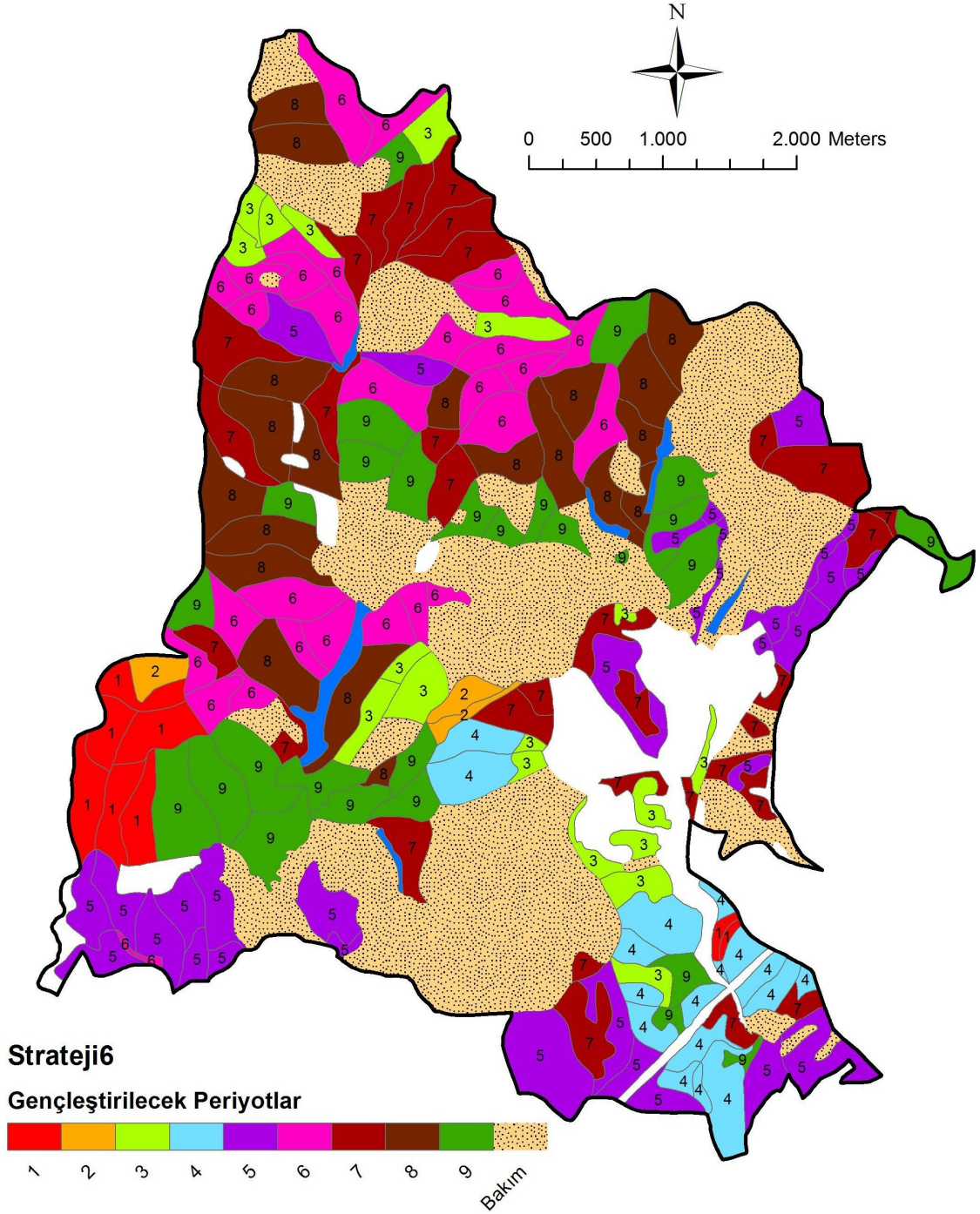
Şekil 4.17: STRATEJİ3'e göre bölmeciklerin gençleştirileceği periyotlar



Şekil 4.18: STRATEJİ4'e göre bölmeciklerin gençleştirileceği periyotlar



Şekil 4.19: STRATEJİ5'e göre bölmeciklerin gençleştirileceği periyotlar



Şekil 4.20: STRATEJİ6'ya göre bölmeciklerin gençleştirileceği periyotlar

Çalışmanın amaçlarından birisi de çok amaçlı planlama yaklaşımına uygun olarak, gençleştirme çalışmalarının plan ünitesinin neresinde, ne zaman yapılacağını

belirledikten sonra meşcerelerden değişik periyotlarda ne kadar bakım alacağını belirlenmesi idi. Oluşturulan model esasen bunun miktarını ayarlayarak toplam etayı hesaplamaktadır ve model çıktılarında bu otomatik olarak oluşturulmaktadır.

Örnek olarak MGnc3 meşceresinin genel alanından değişik stratejiler için değişik periyotlarda alınacak ara hasılat etası miktarları Tablo 4.24' de verilmiştir. 2. bölmede, IV. bonitet sınıfında bulunan ve ortalama 160 yaşında olan bu meşcerenin alanı 14,5 ha olup, aktüel hacmi de 297,09 m³/ha' dır. İlk 4 stratejide 7. periyotta gençleştirilmesi öngörülen bu meşcere, STRATEJİ5 ve STRATEJİ6' da 8. periyotta gençleştirilmektedir. Bu periyotlar için model ara hasılat etası yerine, meşcere için son hasılat etası hesaplamaktadır.

Tablo 4.25: MGnc3 meşceresinden değişik periyotlarda alınacak ara hasılat etası miktarları

| Periyot No | ARA HASILAT ETASI (m ³) | | | | | |
|------------|-------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | STRATEJİ1 | STRATEJİ2 | STRATEJİ3 | STRATEJİ4 | STRATEJİ5 | STRATEJİ6 |
| P1 | 214,80 | 214,80 | 214,80 | 214,80 | 214,80 | 214,80 |
| P2 | 212,45 | 212,45 | 212,45 | 424,89 | 212,45 | 212,45 |
| P3 | 209,28 | 209,28 | 209,28 | 198,65 | 209,28 | 209,28 |
| P4 | 205,45 | 205,45 | 205,45 | 195,02 | 205,45 | 205,45 |
| P5 | 201,10 | 402,21 | 201,10 | 190,90 | 201,10 | 201,10 |
| P6 | 196,35 | 372,59 | 196,35 | 186,38 | 196,35 | 196,35 |
| P7 | Gençleştirme | Gençleştirme | Gençleştirme | Gençleştirme | 191,28 | 191,28 |
| P8 | 29,21 | 29,21 | 29,21 | 29,21 | Gençleştirme | Gençleştirme |
| P9 | 260,35 | 173,57 | 173,57 | 173,57 | 43,82 | 43,82 |

İlk plan döneminde (1. periyotta) gençleştirilecek alanlardan alınacak son hasılat etası miktarları ile konumsal özelliklerine ilişkin bazı veriler STRATEJİ3 için örnek olarak Tablo 4.26' da verilmiştir. Bu şekilde operasyonel plana temel teşkil edilecek veriler de ortaya konmuş olmaktadır.

Tablo 4.26: STRATEJİ3 için ilk plan döneminde gençleştirilecek alanlardan alınacak son hasılat etası miktarları

| Bölme No | Mescere Tipi | Alan (ha) | Bonitet | Yaş | Hacim (m3/ha) | Artım Yüzdesi (%) | İşletme Sınıfı | Son Hasılat Etası m ³ |
|----------|--------------|-----------|---------|-----|---------------|-------------------|----------------|----------------------------------|
| 17 | KnMd3 | 16,9 | II | 190 | 438,68 | 0,28 | RHO | 7523,7 |
| 21 | KnMc3 | 10,0 | II | 190 | 351,83 | 0,28 | HO | 3571,3 |
| 105 | MGnc3 | 8,5 | IV | 150 | 297,09 | 0,39 | O | 2588,3 |
| 114 | MGnc3 | 12,2 | IV | 150 | 297,09 | 0,39 | O | 3682,6 |
| 116 | MGnc3 | 17,9 | IV | 150 | 297,09 | 0,39 | O | 5422,8 |
| 129 | MGnc3 | 15,2 | IV | 130 | 297,09 | 0,49 | O | 4634,0 |
| 144 | Cfc3 | 2,9 | I | 50 | 88,78 | 2,57 | O | 288,5 |
| 145 | Cfc3 | 1,8 | I | 50 | 88,78 | 2,57 | O | 182,8 |

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu bölümde öncelikle alanın genel durumuna ilişkin bulgular, çalışmanın kapsamı gözönünde bulundurularak değerlendirilmiş, daha sonra da geliştirilen 6 adet stratejinin çözümü ile elde edilen bulguların değerlendirilmesi üzerinde ağırlıklı olarak durulmuştur.

