

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**KIZILCASU PLANLAMA BİRİMİNİN ETÇAP PLANLAMA YAKLAŞIMIYLA  
PLANLANMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Orm. Müh. Ahmet Salih DEĞERMENCİ**

**KASIM 2010  
TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**KIZILCASU PLANLAMA BİRİMİNİN ETÇAP PLANLAMA YAKLAŞIMIYLA  
PLANLANMASI**

**Orm. Müh. Ahmet Salih DEĞERMENÇİ**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde  
“Orman Yüksek Mühendisi”  
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 13.09.2010  
Tezin Savunma Tarihi : 09.11.2010**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Emin Zeki BAŞKENT  
Jüri Üyesi : Prof. Dr. Selahattin KÖSE  
Jüri Üyesi : Doç. Dr. Coşkun HAMZAÇEBİ**

*E. Başkent*  
*S. Köse*  
*C. Hamzaçebi*

**Enstitü Müdürü: Prof. Dr. Salih TERZİOĞLU**

**Trabzon 2010**

## ÖNSÖZ

“Kızılcasu Planlama Biriminin Ekosistem Tabanlı Çok Amaçlı Planlanma Yaklaşımıyla Planlanması” adlı bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu çalışmanın hazırlanmasında özellikle arazi aşamasında TOVAG 108 O 127 kod numaralı proje ve bu proje ile burs desteği sağlayan TÜBİTAK’a sonsuz teşekkür ederim.

Öncelikle, tez konusunun seçiminde ve araştırmanın yürütülmesi sırasında bana öncülük eden, çalışmanın içerik ve şekli bakımından yönlendirilmesini sağlayan ayrıca her konuda ilgi, destek ve yardımlarını esirgemeyen saygı değer hocam Prof. Dr. Emin Zeki BAŞKENT’e sonsuz teşekkür eder, şükranlarımı sunarım.

Tez çalışmam süresince desteklerini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübesinden faydalandığım 48. Orman Amenajman Başmühendisi Sayın Caner AKGÜL’e sonsuz teşekkürler ederim

Ayrıca fikir ve görüşlerinden yararlandığım yardım ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen hocalarım Doç. Dr. Günay ÇAKIR, Yrd. Doç. Dr. Sedat KELEŞ, Yrd. Doç. Dr. Uzay KARAHALİL, Yrd. Doç. Dr. Alihsan KADIOĞULLARI, Yrd. Doç. Dr. Alkan GÜNLÜ, Yrd. Doç. Dr. Fatih SİVRİKAYA, Arş. Gör. Derya MUMCU, Arş. Gör. Durmuş Ali ÇELİK, Arş. Gör. Uğur ŞEVİK ve Öğr. Gör. Özkan BİNGÖL’e teşekkür ederim.

Çalışmamın tüm aşamalarında yanımda olan başta ailem olmak üzere emeği geçen herkese çok teşekkür ederim.

Ahmet Salih DEĞERMENCİ

Trabzon, 2010

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ .....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET.....	V
SUMMARY.....	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
TABLolar DİZİNİ.....	X
KISALTMALAR DİZİNİ.....	XI
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Temel Kavramlar .....	5
1.2.1. Ekosistem Tabanlı Çok Amaçlı Planlama (ETÇAP) Yaklaşımı .....	5
1.2.2. Planlamada Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Kullanımı .....	8
1.2.3. Orman Amenajman Planlarında Modelleme .....	10
1.2.4. Ormanların Sunmuş Olduğu Fonksiyonlar.....	11
1.2.4.1. Orman Ürünleri Üretimi Fonksiyonu.....	12
1.2.4.2. Hidrolojik (Su Koruma) Fonksiyon .....	12
1.2.4.3. Erozyonu Önleme (Toprak Koruma) Fonksiyonu .....	12
1.2.4.4. Doğayı Koruma Fonksiyonu .....	13
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	14
2.1. Çalışma Alanı Tanıtımı .....	14
2.2. Materyal.....	19
2.3. Kavramsal Çerçevenin Ortaya Konulması .....	19
2.3.1. Orman Envanteri.....	19
2.3.2. Konumsal Veri Tabanının CBS Ortamında Kurulması .....	22
2.4. Orman Fonksiyon Haritasının Hazırlanması.....	23
2.5. Su Üretimi .....	26
2.6. Karbon Birikimi.....	27
2.7. Geleneksel Yöntemle Amenajman Planının Yapılması.....	29
2.7.1. <i>ETÇAPKlasik</i> Planlama Yazılımı Özellikleri.....	30
2.7.2. <i>ETÇAPKlasik</i> Veri Giriş Modülü .....	31
2.7.3. <i>ETÇAPKlasik</i> Hesaplama ve Karar Verme Modülü.....	36

2.7.4.	<i>ETÇAPKlasik</i> Plan Çıktıları Modülü .....	38
2.7.5.	<i>ETÇAPKlasik</i> CBS Modülü .....	39
2.8.	Simülasyon Tabanlı Planlama Modelinin Özellikleri - <i>ETÇAPSimülasyon</i> .....	40
2.9.	Optimizasyon (Doğrusal Programlama) Tabanlı Planlama Modeli - <i>ETÇAPOptimizasyon</i> .....	45
3.	BULGULAR VE DEĞERLENDİRME.....	50
3.1.	<i>ETÇAPKlasik</i> Tabanlı Amenajman Planının Hazırlanması .....	50
3.2.	<i>ETÇAPSimülasyon</i> Tabanlı Orman Amenajman Planının Hazırlanması.....	56
3.2.1.	<i>ETÇAPSimülasyon</i> Veri Girişi .....	57
3.2.2.	<i>ETÇAPSimülasyon</i> Ayarları .....	62
3.2.3.	<i>ETÇAPSimülasyon</i> Sonuçlar Menüsü .....	64
3.2.4.	<i>ETÇAPSimülasyon</i> Modelinin Kızılcasu Planlama Biriminde Uygulanması .....	64
3.2.4.1.	Temel Planlama Senaryosu .....	64
3.2.4.2.	Maksimum Odun Üretim Senaryosu.....	70
3.2.4.3.	Optimal Periyodik Alan (OPA) Senaryosu .....	73
3.3.	<i>ETÇAPOptimizasyon</i> (Doğrusal Programlama) Tabanlı Orman Amenajman Planının Hazırlanması .....	78
3.3.1.	Tablo ve Verilerin Programa Girilmesi.....	78
3.3.2.	<i>ETÇAPOptimizasyon</i> Sonuçlar Menüsü .....	81
3.3.3.	<i>ETÇAPOptimizasyon</i> Modelinin Kızılcasu Planlama Biriminde Uygulanması..	82
3.3.3.1.	Temel Planlama Senaryosu .....	82
3.3.3.2.	Maksimum Odun Üretim Senaryosu.....	89
3.3.3.3.	Optimal Periyodik Alan (OPA) Senaryosu .....	91
4.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	102
5.	KAYNAKLAR.....	106
	ÖZGEÇMİŞ.	

## ÖZET

Ormanların ekosistem tabanlı çok amaçlı planlanması (ETÇAP) yaklaşımına uygun amenajman planlarının hazırlanması aşamasında, ülkemiz ormancılığında henüz kullanılmayan fakat gelecekte çok önemli bir yer tutacak olan yöneylem araştırması tekniklerine dayalı modelleme yaklaşımı ile bu çalışma hazırlanmıştır. Çalışma alanı olarak Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü, Cide Orman İşletme Müdürlüğü, Kızılcasu İşletme Şefliği belirlenmiş ve envanter çalışmaları TOVAG 108 O 127 nolu TÜBİTAK projesi kapsamında 48. Orman Amenajman Başmühendisliği tarafından yapılmıştır. Bu planlama biriminde öncelikle günümüzde henüz uygulanmakta olan ETÇAP kapsamında hazırlanan planlama yazılımı olan *ETÇAPKlasik* planlama yazılımı kullanılarak alanın amenajman planı hazırlanmıştır. Belirlenen işletme amaçlarına ulaşmak üzere üretim planı; son hasılat, ara hasılat ve ağaçlandırma alt planı olarak hazırlanmıştır. *ETÇAPKlasik* yazılımı ile plan hazırlandıktan sonra aynı alanın planı simülasyon ve optimizasyon tekniklerine dayalı geliştirilen *ETÇAPSimülasyon* ve *ETÇAPOptimizasyon* yazılımları ile yapılmıştır. Kullanıcı tarafından belirlenen hedef ve kısıtlayıcılar planlama yazılımlarına girilerek farklı planlama stratejileri geliştirilmiştir. Bu stratejilere göre alanın amenajman planı yapılmış ve sonuçta amaca en uygun plan sonuçları üretilmeye çalışılmıştır. Bu iki planlama yaklaşımından elde edilen sonuçlar ilk planlama periyodu için ayıklanmış ve *ETÇAPKlasik* sonucu ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca, planlama biriminin uzun vadeli stratejik plan sonuçları *ETÇAPSimülasyon* ve *ETÇAPOptimizasyon* modeli ile kestirilmiş ve karşılaştırılmıştır.

Sonuç olarak; ülkemiz için gelecekte çok önemli bir rol oynayacak olan modellemeye dayalı planlamaların hazırlanmasıyla birlikte, farklı işletme amaçları ve silvikültürel müdahale rejimlerine bağlı olarak, farklı plan alternatifleri üretilebilecek ve uygulamaya henüz aktarılmadan orman yapı ve kuruluşu ile işletme amaçları/müdahaleler arasındaki sebep – sonuç ilişkileri ortaya konulabilecektir. Böylece, ormanın zamana bağlı değişimi (orman dinamiği) kavranacak ve sonuçta karar vericilerin daha isabetli kararlar alması için gerekli ortam oluşturulabilecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Orman Amenajmanı, *ETÇAP*, *ETÇAPKlasik*, Modelleme, *ETÇAPSimülasyon*, *ETÇAPOptimizasyon*

## SUMMARY

### **The Application of Ecosystem Based Multiple Use Forest Management Approach in Kızılcasu Planning Unit**

This research has been developed using ecosystem based multiple use forest management planning (ETÇAP) approach that would be implemented in developing and implementing forest management plans with modeling techniques accros the country in the near future. The research was implemented in Kızılcasu forest planning unit of Cide State forest indusy in Kastamonu forest district and forest inventory was carried out with the support of TUBİTAK Project and Forest management department of General Directorae of Forestry with 48th forest management planning team. Forest management plan of the case study area was first of all developed using classical management planning approach with *ETÇAPClassic* model. The model generates forest management plan that show the allowable cut levels and aforestation activities. Later, alternative forest management plans were prepared using similation and optimization techniques with already developed planning models *ETÇAPSimilation* and *ETÇAPOptimization*. Alternative forest management planning strategies were developed with the combination of objective fucntion and constraints and a strategy that satisfies the objectives best was selected. The results of both models were classified to see the actions in the first perod and compared to the results of classical approach to see the differences. As well, the long term planning results of three approaches were documented and compared to each other.

İn conclusion, long term forest management plans need top a prepared using operations research techniques to analyze the forest dynamics (cause –effect relationships) with various combinations of objective functions and constraints towards selecting the best forest management planning alternatives to prepare an implementable forest management plan. Thus, this research indicated that using modeling approaches in developing forest management plans enables forest managers to comprised forest dynamics and come up with best fores management plans.

**Key Words:** Forest Management, ETÇAP, *ETÇAPClassic* Planning model, *ETÇAPSimilation* model, *ETÇAPOptimization* model.

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b><u>Sayfa No</u></b>
Şekil 1. ETÇAP Planlama sisteminin yapım süreci ve bileşenleri.....	7
Şekil 2. Planlama biriminin coğrafi konumu .....	14
Şekil 3. Kızılcasu planlama birimi sayısal arazi modeli.....	17
Şekil 4. Planlama birimi alanlarının bonitet, kapalılık ve yaş sınıflarına dağılımı .....	18
Şekil 5. Planlama Birimi Fonksiyon Haritası.....	25
Şekil 6. ETÇAPKlasik planlama model yazılım modülleri a)Veri Girişi, b) Hesaplama ve Karar Verme, c) Plan Çıktıları ve d) CBS.....	30
Şekil 7. ETÇAPKlasik Veri Giriş Modülü.....	32
Şekil 8. ETÇAPKlasik Dosya menüsü görünümü.....	32
Şekil 9. Yeni planlama birimi oluşturma ekranı.....	33
Şekil 10. Planlama birimi veri tabanının açılması ekranı .....	33
Şekil 11. Veri tabanı kontrol ekranı.....	34
Şekil 12. Bonitet endeks tablosu giriş ekranı .....	34
Şekil 13. Hâsılat tablosu giriş ekranı .....	34
Şekil 14. Planlama birimi İşletme sınıfı tanımlama ekranı.....	35
Şekil 15. Envanter karnesi veri giriş ekranı .....	35
Şekil 16. Dışarıdan envanter verileri aktarma ekranı .....	36
Şekil 17. Açıklama ekleme ekranı.....	36
Şekil 18. Hesaplama ve Karar Verme Modülü .....	37
Şekil 19. Bonitete göre meşçere hesaplama ekranı ve noktaverinin eklenmesi.....	37
Şekil 20. Bölmecek bazında bakım etası karar verme ekranı.....	38
Şekil 21. Plan çıktıları modülü rapor ekranı .....	38
Şekil 22. Meşçere servet ve artımlarını gösterir rapordan görünüm .....	39
Şekil 23. Bonitete dayalı ara hâsılat tablosu görünümü.....	39
Şekil 24. 10 yıllık planlama periyotlarına ayrılmış 30 yıllık planlama yörüngesi örneği. .	41
Şekil 25. Aynı yaşlı ormanın gençleştirme durumuna göre gelişimi .....	44
Şekil 26. Doğrusal programlama tabanlı orman amenajmanı planlama sistemi .....	47
Şekil 27. Optimal kuruluşun ortaya konulması.....	52
Şekil 28. Aktüel ve optimal durumun grafik gösterimi .....	52
Şekil 29. Planlamabirimi kesim planı haritası.....	53
Şekil 30. Son hâsılat kesim planı tablosu.....	54
Şekil 31. Planlama birimi ara hâsılat kesim planı .....	55



Şekil 32. Ağaçlandırma yapılacak alanlar tablosu .....	56
Şekil 33. <i>ETÇAPSimülasyon</i> tablolar menüsü .....	57
Şekil 34. Tablo yapıları alan eşleştirme ekranı .....	58
Şekil 35. Bölmecek tablosu aktarım ve düzenleme ekranı.....	58
Şekil 36. Hâsılat tablosu aktarım ve düzenleme ekranı .....	59
Şekil 37. Analiz alanlarını ve silvikültürel müdahaleleri düzenleme ekranı .....	60
Şekil 38. Odun ürün çeşitleri tablosu ve veri giriş ekranı.....	60
Şekil 39. Ekonomik verilerin eklenmesi ve düzenlenmesi ekranı.....	61
Şekil 40. Karbon birikim değerleri tablosu ve düzenleme ekranı .....	61
Şekil 41. <i>ETÇAPSimülasyon</i> ayarlar menüsü .....	62
Şekil 42. Ağaçlandırma hedefleri giriş ekranı.....	63
Şekil 43. <i>ETÇAPSimülasyon</i> sonuçlar menüsü .....	64
Şekil 44. Temel Planlama senaryosu simülasyon model çıktıları tablo penceresi.....	65
Şekil 45. Temel Planlama senaryosu etalarının periyotlara göre dağılımı .....	66
Şekil 46. Simülasyon süresi boyunca bakım ve gençleştirme alanlarındaki değişim .....	67
Şekil 47. Tüm senaryolara göre dikili servetin periyotlara göre dağılımı .....	68
Şekil 48. Tüm senaryolara göre karbon birikiminin periyotlara göre dağılımı.....	68
Şekil 49. Tüm senaryolara göre göğüs yüzeyinin periyotlara göre dağılımı .....	69
Şekil 50. Tüm senaryolara göre su üretiminin periyotlara göre dağılımı .....	69
Şekil 51. Maksimum odun üretim senaryosu etaların periyodik dağılımı .....	71
Şekil 52. Maksimum odun üretim senaryosunda gençleştirme va bakım alanlarının dağılımı.....	71
Şekil 53. Simülasyon 1. Periyot için model sonuçları: a)Temel planlama b) Maksimum odun üretim c) OPA planlama senaryolarına göre kesim planı haritaları.....	72
Şekil 54. OPA planlama senaryosu çıktıları .....	74
Şekil 55. OPA planlama senaryosu a)eta miktarları ve b) etaların elde edildiği alanların periyotlara göre dağılımı .....	74
Şekil 56. Tüm senaryolara göre toplam eta miktarlarının periyotlara dağılımı .....	76
Şekil 57. Tüm senaryolarda yaş sınıfları dağılımları.....	77
Şekil 58. <i>ETÇAPOptimizasyon</i> modeli başlangıç ekranı.....	78
Şekil 59. Optimizasyon modeli ayarlar menüsü.....	79
Şekil 60 Amaç fonksiyonu seçim ekranı .....	79
Şekil 61. Kısıtlayıcı koşulların belirlenmesi ekranı .....	80
Şekil 62. Periyodik kısıt tanımlamaları ekranı.....	80
Şekil 63. <i>ETÇAPOptimizasyon</i> modeli sonuçlar ekranı .....	81

Şekil 64. Karar değişkenleri tasarımı ve bölmeciklere ait katsayılar .....	83
Şekil 65. Planlama senaryosuna ait doğrusal programlama modelinin LİNDÖ programındaki görüntüsü .....	85
Şekil 66. LİNDÖ programı çözüm sonuçları penceresi.....	85
Şekil 67. Temel planlama senaryosu a) etaların b) etaların elde edildiği alanların periyotlara göre dağılımı .....	86
Şekil 68. Tüm senaryolarda dikili servet miktarının zamana bağlı değişimi.....	87
Şekil 69. Tüm senaryolara göre göğüs yüzeyinin periyotlara göre değişimi.....	88
Şekil 70. Tüm senaryolara göre su üretiminin tüm periyotlara göre değişimi.....	88
Şekil 71. Tüm senaryolara göre karbon birikim değerinin periyotlara göre dağılımı .....	89
Şekil 72. Maksimum odun üretim senaryosu a) etaların b) etaların elde edildiği alanların periyotlara göre dağılımı .....	90
Şekil 73. OPA planlama senaryosu a)etaların b) etaların elde edildiği alanların periyotlara göre dağılımı .....	92
Şekil 74. Optimizasyon 1.periyot için model sonuçları: a)Temel senaryo b)Maksimum odun üretim senaryosu ve c)OPA planlama senaryosu kesim planı haritaları ....	93
Şekil 75. Tüm senaryolara göre toplam eta miktarının periyotlara göre dağılımı .....	95
Şekil 76. Tüm senaryolara göre yaşı sınıfları dağılımı.....	95
Şekil 77. Su üretim ve karbon birikim değerlerinin eniyilenmesi senaryoları dikili servet miktarının periyotlara göre değişimi.....	96
Şekil 78. Su üretim ve karbon birikim değerlerinin eniyilenmesi senaryoları toplam eta miktarının periyotlara göre değişimi.....	96
Şekil 79. Su üretim ve karbon birikim değerlerinin eniyilenmesi senaryoları göğüs yüzeyinin periyotlara göre değişimi.....	97
Şekil 80. Su üretim ve karbon birikim değerlerinin eniyilenmesi senaryoları su üretim miktarının periyotlara göre değişimi.....	97
Şekil 81. Su üretim ve karbon birikim değerlerinin eniyilenmesi senaryoları karbon birikim değerlerinin periyotlara göre değişimi.....	98

## TABLÖLAR DİZİNİ

### Sayfa No

Tablo 1. Kızılcaşu Planlama birimi son plan dönemine ait yıllık ara hâsılat miktarları....	16
Tablo 2. Kızılcaşu planlama birimi köyleri ve nüfus miktarları .....	18
Tablo 3. Uluslararası koruma ölçütlerine göre planlama birimindeki önemli hedef türler	21
Tablo 4. Aynı yaşlı ormanlar için bir müdahale reçetesi örneği .....	43
Tablo 5. Planlama birimi işletme sınıfları dağılımı.....	51
Tablo 6. Tüm senaryolara göre amaç fonksiyon değerleri (toplam eta / karbon / su miktarı) .....	99

## KISALTMALAR DİZİNİ

BÇ	:Biyçeşitlilik
CBS	:Coğrafi Bilgi Sistemleri
DP	:Doğrusal Programlama
ETÇAP	:Ekosistem Tabanlı Çok Amaçlı Planlama
GPS	:Geographic Position System (Küresel Yer Belirleme Sistemi)
IUCN	:Uluslararası Doğa ve Doğal Kaynakları Koruma Birliğı
Ha	:Hektar
KOBS	:Konumsal Orman Bilgi Sistemi
OBM	:Orman Bölge Müdürlüğü
OGM	:Orman Genel Müdürlüğü
OPA	:Optimal Periyodik Alan
OT	:Ağaçsız Orman Toprağı
TÜBİTAK	:Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu

## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

Hızlı endüstrileşme ve nüfus artışına paralel olarak çevre kirliliğinin artması, çölleşme, su kaynaklarının kalite ve sürekliliğinin tehlikeye düşmesi, biyolojik çeşitliliğin azalması, sel – taşkın – çığ ve heyelan olaylarının artması, asit yağmurları ve sera etkisi gibi sorunlar doğrudan ya da dolaylı olarak ormanların tahrip edilmesi ve yok edilmesi sonucunu doğurmuştur (Konukçu, 2001). Toplumun artan ihtiyaçlarının düzensiz ve plansız bir şekilde ormanlardan sağlanması, ormanların sağlık durumunun bozulmasına dolayısıyla da doğal kaynakların yok olmasına, biyolojik çeşitliliğin azalmasına ve çevrenin kirlenmesine neden olmaktadır. Bu olumsuzluklardan dolayı ormanlardan yararlanmanın belirli bir düzene göre yapılması, toplumun orman ürünlerinden olan taleplerinin sürekli bir şekilde sağlanması ve ormanların topluma sunmuş oldukları fonksiyonlardan toplumun sürekli olarak faydalanabilmesini sağlamak amacıyla diğer orman bilimleriyle birlikte orman amenajmanı doğmuştur. Doğaya açık olan, çok geniş alanlara yayılan ve uzun üretim süresine sahip ormancılık, yine hiçbir şekilde görülmeyecek kadar planlı olmak zorundadır (Eraslan, 1982). Bu şekilde uzun bir zamana yayılmış, doğaya açık ve karmaşık bir sistem olan ormancılıkta planlamanın görevini “Orman Amenajmanı” üstlenmiştir (Köse, 1985).

Genel anlamda orman amenajmanı: Ormanların geleceği hakkında kararları etkileyen ekolojik, ekonomik ve sosyo-kültürel faktörlerin tümünü ustaca bütünleştirme gibi zor ve karmaşık bir görevi üstlenmektedir. Orman amenajmanının felsefesi ise orman ekosisteminin sağlığını ve bütünlüğünü sağlamak kaydıyla, toplumun ormandan olan her türlü ihtiyaçlarını sürdürülebilir bazda karşılamak için çağdaş bilgi teknolojilerini ve bilimsel karar verme tekniklerini kullanarak en uygun yararlanma şekline karar vermek suretiyle orman dinamiğini zaman ve mekân içerisinde kontrol altına almaktır. Orman amenajman planı ise, gelecekte ulaşılması istenilen hedeflere ne zaman, hangi araçlarla, nasıl ve hangi maliyetlerle ulaşılacağını belirten kararlardan oluşmaktadır. Ormanın sunmuş olduğu ürün ve hizmetlerin belirlenerek halkın talepleri doğrultusunda hizmete açılması amenajman planları aracılığı ile gerçekleşmektedir. Amenajman planları son yıllara kadar odun üretiminin sürekliliğini sağlamaya yönelik olarak yapılmışken

günümüzde ise yerini ekosistem tabanlı çok amaçlı planlamaya bırakmıştır. Bu planlamaya geçişle birlikte; çok amaçlı planlama, katılımcılık, biyolojik çeşitliliğin korunması ve değişen toplum talepleri de dikkate alınarak orman ekosistemleri planlanmaktadır. Bu planların yapılmasında coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama gibi bilişim teknolojileri yanında yöneylem araştırmaları da planlamada önemli bir yer teşkil etmiştir.

Orman kaynaklarından faydalanmanın düzenlenmesi klasik, münferit ve fonksiyonel planlarda alan kontrolü, hacim kontrolü ve alan-hacim kontrolü olmak üzere üç farklı şekilde gerçekleştirilmektedir. Alan kontrolü metoduna göre her yıl veya her periyotta eşit miktarda, normal kuruluşa göre hesaplanan alanın gençleştirilmesine çalışılmaktadır. Ortaya çıkan eta, alanın verim gücüne göre değişeceğinden hacim kontrolü sağlanamamaktadır. Hacim kontrolü ise, servet ve artıma göre her yıl veya her periyotta eşit miktarda etanın alınmasını sağlamaktadır. Bu durumda da her bir periyottaki gençleştirme alanları farklı olacağından alan kontrolü yapılamamaktadır.

Etanın belirlenmesinde çeşitli matematiksel formüller kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları genel eta formülü, Hundashagen'in faydalanma yüzdesi metodu, Mason-Mantel metodu gibi çok sayıda eta formülleri geliştirilmiştir. Bu iki yöntemdeki eksiklikleri gidermek amacıyla da alan-hacim kontrolü metodu geliştirilmiştir. Alan- hacim kontrolüne göre üretim miktarı, planlama yörüngesi boyunca üretime tabi tutulacak alana göre belirlenir. Orman ekosistemlerinden elde edilecek ürün ve hizmetlerin miktarları temel planlama amacı olarak yer alır ve üretimin uzun vadede sürdürülebilirliği esas alınarak planlama yapılır. Alan ve hacim kontrol yöntemlerindeki hedefler alan-hacim yaklaşımında plan kısıtları olarak yer alır.

Etanın belirlenmesinde formüller yaklaşım kullanılmasına rağmen, sezgiye dayanarak etanın kararlaştırılması ormanın sürekliliğini tehlikeye atma riski doğurmaktadır. Klasik formüllere göre etanın hesaplanması ve amenajman planlarının da bu doğrultuda yapılması, orman dinamiğini ortaya koyamadığı çok amaçlı planlamaya cevap veremediği, alternatifler sunamadığı, en iyi optimal çözümü sağlayamadığı gibi faydalanmanın sürdürülebilirliği hakkında da analiz imkanları sunamamaktadır. Bu sorunları simülasyon ve matematiksel optimizasyon gibi yöneylem araştırması teknikleriyle aşmak mümkündür (Başkent vd., 2002). Bu bağlamda günümüze gelinceye kadar orman amenajman problemlerinin çözümü ve planlama aşamasında simülasyon ve matematiksel optimizasyon teknikleri kullanılmıştır.

Simülasyon (benzetim), gerçeğin şekilsel ya da simgesel olarak aşamalı bir süreçle temsil edilmesidir. Başka bir tanıma göre de simülasyon, gerçeklere ve varsayımlara dayalı olarak belirsizlik koşulları altında seçenekleri değerlendirmek için, gerçek karar vermeyi temsil eden ve bilgisayara programlanmış matematiksel bir model kullanan kantitatif bir tekniktir (Sarıaslan, 1998).

Simülasyon tekniği yardımıyla, bir sistemin değişik koşullar altında ya da değişik stratejik kararlar karşısında davranışı gözlenebilmekte ve bu bilgiler ışığında sistemin tasarımı ve en uygun karar stratejisinin seçimi mümkün olmaktadır. Karar vericiler simülasyon tekniğini kullanarak, mevcut sistem koşullarında yenilikçi kararlar alabilirler ve böylece gerçek bir stratejiyi hayata geçirmeden önce onun etkinliğinin ne olacağını önceden kestirebilirler. Simülasyon tekniği, karar vericilerin gelecekte olması beklenen sonuçları önceden görme imkânı sunmasına rağmen, zaman içerisindeki periyotlar arası mübadeleyi ele almakta yetersiz olduğundan dolayı hiçbir zaman optimal garantileyemez. Simülasyon karmaşık problemlerin çözümünde yetersiz kalmaktadır. Ayrıca birden fazla amacın eniyilenmesine de simülasyon modellerinde yer verilememektedir. Oysaki, orman amenajmanında birden fazla amaç yer almaktadır. Bu amaçların birçoğu birbirleriyle çelişmekte, konumsal özellik içermekte ve genellikle optimal ya da optimale yakın çözümler gerektirmektedirler. Simülasyonun bu olumsuz yönleri nedeniyle planlamada alternatif olarak doğrusal programlama ve amaç programlama gibi matematiksel optimizasyon teknikleri kullanılmaktadır.

Optimizasyon teknikleri, bir ya da daha çok amacı içeren optimal çözümler sağladığı için planlayıcılar tarafından daha cazip görülmekte ve daha çok tercih edilmektedir. Optimizasyon tekniklerinin özelliklerine değinecek olursak; planlamayı bir bütün olarak değerlendirmesi, çözüme sistematik yaklaşması ve optimal (en iyi) çözümü garantilemesi olarak sıralanabilir. Optimizasyon tekniğinin kullanıcılara sağladığı diğer bir üstünlük de elde edilen çözüme ilişkin ileri duyarlılık analizlerinin (ekonomik analiz) yapılmasına yardımcı olacak ek bilgileri sunmasıdır.

Yukarıda yapılan açıklamalar doğrultusunda optimizasyon tekniklerinin simülasyona göre önemli üstünlükleri olduğunu görmekteyiz. Dolayısıyla da ekosistem amenajmanında kullanılabilecek bir teknik olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak, yöneylem araştırması tekniklerinden özellikle doğrusal programlama ve amaç programlama gibi matematik optimizasyon tekniklerinin bazı kısıtlayıcı koşulları ya da önemli yetersizlikleri de bulunmaktadır. Bunları şöyle sıralamak mümkündür;

- Karar değişkenleri arasında doğrusal bir ilişki olmalıdır. Ancak orman ekosistem planlanmasında bazı karar değişkenleri arasında doğrusal ilişki olmayabilir.
- Bu teknikler, teknik müdahale reçetesinde kesirli çözümler sunmaktadır. Bu durum plan uygulamasında ciddi sorunlar oluşturacaktır. Kesime konu olacak kısmın bu meşcerenin neresinden alınacağı sorun olurken, parçalı ekosistem oluşacaktır ve üretim faaliyetlerinin etkinliği azalacaktır.
- Konumsal özellikleri içeren bir ekosistem planlamasında, karar değişkenleri ve planlama kısıtları sayısı artacak ve dolayısıyla matrisin boyutu aşırı derecede büyüyeceğinden optimal çözüm zorlaşacak hatta imkansız hale gelecektir.
- Konumsal özellik içeren bazı amaç ve kısıtların matematiksel ifadesi çoğu zaman mümkün değildir. Matematik optimizasyon tekniklerinin, ormanın konumsal yapısını ormanın kuruluşu ile beraber model içerisinde bütünleştirmesi neredeyse mümkün değildir (Murray, 1999; Nur Et Al., 2000).
- Matematik optimizasyonda karar değişkenleri katsayıları daha önceden kestirilen belirgin değerlerdir, yani ortaya çıkan model deterministik yapıdadır. Oysaki orman ekosistemi doğaya açık bir sistem olduğundan, çevre etkileri nedeniyle olayların meydana gelişi olasılıklara dayanmaktadır. Örneğin, 30 yıl sonra gençleştirilecek bir Çs+L+Gn meşceresinin doğal gençleştirme sonrası gelişimi, %70 olasılıkla Çs+L ve %30 olasılıkla da tekrar Çs+L+Gn meşceresi şeklinde seyredebilir.
- Orman amenajman problemleri matematiksel programlama teknikleri çerçevesinde formüle edilmelidir.
- Belirtilen bu nedenlerden dolayı, matematik optimizasyon modellerinde uygun çözüme ulaşabilmek için homojen üniteler olan yaş sınıfları ve meşcere tipleri karar değişkenleri olarak belirlenmektedir. Bu yüzden de meşcere yahut bölmecik düzeyinde detaylar ve konumsal çözünürlükte ciddi kayıplar söz konusu olmaktadır. Sonuçta, bu şekilde düzenlenecek planların arazide uygulanabilirliği bir hayli zorlaşmaktadır (Başkent vd., 2002).

Yukarıdaki eksiklerine rağmen bu teknikler orman amenajman planlarının düzenlenmesinde sıkça kullanılmaktadır. Bu eksikliklerin giderilmesi için de kombine optimizasyon teknikleri ve çeşitli hibrit teknikler kullanılmaktadır. Ancak, bu çalışmada, ülke ormancılığına yön veren orman amenajman planlarının hazırlanmasında geleneksel simülasyon ve doğrusal programlama teknikleri kullanılacaktır. Geleneksel simülasyonlar orman dinamiğinin uzun vadeli değişiminin kavranmasını ve doğrusal programlama



tekniki ile de belirlenen işletme amaçları ve kısıtlayıcı koşullara bağlı en iyi planın hazırlanması sağlanacaktır. Bu çalışmada, TOVAG 108 O 127 kodlu TÜBİTAK projesi kapsamında henüz geliştirilmekte olan *ETÇAPSimülasyon* ve *ETÇAPOptimizasyon* programları kullanılacaktır. Öncelikle orman fonksiyonları ekolojik, ekonomik ve sosyo kültürel değerlere göre belirlenecek ve ardından bu teknikler aracılığı ile plan hazırlanacaktır. Bu çalışmada temelde ekosistem tabanlı çok amaçlı planlama (ETÇAP) yaklaşımı esas alınarak ve örnek çalışma alanı olarak da, Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü, Cide Orman İşletme Müdürlüğü, Kızılcasu Orman İşletme Şefliği alanı kullanılacaktır. Bu alanın yine ilgili proje kapsamında OGM Orman Amenajman heyeti ve KTÜ Orman Fakültesinin desteği ile 2009 yılında gerçekleştirilen orman envanter çalışmalarıyla veri tabanı oluşturulacak ve bu veri tabanı kullanılarak ormanın sunmuş olduğu ürün ve hizmetler klasik amenajman planı kapsamında düşünülerek yapılan planlama sonucu elde edilecek sonuçlarla, optimizasyon ve simülasyon teknikleri kullanılarak yapılan planlamadan elde edilen sonuçların karşılaştırılması yapılacaktır. Burada hedeflenen ülke ormancılığına sistem yaklaşımı ile planlama kavramının geliştirilmesi, geleneksel yapıla gelen planlama anlayışı ile karşılaştırmaların yapılarak en iyi plan çıktılarının hedeflenerek ülke orman kaynaklarının rasyonel kullanımına ve korunmasına yönelik alternatiflerin geliştirilmesidir. Tüm bunların sağlanması için de örnek bir planlama biriminde somut bir uygulamanın gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır.

## **1.2. Temel Kavramlar**

### **1.2.1. Ekosistem Tabanlı Çok Amaçlı Planlama (ETÇAP) Yaklaşımı**

Orman amenajman planlama süreci genel olarak envanter, aktüel-optimal kuruluşun belirlenmesi ve kesim planının oluşturulması aşamalarından oluşur. Bu sürecin çağdaş planlama süreci ile karşılaştırıldığında birçok eksik ve açmazları içerdiği görülmektedir. Ekosistemin sağlık ve bütünlüğü temeline dayanan ETÇAP kavramı (Başkent, vd., 2005), ormanın sunmuş olduğu değerleri katılımcı yaklaşımla ve sürdürülebilir bazda toplumun istek ve taleplerine göre halkın hizmetine sunmayı amaçlamaktadır. ETÇAP yaklaşımının öne çıkan birkaç bileşeni bulunmaktadır. Bunlar; biyolojik çeşitlilik envanterinin yapılması ve korunması, çok amaçlı planlama, yöneylem araştırması teknikleriyle (modelleme) en iyi seçeneğin oluşturulması, katılımcılık ve kurumsal kapasitenin geliştirilmesi şeklinde

sıralanabilir. Bu bileşenlere göre ETÇAP süreci, orman ekosistemi envanterini yapan, ormanı barındırdığı değerlere (fonksiyonları) göre sayısallaştıran ve bölümleyen, ormanı belirlenen amaçlara ve koruma hedeflerine ulaştıracak stratejileri belirleyen ve plan uygulanmasının etkinleştirilmesi için paydaşların katılımını sağlayan bir planlama yaklaşımıdır (Başkent, 2006).

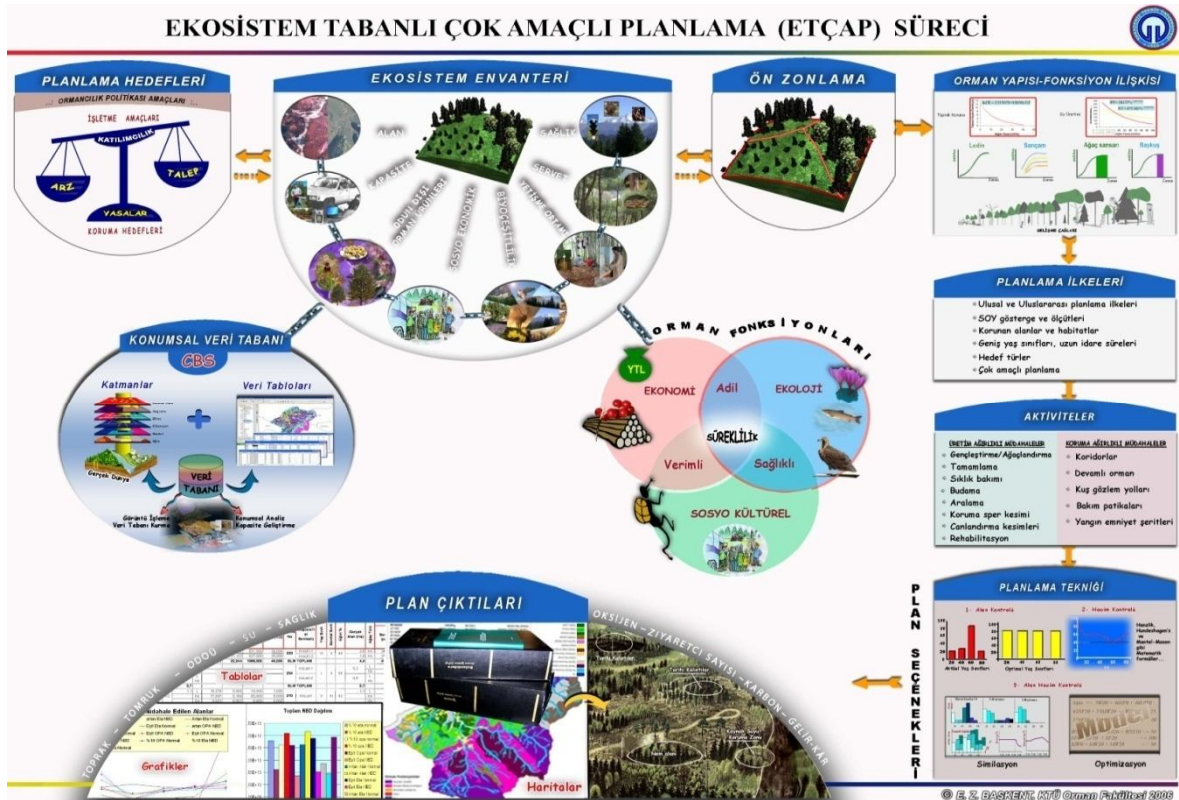
Katılımcı yaklaşımla hazırlanan, ekosistem tabanlı çok amaçlı orman amenajman planının kavramsal çerçevesi birbirini izleyen sıralı şu eylemlerden oluşmaktadır (Başkent vd., 2004; Yolaşğmaz, 2004; Başkent vd., 2005; Yolaşğmaz vd., 2005; Yolaşğmaz vd., 2007).

1. Planı yapılacak alanda bir taraftan beklenti ve ihtiyaç analizi yapılırken öte yandan biyolojik çeşitliliğin yer aldığı diğer orman fonksiyonlarının belirlenmesi için çok yönlü envanter (ekosistem envanteri) yapılmalıdır.
2. Envanter sonucu elde edilen tüm konumsal veriler (grafik – harita ve öznitelik veri) veri tabanına aktarılır ve bu verilerden (arz ve talep) hareketle orman ekosistemleri sınıflandırılır (fonksiyonel ayırım - ön zonlama).
3. Ekosistemin sunduğu arz, paydaşların (özellikle orman sahibi) talebi doğrultusunda koruma hedefleri ve planlama amaçları yasalara bağlı olarak ortaya konulur (amaçlama).
4. Belirlenen işletme amacına en iyi ulaşımı sağlamak için orman yapı ve kuruluşu ile işletme amacı arasındaki fonksiyonel ilişki belirlenir. Diğer bir ifadeyle, orman değerleri sayısallaştırılarak birim alanın ilgili işletme amacını karşılama potansiyeli ortaya konur (amaç – orman yapısı ilişkisi).
5. Uluslararası yükümlülük ve yasal zemine uygun planlama ilkeleri dikkate alınarak her bir koruma – kullanım şekli için uygun silvikültürel müdahale şekli gösterilip, planlama stratejileri oluşturulur (aktiviteler).
6. Uygun planlama tekniği ile (modelleme) alternatif plan seçenekleri oluşturularak en uygun olana karar verilir ve sonuçta plan çıktıları metin, tablo, grafik ve harita olarak düzenlenir.

Bu sürecin geleneksel amenajman planlamadan bir hayli kapsamlı olduğu görülmektedir. İlk olarak, çok amaçlı planlama anlayışı, biyolojik çeşitlilik (BÇ) ve orman değerlerini yansıtan yeni bir orman envanter sürecini kullanır. İkinci olarak, bu yaklaşım uygulanabilir bir orman amenajman planının hazırlanmasında hayati öneme sahip paydaşların ve yerel halkın ortak katılımını sağlar. Üçüncü olarak, Coğrafi Bilgi Sistemleri

(CBS) ve uzaktan algılama destekli konumsal orman bilgi sistemi (KOBS) kurmaya yönelik BÇ verilerinin de yer aldığı konumsal veri tabanı kullanılır. Dördüncü olarak, amenajman faaliyetleri ve çoğu önemli kararlar, katılımcılığın sağlandığı toplantılarda sağlanan fikir ortaklığından meydana getirilir. Beşinci olarak, koruma hedeflerini de içeren işletme amaçları hem halkın beklentileri ve hem de potansiyel orman fonksiyonlarına göre belirlenir. Son olarak da, fonksiyonlar ile orman formları arasında fonksiyonel ilişkiler kurularak silvikültürel müdahaleler (aktiveveler) daha detaylı fonksiyonlara göre kararlaştırılır. Sonuçta ETÇAP'ın uluslararası süreçlerle ortaya çıkan BÇ koruma ilkelerinin bütünleştirildiği bir yaklaşım olduğu ortaya çıkmaktadır (Şekil 1).

Ekosistem tabanlı çok amaçlı planlamanın esasına bakıldığında, bilimsel ve teknolojik gelişmelerin ağırlıkta olduğu bir açılım olarak görülmektedir. Bilimsel gelişmeler itibariyle, ekosistemin sağlık ve bütünlüğü, stratejik planlama, ekosistem sürdürülebilirliği, kapasite geliştirme, BÇ/doğa koruma bilinçlendirme ve duyarlılığı, çok amaçlılık ve katılımcılığın etkinleştirilmesi anlaşılmaktadır. Teknolojik gelişmeler itibariyle CBS; veri tabanı, uzaktan algılama ve yöneylem araştırması tekniklerinin ETÇAP sürecindeki etkinliği anlaşılmaktadır (Başkent, 2006).



Şekil 1. ETÇAP Planlama sisteminin yapım süreci ve bileşenleri (Başkent vd., 2005a).

Ülkemizde amenajman planlarının yapımı birçok değişikliklere rağmen hala geleneksel yöntemle yapılmaktadır. Oysaki bilimsel karar verme teknikleriyle planlar geliştirilecek, modelleme (yöneylem araştırması tabanlı bilgisayar yazılımı) ile daha hızlı, ekonomik ve gerçekçi olarak hazırlanabilir ve plan seçenekleri oluşturulabilir. Başta simülasyon olmak üzere doğrusal programlama, amaç programlama ve kombine optimizasyon teknikleriyle coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak stratejik planlar ve taktiksel planlar oluşturulur. Model sayesinde en uygun (optimal) karar alınabildiği gibi orman dinamiğinin kavranması ve güncelleme işlemlerinin yürütülmesi sağlanabilecektir.

### **1.2.2. Planlamada Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Kullanımı**

Ormancılık, hiçbir ekonomik sektörde görülmedik derecede geniş alanlarda yapıldığı gibi, hiçbir ekonomik sektörde rastlanılmayacak kadar da uzun bir üretim süresine sahiptir. Bu nedenle, çok geniş alanlarda faaliyet gösteren ve çok uzun üretim süresine sahip olan ormancılık, yine hiçbir ekonomik sektörde görülmeyecek kadar planlı olmak zorundadır (Eraslan, 1982). Ormancılıkta planlama bilgiye dayanır. Diğer bir ifadeyle planlama ormanın yapısını ve gelişimini temsil eden konum ve öznitelik verilerin var oluşuna ve bu verileri bilgisayar ortamında işleyebilen bir bilgi sistemine dayanır (Köse, Başkent, 1993). Zamanımızda her türlü planlamanın temelinde güvenilir bilgiye ihtiyaç vardır. Bu noktada ormancılık sektöründe çağdaş teknolojik olanaklar devreye sokularak, daha güvenilir ve çok amaçlı altlıkların üretilmesi ve üretim aşamasında da sağlanan verilerin bilgisayar ortamında toplanması kaçınılmaz bir zorunluluktur (Demirel-Ejder, 1994).

Orman amenajman planlamasında ister klasik, ister fonksiyonel, ister diğer model plan yaklaşımları olsun karar verme bilgiye dayanmaktadır. Orman amenajmanı nihayetinde karar verme süreci olduğundan kararların alınmasında kullanılacak bilgilerin de güvenli, uyumlu, yeterli, geniş çaplı ve detaylı olması ve aynı zamanda ekonomik olarak hızlı ulaşılabilir olması gerekmektedir (Erdin vd., 1994). Bu tür bilgileri üretmenin temelinde ormanın konumsal verilerinin elde edilmesi, kaydı, sınıflandırılması, analizi ve sorgulanması yatmaktadır. Grafik ve öznitelik verilerden oluşan konumsal veriler, orman amenajman planlarının en önemli bileşenidir. Bu bileşeni ustaca işleyen teknoloji ise CBS'dir.

