ÇANKIRI KARATEKİN ÜNİVERSİTESİ
FENBİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI AKTÜEL KURULUŞA SAHİP KIZILÇAM ORMANLARINDA ODUN ÜRETİMİ ve KARBON BİRİKİMİ FONKSİYONLARININ OPTİMAL ÜRETİM PLANLAMASI

Yusuf DERELLİ

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ÇANKIRI
2019

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Yusuf DERELLİ tarafından hazırlanan "Farklı Aktüel Kuruluşa Sahip Kızılçam Ormanlarında Odun Üretimi ve Karbon Birikimi Fonksiyonlarının Optimal Üretim Planlaması" adlı tez çalışması 02/05/2019 tarihindeki aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof.Dr. Sedat KELEŞ

Jüri Üyeleri :

Başkan: Prof. Dr. Sedat KELEŞ

Üye: Doç. Dr. Alkan GÜNLÜ

Üye: Dr.Öğr. Üyesi Oytun Emre SAKICI

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Tamer KEÇELİ

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Farklı Aktüel Kuruluşa Sahip Kızılçam Ormanlarında Odun Üretimi ve Karbon Birikimi Fonksiyonlarının Optimal Üretim Planlaması

Yusuf DERELLİ

Çankırı Karatekin Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof.Dr. Sedat KELEŞ

Çalışmanın temel amacı, doğal olarak yetişen kızılçam ormanlarının odun üretimi ve karbon birikimi fonksiyonlarını birlikte ele alan optimizasyon modellerinin geliştirilmesidir. Bu kapsamda yapılan işlemler şu şekilde özetlenebilir. Öncelikle farklı aktüel kuruluşa sahip hipotetik kızılçam ormanlarının odun üretimi ve karbon birikimi değerlerinin uzun dönem için modellenmesi yapılmıştır. Planlama modellerine karbon birikimi fonksiyonunun dahil edilmesinin, planlama süresi sonunda ilgili ormandan elde edilecek toplam net bugünkü değer üzerine olan katkıları ortaya konulmuştur. Odun üretimi ve karbon depolama fonksiyonları arasında mübadele analizleri yapılmıştır. Odun ürün çeşitlerinden zamana bağlı olarak meydana gelen emisyon sürelerinin model çözüm sonuçlarına etkisi araştırılmıştır. Farklı idare sürelerinin, ıskonto oranlarının ve birim karbon fiyatlarının orman ekosistem yapı ve kuruluşu ile ormandan sağlanabilecek odun üretimi ve karbon depolama değerleri üzerine etkileri belirlenmiştir. Ayrıca orman ekosistemlerine değişik zamanlarda ve değişik sıklıkta uygulanacak aralama/bakım müdahalelerinin orman kuruluşu ve sunduğu iki fonksiyon üzerinde yaratacağı etkiler ortaya konulmuştur. Çok amaçlı orman amenajmanı planlama problemi, doğrusal programlama tekniğine dayalı olarak modellenmiştir. Planlama süresi 100 yıl ve planlama periyodu 10 yıl olarak alınmıştır. Farklı özelliklere sahip planlama senaryolarının çözümü sonucunda, ormanların sunmuş olduğu iki önemli fonksiyon olan odun üretimi ve karbon birikimi üzerinde, aktüel orman kuruluşlarının önemli etkiye sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca farklı idare süreleri, ıskonto oranları, birim karbon fiyatları, silvikültürel bakım müdahaleleri ve odun ürünlerinin zamana bağlı emisyon oranları, model çözüm sonuçlarını tüm orman kuruluşlarında etkilemiştir. Sonuç olarak, iki orman değeri arasındaki etkileşimlerin, orman fonksiyonları ve kuruluşu arasında varsayılan ilişkiye bağlı olarak, kimi zaman tamamlayıcı kimi zaman ise çatışmalı olduğu görülmüştür.

2019, 50 sayfa

ANAHTAR KELİMELER: Orman amenajmanı, Modelleme, İklim değişikliği, İdare süresi, Net bugünkü değer, Sürdürülebilirlik

ABSTRACT

Master Thesis

Optimal Harvest Scheduling of Timber Production and Carbon Sequestration Values in Turkish Pine Forests with Various Initial Forest Structures

Yusuf DERELLİ

Cankırı Karatekin Universty

Graduate School of Natural and Appliad Scıences

Forest Engineering

Supervisors: Prof.Dr. Sedat KELEŞ

The main aim of this study is to develop optimization models that deal with the functions of wood production and carbon sequestration in the Turkish pine forest that grow naturally. Processes carried out in this context can be summarized as follows. First of all, long-term modeling of wood production and carbon sequestration values of hypothetical Turkish pine forests with different actual structures has been made. The contributions on the total net present value to be obtained from the forest of the integration of carbon sequestration function to the planning models at the end of the planning horizon was determined. Tradeoff analysis was conducted between wood production and carbon storage functions. The effects of the life times of the wood products on the model solution results were investigated. The effects of different rotation lengths, discount rates and unit carbon prices on the forest ecosystem structure, wood production and carbon storage values that can be obtained from the forest were determined. In addition, the effects of silvicultural interventions that will be applied to forest ecosystems at different times and different frequencies on the forest ecosystem and the two functions are analyzed. Multi-purpose forest management planning problem is modeled based on linear programming technique. The planning horizon is 100 years and the planning period is taken as 10 years. As a result of the solution of the planning scenarios with different characteristics, it has been seen that the actual forest structures have a significant effect on the wood production and carbon sequestration which are the two important functions provided by the forests. Furthermore, different rotation lengths, discount rates, unit carbon prices, silvicultural maintenance interventions and time-dependent emission rates of wood products affected model solution results in all forest structures. Finally, the interactions among the forest values were generally found to be complementary, yet sometimes contradictory depending on the assumed relationship between forest values and structure.

2019, 50 pages

Key Words: Forest management, Modeling, Climate change, Rotationlength, Net present value, Sustainability

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

“Farklı Aktüel Kuruluşa Sahip Kızılçam Ormanlarında Odun Üretimi ve Karbon Birikimi Fonksiyonlarının Optimal Üretim Planlaması” adlı çalışma Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalın’da Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu çalışmanın her safhasında yakın ilgi ve önerileri ile beni yönlendiren, her türlü yardımı esirgemeyen, her zaman destekleyen ve anlayış gösteren değerli hocam sayın Prof.Dr. Sedat KELEŞ’e çok teşekkür ederim.

Çalışmamın her aşamasında fikir ve görüşlerinden yararlandığım Doç.Dr. Alkan GÜNLÜ, yardım ve desteklerini gördüğüm Arş.Gör. Sinan BULUT’a teşekkür ederim.

Yusuf DERELLİ

Çankırı, 2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **i**
ABSTRACT ..... **ii**
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... **v**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **vii**
1. GİRİŞ **1**
2. MATERYAL ve YÖNTEM **6**
2.1 Aktüel Orman Kuruluşlarının Belirlenmesi **6**
2.2 Odun Üretimi ve NBD'lerin Hesaplanması **8**
2.3 Biyokütle ve Karbon Depolama Miktarlarının Hesaplanması **8**
2.4 Modelin Oluşturulması **9**
2.5 Alternatif Planlama Senaryolarının Geliştirilmesi **10**
2.5.1 Temel planlama senaryolarının geliştirilmesi **11**
2.5.2 İdare sürelerinin etkisinin araştırıldığı planlama senaryoları **12**
2.5.3 Iskonto oranlarının etkisinin araştırıldığı planlama senaryoları **12**
2.5.4 Değişik karbon fiyatlarının etkisinin araştırıldığı planlama senaryoları **12**
2.5.5 Odun ürün çeşitlerinin zamana bağlı karbon emisyonlarının dikkate alındığı planlama senaryoları **13**
2.5.6 Silvikültürel bakım müdahalelerinin etkisinin araştırıldığı planlama senaryoları **13**
2.5.7 Modellerin çözülmesi **13**
2.5.8 Çıktıların sunulması **13**
3. BULGULAR **14**
3.1 Temel Planlama Senaryoları **14**
3.2 Farklı İdare Sürelerinin Etkileri **22**
3.3 Farklı Iskonto Oranlarının Etkileri **26**
3.4 Farklı Birim Karbon Fiyatlarının Etkileri **29**
3.5 Odun Ürün Çeşitlerinin Zamana Bağlı Emisyonlarının Etkileri **32**
3.6 Bakım Müdahalelerinin Etkileri **35**
4. TARTIŞMA ve SONUÇ **38**
KAYNAKLAR **48**
ÖZGEÇMİŞ **50**

SİMGELER

%	Yüzde
DO	Düzensiz orman
GO	Genç orman
GYO	Genç - Yaşlı orman
ha	Hektar
m^2	Metre kare
m^3	Metre küp
MS Office	Microsoft Office
NBD	Net bugünkü değer
OPA	Optimal periyodik alan
OYO	Orta yaşlı orman
TL	Türk Lirası
YO	Yaşlı orman

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3. 1 Orman kuruluşlarına göre T1 planlama senaryosunun model sonuçları.....14
Çizelge 3. 2 Orman kuruluşlarına göre T2 planlama senaryosunun model sonuçları.....15
Çizelge 3. 3 Orman kuruluşlarına göre T3 planlama senaryosunun model sonuçları.....15
Çizelge 3. 4 . Orman kuruluşlarına göre T4 planlama senaryosunun model sonuçları...16
Çizelge 3. 5 Orman kuruluşlarına göre T5 planlama senaryosunun model sonuçları.....16
Çizelge 3. 6 Orman kuruluşlarına göre TC1 planlama senaryosunun model sonuçları..17
Çizelge 3. 7 . Orman kuruluşlarına göre TC2 planlama senaryosunun model sonuçları 18
Çizelge 3. 8 Orman kuruluşlarına göre TC3 planlama senaryosunun model sonuçları..18
Çizelge 3. 9 Orman kuruluşlarına göre TC4 planlama senaryosunun model sonuçları..19
Çizelge 3. 10 Orman kuruluşlarına göre TC5 planlama senaryosunun model sonuçları 20
Çizelge 3. 11 YO orman kuruluşunun TC planlama senaryolarında periyotlara göre odun üretimi miktarları 20
Çizelge 3. 12 YO orman kuruluşunun TC5 planlama senaryolarında periyotlara göre odun ürün çeşitleri miktarları 22
Çizelge 3. 13 Değişik idare sürelerine göre farklı orman kuruluşlarından planlama yörüngesi sonunda odun üretimi itibariyle elde edilen toplam NBD'ler 23
Çizelge 3. 14 Değişik idare sürelerine göre farklı orman kuruluşlarından planlama yörüngesi sonunda elde edilen toplam odun üretimi miktarları 24
Çizelge 3. 15 Değişik idare sürelerine göre farklı orman kuruluşlarından planlama yörüngesi sonunda net karbon birikimi itibariyle elde edilen toplam NBD'ler 24
Çizelge 3. 16 Değişik idare sürelerine göre farklı orman kuruluşlarından planlama yörüngesi sonunda elde edilen net karbon birikimi miktarları 25
Çizelge 3. 17 Değişik idare sürelerine göre farklı orman kuruluşlarından planlama yörüngesi sonunda odun üretimi ve net karbon birikimi itibariyle elde edilen toplam NBD'ler 26
Çizelge 3. 18 Değişik ıskonto oranlarına göre farklı orman kuruluşlarından planlama yörüngesi sonunda odun üretimi itibariyle elde edilen toplam NBD'ler 26
Çizelge 3. 19 Değişik ıskonto oranlarına göre farklı orman kuruluşlarından planlama yörüngesi sonunda elde edilen toplam odun üretimi miktarları.....27
Çizelge 3. 20 Değişik ıskonto oranlarına göre farklı orman kuruluşlarından planlama yörüngesi sonunda net karbon birikimi itibariyle elde edilen toplam NBD'ler 28
Çizelge 3. 21 Değişik ıskonto oranlarına göre farklı orman kuruluşlarından planlama yörüngesi sonunda elde edilen net karbon birikimi miktarları 28
Çizelge 3. 22 Değişik ıskonto oranlarına göre farklı orman kuruluşlarından planlama yörüngesi sonunda odun üretimi ve net karbon birikimi itibariyle elde edilen toplam NBD'ler 29
Çizelge 3. 23 Değişik birim karbon fiyatlarına göre farklı orman kuruluşlarından planlama yörüngesi sonunda odun üretimi itibariyle elde edilen toplam NBD'ler 29
Çizelge 3. 24 Değişik birim karbon fiyatlarına göre farklı orman kuruluşlarından planlama yörüngesi sonunda elde edilen toplam odun üretimi miktarları 30
Çizelge 3. 25 Değişik birim karbon fiyatlarına göre farklı orman kuruluşlarından planlama yörüngesi sonunda net karbon birikimi itibariyle elde edilen toplam NBD'ler 31
Çizelge 3. 26 Değişik birim karbon fiyatlarına göre farklı orman kuruluşlarından planlama yörüngesi sonunda elde edilen net karbon birikimi miktarları 31

Çizelge 3. 27 Değişik birim karbon fiyatlarına göre farklı orman kuruluşlarından planlama yörüngesi sonunda odun üretimi ve net karbon birikimi itibariyle elde edilen toplam NBD'ler 32
Çizelge 3. 28 Odun ürün çeşitlerinden zamana bağlı olarak meydana gelen emisyonların orta yaşlı ormanda modele dahil edilmesinin planlama yörüngesi sonunda performans çıktıları üzerine etkileri 33
Çizelge 3. 29 Odun ürün çeşitlerinden zamana bağlı olarak meydana gelen emisyonların genç ormanda modele dahil edilmesinin planlama yörüngesi sonunda performans çıktıları üzerine etkileri 33
Çizelge 3. 30 Odun ürün çeşitlerinden zamana bağlı olarak meydana gelen emisyonların yaşlı ormanda modele dahil edilmesinin planlama yörüngesi sonunda performans çıktıları üzerine etkileri 34
Çizelge 3. 31 Odun ürün çeşitlerinden zamana bağlı olarak meydana gelen emisyonların genç-yaşlı ormanda modele dahil edilmesinin planlama yörüngesi sonunda performans çıktıları üzerine etkileri 34
Çizelge 3. 32 Odun ürün çeşitlerinden zamana bağlı olarak meydana gelen emisyonların düzensiz ormanda modele dahil edilmesinin planlama yörüngesi sonunda performans çıktıları üzerine etkileri 35
Çizelge 3. 33 Bakım müdahalelerinin orta yaşlı ormanda modele dahil edilmesinin planlama yörüngesi sonunda performans çıktıları üzerine etkileri 35
Çizelge 3. 34 Bakım müdahalelerinin genç ormanda modele dahil edilmesinin planlama yörüngesi sonunda performans çıktıları üzerine etkileri 36
Çizelge 3. 35 Bakım müdahalelerinin yaşlı ormanda modele dahil edilmesinin planlama yörüngesi sonunda performans çıktıları üzerine etkileri 36
Çizelge 3. 36 Bakım müdahalelerinin genç-yaşlı ormanda modele dahil edilmesinin planlama yörüngesi sonunda performans çıktıları üzerine etkileri 37
Çizelge 3. 37 Bakım müdahalelerinin düzensiz ormanda modele dahil edilmesinin planlama yörüngesi sonunda performans çıktıları üzerine etkileri 37

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2. 1 Orta yaşlı orman alanının aktüel kuruluşunda yaş sınıflarındaki alan ve ağaç serveti dağılımı.....6
Şekil 2. 2 Genç orman alanının aktüel kuruluşunda yaş sınıflarındaki alan ve ağaç serveti dağılımı.....6
Şekil 2. 3 Yaşlı orman alanının aktüel kuruluşunda yaş sınıflarındaki alan ve ağaç serveti dağılımı.....7
Şekil 2. 4 Genç - Yaşlı orman alanının aktüel kuruluşunda yaş sınıflarındaki alan ve ağaç serveti dağılımı 7
Şekil 2. 5 Düzensiz orman alanının aktüel kuruluşunda yaş sınıflarındaki alan ve ağaç serveti dağılımı.....7

Şekil 3. 1 YO orman kuruluşunun a) TC1 b) TC2 c) TC3 d) TC4 ve e) TC5 için planlama yörüngesi sonundaki yaş sınıfı dağılımı.....21
Şekil 3. 2 YO orman kuruluşunun TC5 planlama senaryosunda periyotlara bağlı net karbon birikimi miktarları.....22

1. GİRİŞ

Orman ekosistemleri sürdürülebilir bir şekilde planlanıp işletildiği taktirde topluma ve çevreye çok sayıda ekolojik, ekonomik ve sosyo-kültürel değerler/fonksiyonlar sunmaktadır. Kaliteli su üretimi, toprak koruma, biyolojik çeşitlilik koruma, sel-heyelan-çığ önleme, farklı çap-boy-kalitede odun ürünleri sağlama, estetik ve rekreasyon, odun dışı ürünler sağlama, bilimsel fonksiyon bunlardan bazılarıdır. Diğer taraftan, orman ekosistemlerinin sunmuş olduğu tüm bu ve diğer fonksiyonların miktar ve kalitesi ise doğrudan orman ekosisteminin yapı ve kuruluşu ile bu ekosisteme uygulanacak silvikültürel müdahalelerin sıklığı-miktarı-şiddetine bağlı olarak değişmektedir. Yine özellikle uzun dönem planlamada kullanılan değişik planlama parametreleri (idare süreleri, politika kısıtları, ekonomik değerler gibi) de orman ekosistemlerinden çok amaçlı planlama ve faydalanma süreci üzerinde etkili olabilmektedir (Keleş ve Başkent 2006, Başkent vd. 2011).

Son yıllarda tüm dünyada etkisini gösteren çeşitli ekonomik, ekolojik ve çevresel endişeler, orman ekosistemlerinin sürdürülebilir yönetimi ve planlaması kapsamında ormancılık araştırmalarının odak noktasını oluşturmuştur (Başkent vd. 2008). Atmosferdeki sera gazları konsantrasyonları ile bağlantılı olan iklim değişikliği hakkında çevresel endişeler ise, orman ekosistemlerinin sunmuş olduğu karbon depolama fonksiyonun orman amenajman planlarına entegre edilmesi yönünde çalışmaların yoğunlaşmasına neden olmuştur (Asante and Armstrong 2012). Çünkü orman ekosistemleri atmosferde yer alan CO^2'nin büyük bir bölümünü fotosentez yoluyla biyokütlelerinde absorbe etmektedir. Böylece atmosferdeki sera gazlarının azaltılmasına büyük katkılar sağlamaktadır (Cacho et al. 2003).