Çalışma alanının büyük bir kısmı (%96,8) az veya orta eğimli olup, değişik fonksiyonlar açısından önemli bir eğim sorunu görülmemektedir. Alanın genel olarak güney bakılı olması ve iklim verilerine göre yazın yarı kurak şartların hüküm sürmesi meşcerelere yapılacak silvikültürel müdahalelerin kapalılığı fazla kırmayacak şekilde gerçekleştirilmesini gerekli kılmaktadır. Bu durum hem meşcerelerin yarı kurak periyotu atlatabilmeleri hem de hidrolojik fonksiyona yönelik olarak buharlaşma ile su kaybının önlenmesi açısından önemlidir. Destan (2001)' in verilerine göre alan büyük ölçüde meşe ve kayın formasyonuna ait bulunmaktadır. Ancak aktüel meşcere tipleri haritası ve meşcere tiplerindeki karışım oranları gözönünde bulundurulduğunda gürgenin yayılış alanını ve karışım oranını artırdığı söylenebilmektedir. Tarihsel süreçteki kullanımlar nedeniyle ormandaki sürgün kökenli bireylerin fazlalığı ve gürgenin bu işgalci yayılışı orman stabilitesinin zayıf olduğunun bir göstergesi olarak görülmektedir. Bu durum çalışmada meşcere sağlığı ve stabilitesi yerine kullanılan baz değerinin de düşük olmasına neden olmakta ve böyle alanlarda beklenen fonksiyonun daha düşük derecede gerçekleştiğini göstermektedir. Bu nedenle işletme amaçları açısından da elverişli görülen meşe ile optimum yayılışından uzakta bulunan kayın (Yaltırık, 1963) lehinde silvikültürel müdahalelerin yapılması gerekmektedir.

Çalışma kapsamında meşcereler için bir olgunluk araştırması yapılmamış ve genel olarak olgunluk yaşının odun üretiminde 100 yıl ve rekreasyon ile hidrolojik fonksiyon için 200 yıl olduğu varsayılmıştır. Rekreasyon ve hidroloji fonksiyonları yönünden meşcere olgunluk periyotunun çok uzun yılları kapsaması sözkonusu olmasına rağmen, meşcerelerin yine sürgünden oluşma durumları bu süreyi kısıtlayan bir etken olmuştur.

Çok ileri yaşlarda meşcerelerin tohum verme kabiliyetinin düşeceği ve bu durumun hem fonksiyon sürekliliğini hem de doğal gençleştirme koşullarını etkilemesinin toplum taleplerinin karşılanması ve ekosistem işleyişi açısından olumsuz sonuçlar doğuracağı gözönünde bulundurularak doğal gençleştirme olgunluklarına karşılık geldiği varsayılan 200-300 yılları arasında (tür ve bonitete göre değişmekte) meşcerelerin gençleştirilmesi öngörülmüştür. Bu kabullere göre, plan ünitesi için alanın yaş sınıflarına dağılımı incelendiğinde olgunluk periyoduna ulaşmış veya ulaşmakta olan ve bu periyotta gençleştirilmesi gereken çok sayıda bölmecik olduğu görülmektedir. Bölmeciklerin olgunluk periyotundan önce veya sonra gençleştirilmeleri plan ünitesinden beklenen fonksiyonların gerçekleşme düzeyini düşüreceğinden planlama modeli bu kısıt gözönünde bulundurularak oluşturulmuştur.

Çalışmada meşcere hacimleri periyot başına göre hesaplanmıştır. Giderek azalan artımın da etkisini dahil etmek amacıyla hesaplamaların esasen periyot ortasına göre yapılması gerekmektedir. Çalışmanın yarı teorik bir yapısının bulunması ve bazı deneme amaçlı hesaplamalara bu şekilde başlanması nedeniyle tekrar geri dönülemezdir. Bu durum çalışmanın ana amacı olarak ortaya koyulan yaklaşımı etkilememekle birlikte gerçek uygulamalarda giderilmesi gerekir. Benzer durum plan ufğunun son periyotu için hacim hesaplanmamasında da geçerlidir. Öngörü eksikliği nedeniyle; 10. periyot değerlerinin hesaplanabilmesi için gerekli olan, artım yüzdeleri simülasyon yönteminde 11. döneme aktarılan hacim miktarının belirlenmesi ve matrislerin de 11 periyot üzerinden hesaplanması işlemi gerçekleştirilmemiştir.

Geliştirilen modelde alt ve üst sınırı meşcere gelişim çağına bağlı olarak model, meşcereler için ara hasılat etası hesaplamaktadır. Alt sınırın belirlenmesi ile bu işlem gençleştirme periyotu dışındaki her periyotta her meşcere için zorunlu olarak bakım etası hesaplanmasını sağlamaktadır. Modellemeye bu şekilde aktarılan yapının, ara hasılat etasının sadece istenen periyotlarda alınmasını sağlayacak şekilde düzenlenmesi de mümkündür.

Meşcerelerin konumsal özelliklerinin planlamaya dahil edilmesi çalışmanın ana amacı olmadığından bu konuda detaya gidilmemiş, sadece birbirine sınır (komşu) belirli sayıda meşcerenin aynı periyotta gençleştirilmesinin önlenmesi şeklinde bu durum

modellemeye yansıtılmıştır. Burada birbirine komşu bölmeciklerin alanı yerine sayıdan hareket edilmesinin, aynı sayıda ama alan olarak çok farklı büyüklükte meşcerelerin olması durumunda gençleştirme alanı büyüklüğünün kontrolünde yetersiz kaldığı düşünülebilir. Gençleştirme alanlarının büyüklüğü periyodik faydalanma alanı kısıtı ile zaten sınırlandırıldığından; sayıdan hareket edilmesinin komşuluk ilişkilerinin gözetilmesinde oldukça pratik bir yol olduğu düşünülmektedir. Bununla birlikte komşu meşcerelerin alan olarak sınırlandırılması, geliştirilen modelin yapısına kısıt olarak kolayca eklenebilecek niteliktedir.

Odun üretimi ve hidrolojik fonksiyonlara ayrılacak alanların belirlenmesi bağıl olarak çok fazla bir hesap gerektirmezken, rekreasyon işletme sınıfına ayrılacak potansiyel alanların belirlenmesi ve bunlar içerisinde uygun büyüklükteki işletme sınıfı alanını oluşturacak kadar bölmeciğin seçilmesi yoğun bir veri girişi ve hesaplamalarla gerçekleştirilmiştir. Bölmeciklerin rekreasyona uygunluğunun belirlenmesinde 15 adet kriter kullanılmıştır. Bu kadar kriterden yola çıkarak yapılacak bir değerlendirme her alan için gerekmez veya bazı alanlarda kriter sayısını daha da artırmak sözkonusu olabilir. Genel olarak bu kriterlerin değerlendirmelerde eşit ağırlığa sahip olduğu varsayılmıştır. Esasen değişik kriterlerin ağırlığının bir denklem vasıtasıyla ortaya koyularak bölmeciklerin rekreasyon yönünden uygunluk değerlendirmelerinin yapılması daha gerçekçi sonuçlara ulaşma açısından faydalı olacaktır. Kullanılan kriterlerin büyük bir kısmının değeri bölmecik açısından sabittir. Bakı, eğim, toprak derinliği ve tipi, rölyef gibi özelliklerin değiştirilmesi teorik olarak imkansızdır veya bazı kriterlerde yapılacak değişiklikler doğallığa zarar vereceğinden ekosistem tabanlı bir yaklaşımla uyuşmayacaktır. Ancak görüş derinliği, orijin değeri ve meşcere tipi katsayıları gibi değişken kriterlerin daha elverişli hale getirilmesiyle, bölmeciklerin rekreasyona uygunluğu artırılabilir. Benzer durum su üretimine uygunluğun belirlenmesinde kullanılan kriterler için de geçerlidir.

Değişik fonksiyonların aynı plan çatısı altında buluşturulması amacıyla özgün bir matematiksel model oluşturulmuştur. Meşcerelerden alınabilecek ara hasılat miktarlarının alt ve üst sınırları tanımlanarak, bu aralıkta kalmak şartıyla her periyotta bakım kesimleri ile meşcereden çıkarılacak hacim miktarını ve meşcerenin gençleştirileceği periyodu ayarlamak suretiyle hem odun üretimi hem de diğer

fonksiyonların seyri düzenlenmeye, diğer taraftan da plan ufku sonunda sağlanacak toplam fayda en iyilenmeye çalışılmıştır. Ara hasılat oranları belirlenirken sadece meşcere gelişim çağına bağlı bir tanımlama yapılmıştır. Oysa buna ek olarak meşcerenin bulunduğu işletme sınıfına (gördüğü fonksiyona) göre de bir tanımlama yapılabileceği görülmüştür. Böyle bir tanımlamanın daha sonraki çalışmalarda modele kısıt olarak eklenmesi, meşcerelerin gördüğü fonksiyon yönünden yapısal düzenlenişlerinin daha elverişli hale getirilmesini sağlayacak ve ekosistem tabanlı fonksiyonel planlama anlayışının özüne daha uygun olacaktır.