Amenajman planlarının daha kaliteli, doğru, herkes tarafından anlaşılabilir şekilde kısa zamanda yapılması, gerektiğinde ve anında değiştirilebilmesi, en önemlisi karar verici tarafından kontrolünün yapılabilmesi, gerekli kesim, gençleştirme ve bakım haritalarının istenilen şekilde ve kalitede elde edilmesi, CBS'nin amenajmandaki önemli avantajlarını oluşturmaktadır (Anonim, 1995). CBS teknolojisi çok sayıda analitik çözüm yöntemleri sağlayarak şimdiye kadar imkânsız olan ve ormancılık çalışmalarının temelini oluşturan ormanın konumsal yapısını özünde beslediği konumsal veri tabanı ile inceleme ve değerlendirmeye imkân sağlamaktadır (Başkent, 1997).

CBS'nin ormancılıkta kullanımına bakıldığında; işletme faaliyetleri için gerekli temel haritaların üretilmesi ve orman bilgi sisteminin oluşturulması denemelerinde (Koç, 1995b), orman amenajman planı temel altlıklarının üretilmesinde (Mısır, 1995), orman amenajman planı haritalarının yöneylem araştırması teknikleri kullanılarak hazırlanmasında (Mısır, 2001) CBS kullanılmıştır. Bu çalışmalardan başka, orman fonksiyon haritalarının hazırlanması (Yolasığmaz, 1998), uzaktan algılama verileriyle ormanların alansal ve yapısal değişikliklerinin saptanması (Coşkun vd., 1998; Çakır, 1999) ve aynı yaşlı ormanlarda amenajman planlarının hazırlanması konularında da CBS kullanılmıştır. Ayrıca, amenajman planlarının yapım sürecinde CBS'nin kullanılmasıyla planlama birimine ait alan bilgileri ve amenajman planında mevcut tüm tabloları kısa bir zamanda ve yüksek doğruluk derecesinde elde etmek mümkündür (Sivrikaya, 2002). Yersel ölçümlerle elde edilen diğer öznitelik verilerinin de bu alan bilgileri ile bütünleştirilmesi CBS kullanılarak yapılabilmektedir. Ayrıca, üretilen sayısal haritalardan hareketle yaş sınıfları, bonitet, eğim-bakı gibi haritaların türetimi CBS ile çok daha kolay bir şekilde yapılabilmektedir. Bu teknoloji ile bir plan döneminde ormana yapılan müdahaleler veri tabanına işlenip saklanacağından bir plan sonra yeni amenajman planındaki verilerle yapılan müdahaleleri karşılaştırma imkânı sağlamaktadır.

Bu sayede meşcerenin gelişim seyri hakkında bilgi sahibi olunabilecek ve iki plan her açıdan (alan, eta, servet, artım) karşılaştırılabilecektir. Bir plan dönemi öncesi ormana yapılan müdahalelerin sonuçları izlenebilecek ve denetim kolayca gerçekleştirilebilecektir. Ancak, ülkemizde model plan yaklaşımıyla gerçekleştirilen FRIS ve Global Environment Facility (GEF II) projeleri dışında, CBS amenajman planlarının yapımında etkin bir biçimde henüz kullanılmamıştır (Sivrikaya vd., 2004; Başkent vd., 2002a).

Envanter çalışmaları tamamlandıktan sonra meşcere haritasının sayısallaştırılmasıyla bilgisayar ortamında her bölmeceğin alanı otomatik olarak hesaplanacaktır. Ayrıca veri

tabanı oluşturulurken yaş sınıfı, işletme sınıfı, meşcere sembolü, bonitet değeri gibi bilgiler meşcere öznitelik veri tablosuna kayıt edileceğinden alan döküm tablosunun oluşturulması çok kolay olacaktır. Bu veri tabanı kullanılarak daha birçok işlem otomatik olarak hesaplanabilecektir.

Bu bilgilerden yola çıkarak CBS'nin orman amenajman planlamasına getirdiği en önemli avantajlar; bilgilerin daha güvenilir, doğru ve herkes tarafından kolayca anlaşılabilir olarak planlamanın yapılması, gerekli anlarda güncellemelerin, değişikliklerin yapılabilmesi, kontrolünün yapılabilmesi ve yapılmak istenen ve yapılan her türlü silvikültürel işlemin gerek haritalarının gerekse o alanlara ait bilgilerin sayısal ortamda saklanması ve istenildiğinde o verilere ulaşılmasının kolay olması gibi durumlar sayılabilmektedir.

### **1.2.3. Orman Amenajman Planlarında Modelleme**

Model; herhangi bir nesne, olay veya süreci sistem olarak ele alıp, söz konusu sistemin elemanlarını ve aralarındaki ilişkilerini belirli bir düzen dahilinde matematiksel sembollerle, işaret, şekil veya kelimelerle temsil edip o sistemin işleyişi hakkındaki düşünce ve teorileri uygulamaya koymadan test etmeye yarar. Dolayısıyla bir model sistemdeki hangi öğelerin sisteme ne derece ve nasıl etki yapacağını ortaya koyar ve sistemin nihayetinde en uygun şekilde nasıl temsil edileceği kararlaştırılır (Başkent, 1999). Modellerin amacı, sistemlerin durumunu, yapı ve fonksiyonlarını ortaya koymak, sistemi detaylı olarak kavramak ve sistem davranışlarını doğru olarak tahmin etmektir.

Doğaya açık olan içerisinde karmaşık ve birbirleriyle ilişkileri olan birçok bileşenden oluşan ormanlar, uzun bir zaman diliminde sürekli değişen ve gelişen, varlığıyla ya da dışarıdan yapılan müdahaleler sonucu topluma önemli ürün ve hizmetler sunan bir sistem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu sistemin davranışını, gelişimini deneme yanılma yöntemiyle veya uygulamalarla tahmin etmek çoğu kez imkânsızdır. Dolayısıyla, bu sistemleri anlamak, sistemin işleyişi hakkında doğru tahminler yapmak ve sistemin sunmuş olduğu ürün ve hizmetlerden optimal düzeyde faydalanmak için ormancılıkta da model kullanımına gereksinim vardır (Başkent, 2004).

Günümüze dek, orman amenajman problemlerinin çözümünde ve planların yapımında, ormanların dinamik yapısının modellenmesi üzerinde önemli bir yer tutan simülasyon teknikleri, bir veya birden fazla amaç içeren ve optimal çözümler veren

matematik optimizasyon teknikleri (doğrusal programlama, amaç programlama, doğrusal olmayan programlama, dinamik programlama ve tamsayılı programlama gibi) kullanılmıştır ve halen kullanılmaya devam etmektedir. Bu çalışmalara örnek olarak; Soykan, 1978; Soykan, 1979; Asan, 1980; Asan, 1983; Köse, 1985; Gül, 1995; Mısır, 2001; Keleş, 2003, 2008; Karahalil, 2003; Yolaşğmaz, 2004; Kadioğulları, 2009; yapmış oldukları çalışmalar sayılabilir. Günümüzde değişik karar verme tekniklerini kullanan çok sayıda orman amenajman planlama modelleri geliştirilmiştir. Örneğin; TimberRAM, MUSYC, WOODSTOCK-STANLEY, FORPLAN, SPECTRUM, ATLAS, FORMAN, GISFORMAN, ECHO, FSOS, HABPLAN gibi amenajman planlama modelleri geliştirilmiştir. Orman amenajman planlarının yapımında modelleme tekniklerinin kullanılmasıyla çok sayıda alternatifler üretilmesi ve bu alternatifler arasından en uygun olanın alınması modellemenin en önemli avantajını meydana getirmektedir. Planlamanın özelliğine göre değişmesine karşın ekosistem tabanlı çok amaçlı planlama da genellikle simülasyon ve optimizasyon karar verme teknikleri kullanılmaktadır.

#### **1.2.4. Ormanların Sunmuş Olduğu Fonksiyonlar**

Ekosistem tabanlı çok amaçlı planlamada öncelikle orman fonksiyonlarını tanımak ve sınıflandırmak gerekmektedir. Orman fonksiyonu, orman ekosistemlerinde, ekosistem elemanlarının karşılıklı ilişki ve etkileşimleri sonucu kendiliğinden oluşan ve gereksinim duyulduğunda toplum yararına kullanılabilen ürün ve hizmetlerin tamamıdır (Asan, 2001).

21. yüzyılda ormanlardan beklenen yaşamsal görevlerin ekonomik görevlerin önüne geçtiği ve küresel bir boyut kazandığı bir gerçektir. Özellikle Rio Konferansı'ndan sonra katıldığımız toplantı ve imzaladığımız sözleşmeleri planlama sistemimize yansıtmanız gerekmektedir. Özellikle Helsinki sürecinde kabul edilen ölçüt ve göstergeler ekosistem tabanlı çok amaçlı planlamaya geçmeyi teşvik etmektedir. Sürdürülebilir ormancılık yönetimi için kabul edilen altı ölçüt de, ormanların üretim fonksiyonları ile biyolojik çeşitlilik, koruyucu fonksiyonlar, sosyo-ekonomik fonksiyonlar, küresel karbon döngüsüne katkı ve ekosistemin sağlık ve canlılığının muhafazası ve geliştirilmesi ön plana çıkarılmıştır. Bu bağlamda Türkiye ormanlarının göreceği ürün ve hizmet fonksiyonlarını; Ekonomik (üretim) fonksiyonlu ormanlar, Ekolojik (koruma) fonksiyonlu ormanlar ve Sosyal ve Kültürel fonksiyonlu ormanlar olarak üç grupta toplamak mümkündür. Bu üç ana fonksiyon kapsamında orman fonksiyonları çeşitli alt fonksiyonlara ayrılabilir.

#### **1.2.4.1. Orman Ürünleri Üretimi Fonksiyonu**

Bu fonksiyon ekonomik değeri olan ve orman ürünü olarak adlandırılan hammaddeleri üretmek, ulusal ve uluslararası ekonominin bu ürünlere olan talebini sürekli bir şekilde karşılamak amacıyla oluşturulan fonksiyondur. Ormanlardan elde edilecek odun ve odun dışı ürünlerin (bitkisel, hayvansal ve mineral) nerelerde üretileceği fonksiyonel olarak ayrılmalıdır. Üretim fonksiyonu, somut bir ürün üretimidir ve hizmet üretimi ile karıştırılmamalıdır. Üretim fonksiyonuna talep olması durumunda bu fonksiyon işletme amacına dönüşmektedir (Eraslan, 1982).

#### **1.2.4.2. Hidrolojik (Su Koruma) Fonksiyon**

Yağışlardan yararlanmayı artırmak, su ekonomisini düzenleme ve sürekliliğini sağlama, yer altı su rejimine olumlu katkı yapma, su taşkınlarına engel olma, akarsuların, su kanalı, bent, baraj ve benzeri tesisleri doldurmasını önleme gibi, ormanların su üretimini, suyun miktar ve kalitesini artırmaya yönelik olarak her çeşit su kaynak ve tesisini korumaya yönelik olan fonksiyondur (Eraslan, 1982).

Baraj ve göllerin bulunduğu havzalar hidrolojik fonksiyon olarak su korumaya ayrılmalıdır. İçme suyu kaynakları da bölme ve bölmecik bazında değerlendirilmelidir. Hidrolojik fonksiyon gören orman, taban suyunun akarsu, tatlı su, gölet ve barajdaki suların temiz tutulmasını, su kaynaklarının sürekli ve düzenli olmasını sağlayan orman demektir. Ormanlar suyun az olduğu dönemlerde su kaynaklarının beslenmesini ve suyun temizlenerek kalitesinin artmasını garanti altına alır.

Hidrolojik fonksiyon gören bir ormanda daha az göğüs yüzeyi olması istenir. Sadece su veriminin önemli ve ön planda olduğu yerlerde aynı yaşlı maktalı ormanlar oluşturulmalıdır. Gerek ham humus gerekse de su verimini artırmak için meşcere kapallığı kırılmalıdır. Fakat suyun kalitesinin ve sürekliliğinin önemli olduğu yerlerde tabakalı ve değişik yaşlı bir yapı tercih edilmelidir (Eraslan, 1982).

#### **1.2.4.3. Erozyonu Önleme (Toprak Koruma) Fonksiyonu**

Ormanların toprağı tutarak, heyelana, sele, taşkınlara, taş ve kaya yuvarlanmalarına engel olma, kumları stabil hale getirme gibi, su, rüzgar ve doğal erozyonlara karşı, gördüğü



koruyucu ve önleyici fonksiyondur. Ormanın kapalılığı ile erozyon arasında kuvvetli bir ilişki vardır. Kapalılığın kırılması erozyonun artmasına neden olmaktadır. Bu nedenle erozyonu önleme ormanında vejetasyonun ve orman örtüsünün kesintiye uğratılmaması gerekmektedir. Bu nedenle meşcere kuruluşu sürekli korunmalı, olabildiğince kapalılığı iyi, göğüs yüzeyi yüksek, karışık, katlı, derin kök yapısına sahip ormanlar oluşturulmalıdır. Toprak koruma fonksiyonlu ormanlarda su üretimi fonksiyonun aksine göğüs yüzeyinin yüksek olması tercih edilmektedir (Eraslan, 1982).

#### **1.2.4.4. Doğayı Koruma Fonksiyonu**

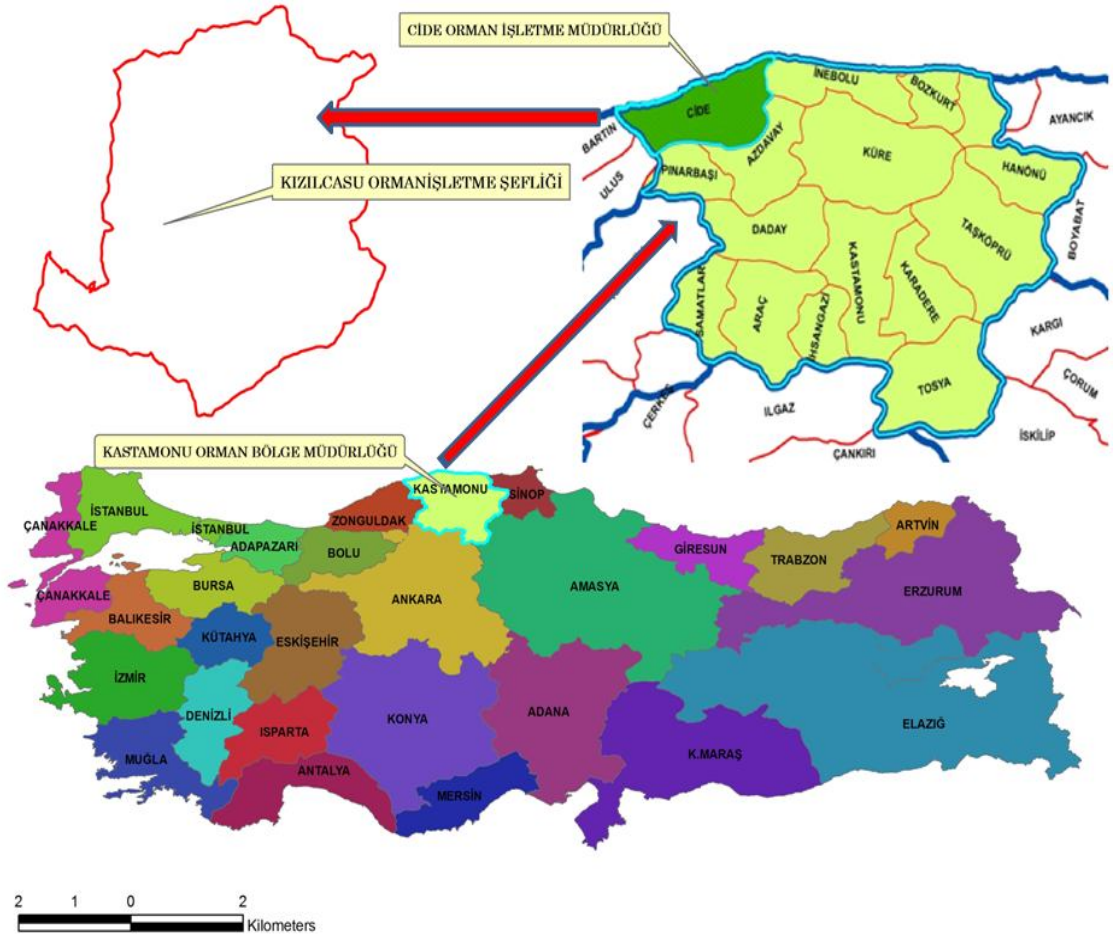
Ormanların içerisinde bulunan, bilim ve sanat yönünden önemli özellikleri olan, insanların ilgisini çeken, florayı, faunayı, eski kültür ve sanat eserlerini, tarihi kalıntıları, anıtları ve çeşitli bilimlerce önemli olan yerleri ormanların koruması fonksiyonudur.

Doğayı koruma ormanlarına örnek verecek olursak; Milli Parklar, Tabiat Parkları, Tabiat Anıtı, Tabiatı Koruma Alanları, Yaban Hayatı Koruma Alanları, Yaban Hayatı Üretme İstasyonları, Muhafaza Ormanları, Gen Koruma Ormanları, Tohum Bahçeleri, Çevre Koruma Alanları, Sit Alanları sayılabilir (Eraslan, 1982).

## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

### 2.1. Çalışma Alanı Tanıtımı

Bu tezin uygulama alanı olarak Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü, Cide Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı Kızılcasu planlama birimi seçilmiştir (Şekil 2). Cide Orman İşletme Müdürlüğü 1943 yılında kurulmuştur. Önceleri işletme müdürlüğü sınırları ilçe hudutlarına intibak ettirilmişse de 1955 yılında Cide – Azdavay İşletmeleri arasında düzenlenen protokol ile Ambarlı serisinin bazı bölmeleri, orman bütünlüğünü sağlamak gayesiyle Cide Orman İşletme Müdürlüğü'ne verilmiştir.



Şekil 2. Planlama biriminin coğrafi konumu

İlk kuruluşta Aydos, Kızılcasu ve Güren bölgeleri olmak üzere üç bölge halinde faaliyete geçen işletme, 1951 yılında merkez bölgesinin kurulmasıyla dört bölgeye, 1966 yılında da Kızılcasu bölgesinin de ikiye ayrılması ile Dağlı bölgesi kurulmuş böylece işletme beş bölge olmuş ve son olarak da Dağlı bölgesinin ikiye ayrılarak Şehdağ bölgesinin kurulması ile işletme altı bölge şefliğine ayrılmıştır. Cide Orman İşletme Müdürlüğü Kızılcasu Orman işletme Şefliği orman amenajman planı olarak planlanan orman, 1967 yılında yapılan arazi çalışmaları neticesinde Cide Orman İşletme Müdürlüğü Ambarlı serisi amenajman planı adı altında planlanmıştır. 1968 yılında yapılan değişiklikle Dağlı serisinin bazı bölmeleri Ambarlı serisine aktarılmıştır. 1968 yılında düzenlenen Ambarlı serisi amenajman planında; Ambarlı serisinin genel alanı 9 555.5 ha. olup, bunun 5 434.0 ha. Ormanlık, 4 121,5 ha. alan da açıklıktır. 1989-2008 yıllarına ait düzenlenen amenajman planında; Kızılcasu orman işletme şefliğinin genel alanı 9 754.5 ha. olup bunun 5 835.5 ha. ormanlık, 3 919.0 ha. alan ise açıklık sahadır.

1968 yılında yapılan planlamada Ambarlı serisi planları Kayın ve Gökmar İşletme sınıfı olmak üzere iki işletme sınıfı olarak ayrılmıştır. 1989-2008 yıllarına ait düzenlenen amenajman planında A-Karışık (Kayın-Gökmar) işletme sınıfı, B- Gökmar(seçme ) işletme sınıfı ve C-Muhafaza karakterli işletme sınıfı olmak üzere üç işletme sınıflarına ayrılarak Kızılcasu Orman İşletme Şefliği adı altında planlanmıştır. Plan ünitesi ormanlarının tamamı devlete ait olup, kişilere ait orman yoktur. Plan ünitesi ormanları Kastamonu ili, Şenpazar ilçesi mülki hudutları içerisinde bulunmakta olup Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü, Cide Orman İşletme Müdürlüğü, Kızılcasu Orman İşletme Şefliği'nce işletilmek üzere planlanmıştır.

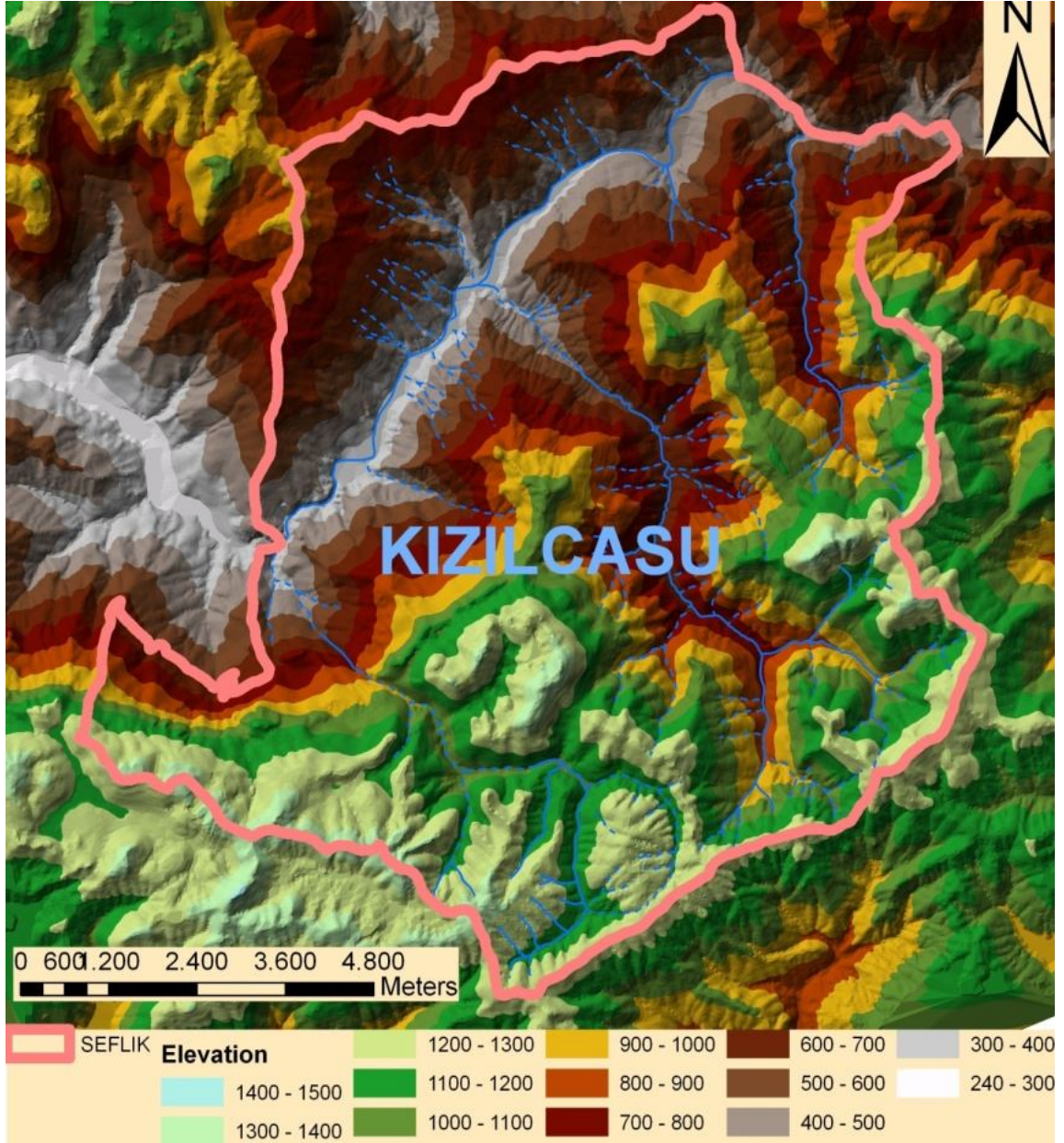
Geçen plan döneminde (1989-2008) plan ünitesinde yıllık ara hâsılat miktarlarının işletme sınıflarına göre dağılımı Tablo 1'de verilmiştir. Planlama biriminin mevcut servetine bakıldığında verilen bu etaların düşük olduğu görülmektedir. Ancak bu etalar bile orman işçisi bulmada yaşanan sıkıntılardan dolayı alınamamaktadır. Yalnızca etaların üçte ikisine yakını alınabilmektedir.

Tablo 1. Kızılcasu Planlama birimi son plan dönemine ait yıllık ara hâsılat miktarları.

A- Karışık işletme sınıfında	3 275 m <sup>3</sup>
B- Gök nar işletme sınıfında	6 208 m <sup>3</sup>
C-Muhafaza işletme sınıfında	169 m <sup>3</sup>
A+C	549 m <sup>3</sup>
TOPLAM	10 201 m <sup>3</sup>

Bölge, Greenwich başlangıç meridyenine göre: 33<sup>0</sup> 13'55''- 33<sup>0</sup> 25'50'' doğu boylamları ile ekvatora göre 41<sup>0</sup> 46'23''- 41<sup>0</sup> 45'45'' kuzey enlemleri arasındadır. Planlama birimi 108 bölme ve 61 farklı meşcereden oluşmaktadır. Alanda saf ve karışık meşcereler mevcuttur. Alanda çok fazla ağaç türü olmakla birlikte, genel olarak; kayın, göknar, karaçam, sarıçam, meşe, gürgen, çınar ve diğer bazı yapraklı ağaç türleri bulunmaktadır. Orman içindeki yapı sıkça değiştiğinden dolayı alanda çok farklı meşcereler bulunmaktadır. Planlama biriminin yaklaşık %83,6'sı ormanlardan oluşmaktadır ve çalışma alanının yükseltisi 240 –1500 m rakımları arasında değişmektedir (Şekil 3). Planlama biriminin ortalama eğimi %35 iken ormanlık alanların ortalama eğimi %38'dir.

İşletme şefliği hudutları içerisinde oturan yerleşik halkın çoğunluğu orman dışında olup, ziraatla uğraşmaktadır. Ormana bitişik ve orman içerisinde oturan halk ise geçimini çiftçilik ve hayvancılıkla sürdürmekte, çok az kısmı da ormanda çalışmaktadır. Plan ünitesinde yaşayan halkın zati yakacak ve yapacak ihtiyaçları Kızılcasu Orman İşletme Şefliğince karşılanmaktadır. Bunun yanında ormancılık faaliyetlerinde de çalışmakta, ayrıca hayvanlarının bir kısmını ormanda barındırmaktadırlar. Orman içindeki ve civarındaki halk çok nadir olarak usulsüz ve kontrolsüz otlatma, kaçak kesim gibi ormanı olumsuz yönden etkileyecek olaylarda bulunurken, orman işletmesinin sağladığı iş olanaklarından faydalanarak hem iş imkânı bulmakta hem de üretim çalışmalarında bulunarak orman işletmesine olumlu yönden etki yapmaktadırlar. Bölge halkının genel olarak ormana karşı duyarlı olduğu gözlemlenmiştir.



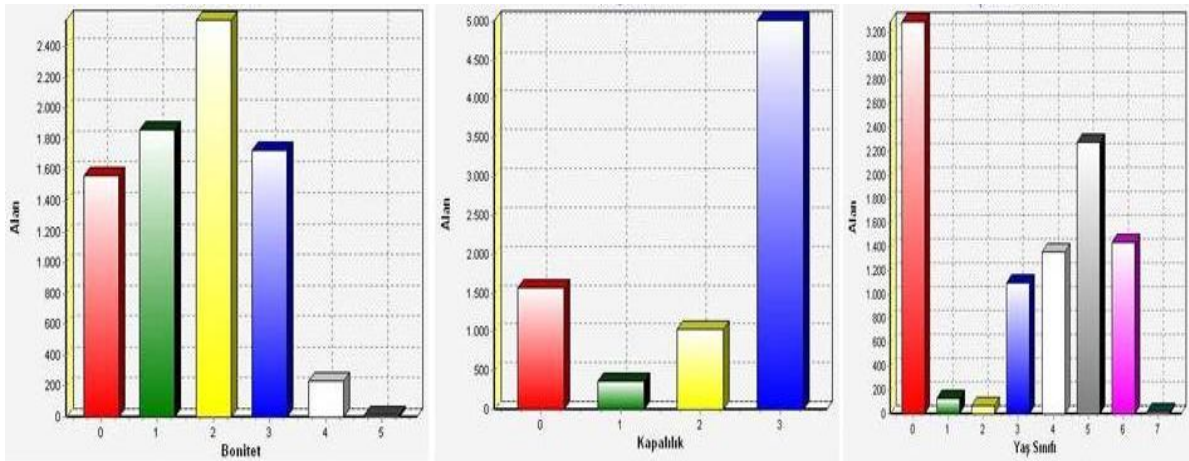
Şekil 3. Kızılcasu planlama birimi sayısal arazi modeli

Orman içi köyler ve civar köylerdeki nüfus genellikle yaşlı nüfustan oluşmaktadır. Yöre dışarıya göç verdiği için genellikle köylerdeki nüfus büyük şehirlere göç etmiştir. Plan ünitesi içinde yerleşim yeri ve nüfusu Tablo 2’de verilmiştir

Tablo 2. Kızılcasu planlama birimi köyleri ve nüfus miktarları

Yerleşim Yeri	Nüfus	Yerleşim Yeri	Nüfus
Şenpazar Belediyesi	1944	Gürleyik	65
Alancık	58	Gürpelit	201
Aşıklı	90	Harmangeriş	140
Aybasan	436	Himmetköy	236
Başçavuş	61	Kalaycı	137
Celalli	197	Küçükmutlu	389
Dağlı	60	Mutlu	113
Demirkaya	134	Salman	25
Dereköy	77	Seferköy	235
Dördül	173	Tepecik	74
Edeler	648	Uzunyol	113
Fırıncık	20	Yarımca	43

Kızılcasu planlama birimi genellikle 1., 2. ve 3. bonitete sahip alanlardan oluşmaktadır. Yetiştirme ortamı bakımından oldukça iyi bir yer olarak karşımıza çıkmaktadır. Yaş sınıfı olarak planlama birimi 4., 5. ve 6. yaş sınıflarında dağılım göstermektedir. Planlama birimine kapalılık açısından baktığımızda ise genellikle tam kapalı alanların mevcut olduğunu görmekteyiz (Şekil 4).



Şekil 4. Planlama birimi alanlarının bonitet, kapalılık ve yaş sınıflarına dağılımı

## 2.2. Materyal

Çalışma kapsamında gerekli olan verilerin elde edilmesinde çeşitli kaynaklardan faydalanılmıştır. Araştırma alanını kapsayan 1/25000 ölçekli topoğrafik haritalar, 2008 yılı ağustos ayında çekilmiş Quickbird 60x60cm uydu görüntüleri, 1989 yılında hazırlanan Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü, Cide Orman İşletme Müdürlüğü Kızılcasu planlama biriminin orman amenajman planı verileri ve haritaları (Kastamonu OBM'den) ile "Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından desteklenen TOVAG 108 O 127 kod numaralı, "Ekosistem Tabanlı Çok Amaçlı Planlama (ETÇAP) Prototip Model Yazılımın Yöneyim Araştırması ve Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Geliştirilmesi ve Katılımcı Yaklaşımla Uygulanması" projesi kapsamında 2008 yılında arazide envanter çalışmaları yapılmıştır. Envanterden elde edilen bilgiler *ETÇAPKlasik* program yazılımına aktarılarak büro çalışmalarıyla amenajman planı için gerekli olan raporlar oluşturulmaya çalışılmıştır. Gerekli olan servet ve artımı belirleyebilmek için alandaki asli ağaç türleri için hazırlanan bonitet endeks değerleri ve normal hâsılat tablolarından yararlanılmıştır. Bunlara ilaveten meteorolojik veriler en yakın meteoroloji istasyonundan sağlanırken, çeşitli alansal değerlerin elde edilmesinde CBS'den (Arc GIS 9.3) yararlanılmıştır. Su üretim denkleminin oluşturulmasında SPSS 11.5 yazılımından faydalanılmıştır. Ayrıca simülasyon için *ETÇAPSimülasyon* yazılımından, optimizasyon için de *ETÇAPOptimizasyon* yazılımlarından faydalanılarak çıktılar elde edilmiştir (Keleş,2008).

## 2.3. Kavramsal Çerçevenin Ortaya Konulması

### 2.3.1. Orman Envanteri

Amenajman planlarını düzenlemek amacıyla yapılan orman envanteri; plan ünitesi içerisindeki orman ekosistemini meydana getiren alan üzerinde bulunan bitkisel, hayvansal ve mineral kökenli tüm fiziksel varlıklar, bu ekosistem içinde kendiliğinden oluşan hizmetlerden plan ünitesinde öne çıkanlar, bu ürün ve hizmetlerin miktarı üzerinde etkili olan doğal (yetişme ortamı) ve sosyo-ekonomik faktörler, orman zarar ve hastalıkları hakkında bilgi toplama ve değerlendirme işleridir.

Alan envanteri, uzaktan algılama ve yersel ölçümlere göre yapılmış ve meşcere haritaları üretilmiştir. Amaca uygun ölçek ve nitelikte uydu görüntüleri veya hava fotoğrafları bulunduğu takdirde, meşcere haritaları görüntülere, fotoğraflara ve topoğrafik haritalara dayanılarak düzenlenir. Amaca uygun fotoğraf veya görüntülerin yokluğu halinde ise eski meşcere haritalarının güncelleştirilmesi ile yetinilir. Tüm haritalar sayısal ortamda hazırlanır ve alanlar ölçülerek tablolar halinde gösterilir. Bu çalışma kapsamında da eski meşcere haritasından ve planlama biriminin TÜBİTAK projesi kapsamında çekilmiş olan yeni uydu görüntüsünden faydalanılarak meşcere haritası oluşturulmuştur. Envanter çalışmalarında alana ait 700'e yakın örnekleme alanı alınmıştır ve bu envanter verilerinden de meşcere haritası çiziminde ve özellikle de meşcere çağlarının belirlenmesinde son derece faydalanılmıştır.

Ağaç hacmi ve hacim artımı envanteri, ormanın ölçüldüğü andaki dikili ağaç hacim ve hacim artımının, ağaç türlerine göre, çap ve kalite sınıflarına dağılımlarının, hacim veya ağırlık olarak belirlenmesinde, ağaç hacmi ve hacim artımı envanteri, envanterden beklenen doğruluk ve güven düzeyine bağlı olarak, yersel ölçümlerden, uzaktan algılama veya diğer tahmin metodlarından yararlanılarak yapılır. Yüksek doğruluk ve güven düzeyini zorunlu kılan üretim ormanlarında bu envanter, yersel ölçümlere dayanır. Yüksek doğruluk ve güven düzeyi gerektirmeyen, koruma ve hizmet fonksiyonlarının (ekolojik ve sosyal fonksiyonlu ormanlar) ön plana çıktığı diğer ormanlık alanlarda, ağaç hacmi ve hacim artımı envanteri için, uzaktan algılama tekniklerine dayalı yöntemler kullanılır. Gerekli hallerde yersel metodlar da kullanılabilir. Bu ormanlarda ağaç hacmi ve hacim artımı envanterinde bir önceki döneme ait eski plan verilerinden de yararlanılabilir. Yersel ölçüm ve gözlemlere dayalı ağaç hacmi ve hacim artımı envanterinde gerekli ölçüm ve incelemeler, teknik ve bilimsel yöntemlerle ormana dağıtılan örnek alanlarda yapılır. Örnek alanlarda toplanan bilgiler amaca göre bölme veya bölmecik ya da meşcere tipi bazında değerlendirilir. Birim alan (1 ha) için elde edilen sonuçlar, baz alınan ünite alanı ile çarpılarak, amaca göre bölme veya bölmecik ya da meşcere tipi genelinin hesaplanmasında kullanılır.

Biyçeşitlilik envanterinin önemli arazi çalışmaları uzman kişiler tarafından tamamlanmış olup bitki taksonlarının çoğunun laboratuvar teşhisleri yapılmıştır. Alanda yapılan arazi çalışmaları sonucu tespit edilen bitki taksonları içerisinde hedef bitki taksonları olarak aşağıdaki listedeki bitki taksonları ve UTM koordinatları ile yayıldığı alanlar saptanmıştır. Taksonların çoğunluğu IUCN tehlike kategorilerine göre "Düşük



Risk” kategorisinde yer almakta iken 3 adet takson “VU-Zarar Görebilir” kategorisindedir. Yapılan floristik çalışmalarla alanda korumada ileri düzeyde önceliğe sahip Çok Tehlikede (CR) ve Tehlikede (EN) kategorisinde bitki taksonunun olmadığı sonucuna varılmıştır (Tablo 3). Orman fonksiyonlarının ortaya konmasında değerlendirmede öncelikli olan bu kategorilere ait taksonların olmadığı alanda, VU kategorisinde yer alan taksonların yayıldığı alanlarda yapılacak teknik ormancılık uygulamalarının neler olabileceği konusunda yapılan değerlendirmelerde parametre olarak değerlendirilmiştir.

Tablo 3. Uluslararası koruma ölçütlerine göre planlama birimindeki önemli hedef türler

Tür Listesi	Tehlike Kategorisi
<i>Helichrysum arenarium (L.) Moench ssp aucheri</i>	Endemik <b>LR(lc)</b>
<i>Satureja wiedemanniana (Lalem.) Velen.</i>	Endemik <b>LR(lc)</b>
<i>Stachys setifera C.A. Meyer ssp lycia</i>	Endemik <b>LR(lc)</b>
<i>Vicia freyniana Bornm.</i>	Endemik <b>LR(lc)</b>
<i>Abies nordmanniana (Stev.) Spach ssp bornmuelleriana (Mattf) Coode &amp; Cullen</i>	Endemik <b>LR(lc)</b>
<i>Verbascum freynii (Sint.) Murb.</i>	Endemik <b>VU</b>
<i>Lilium martagon L.</i>	Rare <b>VU</b>
<i>Leonurus cardiaca L.</i>	Rare <b>VU</b>

Kızılcasu planlama birimi yaban hayatı bakımından oldukça önemli bir yerdir. Alanın önemli bir kısmı doğusunda bulunan ve hedef türü Kızıl Geyik olan Kartdağı Yaban Hayatı Geliştirme Sahası içinde kalmaktadır. Aynı şekilde alanın küçük bir kısmı güney batı kesimde, yaban hayvanları bakımından önemli türleri barındıran Küre Dağları Milli Parkı sınırları içinde kalmaktadır. Kartdağı Yaban Hayatı Geliştirme Sahası içinde kalan kısımlarında kızıl geyiğin popülasyon yoğunluğu üzerine sayım (envanter) ve gözlem çalışmaları yapılmıştır. Benzer şekilde sahanın diğer kısımlarında ise Kızıl geyik (*Cervus elaphus*), Karaca (*Capreolus capreolus*), Ayı (*Ursus arctos*), Yaban domuzu (*Sus scrofa*), Vaşak (*Lynx lynx*), Altın kartal (*Aquila chrysaetos*) ve Kara akbaba (*Aegypius monachus*) gibi önemli memeli yaban hayvanları ve kuşlar üzerine gözlem çalışmaları yapılmıştır.

Yetiştirme ortamı envanteri olarak Kızılcasu planlama biriminde kayın ve göknar ağırlıklı meşcerelerde, alanı temsil edecek şekilde yaklaşık 58 adet toprak profili alınmış

olup laboratuarda toprak analizleri yapılmıştır. Alınan toprak örnekleri ile doğrudan, orman amenajmanı envanter verileri kullanılarak dolaylı ve uydu görüntüsü verileri (Quickbird 60x60cm - 4 bant) ile de uzaktan algılama tekniğiyle yetişme ortamı haritası oluşturulmuştur. Her bir örnek alanda toprak profili açılmış ve toprak horizonları belirlenerek her bir horizondan toprak örnekleri alınmıştır. Toprak horizonlarına ilişkin fizyolojik toprak derinliği, mutlak toprak derinliği vb. özellikler arazide belirlenmiştir. Alınan toprak örnekleri laboratuara getirilerek öncelikle gazete kâğıtları üzerine serilmiş ve kurutulmuştur. Kurutulan topraklar havanda dövülerek, elekten geçirilmiş ve analize hazır hale getirilmiştir. Analize hazır hale getirilen topraklar üzerinde yetişme ortamı envanterini ortaya koyabilmek için gerekli olabilecek toprak analizleri yapılmıştır. Bu analizler; topraktaki kum, kil ve toz miktarını belirlemek için tekstür analizi, toprak içerisindeki faydalanılabilir su miktarı belirlemek için tarla kapasitesi ve solma noktası, toprakların ince toprak kısmının miktarı, organik madde miktarları belirlenmiştir. Sonuç olarak toprak profili alınan alanlara ait toprak özellikleri belirlenmiştir ve alana ait uydu görüntülerinden faydalanılarak alanın tamamının yetişme ortamı haritası oluşturulmuştur.

### **2.3.2. Konumsal Veri Tabanının CBS Ortamında Kurulması**

Konumsal veri tabanı, planlamada kullanılan haritalar ve bu haritalar içerisindeki konumsal detayları (alan, çizgi ve nokta) tanımlayan verilerin veri tabanı işletim sistemi özelliklerine göre düzenlenmiş ve aralarında ilişkiler kurularak veriler kümesi oluşturulmuştur. Kurulan konumsal veri tabanlarına ilişkin meta veriler ile birlikte grafik ve öznitelik veri tabanları oluşturulmuştur. Kullanılan verilerin konumsal özelliği nedeniyle Arc/Info CBS kullanılmış ve tüm veriler bu ortamda değerlendirilmiştir. Ayrıca, her bir konumsal veri grubunu (katman ya da harita) tanımlayan bir de meta veri bulunmaktadır. Burada, konumsal veri tabanı grafik veri (harita katmanları), öznitelik veri (tanımlayıcı veriler) ve meta veri (her bir veri tabanının özelliklerini gösteren) olmak üzere ele alınmıştır.

Kızılcaşu planlama biriminin tüm alanını kapsayacak şekilde alınan 1/25.000 ölçekli standart topografik haritalar, küresel yer belirleme (GPS) aleti kullanılarak (köprü, menfez, yol-dere kesişimleri gibi) alınan belirgin noktaların koordinatları, sayısal arazi modeli Quickbird uydu görüntüsünün koordinatlandırılmasında kullanılmıştır. Hazırlanan uydu verisi ve 1/25.000 ölçekli topografik harita verileri kullanılarak yol, dere, iskân gibi

katmanlar oluşturulmuştur. Ayrıca 1989 yılı amenajman planı haritası, uydu görüntüsü ve topoğrafik harita kullanılarak bölme sınırları hassas bir şekilde hazırlanmıştır. 1989 ve 2008 tarihli amenajman planı meşcere haritaları bölmecik bazında sayısallaştırılmış ve konumsal veri tabanı kurulmuştur. Bu şekilde ormanın geçmişteki durumu saptanmış, şimdiki durumu ile değerlendirilmiş ve gelecekte istenen duruma ulaşması için uygulanması gereken silvikültürel müdahale reçeteleri ortaya konulmuştur.

Arc/Info 9.3 CBS yazılımı ile çalışma alanına 300x300 metre aralık mesafe ile deneme alanları atılmıştır. Deneme alanları 1989 yılı amenajman planı meşcere haritası kullanılarak ağaçlık alan dışına düşen deneme alanları elenmiştir. Şayet alana ilişkin uydu görüntü verisi arazi envanterinden önce alınmış ve işlenmiş ise ya da hava fotoğrafları kullanılarak hazırlanmış taslak meşcere tipleri haritası bulunması durumunda bu verilere göre eleme işlemi yapılması gerekmektedir. Eleme işleminden sonra geriye kalan 592 adet deneme alanı GPS aleti yardımıyla arazide tespit edilmiş ve envanteri yapılmıştır. Alandan alınan tüm veriler ve gözlemler hazırlanan konumsal veri tabanına girilmiştir. Hassas bir şekilde hazırlanan bölme sınırları katmanı, iskan gibi katmanlarla yüksek çözünürlüklü uydu görüntüsü ve arazi envanter verileri kullanılarak, 1/2000-3000 görüntü hassasiyetinde Arc/Info 9.3 CBS yazılımı ile bölmecik bazında meşcere haritası konumsal veri tabanı kurulmuştur.

Grafik veriler üretilen ve CBS fonksiyonları ile türetilen haritalar olmak üzere iki grupta değerlendirilmiştir. Öznitelik veriler ise her bir katmana ait konumsal detayları (alan, çizgi, nokta) planlama açısından tanımlayan veriler olarak ele alınmıştır.