Orman ekosistemlerinin küresel iklim değişikliğini önleme veya azaltma yönündeki bu olumlu yönleri nedeniyle, karbon depolama fonksiyonun orman amenajman planlarına sayısal olarak dahil edilmesi kapsamında son yıllarda uluslararası literatürde kayda değer çalışmalar yapılmıştır. Hoenand Solberg (1994) alternatif silvikültürel müdahalelere göre şekillenen farklı planlama stratejileri geliştirmek suretiyle, karbon birikimi değerinin hem miktar hem de ekonomik olarak analizini yapmışlardır. Bu amaçla planlama stratejilerin geliştirilmesinde doğrusal programlama tekniğini kullanmışlardır. Creedy and Wurzbacher (2001), odun üretimi, karbon birikimi ve su

üretimi fonksiyonlarını içerecek şekilde ormanlık bir havzada optimal yönetim stratejisinin geliştirilmesi ve optimal idare süresinin belirlenmesine yönelik bir çalışma yapmışlardır. Meng et al. (2003), odun üretimi, karbon birikimi ve yaban hayatı amaçlarını içerecek çok amaçlı bir orman amenajmanı planlama modeli geliştirilmişlerdir. Çalışmada doğrusal programlama tabanlı bir ticari yazılım kullanmışlardır. Bu çalışmada aynı zamanda konumsal planlama parametreleri de modele dahil edilerek, fonksiyonlar arasındaki etkileşimler hem miktar hem de ekonomik olarak analiz edilmiştir. Diaz-Balteiro and Romero (2003), odun üretimi amaçlı bir orman amenajmanı planlama problemine karbon birikimi değerini entegre etmiştir. İki değeri birlikte optimize etmek için amaç programlama tekniğini kullanmıştır. Farklı üretim ve alan düzenleyici kısıtların varlığında, karbon birikimi ve odun üretimi değerlerinin hem miktar hem de ekonomik olarak analizini gerçekleştirmişlerdir.

Backeus et al. (2005), oldukça büyük bir orman alanında, odun üretimi ve karbon birikimi fonksiyonlarını hem miktar hem de ekonomik değer itibariyle birlikte ele alan bir model geliştirmişlerdir. Çalışmada modellerin geliştirilmesinde doğrusal programlama tekniğini kullanmışlardır. Bu çalışmada aynı zamanda, farklı karbon fiyatlarının etkilerini araştırmışlardır. Diaz-Balteiro and Rodriguez (2006), okaliptüs plantasyonlarında, karbon birikimi ve odun üretimi fonksiyonlarını birlikte ele alan orman amenajmanı planlama problemlerinde, ekonomik ve aynı zamanda optimal idare sürelerini belirlemeye çalışmışlardır. Planlama modeli ve idare sürelerinin belirlenmesinde dinamik programlama tekniğini kullanmışlardır. Keleş ve Başkent (2007), bir orman ekosisteminde, karbon birikimi ve odun üretimi değerlerini içeren doğrusal programlama tabanlı çok amaçlı orman amenajmanı planlama modeli geliştirmiştir. Çalışmada, odun üretimi ve karbon birikimi değerleri arasındaki karşılıklı etkileşimler, farklı planlama senaryoları altında analiz edilmiştir. Aynı zamanda bu çalışmada, orman içi açıklıkların ağaçlandırılmasının bu iki değer üzerine etkileri araştırılmıştır.

Başkent vd. (2008), Başkent ve Keleş (2009) ormanların sunmuş olduğu ve içerisinde karbon birikimi değerinin olduğu değişik orman fonksiyonlarını içeren doğrusal programlama tabanlı çok amaçlı orman amenajmanı planlama modeli geliştirmişlerdir.

Çalışmada, farklı silvikültürel müdahaleleri içeren farklı planlama senaryoları, orman fonksiyonlarının miktar ve ekonomik değerleri kapsamında analiz edilmiştir. Yine Başkent vd. (2011), bir orman ekosisteminde odun üretimi, karbon, oksijen, su ve toprak fonksiyonlarını içeren simülasyon tabanlı bir model geliştirmişlerdir. Bu çalışmada farklı silvikültürel müdahalelerin orman ekosistem yapısı ve sunduğu fonksiyonları üzerine etkilerini araştırmışlardır. Seidl et al. (2008) Avusturya'da yaptıkları bir çalışmada, Norveç ladininden oluşan bir orman ekosisteminde, farklı silvikültürel müdahalelerin odun üretimi, karbon depolama ve biyolojik çeşitlilik fonksiyonları üzerine olan etkilerini simülasyon modeli aracılığıyla araştırmışlardır. Bu çalışmada aynı zamanda, karbon birikimi ve odun üretimi arasında mübadele analizleri yapmışlardır. Raymer et al. (2009), net karbon birikimini içeren bir orman amenajmanı planlama modeli geliştirmişlerdir. Çalışmada doğrusal programlama tekniğine dayalı farklı planlama stratejileri geliştirmişlerdir. Geliştirilen planlama stratejilerinde, farklı karbon birikimi hedeflerinin, odun üretiminden elde edilen NBD üzerinde etkileri araştırılmıştır. Keleş (2010) sarıçam meşcerelerinden oluşan bir planlama biriminde, odun üretimi ve karbon birikimi değerlerini doğrusal programlama tekniği kullanarak birlikte optimize etmiştir. Çalışmada önce odun üretimi değerini, sonra karbon birikimi değerini ve son olarak odun üretimi ve karbon birikimi değerinin toplamını optimize ederek, bu üç farklı amaca göre kurulan planlama probleminin çözüm sonuçlarını tartışmıştır.

Keleş (2016) yaptığı bir çalışmada kavak plantasyonlarında, Keleş (2017) diğer bir çalışmada ise kızılçam plantasyonlarında, hem odun üretimi hem de karbon birikimi değerinin olması durumunda, optimum idare sürelerinin ne olması gerektiğinin çözümünü bulmaya çalışmıştır. Bu kapsamda aynı zamanda farklı ıskonto oranları ve karbon fiyatlarının çözüm sonuçlarına etkilerini araştırmıştır. Qin et al. (2017), odun üretimi ve karbon birikimini içeren konumsal orman amenajmanı planlama problemlerinde, farklı birim karbon fiyatlarının odun ve karbon birikimi arasındaki etkileşimleri üzerine olan etkilerini araştırmışlardır. Her iki orman fonksiyonun eniyilemesinde ekonomik değerler dikkate alınmıştır. Planlama stratejilerinin geliştirilmesinde farklı konumsal ve konumsal olmayan kısıtlar planlama modeline dahil edilmiştir. Modelin geliştirilmesinde tavlama benzetimi algoritması kullanılmıştır. Dong et al. (2018), farklı ekolojik ve ekonomik kısıtların, odun üretimi ve karbon birikimi

değerlerini içeren planlama modeli üzerine etkilerini analiz etmişlerdir. Bu amaçla dört farklı planlama stratejisi geliştirmişlerdir. Modelin geliştirilmesinde tavlama benzetimi algoritmasını kullanmışlardır. Farklı birim karbon fiyatları ile farklı konumsal ve konumsal olmayan kısıtların model çözüm sonuçlarına olan etkilerini araştırmışlardır.

Ancak bu çalışmaların sınırlı sayıda olduğu ve değişik orman ekosistemlerinde odun üretimi ve karbon depolama fonksiyonun birlikte üretimini dikkate alacak ve bilimsel karar verme tekniklerini verimli bir şekilde kullanacak bu konu ile ilgili ayrıntılı analiz/araştırmaların yapılması gerekliliği, önemini halen korumaktadır.

Buradan hareketle yapılacak olan bu tez çalışmasında, önemli bir ağaç türü olan ve farklı kuruluşa sahip kızılçam ormanlarında, odun üretimi ve karbon depolama fonksiyonlarının birlikte üretimi yöneylem araştırması teknikleri ile modellenecek ve sonuçlar ortaya konularak tartışılacaktır. Tez konusunun şekillenmesine neden olan temel sorular: Odun üretimi ve karbon depolama fonksiyonlarının birlikte üretimi mümkün müdür? Karbon depolama fonksiyonun amenajman planlarına yansıtılmasının yaratacağı ekonomik katkılar neler olabilir? Karbon depolama fonksiyonun amenajman planlarına dahil edilmesi odun üretimini olumlu veya olumsuz nasıl etkilemektedir? Farklı kuruluşa sahip orman ekosistemlerinin, odun üretimi ve karbon depolama miktarı veya bu fonksiyonlardan elde edilecek ekonomik değerler üzerine etkileri nedir? Her iki fonksiyonun birincil/tek amaç veya birlikte amaç olması durumunda en uygun idare süreleri nelerdir? Farklı idare sürelerinin kullanılması durumunda orman kuruluşu ve orman ekosisteminden odun üretimi ve karbon depolama fonksiyonu bağlamında elde edilebilecek katkılar nasıl değişmektedir? Ekonomik parametreler olarak değişik karbon fiyatlarının veya ıskonto oranlarının model çözüm sonuçlarına olan etkileri nelerdir? Orman ekosistemini oluşturan meşcerelere sadece gençleştirme kesiminin uygulanması orman kuruluşu ve ormanın sunmuş olduğu iki fonksiyonu nasıl değiştirmektedir? Gençleştirme üretimi ile birlikte farklı zamanlarda ve değişik sıklıkta aralama müdahalelerin uygulanması durumunda orman kuruluşu ve ormanın sunmuş olduğu fonksiyonların miktarı ve değeri nasıl değişecektir? Sürdürülebilirliği garanti altına almak için kullanılan değişik alan ve hacim kontrol politikalarının model çözüm sonuçlarına etkileri nelerdir? Genel olarak ifade edilen bu tür sorulara çözüm bulmak için yapılacak olan bu tez çalışması ile orman ekosistemlerinin odun üretimi ve karbon

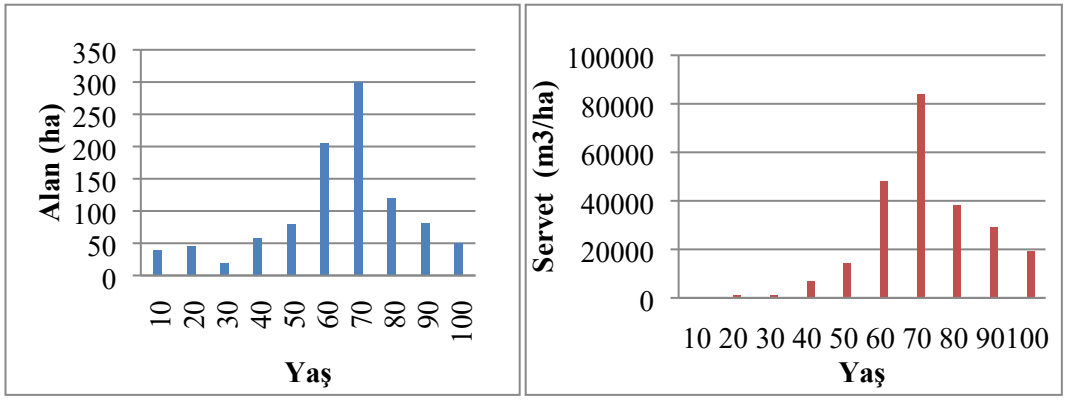
depolama fonksiyonlarının birlikte modellenmesi çok kapsamlı ve ayrıntılı bir şekilde gerçekleşmiştir. Böylece bu konu üzerine özellikle ülkemizde sınırlı sayıda olan çalışmalara ve dolayısıyla literatüre-uygulamaya-araştırmalara daha kapsamlı, ayrıntılı, yenilikçi katkılar sağlanacaktır.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

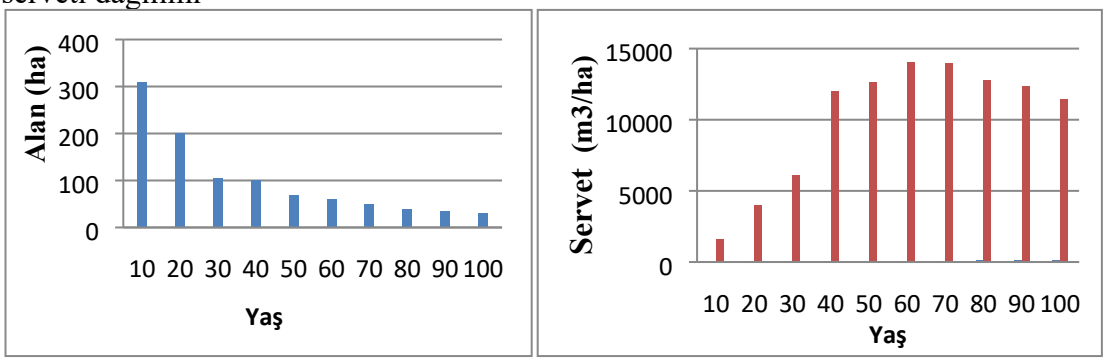
Çalışmanın gerçekleştirilmesi bir takım aşamalar izlenerek yapılmıştır. Bunlar aşağıda ayrıntılı bir şekilde sırasıyla açıklanmıştır.

2.1 Aktüel Orman Kuruluşlarının Belirlenmesi

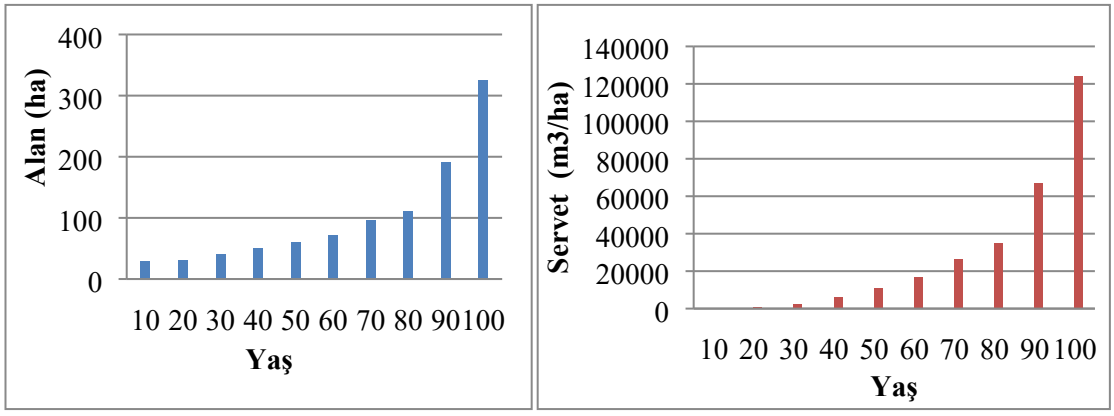
Bu çalışmada öncelikle ülkemizde doğal olarak yetişen kızılçam ormanlarının sergileyebileceği farklı aktüel kuruluşlara sahip (örneğin genç-yaşlı meşcere ağırlıklı, orta-yaşlı meşcere ağırlıklı, yaşlı-meşcere ağırlıklı, düzensiz yaş sınıfı dağılımı gibi) hipotetik ormanlar oluşturulmuştur (Şekil 1-5). Her bir orman kuruluşunun toplam alanı 1000 ha olarak kabul edilmiştir.



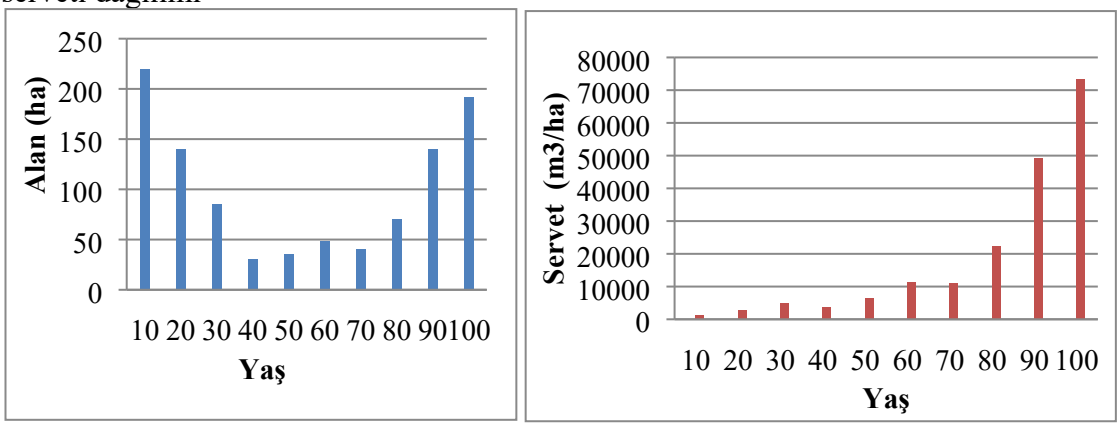
Şekil 2. 1 Orta yaşlı orman alanının aktüel kuruluşunda yaş sınıflarındaki alan ve ağaç serveti dağılımı



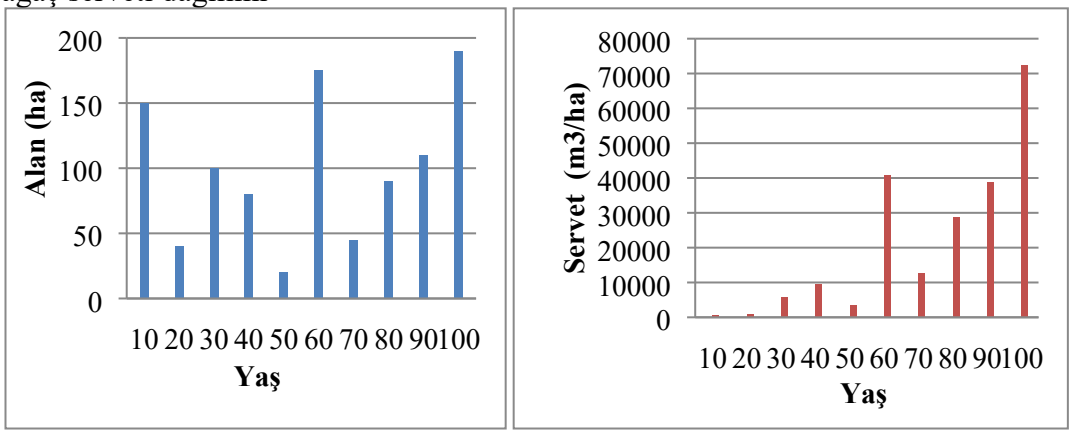
Şekil 2. 2 Genç orman alanının aktüel kuruluşunda yaş sınıflarındaki alan ve ağaç serveti dağılımı



Şekil 2. 3 Yaşlı orman alanının aktüel kuruluşunda yaş sınıflarındaki alan ve ağaç serveti dağılımı



Şekil 2. 4 Genç - Yaşlı orman alanının aktüel kuruluşunda yaş sınıflarındaki alan ve ağaç serveti dağılımı



Şekil 2. 5 Düzensiz orman alanının aktüel kuruluşunda yaş sınıflarındaki alan ve ağaç serveti dağılımı

2.2 Odun Üretimi ve NBD'lerin Hesaplanması

Meşcere parametrelerinin tahmin edilmesinde, kızılçam ağaç türü için Yeşil (1992)tarafından geliştirilmiş sıklığa bağlı hasılat tablosu kullanılmıştır. Odun ürün çeşitlerinin tahmin edilmesinde yine Yeşil (1992) tarafından kızılçam ağaç türü için

geliştirilmiş odun ürün çeşitleri oranlarını/miktarlarını gösteren tablolardan yararlanılmıştır.