Geliştirilen planlama stratejileri incelendiğinde en yüksek toplam faydanın STRATEJİ6'da gerçekleştiği görülmektedir. Burada 6. periyottaki su üretim miktarının 20 milyon m³ olması kısıtı dışındaki diğer kısıtlar (periyodik dalgalanmalar, komşuluk kısıtları, bir periyotta gençleştirilebilecek alan miktarı) gevşetildiğinden; modelin, arasından seçim yapabileceği karar alternatiflerinin sayısı artmış ve çok sayıdaki alternatif arasından en uygun sıralama ve kesim miktarları ayarlanarak en yüksek toplam fayda düzeyine ulaşılmıştır. Rekreasyon işletme sınıfından bir periyotta gençleştirilecek alan miktarının gevşetilmesi nedeniyle, bu işletme sınıfındaki meşcerelerin son periyotlara kadar büyümesi nedeniyle rekreasyona uygunluk katsayılarının ve meşcere hacmi ile doğru orantılı olan rekreasyon değerlerinin artması ile birlikte toplam faydanın yükselmesi sağlanmıştır. Benzer şekilde rekreasyon ve hidroloji fonksiyonunun örtüştüğü alanlardaki meşcerelerin gençleştirilmesinin ertelenmesiyle su değerinin artması da toplam fayda üzerinde etkili olmuştur. Ancak bu durum son periyotlarda büyük alanlarda gençleştirme yapılmasını zaruri kılmıştır. Kısıt türü ve düzeyinin artması toplam faydanın düşmesine neden olmaktadır.

En belirgin özelliği su üretim miktarının 6. periyotta 20 milyon metreküpün üzerinde bulunması olan STRATEJİ5 ve STRATEJİ6 hariç diğer stratejilerde, plan ufkunun genel olarak başından sonuna doğru periyodik olarak su üretim miktarının azaldığı görülmektedir. STRATEJİ2, STRATEJİ3 ve STRATEJİ4' deki periyotlar arası denge kısıtları nedeniyle bu değişim düzenli bir şekilde gerçekleşmektedir. Rekreasyon değeri için de aynı seyri gözlemlemek mümkündür. Odun üretiminin ise bu fonksiyonların aksine periyodik olarak stratejilerin geneli için bir artış gösterdiği, periyodik dalgalanma kısıtlarının olduğu stratejilerde bunun düzenli bir şekilde gerçekleştiği görülmektedir.

Rekreasyon ve kaliteli su üretim miktarlarının meşcere hacmi ile doğru orantılı olması nedeniyle, odun üretimiyle meşcereden çıkarılan hacim, rekreasyon ve su üretim düzeylerinin düşmesine neden olmaktadır. Genel olarak rekreasyon ve hidrolojik fonksiyon birbiri ile uyumlu bir yapı gösterirken, odun üretimi bu fonksiyonlarla rekabet halindedir. Bununla birlikte rekreasyon ve hidroloji fonksiyonlarının örtüştüğü alanlarda; rekreasyon amaçlı kullanımın hidrolojik fonksiyona zarar vermesini önleyecek şekilde, rekreatif faaliyetlerin kısıtlanması gerekmektedir.

STRATEJİ2, STRATEJİ3 ve STRATEJİ4 için tüm fonksiyon değerlerinin periyodik seyri hemen hemen üst üste örtüşmekte olan bir durum göstermektedir. Farklılık alınan bakım etalarında ve gençleştirmek üzere seçilen meşcerelerde oluşmaktadır. Bunda periyotlar arası etal dalgalanması kısıtının ana etken olduğu düşünülmektedir. Periyodik etalar arasında %10 dalgalanmaya izin verilmesi, diğer fonksiyon değerlerinin de bu şekilde bir seyir izlemesine neden olmaktadır. Dolayısıyla odun üretimi için eklenen periyodik dalgalanma kısıtı; diğer fonksiyonlar için de periyodik seyrin benzer sınırlar içerisinde değişimine neden olduğundan, hidrolojik ve rekreasyon fonksiyonları için eklenen periyodik dalgalanma kısıtının önemli bir etkisi olmamıştır. Aralarından seçim yapılacak çok sayıda gençleştirilecek meşcere olması nedeniyle de, komşuluk kısıtları fonksiyonların genel eğilimini fazla etkilememektedir.

Plan ünitesinin tamamından her periyotta gerçekleştirilen toplam gençleştirme alanı büyüklükleri incelendiğinde; modelin meşcerelerden kesim yapmama eğiliminde olduğu ancak kısıtları karşılayabilmek amacıyla minimum düzeyde kesim yapmaya çalıştığı anlaşılmaktadır. Hacim birikimi yoluyla su ve rekreasyon düzeylerini artırmaya ve meşcerelerin gençleştirilmesini mümkün olduğunca geciktirmeye çalışmaktadır. Benzer durumu etanın ara ve son hasıllara dağılım oranlarında da görmek mümkündür. Tüm stratejilerde etanın büyük kısmı son hasıllar etası şeklinde gerçekleşmektedir. Olgunluğa ulaşmaları nedeniyle meşcerelerin gençleştirilme zorunluluğu olmasa, modelin meşcereleri neredeyse sürekli hacim olarak büyümeye bırakacağı ve gençleştirmeyeceği söylenebilir. Gençleştirilen alanların son periyotlarda bağıl olarak yüksek oluşu, bu periyotlarda odun üretim miktarının yüksek olmasını sağlarken, su ve rekreasyon fonksiyonlarının düzeylerinin de düşmesine neden olmaktadır.

Rekreasyon ve su üretim değerlerinin periyodik olarak artmasını veya mevcut periyodik değerlerinin altına düşmemesini sağlayan bir strateji geliştirilmeye çalışılmış ancak bu durumda olurlu bir çözüm bulunamamıştır. Bunun nedeni olarak da rekreasyon işletme sınıfındaki meşcerelerin büyük ölçüde olgunluğa ulaşmış olduğu ve bir an önce gençleştirilmeleri gerekliliği nedeniyle, modelin bunu gerçekleştirmek üzere arasından seçim yapabileceği yeterli alternatiflere sahip olamaması görülmüştür. Bunda plan ünitesinde plan ufku içerisinde gençleştirilmesi gereken alan miktarının fazlalığı da etkindir. Plan ünitesinin yaklaşık %70'inin plan ufku içerisinde gençleştirilmesi gerekmekte bu da rekreasyon ve hidroloji fonksiyonlarının değerlerinde düşüşe neden olmaktadır. Bu nedenle, modellemede 100 yıllık plan ufkunun bir nevi düzenleme süresi gibi kullanılması ve bu süre içerisinde gençleştirme aşamasına ulaşan meşcerelerin mutlaka bir kez gençleştirilmesi zorunluluğunun katı bir kural olduğu görülmüştür. Bunu aşmak üzere daha sonra yapılacak çalışmalarda plan ufku ve ekosistem düzenleme süresi göz önünde bulundurularak, gençleştirilecek meşcerelerin seçiminde değişik kriterler kullanılabilir veya senaryolara meşcerelerin gençleştirilmemeleri durumu, modele de meşcerelerin en çok bir kez gençleştirilebileceği şeklinde kısıt eklenebilir.

Rekreasyon işletme sınıfı alanının bağıl olarak küçük oluşu ve olgunluk çağına ulaşan meşcerelerin çokluğu nedeniyle, komşuluk ilişkilerini gözetmek ve aynı periyotta komşu meşcerelerin gençleştirilmesini engellemek amacıyla kısıt eklenmesi veya bir periyotta bu işletme sınıfından gençleştirilecek alan miktarlarının kısıtlanarak belirli bir düzeyin altında olmasının istenmesi durumunda olurlu çözümün bulunması mümkün olmamaktadır. Bu durum yaşlı meşcerelerin rekreasyona uygunluğunun yüksek olmasına rağmen işletme sınıfı oluştururken tüm yaş sınıflarından alanların bu işletme sınıfına dahil edilmesinin ve koruma veya başka endişeler gibi kısıtlar olmaması durumunda rekreasyon fonksiyonu için plan ünitesinin tamamının göz önünde bulundurulmasının fonksiyon sürekliliği açısından daha elverişli koşulların oluşmasına imkan sağlayacağını düşündürmektedir. Bahsedilen sorunun nedenlerinden birisi olarak da bireysel olarak bölmeçik alanlarının büyüklüğü gösterilebilir. Bu çalışmada Aktif Rekreasyon Zonu (ARZ) olarak rekreasyon işletme sınıfından bir periyotta gençleştirilebilecek maksimum alan miktarı 19,05 ha olarak hesaplanmasına rağmen, rekreasyon işletme sınıfında gençleştirilmek üzere ayrılan bazı bölmeçik alanlarının bu değerden büyük oluşu kararlaştırılan kısıt düzeyinin baştan aşılmasına ve bu kısıt

düzeyinde olurlu çözümün bulunamamasına neden olmuştur. Bu nedenle başka bir yol olarak da bölmecik alanlarının hesap işlemlerine başlamadan önce daha küçük alanlara (patch) ayrılması düşünülebilir. Modelleme gereği bölmeciklerin tamamının bir periyotta gençleştirilmesi veya tamamına bakım yapılması gerektiğinden aynı işletme sınıfı içerisinde daha küçük alana sahip ama daha çok sayıda bölmecik bulunması karar alternatiflerinin artmasını ve kısıt düzeylerinin daha kolay gerçekleştirilmesini sağlayacaktır. Dolayısıyla alan kontrolü de rahatlıkla gerçekleştirilebilecektir.