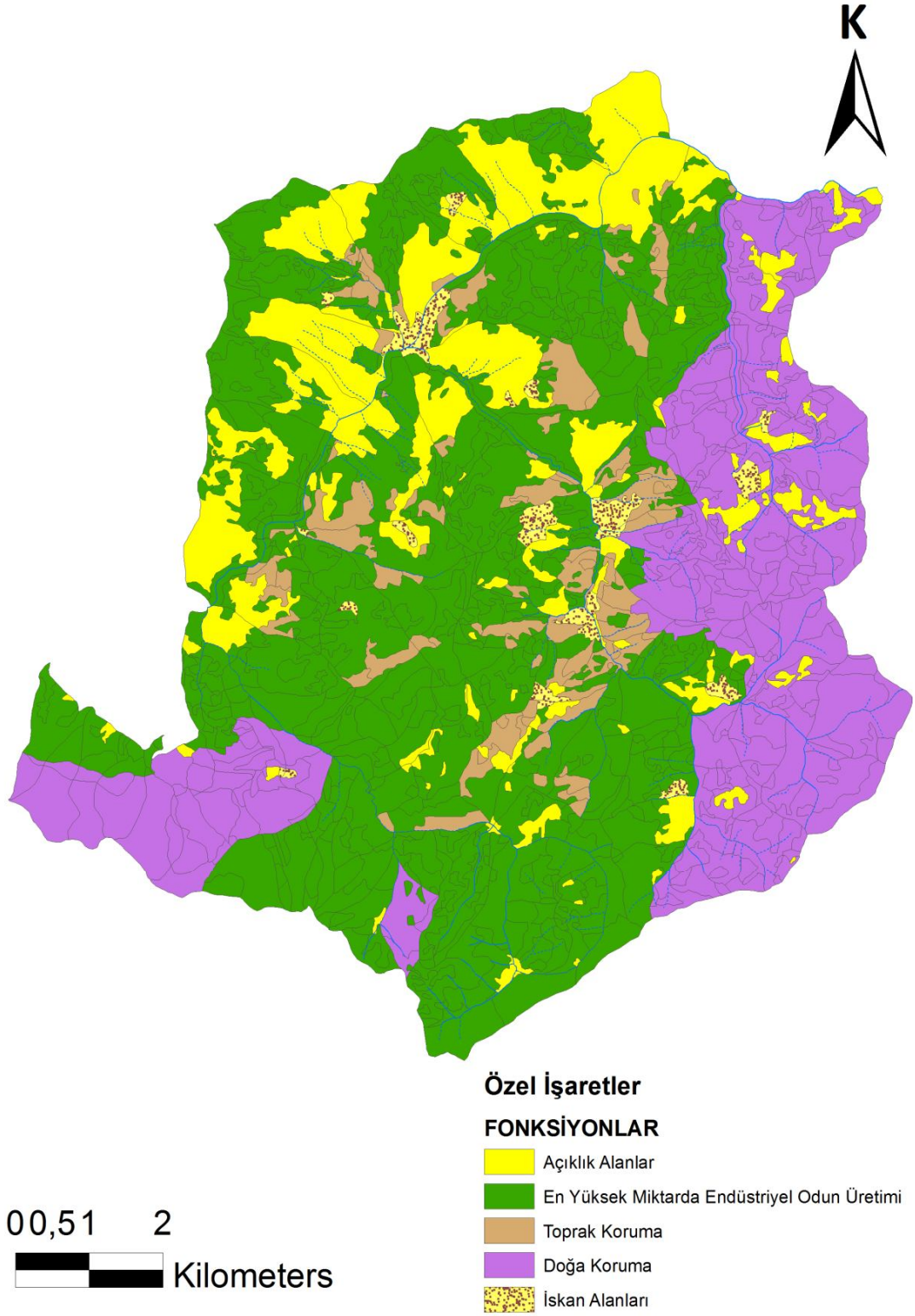
#### **2.4. Orman Fonksiyon Haritasının Hazırlanması**

Orman fonksiyonlarının belirlenmesinde öncelikle ekolojik ve sosyo-kültürel fonksiyonlu alanların belirlenmesi, kalan alanların ise ağırlıklı olarak orman ürünleri üretimine konu edileceği varsayımından yola çıkılmıştır. İşte bu amaçla orman fonksiyonlarının belirlenmesinde ve haritasının hazırlanmasında öne çıkan bazı unsurlar aşağıda verilmiştir.

- Uluslar arası süreç ve sözleşmeler (hassas ve önemli ekosistemler),
- Yasal statülü alanlar (milli park, tabiat parkı, sit alanı vb.),

- Bitki ve yaban hayvan tür listeleri ve uluslar arası antlaşmalara göre önem düzeyleri,
- Hedef türler (gösterge, bayrak, şemsiye tür vb.) ve yaşam alanı istekleri,
- Ekonomik ve ekolojik süreklilik, toplumun talep ve ihtiyaçları,
- Topoğrafik özellikler,
- Yetiştirme ortamı özellikleri,
- Orman ekosisteminin geçmişteki durumu,
- Doğal olay ve süreçler (yangın, çığ, kar kırması vb.),
- Bilimsel araştırmalar, eğitim-öğretim faaliyetleri.

Bu unsurların yanında her bir orman parçasının eğim, yetiştirme ortamı koşulları (anakaya, toprak, su ekonomisi, reliyef, yükselti ve bakı), vejetasyon (tabakalılık, kapalılık, karışım ve çağ sınıfı) gibi özellikleri dikkate alınarak göreceği öncelikli orman değeri belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma alanında yasalarca korunan alanlardan milli park alanı ve yaban hayatı koruma ve geliştirme sahası mevcuttur. Ayrıca alanda kayın tohum meşceresi bulunmaktadır. Eğimin yüksek olduğu alanlar toprak koruma fonksiyonuna ayrılmıştır. Su kenarı koruma alanları, gerek çevresinde barındırdığı canlılar gerekse de suyun temiz tutulabilmesi için büyük önem arz etmektedir. Bu sebeple, hem literatür çalışmaları hem de arazi gözlemleri yapılarak arazinin eğimi, derelerin akış havzasının genişliği ve mevsimlik durumları dikkate alınarak su kenarı koruma alanları belirlenmiştir. Derelerin debisine ve eğim durumuna bakılarak ana dere kenarlarına 100 m, yan dere kenarlarına da 50 m koruma zonu atılmıştır ve ikincil fonksiyon olarak su kenarı koruma alanı olarak ayrılmıştır. Toplumun orman ürünlerine olan ihtiyacını karşılamak amacıyla da ekolojik ve sosyal fonksiyonların ağırlıkta olduğu alanların dışındaki diğer koru meşcereleri üretim fonksiyonu olarak tespit edilmiştir. Fonksiyonların belirlenmesinde ve fonksiyon haritasının geliştirilmesinde 48. Amenajman heyeti Başmühendisi Sayın Caner Akgül ve ekibi ile TÜBİTAK projesi kapsamında K.T.Ü. Orman Fakültesi öğretim elemanlarının destek ve katkılarıyla oluşturulmuştur (Şekil 5).



Şekil 5. Planlama birimi fonksiyon haritası

## 2.5. Su Üretimi

Ormanların bir havzadaki su verimi üzerindeki etkisi ağaç türüne, ağaç sayısına, meşcere sıklığına, tepe boyutuna ve yaprak miktarına göre değişmektedir. Ormanlar, su ekonomisini düzenleme, su verimi sürekliliğini sağlama, taşkınları önleme, içme suyunun kalite ve miktarını yükseltme ve her çeşit su kaynağı ve tesislerini koruma yönünden gördüğü hizmetler nedeniyle değerlendirildiğinde önemli bir ekolojik fonksiyona sahiptir (Asan ve Sengönül, 1987). Orman ekosistemlerinin bir havzadaki su verimi üzerindeki bu etkisi ağaç türü, ağaç sayısı, göğüs yüzeyi, tepe boyutu, meşcere sıklığı, meşcere orta ve üst boyu, meşcere yaşı, kök tipi ve yoğunluğu ve yaprak miktarı gibi meşcere özelliklerine bağlı olarak değişmektedir.

Su üretim matrislerinin oluşturulması amacıyla alandan 58 adet örnek alan alınmıştır. Bu alanlardan alınan toprak örnekleri laboratuvar ortamında analiz edilerek toprağın faydalanılabilir su kapasitesi (toprakta depolanan su miktarı) belirlenmiştir. Ayrıca yapılan analizler sonucunda 1 adet ekolojik toprak serisi olduğu belirlenmiştir. Bu 1 adet toprak serisi için Thornthwaite yöntemine göre düzenlenmiş, su bilânçosu tablolarından yararlanılarak, su üretim değerleri türetilmiştir. Laboratuvar analiz sonuçlarından faydalanılarak, toprakta depolanan su miktarları hesaplanmıştır ve ardından önceden düzenlenmiş, su bilânçosu tablolarından, yıllık yağış ve toplam buharlaşma miktarı değerleri alınmıştır. Sonuçta, elde edilen değerler (1) nolu denklemde yerine konularak, her bir örnek alanın su üretim miktarı (akışa geçen su miktarı) hesaplanmıştır.

$$A=Y-(B+TS) \quad (1)$$

Burada,

Y: Yağış (mm),

B: Buharlaşma (mm),

TS: Toprak suyu (mm),

A : Akışı (mm) ifade etmektedir.

Örnek alanların su üretim değerleri hesaplandıktan sonra, her bir örnek alanın daha önce arazi çalışmaları sonucu elde edilen verileri yardımıyla göğüs yüzeyleri hesaplanmıştır. Daha sonra, her bir örnek alan için su üretimi değeri ve göğüs yüzeyi ilişkisi regresyon analizi ile test edilmiştir. Güvenilirlik düzeyini artırmak için elde edilen göğüs yüzeyi ve su değerleri çeşitli dönüşümler yapılarak tekrar tekrar analize tabi

tutulmuştur ve güvenilirlik düzeyi en yüksek şekilde elde edilmeye çalışılmıştır. Sonuçta da su üretimi-göğüs yüzeyi ilişkisi (2) nolu denklemle ifade edilmiştir.

$$LnS\ddot{U}=3,6026+(0,0970*GY)+(-0,0021*GY^2) \quad (2)$$

Burada;

S $\ddot{U}$ : Su üretimi (m<sup>3</sup>/ha/yıl)

GY: Göğüs yüzeyi (m<sup>2</sup>/ha)

Ln: Logaritma fonksiyonu

R<sup>2</sup> = 0,223, SH = 0,001

## 2.6. Karbon Birikimi

Herhangi bir zamanda bir orman ekosisteminde depolanan toplam karbon miktarı; canlı biyokütle, orman toprağı ve odun hammaddesi ürünlerinde depolanan karbon içeriklerinin toplamı olarak tahmin edilmektedir. Ormanlardaki karbon birikimi ve bilânçosu orman alanları üzerindeki bitkisel kütlelerin ibrelili ve yapraklı ağaç türü itibariyle dağılımına ve bunların fırın kurusu maddeye dönüştürülmüş miktarlarına dayanılarak hesaplanmaktadır. Hesaplamalarda 1 ton fırın kurusu bitkisel madde içinde 0,45 ton karbon bulunduğu kabul edilmektedir. Bu çalışmalarda önce toprak üstündeki biyokütle belirlenmekte, sonra da toprak altı biyokütle tahmin edilmektedir (Asan vd, 2002).

Orman ekosistemleri yaprakları, gövdeleri, dalları ve kökleri ile birlikte ölü örtü, diri örtü ve alt tabakada yer alan ölü ve kuru ağaçlarda büyük oranlarda karbon depolama kapasitelerine sahiptir (Ney vd., 2002). Orman ekosistemlerinde yapılan üretim faaliyetleri ve bu faaliyetler sonucu elde edilen odun ürünlerinin kullanılması karbon döngüsü üzerinde oldukça önemlidir. Üretim sonucu elde edilen eta, odun ürünü çeşitleri itibariyle belirlenmektedir. Bu ürünler kullanımdan kalkıncaya kadar karbonu içlerinde tutmakta ve belirli bir ayrılma oranıyla/fonksiyonuyla atmosfere tekrar bırakılmaktadırlar (Pussinen vd., 1997).

Planlama birimi karbon depolama kapasitesinin hesaplanmasında belirtilen yaklaşım tarzı kullanılmıştır. Her bir meşcerede elde edilecek ürün çeşidine göre karbon birikim miktarları ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Net karbon birikiminin orman amenajman planlarına yansıtılması, özellikle ihtiyaç duyulan verilerin yetersizliği durumlarında aşağıdaki eşitlikten faydalanılmak suretiyle kolaylıkla gerçekleştirilebilmektedir (Diaz-Balteiro ve Romero, 2003).

$$CB_t = [\gamma(V^t - V^{t-1} + H_t) - CE_t] \quad (3)$$

Burada,  $\gamma$ , odun biyokütlesindeki karbon oranı;  $CB_t$ ,  $t$ . kesim periyodundaki net karbon birikimi;  $CE_t$ ,  $t$ . kesim periyodundaki karbon emisyonu;  $H_t$ ,  $t$ . kesim periyodunda hasat edilen servet;  $V_t$ ,  $t$ . kesim periyodunun sonundaki dikili serveti göstermektedir. Net karbon birikimi değerinin hesaplanması için öncelikle orman ekosistemini oluşturan her bir ağaç türü için biyokütle miktarlarının hesaplanması gerekmektedir. Her bir ağaç türüne ilişkin toprak altı ve toprak üstü biyokütlenin hesaplanmasında, literatürden elde edilen denklemler veya sabit katsayılardan faydalanılabilir (Asan, 1995; Asan vd., 2002). Bu kapsamda, her bir ağaç türünün sahip olduğu serveti taze ağırlıktaki biyokütleye dönüştürecek katsayılar belirlenmelidir (Asan, (2002). Asan vd. (2002). Türkiye ormanlarının karbon depolama miktarlarının hesaplanması için belirli katsayılar belirlenmiştir. Yapraklı ve ibrelili ağaç türlerinin taze toprak üstü orman biyokütlesinin hesaplanmasında dikili serveti taze ağırlıktaki biyokütleye dönüştüren sırasıyla 1.24 ve 1.22 katsayılarını kullanmışlardır. Taze ağırlıktaki biyokütle miktarlarını fırın kurusu ağırlığa dönüştürmek için yapraklı ağaç türleri için 0.64 ve ibrelili ağaçlar için 0.473 katsayılarını önermişlerdir. Kök (toprakaltı) biyokütlesi ise, toprak üstü biyokütle değerlerinin belirli dönüşüm faktörleri ile çarpılmasıyla elde edilmiştir. Bu katsayılar yapraklılar için 0.15 ve ibreliler için 0.20 olarak belirlenmiştir.

Son olarak, toplam fırın kurusu ağırlıktaki biyokütle 0.45 (Türkiye ormanlarına özgü tahmin edilmiş) katsayısı ile çarpılarak biyokütleye depolanan karbon miktarı hesaplanmıştır.

$$TÜB = AS \times FKA \times BÇF$$

$$TAB = TÜB \times R$$

Denklemlerde;

$$TÜB = \text{Toprak üstü biyokütle (ton)}$$

$$TAB = \text{Toprak altı biyokütle (ton)}$$

$$AS = \text{Ağaç serveti hacmi (Kabuklu hacim, m}^3 \text{)}$$

$$FKA = \text{Fırın kurusu ağırlık (ton/m}^3 \text{)}$$



$B\check{C}F$  = Biyokütle çevirme faktörü

$R$  = Kök/Sak oranı (TAB / TÜB)

FKA: Her tür grubu için daha önceden saptanan (Yapraklılar için 0,638; iğne yapraklılar için 0,496) fırın kurusu ağırlıkları dönüşüm faktörü,

$R$ : Kök/Sak oranı için Türkiye'nin bulunduğu iklim kuşağı ve ormanlarda bulunan ortalama servet dikkate alınarak:

İbrelili verimli ormanlar için 0,29

Yapraklı verimli ormanlar için 0,24

İbrelili bozuk ormanlar için 0,40

Yapraklı bozuk ormanlar için 0,46 olarak belirlenmiştir.

Bunların yanında karbon bilânçosuna ilişkin uluslar arası hesaplamalarda, orman ekosistemlerinin tuttuğu toplam karbon miktarı belirlenirken, canlı ve cansız biyokütle dışında, orman toprağında bulunan toplam karbon da bu miktara eklenmektedir. Ancak diri ve ölü örtü ile orman toprağında depolanan karbona ait yeterli ve doğru bilginin olmaması, toprakta depolanan karbonun dinamik yapısının çok uzun zaman sürecinde değişikliğe uğraması ve orman işletme faaliyetlerinin özellikle ormanın toprak üstü ve toprak altı biyokütlesini etkilemesi nedeniyle, bu bütçe elemanlarında depolanan karbon dikkate alınmamıştır (Keleş ve Başkent, 2006).

## 2.7. Geleneksel Yöntemle Amenajman Planının Yapılması

Ülkemizde orman amenajman planlarının hazırlanmasında gelişen bilgisayar teknolojilerinden iki şekilde yararlanıldığı görülmektedir. Birincisi; orman amenajman planı tablolarının hazırlanmasında düşük seviye yazılımlardan yararlanmadır. İkincisi, tabloların üretilmesinde veri tabanı ve programlama tekniğinin kullanılmasıdır. Şöyle ki, arazi envanter verileri, hazırlanan veri tabanlarına girilmekte ve ilgili tabloların yazılı çıktıları alınmaktadır. İkinci yöntem programlama mantığının da kullanılmasından dolayı daha gelişmiş görülmesine rağmen konumsal bilgilerle (haritalar) desteklenmediği için yetersiz kalmaktadır.

Orman idaresi ve planlama dairesi tarafından geliştirilen bir bilgisayar programı mevcut olup amenajman planları genelde bu model yazılımla yapılmaktadır. Ancak, bu yazılım CBS ile ilişkilendirilememekte ve böylece konumsal veriler işlenememekte, analiz ve sorgulamalar da istenilen düzeyde yapılamamaktadır. Ayrıca, veri tabanı sadece odun

üretim eksenli plan yapım amaçlı tasarlanmış olup tam anlamıyla çok amaçlı planlama yaklaşımını içermemektedir. Bu açığı gidermek üzere *ETÇAPKlasik* (Sivrikaya, F., 2008) model yazılım programı geliştirilmiştir.

### 2.7.1. *ETÇAPKlasik* Planlama Yazılımı Özellikleri

*ETÇAPKlasik* model yazılımı, Veri Girişi, Hesaplama ve Karar Verme, Plan Çıktıları ve CBS olmak üzere 4 ana modül olarak tasarlanmıştır ve geliştirilmiştir (Şekil 6).



Şekil 6. *ETÇAPKlasik* planlama model yazılım modülleri a) Veri Girişi, b) Hesaplama ve Karar Verme, c) Plan Çıktıları ve d) CBS

Geliştirilen yazılımın doğru ve verimli bir şekilde çalışması için bazı şartların yerine getirilmiş olması gerekmektedir. Bu şartlardan kısaca bahsedecek olursak;

- Planlama birimine ait meşçere haritası “bölmecek” adıyla ArcView shape formatında sayısal ortamda üretilmeli, topolojisi oluşturulmalı ve veri tabanı kurulmalıdır.

- Sayısal meşcere haritasına ait veri tabanı belirtilen bölmecik katmanı öznelik veri tablosu desenine göre kurulmalıdır. Bu durum hem standardizasyonu sağlamak hem de veri tabanından sağlıklı ve etkili yararlanabilmek için gereklidir.
- Envanter verileri programa ya doğrudan girilmeli ya da transfer edilmelidir.
- Planlama birimi genel bilgileri, ağaç hacim tabloları veya ağaç hacim denklemleri, bonitet endeks tabloları ve hâsılat tabloları modele girilmelidir.
- Arazi çalışması sonucu elde edilen verilere göre planlama birimindeki meşcere tiplerine karar verilmeli ve örnekleme alanı düşmeyen veya örnekleme alanı alınmayan meşcere tiplerinin servet ve artım değerleri belirlenmeli ve bu değerler veri tabanına aktarılmalıdır.
- Yazılımın “*Hesaplama ve Karar Verme*” modülünde ki hesaplamalar öncelikle ve bir defaya mahsus olmak üzere yapılmalıdır. Ancak, veri tabanında herhangi bir veri değişiklik yapıldığında hesaplamalar tekrarlanmalıdır.
- Bölmeciklere uygulanacak silvikültürel müdahalelerin miktarının girilmesi gerekmektedir.
- Ara ve son hâsılat kesim planı ve ağaçlandırma alanları için uygun meşcereler belirlenmelidir.
- Kararlaştırılan etalar meşcere tipi bazında belirlenmelidir.

### **2.7.2.ETÇAPKlasik Veri Giriş Modülü**

Amenajman planı yapım aşamasında gerekli olan tüm verilerin girildiği modüldür Model yazılımdaki hesaplama ve karar verme, plan çıktıları ve CBS modüllerinin çalışabilmesi için öncelikle planlama birimine ilişkin tüm verilerin veri girişi modülüne girilmesi gerekmektedir. Diğer plan çıktıları ve hesaplama ve karar verme modülünün eksiksiz ve doğru bir şekilde çalışabilmesi ve doğru sonuçların elde edilebilmesi için veri girişinin doğru bir şekilde yapılması son derece önemlidir.

Envanter verileri, ağaç hacim ve artım tablosu, işletme sınıfı tanımlama tabloları, bonitet endeks tablosu ve hâsılat tabloları planlamacı tarafından veri girişi modülüne girilecek temel verilerdir (Şekil 7).



Şekil 7. ETÇAPKlasik Veri Giriş Modülü

Planlamada kullanılacak olan tüm dosyaların oluşturulması, açılması, kaydedilmesi gibi dosya yönetim işleri dosya menüsü altında gerçekleştirilmektedir. Planlama birimi açılması, planlama birimine ait sayısal meşcere haritalarının dış ortamdan alınması ve bağlantısının güncellenmesi gibi işlemler de dosya menüsü altında gerçekleştirilmektedir (Şekil 8). ETÇAPKlasik model yazılımındaki hesaplama ve karar verme, plan çıktıları ve CBS modüllerine bu pencere üzerinden geçiş yapılabilmektedir.



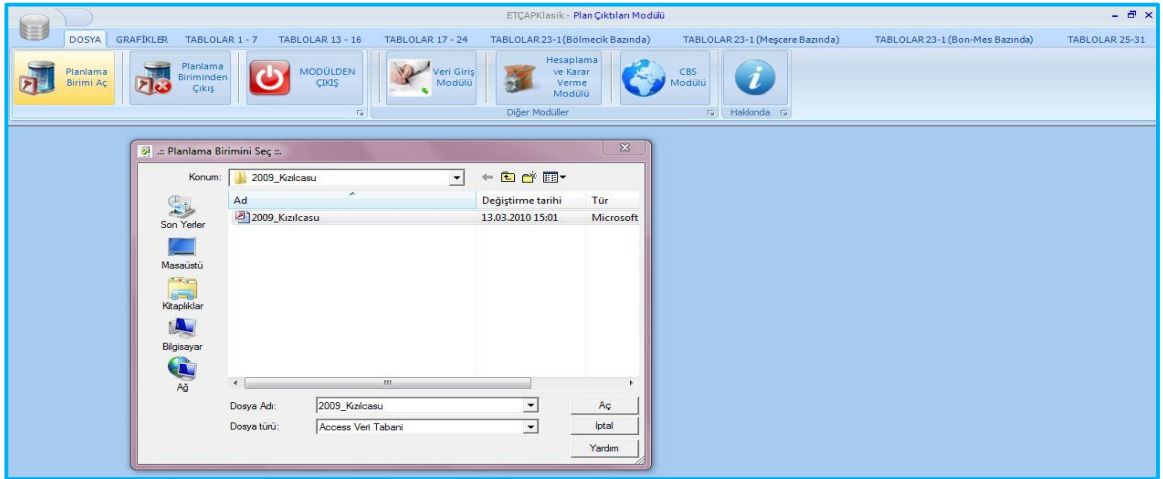
Şekil 8. ETÇAPKlasik Dosya menüsü görünümü

Orman amenajman planları planlama birimi düzeyinde gerçekleştirilmektedir. Planlamacı, planlama birimi oluştur kısmından planlama birimi seçimini gerçekleştirmektedir (Şekil 9). Açılan menüde, amenajman planı yapılacak planlama biriminin bağlı olduğu bölge müdürlüğü, işletme müdürlüğü, işletme şefliği ve son olarak plan ünitesi seçilmekte, planlama birimine ait sayısal meşcere haritası programa dâhil edilmekte ve böylece planlama birimine ilişkin veri tabanı kurulmaktadır.



Şekil 9. Yeni planlama birimi oluşturma ekranı

Geliştirilen yazılım orman amenajman plan yapım sürecini kısaltarak, zaman ve emek tasarrufu sağlasa da hazırlanacak planın tamamlanması farklı zamanlarda gerçekleştirilebilir. Bu durumda veri girişi, düzenleme, hesaplama ve karar verme gibi işlemlere ara verilerek başka bir zamanda yapılması öngörülebilir. Her defasında işleme en başından başlamak yerine kalındığı yerden devam edilebilmesi için yapılan işlemler veri tabanına kaydedilmekte ve tekrar program çalıştırıldığında işleme kalınan yerden devam edilebilmektedir. Program tekrar çalıştırıldığında “Planlama Birimi Aç” komutuna basılarak ilgili planın veri tabanı açılmaktadır (Şekil 10).



Şekil 10. Planlama birimi veri tabanının açılması ekranı

Birçok ara yüzden meydana gelen veri giriş modülünün en önemli kısmı veri girişinin yapıldığı kısımdır. Bu kısımda yazılımın doğru ve etkin çalışabilmesi için gerekli olan tüm verilerin girilmesi gerekmektedir. Bu verilerin başlıcaları; meşcere haritası veri tabanı, veri tabanı kontrol ve kurulumu, işletme sınıflarını tanımlama, genel ve yerel hasılat tabloları, bonitet endeks tabloları, envanter verileri ve meşcere tipi değerlendirmeye ait veri girişleridir (Şekil 11,12,13,14,15).

Meşcere Tipi	Yeni Meşcere Tipi	Meşcere Kodu	Çağ Sınıfı	Karşım Kodu	Arazi Kullanımı	Kapalık	Mülkiyet	Seçim
Çka	Çka	5	A	2	1	1	1	<input type="checkbox"/>
Çkb3	Çkb3	10	B	2	1	3	1	<input type="checkbox"/>
Çkbc3	Çkbc3	15	B	2	1	3	1	<input type="checkbox"/>
Çkc3	Çkc3	20	C	2	1	3	1	<input type="checkbox"/>
Çkcd2	Çkcd2	25	C	2	1	2	1	<input type="checkbox"/>
Çkcd3	Çkcd3	30	C	2	1	3	1	<input type="checkbox"/>
Çkd1/Çkdybc3	Çkd1/Çkdybc3	35	K	101	1	3	1	<input type="checkbox"/>
Çkd1/GrÇkdybc3	Çkd1/GrÇkdybc3	40	K	101	1	3	1	<input type="checkbox"/>
Çkd2	Çkd2	45	D	2	1	2	1	<input type="checkbox"/>

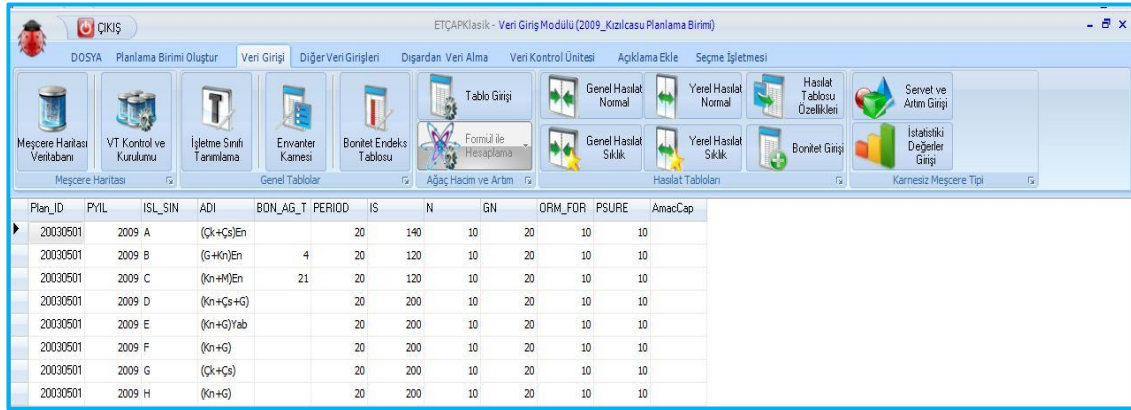
Şekil 11. Veri tabanı kontrol ekranı

Bonitet	Alt Değer	Orta Değer	Üst Değer
1	25,6	29,5	32,5
2	20,6	23,5	26,59
3	14,5	17,5	20,59

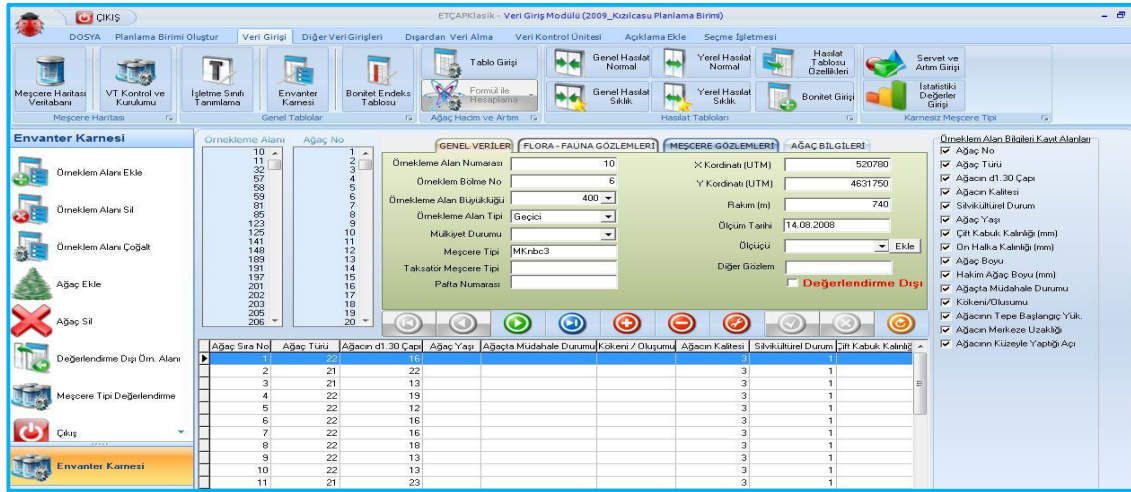
Şekil 12. Bonitet endeks tablosu giriş ekranı

Yaş	BonEnd	AsiAgSav	UstBoy	DnBoy	AsiGYuzey	AsiDitaCap	AsiDnAn
25	0	1790	11,25	0	22,32	12,6	0
30	0	1408	13,39	0	25,87	15,3	0
35	0	1112	15,08	0	27,98	17,9	0
40	0	894	16,53	0	29,16	20,5	0
45	0	711	17,67	0	29,8	23,1	0
50	0	588	18,7	0	30,24	25,6	0
55	0	489	19,52	0	30,56	28,2	0
60	0	418	20,17	0	30,71	30,6	0
65	0	364	20,76	0	30,72	32,8	0
70	0	322	21,31	0	30,62	34,8	0
75	0	293	21,77	0	30,5	36,4	0
80	0	270	22,16	0	30,3	37,8	0
85	0	252	22,53	0	30,14	39	0
90	0	237	22,89	0	29,96	40,1	0
95	0	225	23,19	0	29,77	41	0
100	0	217	23,5	0	29,6	41,7	0

Şekil 13. Hâsılat tablosu giriş ekranı

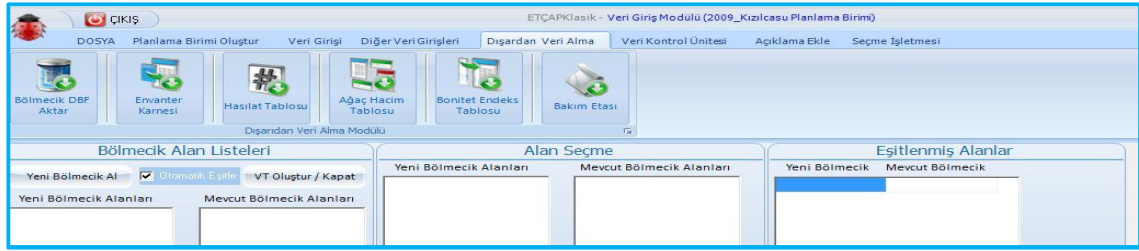


Şekil 14. Planlama birimi İşletme sınıfı tanımlama ekranı



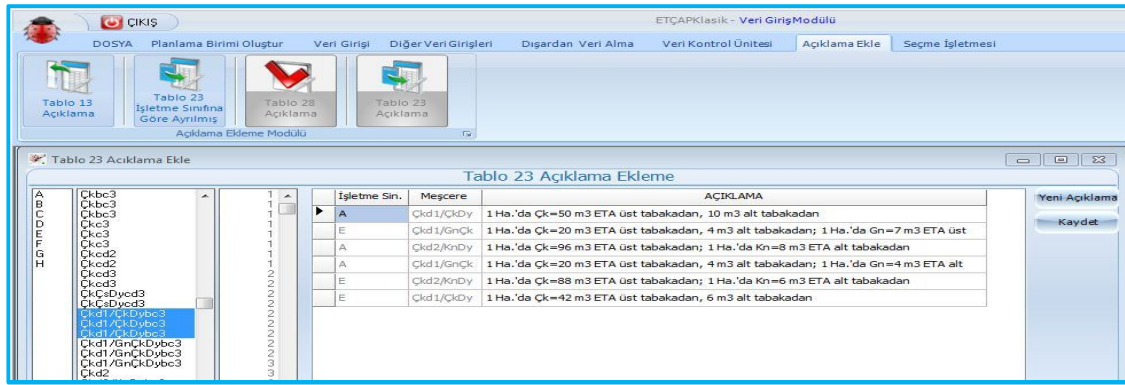
Şekil 15. Envanter karnesi veri giriş ekranı

ETÇAPKlasik programı için ihtiyaç duyulan bazı veriler (envanter verileri, hasılat tablosu, ağaç hacim tablosu, bonitet endeks tablosu, bakım etaları) daha önceden farklı bir veri tabanına ve farklı formatlarda girilmiş olabilir. Daha önce girilen bu veriler veri girişi modülünde, “Dışarıdan Veri Alma” penceresi kullanılarak veri tabanına aktarılabilir. Burada dikkat edilecek husus, verilerin uygun formatta hazırlanması zorunluluğudur. Dışarıdan veri aktarımı esnasında alan eşleştirmeleri doğru şekilde yapılmalıdır (Şekil 16).



Şekil 16. Dışarıdan envanter verileri aktarma ekranı

Veri giriş modülünde ayrıca Tablo 13, Tablo 23 ve Tablo 28'lere açıklama eklemek için açıklama ekle ara yüz ekranı geliştirilmiştir. Bu ara yüz ile tablolara özel açıklamalar eklenebilmektedir (Şekil 17). Ayrıca veri giriş modülünde seçme işletmesi için hasılat tablosu ve amaç çapı gibi değerlerin girildiği bir arayüz de mevcuttur.

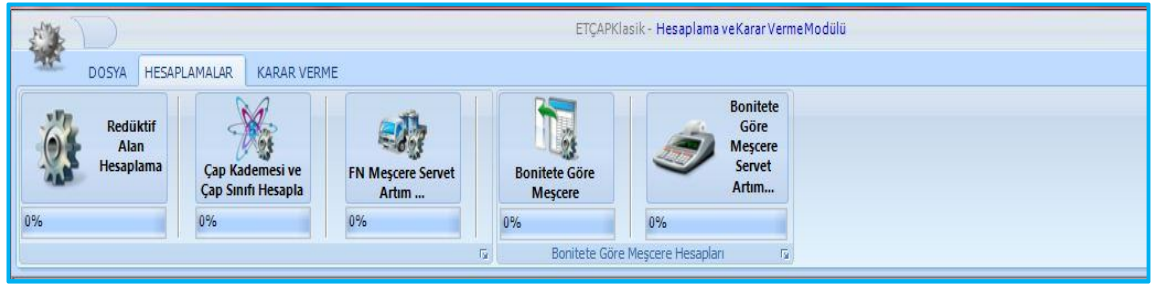


Şekil 17. Açıklama ekleme ekranı

### 2.7.3. ETÇAPKlasik Hesaplama ve Karar Verme Modülü

Bu bölüm kendi içerisinde hesaplamalar ve karar verme aşamalarından oluşmaktadır (Şekil 18). Hesaplamalar kısmında redüktif alan, çap kademesi ve çap sınıfı, aritmetik ve ağırlıklı ortalamaya göre meşçere servet ve artımı hesaplanmakta, bonitete bağlı meşçereler oluşturulmakta ve bu meşçerelerin servet ve artım değerleri aritmetik ve ağırlıklı ortalamaya göre belirlenmektedir.

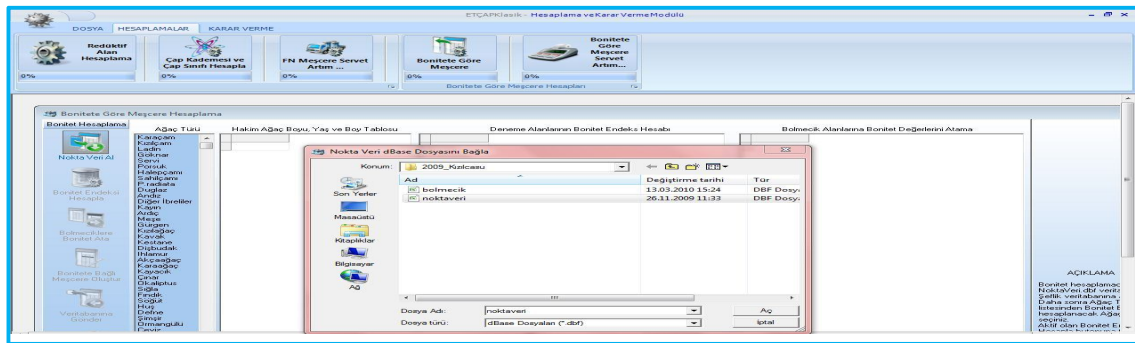




Şekil 18. Hesaplama ve Karar Verme Modülü

Bonitete göre meşçere hesabı yapılabilmesi için alan envanterinde örnek alanların meşçere haritasında alındıkları meşçere ile karşılaştırılması gerekmektedir. Bu işlem için *ArcGIS 9.3*'te *Arc Toolbox*'ın *intersect* komutu kullanılarak örnek alanların yerlerini gösteren nokta katmanı ile bölmeçik katmanı karşılaştırılıp *noktaveri* oluşturulmalıdır. Daha sonra bu noktaveri program tarafından çağrılıp diğer meşçerelerin de bonitet hesabı yapılmaktadır (Şekil 19).

Bu çalışma ile ülkemizde ilk defa meşçere tipi tanımlamasında değişikliğe gidilerek meşçere tipi servet ve artım hesabında yetişme ortamı farklılığı da dikkate alınmıştır. Mevcut yönetmeliğe göre meşçere tipi tanımlamada; ağaç türü, gelişim çağı ve kapalılık dikkate alınırken, geliştirilen yeni meşçere tipi tanımında bonitet, ağaç türü, gelişim çağı ve kapalılık dikkate alınmaktadır. Yeni oluşturulan bu tanımlamada 2Lcd3 meşçere tipi, 2. bonitetteki Lcd3 meşçere tipini tanımlamaktadır. Klasik meşçere tipinin önüne bonitet değeri eklenmiştir. Bonitet değerinin 1973 yılında meşçere tipi sonuna eklenmesine rağmen, bu çalışmada meşçere tipinin önüne konulmasının nedeni, kapalılık ile bonitet değerinin ilk bakışta karıştırılabilecek olmasıdır. Bu karışıklılığın katlı meşçerelerde daha fazla olabilmesi muhtemeldir. Ayrıca, bölmeçik tanımlamasındaki -1, -2, -3, -n rumuzlarıyla da karıştırılmaması için bu yola başvurulmuştur.



Şekil 19. Bonitete göre meşçere hesaplama ekranı ve noktaverinin eklenmesi

Hesaplama ve karar verme modülünün bir başka arayüzü de karar verme kısmıdır. Bu kısımda, planlamacı amacına uygun olarak bölmecik bazında bakım etasına, meşçere bazında bakım etasına, veya bonitete göre meşçere bazında bakım etasına karar verebilmektedir (Şekil 20). Kullanıcı aynı meşçere tipi olmasına rağmen farklı bonitete sahip alanlara bonitetine göre farklı bakım etaları verebilmektedir. Yetiştirme ortamı daha iyi olan meşçerelere daha yüksek ve gerçeğe daha uygun etalar verilmesi sağlanacaktır.

BLM_NO	MES_TIP	EGİM	YAŞ_SIN	BONİTET	ALAN	AdetHa	SerHa	ArtHa	SıkEtA	Sembol	KAPALILIK	İSLEM	ARZ_KUL	ORM_FORML
3 CKGed3-1		42,9	5	3	10,03	24	3,25	0,141	2,75	M	3	0	1	10
3 CKGed3-1		42,9	5	3	10,03	382	184,576	4,984	3,575	G	3	0	1	10
3 CKGed3-1		42,9	5	3	10,03	423	237,017	9,277	38,058	Çk	3	0	1	10
3 CKGed3-2		33,7	5	3	4,66	24	3,25	0,141	2,75	M	3	0	1	10
3 CKGed3-2		33,7	5	3	4,66	382	184,576	4,984	3,575	G	3	0	1	10
3 CKGed3-2		33,7	5	3	4,66	423	237,017	9,277	38,058	Çk	3	0	1	10
3 CKGed3-3		51,7	5	3	6,81	24	3,25	0,141	2,75	M	3	0	1	10
3 CKGed3-3		51,7	5	3	6,81	382	184,576	4,984	3,575	G	3	0	1	10
3 CKGed3-3		51,7	5	3	6,81	423	237,017	9,277	38,058	Çk	3	0	1	10
4 CKGed3		35,3	5	3	2,03	24	3,25	0,141	2,75	M	3	0	1	10
4 CKGed3		35,3	5	3	2,03	382	184,576	4,984	3,575	G	3	0	1	10
4 CKGed3		35,3	5	3	2,03	423	237,017	9,277	38,058	Çk	3	0	1	10
13 CKGed3		29,5	5	3	1,17	24	3,25	0,141	2,75	M	3	0	1	10

Şekil 20. Bölme bazında bakım etası karar verme ekranı

#### 2.7.4. ETÇAPKlasik Plan Çıktıları Modülü

ETÇAPKlasik planlama yazılımında veri girişi, hesaplama ve karar verme aşamaları tamamlandıktan sonra plan çıktıları modülü ile amenajman planına ilişkin tüm tablolar ve planlama birimine ilişkin genel bilgileri içeren (gelişim çağı-alan, kapalılık-alan, bonitet- alan, işletme sınıfı-alan, yaş sınıfı-alan, vs.) grafikler üretilmektedir. Plan çıktıları modülünde istenilen tablo açılabilir, kaydedilebilir ve yazdırılabilir (Şekil 21).

MEŞÇERE TIPLERİ TANITIM TABLOSU												MEŞÇERE TİPİ :		Çkç3				
HEKTARDAKİ AĞAÇ SAYISI, SERVET VE ARTIMIN ÇAP SINIFLARINA DAĞILIMI												TOPLAM		%				
AĞAÇ TURU	I. ÇAP SINIFINDA			II. ÇAP SINIFINDA			III. ÇAP SINIFINDA			IV. ÇAP SINIFINDA			ADET	HACİM (m3)	ARTIM (m3)	ADET	HACİM (m3)	ARTIM (m3)
	ADET	HACİM (m3)	ARTIM (m3)	ADET	HACİM (m3)	ARTIM (m3)	ADET	HACİM (m3)	ARTIM (m3)	ADET	HACİM (m3)	ARTIM (m3)						
Çk	514	51,803	3,228	645	269,178	13,980	8	14,118	423	0,357			1167	335,099	17,565	100,00		
TOPLAM	514	51,803	3,228	645	269,178	13,980	8	14,118	423	0,357			1167	335,099	17,565	100,00		
HEKTARDAKİ AĞAÇ ADETI VE SERVETİN KALİTE SINIFLARINA DAĞILIMI												TOPLAM		%				
AĞAÇ TURU	KALİTE I			KALİTE II			KALİTE III			KALİTE IV			ADET	HACİM (m3)	ARTIM (m3)	ADET	HACİM (m3)	ARTIM (m3)
	ADET	HACİM (m3)	ARTIM (m3)	ADET	HACİM (m3)	ARTIM (m3)	ADET	HACİM (m3)	ARTIM (m3)	ADET	HACİM (m3)	ARTIM (m3)						
Çk	1142	334,049	25	1,050	1167	335,099	26	1,090	1167	335,099								
TOPLAM	1142	334,049	25	1,050	1167	335,099	26	1,090	1167	335,099								
HEKTARDAKİ AĞAÇ ADETI VE SERVETİN SİLVİKÜLTÜREL DURUMA GÖRE DAĞILIMI												TOPLAM (1+2)		KURU (3)				
AĞAÇ TURU	KALAKAÇ (1)			ÇIKAKAÇ (2)			TOPLAM (1+2)			KURU (3)			ADET	HACİM (m3)	ARTIM (m3)	ADET	HACİM (m3)	ARTIM (m3)
	ADET	HACİM (m3)	ARTIM (m3)	ADET	HACİM (m3)	ARTIM (m3)	ADET	HACİM (m3)	ARTIM (m3)	ADET	HACİM (m3)	ARTIM (m3)						
Çk	683	287,300	284	47,799	1167	335,099												
TOPLAM	683	287,300	284	47,799	1167	335,099												

Şekil 21. Plan çıktıları modülü rapor ekranı

*ETÇAPKlasik* programı ile meşçere tipi servet ve artımları aritmetik ortalama, ağırlıklı ortalama ve bonitete göre ayrı ayrı hesaplanabilmektedir (Şekil 22). Bonitete göre yapılan servet ve artım hesabı meşçerelerin gerçek servetinin daha doğru hesaplanabilmesi için önemli bir adım olmaktadır. Ayrıca ara hâsılata konu alanlar, bonitede göre belirlenmiş meşçere bazında hesaplanabilmektedir (Şekil 23). Bu durumlar *ETÇAPKlasik* planlama yazılımının önemli avantajlarından birkaçıdır.