Odun üretimine yönelik gelir ve gider verilerinin elde edilmesinde Orman Genel Müdürlüğünün web sayfasından her yıl düzenli olarak yayınlanan istatistiki verilerden faydalanılmıştır. Net bugünkü değerin hesaplanmasında aşağıdaki denklem kullanılmıştır.

$$NBD = \sum_{t=0}^{T} \frac{B - C}{(1+r)^t}$$

Burada, NBD: meşcerenin planlama dönemi sonundaki dikili haldeki değerini de içeren net bugünkü değeri, B: gelirler, C: giderler, r: faiz veya ıskonto oranı, t: planlama dönemi/yılı, T: idare süresini göstermektedir.

Bu kapsamda odun üretimine ilişkin net bugünkü değerin hesaplanmasında öncelikle gelirler tahmin edilmiştir. Bunun için, belirli bir dönemde elde edilecek toplam üretim hacminin ürün çeşitlerine dağılımı, odun ürün çeşitleri tablosundan bulunmuştur. Bu ürünlere ilişkin satış fiyatlarının ortalaması alınmak suretiyle ortalama fiyatlar belirlenmiştir. Birim satış fiyatlarının ve üretilen miktarların çarpılmasıyla da gelirler elde edilmiştir. Giderlerin belirlenmesinde ise üretim giderleri, tarife bedeli, satış gideri, tevzi gideri gibi gider kalemleri kullanılmıştır. Gelir ve giderlere ilişkin her türlü veriler genel düzeyde ve ortalama olarak alınmıştır. Çünkü ülkemizde işletme bilançolarından alınan ekonomik veriler detaylı olmamaktadır. Yine çok detaylı ekonomik tahminlerin yapılması bu çalışmanın kapsamı dışındadır.

2.3 Biyokütle ve Karbon Depolama Miktarlarının Hesaplanması

Biyokütle hesabı için öncelikle toprak üstü biyokütle miktarları hesaplanmıştır. Bunun için toprak üstü biyokütle tahmininde Ünsal (2007) tarafından kızılçam ağaç türü için ağaç ve/veya birim alan düzeyinde geliştirilen biyokütle denklemleri kullanılmıştır. Toprakaltı biyokütle tahmini için Tolunay (2011, 2013) tarafından ülkemiz için belirtilen biyokütle dönüşüm faktörleri kullanılmıştır. Biyokütlede depolanan karbon miktarı ise yine aynı yazar tarafından belirtilen sabit katsayıyla çarpılarak hesaplanmıştır.

Karbon depolama fonksiyonuna ilişkin net bugünkü değerin hesaplanması için ise öncelikle orman ekosisteminin belirli periyotlardaki karbon birikimi sayısal olarak tahmin edilmiştir. Bu ise, ekosistemdeki girdi (büyüme) ve çıktı (odun üretimi, ayrışma) arasındaki farka göre tahmin edilmiştir. Bunun için aşağıdaki eşitlikten faydalanılmıştır (Diaz-Balterio and Romero 2003).

$$Kb_t = \left[\gamma(V^t - V^{t-1} + H_t) - KE_t\right]$$

Burada Kb_t: t periyodundaki karbon birikimi, : odun biyokütlesindeki karbon içeriği, H_t: t periyodunda üretilen hacim, V^t: t periyodunun sonunda ki son envanter hacmini, KE_t ise t periyodundaki karbon emisyon miktarını ifade etmektedir.

Hem odun üretimi hem de karbon birikimi değerlerini içerecek şekilde bir optimizasyon modeli kurulduğu zaman, aynı anda her iki fonksiyondan elde edilecek toplam net bugünkü değerin eniyilenmesi aşağıdaki eşitliğe göre olacaktır (Pohjola and Valsta, 2007).

$$\text{Max} \sum_{t=0}^{T}(h_t - l_t)(1+r)^{-t} + \sum_{t=0}^{T} cp * Kb_t(1+r)^{-t}$$

Burada h_t belirli bir zamanda/periyotta aralama veya son hasılat kesimlerinden elde edilecek gelirleri, l_t odun üretiminden kaynaklanacak giderleri, Kb_t karbon birikimi sonucu alınacak teşvik miktarını göstermektedir. Ancak burada belirli bir zamanda odun üretimi sonucu oluşacak karbon emisyonu (KE_t) bir maliyet/vergi olarak modele dahil edilmektedir. T idare süresine ve r ise ıskonto oranına karşılık gelmektedir.

2.4 Modelin Oluşturulması

Bu aşamada, öncelikle planlama problemi için doğrusal programlama tekniğine yönelik matrisler oluşturulmuştur. Bunun için ağaç serveti matrisleri, eta matrisleri, alan matrisleri, yaş sınıfı matrisleri, karbon birikimi matrisleri, net bugünkü değer matrisleri kurulmuştur. Matrislerin oluşturulmasında MS Excel programı ile makrolardan yararlanılmıştır. Modelin temel bileşenleri (karar değişkenleri, amaç fonksiyonu, kısıtlayıcı denklemler) de matrislere bağlı olarak oluşturulmuş ve neticede doğrusal programlama tekniğine dayalı planlama modeli kurulmuştur.

Planlama modelinin geliştirilmesinde bir takım varsayımlar dikkate alınmıştır. Çalışma kapsamında oluşturulacak farklı kuruluştaki hipotetik kızılçam ormanlarının ortalama bonitet endeksine sahip olduğu varsayılmıştır. Değişik sıklıkta ve miktarda yapılacak aralama müdahalelerinin orman yapı ve kuruluşu ile odun üretimi ve karbon birikimi fonksiyonları üzerine olan etkilerini analiz etmek için, bu ormanların normal sıklıkta olduğu kabul edilmiştir. Daha önceki dönemlerde yapılan üretim, gençleştirme, ağaçlandırma, katlanılan giderler veya elde edilen gelirler, karbon depolama miktarları vs modellere dahil edilmemiştir. Yani modeller şu anki yapı ve kuruluş üzerinden geliştirilip, ileriye dönük kestirimler yapılmıştır. Geliştirilen model deterministik yapıdadır. Yani yangın, böcek, fırtına gibi riskler modellere dahil edilmemiştir. Yine odun üretimi veya karbon birikimleri için kullanılacak ekonomik değerler mutlak/kesin değerler olarak alınmıştır. Zamana bağlı olarak meydana gelebilecek fiyat dalgalanmaları (farklı karbon/odun fiyatlarının kullanılması hariç) dikkate alınmamıştır. Modelin kurulup koşturulacağı ormanlar için herhangi bir arazi kira bedelinin olmadığı varsayılmıştır. Son hasılat kesimine alınacak meşcerelerin başarılı bir şekilde gençleştirileceği ve gelişimini hasılat tablosuna göre gerçekleştirileceği kabul edilmiştir. Kesime bağlı olarak oluşabilecek karbon emisyonunun bazı planlama stratejilerinde kesimi takiben hemen, bazılarında ise odun ürün çeşitlerinin yıllık emisyon miktarlarına göre belirli bir zaman dilimini kapsayacak şekilde meydana geleceği kabul edilmiştir.

2.5 Alternatif Planlama Senaryolarının Geliştirilmesi

Orman amenajmanında planlama stratejileri, bir planlama biriminden beklenen farklı amaçlar, hedefler, kısıtlayıcı koşullar, meşcerelere uygulanacak doğal ve yapay müdahaleler ile en uygun planlama tekniğinin seçilmesi gibi “kararlar dizisi” nden oluşmaktadır. Daha açık bir ifadeyle, bir planlama stratejisi tanımlanırken, ormanın gelecekteki arzu edilen durumu, ekonomik kaynakların düzenlenmesi, plan çıktılarının kontrolü ve silvikültürel müdahalelerin düzenlenmesi anlaşılmaktadır (Keleş 2008).

Bu çalışma kapsamında alternatif planlama stratejilerinin oluşturulmasında yukarıdaki tanıma uygun yol izlenecektir. Örneğin amaç; bir stratejide odun üretiminden elde edilen gelirin eniyilenmesi olabileceği gibi, başka bir stratejide odun üretimi ve karbon depolama fonksiyonundan elde edilecek toplam net bugünkü değerin eniyilenmesi olabilecektir. Orman ekosistemine farklı silvikültürel müdahale seçeneklerinin

uygulanması veya farklı idare sürelerinin planlamada kullanılması ile yine farklı planlama stratejileri geliştirilmiştir. Bununla birlikte modele farklı kısıtlayıcıların (alan kontrolü, eta kontrolü, son envanter kısıtı, belirli periyotlar için veya planlama süresi sonunda odun üretimi veya karbon birikimi hedefi vs) eklenmesi ile birlikte çok sayıda senaryolar üretilmiş ve bunlardan bazıları bu çalışma kapsamında analiz edilmiştir.

2.5.1 Temel planlama senaryolarının geliştirilmesi

Bu çalışma kapsamında geliştirilen temel planlama senaryolarının (Çizelge 2.1) geliştirilmesinde dikkate alınan temel varsayımlar şu şekildedir.

* İdare süresini dolduran meşcerelerin gençleştirilebileceği ve herhangi bir periyotta herhangi bir bakım müdahalesinin uygulanmayacağı,

* Karbon birim fiyatının 100 TL olduğu,

* Odun ürün çeşitleri itibariyle net gelirlerin 1. Sınıf tomruk için 320 TL, 2. Sınıf tomruk için 260 TL, 3. Sınıf Tomruk için175 TL, Maden Direği için 135 TL, Sanayi Odunu için 120 TL ve Yakacak Odun için 35 TL olduğu,

* Aktüel orman formlarının başlangıçta 1 sıklığında olduğu ve gençleştirmeden sonra yine 1sıklığında gelişimini sürdüreceği,

* Aktüel orman formlarının başlangıçta aynı bonitette olduğu ve müdahaleden sonra yine aynı bonitette gelişimini sürdüreceği,

* Odun üretimi ve karbon birikimi değerlerinin hesaplanmasında ıskonto oranının %3 olarak alındığı,

* Meşcerelerin kesimden sonra, tutmuş olduğu karbonu hemen atmosfere geri verdiği,

* Planlama yörüngesinin 100 ve planlama periyodunun 10 yıl olduğu,

* İdare süresinin 70 yaş olduğu kabul edilmiştir.

Çizelge 2. 1 Çalışma kapsamında geliştirilen temel planlama senaryoları

Senaryolar	Amaç	Kısıtlayıcılar
T1	Maksimum Odun NBD	* Kısıt Yok
T2	Maksimum Odun NBD	* Son Envanter Kısıtı
T3	Maksimum Odun NBD	* Periyotlar Arası Eşit EtaKısıtı
T4	Maksimum Odun NBD	* Eşit OPA kısıtı
T5	Maksimum Odun NBD	* Periyotlar Arası %20 EtaKısıtı ** Eşit OPA kısıtı
TC1	Maksimum Odun+Karbon NBD	* Kısıt Yok
TC2	Maksimum Odun+Karbon NBD	* Son Envanter Kısıtı
TC3	Maksimum Odun+Karbon NBD	* Periyotlar Arası Eşit EtaKısıtı
TC4	Maksimum Odun+Karbon NBD	* Eşit OPA kısıtı
TC5	Maksimum Odun+Karbon NBD	* Periyotlar Arası %20 EtaKısıtı ** Eşit OPA kısıtı

2.5.2 İdare sürelerinin etkisinin araştırıldığı planlama senaryoları

Burada TC5 senaryosu temel senaryo olarak ele alınmıştır. Bu senaryoda mevcut idare süresi 70 olarak alınmışken, bu senaryodan hareket ederek 60 (TC5_60) ve 80 (TC5_80) yaş idare süreleri üzerinden model tekrar koşturulmuştur. Böylelikle farklı idare sürelerinin model sonuçları üzerine olan etkileri araştırılmıştır.

2.5.3 Iskonto oranlarının etkisinin araştırıldığı planlama senaryoları

Burada TC5 senaryosu temel senaryo olarak ele alınmıştır. Bu senaryoda mevcut ıskonto oranı %3 olarak alınmışken, bu senaryodan hareket ederek %1 (TC5_1), 2 (TC5_2), 4 (TC5_4) ve 5 (TC5_5) ıskonto oranları üzerinden model tekrar koşturulmuştur. Böylelikle farklı ıskonto oranlarının model sonuçları üzerine olan etkileri araştırılmıştır.

2.5.4 Değişik karbon fiyatlarının etkisinin araştırıldığı planlama senaryoları

Burada TC5 senaryosu temel senaryo olarak ele alınmıştır. Bu senaryoda mevcut birim karbon fiyatı 100 TL olarak alınmışken, bu senaryodan hareket ederek 0 (TC5_0), 50 (TC5_50), 150 (TC5_150) ve 200 (TC5_200) TL birim karbon fiyatları üzerinden model tekrar koşturulmuştur. Böylelikle değişik birim karbon fiyatlarının model sonuçları üzerine olan etkileri araştırılmıştır.

2.5.5 Odun ürün çeşitlerinin zamana bağlı karbon emisyonlarının dikkate alındığı planlama senaryoları

Burada TC5 senaryosu temel senaryo olarak ele alınmıştır. Ancak burada TC5 senaryosunda olduğu gibi, odun ürün çeşitlerinden oluşabilecek karbon emisyonlarının kesimi takiben hemen olmayacağı, odun ürün çeşitlerinin yaşam sürelerinin dikkate alınacağı ve zamana bağlı olarak emisyonların modele dahil olacağı kabul edilmiştir. Bu kapsamda, yaşam süreleri tomruk için 50 yıl, maden direği için 40 yıl, sanayi odunu için 15 yıl ve yakacak odun için 1 yıl olarak alınmıştır (Başkent vd. 2008).

2.5.6 Silvikültürel bakım müdahalelerinin etkisinin araştırıldığı planlama senaryoları

Burada TC4 senaryosu temel senaryo olarak ele alınmıştır. Bu senaryoda sadece gençleştirme kesimleri (son hasılat kesimi) dikkate alınmışken, bu senaryodan hareket ederek meşcerelere 30 ve 50 yaşlarında bakım müdahalesi uygulanarak sıklık %10 düşürülmüş ve model bu silvikültürel müdahaleler kapsamında yeniden kurulmuştur. Böylelikle değişik silvikültürel müdahalelerin model sonuçları üzerine olan etkileri araştırılmıştır.

2.5.7 Modellerin çözülmesi

Geliştirilen doğrusal programlama tabanlı planlama modellerinin çözümü LINGO yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. Bu yazılım gerek ormancılıkta gerekse optimizasyon tekniklerinin kullanıldığı pek çok alanda yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Bu yazılıma aşina olmamız nedeniyle, model çözümlerinde bu yazılım tercih sebebi olmuştur.

2.5.8 Çıktıların sunulması

Bu aşamada ise geliştirilen modele bağlı olarak üretilen alternatif planlama senaryolarının çözüm sonuçları ile duyarlılık analizi sonucu elde edilen her türlü çıktılar (zamana bağlı servet değişimi, eta miktarları, net bugünkü değerler, yaş sınıfı dağılımı, karbon birikimi miktarları vs) çizelge, grafik ve metin formatında sunulmuştur. Bunun için MS Office programlarından yararlanılmıştır.

3. BULGULAR

3.1 Temel Planlama Senaryoları

T1 planlama senaryosunun amacı maksimum Odun NBD' sidir ve herhangi bir kısıt bulunmamaktadır. Orman kuruluşları arasında en yüksek odun üretimini YO (611 251 m^3) vermiştir. Bunu 77 623m^3'lük fark ile OYO orman kuruluşu takip etmektedir. En düşük odun üretimine ise GO orman kuruluşu sahiptir. Odun NBD açısından en yüksek değeri 44 126 115 TL ile YO, en düşük değeri ise 18 037 166 TL ile GO vermektedir. Net karbon birikiminde en yüksek değeri GO ve en düşük YO vermektedir. Karbon NBD'de en yüksek değer -771 548 TL ile GO'da ve en düşük değer -10 307 292 TL ile YO'da gerçekleşmiştir. Odun üretimi ve karbon birikiminden elde edilen toplam NBD'de ise en yüksek değer YO ve en düşük değer GO'da çıkmıştır (Çizelge 3.1).

Çizelge 3. 1 Orman kuruluşlarına göre T1 planlama senaryosunun model sonuçları

Orman Kuruluşu	Model Sonuçları				
	Odun Üretimi (m^3)	Odun NBD (TL)	Net Karbon Birikimi(Ton)	Karbon NBD (TL)	Odun ve Karbon NBD (TL)
OYO	533 628	36 667 418	-118 536	-7 734 975	28 932 444
GO	396 536	18 037 166	-26 360	-771 548	17 265 617
YO	611 251	44 126 115	-137 854	-10 307 292	33 818 823
GYO	498 592	30 423 989	-70 993	-5 343777	25 080 212
DO	490 197	33 276 339	-84 129	-6 350 758	26 925 581

T2 plan senaryosunun amacı maksimum Odun NBD' sidir ve son envanter kısıtı bulunmaktadır. Orman kuruluşları arasında en yüksek odun üretimini 462 138 m^3 ile GYO, en düşük odun üretimini ise 423 721 m^3 GO vermiştir. Odun NBD açısından en yüksek değeri 41417753 ile YO'da, en düşük değeri ise 17 206 164 TL ile GO'da gerçekleşmiştir. Net karbon birikiminde en yüksek değeri GO ve en düşük değeri YO vermektedir. Karbon NBD açısından en yüksek değer -371 756 TL ile GO'da ve -10 102 736 TL ile YO'da gerçekleşmiştir. Odun üretimi ve karbon birikiminden elde edilen toplam NBD'de ise en yüksek değeri YO verirken, en düşük değeri ise GO vermektedir (Çizelge 3.2).