Bu çalışmada; Orman Hasılatı, Havza Amenajmanı, Ormancılık Ekonomisi, Peyzaj Planlama, Toprak İlimi, Bitki Sosyolojisi başta olmak üzere değişik disiplinler tarafından üretilen verilerin bir orman planlama çatısı altında buluşturulması amaçlanmış ve buna uygun bir yaklaşım ortaya koyulmaya çalışılmıştır. Hidrolojik ve rekreasyon fonksiyon değerlerini meşcere hacmine bağlı olarak tesbit etmek amacıyla geliştirilen matematiksel denklemler kullanılarak, çalışma alanını oluşturan Bentler İşletme Şefliği için özgün bir çok amaçlı planlama modeli ortaya koyulmuştur. Geliştirilen planlama modelinin mevcut haliyle Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Planlama anlayışının temel prensiplerini ihtiva ettiği düşünülmektedir. Ana hatları itibariyle taktiksel plan niteliğindeki bu çalışma ile bölmeciklerden değişik periyotlarda alınacak ara hasılat etaları ve hangi periyotta gençleştirilecekleri ile alınacak son hasılat etaları belirlenebilmektedir. Dolayısıyla nerede, ne zaman, ne kadar kesim yapılacak sorusu yanıtlanmış bulunmaktadır. Bununla birlikte operasyonel plan için gerekli konumsal ve yapısal veriler de temin edilebilmektedir. Modelin ana yapısına değişik fonksiyonlar için geliştirilen denklemlerin eklenmesiyle, değişik plan ünitelerinde ve farklı işletme amaçlarının olması durumunda da kullanımı mümkün olacaktır.

Yolasıgmaz (2004)' ın belirttiği gibi komşu planlama birimlerine yapılacak müdahalelerin geciktirilmesi ve en küçük plan ünitesinin bütününe parçalara ayırmadan müdahale edilmesi günümüz planlama anlayışının temel özelliklerinden birisi olup, klasik Doğrusal Programlama ile sağlanamayan bu işlemler çalışmanın ana yöntemlerinden birisi olarak kullanılan Karışık Tamsayı Programlama ile gerçekleştirilerek, konumsal ilişkilerin modellenmesi açısından da uygulanabilir bir örnek sunulmuştur. Bu şekilde oluşturulacak planın uygulanabilirliği artırılmış hem de

çeşitli ekolojik isteklerin göstergesi durumundaki bu özellik de planlama sürecine dahil edilmiş bulunmaktadır.

Çok amaçlı planlama modelinin oluşturulması ve modelde kullanılacak verilerin hazırlanması yoğun emek ve zaman gerektirmektedir. Batur (2004) bu durumun uygulanabilirlik açısından değerlendirilmesi gerektiğini belirtmektedir. Uzun yılları kapsayan planlama ufkunun yanı sıra zamanla bu işlemlerin karar destek sistemleri aracılığı ile bilgisayar destekli olarak daha hızlı veri temininin yolunu açacağı gözönünde bulundurulduğunda, bu tür çalışmaların yerine getirilmesinin günümüz ormancılığı için kaçınılmaz olduğu düşünülmektedir. Nitekim ülkemizde karar destek sistemlerinin Orman Amenajmanı'nda kullanımına ilişkin bir örnek Keleş (2008) tarafından verilmiştir. Burada mutlak surette dikkat edilmesi gereken noktaların başında, geliştirilen modelin gerçeğe uygunluğu yanında kullanılan verilerin de mümkün olduğunca varsayımlardan kaçınarak sağlıklı bir şekilde üretilmiş olmalarının gerekliliğidir. Tolunay (2007), bu duruma işaret ederek, gerçek anlamıyla fonksiyonel planlamanın gerçekleştirilebilmesi için ülkemizde çok sayıda altlık çalışmanın yapılmasına ve bilimsel veri eksikliklerinin giderilmesine ihtiyaç duyulduğunu belirtmektedir.

Çalışmanın değişik bölümlerinde belirtildiği gibi, ekosistem tabanlı fonksiyonel planlamanın gerçekleştirilmesi büyük ölçüde bilimsel veri üretimi ve bu verileri bir çatı altında buluşturarak, uzun vadede ormanlardan sağlanacak faydaların seyrini düzenleme ve kontrol edebilmede yararlanılacak planlama tekniklerinin kullanımı ile mümkündür. Karşılıklı etkileşim halinde olan dinamik yapıdaki toplum ve orman özellikleriyle bunlar arasındaki ilişkilerin anlaşılması, arz ve talebin dengelenerek süreklilik ilkesinin zedelenmemesi açısından önemlidir. Dolayısıyla disiplinler arası çalışmalarla ve ekosistem mantığıyla hem orman ve kaynaklarına hem de toplum yapısı ve beklentilerine yönelik verilerin üretilmesi gerekmektedir. Çalışma alanı olarak Bentler İşletme Şefliği'nin seçilmesi ile bilimsel veri eksikliği asgariye indirilmeye çalışılmıştır ancak ülkemizde diğer orman alanları için benzer çalışmaların gerçekleştirilmesinin istenmesi durumunda değişik türde ve boyutta pek çok veri sorunuyla karşılaşılacağı açıktır.

Ülkemiz ormancılığı için yeni sayılabilecek Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Planlama'nın tam anlamıyla gerçekleştirilmesi konusunda gerekli çalışmaların neler olduğunun bir kısmı uygulama aşamasında ve zamanla anlaşılacak olmasına rağmen aşağıdaki konularda veri üretimi ve bilgi artırımı öncelikli olarak görülmektedir.

-Aynı yaşlı, saf, müdahale görmemiş ve normal sıklıktaki bazı ağaç türleri için oluşturulmuş hasılat tablolarının diğer türler ve karışık meşcereleri için yaygınlaştırılması veya çeşitli matematiksel ifadeler halinde büyüme modellerinin oluşturulması gerekmektedir. Bu, ormanın plan ufku boyunca nasıl bir gelişim seyri izleyeceğinin belirlenmesi açısından önemlidir.

-Değişik fonksiyonlar için meşcerelerin optimal kuruluşları belli değildir. Bunların belirlenmesi, değişik fonksiyonlar için meşcerelere nasıl bir silvikültürel müdahalede bulunulacağı ve alınacak ara hasılat miktarlarının sayısal olarak tanımlanması gerekmektedir.

-Yine değişik fonksiyonlar için planlanacak alana özgü çeşitli altlık çalışmaların (jeoloji, toprak, flora ve fauna gibi) gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bazı alanlar için mevcut çalışmaların envanter çalışması olmanın ötesinde, çok amaçlı planlamaya hizmet edecek şekilde orman yapısıyla ilişkisinin ortaya konması ve planlama açısından en küçük ekosistem birimi olan **meşcere bazında** sayısal verilerin üretilmesi planlama açısından faydalı olacaktır. Yine buna paralel olarak çeşitli fonksiyonlara ilişkin verilerin meşcere gelişimiyle nasıl değiştiğini gösteren matematiksel denklemler halinde üretim fonksiyonlarının oluşturulması gerekmektedir.

-Bu çalışmada, aralamalardan sonra meşcerelerin nasıl bir gelişim göstereceğine dair veriler olmadığından, hasılat tablolarındaki mevcut yaşlarına ait artım yüzdeleri (büyüme oranları) kullanılarak daha sonraki periyotlardaki meşcere gelişimleri kestirilmiştir. Periyodik meşcere parametrelerinin (hacim, göğüs yüzeyi) hasılat tablosu değerlerine oranlanması ile periyodik artım yüzdelerinin güncellenmesi şeklinde basit yöntemler kullanılabilir olmasına rağmen, farklı şiddetteki müdahalelerin etkisini ortaya koyacak şekilde devamlı deneme

alanlarına ait verilerin sağlanması konusunda yapılacak hasılat araştırmaları, planlama çalışmalarının daha sağlıklı gerçekleştirilmesi açısından faydalı olacaktır.

-Doğal olarak orman planlamanın tüm ihtiyaçlarını zaman kısıtı olan bir çalışma ile ele almak ve modellemek mümkün değildir. Bu nedenle değişik amaç ve koşulların göz önünde bulundurulduğu modelleme çalışmalarının gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Modellemenin her zaman kişiye özgü bir sanatsal yönü olduğundan, zamanla amaca en uygun modeli oluşturmak üzere modelleme konusundaki çalışmalar da artırılmalıdır.