İşletme Sınıfı	Ormanlık Alan (Ha)	Ağaçsız Alan (Ha)	ORMANSIZ ALANLAR (Ha)					Toplam (Ha)	GENEL TOPLAM (Ha)
			İs	Dp	Z				
A	1913.17	87.10	87.23			1208.91	1294.74	3396.01	
B	754.08		72.24			217.88	290.12	1044.70	
C	2249.91							2249.91	
D	527.09	2.67	2.67	2.58			5.25	535.01	
E	1681.85	24.12						1885.97	
F	56.75							56.75	
G	145.94							145.94	
H	470.78							470.78	
<b>TOPLAM</b>	<b>7979.77</b>	<b>113.89</b>	<b>162.74</b>	<b>2.58</b>	<b>1424.79</b>		<b>1690.11</b>	<b>9983.77</b>	
%	82.40	1.18	1.68	0.03	14.71		16.42	100.00	

Şekil 22. Meşçere servet ve artımlarını gösterir rapordan görünüm

Bölme No	Meşçere Tipi	Yaş Sınıfı	Bon Sınıfı	Eğim (%)	Gerçek Alan (Ha)	Ağaç Türü	Hektarda			Sivri Etiler (m3/Ha)	İşletme Amaçları		Yapılacak Silim Türü	Karar Etiler (m3/Ha)	Uygulanabilir Etiler (m3/Ha)	Uygulanabilir Miktarı (m3)	
							Adet	Servet (m3)	Artım (m3)		Ana Amaç	Yan Amaç					
1	3Kbc3-1	III	III	43.6	1.89	Çk	975	121.866	7.05	9.367	Çk EneOsÜr	Bos	Müşahae yok	14	16	24	23.05
	<b>Toplam</b>				0.71	Çk	975	121.866	7.05	9.367	Çk EneOsÜr	Bos	Müşahae yok	14	7	10	9.94
	3Çod2	IV	III	48.3	3.22	Çk	346	178.51	7.285	24.148	Çk EneOsÜr	Bos	Müşahae yok	16	78	52	51.52
	<b>Toplam</b>				9.58	Çk	24	5.092	0.194	2.213	Çk EneOsÜr	Bos	Müşahae yok	0	7	0	31.52
	3ÇaÇbc2	IV	III	55.6	9.58	Çk	121	32.533	1.414	8.976	Çk EneOsÜr	Bos	Müşahae yok	2	67	19	19.18
	<b>Toplam</b>				4.78	Çk	286	82.452	3.671	9.157	Çk EneOsÜr	Bos	Müşahae yok	6	88	57	57.69
	3Ged3-2	IV	III	50.7	4.78	G	608	369.975	8.293	66.193	G EneOsÜr	Bos	Müşahae yok	38	316	172	172.08
	<b>Toplam</b>					Gn	23	2.6	0.111	1.018	G EneOsÜr	Bos	Müşahae yok	0	5	0	9
						Gn	23	4.971	0.192	2.269	G EneOsÜr	Bos	Müşahae yok	0	11		472.08
						<b>Toplam</b>	<b>655</b>	<b>377.546</b>	<b>9.598</b>	<b>69.46</b>							

Şekil 23. Bonitete dayalı ara hâsılat tablosu görünümü

### 2.7.5. ETÇAPKlasik CBS Modülü

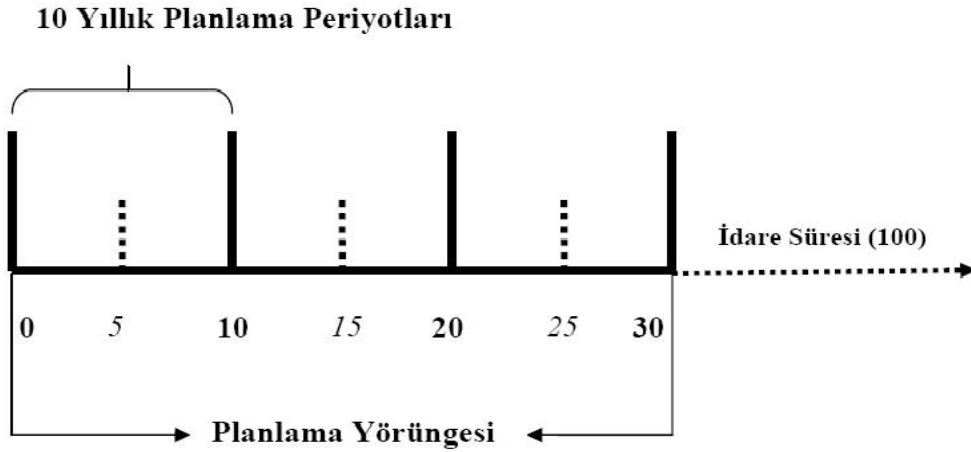
CBS Modülü, grafik ve öznitelik verileri kullanarak plan yapım sürecini daha etkin hale getirmek amacıyla geliştirilmiştir. CBS modülü altında “Katman Ekle, Görünüm Özellikleri, Sorgulama, Genel Görünüm, Seçili Katmanı Büyüt, Etiketlendirme, Renklendirme ve Öznitelik Veri” gibi bölümleri vardır. *ETÇAPKlasik* planlama yazılımının en önemli avantajlarından birisi de CBS modülü ile bağlantılı olarak

çalışabilmesidir. Bu modül üzerinde kullanıcı tarafından yapılan değişiklikler haritaya aktarılabilir. Mevcut orman amenajman planlama yazılımlarında böyle bir modül bulunmamaktadır. Bu eksiklik *ETÇAPKlasik* planlama Yazılımının CBS modülü aracılığı ile ortadan kalkmaktadır. CBS modülüne katman eklenebilmekte, katman üzerinde sorgulamalar yapılabilmekte ve bu sorgulamalar hem grafik hem de öznitelik veri olarak gösterilebilmektedir. Yapılan değişiklikler haritaya aktarılabilir.

## 2.8. Simülasyon Tabanlı Planlama Modelinin Özellikleri - *ETÇAPSimülasyon*

Ekosistem tabanlı çok amaçlı planlamada, orman ekosistemlerinden en iyi şekilde faydalanmak için farklı planlama teknikleri kullanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında, farklı projeler için geliştirilmiş olan simülasyon ve optimizasyon (doğrusal programlama) tabanlı orman amenajmanı planlama modelleri kullanılmıştır.

Simülasyon teknikleri genellikle belirli bir strateji ile başlar ve bu stratejinin uygulanması ile beklenen sonuçlara erişim durumunu gösterir. Simülasyon temelli bir amenajman planlama modelinde öncelikle orman ekosisteminin mevcut yapı ve kuruluşu belirlenmelidir. Orman ekosistemleri, belirli amaç için ayrılmış ve homojen gruplardan oluşan alt birimlerden (örneğin işletme sınıfı, fonksiyon, bölme, meşcere ve bölmecik) meydana gelmektedir. Genellikle orman amenajmanı çalışmalarında orman parçası olarak meşcereler (bölmecikler) temel üretim birimi olarak değerlendirilmektedir. Her bir orman çoğunlukla değişik sayıda meşcerelerden oluşmaktadır. Her bir meşcere dinamik bir yapıya sahip olup, üretim, yangın ve böcek arızı gibi müdahaleler nedeniyle sürekli değişim halindedir. Dolayısıyla her bir meşcere kendisine ait bir büyüme eğrisine/modeline sahiptir. Neticede, uygulanacak silvikültürel müdahale veya doğal olaylara bağlı olarak, meşcereler önceden tanımlanan süreler içerisinde belirli çıktılar sunacaktır. Bu işlem gerçekleştirildikten sonra karar verici veya kullanıcı tarafından veri girişine bağlı olarak işletme stratejileri belirlenmelidir. Öncelikle planlama yörüngesi ve periyot uzunlukları belirlenmelidir ve programa girilmelidir. Burada amaç, orman ekosisteminin dinamik yapısının ne kadarlık bir süre için tahmin edilmesinin istenildiğinin belirlenmesidir. Bu işlem periyot uzunluğu olarak adlandırılmakta ve planlama yörüngesinin tam bölenleri olacak şekilde (genellikle 5, 10 ve 20 yıl) belirlenmektedir (Şekil 24). Bir planlama modelinde, planlama yörüngesi ne kadar uzun ve periyot genişliği ne kadar kısa olursa, planlama modelinin boyutu da o kadar büyümektedir.



Şekil 24. 10 yıllık planlama periyotlarına ayrılmış 30 yıllık planlama yörüngesi örneği (Keleş, 2008, Keleş S., Başkent E.Z., Kadioğulları A.İ., 2009).

Planlama yörüngesi ve periyot uzunlukları belirlendikten sonra müdahale durumu ve sınırları belirlememiz gerekmektedir. Müdahaleler, meşcerelerin büyüme ve hâsılatını etkileyen en önemli mekanizmalar olarak görülmektedir. Müdahaleler, ürün ve hizmetlerin üretimi, müdahale edilen alanlar, işletmenin gelir-gider durumu, orman ve meşcere parametreleri gibi işletmenin başarısını belirten değişkenlerin belirlenmesinde çok önemli bir yere sahiptir. Müdahaleler kısmında planlama birimini oluşturan işletme sınıfları, orman fonksiyonları, ağaç türleri, meşcere tipleri, koruma durumu, topoğrafik yapı, bonitet ve idare süresi gibi parametrelere bağlı analiz alanları oluşturulur. Bu işlem gerçekleştirildikten sonra her bir analiz alanına uygulanacak olan silvikültürel müdahaleler belirlenir. Uygulanacak silvikültürel müdahalelerde, gençleştirme, rehabilitasyon, koruma, gençlik ve sıklık bakımı, ağaçlandırma ve aralama gibi silvikültürel müdahale seçenekleri yer almaktadır. Tablo 4’de aynı yaşlı ormanlar için uygulanabilecek bir müdahale reçetesi örneği verilmiştir. Bu tabloda, meşcerelerin özellikleri dikkate alınarak her birine uygun olan silvikültürel müdahale şekilleri belirlenmiştir (Keleş, S., 2008).

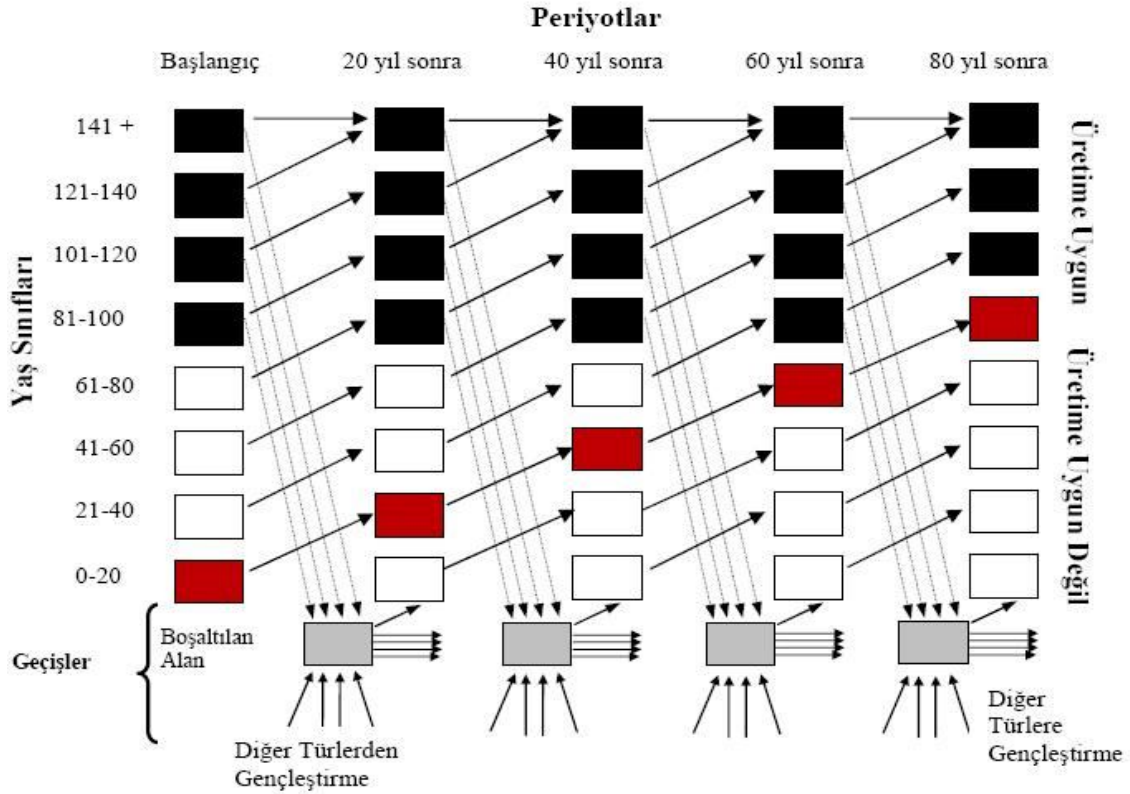
Orman ekosistemi uygulanan doğal veya silvikültürel müdahaleye bağlı olarak bir takım değişimlere maruz kalmaktadır. Meşcere tipleri ve ağaç türlerine uygulanacak silvikültürel ve doğal müdahalelere göre, mevcut analiz alanının müdahaleden sonra geçeceği yeni hedef ağaç türü veya meşcere tipleri belirlenmektedir. Bir orman genellikle farklı yaş sınıflarından meydana gelmektedir. Her bir yaş sınıfı ise, zamanla büyüme olayını gerçekleştirerek bir üst yaş sınıfına geçmektedir veya kesim yaşını doldurmuş ise kesime tabi tutulmaktadır (Keleş, S., 2008). Şekil 25’de aynı yaşlı bir orman alanındaki

mevcut yaş sınıflarının gençleştirme üretimine dayalı olarak birbirleri arasındaki geçişleri göstermektedir. Dolayısıyla orman alanı, zamanla uygulanan müdahalelere bağlı olarak yaş sınıflarında değişime maruz kalmaktadır. Gençleştirmeye tabi olmayan yaş sınıfları izleyen periyotta bir üst yaş sınıfına geçmektedir. Gençleştirme kesimine tabi tutulan meşcereler ise ilk yaş sınıfına geçmektedir. Bununla birlikte belirli yaşlardaki bir ağaç türü katmanı, uygulanan silvikültürel müdahale veya doğal olaylara bağlı olarak, farklı ağaç türü katmanına geçebilir ve gelişimi bundan sonraki süreçte farklılık gösterebilir (diğer türlere gençleştirme). Yine, orman alanında yeni yapılan ağaçlandırmalar ile birlikte yaş sınıfları veya ağaç türleri karışımında değişiklikler söz konusu olabilir (diğer türlerden gençleştirme) (Keleş S., Başkent E.Z., Kadioğulları A.İ., 2009).

Tablo 4. Aynı yaşlı ormanlar için bir müdahale reçetesi örneği (Yolasıgmaz, 2004)

Orman Formu	Silvi. Müd. Şekli	İşletme Sınıfı	Meşcere Yapısı											Koruma Durumu		Topografik Yapısı									
			Özellikli Meşcereler			Çağ Sınıfı				Kapalılık				Asli Ağaç Türü				IUCN Kategorisi	Eğim %			Erozyon Durumu			
			Bt	BM	OT	a	b	c	d	1	2	3	Işık	YIşık	G	YG	İlk 4		Son 4	<58	58-80		>80	Duy	Day
Aynı Yaşlı	SHE (T)	DG	OÜ	✓	✓	-	-	*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	?	*	-	?	✓	?	-	?	✓	
		K	?	?	-	-	-	-	?	-	-	?	-	-	-	-	-	-	-	?	-	-	-	?	
		K+OÜ	✓	✓	-	-	?	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	*	?	?	-	?	*	-	-	-	✓
		SG	OÜ	✓	✓	✓	-	-	-	✓	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	*	*	*	-	*	✓
		K	?	?	*	-	-	-	-	?	*	-	*	*	*	*	*	*	-	*	*	*	-	?	*
		K+OÜ	?	*	✓	-	-	-	-	*	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	*	*	*	-	*	✓
	SHE (SK)	DG	OÜ	✓	✓	-	-	*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	?	*	-	?	✓	?	-	?	✓	
		K	?	?	-	-	-	-	?	-	-	?	-	-	-	-	-	-	-	?	-	-	-	?	
		K+OÜ	✓	✓	-	-	?	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	*	?	?	-	?	*	-	-	✓	
		SG	OÜ	✓	✓	✓	-	-	-	✓	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	*	*	*	-	*	✓
		K	?	?	*	-	-	-	-	?	*	-	*	*	*	*	*	*	-	*	*	*	-	?	*
		K+OÜ	?	*	✓	-	-	-	-	*	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	*	*	*	-	*	✓
	AHE	OÜ	✓	-	-	-	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	-	*	✓	
		K	✓	-	-	-	*	*	*	-	*	✓	*	*	*	*	*	-	*	✓	*	-	?	*	
		K+OÜ	✓	-	-	-	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	*	✓	*	-	*	✓	
	GB	OÜ	-	-	-	✓	-	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	-	✓	✓	
		K	-	-	-	✓	-	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	-	✓	✓	
		K+OÜ	-	-	-	✓	-	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	-	✓	✓	
	SB	OÜ	-	-	-	-	✓	-	-	-	*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	*	✓	*	-	*	✓	
		K	-	-	-	-	?	-	-	-	*	*	*	*	*	*	*	-	*	*	?	-	?	*	
		K+OÜ	-	-	-	-	✓	-	-	-	*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	*	✓	?	-	*	✓	
	A	OÜ	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	-	*	✓	*	-	*	✓	
		K	-	-	*	-	-	-	-	-	-	-	*	*	*	*	*	-	*	✓	?	-	?	*	
		K+OÜ	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	-	*	✓	*	-	*	✓	
SG	OÜ	✓	✓	✓	-	-	-	✓	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	*	*	*	-	*	✓		
	K	?	?	*	-	-	-	?	*	-	*	*	*	*	*	*	-	*	*	*	-	?	*		
	K+OÜ	?	*	✓	-	-	-	*	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	*	*	*	-	*	✓		

Silvi. Müd. Şekli: Silvikültürel müdahale şekli, Bt: Baltalık, BM: Bozuk Meşcereler, OT: Orman içi açıklık, Işık: Işık ağacı, YIşık: Yarı ışık ağacı, G: Gölge ağacı, YG: Yarı gölge ağacı, Duy: Erozyona duyarlı, Day: Erozyona dayanıklı, SHE: Son Hâsılat Etası (Gençleştirme), T: Tıraşlama, SK: Siperde Kesim, AHE: Ara Hâsılat Etası (Bakım), GB: Gençlik Bakımı, SB: Sıklık Bakımı, A: Ağaçlandırma, DG: Doğal Gençleştirme, SG: Suni Gençleştirme, OÜ: Odun Üretimi, K: Korunan alan, DO: Devamlı Orman, ✓: Ön koşulsuz uygulanır, -: Uygulama dışı, ?: Yetiştirme ortamı, koruma hedefleri, asli ağaç türünün biyolojik istekleri ve diğer koşullara (işletmenin finans durumu, teknik imkanları vb.) bağlı olarak karar verilir, \*: Yetiştirme ortamı, koruma hedefleri, asli ağaç türünün biyolojik istekleri ve diğer koşullara (işletmenin finans durumu, teknik imkanları vb.) bağlı olarak kontrollü olarak uygulanabilir.



Şekil 25. Aynı yaşlı ormanın gençleştirme durumuna göre gelişimi (Keleş, S, 2008; Keleş S., Başkent E.Z., Kadioğulları A.İ., 2009).

Orman ekosistemini oluşturan meşcerelere uygulanacak silvikültürel müdahalelerin önceliklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Simülasyon modellerinde kullanılan dört önemli kesim önceliği kuralı mevcuttur. Bunlar; en yaşlı meşcerelerin öne alındığı kesim önceliği kuralı, birim alan üretiminin en fazla olduğu meşcerelerin öne alındığı kesim önceliği kuralı, en düşük artımlı meşcerelerin öne alındığı kesim önceliği kuralı ve en fazla artım kaybının olduğu meşcerelerin öne alındığı kesim önceliği kurallarıdır.

Bu öncelik kuralları simülasyon tabanlı orman amenajman planlamasında çok önemlidir. Kullanıcı tarafından modele girilen hedefler ve belirlenen kesim kuralı önceliklerine göre simülasyon modeli meşcereleri sıralamaktadır. Modelin bu kurallardan hangisini öne alacağı işletme amaç ve hedeflerine göre değişmektedir. İşletme amaç ve hedefleri girilirken odun üretiminden net bugünkü değer maksimizasyonu seçilebileceği gibi alan ve eta kontrolü gibi hedeflerde ortaya konulabilir. Her bir periyotta ne kadar alana müdahale edileceği veya ne kadar eta alınacağı modele girilir. Bunların yanında her bir periyotta ne kadar alanın ağaçlandırılacağı da modele girilmelidir.



Simülasyon tabanlı amenajman planı yapılacak alana ait diğer orman fonksiyonları, örneğin su üretimi, karbon depolama, toprak koruma v.b. gibi fonksiyonların modele yansıtılabilmesi için gerekli veri, model veya bilgilerin girilmesi gerekmektedir.

Tüm bu saydığımız işlemler gerçekleştirildikten sonra simülasyon modeli çalıştırılır. Kullanıcının belirlediği hedef ve stratejilere göre her bir meşcere belirlenen müdahale önceliklerine göre sıralanır. Sıralanan bu meşcereler silvikültürel müdahalelere tabi tutulmaktadır. Üretime alınmış bazı meşcereler diğer fonksiyonlar kapsamında, örneğin toprak koruma, rekreasyon, biyolojik çeşitlilik, yaban hayatı gibi gereksinimleri karşılamak için üretim dışı bırakılmaktadır. Bu üretim dışı bırakılan meşcerelerin planlama boyunca model tarafından hem yaş hem de büyümesi yapılmaktadır.

Kullanıcı tarafından belirlenen hedeflere ulaşmaya kadar meşcerelere müdahale edilmektedir. Bazen de hedeflere ulaşamamak söz konusu olabilmektedir. Bunun nedenleri ise genelde müdahale edilecek yeterince alanın olmaması veya verilen hedefteki değerin ulaşılabilir olmamasından kaynaklanmaktadır. Fakat bu hedefteki değere ulaşamaması stratejinin uygun olmadığı anlamına gelmemektedir. Bunun anlamı işletme amaçlarının karşılanmadığıdır. Böyle durumlarda işletme amaç ve hedeflerinde kullanıcı tarafından değişikliğe gidilmesi gerekmektedir.

Her bir meşcere değişik silvikültürel müdahalelere maruz kalmakta ve zamanla meşcerelerin yapısı, kuruluşu ve göreceklere fonksiyonları da değişmektedir. Kesim ve bakım periyotları sonucunda elde edilen değerler planlama stratejilerinin çözümüyle orman ekosisteminden elde edilen değerleri göstermektedir. Simülasyon modelinin son aşaması ise, simülasyon sonuçlarının elde edilmesidir. Kullanıcıların isteklerine bağlı olarak meşcere veya orman düzeyinde birçok plan çıktılarını metin tablo ve grafik veya harita formatında görmek ve değerlendirmek mümkündür.

## **2.9. Optimizasyon (Doğrusal Programlama) Tabanlı Planlama Modeli - ETÇAPOptimizasyon**

Doğrusal Programlama (DP), amaç fonksiyonu ve kısıtlayıcıların doğrusal fonksiyonlar olarak yer aldığı problemlerin çözümü için kullanılan bir modelleme tekniğidir. DP modelinde yer alan kısıtlayıcılar eşitlik veya eşitsizlikler şeklinde olabilir. DP tabanlı modellerde, tek ve öne çıkan bir amaç eniyilenirken, diğer amaçlar kısıtlayıcılar olarak modele dâhil edilir. Optimizasyon tabanlı orman planlama modeli, doğrusal programlama tekniğine dayalı olarak geliştirilmiştir. Doğrusal programlama tekniğinin

orman amenajmanında kullanımına ilişkin model yapısı basit olarak aşağıda verilmiştir (Keleş, S., 2008).

$$\text{Max } Z = C^T X$$

$$A_1 X \leq b_1$$

$$A_2 X = b_2$$

$$X \geq 0$$

Burada:

Z: Amaç fonksiyonu; her bir meşcere müdahalesi ile bağlantılı olan odun üretimi veya net bugünkü değeri olabileceği gibi ormanların sunmuş olduğu diğer fonksiyonlara ilişkin değerler de olabilir. Her doğrusal programlama modelinde kullanıcı tarafından belirlenen tek bir amaç eniyilenmektedir. Bu maksimizasyon ya da minimizasyon şeklinde olabilir.

X: Karar değişkenleri vektörü; her bir silvikültürel müdahaleye tahsis edilen alan miktarıdır. Bu karar değişkenleri aynı zamanda alternatif plan seçeneklerini göstermektedir.

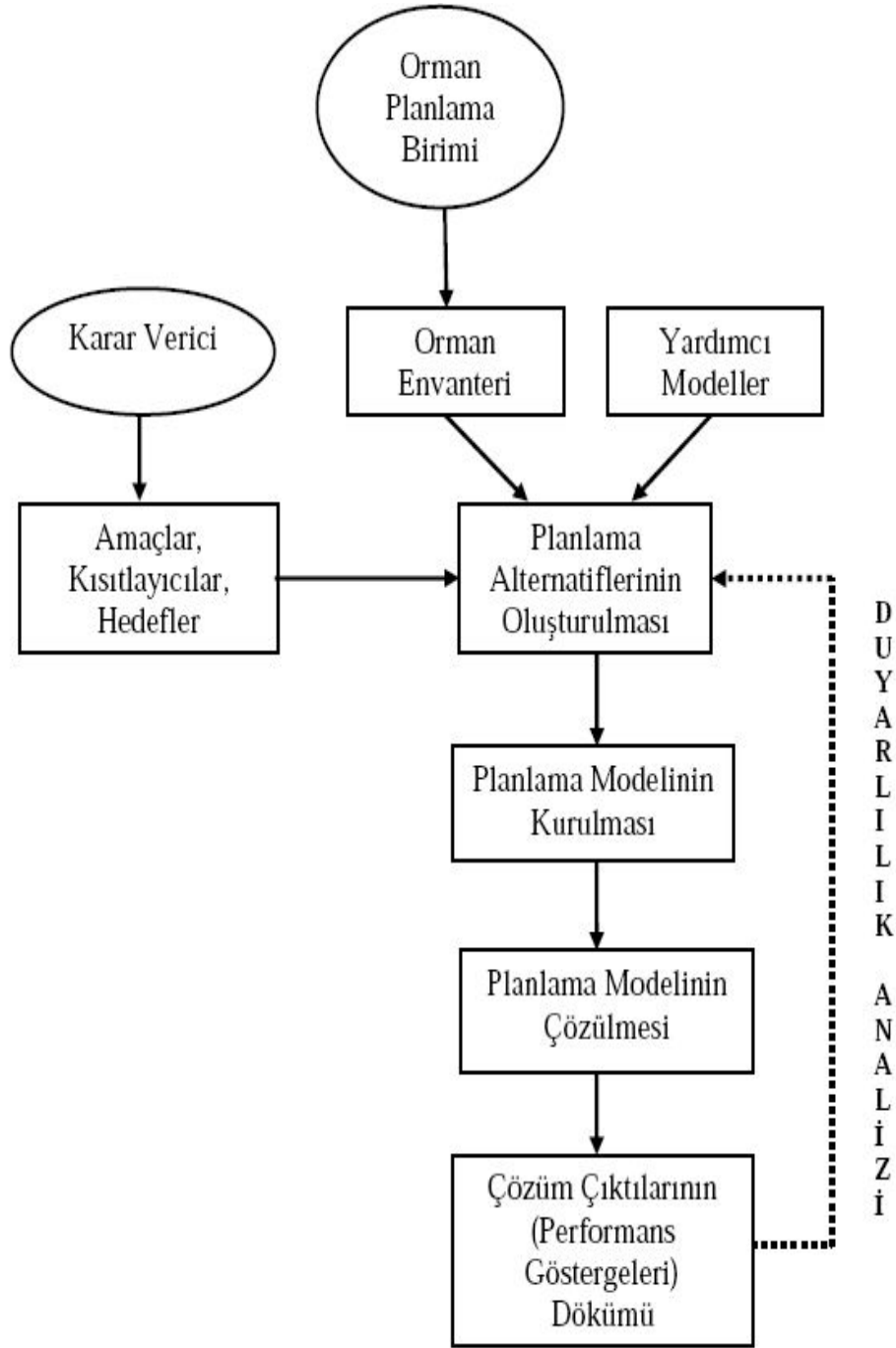
$C^T$ : X için belirlenen her bir müdahaleyle bağlantılı olan marjinal katkı miktarı (1\*N satır). Her bir karar değişkeninin amaç fonksiyonuna olan birim katkı miktarı denilebilir.

$A_1$ : Teknik katsayılar matrisi (M\*N satır ve sütun); toplam üretilen eta miktarı, toplam üretilen odun ürünü çeşitleri miktarı, her bir periyot için üretilen eta miktarları veya elde edilen net kazançlar, her bir periyot için elde edilen diğer orman değerleri miktarları olabilir.

$A_2$ : Alana ilişkin katsayılar matrisi (K\*N satır ve sütun); bir analiz alanı bir silvikültürel müdahaleye tahsis edilirse 1 aksi takdirde 0 değerini alır, kesirli sonuçların elde edilmesi, yani bir meşcerenin birden fazla silvikültürel müdahale rejimine tahsisi söz konusu olabilir.

$b_2$ : Her bir analiz alanının başlangıç alan miktarlarından oluşan vektör (K\*1 sütun).

Optimizasyon tabanlı orman planlama sisteminde simülasyonda olduğu gibi çeşitli aşamalar mevcuttur. Bu aşamalar Şekil 26'da gösterilmiştir.



Şekil 26. Doğrusal programlama tabanlı orman amenajmanı planlama sistemi (Keleş, S., 2008).

Doğrusal programlama tabanlı orman amenajmanı planlama sisteminde, öncelikle amaç, kısıtlayıcılar ve hedefler tanımlanır. Daha sonra planlama birimine yönelik yapılmış olan envanter verileri ve her bir analiz alanına uygulanacak olan silvikültürel müdahale seçenekleri belirlenir. Sonuçta da her bir analiz alanı için alternatif karar değişkenleri

planlama periyodu boyunca üretilir. Karar verici, amaçlar, kısıtlayıcı koşullar ve tüm orman kaynaklarına ilişkin verileri birlikte değerlendirerek problemin modelini bir bilgisayar yazılımı yardımıyla kurar (Keleş, S., 2008). Kurulan bu model uygun bir matris çözücü program yardımıyla çözüme tabi tutulur ve sonuçta elde edilen çözümler tablo, grafik veya harita olarak sunulur.

Doğrusal programlama tabanlı orman amenajmanı planlama modelinde planlama sürecine, öncelikle orman ekosisteminin yapı ve kuruluşunun ortaya konulmasıyla başlanır. Burada ormanın temel alt bileşenleri olan işletme sınıfları, orman fonksiyonları, bölme ve bölmecikler ile yaş sınıfı, gelişim çağları, artım ve ormanın sahip olduğu servete ilişkin veri tabanı kurulur. Veri tabanı kurulduktan sonra planlama süresi ve bu planlama süresine ait periyot uzunlukları girilir. Orman ekosistem birimlerine yani analiz alanlarına uygulanacak olan alternatif silvikültürel müdahaleler, reçeteler hazırlanır. Her bir analiz alanına uygulanabilecek alternatif müdahale listesi belirlendikten sonra her bir meşcere tipinin veya ağaç türünün müdahaleden sonra hangi meşcere tipine geçeceğine karar verilmelidir. Bu işlem ekosistemin gelişiminin doğru tahmin edilmesi açısından son derece önemlidir.

Veri hazırlama aşamasından sonra modelin en önemli bileşeni ise işletme amacı ya da amaçlarının belirlenmesidir. Burada aynı zamanda işletme amacına ulaşmada olası kısıtlar planlama hedefleri doğrultusunda belirlenir. Amaç ve kısıtlayıcı koşulların belirlenmesiyle birlikte modelin temel çatısı oluşturulmuş olur. Doğrusal programlamada amaç fonksiyonu maksimizasyon veya minimizasyon olarak eniyilenir. Amaç fonksiyonlarına örnek olarak en yüksek miktarda odun üretimi elde etmek, giderleri minimize etmek, su üretimini ve toprak kaybını eniyilemek gibi amaçlar seçilebilmektedir.

Herhangi bir planlama birimine ve planlama problemine bağlı olarak planlama alternatifleri, amaçlar ve kısıtlayıcı koşullar belirlendikten sonra, planlama problemine ilişkin model oluşturulur. Planlama problemine ait model oluşturulduktan sonra kurulan modele çözüm aranır. Bu aşamada *ETÇAPOptimizasyon* modeli matris kurulumunu otomatik olarak kullanıcı yönlendirmesiyle birlikte hazırlar, bir matris çözücü program yardımıyla problemi çözer ve amaç fonksiyonuna en uygun çözüm raporunu hazırlar.

Model çözüldükten ve gerekli raporlar elde edildikten sonra, sonuçlar menüsünden birçok performans göstergelerine ulaşmak ve bunları değerlendirmek mümkündür. Sonuçlar menüsünde genel olarak müdahale edilen alanların üretim birimlerine, silvikültürel müdahale rejimleri ve zamana göre değişimi, odun üretimi miktarları, odun

dışı ürün ve hizmetlere ilişkin sayısal değerleri tablo, grafik, metin veya harita çıktısı olarak görmek mümkün olmaktadır. Burada amaç fonksiyonunu değiştirip hedef veya amaçlarda değişikliklere gidilerek çok çeşitli senaryolar üretilip, senaryolar arasında karşılaştırmalar yapılabilmektedir. Bu işleme duyarlılık analizi denilmektedir. Elde edilen tüm bu sonuçlar orman amenajman planı formatında hazırlanabilmektedir.

### 3. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

Mevcut orman amenajman planlarının daha kısa sürede, daha etkin ve doğru bir şekilde yapılabilmesi için geliştirilen *ETÇAPKlasik* planlama yazılımı ile elde edilen sonuçların Simülasyon Tabanlı Orman Planlama Modeli (*ETÇAPSimülasyon*) ve Optimizasyon Tabanlı Orman Planlama Modeli (*ETÇAPOptimizasyon*) yazılımlarından elde edilen sonuçlarla karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla Kızılcaasu planlama birimi verilerinden öncelikle *ETÇAPKlasik* yaklaşımıyla sonuçlar elde edilmiştir. İkinci aşama olarak da aynı verilerden faydalanılarak *ETÇAPSimülasyon* ve *ETÇAPOptimizasyon* yazılımları yardımıyla planlama yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

#### 3.1. *ETÇAPKlasik* Tabanlı Amenajman Planının Hazırlanması

Envanter çalışması sonucu elde edilen veriler, programa girilmiş, planlayıcı tarafından kontrol edilerek gerekli değerlendirme ve düzenlemeler (örnekleme alanındaki meşcere tipi rumuzlandırılması vs.) yapılmıştır. İlgili ağaç hacim tabloları ve sayısal meşcere haritası verileri programa alınmıştır. Envanter verileri ve meşcere haritası kullanılarak, hesaplama bölümündeki örnekleme alanları meşcere tiplerine ilişkin, yaş sınıfı, ağaç sayısı, göğüs yüzeyi, orta çap, silvikültürel eta, üst boy ve orta boy hesaplanmış ve sayısal meşcere haritasına ait veri tabanına aktarılmıştır.

Planlama birimi sekiz ayrı işletme sınıfından oluşmaktadır (Tablo 5). İlk üç işletme sınıfı en yüksek düzeyde endüstriyel odun üretimine ayrılırken, sonraki beş işletme sınıfı korumaya yönelik işletme sınıflarıdır. İşletme sınıfları ayırımı orman amenajman heyeti ve uzmanlar tarafından orman fonksiyonları da dikkate alınarak yapılmıştır.

Tablo 5. Planlama birimi işletme sınıfları dağılımı

<b>İşletme Sınıfı</b>	<b>İşletme Amacı</b>	<b>Alan(ha)</b>
A	(Çk+Çs); En Yüksek Miktarda Endüstriyel Odun Üretimi	3 294.99
B	(G+Kn); En Yüksek Miktarda Endüstriyel Odun Üretimi	1 044.64
C	(Kn+M); En Yüksek Miktarda Endüstriyel Odun Üretimi	2 249.98
D	(Kn+Çs+G); Milli Park	535.03
E	(Kn+G); Yaban Hayatı Koruma ve Geliştirme Sahaları	1 886.00
F	(Kn+G); Tohum Meşçeresi	56.75
G	(Çk+Çs); Toprak Koruma	1 45.61
H	(Kn+G); Toprak Koruma	470.79

Aynı yaşlı ormanlarda, faydalanmayı düzenlemede kullanılan yaş sınıfları metodunun esası, alan unsuruna dayanmaktadır. Alan yönünden optimal kuruluşa ulaşmak için yapılacak ilk iş normal periyodik sahadaki gençleştirme çalışmalarının her plan döneminde tamamlanmasıdır. Gençleştirme çalışmalarındaki uzama ve aksamalar optimal kuruluşa ulaşma sürecini olumsuz yönde etkilemektedir.

C işletme sınıfının (Kn+M); en yüksek miktarda endüstriyel odun üretiminin esas alındığı optimal kuruluşa ortaya konulmuş (Şekil 27) ve sonra aktüel ile optimal kuruluşa grafik olarak karşılaştırılmıştır (Şekil 28).

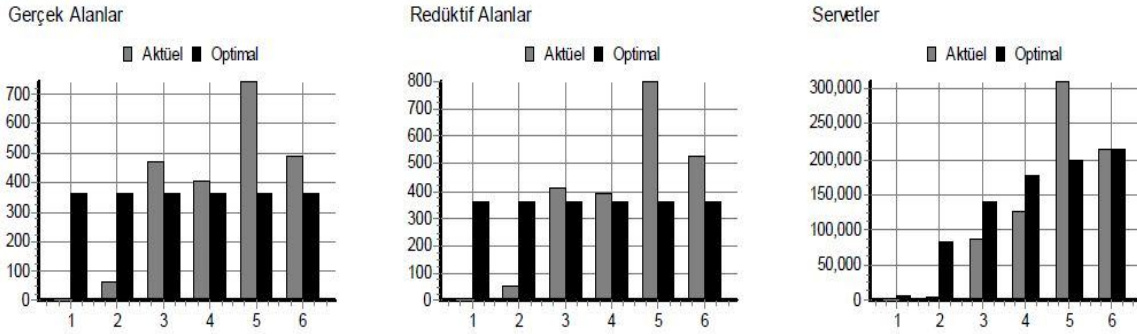
C işletme sınıfının optimal periyodik alanı 364.50 ha'dır. 120 yıllık idare süresi ve 20 yıllık periyot genişliği ile altı yaş sınıfı oluşturulmuştur. Ortalama boniteti II olarak hesaplanmıştır. Bu işletme sınıfının optimal kuruluşa ortaya konulurken; periyot ortaları asli meşçere serveti toplamı 2 210 m<sup>3</sup>, yirmi yıllık ayrılan meşçere serveti toplamı 135 m<sup>3</sup> ve 20 yıllık ve 20 hektarlık periyotlar için optimal toplam servet miktarı 44 943 m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur. Bu değerler C işletme sınıfı için hesaplandığında toplam asli meşçere serveti 805 552 m<sup>3</sup>, ayrılan meşçere serveti 13 532 m<sup>3</sup> ve tüm optimal servet miktarı ise 819 085 m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur. Aktüel durum ile optimal durum servet bakımından karşılaştırıldığında; toplam aktüel servet 741 755 m<sup>3</sup> ve optimal servet 819 085 m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır.

AYNI YAŞLI ORMANLARDA OPTİMAL KURULUŞUN SAYISAL OLARAK GÖSTERİLMESİ  
Kızılcasu Orman İşletme Şefliği  
C İşletme Sınıfı

Tablo No : 25

PERİYOTLARIN			Periyot Ortası Asil (kalan) Meşçere Serveti (m <sup>3</sup> )	20 Yıllık Ara Hasılat (ayrılan meşçere) Serveti (m <sup>3</sup> )	20 Yıllık ve 20 Ha Büyüklüğünde Periyotların			20 Yıllık ve 364,50 Ha Büyüklüğünde Periyotların			Düşünceler
Nosu	Sınırları	Alanı (Ha)			Asil (kalan) Meşçere Serveti (m <sup>3</sup> )	Tali (ayrılan) Meşçere Serveti (m <sup>3</sup> )	Tüm Optimal Servet (m <sup>3</sup> )	Asil (kalan) Meşçere Serveti (m <sup>3</sup> )	Tali (ayrılan) Meşçere Serveti (m <sup>3</sup> )	Tüm Optimal Servet (m <sup>3</sup> )	
			a	b = D	c = a . p	$d = \frac{(n+1) \cdot \sum}{D}$	e = c + d	f = (OPs.c)/p	g = (OPs.d)/p	h = f + g	
I	0-20	20	17	1	340	6	346	6197	100	6297	İdare Süresi : Ortalama Bonitet : OPs = Fr/(U/a) = 364,50 OVa = ((n+1)/2).D = 359,80 OPs = Optimal Periyodik (redüktif) saha (ha) OVs = Ayrılan meş. vej. sonu opt. serveti (m <sup>3</sup> ) p = periyot uzunluğu (yıl) n = Bakım kesimleri dönüş süresi (yıl)
II	21-40	20	227	11	4540	61	4601	82742	1103	83845	
III	41-60	20	380	22	7600	121	7721	138511	2205	140717	
IV	61-80	20	473	31	9460	171	9631	172410	3107	175517	
V	81-100	20	535	34	10700	187	10887	195009	3408	198417	
VI	101-120	20	578	36	11560	198	11758	210683	3609	214292	
TOPLAM		120	2210	135	44200	743	44943	805552	13532	819085	

Şekil 27. Optimal kuruluşun ortaya konulması



Şekil 28. Aktüel ve optimal durumun grafik gösterimi

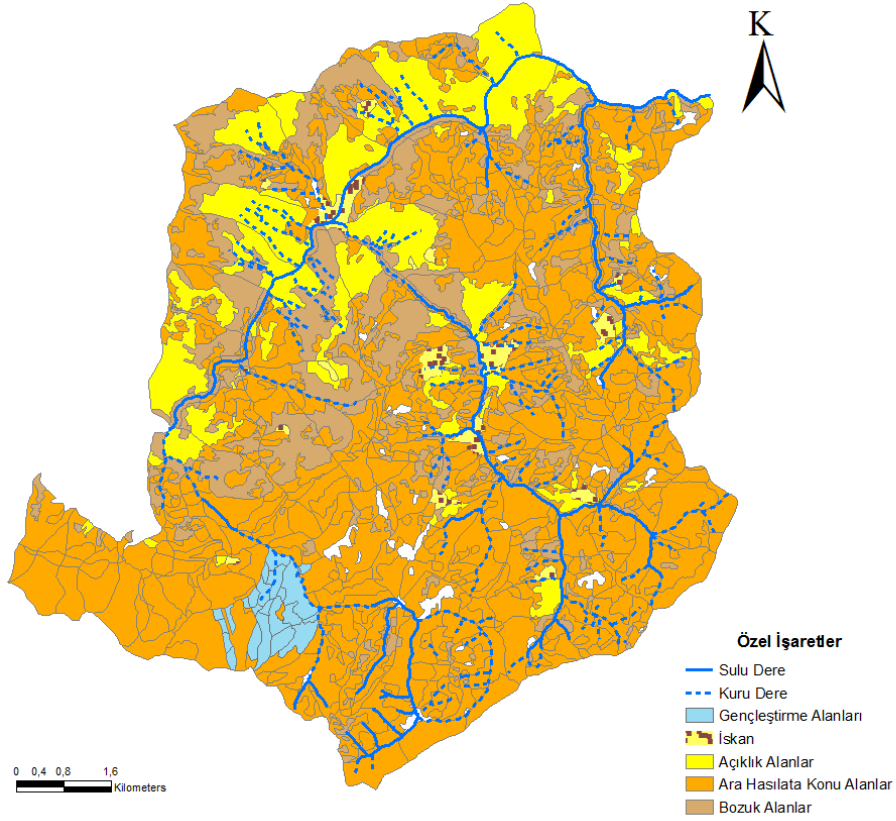
II. bonitet sınıfında 120 ha büyüklüğündeki kayın işletme sınıfının optimal yıllık son hasılat etası (kalan meşçere) 578 m<sup>3</sup>, ara hasılat etası 135 m<sup>3</sup> ve toplam hasılat etası ise 713 m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır.

Bu işletme sınıfının II. bonitete redükte edilmiş 2 187.02 ha'lık sahası için optimal etalar ise, her bir yaş sınıfına isabet etmesi gereken 18.2 ha alan (2 187.02/120) ile yukarıdaki değerlerin çarpımı sonucu bulunur. Buna göre, optimal yıllık son hasılat etası 10 519.6 m<sup>3</sup> (578 \* 18.2), optimal yıllık ara hasılat etası 2 457 m<sup>3</sup> (135 \* 18.2) ve optimal yıllık tüm hasılat etası da 12 976.6 m<sup>3</sup> (713 \* 18.2) olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan bu değerler C işletme sınıfının II. bonitete indirgenmiş 2 187.02 ha. alandan sürdürülebilir bazda yıllık en yüksek üretim potansiyelini ifade etmektedir. Buna göre, işletme sınıfının hektardaki optimal etası 5.93 m<sup>3</sup> (12 976,6 / 2 187.02) olarak bulunmuştur. Planlama birimimizdeki hektardaki yıllık artım ise 7.16 m<sup>3</sup>'tür ve hektardaki optimal servet de 374.5 m<sup>3</sup> (819 085/ 2 187.02) olarak hesaplanmıştır. İdare müddeti 120 yıl boyunca alınacak



hasılat miktarı  $1\,557\,192\text{ m}^3$  ( $12\,976.6 * 120$ ) ve faydalanma yüzdesi de %1.58 [ $(12\,976.6 / 819\,085) * 100$ ] olarak hesaplanmıştır. Bu oranın anlamı da tüm optimal servetin ne kadarlık kısmından faydalandığını göstermektedir.

Planlama biriminde aktüel-optimal kuruluş ortaya konulduktan sonra gençleştirmeye konu alanlar tespit edilmektedir (Şekil 29). Son hâsılataya uygun alanlar belirlenirken, alansal bir düzenleme yapılmaktadır. Planlama biriminde yaşanan sıkıntılardan dolayı geçmiş planlama döneminde gençleştirilmesine başlanmış fakat gençleştirilmesi henüz tamamlanamamış alanlar öncelikle gençleştirmeye konu edilmiştir. Planlama biriminde yaşanan sorunlardan dolayı gençleştirmeye konu edilen alanlar optimal periyodik alanın yarısı kadar ancak verilmiştir.