Çizelge 3. 2 Orman kuruluşlarına göre T2 planlama senaryosunun model sonuçları

Orman Kuruluşu	Model Sonuçları				
	Odun Üretimi(m^3)	Odun NBD (TL)	Net Karbon Birikimi (Ton)	Karbon NBD (TL)	Odun ve Karbon NBD (TL)
OYO	453 389	34 866 752	-48 793	-6 986 953	27 879 798
GO	423 721	17 206 164	-37 792	-371 756	16 834 408
YO	443 105	41 417 753	-55 183	-10 102 736	31 315 017
GYO	462 138	29 767 031	-44 904	-5 089 085	24 677 946
DO	459 132	32 207 683	-47 997	-5 927 164	26 280 520

T3 plan senaryosunun amacı maksimum Odun NBD' sidir ve periyotlar arası eşit eta kısıtı bulunmaktadır. Orman kuruluşları arasında en yüksek odun üretimini 585 421 m^3 ile YO verirken, en düşük odun üretimini ise 330 226 m^3 ile GO vermiştir. Odun NBD açısından en yüksek değeri 28 156 237 TL ile YO, en düşük değeri ise 15 469 488 TL ile GO vermiştir. Planlama yörüngesi sonunda net karbon birikimi açısından, en yüksek değeri -1 614 ton ile GO ve en düşük değeri ise -145 980 ton YO vermiştir. Karbon NBD bağlamında, en yüksek değeri GO ve en düşük değeri YO orman kuruluşları vermiştir. Odun üretimi ve karbon birikiminden elde edilen toplam NBD'de ise, en yüksek değer 22 861 185 TL ile YO'da elde edilirken, en düşük değer ise 15 986 752 TL ile GO'da elde edilmiştir (Çizelge 3.3).

Çizelge 3. 3 Orman kuruluşlarına göre T3 planlama senaryosunun model sonuçları

Orman Kuruluşu	Model Sonuçları				
	Odun Üretimi (m^3)	Odun NBD (TL)	Net Karbon Birikimi (Ton)	Karbon NBD (TL)	Odun ve Karbon NBD (TL)
OYO	548 446	25 776 413	-117 465	-4 058 112	21 718 301
GO	330 226	15 469 488	-1 614	517 264	15 986 752
YO	585 421	28 156 237	-145 980	-5 295 052	22 861 185
GYO	497 403	23 650 001	-91 637	-3 167 227	20 482 774
DO	530 755	25 149 444	-105 517	-3 660 498	21 488 946

Amacı maksimum odun NBD'si olan ve eşit OPA kısıtı bulunan T4 planlama senaryosunda, orman kuruluşları arasında en yüksek odun üretimi526 057 m^3ileYO'da ve en düşük odun üretimi ise 414 671 m^3ile GO'da gerçekleşmiştir. Odun NBD'de en yüksek değer sırasıyla YO, DO, OYO, GYO ve GO orman kuruluşlarında elde edilmiştir. Planlama yörüngesi sonundaki net karbon birikimi açısından, en yüksek değer GO ve en düşük değer YO'da gerçekleşmiştir. Karbon NBD'de en yüksek değer -

327 027 TL ile GO'da elde edilirken, en düşük değer ise -6 792 131 TL ile YO'da elde edilmiştir. Odun üretimi ve karbon birikiminden elde edilen toplam NBD'de ise, en yüksek değer YO ve en düşük değer GO'da gerçekleşmiştir (Çizelge 3.4).

Çizelge 3. 4 . Orman kuruluşlarına göre T4 planlama senaryosunun model sonuçları

Orman Kuruluşu	Model Sonuçları				
	Odun Üretimi (m^3)	Odun NBD (TL)	Net Karbon Birikimi (Ton)	Karbon NBD (TL)	Odun ve Karbon NBD (TL)
OYO	526 057	28 856 466	-110 119	-5 043 271	23 813 196
GO	414 671	16 762 187	-38 872	-327 027	16 435 160
YO	559 707	33 068 706	-137 439	-6 792 131	26 276 575
GYO	488 116	26 878 480	-90 386	-4 138 277	22 740 203
DO	514 187	29 778 957	-103 580	-5 080 903	24 698 054

T5 plan senaryosunun amacı maksimum Odun NBD' sidir. Bu planlama senaryosunda, periyotlar arası %20 etakısıtı ve eşit OPA kısıtları bulunmaktadır. Orman kuruluşları arasında en yüksek odun üretimini YO, model çözümü olmayan GO hariç tutulursa, en düşük odun üretimini 489 594 m^3 ile GYO vermiştir. Odun NBD açısından en yüksek değeri YO, model çözümü olmayan GO hariç tutulursa en düşük değeri ise GYO vermiştir. Planlama yörüngesi sonunda net karbon birikimi açısından, en yüksek değeri GYO ve en düşük YO vermiştir. Planlama yörüngesi sonundaki karbon NBD değeri, en yüksek GYO ve en düşük YO vermiştir. Odun üretimi ve karbon birikiminden elde edilen toplam NBD'de ise, en yüksek değer 23 702 742 TL ile YO'da ve en düşük değer ise 20 609 811 TL ile GYO'da gerçekleşmiştir (Çizelge 3.5).

Çizelge 3. 5 Orman kuruluşlarına göre T5 planlama senaryosunun model sonuçları

Orman Kuruluşu	Model Sonuçları				
	Odun Üretimi (m^3)	Odun NBD (TL)	Net Karbon Birikimi(Ton)	Karbon NBD (TL)	Odun ve Karbon NBD (TL)
OYO	529 098	26 302 614	-109 957	-4 133 018	22 169 596
GO	Çözüm yok	Çözüm yok	Çözüm yok	Çözüm yok	Çözüm yok
YO	556 168	29 334 377	-136 041	-5 631 635	23 702 742
GYO	489 594	23 762 335	-88 428	-3 152 523	20 609 811
DO	519 687	26 693 639	-101 770	-4 083 890	22 609 749

TC1 planlama senaryosunun amacı odun üretimi ve karbon birikiminden elde edilen toplam NBD'nin eniyilenmesidir ve herhangi bir kısıt bulunmamaktadır. Orman kuruluşları arasında en yüksek odun üretimini611 251 m^3ile YO verirken, en düşük odun üretimini 396 536 m^3 ile GO orman kuruluşu vermiştir. Odun NBD açısından en yüksek değeri YO, en düşük değeri ise GO vermiştir. Planlama yörüngesi sonundaki net karbon birikimi açısından, en yüksek değer -26 360 ton ile GO'da, en düşük değer ise -137 854 ton ile YO'da gerçekleşmiştir. Planlama yörüngesi sonundaki karbon NBD toplamı, en yüksek GO ve en düşük YO orman kuruluşunda gerçekleşmiştir. Odun üretimi ve karbon birikiminden elde edilen toplam NBD'de ise, en yüksek değer 28 932 444 TL ile OYO'da ve en düşük değer 17 265 619 TL ile GO'da gerçekleşmiştir (Çizelge 3.6).

Çizelge 3. 6 Orman kuruluşlarına göre TC1 planlama senaryosunun model sonuçları

Orman Kuruluşu	Model Sonuçları				
	Odun Üretimi (m^3)	Odun NBD (TL)	Net Karbon Birikimi(Ton)	Karbon NBD (TL)	Odun ve Karbon NBD (TL)
OYO	533 628	36 667 418	-118 536	-7 734 975	28 932 444
GO	396 536	18 037 166	-26 360	-771 548	17 265 619
YO	611 251	44 126 115	-137 854	-10 307 292	33 818 823
GYO	498 592	30 423 989	-70 993	-5 343 777	25 080 212
DO	490 197	33 276 339	-84 129	-6 350 758	26 925 581

TC2 planlama senaryosunun amacı odun üretimi ve karbon birikiminden elde edilen toplam NBD'nin eniyilenmesidir ve bu senaryoda son envanter kısıtı bulunmaktadır. TC2 planlama senaryosunda orman kuruluşları arasında en yüksek odun üretimi OYO'da ve en düşük odun üretimi ise GO'da çıkmıştır. Odun NBD'de en yüksek değerler sırasıyla YO, OYO, DO, GYO ve GO orman kuruluşlarında çıkmıştır. Net karbon birikimi açısından ise en yüksek değer GO ve en düşük değer YO'da çıkmıştır. Planlama yörüngesi sonundaki toplam karbon NBD değeri, en yüksek -371 756TL ile GO'da ve en düşük ise -9 259 471 TL ile YO'da gerçekleşmiştir. Planlama yörüngesi sonunda odun üretimi ve karbon birikiminden elde edilen toplam NBD'de ise, en yüksek değeri YO ve en düşük değeri GO vermiştir (Çizelge 3.7).

Çizelge 3. 7 . Orman kuruluşlarına göre TC2 planlama senaryosunun model sonuçları

Orman Kuruluşu	Model Sonuçları				
	Odun Üretimi (m^3)	Odun NBD (TL)	Net Karbon Birikimi(Ton)	Karbon NBD (TL)	Odun ve Karbon NBD (TL)
OYO	451 723	34 774 025	-48 176	-6 847 886	27 926 139
GO	423 721	17 206 164	-37 792	-371 756	16 834 408
YO	441 939	41 352 844	-54 751	-9 259 471	32 093 373
GYO	438 962	29 330 682	-41 983	-4 527 165	24 803 517
DO	436 023	31 776 144	-45 108	-5 399 636	26 376 507

TC3 planlama senaryosunun amacı odun üretimi ve karbon birikiminden elde edilen toplam NBD'nin eniyilenmesidir ve bu senaryoda periyotlar arası eşit eta kısıtı bulunmaktadır.Orman kuruluşları arasında en yüksek odun üretimini584 464 m^3ile YO, en düşük odun üretimi miktarını ise 330 824 m^3ile GO orman kuruluşu vermiştir.Odun NBD açısından en yüksek değeri YO, en düşük değeri ise GO vermiştir.Net karbon birikimi açısından, en yüksek değer -4 203 ton ile GO'da, ve en düşük değer -145 475 ton ile OYO'da çıkmıştır. Planlama yörüngesi sonundaki karbon NBD açısından, en yüksek değer GO ve en düşük değer YO orman kuruluşunda gerçekleşmiştir. Planlama yörüngesi sonunda odun üretimi ve karbon birikiminden elde edilen toplam NBD'de ise, en yüksek değer 22 950 555 TL ile YO'da ve en düşük değer 16 260 866 TL ile GO'da çıkmıştır (Çizelge 3.8).

Çizelge 3. 8 Orman kuruluşlarına göre TC3 planlama senaryosunun model sonuçları

Orman Kuruluşu	Model Sonuçları				
	Odun Üretimi (m^3)	Odun NBD (TL)	Net Karbon Birikimi(Ton)	Karbon NBD (TL)	Odun ve Karbon NBD (TL)
OYO	544 248	25 667 885	-116 151	-3 834 542	21 833 343
GO	330 824	15 319 663	-4 203	941 202	16 260 866
YO	584 464	28 088 066	-145 475	-5 137 510	22 950 555
GYO	497 403	23 648 441	-91 413	-3 165 281	20 483 159
DO	530 673	25 147 088	-105 367	-3 657 442	21 489 646

TC4 planlama senaryosunun amacı odun üretimi ve karbon birikiminden elde edilen toplam NBD'nin eniyilenmesidir ve bu senaryoda eşit OPA kısıtı bulunmaktadır.Orman kuruluşları arasında en yüksek odun üretimi 559 380 m^3ile YO'da, en düşük odun üretimi ise 414 671 m^3ile GO orman kuruluşunda gerçekleşmiştir. Odun NBD açısından en yüksek değeri YO, en düşük değeri ise GO vermiştir. Planlama yörüngesi sonundaki net karbon birikimi açısından, en yüksek değer -38 872 ton ile GO'da ve en düşük değer

ise -136 530 ton YO'da çıkmıştır. Planlama yörüngesi sonundaki karbon NBD değerini, en yüksek GO ve en düşük değeri ise YO orman kuruluşu vermiştir. Planlama yörüngesi sonunda odun üretimi ve karbon birikiminden elde edilen toplam NBD'de ise, en yüksek değer 26 358 690 TL ile YO'da, en düşük değer ise 16 435 160 TL ile GO'da çıkmıştır (Çizelge 3.9).

Çizelge 3. 9 Orman kuruluşlarına göre TC4 planlama senaryosunun model sonuçları

Orman Kuruluşu	Model Sonuçları				
	Odun Üretimi (m^3)	Odun NBD (TL)	Net Karbon Birikimi(Ton)	Karbon NBD (TL)	Odun ve Karbon NBD (TL)
OYO	525 420	28 714 651	-109 973	-4 848 888	23 865 764
GO	414 671	16 762 187	-38 872	-327 027	16 435 160
YO	559 380	32 987 886	-136 530	-6 629 197	26 358 690
GYO	488 116	26 878 480	-89 228	-4 134 740	22 743 740
DO	514 187	29 778 957	-102 012	-5 076 485	24 702 473

TC5 planlama senaryosunun amacı odun üretimi ve karbon birikiminden elde edilen toplam NBD'nin eniyilenmesidir ve periyotlar arası %20 etakısıtı ile eşit OPA kısıtları modelde yer almaktadır. TC5 planlama senaryosunda orman kuruluşları arasında en yüksek odun üretimi YO ve en düşük odun üretimi ise, model çözümü olmayan GO hariç tutulursa, GYO'da gerçekleşmiştir. Planlama yörüngesi sonundaki odun NBD'de en yüksek değerler model çözümü olmayan GO hariç tutulursa sırasıyla YO, DO, OYO, GYO orman kuruluşlarında çıkmıştır. Planlama yörüngesi sonundaki net karbon birikimi açısından, en yüksek değer GYO, model çözümü olmayan GO hariç tutulursa, en düşük değer YO orman kuruluşunda çıkmıştır. Karbon NBD toplamı, en yüksek -3 152 523 TL ile GYO'da, en düşük değeri ise -5 455 545 TL ile YO'da gerçekleşmiştir. Planlama yörüngesi sonunda odun üretimi ve karbon birikiminden elde edilen toplam NBD'de ise, en yüksek değer YO ve en düşük değer GYO'da gerçekleşmiştir (Çizelge 3.10).

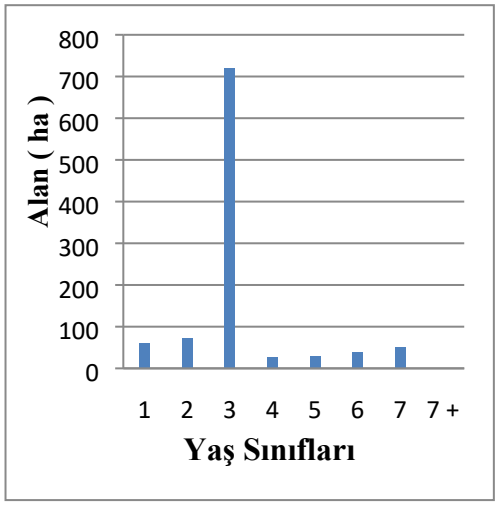
Çizelge 3. 10 Orman kuruluşlarına göre TC5 planlama senaryosunun model sonuçları

Orman Kuruluşu	Model Sonuçları				
	Odun Üretimi (m^3)	Odun NBD (TL)	Net Karbon Birikimi(Ton)	Karbon NBD (TL)	Odun ve Karbon NBD (TL)
OYO	528 772	26 229 681	-109 789	-3 986 026	22 243 655
GO	Çözüm yok	Çözüm yok	Çözüm yok	Çözüm yok	Çözüm yok
YO	555 589	29 270 444	-135 855	-5 455 545	23 814 899
GYO	489 594	23 762 335	-88 428	-3 152 523	20 609 811
DO	519 687	26 693 639	-101 770	-4 083 890	22 609 749

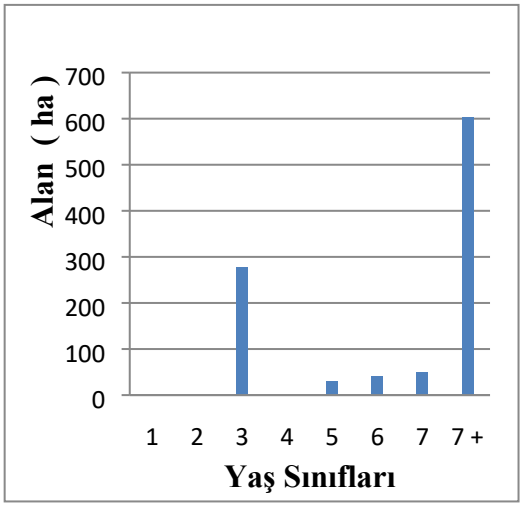
Ana amacı odun üretiminden elde edilen NBD'nin eniyilendiği tüm T planlama senaryoları ile odun üretimi ve karbon birikiminden elde edilen toplam NBD'nin eniyilendiği tüm TC planlama senaryolarında, en yüksek toplam NBD değeri YO orman kuruluşunda elde edilmiştir. YO orman kuruluşunun TC planlama senaryolarında periyotlara bağlı odun üretimi miktarları Çizelge 3.11'de, planlama yörüngesi sonundaki yaş sınıfı dağılımı Şekil 3.1'de verilmiştir. Ayrıca YO orman kuruluşunda TC5 planlama senaryosuna göre periyotlara bağlı odun ürün çeşitleri Çizelge 3.12'de ve net karbon birikimi değerleri Şekil3.2 'de verilmiştir.