-Değişik durumlar için geliştirilmiş optimizasyon teknikleri bulunmaktadır. Problemin yapısı ve değişkenler arasındaki ilişkiler hangi optimizasyon tekniğinin seçileceği üzerinde önemli olmaktadır. Olması gereken problemin modele uydurulması değil, probleme uygun bir modellemenin gerçekleştirilmesidir. Bu çalışmada karar değişkeni olarak olarak ara hasılat ile çıkarılacak hacim miktarı alınmış ve Karışık Tamsayılı Programlama ile problem modellenmeye çalışılmıştır. Hacim yanında başka bağımsız değişkenlerin kullanılması, örneğin “alan” ın da bağımsız bir değişken olarak ele alınması durumunda problemin yapısı ve kullanılacak optimizasyon tekniği farklı olacaktır. Bu nedenle farklı tekniklerin kullanımına yönelik örnek çalışmaların teorik bazda olsa da denenmesi ve orman planlayıcılarının bu konudaki tecrübelerini artırmaları gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- ADHIKARY, J., 1997, *Forest Harvest Scheduling Problem: Studying Mathematical and Constraint Programming Solution Strategies*. Yüksek Lisans Tezi. Simon Fraser University.
- AKALP, T., 1978, Türkiye'deki Doğu Ladini (*Picea orientalis* Lk. Carr) Ormanlarında Hasılat Araştırmaları. *İ.Ü. Orman Fakültesi Yayını*. İ.Ü. Yayın No: 2483. Orman Fakültesi Yayın No: 261.
- AKESEN, A., 1982, Rekreatyoneel taşıma Kapasitesi ve Açık hava Rekreatyonu Planlamalarındaki Önemi. *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*. Seri B, Cilt 32, Sayı 1, S. 216-223.
- AKESEN, A., 1983, Fethiye Yöresi'nde Rekreatyon Amacı ile Kullanılan Bazı Orman Alanlarında Rekreatyoneel Talep Değerinin Belirlenmesi Üzerine Araştırmalar. *İ.Ü. Orman Fakültesi Yayını*. İ.Ü. Yayın No: 3149. Orman Fakültesi Yayın No: 346
- AKESEN, A., 1995, Rekreatyon Planlaması. *Basılmamış Ders Notu Özeti*. İ.Ü. Orman Fakültesi.
- ALEMDAĞ, Ş., 1962. Türkiye'deki kızılçam ormanlarının gelişimi, hasılatı ve amenajman esasları. *Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayını*. Teknik bülten seri no: 11.
- ALEMDAĞ, Ş., 1967, Türkiye'deki sarıçam ormanlarının kuruluşu, verim gücü ve bu ormanların işletilmesinde takip edilecek esaslar. *Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayını*. Teknik bülten seri no: 20.
- ANDERSON, M., 2002, *Spatial Allocation Of Forest Production- Aspects On Multiple-use Forestry In Sweden*. Doktora tezi. Swedish University of Agricultural Sciences.
- ANONİM, 1976, *Orman Amenajman Planlarının Düzenlenmesine, Uygulanmasına ve Yenilenmesine Dair Yönetmelik*. T.C. Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.
- ANONİM, 1991, *İstanbul Orman Bölge Müdürlüğü, Bahçeköy Orman İşletme Müdürlüğü Amenajman Planı*.
- ANONİM, 1991, *Orman Amenajman Planlarının Düzenlenmesi, Uygulanması, Denetlenmesi ve Yenilenmesine Hakkında Yönetmelik*. T.C. Tarım Orman ve

Köyleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı, Ankara.

ANONİM, 1994, *Belgrad Ormanı'nın Statüsü Hakkında Komisyon Raporu*. İ.Ü. Orman Fakültesi Dekanlığı'nın 28.4.1994 tarih ve 16.05/988 sayılı yazısıyla görevlendirilen komisyon raporu.

ANONİM, 1996, *Asli Orman Ürünlerinin Üretim İşlerine Ait Tebliğ*. Tebliğ No: 288. T.C. Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, İşletme ve Pazarlama Dairesi Başkanlığı, Ankara.

ANONİM, 2001, *RIO Süreci özeti ve Orman Genel Müdürlüğü, Uluslar arası sözleşmeler* [online] OGM-APK, <http://www.ogm.gov.tr/rio/rio1.htm> [Ziyaret Tarihi: 7 Mart 2003].

ANONİM, 2003, *İstanbul Orman Bölge Müdürlüğü, Bahçeköy Orman İşletme Müdürlüğü, Bentler Orman İşletme Şefliği Amenajman Planı*.

ANONİM, 2006, *Orman Varlığımız*. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.

ANONİM, 2008, *Orman Amenajman Yönetmeliği*. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı.

ARROWSMITH, C. and CHHETRI, P., 2006, *Developing A Spatial Approach For Identifying New Recreational Opportunities In Natural Environments*. [online] http://www.gisdevelopment.net/proceedings/mapindia/2006/environment%20and%20forestry/mi06envi_51.htm [Ziyaret Tarihi: 16 Mart 2009].

ASAN, Ü., 1981, Kritik Yörüngenin Metodu (CPM) İle Programları Değerlendirme ve Gözden Geçirme Tekniği (PERT) nin Tanıtılması ve Amenajman Planı Yapımında Kullanılması. *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*. Seri B, 31 (2), 221-241.

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

ASAN, Ü., 1990, Orman Kaynaklarının Çok Amaçlı Kullanımı ve Fonksiyonel Planlama. *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*. Seri B, Cilt:40, Sayı:3, S:67-84.

ASAN, Ü., 1992, *Orman Amenajmanında Fonksiyonel Planlama ve Türkiye' deki Uygulamalar. Ormancılığımızda Orman Amenajmanının Dünü, Bugünü ve Geleceğine İlişkin Genel Görüşme*. T.C. Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Orman İdaresi ve Planlama Daire Başkanlığı, Ankara.

ASAN, Ü., 1999, Orman Fonksiyonlarının Haritalanması ve İşletme Sınıfı Ayrımı. *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*. Seri B, Cilt 49, Sayı 1, S. 19-29.

- ASAN, Ü., 1999, Ormancılık Bilgisi. *İ.Ü. Orman Fakültesi Yayını*. İ.Ü. Yayın No: 4197, Orman Fakültesi Yayın No: 461. ISBN: 975-404-546-1.
- ASAN, Ü., 2003, Orman Amenajmanı-I: Temel Kavram ve Prensipler. *Basılmamış Ders Notları*.
- ASAN, Ü., 2004, Orman Amenajmanında Yöneylem Uygulamaları. *Basılmamış Ders Notları*. İ.Ü. Orman Fakültesi.
- ASAN, Ü., 2005, The New Planning Approach and Criteria Used For Sustainable Forest Management in Turkey. *IUFRO Research Series 11. Forestry and Environmental Change: Socioeconomic and Political Dimensions*.
- ASAN, Ü., YEŞİL, A., ve DESTAN, S., 1998, Multi-beneficial Forest Use and Functional Planning. *Forest Science, No; 1/2*.
- AVCI, İ., 2002, Sınır Aşan Su Kaynaklarımız: Su Potansiyeli, Su Kullanım Talepleri, Mevcut ve Muhtemel Sorunlar. Sınır Aşan Sularımız. *Su Vakfı Yayınları*.
- BACKÉUS, S., WIKSTRÖM, P. and LÄMÄS, T., 2006. Modeling Carbon Sequestration And Timber Production In A Regional Case Study. *Silva Fennica 40(4), 615–629*.
- BALCI, A.N., 1996, Toprak Koruması. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayını. İ.Ü. Yayın No: 3947, *Orman Fakültesi Yayın No: 439*. ISBN: 975-404-423-6.
- BARAY, Ş.A., ESNAF, Ş., 2000, *Yöneylem Araştırması*. Literatür Yayıncılık, Beyoğlu, İstanbul, 975-8431-06-4. TAHA, H.A., 1997, 6. Basımdan Çeviri.
- BAŞKENT, E.Z., 2004, *Yöneylem araştırması, Modelleme ve Doğal Kaynak Uygulamaları*. KTÜ Orman Fakültesi Yayını. Genel Yayın No: 218, Fakülte Yayın No:36. KTÜ Matbaası, Trabzon. ISBN: 975-6983-41-8.
- BASKENT, E.Z. and JORDAN, G.A., 2002, Forest Landscape Management Modeling Using Simulated Annealing. *Forest Ecology and Management. Volume 165, Issues 1-3, 29-45*
- BASKENT, E.Z. and KELES, S., 2005, Spatial Forest Planning: A Review. *Ecological Modelling. 188, 145-173*.
- BAŞKENT, E.Z., KÖSE, S., SÖNMEZ, T., SİVRİKAYA, F., 2002, Orman Amenajman Planlarının Yapımında Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Kullanılması. *Orman Amenajmanında Kavramsal Açılımlar ve Yeni Hedefler*. 18-19 Nisan 2002, İstanbul, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayını, 164-174.
- BAŞKENT, E.Z., KÖSE, S., YOLASIĞMAZ, H.A., ÇAKIR G. ve KELEŞ, S., 2002, Orman Amenajmanında Yeni Açılımlar Çerçevesinde Planlama Sürecinin Değerlendirilmesi ve Yeniden Tasarımı. *Orman Amenajmanında Kavramsal*