Şekil 29: Planlama birimi kesim planı haritası

Son hâsılatı konu meşcerelere ilişkin yıllık son hâsılat etası  $3\,733.65\text{ m}^3$   $[(64753 + (992 * 10/20)]$  ve periyodik son hâsılat etası toplamı ise  $74\,673\text{ m}^3$   $(3\,733.65 * 20)$  olarak hesaplanmıştır (Şekil 30).

AYNI YAŞLI KORU ORMANLARINDA SON HASILAT KESİM PLANI TABLOSU

Kesim Yılı	Bölme No	Meşcere Tipi Sembolü	Gerçek Alan (Ha)	Redüktif Alan (ha)	Ağaç Türü	GENEL ALANDA		Uygulama	AÇIKLAMA				
						Servet (m3)	Artım (m3)						
2009-2028	76	Kn1/Ga	29,51	33,58	G	205	7						
					Kn	11772	120						
					TOPLAM	11977	127						
		KnGd1/Ga	2,37	2,37	G	209	4						
					Kn	649	8						
					TOPLAM	858	12						
		KnGd1/a	11,69	11,69	G	1033	17						
					Kn	3199	42						
					TOPLAM	4232	59						
		KnGd2	7,93	9,02	G	1205	23						
					Kn	2516	42						
					TOPLAM	3721	65						
		<b>TOPLAM</b>	<b>51,50</b>	<b>56,66</b>						<b>20788</b>	<b>283</b>		
		2009-2028	89	KnGd1	2,42	2,75	G			214	4		
							Kn			662	9		
TOPLAM	876						13						
KnGd1/a	11,64			13,25	G	1029	17						
					Kn	3185	42						
					TOPLAM	4214	59						
KnGd2	18,62			18,62	G	2828	54						
					Kn	5908	98						
					TOPLAM	8736	152						
<b>TOPLAM</b>	<b>32,68</b>			<b>34,62</b>				<b>13826</b>	<b>224</b>				
<b>İŞLETME SINIFI TOPLAMI</b>				<b>168,68</b>	<b>181,11</b>			<b>64753</b>	<b>982</b>				

Şekil 30. Son hâsılat kesim planı tablosu

Planlama biriminde, gençleştirmeye tabi tutulacak meşcereler dışında kalan verimli alanlar bakıma konu edilmektedir. Bakım öngörülen meşcere tiplerinden elde edilecek ara hâsılat etaları, ormanda arazi çalışmaları sırasında her deneme alanında meşcere tiplerine göre saptanan silvikültürel eta miktarıyla, yetiştirme ortamı, meşcere tipinin kapalılığı, hektardaki ağaç sayısı, servet ve artım, meşcere yaşı, servetin yaş sınıflarına dağılışı, eğim ve işletme sınıfının ana ve yan idare amacı gibi faktörler göz önüne alınarak, meşcere tipinin artım miktarıyla karşılaştırılıp yıllık etalar karşılaştırılmaktadır (Şekil 31).

Planlayıcı, amenajman plan yapım sürecinde bakım etasına ya meşcere tipi bazında ya da daha detaylı olarak bölmecik bazında karar vermektedir. Bu planlama birimi dâhilinde bölmecik bazında bakım etası karşılaştırılmıştır. Bölmecik bazında bonitete bağlı olarak bakım etası verilirken, bölmeciğin normal servet ve artım değeri yanında, bonitete bağlı servet ve artım değerleri de *ETÇAPKlasik* planlama yazılımıyla aynı ortamda görüntülenebildiğinden planlayıcının daha sağlıklı bir şekilde etaya karar vermesini sağlamaktadır. Ayrıca aynı bonitete sahip olup da farklı fonksiyonda yer alan aynı meşcere tipine sahip bölmeciklere farklı etalar verilebilmektedir. Örneğin aynı bonitete sahip olan

Çkç3 meşçeresi üretim fonksiyonunda yer alıyorsa artım kadar eta verilebilirken, aynı meşçere toprak koruma veya sosyal baskı fonksiyonu içinde yer alıyorsa kararlaştırılan eta artımın üçte birine düşürülebilmekte veya gerektiğinde de hiç eta verilmemektedir.

Meşçere tipi bazında bakım etası ise bölmecik bazında kararlaştırılan bakım etasından farklılık gösterir ve aynı işletme sınıfındaki aynı meşçere tiplerine aynı eta değeri verilmektedir. Farklı ikincil fonksiyonlara sahip meşçereler ise aynı fonksiyona sahipmiş gibi düşünölmektedir. Ancak, bölmecik bazında bakım etasında ise her bölmecik ayrı ayrı değerlendirilip ana fonksiyon ve yan fonksiyonlar dikkate alınarak bakım etasına karar verilmektedir (Sivrikaya, F., 2008).

KORU ORMANLARINDA İŞLETME KESİM PLANI TABLOSU																	
İşletme Sınıfları : C												Tablo No: 23					
Kızılıcasu Orman İşletme																	
Bölme No	Meşçere Tipi	Yaş Sınıfı	Bon Sınıfı	Eğim (%)	İsl. Sınıfı	Gerçek Alan (Ha)	Ağaç Türü	Hektarda			Silvi. Eta m <sup>3</sup> /Ha	İşletme Amaçları		Yapılacak Sil. Müd. Şekli	Karar Bakım Etası (m <sup>3</sup> /Ha)	10 Yı İçin Bölmecik (m <sup>3</sup> )	Uygulama Miktarı (m <sup>3</sup> )
								Adet	Servet (m <sup>3</sup> )	Artım (m <sup>3</sup> )		Ana Amaç	Yan Amaç				
	Knçd3-1	IV	I	58,3	C	31,43	Kn	700	450,218	11,588	82,059	Kn EndOdÜrt		Müdahale yok		2579	0
							M	9	2,262	0,057	0,485						
							TOPLAM	761	462,288	11,975	83,346						
							G	52	9,808	0,33	0,802						
	Knçd3-2	V	II	54,4	C	4,38	Kn	700	450,218	11,588	82,059	Kn EndOdÜrt		Müdahale yok		4	0
							M	9	2,262	0,057	0,485						
							TOPLAM	761	462,288	11,975	83,346						
							G	52	9,808	0,33	0,802						
B Ö L M E T O P L A M I						37,90		2475	1244,885	34,862					3052	0	
99	Knçd3	VI	II	34,7	C	2,53	G	52	9,808	0,33	0,802	Kn EndOdÜrt		Müdahale yok		2	0
							Kn	700	450,218	11,588	82,059						
							M	9	2,262	0,057	0,485						
							TOPLAM	761	462,288	11,975	83,346						
	KnÇod3-1	IV	I	41,4	C	17,07	G	221	123,92	3,15	15,95	Kn EndOdÜrt		Müdahale yok		272	0
							Kn	509	351,711	8,601	57,526						
							Gn	1	0,059	0,004							
							TOPLAM	731	475,69	11,755	73,476						
	KnÇod3-2	VI	II	55,9	C	7,88	G	221	123,92	3,15	15,95	Kn EndOdÜrt		Müdahale yok		126	0
							Kn	509	351,711	8,601	57,526						
							Gn	1	0,059	0,004							
							TOPLAM	731	475,69	11,755	73,476						
	KnÇod3-3	V	I	54,2	C	1,49	G	221	123,92	3,15	15,95	Kn EndOdÜrt		Müdahale yok		24	0
							Kn	509	351,711	8,601	57,526						
Gn							1	0,059	0,004								
TOPLAM							731	475,69	11,755	73,476							
KnÇod3-1	IV	II	42,4	C	7,42	Cs	109	130,082	3,274	15,194	Kn EndOdÜrt		Müdahale yok		113	0	
						G	266	119,636	3,16	14,582							
						Kn	470	190,693	5,818	23,064							
						TOPLAM	845	440,411	12,252	52,84							
KnÇod3-2	V	II	42,2	C	9,45	Cs	109	130,082	3,274	15,194	Kn EndOdÜrt		Müdahale yok		144	0	
						G	266	119,636	3,16	14,582							

Şekil 31. Planlama birimi ara hâsılat kesim planı

Kararlaştırılan yıllık bakım etası 13 119 m<sup>3</sup>, toplam bakım etası ise 131 193 m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur.

Son hâsılat ve ara hâsılatı konu meşçerelere karar verildikten sonra ağaçlandırmaya konu alanlar ortaya konulmaktadır. Ağaçlandırma alanları, genelde milli park alanı dışında kalan OT alanları ve bozuk orman alanlarının bir kısmı olarak belirlenmiştir (Şekil 32). Ağaçlandırılacak alanlardan 87.1 hektarı A işletme sınıfında yer alırken, 24.12 hektarlık alan da E işletme sınıfında yer almaktadır.

Kızılcasu Orman İşletme Şefliği

Tablo No :22

İşletme Sınıfı	Bölme No	Meşçere Tipi	Alan (Ha)	Eğim (%)	Ana Fonksiyon	Yan Fonksiyon
A	1	OT-1	0,9	0	OT	
A	1	OT-2	2,57	0	OT	
A	1	OT-3	1,85	0	OT	
A	18	OT-1	0,47	0	OT	
A	18	OT-2	1,47	0	OT	
A	19	OT	0,98	0	OT	
A	22	OT	1,11	0	OT	
A	31	OT-1	0,64	0	OT	
A	31	OT-2	0,78	0	OT	
A	32	OT-1	3,52	0	OT	
A	32	OT-2	0,54	0	OT	
A	35	OT-1	1,77	0	OT	
A	35	OT-2	1,22	0	OT	
A	53	OT-1	0,73	0	OT	
A	53	OT-2	4,54	0	OT	
A	54	OT	0,96	0	OT	
A	55	OT-1	4,49	0	OT	
A	55	OT-2	2,92	0	OT	
A	55	OT-3	1,44	0	OT	
A	55	OT-4	0,8	0	OT	
A	55	OT-5	0,5	0	OT	
A	56	OT	1,06	0	OT	
A	59	OT	1,85	0	OT	
A	60	OT-1	0,46	0	OT	Kn EkijEtkBöl
A	60	OT-2	3,49	0	OT	Kn EkijEtkBöl
A	66	OT	0,88	0	OT	Kn EkijEtkBöl

Şekil 32. Ağaçlandırma yapılacak alanlar tablosu

### 3.2. ETÇAP Simülasyon Tabanlı Orman Amenajman Planının Hazırlanması<sup>1</sup>

Planlama modelleri genellikle bir takım amaç ve kısıtlayıcılardan oluşturulmuş farklı senaryolardan meydana gelmektedir. Bundan dolayı bir simülasyon modelinde öncelikle senaryo oluşturulması gerekmektedir. Kullanıcı veya karar vericiler farklı işletme amaç ve hedeflerine göre, kurallar, kısıtlayıcı koşullar veya silvikültürel müdahaleler belirleyebilmektedir. Bu şekilde çok sayıda farklı planlama senaryosu geliştirebilmekte ve amacına en uygun sonuçları veren senaryo seçilebilmektedir. Bu tez kapsamında ele alınan planlama biriminde de en az üç farklı senaryo oluşturulup sonuçlar değerlendirilecektir.

<sup>1</sup>“Bu bölümün orijinali TÜBİTAK projesi kapsamında bir doktora tezi olarak Keleş (2008) tarafından tasarlanmış olup burada bazı değişiklikler yapılmıştır”

### 3.2.1. ETÇAPSimülasyon Veri Girişi

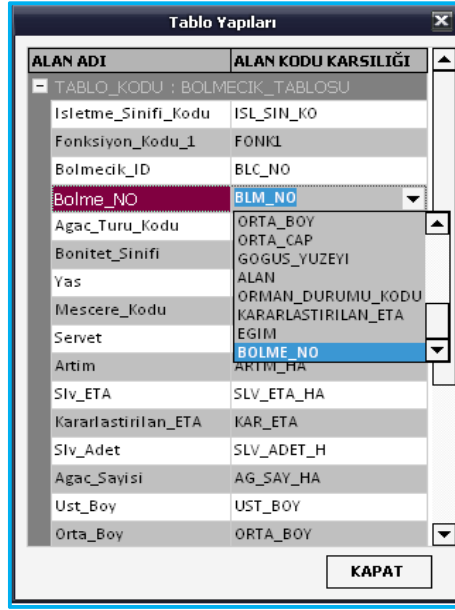
*ETÇAPSimülasyon* model yazılımı için gerekli olan temel verilerin programa girilmesi gerekmektedir. Bu bilgilerin başlıcaları; aktüel orman verilerinin tutulduğu bölmecik veritabanı, optimal verilerin tutulduğu hasılat tabloları, silvikültürel müdahalelerin belirlendiği sınırlar ve müdahaleler tablosu, odun ürün miktarlarını hesaplamak için odun ürün çeşitleri tablosu, odun ürünlerinin ekonomik değerini hesaplamaya yönelik ekonomik veri tablosu ve karbon birikim değerlerini hesaplanabilmesi için de karbon birikimi tablosudur. Tüm bu verilerin programa aktarımı tablolar menüsü altından yapılmaktadır (Şekil 33).



Şekil 33. *ETÇAPSimülasyon* tablolar menüsü

Bir planlama birimine ait güncel aktüel verilerin hepsi bölmecik bazında bölmecik veri tabanında tutulmaktadır. Bölmecik veri tabanı aktüel orman verilerini içerir ve simülasyon yazılımının ana veri kaynağını oluşturmaktadır.

Bölmecik tablosu kullanıcı tarafından “Veri Al” komutu yardımıyla modele dâhil edilmektedir. Bölmecik modele dâhil edilirken yanlış veri aktarımını önlemek için alan ayarları kısmından bölmecikte yer alan bir verinin *ETÇAPSimülasyonda* hangi alana karşılık geldiğine bakılarak alan eşleştirmeleri yapılmalıdır. Örneğin simülasyon yazılımındaki Bolme\_No, bölmecik veri tabanındaki BLM\_NO’ya karşılık gelmektedir. Bu şekilde diğer alanlarda eşleştirilmeli ve tüm eşleştirmeler tamamlandıktan sonra veri aktarımı yapılmalıdır (Şekil 34). Böylelikle hem veritabanı tam anlamıyla doğru bir şekilde aktarılmış hem de sonraki aşamalarda veri tabanından kaynaklanabilecek hataların önüne geçilmiş olunacaktır. Bu durum sadece bölmecik tablosu için geçerli olmayıp aktarımı yapılacak olan diğer tablolar için de geçerlidir. Bu şekilde doğru eşleştirmeler yapılarak bölmecik tablosu programa aktarılmalıdır (Şekil 35).



Şekil 34. Tablo yapıları alan eşleştirme ekranı

Bölmeçik Tablosu							
Bölmeçik ID	İşletme Sınıfı	Yaş	Mescere Tipi	Fonksiyon 1	Fonksiyon 2	Servet (m <sup>3</sup> /ha)	Artım (m <sup>3</sup> /ha/yıl)
+ Ağaç Türü : Sarıçam							
- Ağaç Türü : Göknar							
- Bonitet : 0							
10	B	0	BG	En Yüksek Mik.Endüstriyel Odun Üretimi	Ekolojik Etkilenme (Geçiş) Bölgesi	0	0
161	E	0	BG-T	Yaban Hayatı Kor.ve Gel.Sahaları	En Yüksek Mik.Endüstriyel Odun Üretimi	0	0
301	C	0	BG	En Yüksek Mik.Endüstriyel Odun Üretimi	Ekolojik Etkilenme (Geçiş) Bölgesi	0	0
315	B	0	BG	En Yüksek Mik.Endüstriyel Odun Üretimi	Ekolojik Etkilenme (Geçiş) Bölgesi	0	0
349	B	0	BG	En Yüksek Mik.Endüstriyel Odun Üretimi	Ekolojik Etkilenme (Geçiş) Bölgesi	0	0
350	E	0	BGM	Yaban Hayatı Kor.ve Gel.Sahaları	En Yüksek Mik.Endüstriyel Odun Üretimi	0	0
420	A	0	BG	En Yüksek Mik.Endüstriyel Odun Üretimi	Yok	0	0
436	B	0	BG	En Yüksek Mik.Endüstriyel Odun Üretimi	Ekolojik Etkilenme (Geçiş) Bölgesi	0	0
720	E	0	BG	Yaban Hayatı Kor.ve Gel.Sahaları	En Yüksek Mik.Endüstriyel Odun Üretimi	0	0
823	E	0	BG	Yaban Hayatı Kor.ve Gel.Sahaları	En Yüksek Mik.Endüstriyel Odun Üretimi	0	0
828	E	0	BG	Yaban Hayatı Kor.ve Gel.Sahaları	En Yüksek Mik.Endüstriyel Odun Üretimi	0	0
829	A	0	BG	En Yüksek Mik.Endüstriyel Odun Üretimi	Yok	0	0
1003	A	0	BG	En Yüksek Mik.Endüstriyel Odun Üretimi	Yok	0	0
1005	A	0	BG	En Yüksek Mik.Endüstriyel Odun Üretimi	Yok	0	0
1171	A	0	BG	En Yüksek Mik.Endüstriyel Odun Üretimi	Yok	0	0
- Bonitet : 1							
25	B	90	Gknd2	En Yüksek Mik.Endüstriyel Odun Üretimi	Ekolojik Etkilenme (Geçiş) Bölgesi	410,9	7,372
27	B	110	Gkncd3	En Yüksek Mik.Endüstriyel Odun Üretimi	Ekolojik Etkilenme (Geçiş) Bölgesi	455,5	10,6
36	B	90	Gkn(şcd3	En Yüksek Mik.Endüstriyel Odun Üretimi	Ekolojik Etkilenme (Geçiş) Bölgesi	430,3	11,85

Şekil 35. Bölmeçik tablosu aktarım ve düzenleme ekranı

Orman ekosistemini oluşturan ağaç türleri için optimal durumun ortaya konulmasında hasılat tabloları kullanılmaktadır. Hâsılat tablosu kullanılacak her bir ağaç türüne ait hâsılat tabloları *mdb*, *dbf* veya *xml* uzantılı dosyalar halinde hazırlanır ve “Veri Al” komutuyla çağrılır. Tablo çağrıldıktan sonra alan ayarları kısmından alan eşleştirmeleri yapılır ve hâsılat tablosu programa aktarılır (Şekil 36).

Hasılat Tablosu													
Yaş	Bonitet Endeksi	Üst Boy	Kalan Orta Boy (m)	Kalan Ağaç Sayısı	Kalan Göğüs Yüzeği (m <sup>2</sup> )	Kalan Orta Çap (cm)	Asli Orta Boy (m)	Kalan Gövde Hacmi (m <sup>3</sup> )	Ayrılan Ağaç Sayısı	Ayrılan Orta Çap (cm)	Ayrılan Orta Boy (m)	Ayrılan Gövde Hacmi (m <sup>3</sup> )	
Ağaç Türü: Karaçam													
Bonitet - 1													
20	0	9,2	0	6530	34,7	8,2	0	184	0			0	
30	0	12,7	0	4710	43,1	10,8	0	272	1820			15	
40	0	17	0	3160	48,3	14	0	360	1550			25	
50	0	20,7	0	2220	52,1	17,3	0	448	940			23	
60	0	24	0	1580	55,6	21,2	0	535	640			28	
70	0	26,8	0	1060	58,8	25,6	0	624	520			33	
80	0	28,9	0	708	61,4	33,2	0	709	352			39	
90	0	30,4	0	502	63,2	37,2	0	765	125			19	
100	0	32	0	332	63,8	39,1	0	803	50			10	
110	0	33,1	0	493	63,8	40,6	0	831	39			10	
120	0	34,1	0	454	63,8	42,3	0	852	39			13	
130	0	35,1	0	423	63,7	43,8	0	864	31			13	
140	0	36	0	387	63,1	45,6	0	874	36			17	
150	0	36,6	0	352	62,3	47,5	0	880	35			19	
160	0	37,4	0	327	61,4	48,9	0	885	25			14	
170	0	37,9	0	320	60,5	49,1	0	888	7			4	
180	0	38,3	0	318	59,6	49	0	891	4			2	
190	0	39	0	313	58,9	49	0	894	3			2	
200	0	39,4	0	309	58,3	49	0	896	4			2	
210	0	39,8	0	305	57,6	49	0	898	4			2	
220	0	40,2	0	302	56,8	49	0	902	3			2	
Bonitet - 2													
20	0	6,9	0	7150	33,9	7,8	0	162	0			0	
30	0	10,8	0	5330	41,4	10	0	234	1820			9	
40	0	14,4	0	3770	46	12,5	0	312	1560			12	
50	0	17,5	0	2620	49,6	15	0	387	950			15	
60	0	20,3	0	2170	53	17,6	0	461	650			18	

Şekil 36. Hâsılat tablosu aktarım ve düzenleme ekranı

Kullanıcıların planlama birimine ait meşcerelere uygulamak istedikleri silvikültürel müdahalenin türü, zamanı ve miktarı, sınırlar ve müdahaleler tablosuna girilmektedir. Modeldeki “sınırlar ve müdahaleler” komutu ya da arayüzü aracılığı ile ilgili veriler programa girilir. Bu işlem için kullanıcı öncelikle analiz alanlarını belirlemelidir. Analiz alanı olarak planlama birimindeki meşcereler, ağaç tür kodu, meşcere kodu, birinci fonksiyon kodu ve ikinci fonksiyon kodu seçilebilmektedir. Kullanıcı uygulamak istediği işleme göre analiz alanlarını düzenlemektedir. Böylece her bir meşcereye uygun olan silvikültürel müdahaleler girilebilmektedir. Örneğin meşcere tipi fonksiyonlarına göre bakım etası verilmek istendiğinde bu işlem için meşcere kodları fonksiyon 1 veya fonksiyon 2 koduna göre sıralanır ve hangi fonksiyonda hangi meşcerenin hangi yaşlar arasında bakıma veya hangi yaşta gençleştirme kesimine tabi tutulacağı belirlenebilmektedir. Ayrıca yapılacak bakım işleminde, bakıma konu edilecek her bir meşcerenin sahip olduğu servetin veya göğüs yüzeyinin yüzde olarak ne kadarının bakımla alınacağı da analiz alanlarına girilebilmektedir (Şekil 37). Örnek olarak, GK<sub>n</sub>Gncd3 meşceresi endüstriyel odun üretim fonksiyonunda minimum kesim yaşı 120 iken toprak koruma ve yaban hayatı fonksiyonunda 200 olarak alınmıştır. Aynı şekilde bu meşcere bakıma konu edildiğinde üretim fonksiyonunda servetinin %7’sinin alınması kararlaştırılmışken, toprak korumada bu oran %3 olarak belirlenmiştir.

deneme2 ETÇAP Simulasyon v1.0

Tablolar Ayarlar Sonuçlar

Bölmecik Tablosu Hasılat Tablosu Sınırlar ve Müdahaleler Geçiş Tablosu Odun Ürün Çeşitleri Ekonomik Veriler Karbon Birikimi Komsuluk Tablosu

Ağaç Türü Kodları İşletme Sınıfı Kodları Meşcere Tipi Kodları Fonksiyon Kodları

Veri Giriş Tabloları Veri Kodları Tabloları

Satır Başlıkları Sütun Başlıkları

MESCERE\_KODU FONKSİYON\_KODU\_1 Yeni Tablo Oluştur Veri Tabanına Kaydet

FONKSİYON_KODU_1	MESCERE_KODU	OT			Tohum Meşcereleri			Toprak Koruma			Yaban Hayatı Kor.ve Gel.Sahaları		
		Türü	Min Kesim	Min Bakım	Türü	Min Kesim	Min Bakım	Türü	Min Kesim	Min Bakım	Türü	Min Kesim	Min Bakım
	Yüzdesi	Mak Kesim	Mak Bakım	Yüzdesi	Mak Kesim	Mak Bakım	Yüzdesi	Mak Kesim	Mak Bakım	Yüzdesi	Mak Kesim	Mak Bakım	Yüzdesi
GKned3		0	0	0	0	0	0	150	30	Servet	120	30	Servet
GKnÇaed3		0	0	0	0	0	0	150	30	Servet	120	30	Servet
GKnnd1		0	0	0	0	0	0	150	30	Servet	120	30	Servet
GKnnd2		0	0	0	0	0	0	150	30	Servet	120	30	Servet
GKnGncd3		0	0	0	0	0	0	150	30	Servet	120	30	Servet
GKnDvb3		0	0	0	0	0	0	200	80	3	200	80	7
GMbc3		0	0	0	0	0	0	150	30	Servet	120	30	Servet
GMdybc3		0	0	0	0	0	0	150	30	Servet	120	30	Servet
GnDvb3		0	0	0	0	0	0	200	80	4	200	80	7
GnDvb3		0	0	0	0	0	0	150	30	Servet	120	30	Servet

Şekil 37. Analiz alanlarını ve silvikültürel müdahaleleri düzenleme ekranı

Planlama biriminde yer alan meşcerelere uygulanacak olan gençleştirme ve bakım müdahaleleri ile elde edilecek odun üretimi miktarının, ürün çeşitleri itibariyle miktarını göstermek için ürün çeşitleri tablosuna ihtiyaç vardır. Bu tablolar meşcerelerin çaplarına göre ürün çeşitlerini kabuklu ve kabuksuz olmak üzere yüzde oranlar şeklinde göstermektedir. Planlama biriminde yer alan tüm ağaç türleri için her çapa karşılık gelen kabuklu ve kabuksuz ürün çeşitleri yüzdeleri girilmiştir. Bu veriler de hazır durumda ise yine “Veri Al” komutu ile programa dâhil edilir (Şekil 38). Fakat program kodlama aşamasında hazır veriler bulunmadığından program üzerinden verilerin girişi elle yapılmıştır. Eğer tablolar dışarıdan eklenecekse yine alan kod ayarları yapılmalıdır.

Odun Ürün Çeşitleri Tablosu

ÇAP (cm)	KABUKLU						KABUKSUZ							
	Tomruk Kalite1 Oranı	Tomruk Kalite2 Oranı	Tomruk Kalite3 Oranı	Toplam Tomruk Oranı	Maden Direği Oranı	Sanayi Odunu Oranı	Yakacak Odun Oranı	Tomruk Kalite1 Oranı	Tomruk Kalite2 Oranı	Tomruk Kalite3 Oranı	Toplam Tomruk Oranı	Maden Direği Oranı	Sanayi Odunu Oranı	Yakacak Odun Oranı
- AĞAÇ TÜRÜ: Karaçam														
16					39,8	15,6	44,6					16,7	6,5	18,8
17					38,3	14,9	46,8					17,2	6,7	21,2
18					36,9	14,3	48,8					17,6	6,8	23,5
19					35,6	13,7	50,7					17,9	6,9	25,6
20					34,3	13,2	52,5					18	6,9	27,7
21					33,1	12,7	54,2					18	6,9	29,7
22		0,8	1,7	2,5	32	12,2	53,3				1,3	18	6,8	30,4
23		2	3,5	5,5	30,9	11,3	51,9				3,1	17,9	6,8	30,4
24		3,1	5,2	8,3	29,8	10,4	50,6				4,9	17,8	6,7	30,4
25		4,2	6,6	11	28,6	10,8	49,4				6,6	17,6	6,6	30,4
26		5,2	8,3	13,5	27,9	10,4	48,2				8,3	17,4	6,5	30,4
27		6,2	9,8	16	27	10	47				10,1	17,2	6,3	30,2
28		7,2	11,3	18,5	26,1	9,6	45,8				11,9	16,9	6,2	30
29		8,1	12,6	20,7	25,2	9,3	44,6				13,6	16,6	6,1	29,8

Şekil 38. Odun ürün çeşitleri tablosu ve veri girişi ekranı



Her bir ağaç türü için odun ürünlerinin birim gelir ve giderleri programa girilmektedir. Bu ekonomik veriler dışarıdan hazır olarak programa aktarılacaksa yine “Veri Al” komutu kullanılır ve alan eşleştirmeleri yapılarak verilerin aktarımı tamamlanır (Şekil 39). Bu ekonomik veriler her yıl OGM tarafından, planlama biriminin bulunduğu yöreye göre belirlenmiş olan birim fiyat cetvellerinden alınarak programa girilmelidir. Bu tabloda ayrıca ağaç türlerine göre ağaçlandırma maliyetleri de girilmektedir.

Odun Ürünü	Gelir		Giderler		
	Gelir (*/m3)	Üretim Gideri (*/m3)	Tarihi Bedeli (*/m3)	Satış Gideri (*/m3)	Tevzi Gideri (*/m3)
Ağaç Türü : Karaçam					
TOMRUK KALITE 1	193			2,2	0,3
TOMRUK KALITE 2	150			2,2	0,3
TOMRUK KALITE 3	111			2,2	0,3
MADEN DİREĞİ	82			1,2	0,25
SANAVİ	85			1	0,25
YAKACAK	19			0,6	0,1
Ağaç Türü : Sarıçam					
TOMRUK KALITE 1	193			2,2	0,3
TOMRUK KALITE 2	150			2,2	0,3

Ağaç Türü	Gideri (*/ha)
Karaçam	5685
Sarıçam	5685
Gökınar	5685
Kayın	6153
Meşe	6153

Şekil 39. Ekonomik verilerin eklenmesi ve düzenlenmesi ekranı

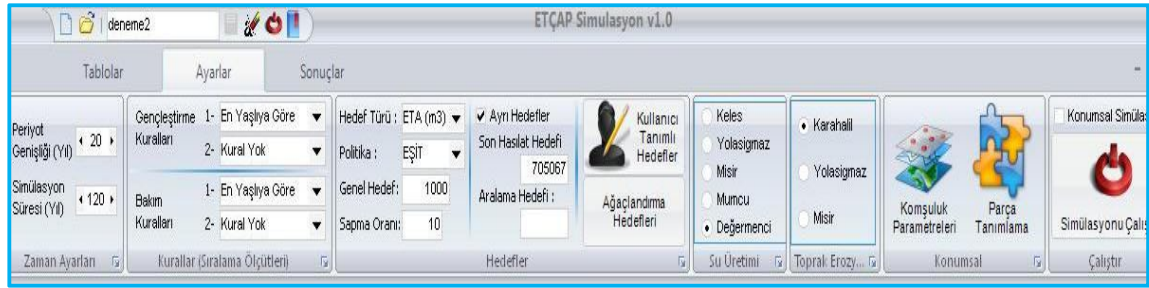
Karbon birikim değerleri, her bir ağaç türü için aktüeldeki servet miktarına ve etalara bakılarak meşcerelerin karbon depolama miktarlarını hesaplamak için kullanılmaktadırlar. Girilen bu veriler aracılığıyla yine o ormana ait karbon emisyonu, net karbon birikimi ve net oksijen üretimi miktarlarını hesaplamak mümkündür. Bu veriler dışarıdan hazır tablo halinde programa aktarılacaksa, diğer veri aktarım aşamalarında olduğu gibi yine “Veri Al” komutu kullanılır ve gerekli alan eşleştirmeleri yapılarak verilerin aktarımı tamamlanmış olur. Şayet bu veriler el ile programa girilmek istenirse, “Yeni Tablo Oluştur” komutuyla bu işlem gerçekleştirilebilir (Şekil 40).

Ağaç Türü	Biokütle Dönüşüm Faktörü	Topraklı Biokütle Oranı	Ölü Servet Oranı	Karbon Eşdeğeri	Tomruk Ayrışma Oranı	Maden Direği Ayrışma Oranı	Yakacak Odun Ayrışma Oranı	Sanayi Odunu Ayrışma Oranı	Ölü Servet Ayrışma Oranı	Kök Ayrışma Oranı
Sarıçam	0,56	0,2	0	0,5	0,03	0,05	1	0,08	0	0,05
Karaçam	0,56	0,2	0	0,5	0,03	0,05	1	0,08	0	0,05
Gökınar	0,56	0,2	0	0,5	0,03	0,05	1	0,08	0	0,05
Kayın	0,64	0,15	0	0,58	0,02	0,035	0,75	0,07	0	0,04
Meşe	0,64	0,15	0	0,58	0,02	0,035	0,75	0,07	0	0,04
Diğer Yaprak	0,64	0,15	0	0,58	0,02	0,035	0,75	0,07	0	0,04

Şekil 40. Karbon birikim değerleri tablosu ve düzenleme ekranı

### 3.2.2. ETÇAP Simülasyon Ayarları

*ETÇAP Simülasyon* modelinin ikinci bölümünü ayarlar menüsü oluşturmaktadır. Programın koşturulabilmesi için gerekli veriler girildikten sonra herhangi bir simülasyon senaryosuna ait ayarlar bu menü üzerinden yapılmaktadır. Burada zaman ayarları, gençleştirme ve bakım işlemlerine yönelik kurallar ile hedeflerin belirlenmesi gibi işlemler yapılmaktadır (Şekil 41).



Şekil 41. *ETÇAP Simülasyon* ayarlar menüsü

Bir simülasyon senaryosu için ilk girilmesi gereken değerler, periyot genişliği ve simülasyon süresidir. Daha sonra kullanıcı tarafından gençleştirme kesimine ve bakıma tabi tutulacak meşcereler için kurallar girilmelidir. Kurallar belirlendikten sonra eta veya alan olarak kullanıcının hedefleri simülasyon modeline girilmelidir. Burada son hâsılat ve ara hâsılat için ayrı hedefler girilebilmektedir. Hedeflerin düzenlenmesinde eşit, dalgalı ve artan olmak suretiyle üç farklı planlama politikası eta ve alan hedefi olarak girilebilmektedir (Keleş, S., 2008). Ayrıca kullanıcı tarafından her periyotta ne kadar alanın hangi ağaç türüyle ağaçlandırılmak istendiğine göre de ağaçlandırma hedefleri girilebilmektedir (Şekil 42). Planlama biriminde karaçam ve sarıçam ağaçlandırması planlanmıştır ve her periyotta 15 ha karaçam ve 10 ha sarıçam ağaçlandırması yapılacaktır.

SEMBOL	Ağaç İsmi
Mt	Tüylümeşe
S	Sedir
Çs	Sarıçam
Mm	Mazımeşesi

10

AĞAÇ TÜRÜ	Ağaçlandırılacak Alan (ha)
- PERİYOT_NO : 2	
Karaçam	15
Sarıçam	10
- PERİYOT_NO : 3	
Karaçam	15
Sarıçam	10
- PERİYOT_NO : 4	
Karaçam	15
Sarıçam	10
- PERİYOT_NO : 5	
Karaçam	15
Sarıçam	10
- PERİYOT_NO : 6	
Karaçam	15
Sarıçam	10

Şekil 42. Ağaçlandırma hedefleri giriş ekranı

Ayarlar menüsünde ayrıca yardımcı modeller olarak daha önce yapılmış çalışmalar sonucu elde edilen su üretim ve toprak erozyonu koruma gibi yardımcı modeller programa dâhil edilmiştir. Bu çalışmalarda bulunmuş kişilere ait formüller isimleri kullanılarak girilmiş ve kullanıcı hangisini kullanmak isterse o kişiyi seçip ona göre sonuçları alabilmektedir.

*ETÇAPSimülasyon* modelinde gerekli olan tüm veriler girildikten sonra model çalıştırılır. Modelin çalıştırılması için gerekli ayarlar yapıldıktan sonra ayarlar menüsünden simülasyonu çalıştır butonu tıklanarak simülasyon modeli oluşturulmuş olur. Bir senaryo için simülasyon modeli oluşturulduğunda sonuçlar kısmından elde edilen veriler değerlendirilir. Sonuçlar hedef ve amaca uygun değilse veya yeni hedefler belirlenmek isteniyorsa, ayarlar menüsünden arzulanan değişiklikler yapıp tekrar simülasyon modeli oluşturulabilmektedir. Bu şekilde ayarlar değiştirilip belirlenen hedefe ulaşmaya kadar model oluşturulabilmektedir. Ayarlar menüsünde yapılan her bir değişiklik farklı bir senaryo olarak kayıt edilebilmekte ve çıktıları ayrı ayrı değerlendirilebilmektedir.

### 3.2.3. ETÇAP Simülasyon Sonuçlar Menüsü

Kullanıcı tarafından gerekli bilgilerin modele girilmesinden sonra her türlü sonuçlar tablo ve grafik olarak sonuçlar menüsü altında görüntülenebilmektedir (Şekil 43). Eğer farklı senaryolar belirlenmişse her biri için sonuçlar tablo ve grafik olarak izlenebilmektedir. Ayrıca arzulanan her bir bölme için tüm periyotlar boyunca değişimi de izlenebilmektedir.



Şekil 43. ETÇAP Simülasyon sonuçlar menüsü

### 3.2.4. ETÇAP Simülasyon Modelinin Kızılca Su Planlama Biriminde Uygulanması

Simülasyon modelinin koşturulabilmesi için gerekli olan tüm verilerin öncelikle modele girilmesi gerekmektedir. Gerekli tüm veriler girildikten sonra kullanıcı tarafından hedefler belirlenebilmekte, ayrıca kurallar ve zaman ayarlarında yapılabilecek değişikliklerle birçok amenajman planlama senaryosu geliştirilebilmektedir. Bu çalışma kapsamında da üç farklı amenajman planlama senaryosu geliştirilerek sonuçlar değerlendirilmiştir. Bu üç senaryodan ilki *ETÇAP Klasik* planlama yaklaşımına dayanan temel senaryo, ikincisi maksimum odun üretiminin hedeflendiği maksimum odun üretim senaryosu ve son olarak da optimal periyodik alan kadar alanın gençleştirmeye konu edilmesinden oluşan optimal periyodik alan (OPA) senaryosudur. Bu üç senaryo *ETÇAP Simülasyon* model yazılımında gerekli düzenlemeler ve veri girişleri yapıldıktan sonra koşturularak sonuçlar elde edilmeye çalışılacaktır.

#### 3.2.4.1. Temel Planlama Senaryosu

Bu senaryo kapsamında *ETÇAP Klasik* planlama yazılımıyla planı yapılan Kızılca Su planlama biriminden elde edilen değerlere yakın hedefler belirlenerek sonuçlar elde

edilmiştir. Buradaki temel amaç; klasik planlama yaklaşımıyla hazırlanan plan sonuçları ile uyumlu sonuçların elde edilebilirliğini test etmektir. Bu senaryonun belirlenen özellikleri kısaca şöyledir;

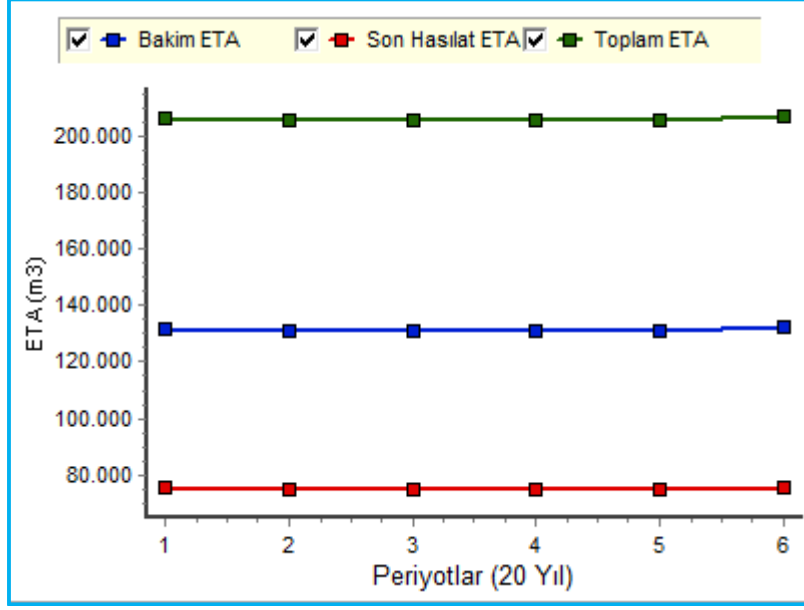
- İdare süresi 120 yıl, periyot uzunluğu ise 20 yıl olarak belirlenmiştir.
- Her bir meşcere tipi için fonksiyonlarına bağlı olarak *ETÇAPKlasik* planlama yaklaşımında başmühendis tarafından kararlaştırılan eta değerlerine yakın bakım miktarları ve son hâsılat miktarları belirlenmiştir.
- Gençleştirme ve bakım kuralı olarak “En yaşlı meşcerelerden” başlanması kararlaştırılmıştır.
- Eşit eta hedefinden gidilerek %10 değişiklik değeriyle birlikte her bir periyotta ara hâsılat için toplam 131 193 m<sup>3</sup>, son hâsılat için ise her bir periyotta 74 673 m<sup>3</sup> olarak programa girilmiştir.
- *ETÇAPKlasik* planlama yaklaşımında eta verilmeyen fonksiyon ve işletme sınıflarına *ETÇAPSimülasyon* planlama yazılımında da eta öngörülmemiştir.

Bu şekilde gerekli düzenlemeler yapıldıktan sonra *ETÇAPSimülasyon* planlama yaklaşımında çıktılar almak için simülasyon modelinin çalıştırılması gerekmektedir. Simülasyon modeli koşturulduktan sonra ilgili senaryoya ait çıktılar grafik ve tablo olarak alınabilmektedir.

*ETÇAPKlasik* planlama yaklaşımına göre belirlenen hedefler ve diğer analiz alanlarıyla ilgili tüm ayarlamalar yapıldıktan sonra simülasyon modelinin koşturulmasıyla belirlenen simülasyona ait çıktılar tablo ve grafik olarak elde edilmiştir (Şekil 44,45).

Periyotlar	BakımETA	SON Hasıl	Toplam ET	Bakım Alar	Son Hasıla	Dikili Serv	Göğüs Yüz	Ağaç Sayı	Alan	Ayrılan Ha	Ağaçlandı	NET Karb	NET Oksij	Su Üretimi
Başlangıç	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	2053447,70	24566,0480	613632,000	9683,7700	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1	131522,804	75163,7070	206686,511	2543,1400	92,5100	3153733,56	26888,2072	555989,000	9683,7700	892,3555	14,7200	510042,546	1360113,47	24358626,1
2	131192,906	74854,4771	206047,383	1959,4000	68,3500	5038649,49	28368,0462	515903,000	9683,7700	1425,1042	24,0600	849116,105	2264309,64	24011121,1
3	131192,657	75033,9623	206226,619	1600,1300	66,0400	6812080,05	29320,7923	527055,000	9683,7700	5091,1200	14,4700	805341,847	2147578,28	23954741,9
4	131334,032	74698,6542	206032,686	1363,5800	61,5500	8471205,44	29942,3713	469379,000	9683,7700	8482,9001	16,3900	761068,814	2029516,86	23929493,4
5	131358,528	74680,5336	206039,061	1203,6300	47,7500	10076758,5	30216,8229	414985,000	9683,7700	9980,2803	14,1700	738657,458	1969753,24	24000288,3
6	132302,015	75090,4799	207392,495	1098,3200	50,7300	11646491,0	30449,9095	465845,000	9683,7700	10654,8525	16,5800	725009,267	1933358,07	24273930,3

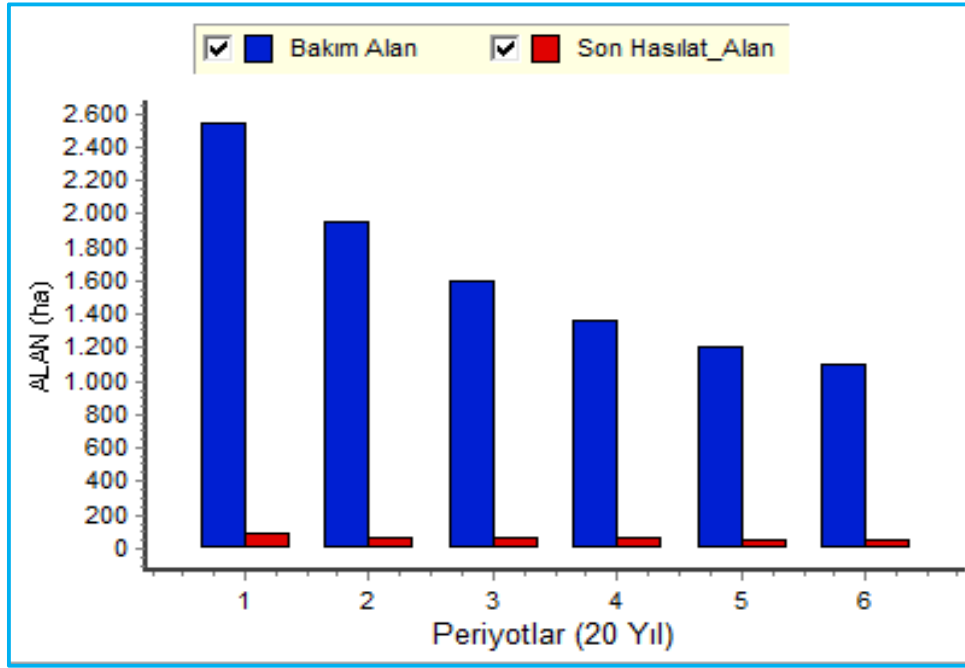
Şekil 44. Temel planlama senaryosu simülasyon model çıktıları tablo penceresi



Şekil 45. Temel planlama senaryosu etaların periyotlara göre dağılımı

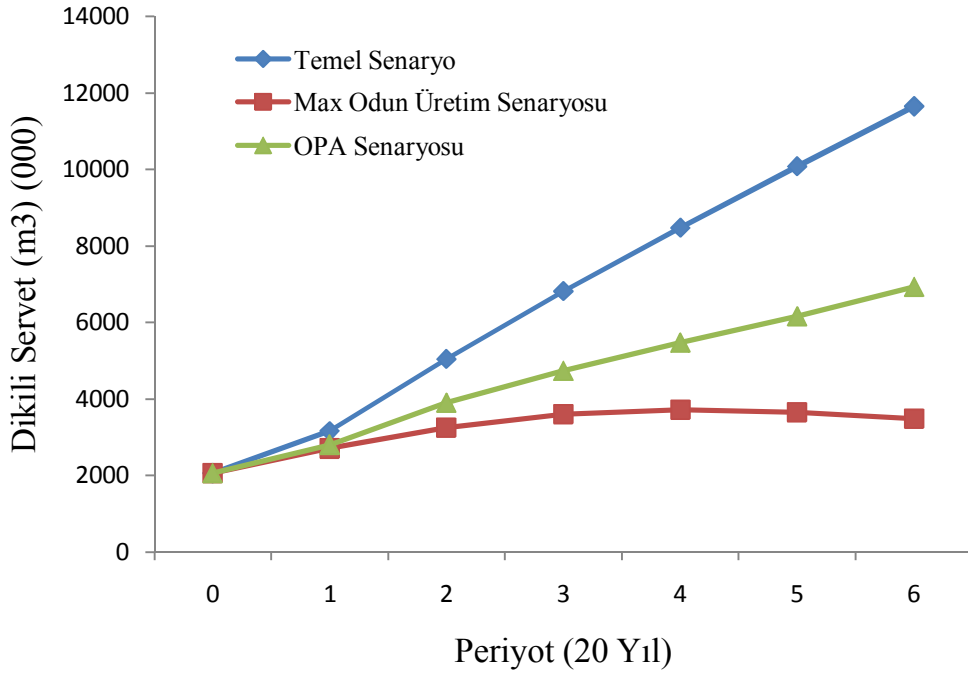
*ETÇAPKlasik* senaryosuna göre ara hasılat ve son hasılat etası olarak girilen değerler sonuç ekranından da görüldüğü gibi, çok az bir sapma miktarıyla birlikte altı periyot boyunca hedefe ulaşılmıştır. Burada ayrıca tüm periyotlar boyunca ara hâsılat ve son hâsılatla konu edilen alan miktarı da görülebilmektedir. Ara hâsılat hedefi olarak girilen  $131\,193\text{ m}^3$  eta, çıktı ekranından da görüldüğü gibi ilk periyotta  $131\,522\text{ m}^3$  olarak gerçekleşirken, ikinci periyotta ise  $131\,192\text{ m}^3$  olarak hedefi tam olarak tutturmuştur. Aynı şekilde son hâsılatla girilen  $74\,673\text{ m}^3$  eta ise birinci periyotta  $75\,163\text{ m}^3$  ve ikinci periyotta da  $74\,854\text{ m}^3$  olarak gerçekleşmiştir. Altı periyot boyunca küçük sapmalar olmakla beraber hedefler gerçekleşmiştir. Toplam eta olarak bakıldığında ise;  $206\,686\text{ m}^3$  birinci periyotta gerçekleşmiştir. İkinci periyotta ise  $206\,047\text{ m}^3$  toplam eta elde edilmiştir. Diğer periyotlarda da yaklaşık aynı etalar elde edilmiştir.