Çizelge 3. 11 YO orman kuruluşunun TC planlama senaryolarında periyotlara göre odun üretimi miktarları (m^3)

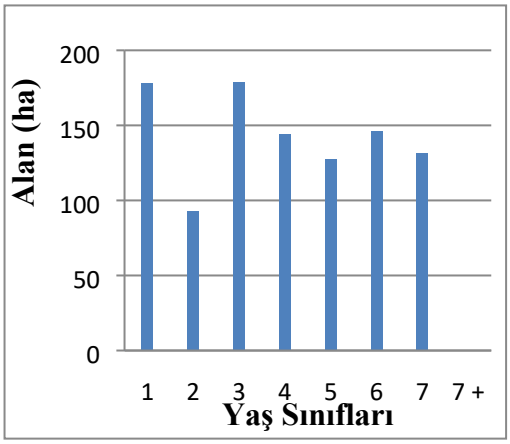
Periyotlar	Model Sonuçları				
	TC1	TC2	TC3	TC4	TC5
1	273461	273461	58446	171458	73594
2	22944	22944	58446	0	58876
3	19120	19120	58446	0	47100
4	15934	15934	58446	62958	56521
5	12747	12747	58446	56994	62902
6	9560	9560	58446	64650	64650
7	8923	0	58446	52964	52964
8	229442	88173	58446	45524	45524
9	0	0	58446	50337	46818
10	19120	0	58446	54494	46640
TOPLAM	**611 251**	**441 939**	**584 464**	**559 380**	**555 589**



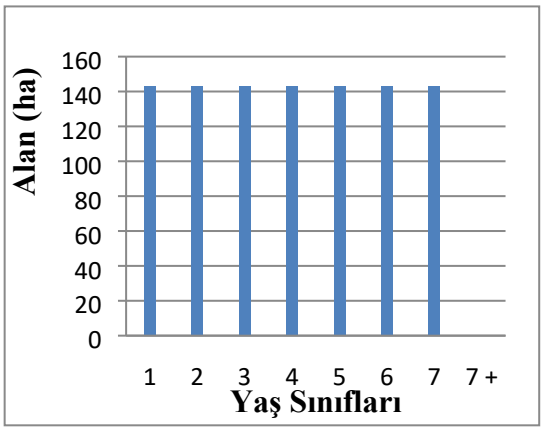
a)



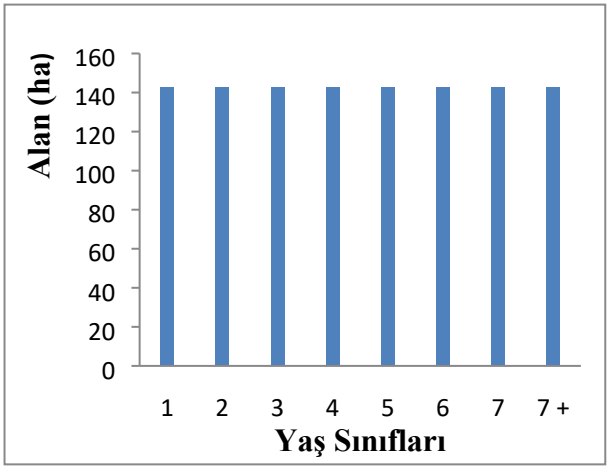
b)



c)



d)

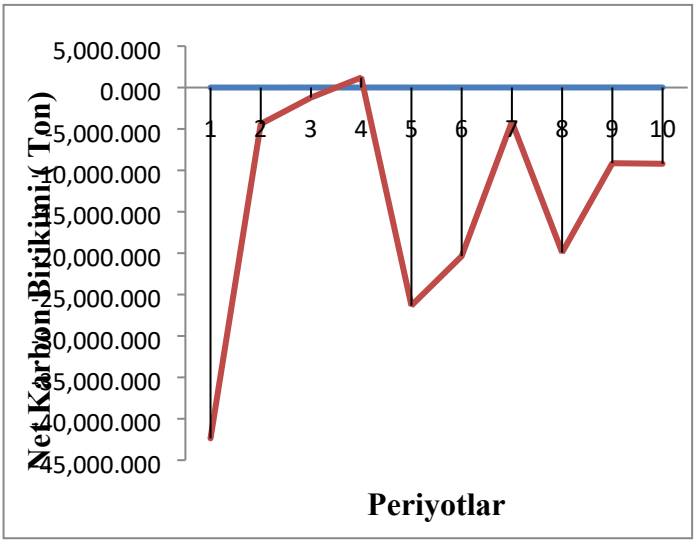


e)

Şekil 3. 1 YO orman kuruluşunun a) TC1 b) TC2 c) TC3 d) TC4 ve e) TC5 için planlama yörüngesi sonundaki yaş sınıfı dağılımı

Çizelge 3. 12 YO orman kuruluşunun TC5 planlama senaryolarında periyotlara göre odun ürün çeşitleri miktarları (m^3)

Periyotlar	Odun Ürün Çeşitleri					
	1 Sınıf Tomruk	2 Sınıf Tomruk	3 Sınıf Tomruk	Maden Direği	Sanayi Odunu	Yakacak Odun
1	4393	6596	30871	11121	9159	1108
2	3471	5419	25903	8440	6951	841
3	2775	4341	20771	6733	5545	671
4	3232	4912	23528	8759	7223	840
5	3661	5876	28388	8766	7221	867
6	3769	6133	29744	8765	7219	872
7	2947	4365	21010	8715	7193	813
8	2131	3130	16462	8550	7080	706
9	2273	3339	17218	8596	7114	726
10	2254	3310	17114	8590	7109	723
TOPLAM	**30 907**	**47 421**	**231 009**	**87 034**	**71 815**	**8168**



Şekil 3. 2 YO orman kuruluşunun TC5 planlama senaryosunda periyotlara bağlı net karbon birikimi miktarları

3.2 Farklı İdare Sürelerinin Etkileri

İdare süresi 70 olan temel planlama senaryosu TC5 ile idare süreleri 60 ve 80 olan TC5_60 ve TC5_80 senaryoları, planlama yörüngesi sonunda odun üretiminden elde edilen NBD'ler itibariyle karşılaştırılmıştır (Çizelge 3.13). İdare süresinin 70 yıldan 60 yıla düşürülmesi durumunda, planlama yörüngesi sonunda odun üretiminden elde edilen toplam NBD, OYO'da yaklaşık %12.6'lık bir artış gerçekleşirken, idare süresinin 80 yıla çıkarılması durumunda %9.8'lik bir azalma meydana gelmiştir. GO'da 70 ve 80 yıl

idare sürelerinde model çözüm vermezken, 60 yıl idare süresinde yaklaşık 19.2 milyon TL'lik bir NBD elde edilmiştir. YO'da idare süresinin 10 yıl azaltılması durumunda toplam NBD %13.9 oranında artarken, 10 yıl uzatılması durumunda %11.2 azalmıştır. GYO'da idare süresinin 10 yıl azaltılması durumunda toplam NBD %16.5 oranında artarken, 10 yıl uzatılması durumunda ise model çözüm vermemiştir. Son olarak DO'da idare süresinin 10 yıl azaltılması durumunda toplam NBD %11.9 oranında artarken, 10 yıl uzatılması durumunda %13 azalmıştır.

Çizelge 3. 13 Değişik idare sürelerine göre farklı orman kuruluşlarından planlama yörüngesi sonunda odun üretimi itibariyle elde edilen toplam NBD'ler (TL)

Orman Kuruluşu	**Senaryolar**		
	TC5_60	**TC5**	**TC5_80**
OYO	29 546 786	26229682	23 666 018
GO	19 178 974	Çözüm yok	Çözüm yok
YO	33 334 184	29270444	25 992 934
GYO	27 672 100	23 762 334	Çözüm yok
DO	29 860 412	26 693 640	23 201 574

İdare süresi 70 olan temel planlama senaryosu TC5 ile idare süreleri 60 ve 80 olan TC5_60 ve TC5_80 senaryoları, planlama yörüngesi sonunda odun üretimi itibariyle karşılaştırılmıştır (Çizelge 3.14). İdare süresinin 70 yıldan 60 yıla düşürülmesi durumunda, planlama yörüngesi sonunda elde edilen toplam odun üretimi, OYO'da yaklaşık %6.1'lık bir artış gerçekleşirken, idare süresinin 80 yıla çıkarılması durumunda %7.5'lik bir azalma meydana gelmiştir. GO'da 70 ve 80 yıl idare sürelerinde model çözüm vermezken, 60 yıl idare süresinde 463245m^3odunüretimi elde edilmiştir. YO'da idare süresinin 10 yıl azaltılması durumunda toplam odun üretimi%8.4 oranında artarken, 10 yıl uzatılması durumunda %6.3 azalmıştır. GYO'da idare süresinin 10 yıl azaltılması durumunda toplam odun üretimi %8.9 oranında artarken, 10 yıl uzatılması durumunda ise model çözüm vermemiştir. Son olarak DO'da idare süresinin 10 yıl azaltılması durumunda toplam odun üretimi %5.3 oranında artarken, 10 yıl uzatılması durumunda %8.4 azalmıştır.

Çizelge 3. 14 Değişik idare sürelerine göre farklı orman kuruluşlarından planlama yörüngesi sonunda elde edilen toplam odun üretimi miktarları (m^3)

Orman Kuruluşu	Senaryolar		
	TC5_60	**TC5**	**TC5_80**
OYO	561 225	528772	489 069
GO	463 245	Çözüm yok	Çözüm yok
YO	602 509	555588	520 404
GYO	533 088	489 594	Çözüm yok
DO	547 146	519 686	475 890

İdare süresi 70 olan temel planlama senaryosu TC5 ile idare süreleri 60 ve 80 olan TC5_60 ve TC5_80 senaryoları, planlama yörüngesi sonunda net karbon birikiminden elde edilen NBD itibariyle karşılaştırılmıştır (Çizelge 3.15). İdare süresinin 70 yıldan 60 yıla düşürülmesi durumunda, planlama yörüngesi sonunda elde edilen toplam karbon NBD, OYO'da yaklaşık %29.5'lık bir azalış gerçekleşirken, idare süresinin 80 yıla çıkarılması durumunda %19.4'lik bir artış meydana gelmiştir. GO'da 70 ve 80 yıl idare sürelerinde model çözüm vermezken, 60 yıl idare süresinde -1520753 ton karbon NBD elde edilmiştir. YO'da idare süresinin 10 yıl azaltılması durumunda toplam karbon NBD %25 oranında azalırken, 10 yıl uzatılması durumunda %21.2artmıştır. GYO'da idare süresinin 10 yıl azaltılması durumunda toplam karbon NBD %48.4 oranında azalırken, 10 yıl uzatılması durumunda ise model çözüm vermemiştir. Son olarak DO'da idare süresinin 10 yıl azaltılması durumunda toplam karbon NBD %29.5 oranında azalırken, 10 yıl uzatılması durumunda %26.2artmıştır.

Çizelge 3. 15 Değişik idare sürelerine göre farklı orman kuruluşlarından planlama yörüngesi sonunda net karbon birikimi itibariyle elde edilen toplam NBD'ler (TL)

Orman Kuruluşu	Senaryolar		
	TC5_60	**TC5**	**TC5_80**
OYO	-5 160 048	-3986026	-3 212 766
GO	-1 520 753	Çözüm yok	Çözüm yok
YO	-6 818 669	-5455545	-4 297 389
GYO	-4 678 214	-3 152 523	Çözüm yok
DO	-5 286 810	- 4 083 890	-3 014 161

İdare süresi 70 olan temel planlama senaryosu TC5 ile idare süreleri 60 ve 80 olan TC5_60 ve TC5_80 senaryoları, planlama yörüngesi sonunda elde edilen net karbon birikimi itibariyle karşılaştırılmıştır (Çizelge 3.16). İdare süresinin 70 yıldan 60 yıla

düşürülmesi durumunda, planlama yörüngesi sonunda elde edilen toplam net karbon birikimi, OYO'da yaklaşık %9.8'lık bir artış gerçekleşirken, idare süresinin 80 yıla çıkarılması durumunda %9.2'lik bir artış meydana gelmiştir. GO'da 70 ve 80 yıl idare sürelerinde model çözüm vermezken, 60 yıl idare süresinde -56461 ton karbon birikimi elde edilmiştir. YO'da idare süresinin 10 yıl azaltılması durumunda toplam karbon birikimi %3.2 oranında artarken, 10 yıl uzatılması durumunda %12.1 artmıştır. GYO'da idare süresinin 10 yıl azaltılması durumunda toplam karbon birikimi %3.7 oranında azalırken, 10 yıl uzatılması durumunda ise model çözüm vermemiştir. Son olarak DO'da idare süresinin 10 yıl azaltılması durumunda toplam karbon birikimi %9 oranında artarken, 10 yıl uzatılması durumunda %16.3 artmıştır.

Çizelge 3. 16 Değişik idare sürelerine göre farklı orman kuruluşlarından planlama yörüngesi sonunda elde edilen net karbon birikimi miktarları (ton)

Orman Kuruluşu	**Senaryolar**		
	TC5_60	**TC5**	**TC5_80**
OYO	-99 048	-109788	-99 670
GO	-56 461	Çözüm yok	Çözüm yok
YO	-131 450	-135854	-119 425
GYO	-91 440	- 88 427	Çözüm yok
DO	-92 656	- 101 770	-85 136

İdare süresi 70 olan temel planlama senaryosu TC5 ile idare süreleri 60 ve 80 olan TC5_60 ve TC5_80 senaryoları, planlama yörüngesi sonunda odun üretimi ve karbon birikiminden elde edilen toplam NBD itibariyle karşılaştırılmıştır (Çizelge 3.17). İdare süresinin 70 yıldan 60 yıla düşürülmesi durumunda, planlama yörüngesi sonunda odun ve karbondan elde edilen toplam NBD, OYO'da yaklaşık %9.6'lık bir artış gerçekleşirken, idare süresinin 80 yıla çıkarılması durumunda %8'lik bir azalış meydana gelmiştir. GO'da 70 ve 80 yıl idare sürelerinde model çözüm vermezken, 60 yıl idare süresinde 17658221 TL toplam NBD elde edilmiştir. YO'da idare süresinin 10 yıl azaltılması durumunda toplam odun ve karbon NBD %11.3 oranında artarken, 10 yıl uzatılması durumunda %8.9azalmıştır. GYO'da idare süresinin 10 yıl azaltılması durumunda toplam odun ve karbon NBD %11.6 oranında artarken, 10 yıl uzatılması durumunda ise model çözüm vermemiştir. Son olarak DO'da idare süresinin 10 yıl azaltılması durumunda toplam odun ve karbon NBD %8.7 oranında artarken, 10 yıl uzatılması durumunda %10.7azalmıştır.

Çizelge 3. 17 Değişik idare sürelerine göre farklı orman kuruluşlarından planlama yörüngesi sonunda odun üretimi ve net karbon birikimi itibariyle elde edilen toplam NBD'ler (TL)

Orman Kuruluşu	Senaryolar		
	TC5_60	TC5	TC5_80
OYO	24 386 738	22243656	20 453 252
GO	17 658 221	Çözüm yok	Çözüm yok
YO	26 515 515	23814899	21 695 545
GYO	22 993 886	20 609 811	Çözüm yok
DO	24 573 602	22 609 750	20 87 413

3.3 Farklı Iskonto Oranlarının Etkileri

NBD hesabında %3 ıskonto oranının kullanıldığı temel planlama senaryosu TC5 ile ıskonto oranlarının %1, 2, 4 ve 5 olarak alındığı TC5_1, TC5_2, TC5_4 ve TC5_5 senaryoları, planlama yörüngesi sonunda odun üretiminden elde edilen NBD'ler itibariyle karşılaştırılmıştır (Çizelge 3.18). Iskonto oranının %3 yerine %1 ve 2 alınması durumunda, planlama yörüngesi sonunda odun üretiminden elde edilen toplam NBD, OYO'da sırasıyla yaklaşık %92 ve 33.9 oranlarında bir artış gerçekleşirken, %4 ve 5 alınması durumunda sırasıyla %21.2 ve 35.2 oranında bir azalma meydana gelmiştir. GO'da model çözüm vermemiştir. YO'da ıskonto oranlarının azaltılması ile odun üretimi NBD %87.3 ve 32.4 oranlarında artarken, ıskonto oranlarının artırılması durumunda odun üretimi NBD %20.5 ve 34.3 oranlarında azalmıştır. GYO'da ıskonto oranlarının azaltılması ile odun üretimi NBD %92 ve 34 oranlarında artarken, ıskonto oranlarının artırılması durumunda odun üretimi NBD %21.2 ve 35.4 oranlarında azalmıştır. Son olarak DO'da ıskonto oranlarının azaltılması ile odun üretimi NBD %84.7 ve 31.5 oranlarında artarken, ıskonto oranlarının artırılması durumunda odun üretimi NBD %20 ve 33.5 oranlarında azalmıştır.

Çizelge 3. 18 Değişik ıskonto oranlarına göre farklı orman kuruluşlarından planlama yörüngesi sonunda odun üretimi itibariyle elde edilen toplam NBD'ler (TL)

Orman Kuruluşu	Senaryolar				
	TC5_1	TC5_2	TC5	TC5_4	TC5_5
OYO	50 353 552	35 115 796	26 229 682	20 673 602	16 996 238
GO	Çözüm yok	Çözüm yok	Çözüm yok	Çözüm yok	Çözüm yok
YO	54 825 060	38 766 868	29 270 444	23 259 318	19 221 512
GYO	45 671 392	31 844 764	23 762 334	18 716 356	15 361 172
DO	49 308 948	35 110 352	26 693 640	21 357 738	17 760 824

NBD hesabında %3 ıskonto oranının kullanıldığı temel planlama senaryosu TC5 ile ıskonto oranlarının %1, 2, 4 ve 5 olarak alındığı TC5_1, TC5_2, TC5_4 ve TC5_5 senaryoları, planlama yörüngesi sonunda elde edilen odun üretimi itibariyle karşılaştırılmıştır (Çizelge 3.19). Iskonto oranının %3 yerine %1, 2, 4 veya 5 alınması durumunda, planlama yörüngesi sonunda elde edilen toplam odun üretimi, tüm orman kuruluşlarında hemen hemen aynı kalmıştır. Çok düşük miktarlarda değişiklikler göstermiştir.