- Açılımlar ve Yeni Hedefler*. 18-19 Nisan 2002, İstanbul, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayını, 23-37.
- BATU, F., KAPUCU, F., 1995, Doğu Karadeniz Bölgesi Kızılağaç Meşçerelerinde Bonitet Endeks ve Hasılat Tablosunun Düzenlenmesi. KTÜ, *I. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi*, Bildiriler 4. Cilt, 23-25 Ekim1995, Trabzon.
- BATUR, M., 2004, *Orman İşletmelerinde Fonksiyonel İdare Süresi Tespitinin Teorik ve Pratik Esasları*. Doktora tezi. İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- BETTINGER, P., JOHNSON, D.L. and JOHNSON, K.N., 2003, Spatial Forest Plan Development with Ecological and Economic Goals. *Ecological Modelling*. 169 (2003) 215-236.
- BETTINGER, P., BOSTON, K., KIM, Y.H. and ZHU, J., 2007, Landscape-Level Optimization Using Tabu Search and Stand Density-Related Forest Management Prescriptions. *European Journal of Operational Research*. 176 (2007) 1265-1282.
- BIDWELL, K. ve QUINBY, P.A., 1994, *Sustainability and Value of Ancient Forest Landscapes* [Online], Ancient Forest Exploration And Research, <http://www.ancientforest.org/rr5.html> [Ziyaret Tarihi:19 Mart 2005].
- BOLIN, M.F. ve CHESNEY, C.E., 1990, *Forest Recreation*. Member's Manual and Leader's Guide. National 4-H Council, 7100, Connecticut Avenue, Washington, D.C. 20015
- BRUMELLE, S., GRANOT, D., HALME, M. and VERTINSKY, I., 1997, A Tabu Search Algorithm For Finding Good Forest Harvest Schedules Satisfying Green-Up Constraints. *European Journal of Operational Research* 106 (1998) 408-424
- CARUS, T., 1998. *Aynı Yaşlı Doğu Kayını (Fagus orientalis Lipsky.) Ormanlarında Artım ve Büyüme*. Doktora tezi. İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- CEYLAN, A., 2005, İklim Etkisi ve Su Kaynaklarından Verimli Yararlanma Yöntemleri. 22 Mart Dünya Su Günü Paneli, "İklim Değişikliğinin Su ve Enerji Kaynaklarımıza Etkileri". Su Vakfı Yayını, İstanbul
- CHANG, S.J. and BUONGIORNO, J., 1981, A Programming Model For Multiple Use Forestry. *Journal of Environmental Management*. 13, 45-58.
- CLIFF, E.P.,1960, Multiple-use Management on the National Forests of the United States. *Proceedings of the Fifth World Forestry Congress*, August 29-September 10, 1960, University of Washington.
- COLE, D.N. and DANIEL, T.C., 2003, The Science of Visitor Management in Parks and Protected Areas: From Verbal Reports to Simulation Models. *Journal of Nature Conservation*. 11, 269-277.

- ÇEPEL, N., 1965, Orman Topraklarının Rutubet Ekonomisi Üzerine Araştırmalar ve Belgrad Ormanı'nın Bazı Karaçam, Kayın, Meşe Meşcerelerinde İntersepsiyon, Gövdeden Akış ve Toprak Rutubeti Miktarlarının Sistemantik Ölçmelerle Tespiti. *T.C. Tarım Bakanlığı Orman genel Müdürlüğü Yayını*. Sıra No: 418. Seri No: 4.
- ÇEPEL, N., 1993, Toprak-Su-Bitki İlişkileri. . *İ.Ü. Orman Fakültesi Yayını*. İ.Ü. Yayın No: 3794.
- CHURCH, R.L., MURRAY, A.T. and WEINTRAUB, A., 1998, Locational Issues In Forest Management. *Location Science*. 6 (1998), 137-153.
- DESTAN, S., 2001, *Orman Amenajman Faaliyetlerinde Orman Ekosistemlerinin Produktivitesi ve Fonksiyonel Özelliklerinin Değerlendirilmesi*. Doktora Tezi. Sofya Ormancılık Teknik Üniversitesi Lisans Üstü Eğitim Fakültesi. Orijinali Bulgarca.
- DESTAN, S., 2004. Orman Amenajman Faaliyetlerinde Orman Ekosistemlerinin Produktivitesi ve Fonksiyonel Özelliklerinin Değerlendirilmesi. *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*. Cilt:54, Sayı:1.
- DESTAN, S., 2007, Ormancılıkta Olgunluk Kavramının Fonksiyonel İdare Sürelerinin Belirlenmesindeki Rolü. *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*. Seri B, Cilt 57, Sayı 1, S. 1-19.
- DESTAN, S., 2008, Orman Fonksiyonları Teorisine Giriş. *Basılmamış Ders Notları*. İ.Ü. Orman Fakültesi.
- DUERR, W.A, CHRISTIANSEN, N.B., TEEGUARDEN, D.E. and GUTTENBERG, S., 1979, *Forest Resource Management, Decision Making Principles and Cases*.
- EKER, Ö., 2005, *Ormanların Su Üretim İşlevinin Ekonomik Analizi*. Doktora tezi. İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- ERASLAN, İ., 1965, Aynıyaşlı Kuru Ormanlarında Aktüel Kuruluşların Optimal Kuruluşa Götürülmesi Yolları. *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*. Seri B, Cilt XV, Sayı 2, S. 12-35.
- ERASLAN, İ., 1981, Aynıyaşlı Ormanların Optimal Kuruluşlara Götürülmesinde Kullanılabilecek Artım Yüzdeleri Simülasyon Yöntemi. *İ.Ü. Orman Fakültesi Yayını*. İ.Ü. Yayın No: 2770. Orman Fakültesi Yayın No: 289.
- ERASLAN, İ., 1982, Orman Amenajmanı. Değiştirme ve İlavelerle Yeniden İşlenmiş Dördüncü baskı. *İ.Ü. Orman Fakültesi Yayını*. İ.Ü. Yayın No: 3010. Orman Fakültesi Yayın No: 318
- ERASLAN, İ. ve EVCİMEN, B.S., 1967. Trakya' daki Meşe Ormanlarının Hacim ve Hasılatı Hakkında Tamamlayıcı Araştırmalar. *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*. Seri A, Cilt:17, Sayı:1.

- FERNAND, J., 1995, Multiple-use Forestry, A Concept of Communication. *Multiple-use Forestry in the Nordic Countries*. METLA, The Finnish Forest Research Institute.
- FIRAT, F., 1971, Ormancılık İşletme İktisadı. *İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları*. İ.Ü. Yayın No: 1541, O.F. Yayın No: 156. Kutulmuş Matbaası.
- FÜHRER, E., 2000, Forest Functions, Ecosystem Stability and Management. *Forest Ecology and Management*, 132 (2000), 29-38.
- GERAY, A.U., 1978, Ormancılıkta Gerçek Tarife Bedeli ve Bunun İşletmenin Entansitesini Tayin Husunda Bir Kriter Olarak Kullanılması Üzerine Araştırmalar. *İ.Ü. Orman Fakültesi Yayını*. İ.Ü. Yayın No:2409, Orman Fakültesi Yayın No: 255.
- GOOSSEN, M. and LANGERS, F., 1999, Assesing Quality of Rural Areas in the Netherlands: Finding the Most Important Indicators for Recreation. *Landscape and Urban Planning*. 46 (2000) 241-251.
- GÖK, M., 1995, *Orman Fakültesi Eğitim ve Araştırma Ormanında Su Potansiyelinin Belirlenmesi ve Değerlendirme Olanakları*. Yüksek Lisans Tezi. İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- GREGORY, G.R., 1955, An Economic Approach to Multiple-use. *Forest Science*. Cilt, 1; S. 6-13.
- GUSTAFSON, E.J., 1996, Expanding The Scale of Forest Management: Allocating Timber Harvests in Time and Space. *Forest Ecology and Management* 87 (1996) 27-39.
- GÜL, A.U., 1995, *Orman Amenajmanında Uzun Süreli Eta Kestiriminin Doğrusal Programlama İle Gerçekleştirilmesi*, Doktora tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- GÜL, A.U. ve KURDOĞLU, O., 2002, Biyolojik Çeşitlilik ve Görsel Kalitenin Sayısal Olarak Ortaya Konması. *Orman Amenajmanında Kavramsal Açılımlar ve Yeni Hedefler Sempozyumu*. 18-19 Nisan 2002, İstanbul.
- GÜLEZ, S., 1990, Ormaniçi Rekreasyon Potansiyelinin Saptanması İçin Geliştirilen Bir Değerlendirme Yöntemi. *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*. Seri A, Cilt 40, Sayı 2, S. 132-147.
- GUO, Z., XIAO, X., GAN, Y. and ZHENG, Y., 2001, Ecosystem Functions, Services and Their Values- A Case Study in Xingshan County of China. *Ecological Economics*. 38 (2001) 141-154.
- HOF, J. and JOYCE, L., 1993, A Mixed Integer Linear Programming Approach For Spatially Optimizing Wildlife and Timber in Managed Forest Ecosystems. *Forest Science*. 39 (4), 816-834.