Alan bakımından sonuçlar ele alındığında ise; ara hasılatla konu edilen alanlarda her bir periyotta azalma meydana gelirken, son hasılatla konu edilen alanlar altı periyot boyunca 50 ile 90 hektar arasında değişmektedir (Şekil 46). Simülasyon sonuçlarına göre ilk 20 yıllık periyota bakıldığında, 92.51 ha alan gençleştirmeye alınmışken 2 543.14 ha alan da bakıma alınmıştır. Buradaki sonuçlara bakıldığında, *ETÇAPKlasik* planlama yaklaşımı ile gençleştirmeye konu edilen 168.8 ha alandan alınan eta miktarı ile *ETÇAPSimülasyon* yazılımı kullanılarak 92.51 ha alandan aynı eta elde edilmiştir. Bunun nedeni olarak da, simülasyon modelinde serveti yüksek olan meşcerelerin gençleştirmede önceliği oluşturmamasından kaynaklanmaktadır.

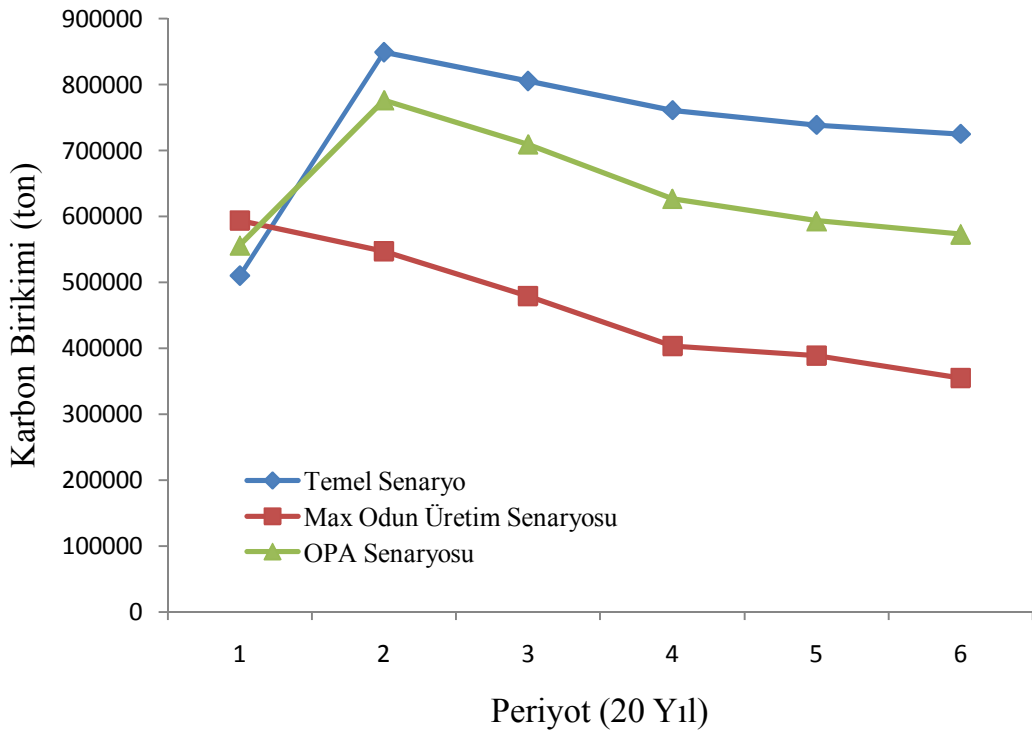


Şekil 46. Simülasyon süresi boyunca bakım ve gençleştirme alanlarındaki değişim

Temel senaryo kapsamında simülasyon süresi boyunca dikili servet miktarındaki değişim incelendiğinde, simülasyon modelinde büyüme modellerine göre büyütülen ormandaki dikili servet miktarının doğrusala yakın bir artış gösterdiği görülmektedir (Şekil 47). Dikili servetteki bu artışın nedeni olarak, planlama biriminde artımın hızla devam ediyor olması, müdahale görmeyen alanların servetinin artmaya devam etmesi, son hâsılatı konu edilen alanların gençleştirildikten sonra hâsılat tablolarına göre büyümeye tabi olması ve alanda herhangi bir böcek, yangın, iklim değişikliği veya başka bir nedenden dolayı ormana bir zararın olmaması kabulü bu artışı tetikleyen nedenler olarak gösterilebilir. Karbon birikim değerlerine bakıldığında ise en düşük karbon birikiminin 1. periyotta olduğu görülmektedir. 2. periyotta yüksek bir artış gösteren karbon birikimi sonrasında simülasyonun sonuna kadar azalan bir durum göstermektedir (Şekil 48). Karbon birikimindeki 1. periyotta gerçekleşen ani artışın nedeni, birinci periyottaki hacim artımının yüksek olmasından ve ilk periyotta karbon emisyonunun az olmasından kaynaklanmaktadır. Toplam karbon tutulumu hesaplamasında üretim artıklarının emisyonla bırakılması için en az bir periyot geçmesi kabulü ve simülasyon başlangıcından önceki sürede yapılmış olan üretim ve bu üretimden meydana gelen emisyon dikkate alınmaması bu durumu açıklamaktadır. Bu durumlardan dolayı da ilk periyottaki karbon birikimi diğer periyotlara göre daha yüksek çıkmaktadır.



Şekil 47. Tüm senaryolara göre dikili servetin periyotlara göre dağılımı

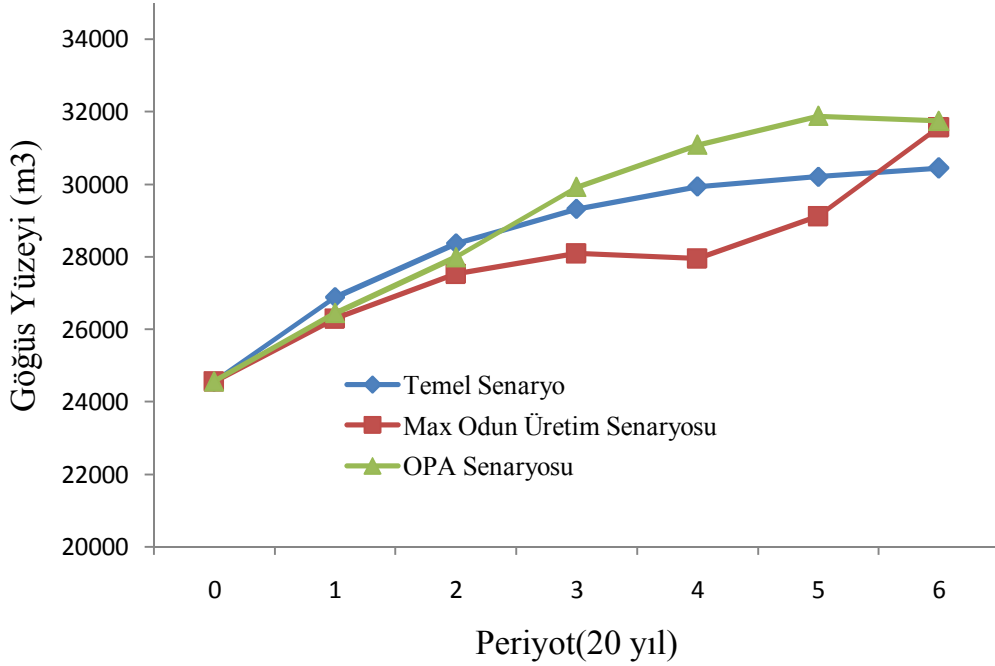


Şekil 48. Tüm senaryolara göre karbon birikiminin periyotlara göre dağılımı

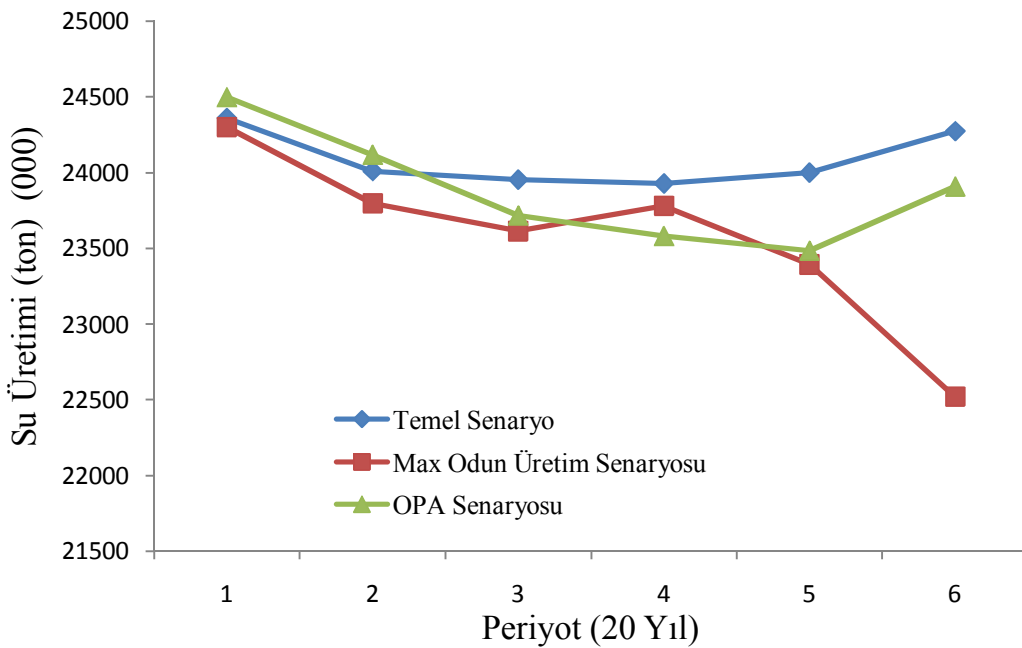
Planlama biriminin periyotlar boyunca göğüs yüzeyindeki değişimine bakıldığında ise, göğüs yüzeyinin özellikle dördüncü periyota kadar artış gösterdiği beşinci ve altıncı periyotta ise artış hızında küçük bir azalma gösterdiği görülmektedir (Şekil 49). Göğüs yüzeyine bağlı olarak değişim gösteren su üretimi de göğüs yüzeyinin arttığı ilk dört



periyot boyunca azalma eğilimi gösterirken, dördüncü periyottan sonra göğüs yüzeyindeki artış hızındaki azalmaya paralel olarak su üretimi de küçük bir artış göstermektedir (Şekil 50). Göğüs yüzeyindeki değişim ile su üretimindeki değişim arasında ters bir orantının olması beklenen bir durumdur.



Şekil 49. Tüm senaryolara göre göğüs yüzeyinin periyotlara göre dağılımı



Şekil 50. Tüm senaryolara göre su üretiminin periyotlara göre dağılımı

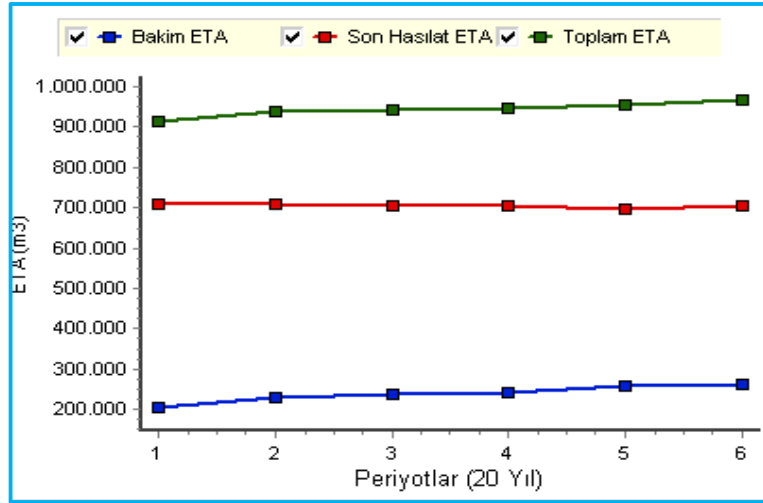
### 3.2.4.2. Maksimum Odun Üretim Senaryosu

Bu senaryo kapsamında *ETÇAPSimülasyon* planlama yazılımıyla planlama biriminden maksimum odun üretiminin ne kadar olabileceği belirlenmeye çalışılmıştır. Bu senaryonun belirlenen özellikleri kısaca şöyledir;

- İdare süresi 120 yıl, periyot uzunluğu ise 20 yıl olarak belirlenmiştir.
- Her bir meşcere tipi için fonksiyonlarına bağlı olarak sürdürülebilirliği tehlikeye atmamak için en fazla artım kadar eta verilmiştir.
- Gençleştirme ve bakım kuralı olarak “En yaşlı meşcerelerden” başlanması kararlaştırılmıştır.
- Eşit eta hedefinden %10 sapmanın olabileceği öngörülmüştür.
- Ormanın görmüş olduğu fonksiyon bakımından herhangi bir eta verilmeyen meşcerelere burada da eta verilmemiştir.

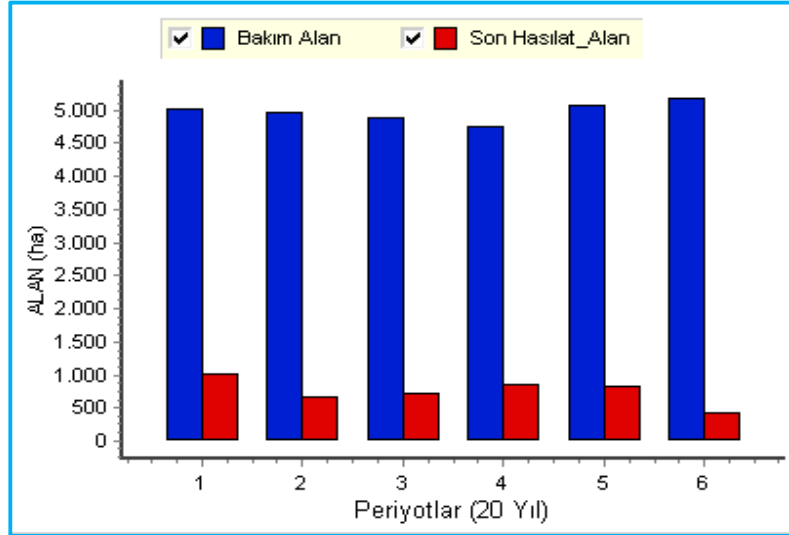
Bu şekilde gerekli düzenlemeler yapıldıktan sonra *ETÇAPSimülasyon* modeli çalıştırılmış ve sonuçlar tablo ve grafik olarak verilmiştir.

Yukarıda belirlenen kısıtlayıcılar kapsamında *ETÇAPSimülasyon* yazılımında yapılan denemelerle, simülasyon modelinin sürdürülebilir olduğu sınırın gençleştirme etası için; 705 067 m<sup>3</sup> olduğu belirlenmiştir. Burada bu değerin 1 m<sup>3</sup> dahi artırılması durumunda simülasyon yazılımı “simülasyon sürdürülebilir değil” uyarısı vermektedir. Maksimum odun üretimi senaryosu için simülasyon yazılımının sürdürülebilir olduğu bu değer kullanılarak senaryo çıktıları tablo ve grafik olarak elde edilmiştir. Maksimum odun üretimi senaryosunun simülasyon modelindeki çözümü sonucu elde edilen çıktıları baktığımızda; ilk periyotta gençleştirme alanlarından 709 241 m<sup>3</sup>, bakıma konu edilen alanlardan ise 205 228 m<sup>3</sup> eta elde edilebileceği görülmektedir. Bu sonuca göre ilk 20 yıllık periyotta toplam 914 970 m<sup>3</sup> eta elde edilebileceği görülmektedir (Şekil 51).



Şekil 51. Maksimum odun üretim senaryosuna göre etaların periyodik dağılımı

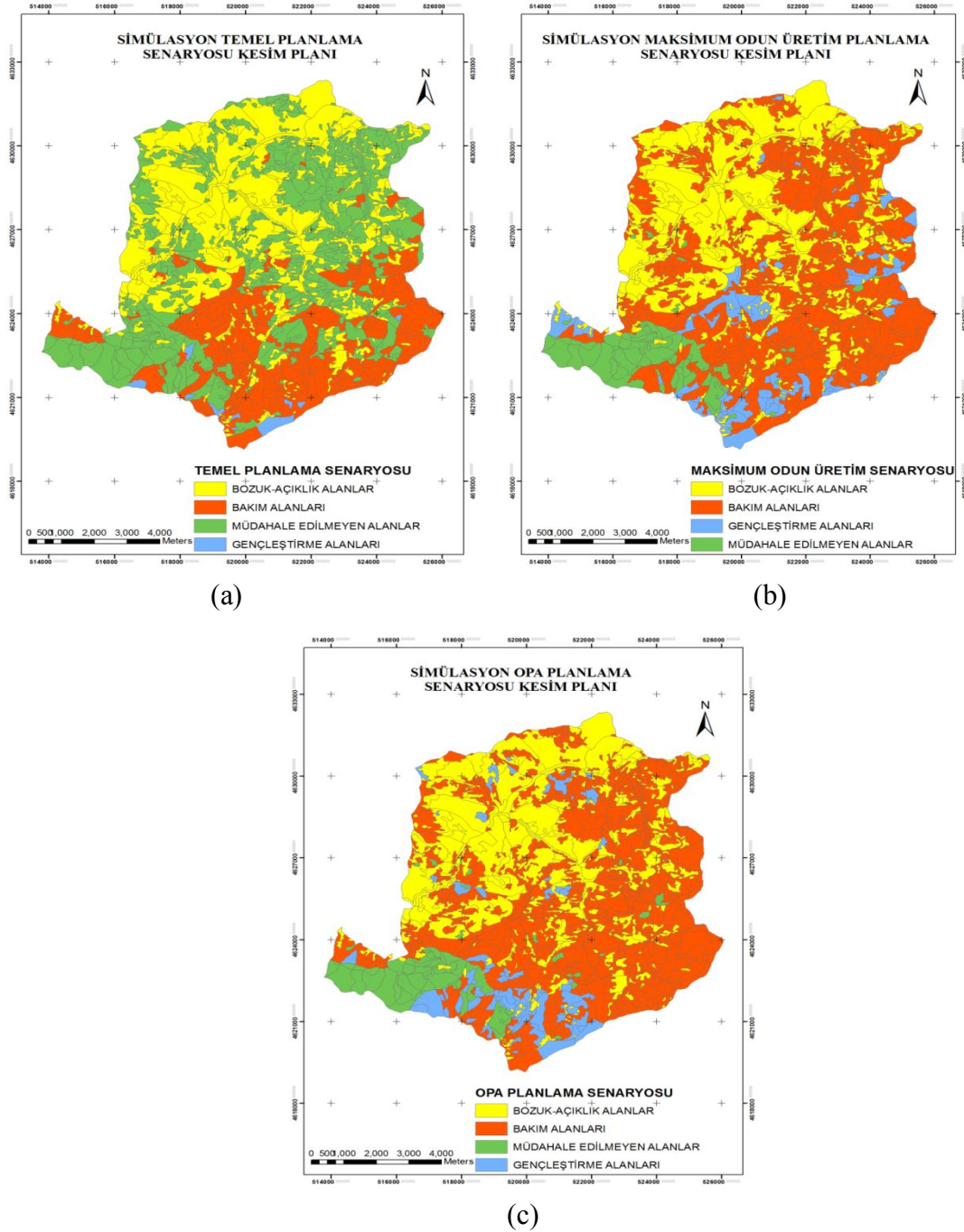
Gençleştirme ve bakıma konu edilen bölmecikleri alansal olarak değerlendirildiğinde, ilk 20 yıllık periyotta son hâsılatı konu edilen alanın 1 001.25 ha, bakıma konu edilen alanın 5 019.51 ha olduğu görülmektedir. Toplam olarak ilk periyotta 6 020.76 ha'lık bir alana girilmiş olacaktır (Şekil 52). Diğer periyotlara bakıldığında ise, bakıma konu alanlar 5000 ha civarında dağılım göstermişken, gençleştirme alanlarının genellikle 500 ile 1000 ha arasında dağıldığı görülmektedir.



Şekil 52. Maksimum odun üretim senaryosunda gençleştirme ve bakım alanlarının dağılımı

Simülasyon modeli sonuçlarına göre ilk periyotta gençleştirme ve bakıma konu edilen alanlara ait kesim planlarına bakıldığında temel planlama senaryosunda ilk periyotta

gençleştirmeye ve bakıma konu alanların düşük miktarlarda olduğu görülmektedir. Müdahale edilmeyen alanların da bir hayli fazla olduğu görülmektedir (Şekil 53a). Maksimum odun üretim senaryosu ve OPA planlama senaryosu ilk periyota ait kesim planına bakıldığında ise gençleştirme ve bakıma konu alanların fazla olduğu görülmektedir. Milli park ve tohum meşceresi dışında kalan meşcerelerin tamamına yakınının gençleştirme veya bakıma konu edildiği görülmektedir (Şekil 53 b,c).



Şekil 53. Simülasyon 1. Periyot için model sonuçları: a) Temel planlama b) Maksimum odun üretim c) OPA planlama senaryolarına göre kesim planı haritaları

Maksimum odun üretim senaryosuna göre elde edilen diğer çıktılara bakıldığında, dikili servet miktarı giderek azalan bir şekilde artmaktadır (Şekil 47). Buradaki artışın nedenleri arasında, öncelikle müdahale edilmeyen alanların büyümeye devam etmesi, artımın devam etmesi ve gençleştirme ve ağaçlandırmaya konu alanların optimal olarak büyütülmesi ile servet artışı meydana gelmektedir. Burada diğer senaryolara göre servetin daha az olduğu görülmektedir. Bu durum diğer senaryolara oranla alınan etanın fazla olmasından kaynaklanmaktadır. Karbon birikim değerleri de azalan bir eğri göstermektedir (Şekil 48). Diğer iki senaryoda karbon ilk periyotla ikinci periyot arasında artış göstermesine rağmen, maksimum odun üretim senaryosunda tüm periyotlarda azalma göstermiştir. Bunun nedeni olarak da ilk periyotta çok fazla etanın alınması ve paralelinde artımın az olması ve emisyonun artmasından kaynaklanmaktadır. Göğüs yüzeyine bakıldığında ise, 3. periyota kadar arttığını fakat 3. periyot ile 4. periyot arasında küçük bir düşüş olmakta, sonraki periyotlarda ise yeniden artış göstermektedir (Şekil 49). Su üretim değerleri de göğüs yüzeyine paralel olarak 3. periyottan 4. periyota geçişte artış göstermiş, fakat sonraki periyotlarda da göğüs yüzeyinin artmasıyla azalmıştır (Şekil 50).

### 3.2.4.3. Optimal Periyodik Alan (OPA) Senaryosu

Bu senaryo kapsamında *ETÇAPSimülasyon* planlama yazılımıyla planlama biriminde endüstriyel odun üretimi işletme sınıfı olarak ayrılmış olan alanlar için optimal periyodik saha kadar alanın gençleştirmeye konu edilmesiyle elde edilecek sonuçlar belirlenmeye çalışılmıştır. Bu senaryonun belirlenen özellikleri şöyledir;

- İdare süresi 120 yıl, periyot uzunluğu ise 20 yıl olarak belirlenmiştir. Fakat burada her bir işletme sınıfı için, o işletme sınıfına ait idare süresi kullanılarak OPA'lar hesaplanmıştır.
- İdare süresi kısıtı ve ara hâsılat için ne kadar eta alınabileceği analiz alanlarına girilmiştir.
- Gençleştirme ve bakım kuralı olarak “En yaşlı meşcerelerden” başlanması kararlaştırılmıştır.
- Eşit alan (OPA'lar kadar) hedefinden %10 sapmanın olabileceği öngörülmüştür.
- Ormanın görmüş olduğu fonksiyon bakımından herhangi bir eta verilmeyen meşcerelere burada da eta verilmemiştir.

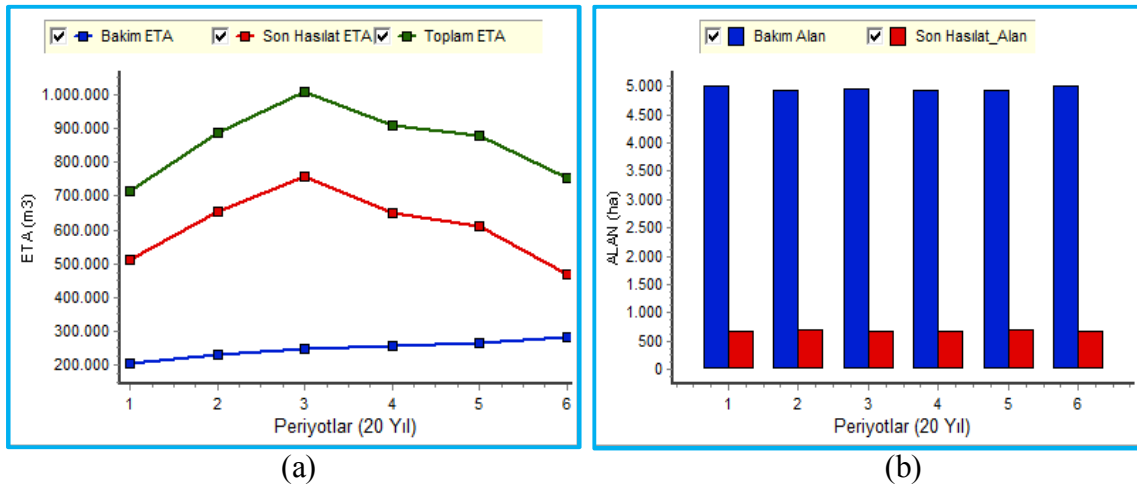
Bu şekilde gerekli düzenlemeler yapıldıktan sonra *ETÇAPSimülasyon* modeli çalıştırılmış ve çıktılar tablo ve grafik olarak alınmıştır.

Senaryo kısıtlayıcı ve hedefleri yukarıdaki gibi modele girildikten sonra program koşturulmuştur. Üç adet endüstriyel odun üretimi işletme sınıfı için OPA'lar hesaplatılmıştır, ancak A işletme sınıfında 471 ha OPA olmasına rağmen idare süresini doldurmuş yeterince meşcere olmadığından A işletme sınıfında OPA kadar alan gençleştirmeye alınamamıştır. Bundan dolayı simülasyonun sürdürülebilir olduğu alan kadar alan A işletme sınıfından alınarak sonuçlar elde edilmiştir. Sonuçlara bakıldığında OPA hesaplanan üç işletme sınıfından yaklaşık 700 ha alanı her periyotta gençleştirmeye almıştır (Şekil 54). Diğer uygun alanlar da ara hâsıllara konu edilmiştir.

Periyotlar	BakımETA	SON HASIL	Toplam ET	Bakım Alan	Son Hasıl	Dikil Serv	Göğüs Yüz	Ağaç Sayı	Alan	Ayılan Ha	Ağaçlandı	NET Karbr	NET Oksij	Su Üretimi
Başlangıç	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	2053447,70	24566,0480	613632,000	9683,7700	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1	205363,651	510558,297	715921,948	5009,9200	682,6000	2798386,83	26447,2354	856909,000	9683,7700	892,3555	14,7200	557279,878	1486079,69	24498626,7
2	232114,965	654134,279	886249,244	4944,2700	701,3200	3904777,97	27992,1993	1130879,000	9683,7700	1362,4925	24,0600	778541,504	2076110,70	24117824,2
3	249346,558	759401,864	1008748,42	4958,6600	682,1100	4744948,03	29921,7206	1318081,000	9683,7700	4000,3225	14,4700	712690,915	1900509,13	23718231,5
4	258315,331	650481,631	908796,961	4927,9800	681,4800	5490453,94	31086,7743	1716108,000	9683,7700	6257,8933	16,3900	630626,606	1681670,97	23582366,8
5	266781,688	611830,337	878612,025	4940,9600	685,7400	6192206,46	31880,7012	1650384,000	9683,7700	7005,1687	14,1700	597135,977	1592362,62	23487040,6
6	284359,104	468297,114	752656,218	5003,2000	673,5200	6971968,20	31753,7384	1784783,000	9683,7700	7386,6007	16,5800	577634,757	1540359,37	23909391,3

Şekil 54. OPA planlama senaryosu çıktıları

Bu planlama senaryosunda gençleştirmeye ve ara hâsıllara konu alanlar ve elde edilen toplam etalara bakıldığında da yüksek eta miktarlarının elde edildiği görülmektedir (Şekil 55).

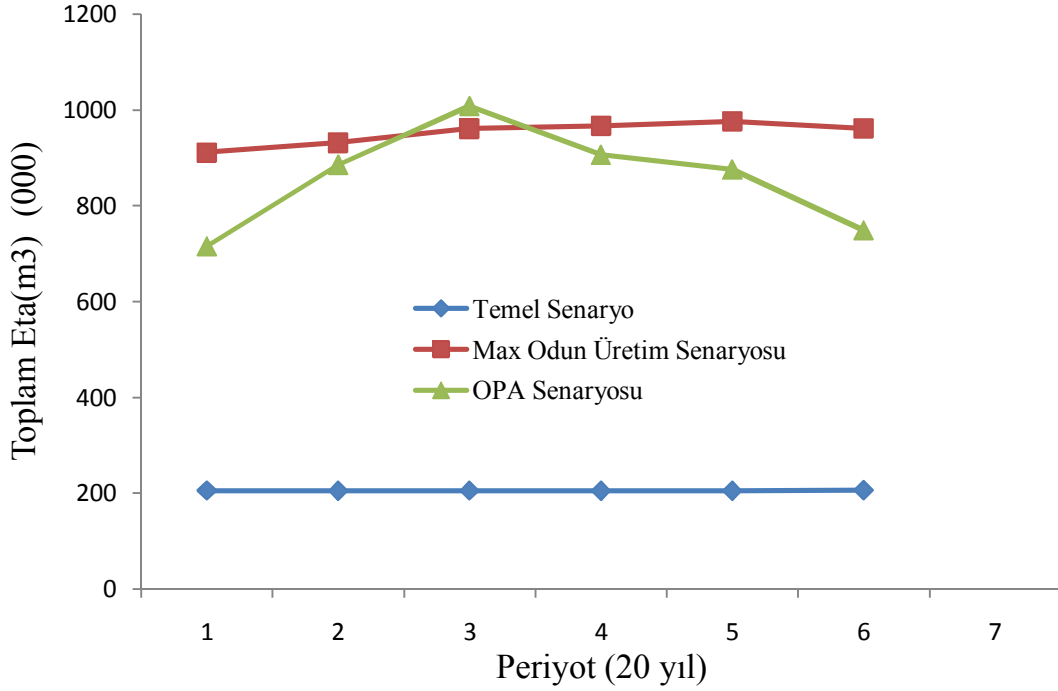


Şekil 55. OPA planlama senaryosu a) Eta miktarları ve b) Etaların elde edildiği alanların periyotlara göre dağılımı

OPA senaryosundan elde edilen diğer sonuçlara bakılacak olursa; dikili servet miktarının diğer senaryolarda olduğu gibi yine artmakta olduğunu görülmektedir (Şekil 47). Bu servet artışında müdahale edilmeyen alanların servet birikiminin devam etmesi, gençleştirilen alanların hâsılat tablosuna göre büyütülmesi, artımın devam etmesi gibi nedenler etkili olabilir. Karbon birikim değerleri incelendiğinde, ilk periyotta karbon emisyonunun olmaması ve artımın fazla olmasından kaynaklanmaktadır. Diğer periyotlardaki düşüşler ise alınan etalarla birlikte karbon emisyonunun artması ve artımın çok fazla olmamasından kaynaklanmaktadır (Şekil 48). Göğüs yüzeyi de servet artışına paralel olarak periyotlar boyunca artış göstermekte, fakat son periyotta küçük de olsa bir düşüş görülmektedir. Bunun nedenine bakıldığında ise, son periyotta ayrılan hacim miktarının en yüksek düzeyde olduğu ve bunun da göğüs yüzeyinde küçük de olsa bir düşüşe neden olduğu görülmektedir (Şekil 49). Su üretiminde ise göğüs yüzeyinin aksine son periyottaki göğüs yüzeyi azalmasına paralel olarak su üretiminde bir artış görülmektedir (Şekil 50).

Simülasyonda denenen bu üç senaryodan elde edilen sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde; dikili servet bakımından en fazla birikme temel senaryoda gerçekleşmiştir. Bunun nedeni de temel planlama senaryosunda alınan eta miktarlarının düşük, artımın ise fazla olmasıdır. Diğer iki senaryoda ise, servet artışı olmakla beraber, bir periyottaki elde edilen eta miktarlarının yaklaşık artım miktarı kadar olması dikili servet miktarını düşürmüştür. Karbon birikim değerleri de üç senaryoya bakıldığında servet artışına paralel olarak temel senaryo da daha yüksek seviyede seyrederken, servet artışının en düşük seviyede ve etanın en fazla olduğu ve bu etadan kaynaklanan emisyonun da fazla olması maksimum odun üretim senaryosunda karbon birikim değerlerinin diğer senaryolara göre düşük olmasına sebep olmaktadır. Göğüs yüzeyi değerleri ilk üç periyot boyunca yaklaşık değerlerde seyretmesine rağmen sonraki periyotlarda OPA senaryosunda diğer senaryolara oranla daha fazla bir artış olmuştur. Su üretim değerleri ise göğüs yüzeyindeki dalgalanmalara paralel ters orantılı bir eğilim göstermektedir.

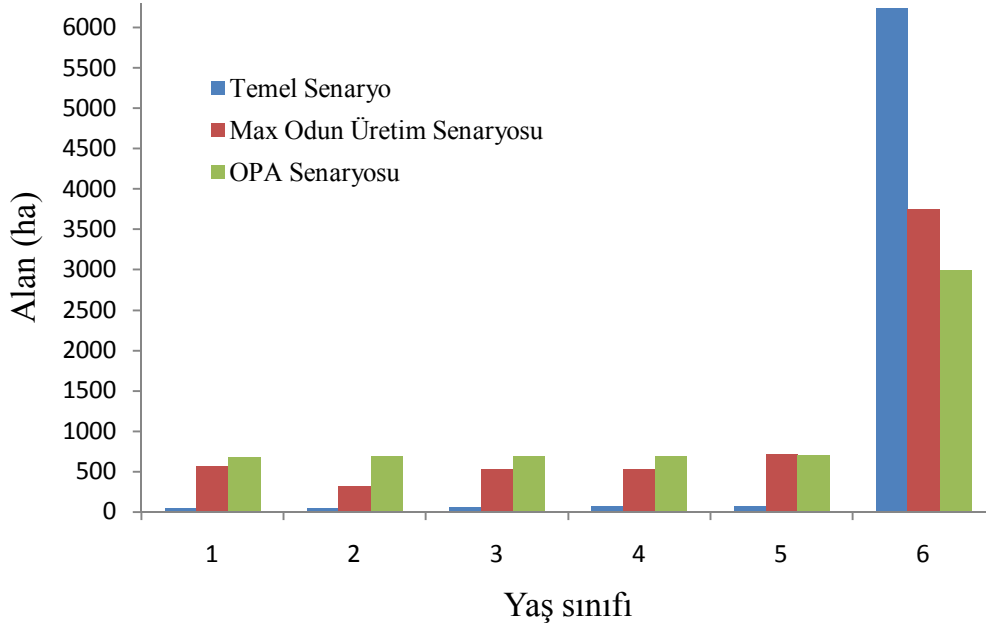
Toplam eta bakımından üç senaryo incelendiğinde maksimum odun üretim senaryosunun diğer senaryolara göre en yüksek toplam eta miktarına sahip olduğu görülmektedir (Şekil 56). Temel senaryo eta bakımından diğer iki senaryoya göre son derece düşük değerlere sahiptir. OPA senaryosundan elde edilen toplam eta miktarları da maksimum odun üretim senaryosuna yakın değerlere sahiptir.



Şekil 56. Tüm senaryolara göre toplam eta miktarlarının periyotlara dağılımı

Grafikten de görüldüğü üzere temel senaryoda elde edilen eta miktarlarıyla diğer iki senaryoda elde edilen eta miktarları arasında çok büyük bir farklılık görülmektedir. Buradaki eta farklılığının önemli nedenleri vardır. Temel senaryo da planlama biriminde uygulamada karşılaşılan sorunlardan kaynaklanan eta alınamaması bu durumun en önemli nedenlerindedir. Planlama biriminde uygun alanların olmasına karşın eski plan döneminde gençleştirmeye konu edilen alanların dahi tamamlanamaması ve işçi konusunda yaşanan sıkıntılar planlama biriminden yeterince faydalanılamaması sonucunu doğurmaktadır. Tüm bu sorunlardan arındırılmış veya uygun koşulların oluşturulduğu bir planlama birimi düşündüğümüzde ise, maksimum odun üretimi senaryosunda elde edilen eta değerleri ancak alınabilecektir. Burada bu iki senaryonun sürdürülebilirlik açısından durumu, 6. periyot sonundaki yaş sınıfları dağılımına bakıldığında her iki senaryonun da sürdürülebilir olduğu görülmektedir (Şekil 57). Altıncı yaş sınıfında her üç senaryoda da birikmenin olduğu görülmektedir. Fakat temel senaryodaki gençleştirme alanlarının her bir periyotta düşük olmasından dolayı son yaş sınıfında aşırı bir birikme meydana gelmiştir. Bu da doğal bir durumdur. Her üç senaryonun 6. yaş sınıfındaki alan miktarının fazla olması, simülasyonun sadece idare süresi kadar koşturularak çok amaçlı planlama (fonksiyonel) gereği birçok alanın üretime tabi tutulmamasından kaynaklanmaktadır.





Şekil 57. Tüm senaryolarda yaş sınıfları dağılımları

Buradaki yaş sınıfları dağılımlarına baktığımızda, optimal kuruluşa ulaşmada OPA senaryosu ve maksimum odun üretim senaryosunun daha uygun olduğunu görmekteyiz. Temel senaryonun optimal kuruluşa ulaşması bu şekildeki bir planlama yaklaşımıyla zor görünmektedir. Optimal periyodik alandan çok daha az alanın gençleştirmeye konu edilmesi son yaş sınıfındaki alanların sürekli artmasına sebep olmaktadır. Ayrıca müdahale edilmeyen alanlar da son yaş sınıfında toplanmaktadır. Bu durum da optimal kuruluşa ulaşabilmeyi engellemektedir. Altıncı periyot sonundaki bu yaş sınıfı dağılımına sahip senaryolar bir simülasyon süresi boyunca daha tekrar modelin koşturulması sonucunda OPA ve maksimum odun üretim senaryosunu optimal kuruluşa daha da yaklaştırmaktadır. Bu da sürdürülebilirlik açısından bu iki senaryonun uygun olduğunu göstermektedir.

### 3.3. ETÇAPOptimizasyon (Doğrusal Programlama) Tabanlı Orman Amenajman Planının Hazırlanması<sup>2</sup>

Doğrusal programlamaya dayalı modeller de simülasyon modellerinde olduğu gibi belirli bir hedef, amaç ve kısıtlayıcılardan oluşan senaryolardan meydana gelmektedir. Simülasyon modelinde oluşturduğumuz senaryolara benzer senaryoları optimizasyon modelinde de oluşturmak zorundayız. Bu senaryolar oluşturulmadan önce yazılımın çalışması için gerekli olan verilerin simülasyon modelinde olduğu gibi programa girilmesi gerekmektedir. Optimizasyon modeli de tablolar, ayarlar, sonuçlar, konumsal ayarlar ve konumsal sonuçlar olmak üzere beş ana bölümden oluşmaktadır (Şekil 58).



Şekil 58. ETÇAPOptimizasyon modeli başlangıç ekranı

#### 3.3.1. Tablo ve Verilerin Programa Girilmesi

Optimizasyon modelinin çalışması için gerekli olan tablo ve veriler programa elle girilmeli veya hazır durumda tablolar halinde ise aktarımı yapılmalıdır. Aktüel orman verilerinin tutulduğu bölmecik tablosu, optimal verilerin tutulduğu hasılat tabloları, odun ürün çeşitleri tablosu, ekonomik veriler tablosu ve karbon birikimi tabloları programa girilmelidir. Tüm bu tabloların girilmesi konusu *ETÇAPSimülasyon* modelinde detaylı olarak anlatıldığından burada tekrar olarak açıklama gereği duyulmamıştır.

Optimizasyona ait ayarlar ayarlar menüsünden yapılmaktadır. Burada optimizasyona ait periyot uzunluğu, planlama süresi, silvikültürel müdahale seçenekleri, yardımcı modellerin seçilmesi, amaç ve kısıtlayıcı koşulların düzenlenmesi ve programa girilmesinden oluşmaktadır (Şekil 59). Ayrıca belirlenen silvikültürel müdahale seçeneklerinin analiz alanlarında belirlenmesi de ayarlar menüsünden

<sup>2</sup>“Bu bölümün orijinali TÜBİTAK projesi kapsamında bir doktora tezi olarak Keleş (2008) tarafından tasarlanmış olup burada bazı değişiklikler yapılmıştır”

gerçekleştirilmektedir. Analiz alanı olarak simülasyon modelinde seçilen meşcere tiplerinin fonksiyonlara göre dağılımı, optimizasyon modeli için de seçilmiştir ve fonksiyona göre hangi meşcere tipine hangi silvikültürel müdahalenin yapılacağı, maksimum ve minimum bakım ve kesim yaşlarının belirlendiği analiz alanı oluşturulmuştur.



Şekil 59. Optimizasyon modeli ayarlar menüsü

Ayarlar menüsü altında kullanıcı tarafından su üretimi ve toprak erozyonu için hangi yardımcı model kullanılmak isteniyorsa o model seçilebilmektedir. Kullanıcı özel bir seçim yapmadığında optimizasyon modeli varsayılan yardımcı modeli kullanarak bu değerleri hesaplamaktadır.

Optimizasyon modellerinde en önemli ayarlardan birisi de amaç fonksiyonunun belirlenmesidir. *ETÇAPOptimizasyon* modeli kapsamında çeşitli amaç fonksiyonları geliştirilmiştir. Amaç fonksiyonu altında kullanıcı tarafından amaca göre en uygun amaç fonksiyonu seçilebilmektedir (Şekil 59). Kullanıcı tarafından farklı kombinasyonlar kurularak yeni amaç fonksiyonları da oluşturulabilmektedir. Optimizasyon modeli kapsamında belirlenen amaç fonksiyonlarında sadece toprak erozyonu minimizasyon modeli iken diğer tüm amaç fonksiyonları maksimizasyon modeli şeklindedir.



Şekil 60. Amaç fonksiyonu seçim ekranı

Amaç fonksiyonu belirlendikten sonra kullanıcı tarafından isteğe bağlı olarak kısıtlayıcı koşulların belirlenmesi gerekir. Optimizasyon modelinde, eşit eta politikası, giderek artan eta politikası, belirli oranda değişen eta politikası, eşit alan politikası ve belirli oranda değişen alan politikası gibi politika kısıtları seçilebilmektedir (Şekil 61).



Şekil 61. Kısıtlayıcı koşulların belirlenmesi ekranı

Tüm bu kısıtlayıcıların yanında, ayrıca kullanıcı tarafından periyot bazında da kısıtlayıcılar oluşturulabilmektedir (Şekil 62). Periyot bazında eta, alan, su üretimi, toprak erozyonu, karbon birikimi ve oksijen üretimi gibi hedefler belirlenebilmektedir. Ayrıca planlama yörüngesini kapsayacak şekilde genel bir hedef de girilebilmektedir. Kullanıcı tarafından birden fazla kısıt aynı anda seçilirse ve birbiriyle çelişen kısıt olması durumunda çözümün elde edilemeyeceğine dikkat edilmelidir.