Çizelge 3. 19 Değişik ıskonto oranlarına göre farklı orman kuruluşlarından planlama yörüngesi sonunda elde edilen toplam odun üretimi miktarları (m^3)

Orman Kuruluşu	**Senaryolar**				
	TC5_1	**TC5_2**	**TC5**	**TC5_4**	**TC5_5**
OYO	528 948	528 771	528 772	528 757	528 680
GO	Çözüm yok	Çözüm yok	Çözüm yok	Çözüm yok	Çözüm yok
YO	556 139	555 749	555 588	555 588	555 588
GYO	492 227	490 203	489 594	489 594	489 594
DO	520 218	519 821	519 686	519 663	519 663

NBD hesabında %3 ıskonto oranının kullanıldığı temel planlama senaryosu TC5 ile ıskonto oranlarının %1, 2, 4 ve 5 olarak alındığı TC5_1, TC5_2, TC5_4 ve TC5_5 senaryoları, planlama yörüngesi sonunda odun üretiminden elde edilen NBD'ler itibariyle karşılaştırılmıştır (Çizelge 3.20). Iskonto oranının %3 yerine %1 ve 2 alınması durumunda, planlama yörüngesi sonunda net karbon birikiminden elde edilen toplam NBD, OYO'da sırasıyla yaklaşık %81.8 ve 27.6 oranında bir azalış gerçekleşirken, %4 ve 5 alınması durumunda sırasıyla %15.7 ve 25.3 oranında bir artış meydana gelmiştir. GO'da model çözüm vermemiştir. YO'da ıskonto oranlarının azaltılması ile karbon NBD %70 ve 25 oranlarında azalırken, ıskonto oranlarının artırılması durumunda karbon NBD %15.3 ve 25.4 oranlarında artmıştır. GYO'da ıskonto oranlarının azaltılması ile karbon NBD %75.2 ve 26.2 oranlarında azalırken, ıskonto oranlarının artırılması durumunda karbon NBD %14.5 ve 23.4 oranlarında artmıştır. Son olarak DO'da ıskonto oranlarının azaltılması ile karbon NBD %64.8 ve 22.7 oranlarında azalırken, ıskonto oranlarının artırılması durumunda karbon NBD %13.1 ve 21.3 oranlarında artmıştır.

Çizelge 3. 20 Değişik ıskonto oranlarına göre farklı orman kuruluşlarından planlama yörüngesi sonunda net karbon birikimi itibariyle elde edilen toplam NBD'ler (TL)

Orman Kuruluşu	Senaryolar				
	TC5_1	TC5_2	TC5	TC5_4	TC5_5
OYO	-7 246 400	-5 087 541	-3 986 026	-3 361 202	-2 977 273
GO	Çözüm yok	Çözüm yok	Çözüm yok	Çözüm yok	Çözüm yok
YO	-9 272 052	-6 820 957	-5 455 545	-4 619 400	-4 068 824
GYO	-5 524 116	-3 977 860	-3 152 523	-2 694 585	-2 414 679
DO	-6 729 164	-5 009 532	- 4 083 890	-3 548 138	-3 213 506

NBD hesabında %3 ıskonto oranının kullanıldığı temel planlama senaryosu TC5 ile ıskonto oranlarının %1, 2, 4 ve 5 olarak alındığı TC5_1, TC5_2, TC5_4 ve TC5_5 senaryoları, planlama yörüngesi sonunda elde edilen net karbon birikimi itibariyle karşılaştırılmıştır (Çizelge 3.21). Iskonto oranının %3 yerine %1, 2, 4 veya 5 alınması durumunda, planlama yörüngesi sonunda elde edilen toplam net karbon birikimi, tüm orman kuruluşlarında hemen hemen aynı kalmıştır. Çok düşük miktarlarda değişiklikler göstermiştir.

Çizelge 3. 21 Değişik ıskonto oranlarına göre farklı orman kuruluşlarından planlama yörüngesi sonunda elde edilen net karbon birikimi miktarları (ton)

Orman Kuruluşu	Senaryolar				
	TC5_1	TC5_2	TC5	TC5_4	TC5_5
OYO	-109 961	-109 788	-109 788	-109 681	-109 638
GO	Çözüm yok	Çözüm yok	Çözüm yok	Çözüm yok	Çözüm yok
YO	-136 002	-135 893	-135 854	-135 854	-135 854
GYO	-86 519	-88 474	- 88 427	-88 427	-88 427
DO	-101 226	-101 791	- 101 770	-101 763	-101 763

NBD hesabında %3 ıskonto oranının kullanıldığı temel planlama senaryosu TC5 ile ıskonto oranlarının %1, 2, 4 ve 5 olarak alındığı TC5_1, TC5_2, TC5_4 ve TC5_5 senaryoları, planlama yörüngesi sonunda odun üretimi ve karbon birikiminden elde edilen toplam NBD'ler itibariyle karşılaştırılmıştır (Çizelge 3.22). Iskonto oranının %3 yerine %1 ve 2 alınması durumunda, planlama yörüngesi sonunda odun ve karbondan elde edilen toplam NBD, OYO'da sırasıyla yaklaşık %93.8 ve 35 oranlarında bir artış gerçekleşirken, %4 ve 5 alınması durumunda sırasıyla %22.2 ve 37 oranlarında bir azalma meydana gelmiştir. GO'da model çözüm vermemiştir. YO'da ıskonto oranlarının azaltılması ile toplam odun ve karbon NBD %91.3 ve 34.1 oranlarında artarken, ıskonto oranlarının artırılması durumunda toplam NBD %21.7 ve

36.4oranlarında azalmıştır. GYO'da ıskonto oranlarının azaltılması ile toplam NBD %94.8 ve 35.2 oranlarında artarken, ıskonto oranlarının artırılması durumunda toplam NBD %22.3 ve 37.2 oranlarında azalmıştır. Son olarak DO'da ıskonto oranlarının azaltılması ile toplam NBD %88.3 ve 33.1 oranlarında artarken, ıskonto oranlarının artırılması durumunda toplam NBD %21.2 ve 35.7 oranlarında azalmıştır.

Çizelge 3. 22 Değişik ıskonto oranlarına göre farklı orman kuruluşlarından planlama yörüngesi sonunda odun üretimi ve net karbon birikimi itibariyle elde edilen toplam NBD'ler (TL)

Orman Kuruluşu	Senaryolar				
	TC5_1	TC5_2	TC5	TC5_4	TC5_5
OYO	43 107 152	30 028 255	22 243 656	17 312 400	14 018 965
GO	Çözüm yok	Çözüm yok	Çözüm yok	Çözüm yok	Çözüm yok
YO	45 553 008	31 945 911	23 814 899	18 639 918	15 152 688
GYO	40 147 276	27 866 904	20 609 811	16 021 771	12 946 493
DO	42 579 784	30 100 820	22 609 750	17 809 600	14 547 318

3.4 Farklı Birim Karbon Fiyatlarının Etkileri

NBD hesabında 100 TL birim karbon fiyatının kullanıldığı temel planlama senaryosu TC5 ile farklı karbon fiyatlarının 0, 50, 150 ve 200 TL olarak alındığı TC5_0, TC5_50, TC5_150 ve TC5_200 senaryoları, planlama yörüngesi sonunda odun üretiminden elde edilen NBD'ler itibariyle karşılaştırılmıştır (Çizelge 3.23). Tüm planlama senaryolarında planlama yörüngesi sonunda elde edilen odun NBD değerlerinin tüm orman kuruluşlarında hemen hemen aynı kaldığı görülmüştür.

Çizelge 3. 23 Değişik birim karbon fiyatlarına göre farklı orman kuruluşlarından planlama yörüngesi sonunda odun üretimi itibariyle elde edilen toplam NBD'ler (TL)

Orman Kuruluşu	Senaryolar				
	TC5_0	TC5_50	TC5	TC5_150	TC5_200
OYO	26 302 614	26 288 858	26 229 682	26 228 724	26 228 724
GO	Çözüm yok	Çözüm yok	Çözüm yok	Çözüm yok	Çözüm yok
YO	29 334 378	29 322 286	29 270 444	29 261 964	29 096 868
GYO	23 762 334	23 762 334	23 762 334	23 757 078	23 757 078
DO	26 693 640	26 693 640	26 693 640	26 665 592	26 520 728

NBD hesabında 100 TL birim karbon fiyatının kullanıldığı temel planlama senaryosu TC5 ile farklı karbon fiyatlarının 0, 50, 150 ve 200 TL olarak alındığı TC5_0, TC5_50, TC5_150 ve TC5_200 senaryoları, planlama yörüngesi sonunda elde edilen toplam odun üretimi itibariyle karşılaştırılmıştır (Çizelge 3.24). Tüm planlama senaryolarında planlama yörüngesi sonunda elde edilen toplam odun üretimi miktarlarının tüm orman kuruluşlarında hemen hemen aynı kaldığı görülmüştür.

Çizelge 3. 24 Değişik birim karbon fiyatlarına göre farklı orman kuruluşlarından planlama yörüngesi sonunda elde edilen toplam odun üretimi miktarları (m^3)

Orman Kuruluşu	Senaryolar				
	TC5_0	**TC5_50**	**TC5**	**TC5_150**	**TC5_200**
OYO	529 097	529 055	528 772	528 766	528 776
GO	Çözüm yok	Çözüm yok	Çözüm yok	Çözüm yok	Çözüm yok
YO	556 167	555 928	555 588	555 541	554 623
GYO	489 594	489 594	489 594	489 557	489 557
DO	517 348	519 686	519 686	519 662	519 024

NBD hesabında 100 TL birim karbon fiyatının kullanıldığı temel planlama senaryosu TC5 ile farklı karbon fiyatlarının 0, 50, 150 ve 200 TL olarak alındığı TC5_0, TC5_50, TC5_150 ve TC5_200 senaryoları, planlama yörüngesi sonunda elde edilen toplam karbon NBD itibariyle karşılaştırılmıştır (Çizelge 3.25). Birim karbon fiyatının 100 TL yerine 0 ve 50 alınması durumunda, planlama yörüngesi sonunda net karbon birikiminden elde edilen toplam NBD, OYO'da sırasıyla yaklaşık %100 ve 48.8 oranında bir artış gerçekleşirken, 150 ve 200 TL alınması durumunda sırasıyla %50 ve 100 oranında bir azalış meydana gelmiştir. GO'da model çözüm vermemiştir. YO'da birim karbon fiyatlarının azaltılması ile karbon NBD %100 ve 49.3 oranlarında artarken, birim karbon fiyatlarının artırılması durumunda karbon NBD %49.8 ve 96.1 oranlarında azalmıştır. GYO'da birim karbon fiyatlarının azaltılması ile karbon NBD %100 ve 50 oranlarında artarken, birim karbon fiyatlarının artırılması durumunda karbon NBD %49.8 ve 99.8 oranlarında azalmıştır. Son olarak DO'da birim karbon fiyatlarının azaltılması ile karbon NBD %100 ve 50 oranlarında artarken, birim karbon fiyatlarının artırılması durumunda karbon NBD %49.2 ve 94.9 oranlarında azalmıştır.

Çizelge 3. 25 Değişik birim karbon fiyatlarına göre farklı orman kuruluşlarından planlama yörüngesi sonunda net karbon birikimi itibariyle elde edilen toplam NBD'ler (TL)

Orman Kuruluşu	Senaryolar				
	TC5_0	TC5_50	TC5	TC5_150	TC5_200
OYO	0	-2 041 025	-3 986 026	-5 977 704	-7 970 270
GO	Çözüm yok	Çözüm yok	Çözüm yok	Çözüm yok	Çözüm yok
YO	0	-2 765 784	-5 455 545	-8 173 045	-10 698 561
GYO	0	-1 576 261	-3 152 523	-4 723 242	-6 297 653
DO	0	-2 041 945	- 4 083 890	-6 094 095	-7 959 858

NBD hesabında 100 TL birim karbon fiyatının kullanıldığı temel planlama senaryosu TC5 ile farklı karbon fiyatlarının 0, 50, 150 ve 200 TL olarak alındığı TC5_0, TC5_50, TC5_150 ve TC5_200 senaryoları, planlama yörüngesi sonunda elde edilen toplam net karbon birikimi itibariyle karşılaştırılmıştır (Çizelge 3.26). Tüm planlama senaryolarında planlama yörüngesi sonunda elde edilen net karbon birikimi miktarlarının tüm orman kuruluşlarında hemen hemen aynı kaldığı görülmüştür.

Çizelge 3. 26 Değişik birim karbon fiyatlarına göre farklı orman kuruluşlarından planlama yörüngesi sonunda elde edilen net karbon birikimi miktarları (ton)

Orman Kuruluşu	Senaryolar				
	TC5_0	TC5_50	TC5	TC5_150	TC5_200
OYO	-109 956	-109 893	-109 788	-109 788	-109 788
GO	Çözüm yok	Çözüm yok	Çözüm yok	Çözüm yok	Çözüm yok
YO	-136 040	-135 912	-135 854	-135 843	-135 585
GYO	-88 427	-88 427	- 88 427	-88 418	-88 418
DO	-102 443	-101 770	- 101 770	-101 750	-101 333

NBD hesabında 100 TL birim karbon fiyatının kullanıldığı temel planlama senaryosu TC5 ile farklı karbon fiyatlarının 0, 50, 150 ve 200 TL olarak alındığı TC5_0, TC5_50, TC5_150 ve TC5_200 senaryoları, planlama yörüngesi sonunda elde edilen toplam odun ve karbon NBD'ler itibariyle karşılaştırılmıştır (Çizelge 3.27). Birim karbon fiyatının 100 TL yerine 0 ve 50 alınması durumunda, planlama yörüngesi sonunda odun üretimi ve karbon birikiminden elde edilen toplam NBD, OYO'da sırasıyla yaklaşık %18.2 ve 11.7 oranında bir artış gerçekleşirken, 150 ve 200 TL alınması durumunda sırasıyla %9 ve 17.9 oranında bir azalış meydana gelmiştir. GO'da model çözüm vermemiştir. YO'da birim karbon fiyatlarının azaltılması ile karbon NBD %49.3 ve

11.5 oranlarında artarken, birim karbon fiyatlarının artırılması durumunda karbon NBD %11.4 ve 22.7 oranlarında azalmıştır. GYO'da birim karbon fiyatlarının azaltılması ile karbon NBD %15.3 ve 7.6 oranlarında artarken, birim karbon fiyatlarının artırılması durumunda karbon NBD %7.6 ve 15.3 oranlarında azalmıştır. Son olarak DO'da birim karbon fiyatlarının azaltılması ile karbon NBD %18.1 ve 9 oranlarında artarken, birim karbon fiyatlarının artırılması durumunda karbon NBD %8.2 ve 17.9 oranlarında azalmıştır.

Çizelge 3. 27 Değişik birim karbon fiyatlarına göre farklı orman kuruluşlarından planlama yörüngesi sonunda odun üretimi ve net karbon birikimi itibariyle elde edilen toplam NBD'ler (TL)

Orman Kuruluşu	**Senaryolar**				
	TC5_0	**TC5_50**	**TC5**	**TC5_150**	**TC5_200**
OYO	26 302 614	24 847 833	22 243 656	20 251 020	18 258 454
GO	Çözüm yok	Çözüm yok	Çözüm yok	Çözüm yok	Çözüm yok
YO	29 334 378	26 556 502	23 814 899	21 088 919	18 398 307
GYO	23 762 334	22 186 073	20 609 811	19 033 836	17 459 425
DO	26 693 640	24 651 695	22 609 750	20 571 497	18 560 870

3.5 Odun Ürün Çeşitlerinin Zamana Bağlı Emisyonlarının Etkileri

Odun ürün çeşitlerinden zamana bağlı olarak meydana gelen emisyonların modele dahil edilmediği TC5 ve dahil edildiği TC5_E planlama senaryoları OYO'da karşılaştırılmıştır (Çizelge 3.28). Sonuçlar incelendiğinde, toplam odun üretimi ve odun üretiminden elde edilen NBD'de değişikliklerin olmadığı görülmüştür. Planlama yörüngesi sonunda karbon birikiminden elde edilen NBD'de %40.6 artış, net karbon birikimi miktarında %7.9 artış ve toplam odun ve karbon NBD değerinde ise %7.3 artış gerçekleşmiştir.

Çizelge 3. 28 Odun ürün çeşitlerinden zamana bağlı olarak meydana gelen emisyonların orta yaşlı ormanda modele dahil edilmesinin planlama yörüngesi sonunda performans çıktıları üzerine etkileri

Performans Çıktıları	**Senaryolar**	
	TC5	**TC5_E**
NBD Odun (TL)	26229682	26 229 682
Toplam Eta (m3)	528 772	528 772
NBD Karbon (TL)	-3986026	-2 369 670
Net Karbon Birikimi (ton)	-109 788	-101 114
NBD Odun+Karbon (TL)	22 243 656	23 860 012

Odun ürün çeşitlerinden zamana bağlı olarak meydana gelen emisyonların modele dahil edilmediği TC5 ve dahil edildiği TC5_E planlama senaryoları GO'da karşılaştırılmıştır (Çizelge 3.29). Model çözüm vermemiştir.

Çizelge 3. 29 Odun ürün çeşitlerinden zamana bağlı olarak meydana gelen emisyonların genç ormanda modele dahil edilmesinin planlama yörüngesi sonunda performans çıktıları üzerine etkileri

Performans Çıktıları	**Senaryolar**	
	TC5	**TC5_E**
NBD Odun (TL)	Çözüm Yok	Çözüm Yok
Toplam Eta (m3)	Çözüm Yok	Çözüm Yok
NBD Karbon (TL)	Çözüm Yok	Çözüm Yok
Net Karbon Birikimi (ton)	Çözüm Yok	Çözüm Yok
NBD Odun+Karbon (TL)	Çözüm Yok	Çözüm Yok

Odun ürün çeşitlerinden zamana bağlı olarak meydana gelen emisyonların modele dahil edilmediği TC5 ve dahil edildiği TC5_E planlama senaryoları YO'da karşılaştırılmıştır (Çizelge 3.30). Sonuçlar incelendiğinde, toplam odun üretimi ve odun üretiminden elde edilen NBD'de değişikliklerin hemen hemen olmadığı görülmüştür. Planlama yörüngesi sonunda karbon birikiminden elde edilen NBD'de %37.2 artış, net karbon birikimi miktarında %10.6 artış ve toplam odun ve karbon NBD değerinde ise %8.5 artış gerçekleşmiştir.