- HOF, J. and BEVERS, M., 2000, Direct Spatial Optimization in Natural Resource Management: Four Linear Programming Examples. *Annals of Operations Research*. 95, 67-81.
- HOTVEDT, J.E., 1982, Application of Linear Goal Programming To Forest Harvest Scheduling. *Southern Journal of Agricultural Economics*. 15 (1). 103-108.
- HYTÖNEN, M., 1995, History, Evolution and Significance of Multiple-use Concept. *Multiple-use Forestry in the Nordic Countries*. METLA, The Finnish Forest Research Institute.
- İSKİ, 2009, *Su Birim Fiyatları*. İstanbul Büyükşehir Belediyesi. İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi. <http://www.iski.gov.tr/web/statik.aspx?KID=1000484>. Ziyaret Tarihi: 03.03.2009.
- JAMNICK, M.S., 1990, A Comparison of FORMAN and Linear Programming Approaches to Timber Harvest Scheduling. *Canadian Journal of Forest Research*. 20, 1351-1360.
- JENSEN, F.S., 1995, Forest Recreation. *Multiple-use Forestry in the Nordic Countries*. METLA, The Finnish Forest Research Institute.
- KALIPSIZ, A., 1963. Türkiye’de Karaçam (*Pinus nigra Arnold*) Meşcerelerinin Tabii Bünyesi ve Verim Kudreti Üzerine Araştırmalar. *T.C. Tarım Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü Yayını*. Sıra No: 349, Seri No: 8. Yenilik Basımevi-İstanbul.
- KANGAS, J. and KRISTIENSEN, L., 1995, Planning of Multiple-use Forestry. *Multiple-use Forestry in the Nordic Countries*. METLA, The Finnish Forest Research Institute.
- KANTARCI, M.D., 1980, Belgrad Ormanı Toprak Tipleri ve Orman Yetiştirme Ortamı Birimlerinin Haritalanması Esasları Üzerine Araştırmalar. *İ.Ü. Orman Fakültesi Yayını*. İ.Ü. Yayın No: 2636. Orman Fakültesi Yayın No: 275.
- KARAHALİL, U., 2003, *Toprak Koruma ve Odun Üretimi Fonksiyonlarının Doğrusal Programlama İle Modellenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- KAYACIK, H., 1955, Belgrad Ormanı Florası. *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*. Seri A, Cilt 5, Sayı 1-2, S. 77-90.
- KELEŞ, S., 2003, *Ormanların Su ve Odun Üretimi Fonksiyonlarının Doğrusal Programlama Tekniği ile Optimizasyonu (Karanlıkdere Planlama Birimi Örneği)*. Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- KELEŞ, S., KADIOĞULLARI, A.İ. ve BAŞKENT, E.Z., 2005, Tamsayılı Programlama Tekniği ile Ormanların Çok Amaçlı Planlanması, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 21(1-2), S. 223-234.

- KELEŞ, S., 2008, *Orman Amenajman Planlarının Hazırlanmasına Yönelik Karar Destek Sisteminin Tasarımı ve Prototip Modelin Geliştirilmesi*. Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- KOÇ, A. ve YEŞİL, A., 1996, Orman Alanlarının Envanterinde Coğrafi Bilgi Sistemlerinden Yararlanma Olanakları. *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, 46 (1), 83-97.
- KOMULAINEN, M., 1995, Landscape Management in Forestry. *Multiple-use Forestry in the Nordic Countries*. METLA, The Finnish Forest Research Institute.
- KURTTILA, M., 2001, The Spatial Structure Of Forests In The Optimization Calculations Of Forest Planning - A Landscape Ecological Perspective. *Forest Ecology and Management*. 142 (2001) 129-142.
- KUVAN, Y., 1991, Rekreasyon Planlaması ve Modern Kent Yaşamı. *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*. Seri B, Cilt 41, Sayı 1-2, S. 109-116.
- LEPESHKIN, E., 2007, *Estimation of Recreational Potential of Urban Forests*. Southern Swedish Forest Research Centre.
- LEUSCHNER, W.A., 1990, *Forest Regulation, Harvest Scheduling, and Planning Techniques*. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- LEXER, M.J., BROOKS, R.T., 2005, Decision Support For Multiple Purpose Forestry, *Forest Ecology and Management*. 207 (2005) 1-3.
- LIEBER, S.R. ve FESENMAIER, D.R., 1983, *Recreation Planning and Management*. E & FN Spon, London.
- LINDGREN, C.A., 1995, Forest Aesthetics. *Multiple-use Forestry in the Nordic Countries*. METLA, The Finnish Forest Research Institute.
- LU, H.C. and BUONGIORNO, J., 1993, Long and Short Term Effects of Alternative Cutting Regimes and Economic Returns and Ecological Diversity in Mixed Species Forests. *Forest Ecology and Management*. 58, 173-192.
- MENDOZA, G.A., BARE, B.B. and CAMPBELL, G.E., 1987, Multiobjective Programming for Generating Alternatives: A Multiple-Use Planning Example. *Forest Science*. 33 (2). 458-468.
- MISIR, M., 2001, *Çok Amaçlı Orman Amenajman Planlarının Coğrafi Bilgi Sistemlerine Dayalı Olarak Amaç Programlama Yöntemiyle Düzenlenmesi (Ormanüstü Planlama Birimi Örneği İle)*. Doktora Tezi. KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- MOLCHANOV, A.A., 1963, *The Hydrological Role Of Forests*. Israel Program for Scientific Translations. Rusça'dan İngilizce'ye çeviri.

- MURRAY, A.T., 1999, Spatial Restrictions in Harvest Scheduling. *Forest Science*. 45 (1), 45-52.
- NAESSET, E., 1997, Geographical Information Systems In Long-Term Forest Management And Planning With Special Reference To Preservation Of Biological Diversity: A Review. *Forest Ecology and Management* 93 (1997), s. 121-136.
- NAVRUD, S., 1990, Forest Decline in Norway: Valuation of Impacts on Environmental Goods. *Forest Resource Value and Benefit Measurement: Some Cross-Cultural Perspectives*. USDA Forest Service. General Technical Report RM-197.
- NITSCHKE, C.R. and INNES, J.L., 2005, The Application of Forest Zoning as an Alternative to Multiple-use Forestry. *IUFRO Research Series 11. Forestry and Environmental Change: Socioeconomic and Political Dimensions*.
- ODABAŞI, T., ÇALIŞKAN, A. ve BOZKUŞ, H.F., 2004, Orman Bakımı. *İ.Ü. Orman Fakültesi Yayını*. İ.Ü. Yayın No: 4458. Orman Fakültesi Yayın No: 474.
- OK, K., 1997, *Aynı Yaşlı Ormanlarda Kesim Düzeninin Ekonomik Analizi*. Doktora Tezi. İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- ÖHMAN, K. And ERIKSSON, L.O., 2002, Allowing For Spatial Consideration in Long-Term Forest Planning by Linking Linear Programming with Simulated Annealing. *Forest Ecology and Management*. 161 (2002) 221-230.
- ÖHMAN, K. and LÄMÅS, T., 2005, Reducing Forest Fragmentation in Long-Term Forest Planning by Using the Shape Index. *Forest Ecology and Management*. 212 (2005) 346-357.
- ÖHMAN, K. and WIKSTRÖM, P., 2008, Incorporating Aspects Of Habitat Fragmentation Into Long-Term Forest Planning Using Mixed Integer Programming. *Forest Ecology and Management*. Volume 255, Issues 3-4, 440-446.
- ÖZCAN, M., SERENGİL, Y., GÖKBULAK, F., YURTSEVEN, İ. ve ÖZHAN, S., 2007, Vegetation Management Concept in Water Resources Development. *Orman Kaynaklarının İşlevleri Kapsamında Darboğazlar, Çözüm Önerileri ve Öncelikler Sempozyumu*, 17-19 Ekim 2007, İstanbul.
- ÖZCAN, B.G., 2003, *Sahilçamı (Pinus pinaster Ait.) Ağaçlandırmalarında Artım ve Büyüme*. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, İzmit. Teknik Bülten No: 195. Çevre ve Orman Bakanlığı Yayın No: 210, Müdürlük Yayın No: 238.
- ÖZDEMİR, İ., ASAN, Ü., ve ÖZKAN, U.Y., 2005, Konumsal Orman Fonksiyonlarının Haritalanmasının Önemi ve Sayısal Arazi Modelinden Yararlanma Olanakları. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9-1 (2005), 1-7.