PERİYOT	Geliştirme	Bakım
1	60000	130000
2	60000	130000
3	60000	130000
4	60000	130000
5	60000	130000
6	60000	130000

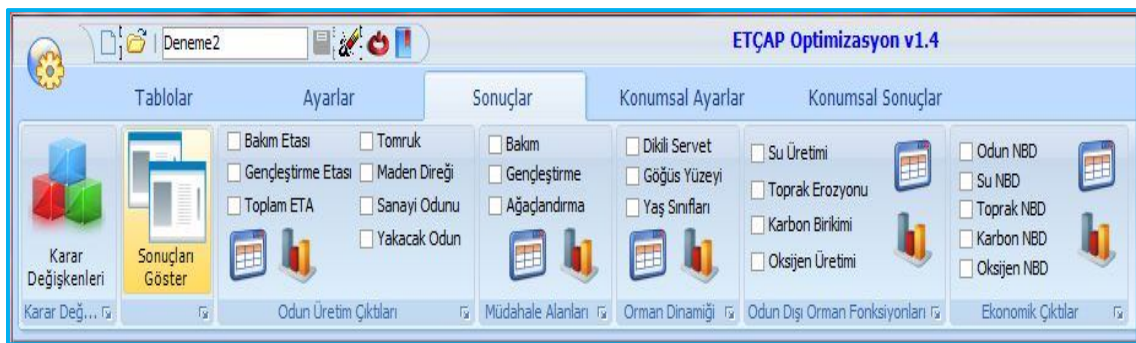
Şekil 62. Periyodik kısıt tanımlamaları ekranı

Optimizasyon modelinde bir senaryoya ilişkin tüm veriler girildikten ve amaç, hedef ve kısıtlayıcılar belirlendikten sonra model oluşturulur. Programın oluşturulmasıyla *ETÇAPOptimizasyon* modeli ilk olarak matrisleri kurar ve bunları bir matris çözücü

programa aktarır. Her bir senaryo için model koşturularak sonuçların değerlendirilmesi sonucunda, gerek duyulursa optimizasyon ayarlarında değişiklikler yapılarak tekrar model koşturularak çıktılar elde edilebilmektedir. Optimizasyon modellerinde kullanıcı tarafından belirlenen kısıtlayıcılara bağlı olarak simülasyon modelinin aksine her zaman uygun bir çözüm elde edilememektedir. Kullanıcının birden fazla kısıtı aynı anda modele koymasına ve bu kısıtların birbiriyle çelişmesi durumunda model uygun çözüm verememektedir. Böyle durumlarda kısıtlayıcılar yeniden düzenlenmelidir.

### 3.3.2. ETÇAP Optimizasyon Sonuçlar Menüsü

Optimizasyon modelinin koşturulmasıyla uygun çözümün olması durumunda ilgili senaryoya ait sonuçların hepsi optimizasyon sonuçları kısmından görülebilmektedir (Şekil 63). Optimizasyon modeli sonuçlar menüsü de farklı kısımlardan oluşmaktadır. Karar değişkenleri sekmesi altında silvikültürel müdahale rejimlerine göre bölmecikler için oluşturulmuş karar değişkenleri ve katsayıları görülebilmektedir. Odun üretim çıktıları sekmesinde ise odun üretimine yönelik çıktılar olan bakım etası, gençleştirme etası, toplam eta, tomruk, maden direği v.s. gibi odun üretim miktarları gösterilmektedir. Müdahale alanları kısmında bakım alanları, gençleştirme alanları ve ağaçlandırma alanlarına ait çıktılar görüntülenmektedir. Dikili servet, göğüs yüzeyi ve yaş sınıflarına ait çıktılar orman dinamiği bölümünde görüntülenirken, su üretimi, toprak erozyonu, karbon birikimi ve oksijen üretimi gibi çıktılar da odun dışı orman fonksiyonları bölümünde yer almaktadır. Ayrıca planlama süresi boyunca ki NBD'ler ekonomik çıktılar bölümünde tablo veya grafik formatında görülebilmektedir.



Şekil 63. ETÇAP Optimizasyon modeli sonuçlar ekranı

### 3.3.3. *ETÇAPOptimizasyon* Modelinin Kızılcasu Planlama Biriminde Uygulanması

Optimizasyon modelinin koşturulabilmesi için gerekli olan tüm verilerin öncelikle modele girilmesi gerekmektedir. Gerekli tüm veriler girildikten sonra kullanıcı tarafından hedefler belirlenebilmekte, ayrıca kurallar ve zaman ayarlarında yapılabilecek değişikliklerle birçok amenajman planlama senaryosu geliştirilebilmektedir. Bu çalışma kapsamında da simülasyon modelinde olduğu gibi üç farklı amenajman planlama senaryosu geliştirilerek sonuçlar değerlendirilmiştir. Bu üç senaryodan ilki *ETÇAPKlasik* planlama yaklaşımına dayanan temel senaryo, ikincisi maksimum odun üretimi hedeflediğimiz maksimum odun üretim senaryosu ve son olarak da optimal periyodik alan kadar alanın gençleştirmeye konu edilmesinden oluşan optimal periyodik alan (OPA) senaryosudur. Bu üç senaryo *ETÇAPOptimizasyon* model yazılımında gerekli düzenlemeler ve veri girişleri yapıldıktan sonra koşturularak sonuçlar elde edilmeye çalışılmıştır.

#### 3.3.3.1. Temel Planlama Senaryosu

Bu senaryo kapsamında *ETÇAPKlasik* planlama yazılımıyla planı yapılan Kızılcasu planlama biriminden elde edilen değerlere yakın hedefler belirlenerek sonuçlar elde edilmiştir. Buradaki temel amaç, klasik planlama yaklaşımıyla hazırlanan plan sonuçları ve optimizasyon yazılımından elde edilen sonuçların birbirleriyle uygunluğunu test etmektir. Bu senaryonun belirlenen özellikleri kısaca şöyledir;

- İdare süresi 120 yıl, periyot uzunluğu ise 20 yıl olarak belirlenmiştir.
- Amaç fonksiyonu olarak “odun üretiminin eniyilenmesi” seçilmiştir.
- Silvikültürel müdahaleler işletme sınıfı bazında verilmiştir. *ETÇAPKlasik* planlama yazılımında eta verilen işletme sınıflarına silvikültürel müdahale öngörölmüştür. Diğer işletme sınıflarına müdahale edilmemiştir.
- Gençleştirmeye alınmayan meşcerelere bakım öngörölmüştür ve bakıma konu meşcerenin bulunduğu işletme sınıfına göre servetin %5’i ile %9’u arasında bakım etası alınması kararlaştırılmıştır.
- Meşcereler gençleştirildikten sonra yine aynı ağaç türü ve aynı bonitet ile devam edeceği varsayılmıştır.

- Eşit eta kontrol politikası tercih edilmiştir. Burada bakım ve gençleştirme etasının aynı anda eşit olmasında çözümün olmaması sebebiyle yalnızca gençleştirme etası üzerinden eşit eta politikası uygulanmıştır.
- Periyodik kısıt olarak her bir periyotta *ETÇAPKlasik* planlama yazılımında elde edilen etaların alınması kısıt olarak belirlenmiştir. Gençleştirme etası kısıtı uygulanmıştır.

Yukarıda tüm özellikleri verilen doğrusal programlama tabanlı orman amenajman planlama senaryosu çıktılarını elde etmek için programın çalıştırılması gerekmektedir. *ETÇAPOptimizasyon* yazılımı girilen tüm bu özelliklere bağlı olarak bu planlama senaryosuna ait doğrusal programlama modelini kurar ve bu özelliklere bağlı olarak tüm karar değişkenlerini belirler. Bu karar değişkenleri hangi bölmecığın hangi silvikültürel rejime tabi olacağı, kesim yaşının ne olduğu ve periyotlara göre yaş sınıfı, servet, müdahale türü, göğüs yüzeyi, artım, son hâsılat etası v.s. gibi durumlarının nasıl değişim gösterdiği görülebilmektedir (Şekil 64).

Servet				Göster				Bütün Karar Değişkenleri			
Yas	Mudahale_Turu	YasSinifi	Servet	1P1	2P1	3P1	4P1	5P1	6P1	Kes	Muda
0				0	0	0	0	0	0	-1	0.82
0				0	0	0	0	0	0	-1	2.24
73	2	0	140	120	114	108.3	102.88	97.740	92.853	1	12.593
73	2	0	160	664.1	120	114	108.3	102.88	97.740	2	0.3262
74	3	0	120	206	195.7	185.91	176.61	167.78	206	6	8.08
75	2	0	120	206	195.7	185.91	176.61	167.78	206	6	9.02
76	2	0	120	0	0	0	0	0	0	-1	2.14
78	2	0	120	0	0	0	0	0	0	-1	1.34
79	3	0	120	627.79	243.43	464.95	576.61	629.48	653.10	2	1.15
80	3	0	120	243.43	464.95	576.61	629.48	653.10	243.43	6	3.66
81	3	0	120	517.75	491.86	206	195.7	185.91	176.61	3	2.96
82	2	0	120	120	114	108.3	102.88	97.740	120	6	1.1
83	3	0	120	206	195.7	185.91	176.61	167.78	206	6	13.61
84	3	0	120	627.79	243.43	464.95	576.61	629.48	653.10	2	18.75
85	3	0	120	627.79	243.43	464.95	576.61	629.48	653.10	2	3.38
86	2	0	140	672.12	882.00	206	195.7	185.91	176.61	3	4.04
87	2	0	120	206	195.7	185.91	176.61	167.78	206	6	2.33
88	2	0	120	120	114	108.3	102.88	97.740	120	6	21.06
89	2	0	120	206	195.7	185.91	176.61	167.78	206	6	9.42
90	2	0	120	243.43	464.95	576.61	629.48	653.10	243.43	6	43.75

Şekil 64. Karar değişkenleri tasarımı ve bölmeciklere ait katsayılar

*ETÇAPOptimizasyon* modelinde optimizasyonu çalıştırdığımızda öncelikle planlama senaryosuna ilişkin doğrusal programlama modeli görülmektedir. *ETÇAPOptimizasyon* yazılımı bu modeli otomatik olarak kurmaktadır. Optimizasyon modellerinin amaç fonksiyonu ürün miktarı, kısıtlayıcı koşullar ve hesap değişkenlerine ait denklem yapısı aşağıda verilmiştir

Odun Üretimini eniyileyen amaç fonksiyonu denklemi

$$Z_{max} = \sum_{i=1}^m \left( \sum_{j=1}^n a_{ij} x_{ij} \right)$$

Su üretimini eniyileyen amaç fonksiyonu denklemi

$$Z_{max} = \sum_{i=1}^m \left( \sum_{j=1}^n b_{ij} x_{ij} \right)$$

Karbon birikimini eniyileyen amaç fonksiyon denklemi

$$Z_{max} = \sum_{i=1}^m \left( \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \right)$$

Periyotlar itibariyle eta denklemi

$$\sum_{i=1}^n \left( \sum_{j=1}^n a_{ij} x_{ij} \right) = ETA_j$$

Alan kontrol kısıtı (Optimal periyodik alan kısıtı)

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij} = OPA_j$$

Periyotlar arası eta akışı kısıtı denklemi

$$(1-y)ETA_j - ETA_{j+1} \leq 0$$

$$(1+y)ETA_j - ETA_{j+1} \geq 0$$

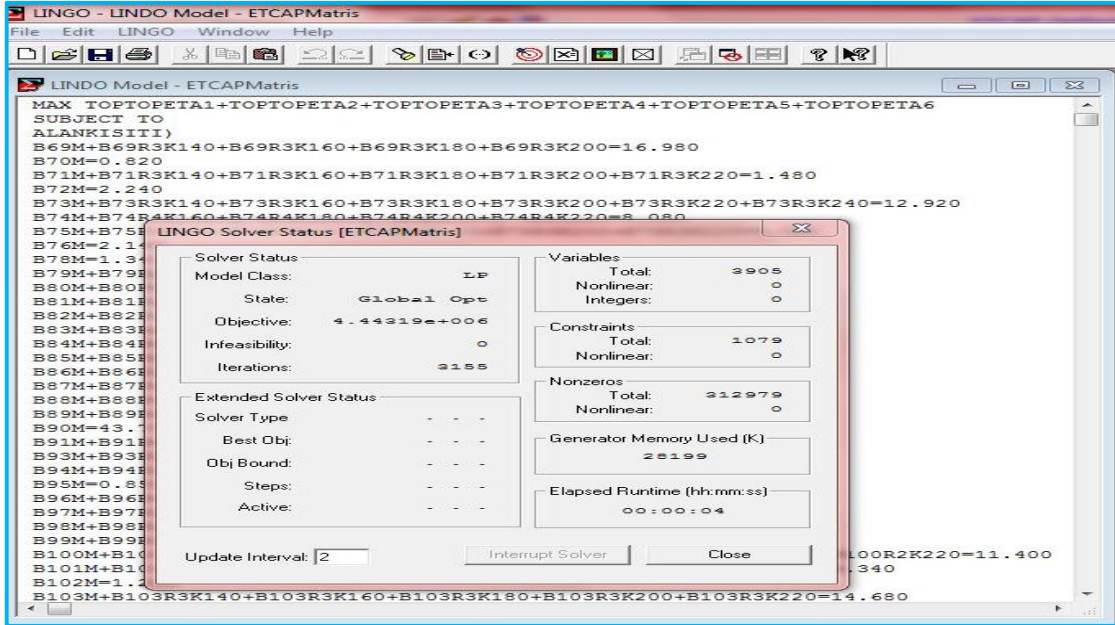
Son servet denklemi (Son servetin başlangıç servetinden büyük olması)

$$\sum_{i=1}^n \left( \sum_{j=1}^n a_{ijh} x_{ij} \right) \geq E$$

Burada,  $X_{ij}$ :  $j$ . periyotta üretime tabi tutulan  $i$ . meşcerenin alanı (ha),  $a_{ij}$ :  $j$ . periyotta  $i$ . yaş sınıfının hektardaki serveti ( $m^3/ha$ ),  $b_{ij}$ :  $j$ . periyotta  $i$ . meşceresinin hektardaki su üretim miktarı (ton/ha),  $c_{ij}$ :  $j$ . periyotta  $i$ . meşceresinin hektardaki karbon birikim değeri (ton/ha),  $ETA_j$ :  $j$ . periyotta hasat edilen toplam odun üretimi miktarı ( $m^3$ ),  $m$ : Yaş sınıfları sayısı,  $n$ : Periyot sayısı,  $y$ : periyotlar arasında alan ya da etada müsaade edilen değişim oranı %10,  $T_i$ :  $i$ . Yaş sınıfı alanı (ha),  $E$ : Başlangıç serveti,  $a_{ijh}$ : Planlama yörüngesi sonundaki hektardaki servet ( $m^3/ha$ ),  $h$ : planlama yörüngesi sonundaki yaş,  $OPA_j$ :  $j$ . Periyottaki optimal periyodik alanı göstermektedir.



Model yapısı yukarıdaki gibi olan optimizasyon yazılımı modeli otomatik olarak kurup LINDO programına aktarmakta ve model bu program tarafından simplex yöntemi ile çözülmektedir (Şekil 65). Eğer oluşturulan modele ait optimal çözüm varsa LINDO programı bu çözüme ait sonuçları göstermektedir (Şekil 66).



Şekil 65. Planlama senaryosuna ait doğrusal programlama modelinin LINDO programındaki görüntüsü

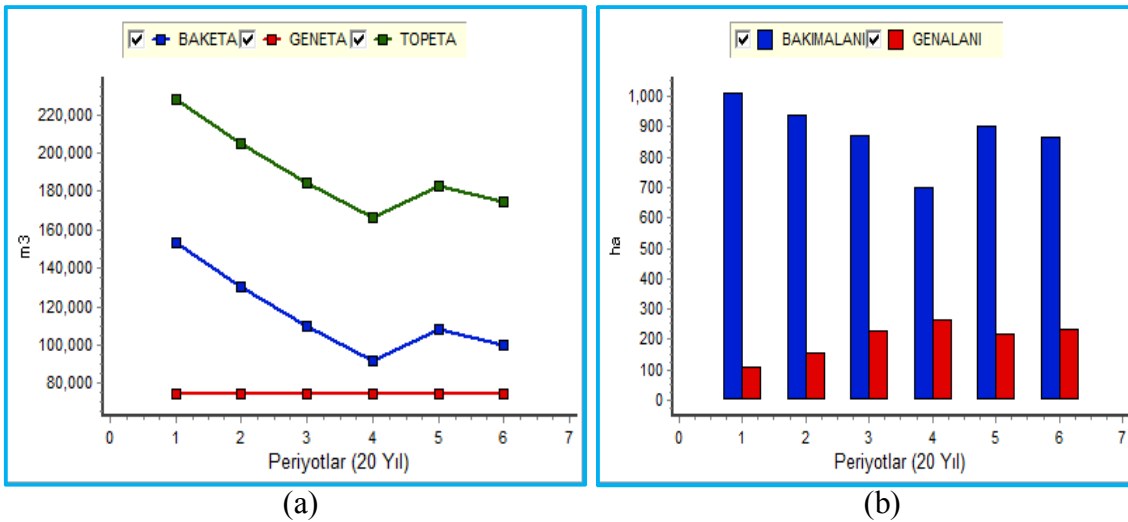
```
Global optimal solution found.
Objective value:                1141103.
Total solver iterations:        566
```

Variable	Value	Reduced Cost
TOPTOPETA1	227891.2	0.000000
TOPTOPETA2	205129.4	0.000000
TOPTOPETA3	184616.4	0.000000
TOPTOPETA4	166154.8	0.1110223E-14
TOPTOPETA5	182770.3	0.000000
TOPTOPETA6	174541.2	0.000000
B69M	16.98000	0.000000
B69R2K120	0.000000	1106.670
B69R2K140	0.000000	929.4004
B69R2K160	0.000000	771.9801
B69R2K180	0.000000	830.8071
B69R2K200	0.000000	3306.029
B70M	0.000000	0.000000
B70R2K120	0.820000	0.000000
B71M	1.480000	0.000000
B71R2K120	0.000000	34.42762
B71R2K140	0.000000	1785.394
B71R2K160	0.000000	1446.185
B71R2K180	0.000000	1107.061

Şekil 66. LINDO programı çözüm sonuçları penceresi

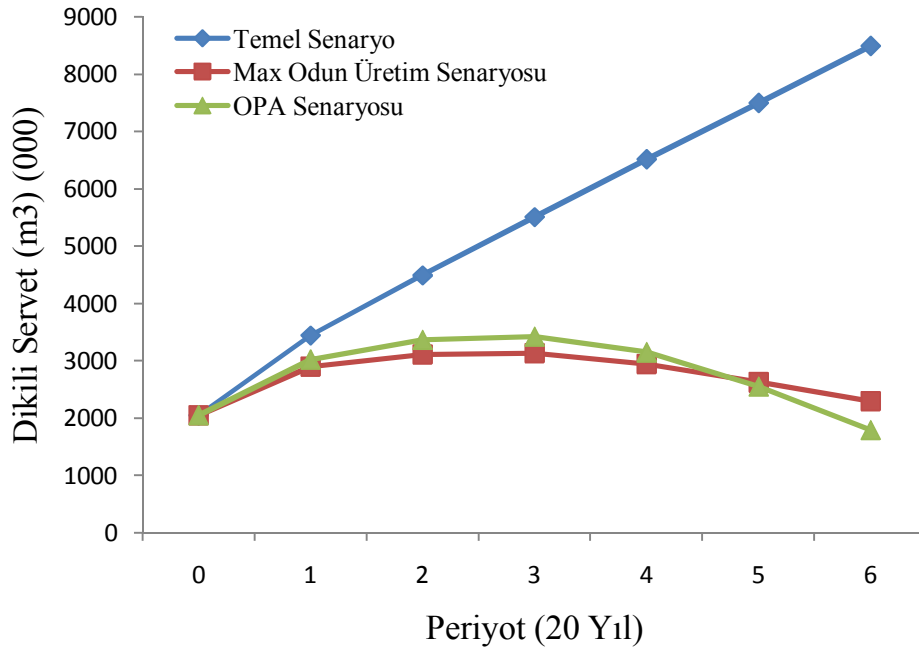
*ETÇAPOptimizasyon* modelinde orman amenajman problemine ilişkin model çözüldükten sonra uygun çözüm olması durumunda elde edilen tüm çıktılar kullanıcı tarafından grafik ve tablolar halinde izlenebilmekte ve değerlendirilmesi yapılabilmektedir.

İlgili planlama senaryosundan planlama süresi boyunca elde edilen sonuçlar incelendiğinde, ilk periyotta planlama biriminden alınması tahmin edilen toplam gençleştirme etası miktarına her periyotta ulaşılmıştır. Toplam eta miktarında da bazı farklılıklar olmakla beraber *ETÇAPKlasik* planlama yazılımından elde edilen eta miktarlarına yakın etalar elde edilmiştir. Elde edilen eta miktarlarına bakıldığında ilk periyotta toplam eta 227 000 m<sup>3</sup> olarak gerçekleşmiştir. Bu toplam eta miktarının 153 000 m<sup>3</sup>'ü bakım etası 74 600 m<sup>3</sup>'ü ise gençleştirme etası olarak dağılım göstermiştir (Şekil 67a). Gençleştirme etası her bir periyotta eşit iken bakım etası ise 90 000 m<sup>3</sup> ile ilk periyotta elde edilen 153 000 m<sup>3</sup> arasında değişmektedir. Etaların elde edildiği alanların dağılımına bakılırsa, her bir periyotta 800 hektardan fazla bir alanın bakıma konu edildiği ve 110 ha ile 250 ha arasında değişen alan da gençleştirmeye konu edilmiştir (Şekil 67b). Klasik planda elde edilen etalara yakın etalar verilmiş fakat burada klasik planda 168 ha alandan elde edilen eta miktarına optimizasyon yazılımı ile 110 ha alandan ulaşılabilmektedir. Burada optimizasyon modelinin en uygun meşcereleri gençleştirmeye alması bunun en önemli nedenlerinden biridir. İlerleyen periyotlarda ise servet bakımından daha düşük meşcereler kaldığından dolayı optimizasyon modelinin bu etaları elde edebildiği alan miktarı da artmıştır.



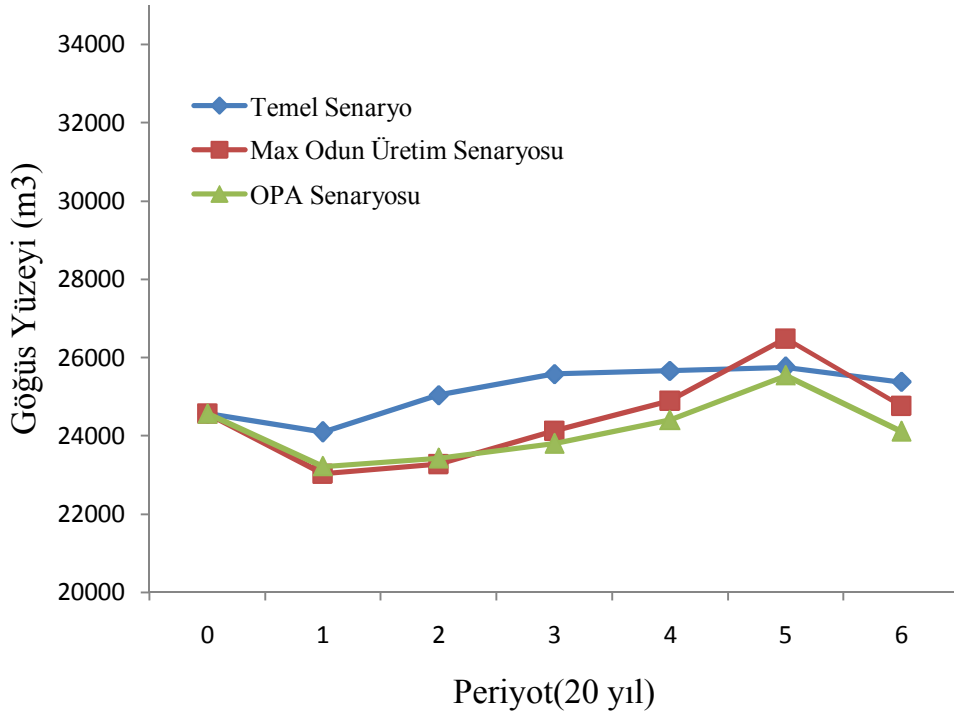
Şekil 67. Temel planlama senaryosu a) etaların b) etaların elde edildiği alanların periyotlara göre dağılımı

Temel planlama senaryosu kapsamında ormanın dinamik yapısının zamana bağlı olarak değişimini gösterebilmek amacıyla dikili servet, göğüs yüzeyi, planlama yörüngesi sonundaki yaş sınıfları dağılımını incelemek gerekir. Planlama senaryosunda elde edilen etanın düşük olması, artımın devam ediyor olması ve müdahale edilmeyen alanların servetteki artışının devam etmesinden dolayı dikili servet miktarı doğrusal olarak bir artış göstermektedir (Şekil 68). Başlangıçta yaklaşık 3 milyon m<sup>3</sup> olan dikili servet miktarı planlama yörüngesi sonunda 8 milyon m<sup>3</sup>'ü geçmiştir. Bu da ne kadar servet birikmesinin olduğunu göstermektedir. Diğer senaryolara göre çok büyük bir servet artışı mevcuttur.

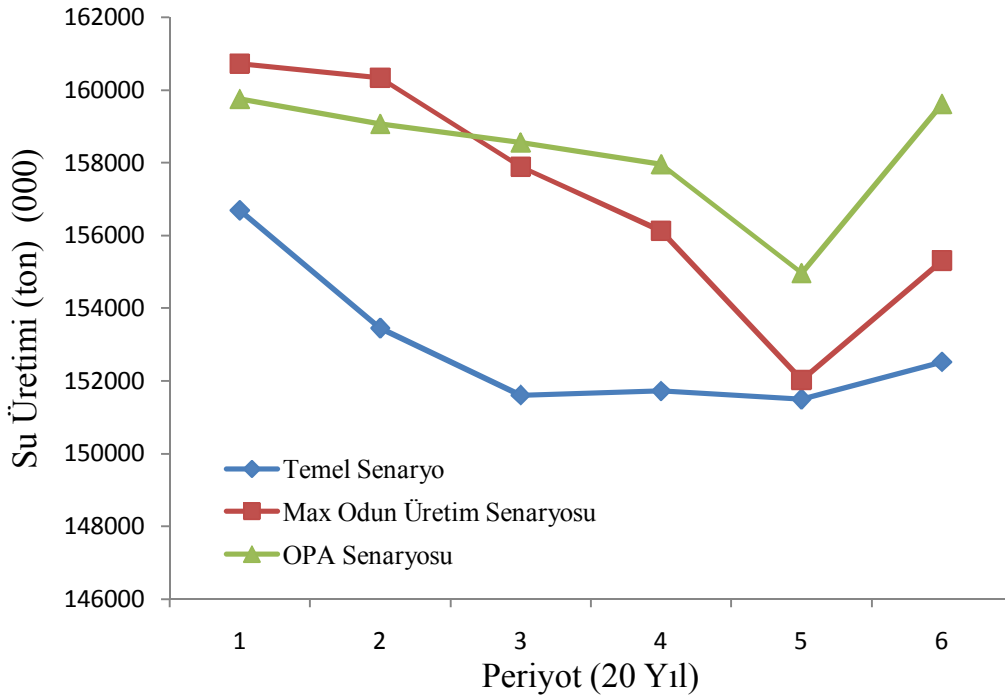


Şekil 68. Tüm senaryolarda dikili servet miktarının zamana bağlı değişimi

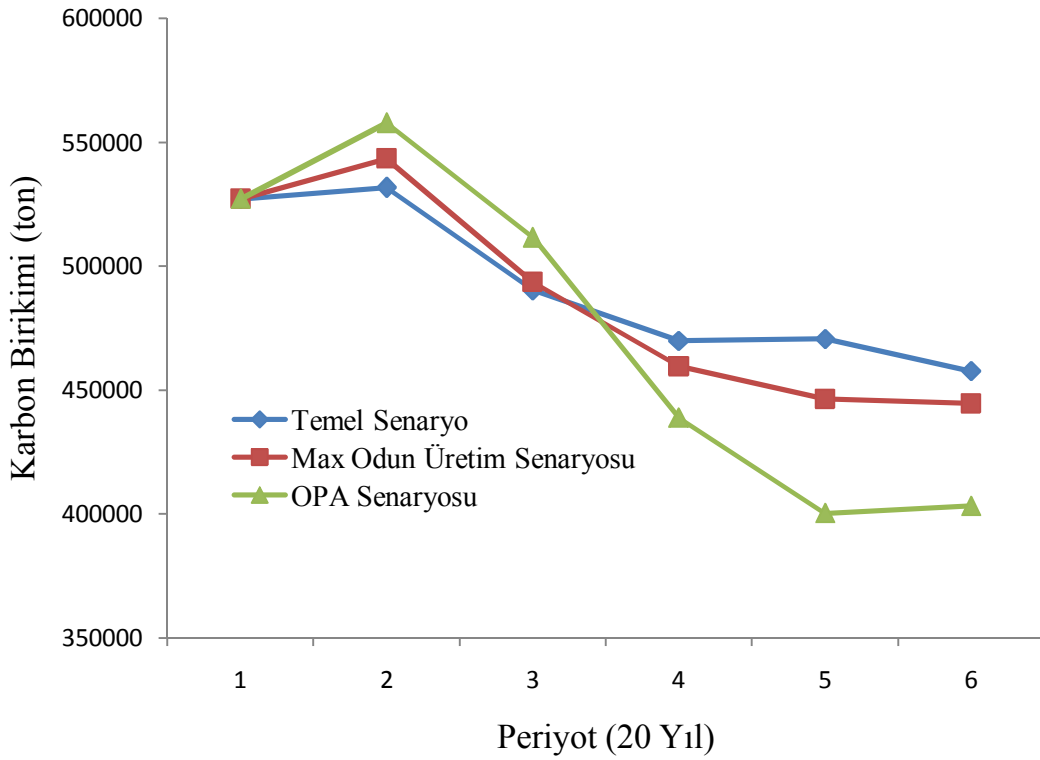
Planlama senaryosu boyunca göğüs yüzeyindeki değişime bakıldığında da dikili servete paralel olarak bir artış göstermektedir (Şekil 69). Aynı şekilde planlama biriminde göğüs yüzeyi ile su üretimi arasındaki ters orantılı ilişkiyi yansıtabilecek şekilde su üretiminde göğüs yüzeyindeki artışa paralel olarak bir azalmanın meydana geldiği görülmektedir (Şekil 70). Karbon birikim değerleri ilk periyotta karbon emisyonunun düşük olması ve hacim artımının fazla olması sebebiyle küçük bir artış göstermekte ve daha sonraki periyotlarda ise emisyonun artmasıyla karbon birikim değerleri azalma göstermiştir (Şekil 71).



Şekil 69. Tüm senaryolara göre göğüs yüzeyinin periyotlara göre değişimi



Şekil 70. Tüm senaryolara göre su üretiminin tüm periyotlara göre değişimi



Şekil 71. Tüm senaryolara göre karbon birikim değerinin periyotlara göre dağılımı

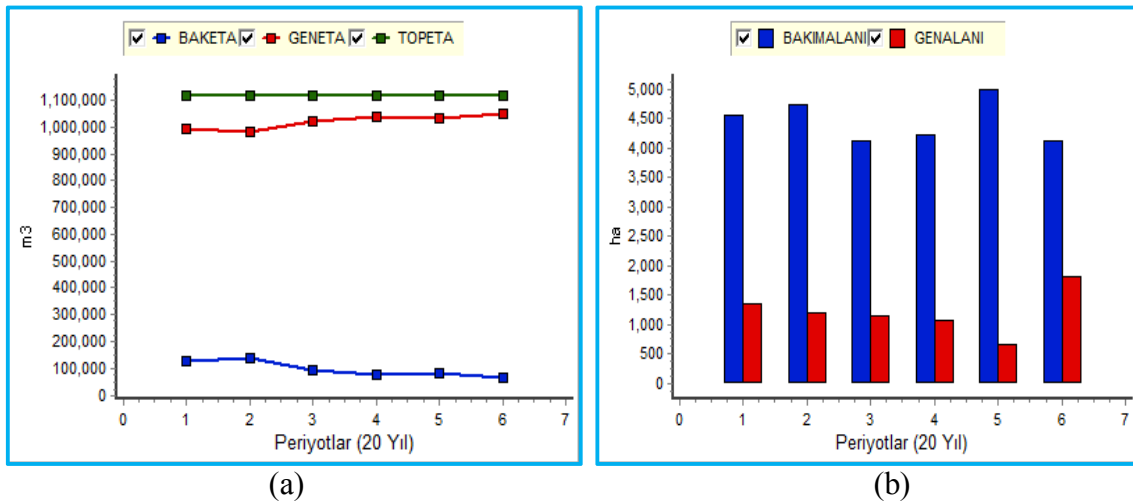
### 3.3.3.2. Maksimum Odun Üretim Senaryosu

Bu senaryo kapsamında *ETÇAPOptimizasyon* planlama yazılımıyla planlama biriminden maksimum odun üretiminin elde edilmesine yönelik bir planlama senaryosudur. Bu senaryonun belirlenen özellikleri kısaca şöyledir;

- İdare süresi 120 yıl, periyot uzunluğu ise 20 yıl olarak belirlenmiştir.
- Amaç fonksiyonu olarak “odun üretiminin eniyilenmesi” seçilmiştir.
- Silvikültürel müdahaleler işletme sınıfı bazında verilmiştir. Müdahale edilmeyen işletme sınıflarına silvikültürel müdahale öngörülmüştür.
- Gençleştirmeye alınmayan meşcerelere bakım öngörülmüştür. Bakıma konu olan meşcerenin yer aldığı işletme sınıfına göre servetin %5’i ile % 9’u arasında bakım etası alınması kararlaştırılmıştır.
- Meşcereler gençleştirildikten sonra yine aynı ağaç türü ve aynı bonitet ile devam edeceği varsayılmıştır.
- Eşit eta kontrol politikası tercih edilmiştir.
- Periyodik kısıt olarak herhangi bir kısıt öngörülmemiştir.

Bu şekilde gerekli düzenlemeler yapıldıktan sonra *ETÇAPOptimizasyon* modeli çalıştırılır ve sonuçlar tablo ve grafik olarak elde edilir.

Maksimum odun üretim senaryosu yukarıda belirlenen kısıtlayıcılar kapsamında optimizasyon modelindeki çözümünden sonra elde edilen sonuçlara bakıldığında, ilk periyotta 990 000 m<sup>3</sup> gençleştirme etası ile yaklaşık 130 000 m<sup>3</sup> bakım etası elde etmiştir. Diğer periyotlarda da bu etalara yakın bir seyir görülmüştür (Şekil 72a). Bu etalar elde edilirken gençleştirmeye konu alan miktarı ilk periyotta 1 357 ha iken, en düşük gençleştirme alanı 5. periyotta ve 680 ha olarak gerçekleşmiştir. Diğer periyotlarda ise 1100 ha’ın üzerinde alan gençleştirmeye konu edilmiştir. Ara hâsıllata konu edilmiş alanlara bakıldığında ise, tüm periyotlarda yaklaşık 4 500 ha civarında alan bakıma konu edilmiştir (Şekil 72b). Bu senaryoda üretim seyir politikası olarak eşit eta seçilmesi toplam eta miktarını düşürmüştür. Üretim seyir politikası olarak eşit eta yerine “kısıt yok” veya “belirli oranda değişen eta” olarak seçilmiş olması durumunda toplam eta miktarının arttığı görülmektedir. Planlama biriminden bu senaryo kapsamında bu eta miktarlarının elde edilmesi mümkündür. Fakat bu eta miktarlarının elde edilebilmesi için planlama biriminde tüm optimal şartların sağlanması gerekmektedir. Burada eta miktarları elde edilirken ormanın sürekliliği açısından üzerinde durulması gerekir.



Şekil 72. Maksimum odun üretim senaryosu a) etaların b) etaların elde edildiği alanların periyotlara göre dağılımı

Maksimum odun üretim senaryosu sonuçlarına göre elde edilen diğer çıktılara bakıldığında elde edilen etaların miktarının yüksek olması sebebiyle servet miktarı ilk periyotta bir artış göstermiş fakat ilerleyen periyotlarda da eta miktarlarının yüksek olması dikili servet miktarının giderek azalmasına sebep olmuştur (Şekil 68). Burada planlama birimindeki artım miktarı devam etmekte fakat gençleştirmeye konu edilen alanların çok

geniş alanları kapsamı ve artımdan fazla eta alınması dikili servet miktarının azalmasına neden olmaktadır. Göğüs yüzeyi değerlerinde ilk periyotta ve son periyotta bir düşüş görülmekte olup diğer periyotlarda ise fazla olmamakla birlikte bir artış göstermektedir (Şekil 69). Göğüs yüzeyi ile su üretimi arasındaki ilişkiden dolayı su üretimi göğüs yüzeyine paralel olarak ters orantılı bir ilişki göstermiştir (Şekil 70). Karbon birikim değerleri ise temel senaryo ve OPA senaryosuna benzer bir seyir izlemiştir. İlk periyotta karbon emisyonunun fazla olmaması nedeniyle karbon birikim değerlerinde küçük bir artış olurken sonraki periyotlarda emisyonun artmasıyla azalma görülmüştür (Şekil 71).

### 3.3.3.3. Optimal Periyodik Alan (OPA) Senaryosu

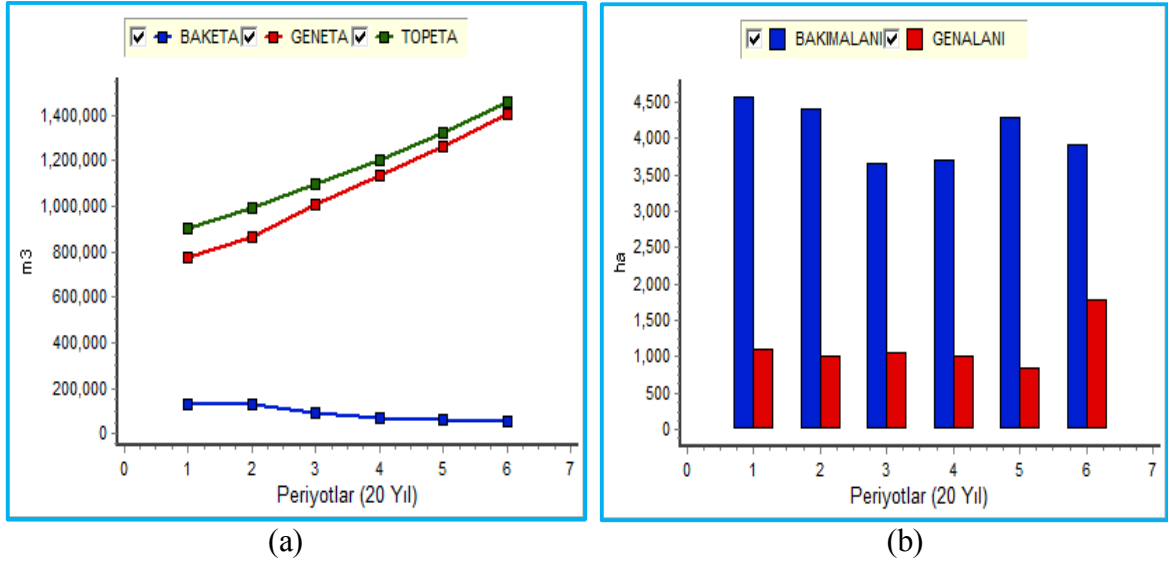
Bu senaryo kapsamında *ETÇAPSimülasyon* planlama yazılımında olduğu gibi endüstriyel odun üretimi işletme sınıfı olarak ayrılmış olan alanlar için optimal periyodik saha kadar alanın gençleştirmeye konu edilmesiyle elde edilecek sonuçlar belirlenmeye çalışılmıştır. Bu senaryonun belirlenen özellikleri şöyledir;

- İdare süresi 120 yıl, periyot uzunluğu ise 20 yıl olarak belirlenmiştir. Fakat burada her bir işletme sınıfı için, o işletme sınıfına ait idare süresi kullanılarak OPA'lar hesaplanmıştır.
- İdare süresi 120 yıl, periyot uzunluğu ise 20 yıl olarak belirlenmiştir.
- Amaç fonksiyonu olarak “odun üretiminin eniyilenmesi” seçilmiştir.
- Silvikültürel müdahaleler işletme sınıfı bazında verilmiştir. Müdahale edilmeyen işletme sınıflarına silvikültürel müdahale öngörülmemiştir.
- Gençleştirmeye alınmayan meşcerelere bakım öngörülmüştür ve bakıma konu meşcerenin bulunduğu işletme sınıfına göre servetinin %5'i ile % 9'u arasında bakım etası alınması kararlaştırılmıştır.
- Meşcereler gençleştirildikten sonra yine aynı ağaç türü ve aynı bonitet ile devam edeceği varsayılmıştır.
- Kısıt yok kontrol politikası tercih edilmiştir. Fakat OPA kadar alanın gençleştirilmesi kısıtı eklenmiştir.

Bu şekilde gerekli düzenlemeler yapıldıktan sonra *ETÇAPOptimizasyon* modeli çalıştırılır ve sonuçlar tablo ve grafik olarak elde edilir.

Optimal periyodik alan senaryosu yukarıda belirlenen kısıtlayıcılar kapsamında optimizasyon modelindeki çözümünden sonra elde edilen sonuçlara bakıldığında, ilk

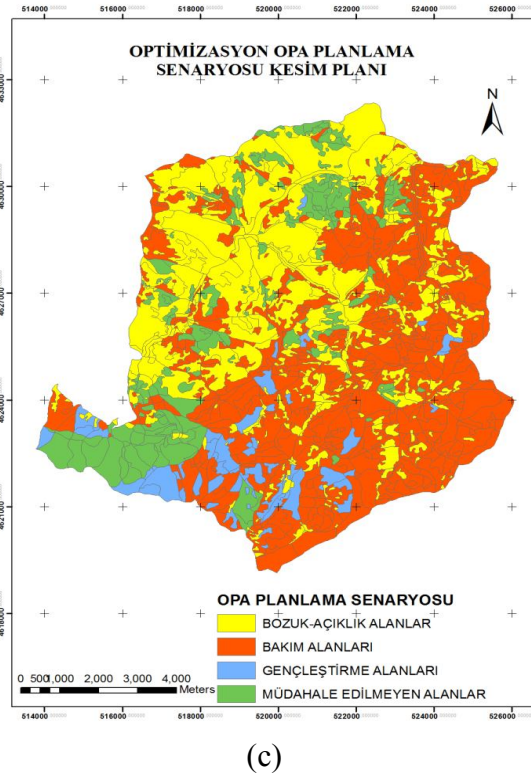
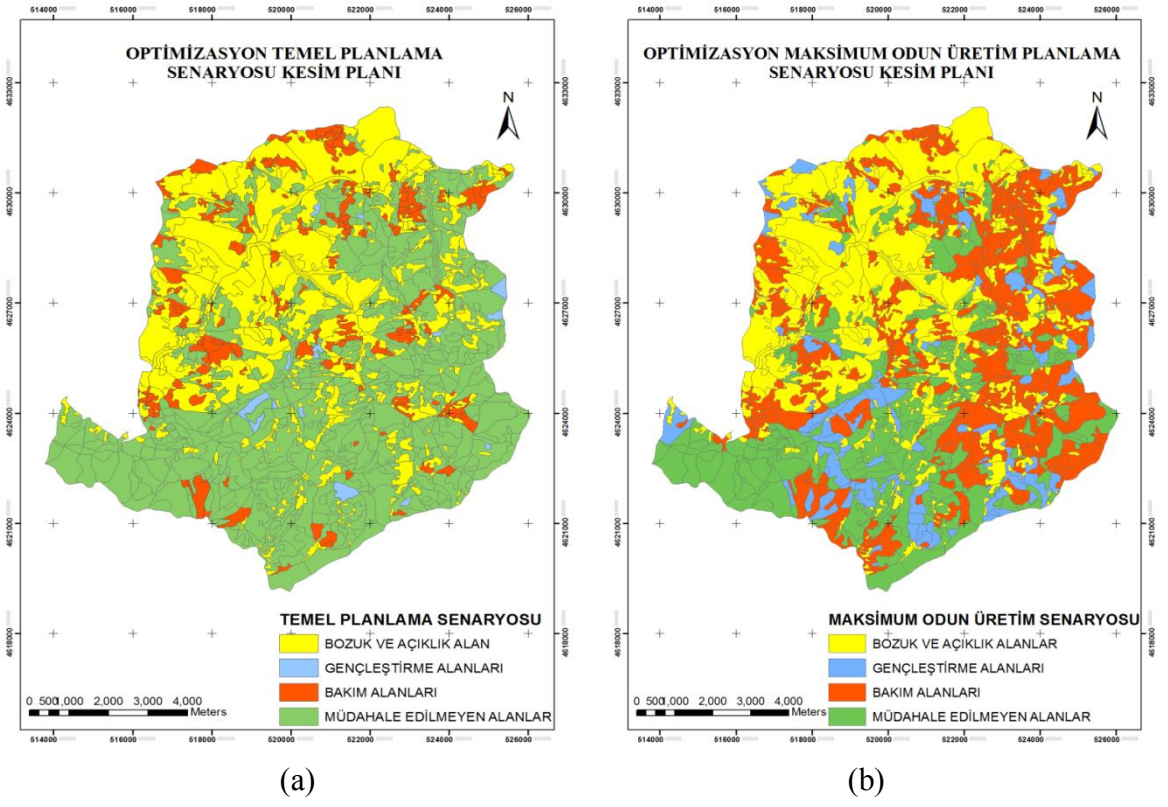
periyotta 905 000 m<sup>3</sup> eta elde edilmişken bu toplam etanın 775 000 m<sup>3</sup>'ü gençleştirme etası iken 130 000 m<sup>3</sup>'ü de bakım etası olarak elde edilmiştir (Şekil 73a). OPA planlama senaryosu kapsamında diğer periyotlarda gençleştirme etası sürekli artarken son periyotta 1 400 000 m<sup>3</sup>'e kadar gençleştirme etası alınmıştır. Bakım etasının ise gençleştirme etasının aksine düşüş gösterdiği ve miktar olarak da çok düşük miktarlarda kaldığı görülmektedir. Etaların elde edildiği alanlara bakıldığında ilk periyotta 1 100 ha ve diğer periyotlarda da genellikle 1000 hektarın üzerinde alanlar gençleştirmeye konu edilmiştir (Şekil 73b). Bu senaryo kapsamında değerlendirilen üretim işletme sınıflarının OPA toplamları da yaklaşık bu değere eşittir. Bu kapsamda her periyotta yaklaşık 1000 ha kadar alan gençleştirmeye konu edilmiştir. Bakıma konu edilen alanlara bakıldığında ise her periyotta yaklaşık 4000 ha civarında alanın bakıma konu edildiği görülmektedir.