Çizelge 3. 30 Odun ürün çeşitlerinden zamana bağlı olarak meydana gelen emisyonların yaşlı ormanda modele dahil edilmesinin planlama yörüngesi sonunda performans çıktıları üzerine etkileri

Performans Çıktıları	**Senaryolar**	
	TC5	**TC5_E**
NBD Odun (TL)	29 270 444	29 258 326
Toplam Eta (m3)	555 588	555 652
NBD Karbon (TL)	-5 455 545	-3 427 545
Net Karbon Birikimi (ton)	-135 854	-121 395
NBD Odun+Karbon (TL)	23 814 899	25 830 781

Odun ürün çeşitlerinden zamana bağlı olarak meydana gelen emisyonların modele dahil edilmediği TC5 ve dahil edildiği TC5_E planlama senaryoları GYO'da karşılaştırılmıştır (Çizelge 3.31). Sonuçlar incelendiğinde, toplam odun üretimi ve odun üretiminden elde edilen NBD'de değişikliklerin olmadığı görülmüştür. Planlama yörüngesi sonunda karbon birikiminden elde edilen NBD'de %48.9 artış, net karbon birikimi miktarında %12.2 artış ve toplam odun ve karbon NBD değerinde ise %7.5 artış gerçekleşmiştir.

Çizelge 3. 31 Odun ürün çeşitlerinden zamana bağlı olarak meydana gelen emisyonların genç-yaşlı ormanda modele dahil edilmesinin planlama yörüngesi sonunda performans çıktıları üzerine etkileri

Performans Çıktıları	**Senaryolar**	
	TC5	**TC5_E**
NBD Odun (TL)	23 762 334	23 762 334
Toplam Eta (m3)	489 594	489 594
NBD Karbon (TL)	-3 152 523	-1 611 555
Net Karbon Birikimi (ton)	-88 427	-77 656
NBD Odun+Karbon (TL)	20 609 811	22 150 779

Odun ürün çeşitlerinden zamana bağlı olarak meydana gelen emisyonların modele dahil edilmediği TC5 ve dahil edildiği TC5_E planlama senaryoları DO'da karşılaştırılmıştır (Çizelge3.32). Sonuçlar incelendiğinde, toplam odun üretimi ve odun üretiminden elde edilen NBD'de değişikliklerin olmadığı görülmüştür. Planlama yörüngesi sonunda karbon birikiminden elde edilen NBD'de %41.3 artış, net karbon birikimi miktarında %8.3 artış ve toplam odun ve karbon NBD değerinde ise %7.5 artış gerçekleşmiştir.

Çizelge 3. 32 Odun ürün çeşitlerinden zamana bağlı olarak meydana gelen emisyonların düzensiz ormanda modele dahil edilmesinin planlama yörüngesi sonunda performans çıktıları üzerine etkileri

Performans Çıktıları	**Senaryolar**	
	TC5	**TC5_E**
NBD Odun (TL)	26 693 640	26 693 640
Toplam Eta (m3)	519 686	519 686
NBD Karbon (TL)	-4 083 890	-2 397 414
Net Karbon Birikimi (ton)	-101 770	-93 333
NBD Odun+Karbon (TL)	22 609 750	24 296 226

3.6 Bakım Müdahalelerinin Etkileri

Bakım müdahalelerin modele dahil edilmediği TC4 ve dahil edildiği TC4_B planlama senaryoları OYO'da karşılaştırılmıştır (Çizelge 3.33). Sonuçlar incelendiğinde, odun üretiminden elde edilen toplam NBD'de %13 azalış, toplam odun üretimi miktarında %1.9 artış, karbon birikiminden elde edilen NBD'de %38.5 artış, net karbon birikimi miktarında %136 artış ve toplam odun ve karbon NBD değerinde ise %7.8azalış gerçekleşmiştir.

Çizelge 3. 33 Bakım müdahalelerinin orta yaşlı ormanda modele dahil edilmesinin planlama yörüngesi sonunda performans çıktıları üzerine etkileri

Performans Çıktıları	**Senaryolar**	
	TC4	**TC4_B**
NBD Odun (TL)	28 714 652	24 976 654
Toplam Eta (m3)	525 419	535 449
NBD Karbon (TL)	-4 848 887	-2 981 348
Net Karbon Birikimi (ton)	-109 972	70 443
NBD Odun+Karbon (TL)	23 865 765	21 995 306

Bakım müdahalelerin modele dahil edilmediği TC4 ve dahil edildiği TC4_B planlama senaryoları GO'da karşılaştırılmıştır (Çizelge 3.34). Sonuçlar incelendiğinde, odun üretiminden elde edilen toplam NBD'de %5.4artış, toplam odun üretimi miktarında %8.1 artış, karbon birikiminden elde edilen NBD'de %140azalış, net karbon birikimi miktarında %136 artış ve toplam odun ve karbon NBD değerinde ise %2.7artış gerçekleşmiştir.

Çizelge 3. 34 Bakım müdahalelerinin genç ormanda modele dahil edilmesinin planlama yörüngesi sonunda performans çıktıları üzerine etkileri

Performans Çıktıları	**Senaryolar**	
	TC4	**TC4_B**
NBD Odun (TL)	16 762 187	17 669 246
Toplam Eta (m3)	414 670	448 168
NBD Karbon (TL)	-327 026	-786 262
Net Karbon Birikimi (ton)	-38 871	14 029
NBD Odun+Karbon (TL)	16 435 161	16 882 984

Bakım müdahalelerin modele dahil edilmediği TC4 ve dahil edildiği TC4_B planlama senaryoları YO'da karşılaştırılmıştır (Çizelge 3.35). Sonuçlar incelendiğinde, odun üretiminden elde edilen toplam NBD'de %17.4 azalış, toplam odun üretimi miktarında %1.3 artış, karbon birikiminden elde edilen NBD'de %54.8 artış, net karbon birikimi miktarında %241 artış ve toplam odun ve karbon NBD değerinde ise %8 azalış gerçekleşmiştir.

Çizelge 3. 35 Bakım müdahalelerinin yaşlı ormanda modele dahil edilmesinin planlama yörüngesi sonunda performans çıktıları üzerine etkileri

Performans Çıktıları	**Senaryolar**	
	TC4	**TC4_B**
NBD Odun (TL)	32 987 886	27 238 734
Toplam Eta (m3)	559 380	566 388
NBD Karbon (TL)	-6 629 196	-2 995 390
Net Karbon Birikimi (ton)	-136 530	192 979
NBD Odun+Karbon (TL)	26 358 690	24 243 344

Bakım müdahalelerin modele dahil edilmediği TC4 ve dahil edildiği TC4_B planlama senaryoları GYO'da karşılaştırılmıştır (Çizelge 3.36). Sonuçlar incelendiğinde, odun üretiminden elde edilen toplam NBD'de %7.9 azalış, toplam odun üretimi miktarında %4.8 artış, karbon birikiminden elde edilen NBD'de %53 artış, net karbon birikimi miktarında %347 artış ve toplam odun ve karbon NBD değerinde ise %0.3artış gerçekleşmiştir.

Çizelge 3. 36 Bakım müdahalelerinin genç-yaşlı ormanda modele dahil edilmesinin planlama yörüngesi sonunda performans çıktıları üzerine etkileri

Performans Çıktıları	**Senaryolar**	
	TC4	**TC4_B**
NBD Odun (TL)	26 878 480	24 745 974
Toplam Eta (m3)	488 115	511 745
NBD Karbon (TL)	-4 134 740	-1 944 244
Net Karbon Birikimi (ton)	-89 227	220 397
NBD Odun+Karbon (TL)	22 743 740	22 801 730

Bakım müdahalelerin modele dahil edilmediği TC4 ve dahil edildiği TC4_B planlama senaryoları DO'da karşılaştırılmıştır (Çizelge 3.37). Sonuçlar incelendiğinde, odun üretiminden elde edilen toplam NBD'de %14.4 azalış, toplam odun üretimi miktarında %2.5 artış, karbon birikiminden elde edilen NBD'de %47.3 artış, net karbon birikimi miktarında %236 artış ve toplam odun ve karbon NBD değerinde ise %7.7azalış gerçekleşmiştir.

Çizelge 3. 37 Bakım müdahalelerinin düzensiz ormanda modele dahil edilmesinin planlama yörüngesi sonunda performans çıktıları üzerine etkileri

Performans Çıktıları	**Senaryolar**	
	TC4	**TC4_B**
NBD Odun (TL)	29 778 956	25 483 768
Toplam Eta (m3)	514 187	526 822
NBD Karbon (TL)	-5 076 485	-2 677 738
Net Karbon Birikimi (ton)	-102 011	139 145
NBD Odun+Karbon (TL)	24 702 471	22 806 030

4. TARTIŞMA ve SONUÇ

Çalışma kapsamında farklı aktüel yaş sınıflarına sahip kızılçam ormanlarında, odun üretimi ve karbon birikimi fonksiyonlarının birlikte optimal üretimi konusu ele alınmıştır. Bu amaçla doğrusal programlama tekniğine dayalı çok amaçlı bir orman amenajman planlama modeli geliştirilmiştir. Amaç fonksiyonun odun üretiminden elde edilen NBD ile hem odun hem de karbon birikiminden elde edilen toplam NBD değerlerinin eniyilendiği ve ayrıca farklı üretimi düzenleyici politikaların modele dahil edildiği farklı planlama senaryoları geliştirilmiştir. Bununla birlikte, farklı idare sürelerinin, birim karbon fiyatlarının, ıskonto oranlarının, silvikültürel bakım müdahalelerinin ve odun ürünlerinin yaşam sürelerine bağlı değişken emisyon miktarlarının modele dahil edilmesi sonucu, hem orman yapısı hem de çıktılar üzerine olan etkileri bu çalışma kapsamında analiz edilmiştir.

Buradan hareketle yapılan çalışma sonucunda, odun üretiminden elde edilen NBD'nin eniyilendiği T1-T5 planlama senaryoları birlikte değerlendirildiğinde, en yüksek odun üretimi (eta miktarı) 611 250 m^3 ile T1 planlama senaryosunda ve YO'da gerçekleşmiştir. T5 planlama senaryosunun GO'da verdiği çözümsüz sonuç hariç tutulduğunda, en düşük odun üretimi miktarı 330 226 m^3 ile T3 planlama senaryosunda ve GO'da gerçekleşmiştir. Herhangi bir kısıtın yer almadığı T1 senaryosuna son envanter kısıtının eklendiği T2 senaryosunda, sadece GO'da odun üretimi miktarında bir artış gözlenirken, diğer tüm ormanlarda bir azalma meydana gelmiştir. T2 planlama senaryosunda en yüksek odun üretimi 462 137 m^3 ile GYO'da gerçekleşirken, en düşük odun üretimi 423 721 m^3 ile GO'da gerçekleşmiştir. Periyotlar arası eşit eta kısıtının modele dahil edildiği T3 planlama senaryosu T1 planlama senaryosu ile kıyaslandığı zaman, sadece OYO ve DO' da odun üretimi miktarlarının arttığı, diğer üç orman kuruluşunda ise azalma meydana geldiği görülmüştür. T3 planlama senaryosunda en yüksek odun üretimi 548 446 m^3 ile OYO'da gerçekleşirken, en düşük odun üretimi 330 226 m^3 ile GO'da gerçekleşmiştir. Eşit OPA kısıtının modele dahil edildiği T4 planlama senaryosu T1 planlama senaryosu ile kıyaslandığı zaman, sadece GO ve DO'da odun üretimi miktarlarının arttığı, diğer üç ormanda ise azalma meydana geldiği görülmüştür. T4 planlama senaryosunda en yüksek odun üretimi 559 707 m^3 ile YO'da gerçekleşirken, en düşük odun üretimi 414 670 m^3 ile GO'da gerçekleşmiştir. Hem eşit

OPA hem de periyotlar arası %20 eta kısıtının modele dahil edildiği T5 planlama senaryosu T1 planlama senaryosu ile kıyaslandığı zaman, sadece DO'da odun üretimi miktarlarının arttığı, diğer üç ormanda ise azalma meydana geldiği görülmüştür. T5 planlama senaryosunda en yüksek odun üretimi 556 167 m^3 ile YO'da gerçekleşirken, en düşük odun üretimi (GO hariç tutulursa) 489 594 m^3 ile GYO'da gerçekleşmiştir.

Odun üretiminden elde edilen NBD'nin eniyilendiği T1-T5 planlama senaryoları, planlama yörüngesi sonunda odun üretiminden elde edilen NBD açısından birlikte değerlendirildiğinde, en yüksek odun NBD 44 126 114 TL ile T1 planlama senaryosunda ve YO'da gerçekleşmiştir. T5 planlama senaryosunun GO'da verdiği çözümsüz sonuç hariç tutulduğunda, en düşük odun NBD miktarı 15 469 488 TL ile T3 planlama senaryosunda ve GO'da gerçekleşmiştir. Herhangi bir kısıtın yer almadığı T1 senaryosu ile farklı kısıtlayıcıların modele dahil edildiği T2-T5 planlama senaryoları kıyaslandığı zaman, tüm planlama senaryolarında ve tüm orman kuruluşlarında odun üretimi NBD değerlerinde azalmalar meydana gelmiştir. Düzenleyici kısıtların orman amenajman planlama modellerine dahil edilmesi çoğunlukla ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Örneğin Haightet al. (1992) yaptıkları bir çalışmada, hacim düzenleme kısıtının planlama modeline dahil edilmesi durumunda, kısıtsız modele göre NBD'de %5 oranında bir azalma olduğunu hesaplamışlardır. Başkent ve Keleş (2009) geliştirdikleri çok amaçlı bir orman amenajmanı planlama modelinde, üretimi düzenleyici kısıtların modele dahil edilmesi durumunda, odun üretiminden elde edilen NBD'nin %24 oranında azaldığını göstermişlerdir.

Odun üretiminden elde edilen NBD'nin eniyilendiği T1-T5 planlama senaryoları, planlama yörüngesi sonunda elde edilen net karbon birikimi açısından birlikte değerlendirildiğinde, tüm planlama senaryolarında ve orman kuruluşlarında, net karbon birikimi değerlerinin negatif sonuç verdiği görülmüştür. En yüksek net karbon birikimi, T5 planlama senaryosunun GO'da verdiği çözümsüz sonuç hariç tutulduğunda, -1 613 ton ile T3 planlama senaryosunda ve GO'da gerçekleşmiştir. En düşük net karbon birikimi miktarı ise –145 980 ton ile T3 planlama senaryosunda ve YO'da gerçekleşmiştir. Herhangi bir kısıtın yer almadığı T1 senaryosuna son envanter kısıtının eklendiği T2 senaryosunda, sadece GO'da net karbon birikimi miktarında bir azalış gözlenirken, diğer tüm ormanlarda bir artış meydana gelmiştir. Periyotlar arası eşit eta

kısıtının modele dahil edildiği T3 planlama senaryosu T1 planlama senaryosu ile kıyaslandığı zaman, sadece OYO ve GO' da net karbon birikimi miktarlarının arttığı, diğer üç orman kuruluşunda ise azalma meydana geldiği görülmüştür. Eşit OPA kısıtının modele dahil edildiği T4 planlama senaryosu T1 planlama senaryosu ile kıyaslandığı zaman, sadece OYO ve YO'da net karbon birikimi miktarlarının arttığı, diğer üç ormanda ise azalma meydana geldiği görülmüştür. Hem eşit OPA hem de periyotlar arası %20 eta kısıtının modele dahil edildiği T5 planlama senaryosu T1 planlama senaryosu ile kıyaslandığı zaman, yine OYO ve YO'da net karbon birikimi miktarlarının arttığı, diğer üç ormanda ise azalma meydana geldiği görülmüştür.

Odun üretiminden elde edilen NBD'nin eniyilendiği T1-T5 planlama senaryoları, planlama yörüngesi sonunda elde edilen karbon NBD değerleri açısından birlikte değerlendirildiğinde, sadece T3 planlama senaryosunda ve GO'da karbon NBD pozitif değer verirken, diğer tüm planlama senaryolarında ve orman kuruluşlarında negatif sonuç verdiği görülmüştür. En yüksek karbon NBD değeri, T5 planlama senaryosunun GO'da verdiği çözümsüz sonuç hariç tutulduğunda, 517 263 TL ile T3 planlama senaryosunda ve GO'da gerçekleşmiştir. En düşük karbon NBD miktarı ise –10 307 291 TL ile T1 planlama senaryosunda ve YO'da gerçekleşmiştir. Herhangi bir kısıtın yer almadığı T1 senaryosu ile farklı kısıtlayıcıların modele dahil edildiği T2-T5 planlama senaryoları kıyaslandığı zaman, tüm planlama senaryolarında ve tüm orman kuruluşlarında karbon NBD değerlerinde azalmalar meydana gelmiştir.Başkent ve Keleş (2009) geliştirdikleri çok amaçlı bir orman amenajmanı planlama modelinde, karbon birikimi hedeflerinin modele dahil edilmesiyle, odun üretiminin %2.8 ve odun üretiminden elde edilen NBD'nin %6.6 oranında azaldığını bulmuşlardır.

Odun üretiminden elde edilen NBD'nin eniyilendiği T1-T5 planlama senaryoları, planlama yörüngesi sonunda odun üretimi ve karbon birikiminden elde edilen toplam NBD açısından birlikte değerlendirildiğinde, en yüksek toplam NBD 33 818 823 TL ile T1 planlama senaryosunda ve YO'da gerçekleşmiştir. T5 planlama senaryosunun GO'da verdiği çözümsüz sonuç hariç tutulduğunda, en düşük toplam NBD miktarı 15 986 752 TL ile T3 planlama senaryosunda ve GO'da gerçekleşmiştir. Herhangi bir kısıtın yer almadığı T1 senaryosu ile farklı kısıtlayıcıların modele dahil edildiği T2-T5

planlama senaryoları kıyaslandığı zaman, tüm planlama senaryolarında ve tüm orman kuruluşlarında toplam NBD değerlerinde azalmalar meydana gelmiştir.