- ÖZHAN, S., 1982, Belgrad Ormanındaki Bazı Meşcerelerde Evapotranspirasyonun Deneysel Olarak saptanması ve Sonuçların Amprik Modellerle Karşılaştırılması. . *İ.Ü. Orman Fakültesi Yayını*. İ.Ü. Yayın No: 2906. Orman Fakültesi Yayın No: 311.
- ÖZHAN, S., 2004, *Havza Amenajmanı*. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayını. İ.Ü. Yayın No: 4510. Orman Fakültesi Yayın No: 481
- ÖZHAN, S., 2008, *Havza Analizi. Basılmamış Ders Notları*.
- PEARSON, G. A., 1944, Multiple use in Forestry. *Journal of Forestry. Cilt, 42; S. 243-249*.
- PEHLİVANOĞLU, M.T., 1986, *Belgrad Ormanının Rekreyasyon Potansiyeli ve Planlama İlkelerinin saptanması*. Doktora Tezi. İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- PIUSSI, P. ve FARRELL, E.P., 2000, Interactions Between Society and Forest Ecosystems: Challenges For The Near Future. *Forest Ecology and Management 132 (2000) 21-28*.
- PUKKALA, T., 2002, *Introduction to Multi-Objective Forest Planning. Managing Forest Ecosystems, Multi-objective Forest Planning*. Kluwer Academic Publishers. ISBN 1-4020-1097-4, Netherlands.
- PUKKALA, T. and HEINONEN, T., 2006, Optimizing Heuristic Search in Forest Planning. *Nonlinear Analysis: Real World Applications. 7 (2006) 1284-1297*.
- RAYMER, A.K, GOBAKKEN, T., SOLBERG, B., HOEN, H.F. and BERGSENG, E., 2009, A Forest Optimisation Model Including Carbon Flows: Application To A Forest In Norway. *Forest Ecology and Management, Volume 258, Issue 5, 579-589*.
- ROWSE, J. and CENTER, C.J., 1998, Forest Harvesting to Optimize Timber Production and Water Runoff. *Socio-Economic Planning Sciences. 32 (4), 277-293*.
- SAASTAMOINEN, O. and HYTÖNEN, M., 1995, Multiple-use Reseach. *Multiple-use Forestry in the Nordic Countries*. METLA, The Finnish Forest Research Institute.
- SAHAJANANTHAN, S., HALEY, D. And NELSON, J., 1998, *Planning for Sustainable Forests in British Columbia Through Land Use Zoning*. Canadian Public Policy – Analyse De Politiques, Vol. XXIV Supplement/Numéro Spécial 2.
- SEELY, B., NELSON, J., WELLS, R., PETER, B., MEITNER, M., ANDERSON, A., HARSHAW, H., SHEPPARD, S., BUNNELL, F.L., KIMMINS, H., HARRISON, D., 2004, The Application of a Hierarchical, Decision Support System to Evaluate Multi-Objective Forest Management Strategies: A Case Study In Northeastern British Columbia, Canada. *Forest Ecology And Management. 199, 283-305*.

- SERENGİL, Y., GÖKBULAK, F., ÖZHAN, S., HIZAL, A., ŞENGÖNÜL, K., BALCI, A.N. ve ÖZYUVACI, N., 2007, Hydrological impacts of a slight thinning treatment in a deciduous forest ecosystem in Turkey. *Journal of Hydrology*, 333, 569-577.
- SEZEN, H.K., 2004, *Yöneylem Araştırması Sayımlama Yöntemleri*. Ekin Kitabevi, Bursa, 975-8768-21-2.
- SOYKAN, B., 1979, Aynı Yaşlı Ormanların Aktüel Kuruluşlarının Optimal Kuruluşa Yaklaştırılmasında Yöneylem Araştırması Yöntemlerinden Yararlanma Olanaklarının Araştırılması, *KTÜ Orman Fakültesi yayını*, No:106/5.
- STEUER, R.E. and SCHULER, A.T., 1979, An Interactive Multiple-Objective Linear Programming Approach To A Problem In Forest Management. *Forest Ecology and Management, Volume 2*, 191-205.
- STEVENS, J. A. And MONTGOMERY, C. A., 2002, *Understanding the Compatibility of Multiple Uses on Forest Land: A Survey of Multiresource Research with Application to the Pacific Northwest*. USDA Forest Service.
- STRANGE, N., TARP, P., HELLES, F. and BRODIE, J.D.,1999, A Four-Stage Approach to Evaluate Management Alternatives in Multiple-use Forestry. *Forest Ecology and Management*. 124 (1999). S. 79-91.
- SUN, O., EREN, E. ve ORPAK, P., 1978, *Temel Ağaç Türlerimizde Tek Ağaç Ve Birim Alandaki Odun Çeşidi Oranlarının Saptanması*. TÜBİTAK Tarım ve Ormancılık Araştırma Grubu (TOAG-288) Araştırma Projesi.
- TARP, P. and HELLES, F., 1997, Spatial Optimization by Simulated Annealing and Linear Programming. *Scand. J. For. Res.* 12: 390-402.
- TOLUNAY, D., 2007, Ormanların Fonksiyonel Planlanmasında Temel Çalışmaların ve Orman Ekosistemi Envanterinin Önemi. *Orman Kaynaklarının İşlevleri Kapsamında Darboğazlar, Çözüm Önerileri ve Öncelikler Sempozyumu*, 17-19 Ekim 2007, İstanbul.
- TUNÇKALE, İ.H., 1965, Belgrad Ormanı Toprak Tipleri ve Yayılışları Üzerine Araştırmalar. *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*. Seri A, Cilt 15, Sayı 1, S. 111-164.
- ULUCAN, A., 2004, *Yöneylem Araştırması, İşletmecilik Uygulamalı Bilgisayar Destekli Modelleme*. Siyasal Kitabevi, Ankara, 975-6325-11-9.
- VARMA, V.K., FERGUSON, I. and WILD, I., 2000, Decision Support System For The Sustainable Forest Management. *Forest Ecology and Management*. Cilt 28, Sayı 1, S. 49-55.
- VINCENT, J.R. and BINKLEY, C.S., 1993, Efficient Multiple-use May Require Land-use Specialization. *Land Economics*. Cilt, 69; S. 370-376.

- VRIES, S. and GOOSSEN, M., 2002, Modelling Recreational Visits to Forests and Nature Areas. *Urban Forestry and Urban Greening*. 1 (2002) 5-14.
- WEINTRAUB, A. and MURRAY, A.T., 2006, Review of Combinatorial Problems Induced by Spatial Forest Harvesting Planning. *Discrete Applied Mathematics*. 154 (2006) 867-879.
- WEISS, G., WEBER, M., ve SCHÖNENBERGER, W., 2002, New Silvicultural and Planning Paradigms For Integrated Mountain Forest Management. In: *The Formulation of Integrated Management Plans for Mountain Forests*. Bardonecchia, Italy.
- WINSTON, W.L., 2004, *Operations Research Applications And Algorithms*. Brooks/Cole- Thomson Learning, 10 Davis Drive Belmont, CA 94002, USA, 0-534-42362-0.
- YALTIRIK, F., 1963, Belgrad Ormanı Vejetasyonunun Floristik Analizi ve Ana Meşcere Tiplerinin Kompozisyonu Üzerine Araştırmalar. *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi. Seri A, Cilt 13, Sayı 1, S. 33-68*.
- YENİSEY, M.M., 1997, *Üniversite Bütçelerinin Uzun Dönemli Planlanması İçin Şebeke Analizi Yaklaşımı*. Doktora tezi. İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- YILDIZCI, A.C., 1990, *İstanbul Orman Bölge Müdürlüğü, İstanbul İli Ormanlarının Rekreasyon Potansiyeli*. YTU yayını.
- YILMAZ, E., 2004, *Orman Kaynaklarının İşlevsel Bölümlemesine İlişkin Çözümler*. Doktora tezi. İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü
- YOLASIĞMAZ, H.A., 2004, *Orman Ekosistem Amenajmanı Kavramı ve Türkiye' de Uygulanması*. Doktora tezi. KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- ZANDERSEN, M., TERMANSEN, M. and JENSEN, F., 2007, Evaluating Approaches To Predict Recreation Values of New Forest Sites. *Journal of Forest Economics*. 13 (2007) 103-128.

ÖZGEÇMİŞ

Hayati Zengin; 1977 yılında Tokat ili, Almus ilçesine bağlı Gümeleönü köyünde doğdu. İlk öğrenimini Tokat Alpaslan İlkokulu'nda, orta ve lise öğrenimini ise Tokat Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 1995 yılında İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümünü'nde lisans eğitimine başlayarak; 1999 yılında bu bölümden mezun oldu. Aynı yıl İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Orman Amenajmanı Programı'nda Yüksek Lisans eğitimine başladı. Bu enstitüde Yüksek Lisans eğitimi devam ederken 2001 yılında A.İ.B.Ü Düzce Orman Fakültesi'ne Araştırma Görevlisi olarak atandı. 2003 yılında “Değişik Meşcere Tiplerinde Küresel Konum Belirleyicinin (GPS) Kullanım Olanakları” başlıklı Yüksek Lisans tezini tamamlayarak, 2547 Sayılı Yüksek Öğretim Kanun'un 35. maddesine göre doktora eğitimine başlamak üzere geçici olarak İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında görevlendirildi. Halen Araştırma Görevlisi olarak çalışan Hayati ZENGİN, iyi derecede İngilizce bilmektedir.