Şekil 73. OPA planlama senaryosu a)etaların b) etaların elde edildiği alanların periyotlara göre dağılımı

Optimizasyon planlama yazılımı ile ilk periyotta gençleştirmeye ve bakıma konu edilen alanlara ait kesim planına bakıldığında simülasyon modelinde de olduğu gibi temel planlama senaryosunda gençleştirme ve bakıma konu edilen meşcerelerin sayısının diğer iki senaryoya oranla son derece düşük olduğu görülmektedir (Şekil 74). Bunun nedeni ise alınan eta değerlerinin temel planlama senaryosunda diğer senaryolara göre son derece düşük olmasından kaynaklanmaktadır.



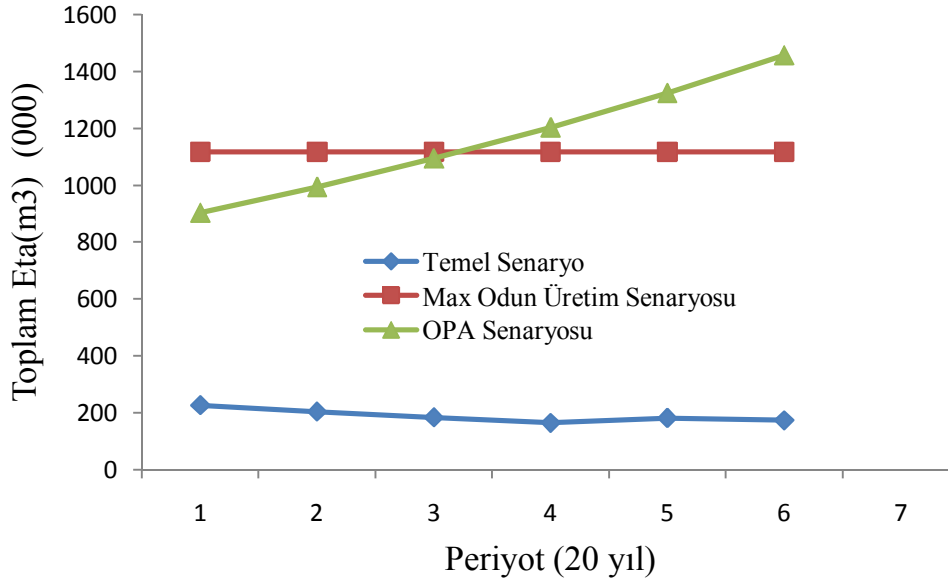


Şekil 74: Optimizasyon 1.periyot için model sonuçları: a)Temel senaryo b)Maksimum odun üretim senaryosu ve c)OPA planlama senaryosu kesim planı haritaları

OPA senaryosu kapsamında ormanın dinamik yapısındaki değişimlere bakıldığında, dikili servet miktarının ilk periyotta küçük bir artış gösterdiği sonrasında ise alınan eta miktarının her periyotta artarak devam etmesi ve planlama birimindeki artım miktarından fazla olmasından dolayı azalış gösterdiği görülmektedir (Şekil 68). Dikili servet miktarındaki değişim maksimum odun üretim senaryosuyla benzer bir durum izlemektedir. Göğüs yüzeyi de maksimum odun üretimi senaryosuna benzer bir değişim göstermiştir. İlk periyottaki düşüşün ardından küçük de olsa göğüs yüzeyinde artış olmuştur ve son periyotta yine düşüş eğilimine girmiştir (Şekil 69). Buradaki göğüs yüzeyinin artışını gençleştirilenin çok büyük alanları kapsamı, gençleştirilen alanların hâsılat tablosuna göre büyütülmesi ve buradaki ağaç sayısı miktarının çok fazla olmasından kaynaklanmaktadır. Su üretim miktarı her bir senaryoda olduğu gibi göğüs yüzeyi ile ters orantılı olarak değişim göstermektedir (Şekil 70). Karbon birikim değerleri ise her üç senaryoda da hemen hemen aynı değişimi göstermektedir (Şekil 71).

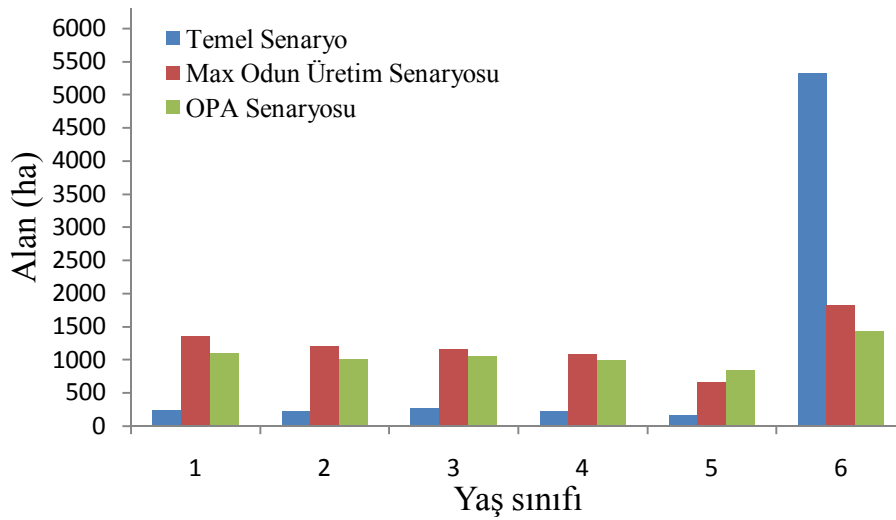
*ETÇAPOptimizasyon* yazılımında denenen bu üç senaryodan elde edilen sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde; dikili servet bakımından en fazla birikimin simülasyon modelinde de olduğu gibi temel senaryoda olduğu görülmektedir. Bunun nedeni de temel planlama senaryosunda alınan eta miktarlarının düşük, artımın ise fazla olmasıdır. Diğer iki senaryoda ise, servet artışı olmakla beraber, bir periyotta elde edilen eta miktarlarının artım miktarına yakın ve artım miktarının üzerinde olması dikili servet miktarını bu iki senaryoda düşürmüştür. Karbon birikim değerleri üç senaryoda da benzer bir değişim göstermiştir. Göğüs yüzeyi değerleri temel senaryoda daha üst seviyede iken diğer iki senaryoda benzer bir değişim göstermiştir. Su üretim değerleri ise göğüs yüzeyindeki dalgalanmalara paralel olarak ters orantılı bir eğilim göstermiştir.

Toplam eta bakımından üç senaryo incelendiğinde maksimum odun üretim senaryosunun ve OPA senaryosundan elde edilen eta miktarlarının temel senaryoya göre çok yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 75). Maksimum odun üretim senaryosunda eşit eta kontrol politikası seçildiğinden toplam eta miktarı her bir periyotta eşit ve  $1\ 117\ 407\ m^3$  olarak gerçekleşmiştir. OPA senaryosunda kısıt yok kontrol politikası uygulandığından ilk 3 periyotta maksimum odun üretimi senaryosundan düşük toplam eta miktarına sahipken sonraki periyotlarda daha yüksek toplam eta miktarları elde edilmiştir. Temel senaryo eta bakımından diğer iki senaryoya göre son derece düşük değerlere sahiptir.



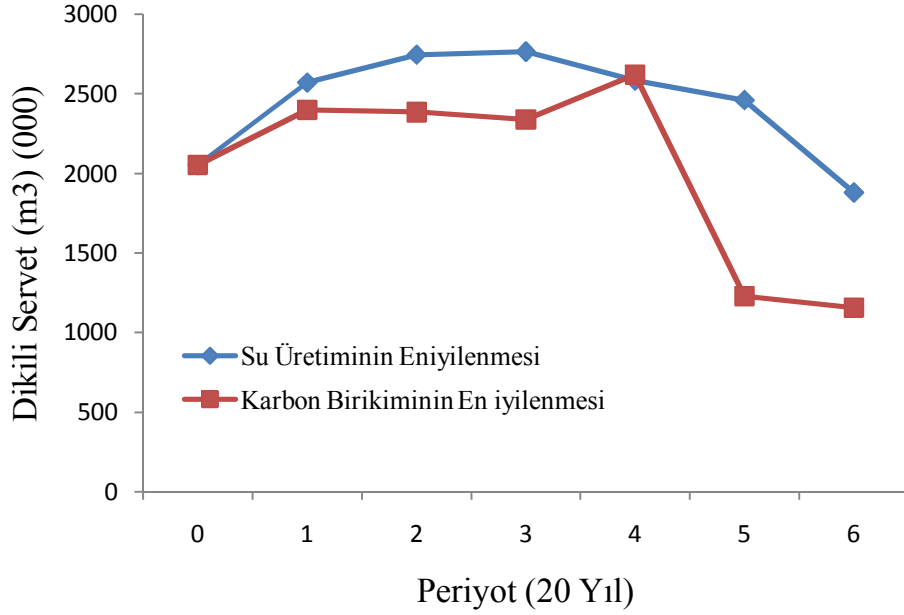
Şekil 75. Tüm senaryolara göre toplam eta miktarının periyotlara göre dağılımı

Her bir senaryonun optimizasyon modelindeki çözümüyle elde edilen değerler sürdürülebilirlik açısından değerlendirildiğinde, temel planlama senaryosunun planlama birimindeki olağan sorunlar dikkate alınarak planlandığı ve bu kapsamda model yazılımlarda da değerlendirildiği düşünülürse günümüz şartlarında planlama birimindeki olumsuzlukların aşılabileceği ve daha iyi bir planlamaya gidilebileceği anlaşılmaktadır. Maksimum odun üretim senaryosu ve OPA senaryosu ise planlama açısından daha uygun görünmekle birlikte bazı dezavantajları olduğu da görülmektedir. Bu dezavantajların başında dikili servet miktarının bu planlama senaryoları kapsamında azalmasıdır. Son periyot sonundaki yaş sınıfları dağılımına bakıldığında ise optimal ormana ulaşmada OPA ve maksimum odun üretim senaryosunun daha uygun olduğu görülmektedir (Şekil 76).

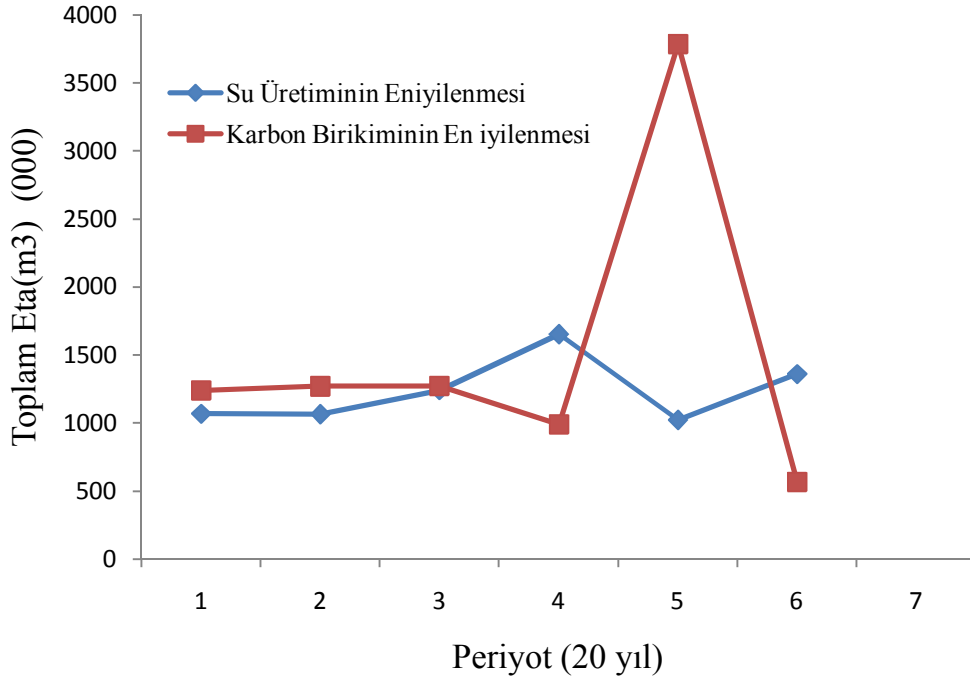


Şekil 76 Tüm senaryolara göre yaş sınıfları dağılımı

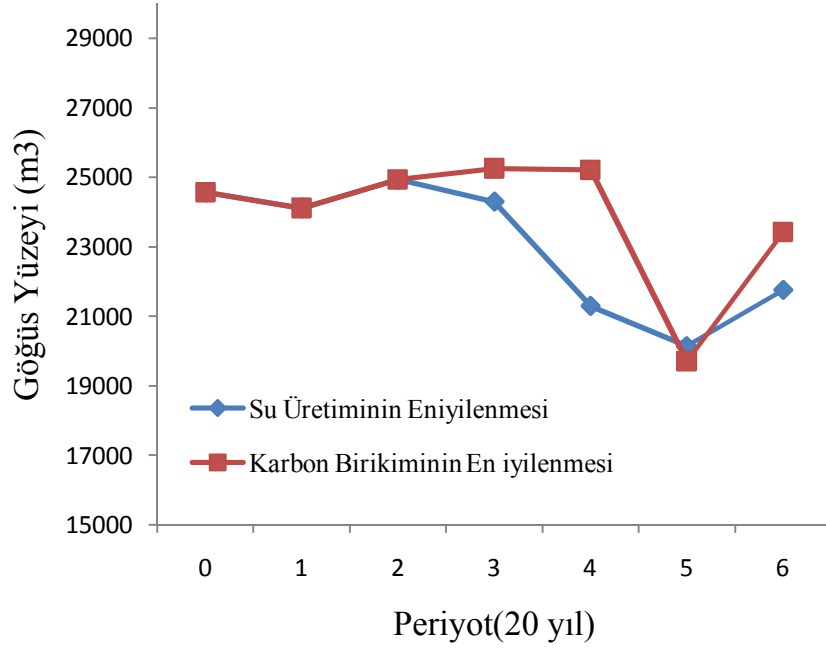
*ETÇAPOptimizasyonda* sonuçları değerlendirilen bu üç senaryonun yanında amaç fonksiyonu olarak planlama biriminde “su üretiminin eniyilenmesi” ve “karbon birikiminin eniyilenmesi” de denenmiştir ve elde edilen sonuçlar Şekil 77, 78, 79, 80 ve 81’de verilmiştir.



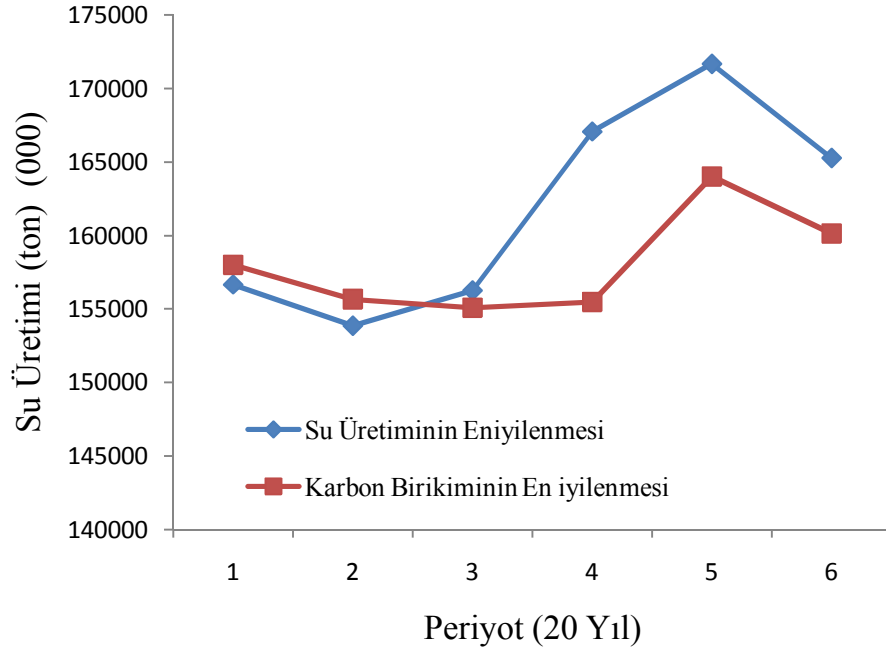
Şekil 77. Su üretim ve karbon birikim değerlerinin eniyilenmesi senaryoları dikili servet miktarının periyotlara göre değişimi



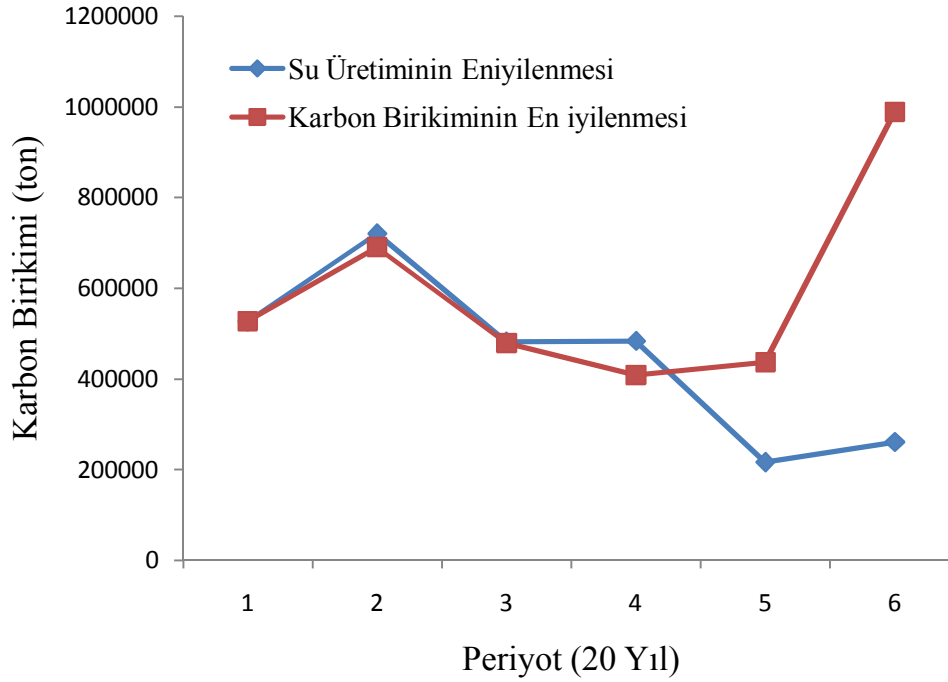
Şekil 78. Su üretim ve karbon birikim değerlerinin eniyilenmesi senaryoları toplam eta miktarının periyotlara göre değişimi



Şekil 79. Su üretim ve karbon birikim değerlerinin eniyilenmesi senaryoları göğüs yüzeyinin periyotlara göre değişimi



Şekil 80. Su üretim ve karbon birikim değerlerinin eniyilenmesi senaryoları su üretim miktarının periyotlara göre değişimi



Şekil 81. Su üretim ve karbon birikim değerlerinin eniyilenmesi senaryoları karbon birikim değerlerinin periyotlara göre değişimi

Tüm bu sonuçlara bakıldığında karbon birikim değerlerinin eniyilenmesi senaryosunda dikili servet miktarındaki düşüşün diğer senaryolara göre daha fazla olduğu görülmektedir. Karbon birikim senaryosunda karbon değeri maksimum olmuşken su üretim senaryosunda da su üretim miktarının maksimum olduğu görülmektedir. Bu da beklenen bir durumdur. Bu iki senaryoda da toplam eta miktarlarının OPA ve maksimum odun üretim senaryosuna yakın olduğu görülmektedir. Hatta grafikten de görüldüğü gibi 5. periyotta karbon birikiminin eniyilenmesi senaryosunda en yüksek toplam eta miktarının elde edildiği görülmektedir. Göğüs yüzeyi ve su üretim değerleri iki senaryoda da beklendiği gibi ters orantılı bir durum göstermişlerdir.

*ETÇAPOptimizasyon* kapsamında değerlendirilen üç ana senaryo ile su üretim ve karbon birikiminin eniyilenmesi senaryolarından elde edilen amaç fonksiyonları incelendiğinde, maksimum odun üretim senaryosunda elde edilen amaç fonksiyon değerinin en yüksek ve temel planlama senaryosundan elde edilen amaç fonksiyonu değerinin diğer senaryolara oranla düşük olduğu görülmektedir (Tablo 6).

Tablo 6. Tüm senaryolara göre amaç fonksiyon değerleri (toplam eta / karbon / su miktarı)

Senaryo Adı	Amaç Fonksiyon Değeri
Temel planlama senaryosu	1 141 103 m <sup>3</sup>
Maksimum odun üretim senaryosu	7 229 116 m <sup>3</sup>
Optimal periyodik alan senaryosu	6 983 478 m <sup>3</sup>
Karbon birikiminin eniyilenmesi	3 530 954 ton
Su üretiminin eniyilenmesi	0,9719611E+09 ton

Tablo 6’da ilk üç senaryoya göre planlama yörüngesi boyunca elde edilebilecek eta miktarları (m<sup>3</sup>) gösterilmiştir. Karbon birikim ve su üretim senaryolarında ise, planlama yörüngesi boyunca tutulacak toplam karbon miktarı ile elde edilecek su miktarı (ton) gösterilmiştir. Amaç fonksiyon değerlerinden de anlaşıldığı gibi, maksimum odun üretim senaryosunda elde edilen eta miktarını eniyileyen modelin çözümü sonucu en yüksek miktarda toplam eta elde edilmiştir. OPA senaryosunda da optimal periyodik alanlar kadar alanın her periyotta gençleştirmeye konu edilmesiyle elde edilecek odun üretimi miktarının eniyilenmesi amaçlanmış ve bu amaca yönelik modelin çözülmesiyle de maksimum odun üretim senaryosuna yakın amaç fonksiyon değeri elde edilmiştir. Temel planlama senaryosu ise *ETÇAPKlasik* planlama yazılımıyla elde edilen etalara yakın değerleri veren modelin çözümü sonucunda elde edilen amaç fonksiyonu değerinin diğer senaryolara göre çok düşük olduğu görülmektedir.

Planlama yörüngesi boyunca optimizasyon ve simülasyon planlama yazılımlarından elde edilen sonuçlar topluca incelendiğinde; uygulamada olan mevcut planlama yaklaşımının kısa sürede masaya yatırılarak ülke ormancılık politikaları, işletme amaçları ve toplumun orman ekosistemlerden beklentileri doğrultusunda değerlendirilmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır. Planlama birimlerindeki sorunların bertaraf edildiği düşünüldüğünde, işletmelerin üretkenliğini son derece artıracak olan bu planlama yazılımlarının ülke ekonomisine de bir hayli katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Ülkemizdeki son yıllarda 8 milyon ton endüstriyel odun üretiminin olduğu, fakat odun tüketiminin ise 12 milyon ton olduğu araştırmalarla ortaya konulmuştur. Bu 4 milyon ton endüstriyel odun açığı dikkate alındığında, bu açığı kapatmak için orman kaynaklarının modelleme ile planlanması ve rasyonel işletmeciliğinin ne derece önemli olduğu ortaya çıkmaktadır. Hatta orman kaynaklarının modelleme ile planlanması diğer ülkelerden ithal yoluyla kapatılmaya

çalışılan odun hammaddesi ihtiyacı orman işletmelerimiz tarafından karşılanabilecek duruma gelecektir. Üstelik günümüzde değerlendirmeye alınmayan ormanlarımızın su üretimine ve karbon birikimine katkısı hesaplanabilecek ve maddi olarak odun üretiminin yanında gelir getirici duruma gelecektir. Bu çalışma kapsamında hesaplanmayan birçok orman fonksiyonu da bu planlama yazılımlarıyla hesaplanabilecek ve orman işletmelerinin daha verimli çalışmasını tetikleyebilecektir. Ayrıca planlama birimine ait tüm veriler uzun vadeli kestirim yoluyla sonraki yıllara göre de elde edilebilecek ve yıllar arasında kıyaslama yapma olanağı oluşacaktır. Kullanıcı, orman ekosisteminin yıllara göre değişimini izleyebilecek ve buna göre de daha isabetli değerlendirmeler yapabilecektir.

Bu planlama yazılımları kullanılarak çok amaçlı bir orman amenajman planlamasının gerçekleştirilebilmesi için yazılımların çalıştırılması aşamasında da bahsedildiği gibi, gerekli verilerin doğru bir şekilde programlara girilmesi ve gerekli ayarlamaların yapılması gerekmektedir. Orman amenajman planlarının doğru, eksiksiz ve bilimsel kriterlere göre hazırlanması için plan yapım aşamasında kullanılacak verilerin güvenli, yeterli ve detaylı olması gerekmektedir. Özellikle uzun vadeli planlamaların temeli büyüme ve artım modellerine (projeksiyonlarına) bağlı olduğundan, meşcere büyüme modellerinin gerçek büyüme ve artımı doğru yansıtabilecek düzeyde olması gerekmektedir. Planlama model sonuçlarının büyüme ve artım modellerinin doğruluğu ile orantılı olarak değerlendirilmeleri gerekmektedir.

Klasik planlama anlayışıyla planlanan ormanların, simülasyon ve optimizasyon yazılımları kullanılarak teknik ve bilimsel açıdan çok daha kaliteli planlamasının yapılabileceği görülmektedir. *ETÇAPOptimizasyon* ve *ETÇAPSimülasyon* modellerinden elde edilen sonuçlar toplam eta bakımından değerlendirildiğinde, *ETÇAPOptimizasyon* modelinin çok daha iyi sonuç verdiği görülmektedir. Burada toplam eta bakımından optimizasyon modelinin iyi sonuç vermesinin yanında, eta miktarının yüksek olmasına paralel olarak ormandaki dikili servet miktarının azalması dezavantaj olarak görülebilmektedir. Optimizasyon modelinde dikili servette azalma olmasına rağmen yaş sınıfları dağılımı incelendiğinde de ormanın sürdürülebilir olduğu anlaşılmaktadır. İlave bir planlama yörüngesi boyunca daha planlama modelleri koşturulduğunda alınacak toplam etalarda düşüş olabilecektir, fakat her periyotta yaş sınıfları dağılımının eşit olması eşit alan ve eşit eta politikasını düzenli bir hale getirecektir. Bu durum da planlama biriminin optimale ulaştığını göstermektedir. Planlama yazılımlarında ayrıca hesaplanan karbon birikim ve su üretim değerleri açısından da *ETÇAPOptimizasyon* yazılımının daha yüksek



sonuçlar verdiği ve bizlere en iyi planlama yaklaşımını sunduğu görülmektedir. Aynı zamanda bu planlama yaklaşımının uygulanabilir olması da önemlidir. Uygulanabilirliği sağlayabilmek için de planlama biriminde optimuma yakın Şartların olması ve teknik yönden yaşanan sıkıntıların da aşılması gerekmektedir. Yoksa uygulanabilir olmayan bir planlama yaklaşımının hiçbir anlamı yoktur. Günümüz Şartlarında planlama birimlerinde yaşanan sıkıntıların aşılabileceği dşnlmektedir. Tüm bu Őartlar birlikte değerlendirildiğinde yazılımlardan elde edilen planlama yaklaşımlarının uygulanabilirliğinin sağlanabileceği görülmektedir. Optimizasyon modelinde olduğu gibi simülasyon modelinde elde edilen sonuçlar da sürdürülebilirliğe sahiptir. Fakat simülasyon model yazılımı optimizasyon modeli gibi optimum zm garantileyememektedir. Optimizasyon modeli optimal zm bizlere sunarken, simülasyon modeli tek başına optimal bir zm üretememektedir. Ancak daha geniş, daha anlaşılabilir ve izlenebilir alternatif zm yollarını sunabilmektedir. Simülasyon modeli farklı koşullar altında planlama biriminin nasıl bir tepki göstereceğini ya da nasıl sonuçlar vereceğini göstermektedir. Optimizasyon modeli ise farklı koşullar altında en iyi zm ve o zme ait sonuçları sunmaktadır. Tüm bu nedenlerden dolayı *ETçAPOptimizasyon* yazılımı ile en iyi planlamanın yapılabilceği görülmektedir.

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Toplumlardaki gelişmeler paralelinde, o toplumlarda yaşayan halkın da sürekli olarak orman ekosisteminden arzuladığı ürün ve hizmetler gelişmekte ve farklılıklar göstermektedir. Bu arzulanan ürün ve hizmetleri en iyi şekilde karşılamaya çalışırken orman ekosistemine de en az düzeyde zarar verecek ve ormanın sürdürülebilirliğini tehlikeye düşürmeyecek bir planlamanın yapılması gerekmektedir. Bu tür bir planlama yaklaşımını en iyi şekilde oluşturabilmek için de planlama modellerine ihtiyaç duyulmaktadır. Günümüzde hazırlanmakta olan amenajman planlarında faydalanma tekniği olarak tek periyodu esas alan yaş-çap sınıfları metodu odaklı planlama yaklaşımı kullanılmaktadır. Bu planlama yaklaşımı orman fonksiyonlarını dikkate almasına rağmen kararların alınmasında akıllı teknikler kullanılmadığından en iyi planlama yaklaşımı elde edilemez. Planlama birimi için en iyi planlama yaklaşımının yapılabilmesi için de planlama model yaklaşımlarından faydalanılmaktadır. Dünya ormancılığında planlama bileşeni konusundaki gelişmeler dikkate alındığında simülasyon, optimizasyon gibi bilimsel karar verme tekniklerinin sıkça kullanıldığı görülmektedir. Bu planlama tekniklerinin kullanılmaya başlanmasındaki en büyük neden, orman ekosistemlerinin planlanmasında odun üretiminin yanı sıra su kalitesi, toprak koruma, karbon depolama, rekreasyon, biyolojik çeşitlilik gibi ekonomik, ekolojik ve sosyo-kültürel amaçların sıkça ön plana çıkmasından ve planlamanın gittikçe daha karmaşık bir hal almasından kaynaklanmaktadır.

Bu çalışma kapsamında daha önceden prototipi geliştirilmiş olan planlama yazılımlarından (*ETÇAPKlasik*, *ETÇAPOptimizasyon* ve *ETÇAPSimülasyon*) faydalanılarak Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü, Cide Orman İşletme Müdürlüğü, Kızılcasu Orman İşletme Şefliği'nin amenajman planı pilot çalışma olarak hazırlanmaya çalışılmıştır. CBS ortamında üretilen alana ait konumsal veriler (grafik-harita ve öznitelik) kullanılarak bu yazılımlar için veri altlığı oluşturulmuş ve yazılımların doğru çalışabilmesi için gerekli olan diğer veriler de (hâsılat tabloları, odun ürün çeşitleri tablosu, ekonomik veriler v.s.) temin edilmiştir. Buna göre, *ETÇAPKlasik* planlama yaklaşımı günümüzde uygulanmakta olan ETÇAP yaklaşımı baz alınarak coğrafi bilgi sistemleri destekli amenajman planlarının yapımında kullanılabilir ve uygulamaya birçok katkı sağlayacaktır. Bu bağlamda planlama birimi için öncelikle *ETÇAPKlasik* planlama yazılımı kullanılarak klasik anlamda planlama yapılmıştır. Daha sonra *ETÇAPSimülasyon* ve *ETÇAPOptimizasyon* model yazılımları ile aynı planlama biriminin bir planlama

yörüngesi boyunca belirlenen işletme amacına göre değişik senaryolar denenmiştir. Kızılca su planlama birimi için klasik planlama sonuçları ile simülasyon ve optimizasyon yazılımlarından elde edilen planlama sonuçları karşılaştırılmış ve sonuçlar uygulanabilirlik açısından değerlendirilmiştir. *ETÇAPKlasik* planlama yaklaşımına göre planlama biriminde yaşanan teknik ve sosyal sorunlar nedeniyle gençleştirmeye ayrılacak sahalar artırılmamıştır. Bir planlama döneminde gençleştirmeye ayrılacak alanın optimal periyodik alana yakın olması, ormanın optima yaklaşması için istenen bir durumdur. Fakat planlama birimindeki teknik nedenlerden dolayı geçmiş planlama döneminde verilmiş olan gençleştirme alanlarının halen tamamlanamamış olması optimal periyodik alanın yaklaşık yarısı kadarının ancak gençleştirmeye konu edilmesine neden olmuştur. Bu bağlamda *ETÇAPSimülasyon* ve *ETÇAPOptimizasyon*'dan elde edilen yüksek miktardaki etalar tüm bu teknik sorunların aşılması durumunda ancak mümkün olabilecektir. Günümüz şartlarında bu teknik sorunların aşılabilmesi için bir neden yoktur. Fakat sosyal yapı ile ilgili olarak çalışmaların artırılması ve bu yönde çalışmalara ağırlık verilmesi gerekmektedir. Planlama yazılımları ile ormandan elde edilecek etanın yanı sıra su üretimi, karbon birikimi, oksijen üretimi gibi ormanın sunmuş olduğu diğer ürün ve hizmetler de hesaplanabilmektedir.

Yapılan bu çalışmanın hem bilime hem de uygulamaya bir dizi katkılar sağladığı düşünülmektedir. Bunları aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür.

- Karmaşık ve doğaya açık bir sistem olan orman ekosistemi dinamiklerinin, geliştirilen model yazılımlarla uzun vadeli kestirimi yapılmış ve gerçek bir planlama biriminde de denenmiştir. Planlama modelleri ile bir taraftan ormanın uzun vadeli sürdürülebilirliği garantilenirken öte yandan ormandan en yüksek oranda ürün elde edilmiş ve hizmet faydalanması sağlanmıştır.
- Planlama biriminin işletilmesine yönelik en iyi kararın verilmesi için değişik planlama senaryoları geliştirilmiş, sonuçlar karşılaştırılarak orman dinamiğinin zamana bağlı değişimi kavranmış ve işletme amacına uygun olarak uygulanabilir bir senaryonun seçimi sağlanmıştır.
- Planlama birimlerinde teknik anlamda yaşanan sorunların giderilmesi durumunda modelleme çalışmaları ile ormanlardan yararlanmanın yüksek oranda artırılacağı görülmüştür.

- Orman ekosistemlerinin tüm değerlerini dikkate alan ve uzun vadeli kestirimlerini yapan modelleme çalışmaları ile plan süresi dolan amenajman planları zamanında yenilenebilecektir.
- Ülkemizdeki endüstriyel odun açığını azaltacak ve orman ekosisteminin sürdürülebilirliğini tehlikeye atmayacak şekilde planlama senaryoları geliştirilebilecektir. Bu çalışma kapsamında klasik planlama yaklaşımından elde edilen toplam etalara göre sürdürülebilirliği tehlikeye atmadan, uygulamada yaşanan sorunların giderilmesi kaydıyla yaklaşık beş kat daha fazla eta alınabileceği görülmüştür.
- İşletmenin amacına göre farklı silvikültürel müdahale ve rejimlere bağlı olarak çok sayıda farklı alternatif senaryolar üretilebilir ve bu senaryolar uygulamaya aktarılmadan ormanın durumu ile işletme amaçları arasındaki sebep-sonuç ilişkisi sanal ortamda denenip değerlendirilebilir.
- Mevcut planlama yaklaşımıyla ülkemizde yaşanan odun üretimi açığını giderecek ve sürdürülebilirliği tehlikeye atmayacak şekilde model planların yapımı sağlanacaktır.

Tüm bu açıklamalar ışığında zaman ve emek kaybını azaltacak olan bu yazılımların amenajman planlarının düzenlenmesinde bundan sonra çok etkin bir rol oynayacağı aşikârdır. Fakat Türkiye’de bu model planların uygulamalarda kullanılabilmesi için birtakım gereksinimlere ihtiyaç vardır. Bunlar öneriler şeklinde aşağıda verilmiştir.

- Her planlama biriminin sayısal altlıkları güvenilir şekilde hazırlanmalıdır.
- Ormanı oluşturan tüm fonksiyonlar meşcere yapısı ile ilişkilendirilerek sayısallaştırılmalıdır. Özellikle farklı karışım oranları ile oluşan çok sayıda farklı orman tipleri için büyüme ve artım modelleri geliştirilmeli ve ayrıca silvikültürel müdahalelere (silvikültürel rejim) göre meşcere dinamikleri modellenmelidir. Bunun gerçekleştirilebilmesi için farklı bilim dallarının disiplinler arası çalışmalar yapması gerekmektedir.
- Tüm ağaç türleri için hâsılat tablolarının geliştirilmemiş olması ayrıca karışık ve müdahale görmüş meşcereler için de hâsılat tablolarının olmaması farklı yapı ve kuruluştaki meşcerelerin dinamik yapısının tam olarak yansıtılamamasına ve eksik kararların alınmasına sebep olabilmektedir. Bu sorunu çözmek için farklı yetiştirme ortamı koşullarında farklı ağaç türü karışımlarına göre hâsılat tabloları ve büyüme modelleri geliştirilmelidir.

- Planlama biriminin ekonomik anlamda da bir değerlendirmesinin yapılması için tüm orman fonksiyonlarının ekonomik matrisleri kurularak daha gerçekçi kararların alınması sağlanmalıdır.
- Orman kaynaklarının sürdürülebilir planlanmasına yönelik performans ölçüt ve göstergeleri belirlenmelidir.
- Model sonuçlarının alanda uygulanabilir olması için plan etkinliklerinin ya da silvikültürel rejimin de konumsal düzeneği model tarafından belirlenebilmelidir. Bunun için de konumsal kısıtları ya da düzenlemeleri dikkate alan CBS tabanlı bir konumsal orman amenajman planlama modeli uygulaması yapılmalıdır.
- Model sonuçlarının uygulanabilmesi için planlama birimindeki teknik ve sosyal sorunlar giderilmelidir. Planlama birimleri için optimum şartların oluşturulmasına yönelik çalışmalar yapılmalıdır.
- Bu çalışma kapsamında denenen bu model yazılımlarının Türkiye genelinde kullanımını yaygınlaştırmak için birkaç farklı planlama biriminde de pilot çalışmalar yapılmalı, model doğruluğu ve uygunluğu kontrol edilmeli ve model kalibrasyonu yapıldıktan sonra tüm ülke genelinde uygulanmaya başlanmalıdır.
- Bu model yazılımlarının kullanımını artırmaya yönelik tanıtıcı ve eğitici seminerler verilmelidir. Uygulayıcıların da yazılımlar hakkındaki düşünce ve önerileri alınmalıdır.

## 5. KAYNAKLAR

- Asan, K. ve Şengönül, K., 1987. Orman Formlarının Fonksiyonel Açıdan Karşılaştırılması, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, 37, 52-67.
- Anonim, 1995. Orman, Toprak ve Su Kaynakları Özel İhtisas Komisyonu Ormancılık Alt Komisyon Raporu, VII. Beş Yıllık Kalkınma Planı Ö.İ.K. Raporu, Ormancılık, Ankara.
- Asan, Ü., 2001. Orman Fonksiyonlarının Sınıflandırılması ve Haritalanması, OGM Toplantı Notu, 8 s.
- Asan, Ü., Destan, S. ve Özkan, U.Y., 2002. İstanbul Korularının Karbon Depolama, Oksijen Üretimi ve Toz Tutma Kapasitesinin Kestirilmesi, Orman Amenajmanında Kavramsal Açılımlar ve Yeni Hedefler Sempozyumu, Nisan, İstanbul, Bildiriler Kitabı: 194-202.
- Başkent, E.Z., 1997. Türkiye Ormancılığı İçin Nasıl Bir Coğrafi Bilgi Sistemi Kurulmalıdır? Ön Çalışma ve Kavramsal Yaklaşım, Journal of Agriculture and Forestry, 27, 1675-1684
- Başkent, E. Z., 1999. Ekosistem Amenajmanı ve Biyolojik Çeşitlilik, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 23, 2, 355–363.
- Başkent, E. Z., Yolastıgmaz, H. A., Mısır, M. Ve Çakır, G., 2002. Kombine Optimizasyon Teknikleri ve Ekosistem Amenajmanı, Orman Amenajmanında Kavramsal Açılımlar ve Yeni Hedefler Sempozyumu, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul, Bildiriler Kitabı: 77-88.
- Baskent, E. Z., Köse, S., Sönmez, T. ve Sivrikaya, F., 2002a. Orman Amenajman Planlarının Yapımında Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Kullanılması, Orman Amenajmanında Kavramsal Açılımlar ve Yeni Hedefler Sempozyumu, Nisan, İstanbul, Bildiriler Kitabı: 164-174.
- Başkent, E.Z., Keleş, S., Sivrikaya, F. ve Karahalil, U., 2005. Sürdürülebilir Orman İşletmeciliği ve Planlaması için Karar Destek Sistemlerinin Geliştirilmesi. 1. Çevre ve Ormancılık Şurası, Antalya.
- Demirel, Ö. ve Ejder, N., 1994. Çoruh Havzası Rekreasyon ve Turizm Planlamasında CBS'nin kullanımı, I. Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, Trabzon.
- Diaz-Balteiro, L. ve Romero, C., 2003. Forest management optimisation models when carbon captured is considered: a goal programming approach, Forest Ecology and Management, 174, 447 – 457.
- Eraslan, İ., 1982. Orman Amenajmanı Kitabı.

- Erdin, K. vd., 1994. Nasıl Bir Orman Bilgi Sistemi (ORBİS)? I. Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, Ekim, Trabzon, Bildiriler Kitabı: 139-141.
- Kadioğulları, A.İ., 2009. Orman Amenajman Planlarının Hazırlanmasında Konumsal Yapının Kombine Optimizasyon (Heuristik) Teknikleri ile Kontrolü; Konumsal Planlama, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Köse, S., 1986. Orman İşletmelerinin Planlanmasında Yöneylem Araştırması Yöntemlerinden Yararlanma Olanakları.
- Köse, S. ve Başkent, E.Z., 1993. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Ormancılığımızdaki Önemi, I.Ormancılık Şurası, Kasım, Ankara, Tebliğler ve Ön Çalışma Grubu Raporları, 195-204.
- Koç, A.,1995b. Bilgisayar Destekli Konumsal Orman Haritalarının Üretimi ve Orman Bilgi Sisteminin Oluşturulması, Doktora Tezi, İ.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Keleş S., ve Başkent E.Z., 2006. Orman Ekosistemlerindeki Karbon Değişiminin Orman Amenajman Planlarına Yansıtılması: Kavramsal Çerçeve ve bir Örnek Uygulama (2. Bölüm), Orman ve Av, Mayıs –Haziran, 9-16
- Keleş S., 2008. Orman Amenajman Planlarının Hazırlanmasına Yönelik Karar Destek Sisteminin Tasarımı ve Prototip Modelinin Geliştirilmesi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Keleş S., Başkent E.Z. ve Kadioğulları A.İ., 2009. Orman Amenajman Planlarının Simülasyon Tabanlı Planlanması, Kastamonu Üni., Orman Fakültesi Dergisi, 136-145
- Mısır, M., 1995. Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Orman Amenajman Planı Haritalarının Yapımı, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Murray, 1999. Nur Et Al., 2000. Murray, A.T., 1999. Spatial restrictions in harvest scheduling. For. Sci. 45-52.
- Mısır, M., 2001..Yöneylem Araştırması Teknikleri ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla Orman Amenajman Planının Düzenlenmesi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Nur, A., Jordan, G., and Başkent, E.Z., 2000. Spatial stratification,76, 311-317.
- Ney, R.A., Schnoor, J.L. ve Mancuso, M.A., 2002. A methodology to estimate carbon storage and flux in forestland using existing forest and soils databases, Environmental Monitoring and Assessment, 78, 291-307.
- Pussinen, A., Karjalainen, T., Kellomaki, S. ve Makipaa, S., 1997. Potential contribution of the forest sector to carbon sequestration in Finland, Biomass and Bioenergy, 13, 377 – 387.

- Sarıaslan, H., 1998. Simülasyon Tekniği- Kuyruk Teorisi Modellerinin Analizi
- Sivrikaya, F., 2002. Coğrafi Bilgi Sistemi Yardımıyla Aynı yaşlı (Maktalı) Ormanlarda Orman Amenajman Planlarının Düzenlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Sivrikaya, F., Keles, S., Yolasığmaz, H. A. ve Kadioğulları, A.İ., 2004. Orman Amenajman Planlarının Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı Programlanması, V. Ulusal Orman Fakülteleri Öğrenci Kongresi, Nisan- Mayıs, Trabzon, Bildiriler Kitabı 1: 136- 141.
- Sivrikaya, F., 2008. Türkiye’de Orman Amenajman Planlama Model Yazılımının Gelistirilmesi, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Yolasığmaz, H. A, 1998. Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Orman Fonksiyon Haritalarının Hazırlanması.
- Yolasığmaz, H.A., 2004. Orman Ekosistem Amenajmanı Kavramı ve Türkiye’de Uygulaması, Doktora Tezi, KTÜ Orman Fakültesi, Trabzon, 215 s.



## ÖZGEÇMİŞ

10.10.1984 yılında Trabzon Akçaabat'ta doğan Ahmet Salih DEĞERMENCİ; ilköğretimini Akçaabat Akpınar İlköğretim Okulu'nda ve orta öğretimini Akçaabat Lisesi'nde tamamlamıştır. 2002 yılında K.T.Ü. Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümünü kazanmıştır. 2007 yılında bu bölümden mezun olmuştur ve aynı yıl K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Orman Amenajmanı bilim dalında yüksek lisans eğitimine başlamıştır.

Ocak 2010 tarihinde Düzce Üniversitesi Orman Fakültesinde araştırma görevlisi olarak görev yapmaya başladı ve halen aynı üniversitede görev yapmaktadır. Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından desteklenen TOVAG 108 O 127 kod numaralı, "Ekosistem tabanlı çok amaçlı planlama (ETÇAP) prototip model yazılımın yöneylem araştırması ve coğrafi bilgi sistemleri ile geliştirilmesi ve katılımcı yaklaşımla uygulanması" projesinde görev almış olup, orta derecede İngilizce bilmektedir.