Odun üretimi ve karbon birikiminden elde edilen NBD'nin eniyilendiği TC1-TC5 planlama senaryoları birlikte değerlendirildiğinde, en yüksek odun üretimi (eta miktarı) 611 250 m^3 ile TC1 planlama senaryosunda ve YO'da gerçekleşmiştir. TC5 planlama senaryosunun GO'da verdiği çözümsüz sonuç hariç tutulduğunda, en düşük odun üretimi miktarı 330 823 m^3 ile TC3 planlama senaryosunda ve GO'da gerçekleşmiştir. Herhangi bir kısıtın yer almadığı TC1 senaryosuna son envanter kısıtının eklendiği TC2 senaryosunda, sadece GO'da odun üretimi miktarında bir artış gözlenirken, diğer tüm ormanlarda bir azalma meydana gelmiştir. TC2 planlama senaryosunda en yüksek odun üretimi 451 723 m^3 ile OYO'da gerçekleşirken, en düşük odun üretimi 423 721 m^3 ile GO'da gerçekleşmiştir. Periyotlar arası eşit etakısıtının modele dahil edildiği TC3 planlama senaryosu TC1 planlama senaryosu ile kıyaslandığı zaman, sadece OYO ve DO' da odun üretimi miktarlarının arttığı, diğer üç orman kuruluşunda ise azalma meydana geldiği görülmüştür. TC3 planlama senaryosunda en yüksek odun üretimi 584 464 m^3 ile YO'da gerçekleşirken, en düşük odun üretimi 330 823 m^3 ile GO'da gerçekleşmiştir. Eşit OPA kısıtının modele dahil edildiği TC4 planlama senaryosu TC1 planlama senaryosu ile kıyaslandığı zaman, sadece GO ve DO'da odun üretimi miktarlarının arttığı, diğer üç ormanda ise azalma meydana geldiği görülmüştür. TC4 planlama senaryosunda en yüksek odun üretimi 559 380 m^3 ile YO'da gerçekleşirken, en düşük odun üretimi 414 670 m^3 ile GO'da gerçekleşmiştir. Hem eşit OPA hem de periyotlar arası %20 eta kısıtının modele dahil edildiği TC5 planlama senaryosu TC1 planlama senaryosu ile kıyaslandığı zaman, sadece DO'da odun üretimi miktarlarının arttığı, diğer üç ormanda ise azalma meydana geldiği görülmüştür. TC5 planlama senaryosunda en yüksek odun üretimi 555 588 m^3 ile YO'da gerçekleşirken, en düşük odun üretimi (GO hariç tutulursa) 489 594 m^3 ile GYO'da gerçekleşmiştir. Keleş ve Başkent (2007), artan net karbon birikimine bağlı olarak, hem odun üretimi miktarında hem de odun üretiminden elde edilen NBD'de önemli ölçüde düşüşlerin olduğunu göstermişlerdir.

Odun üretimi ve karbon birikiminden elde edilen NBD'nin eniyilendiği TC1-TC5 planlama senaryoları, planlama yörüngesi sonunda odun üretiminden elde edilen NBD

açısından birlikte değerlendirildiğinde, en yüksek odun NBD 44 126 114 TL ile TC1 planlama senaryosunda ve YO'da gerçekleşmiştir. TC5 planlama senaryosunun GO'da verdiği çözümsüz sonuç hariç tutulduğunda, en düşük odun NBD miktarı 15 319 663 TL ile TC3 planlama senaryosunda ve GO'da gerçekleşmiştir. Herhangi bir kısıtın yer almadığı TC1 senaryosu ile farklı kısıtlayıcıların modele dahil edildiği TC2-TC5 planlama senaryoları kıyaslandığı zaman, tüm planlama senaryolarında ve tüm orman kuruluşlarında odun üretimi NBD değerlerinde azalmalar meydana gelmiştir. Hoen and Solberg (1994) karbon ve odun üretimini birlikte ele aldıkları modelleme çalışmasında, karbon birikiminden elde edilecek parasal değer yerine karbon birikimini maksimize ettiklerinde, orman değerlerinden elde edilen NBD'nin %8.1-14.9 oranında azaldığını belirtmişlerdir. Diaz-Balteiro and Romero (2003), orman ekosistemleri tarafından biriktirilen karbon, orman amenajman planlamasına yönelik optimizasyon modellerine dahil edildiği zaman, NBD'de azalmalar gerçekleştirdiğini bulmuşlardır. Odun üretiminin eniyilendiği kısıtsız planlama problemi ile karbon birikiminin eniyilendiği kısıtsız planlama problemi arasında, odun üretiminden elde edilen NBD'deki azalma %28 iken, iki problem arasında net karbon birikimindeki azalma %51 oranında gerçekleşmiştir. Raymer et al. (2005) karbon ve odun üretimi değerlerini birlikte eniyilediği çalışmada, karbon değerinin bir kısıt olarak artırılmasına bağlı olarak, odun üretiminden elde edilen gelirin azaldığını belirtmişlerdir. Karbon birikimi değerinin maksimize edildiği model stratejilerinde, odun üretiminden elde edilen NBD'nin %39-94 arasında azaldığını göstermişlerdir. Backeus et al. (2005), karbon birikim miktarındaki bir artışın, odun üretiminden elde edilen NBD'yi azalttığını ve aynı zamanda daha düşük üretim düzeylerinin gerçekleştiğini belirtmişlerdir. Yine bu çalışmada, karbonun birim ton başına 1200 İsveç Kronu alınması durumunda, üretimin sonlandığını bulmuşlardır.

Odun üretimi ve karbon birikiminden elde edilen NBD'nin eniyilendiği TC1-TC5 planlama senaryoları, planlama yörüngesi sonunda elde edilen net karbon birikimi açısından birlikte değerlendirildiğinde, tüm planlama senaryolarında ve orman kuruluşlarında, net karbon birikimi değerlerinin negatif sonuç verdiği görülmüştür. En yüksek net karbon birikimi, TC5 planlama senaryosunun GO'da verdiği çözümsüz sonuç hariç tutulduğunda, -4 202 ton ile TC3 planlama senaryosunda ve GO'da gerçekleşmiştir. En düşük net karbon birikimi miktarı ise –145 475 ton ile TC3

planlama senaryosunda ve YO'da gerçekleşmiştir. Herhangi bir kısıtın yer almadığı TC1 senaryosuna son envanter kısıtının eklendiği TC2 senaryosunda, sadece GO'da net karbon birikimi miktarında bir azalış gözlenirken, diğer tüm ormanlarda bir artış meydana gelmiştir. Periyotlar arası eşit eta kısıtının modele dahil edildiği TC3 planlama senaryosu TC1 planlama senaryosu ile kıyaslandığı zaman, sadece OYO ve GO' da net karbon birikimi miktarlarının arttığı, diğer üç orman kuruluşunda ise azalma meydana geldiği görülmüştür. Eşit OPA kısıtının modele dahil edildiği TC4 planlama senaryosu TC1 planlama senaryosu ile kıyaslandığı zaman, sadece OYO ve YO'da net karbon birikimi miktarlarının arttığı, diğer üç ormanda ise azalma meydana geldiği görülmüştür. Hem eşit OPA hem de periyotlar arası %20 eta kısıtının modele dahil edildiği TC5 planlama senaryosu TC1 planlama senaryosu ile kıyaslandığı zaman, yine OYO ve YO'da net karbon birikimi miktarlarının arttığı, diğer üç ormanda ise azalma meydana geldiği görülmüştür.

Odun üretimi ve karbon birikiminden elde edilen NBD'nin eniyilendiği TC1-TC5 planlama senaryoları, planlama yörüngesi sonunda elde edilen karbon NBD değerleri açısından birlikte değerlendirildiğinde, sadece TC3 planlama senaryosunda ve GO'da karbon NBD pozitif değer verirken, diğer tüm planlama senaryolarında ve orman kuruluşlarında negatif sonuç verdiği görülmüştür. En yüksek karbon NBD değeri, TC5 planlama senaryosunun GO'da verdiği çözümsüz sonuç hariç tutulduğunda, 941 202 TL ile TC3 planlama senaryosunda ve GO'da gerçekleşmiştir. En düşük karbon NBD miktarı ise –10 307 291 TL ile TC1 planlama senaryosunda ve YO'da gerçekleşmiştir. Herhangi bir kısıtın yer almadığı TC1 senaryosu ile farklı kısıtlayıcıların modele dahil edildiği TC2-TC5 planlama senaryoları kıyaslandığı zaman, tüm planlama senaryolarında ve tüm orman kuruluşlarında karbon NBD değerlerinde azalmalar meydana gelmiştir.

Odun üretimi ve karbon birikiminden elde edilen NBD'nin eniyilendiği TC1-TC5 planlama senaryoları, planlama yörüngesi sonunda odun üretimi ve karbon birikiminden elde edilen toplam NBD açısından birlikte değerlendirildiğinde, en yüksek toplam NBD 33 818 823 TL ile TC1 planlama senaryosunda ve YO'da gerçekleşmiştir. TC5 planlama senaryosunun GO'da verdiği çözümsüz sonuç hariç tutulduğunda, en düşük toplam NBD miktarı 16 694 260 TL ile TC3 planlama senaryosunda ve GO'da

gerçekleşmiştir. Herhangi bir kısıtın yer almadığı TC1 senaryosu ile farklı kısıtlayıcıların modele dahil edildiği TC2-TC5 planlama senaryoları kıyaslandığı zaman, tüm planlama senaryolarında ve tüm orman kuruluşlarında toplam NBD değerlerinde azalmalar meydana gelmiştir.

İdare süresi 70 olan temel planlama senaryosu TC5'te idare süresinin 60 yıla indirilmesi durumunda, tüm orman kuruluşlarında planlama yörüngesi sonunda elde edilen toplam odun üretimi ve odun üretiminden elde edilen NBD'ler de artışlar meydana gelmiştir. 70 ve 80 yaş idare süresi için çözüm vermeyen GO hariç tutulduğunda toplam odun üretiminde en büyük artış %8.9 ile GYO'da gerçekleşirken, toplam NBD'de en yüksek artış yine GYO'da %16.5 oranıyla gerçekleşmiştir. İdare süresinin 80 yıla çıkarılması durumunda ise tam tersi durum yani, hem odun üretiminde hem de odun NBD'de azalmalar meydana gelmiştir. Toplam odun üretiminde en büyük düşüş %8.4 ile DO'da gerçekleşirken, odun NBD'de en büyük düşüş %11.9 ile yine DO'da gerçekleşmiştir.

İdare süresi 70 olan temel planlama senaryosu TC5'te idare süresinin 60 yıla indirilmesi durumunda, tüm orman kuruluşlarında planlama yörüngesi sonunda karbon birikiminden elde edilen NBD'ler de azalışlar meydana gelmiştir. 70 ve 80 yaş idare süresi için çözüm vermeyen GO hariç tutulduğunda, karbon NBD'de en büyük azalış %48.4 ile GYO'da gerçekleşmiştir. İdare süresinin 60 yıla indirilmesi durumunda net karbon birikimi miktarında en büyük artış %9.8 ile OYO'da gerçekleşmiştir. İdare süresinin 80 yıla çıkarılması durumunda, tüm orman kuruluşlarında planlama yörüngesi sonunda karbon birikiminden elde edilen NBD'lerde artışlar meydana gelmiştir. En büyük artış %26.2 ile DO'da gerçekleşmiştir. İdare süresinin 80 yıla çıkarılması durumunda, planlama yörüngesi sonunda toplam net karbon birikimi miktarında en büyük artış %16.3 ile yine DO'da gerçekleşmiştir.İdare sürelerinin uzatılması genellikle odun üretiminin kalitesini artırmakta ve aynı zamanda orman ekosistemlerinden meydana gelebilecek ani karbon emisyonlarını azaltmaktadır (Creedy and Wurzbacher 2001). Kaipainen et al. (2004), idare sürelerinin artırılması durumunda, orman ekosistemlerinin karbon depolama miktarlarının arttığını tahmin etmişlerdir. Benzer bir çalışmada, Seely et al. (2002) artan idare sürelerine bağlı olarak, orman ekosisteminde ve özellikle de canlı biyokütlede depolanan karbon miktarının arttığını bulmuşlardır.

İdare süresi 70 olan temel planlama senaryosu TC5'te idare süresinin 60 yıla indirilmesi durumunda, tüm orman kuruluşlarında planlama yörüngesi sonunda odun ve karbon birikiminden elde edilen toplam NBD'lerde artışlar meydana gelmiştir. En büyük artış %11.6 ile GYO'da gerçekleşmiştir. İdare süresi 70 olan temel planlama senaryosu TC5'te idare süresinin 80 yıla çıkarılması durumunda, tüm orman kuruluşlarında planlama yörüngesi sonunda odun ve karbon birikiminden elde edilen toplam NBD'lerde azalışlar meydana gelmiştir. Bu kapsamda en büyük azalış %10.7 ile DO'da gerçekleşmiştir.

Keleş (2010) odun üretimi ve karbon birikimini birlikte modellediği çalışmada, odun üretim değerinin eniyilendiği modelde, idare süresinin 10 yaş artırılmasına bağlı olarak, odun üretimi NBD'sini %10.5, 20 yaş artırılması durumunda ise %5.8 artırdığını bulmuştur. Diğer taraftan, idare sürelerinin 30 veya 40 yaş artırılmasına bağlı olarak, odun üretiminden elde edilen NBD'nin azaldığını ve bu azalmaların %70-88 arasında değiştiğini belirtmiştir. Karbon birikiminin eniyilendiği modelde, karbon birikiminden elde edilen NBD, idare süresinin 10-40 yaş artırılması durumunda, karbon NBD değeri %10-54.5 oranında azalmıştır. Hem odun üretimi hem de karbon birikiminin aynı anda modele dahil edilmesi ve eniyilenmesi durumunda, idare sürelerinin 10-40 yaş artırılması durumunda, toplam NBD %1.4-86.9 oranında azalmıştır. Mevcut idare sürelerinin odun üretimi ve karbon birikimi değerlerinin birlikte üretimi/eniyilenmesi için uygun olduğu sonucuna varmıştır.

NBD hesabında %3 ıskonto oranının kullanıldığı temel planlama senaryosu TC5'te ıskonto oranlarının azaltılması durumunda, planlama yörüngesi sonunda hem odun NBD hem de odun ve karbondan elde edilen toplam NBD miktarlarında tüm orman kuruluşlarında artışlar meydana gelmiştir. Tam tersi olarak ıskonto oranlarının artmasına bağlı olarak ise hem odun NBD hem de odun ve karbondan elde edilen toplam NBD miktarlarında tüm orman kuruluşlarında azalışlar meydana gelmiştir. Ancak ıskonto oranlarının azalması ile planlama yörüngesi sonunda elde edilen toplam karbon NBD miktarı tüm orman kuruluşlarında azalırken, ıskonto oranlarının artması ile bu miktarlarda da tüm orman kuruluşlarında artışlar meydana gelmiştir.

NBD hesabında 100 TL birim karbon fiyatının kullanıldığı temel planlama senaryosu TC5'te birim karbon fiyatlarının artırılması veya azaltılması, planlama yörüngesi

sonunda elde edilen toplam karbon NBD ile odun ve karbon NBD toplam değerlerine etki etmiştir. Birim karbon fiyat değerlerinin azaltılması ile hem karbon NBD hem de odun ve karbon NBD toplam değerlerinde artışa neden olurken, birim karbon fiyatlarının artırılması durumunda ise bu NBD değerleri azalmıştır.

Qin et al. (2017), farklı birim karbon fiyatlarının, konumsal ve konumsal olmayan kısıtlar altında, odun üretimi ve karbon birikimi değerlerini içeren planlama problemi üzerine olan etkilerini araştırdıkları çalışmada, birim karbon fiyatının 0 olması ile 4, 8 ve 12 $/ton olması durumunda optimal çözüm sonuçlarında pek bir farkın olmadığını belirtmişlerdir. Karbon birikimi değerinin önemli bir ekonomik teşvik sağlayabilmesi için birim karbon fiyatının 120 $/ton üzerinde olması gerektiğini görmüşlerdir. Dong et al. (2018), odun üretimi ve karbon birikimini birlikte modellediği çalışmada, birim karbon fiyatlarının artması ile birlikte, karbon birikimi miktarı ve NBD'si ile odun ve karbon toplam NBD'nin arttığını buna karşılık odun üretiminden elde edilen NBD'nin azaldığını belirtmişlerdir. 100 $'lık birim karbon fiyatının odun ve karbon birikimi arasında eşik denge sağladığını bulmuşlardır. Konumsal ve konumsal olmayan kısıtların modele dahil edilmesi durumunda toplam NBD'nin farklı planlama stratejilerine göre %15-30 oranında azaldığını görmüşlerdir.

Odun ürün çeşitlerinden zamana bağlı olarak meydana gelen emisyonların modele dahil edilmediği (kesimi takiben tüm karbonun hemen atmosfere verildiğini varsayan) TC5 ve dahil edildiği TC5_E planlama senaryolarına göre, model çözümü olmayan GO hariç tutulduğunda, tüm orman kuruluşlarında, planlama yörüngesi sonunda biriktirilen net karbon miktarlarında artışlar meydana gelmiştir. Net karbon birikiminde en büyük artış %12.2 ile GYO'da gerçekleşirken, en düşük artış %7.9 ile OYO'da gerçekleşmiştir. Ayrıca odun ürün çeşitlerinin zaman bağlı emisyon miktarlarının modele dahil edilmesiyle tüm orman kuruluşlarında hem karbon NBD'de hem de odun ve karbon toplam NBD'de artışlar meydana getirmiştir. Karbon NBD'de en büyük artış %48.9 ile GYO'da, odun ve karbon toplam NBD'de en büyük artış ise %8.5 ile YO'da gerçekleşmiştir.

Bakım müdahalelerinin modele dahil edilmediği TC4 ve dahil edildiği TC4_B planlama senaryoları sonuçlarına göre, planlama yörüngesi sonunda elde edilen toplam odun üretimi miktarları tüm orman kuruluşlarında artmıştır. En yüksek artış %8.1 ile GO'da

gerçekleşmiştir. Bakım müdahalelerinin etkisi ile odun NBD miktarı sadece GO'da artarken diğer orman kuruluşlarında azalmıştır. Planlama yörüngesi sonunda elde edilen karbon NBD miktarları değerlendirildiğinde, bakım müdahaleleri GO'da olumsuz katkı yaparken, diğer orman kuruluşlarında olumlu katkı yapmıştır. Bakım müdahaleleri yine planlama yörüngesi sonunda meydana gelen toplam net karbon birikimi açısından tüm orman kuruluşlarında olumlu katkı yapmıştır. Odun ve karbon toplam NBD miktarı açısından değerlendirme yapıldığı zaman, bakım müdahaleleri OYO, YO ve DO'da sonuca olumsuz katkı yaparken, GO ve GYO'da olumlu katkı yapmıştır.

Sonuç olarak, orman ekosistemlerinin sunmuş olduğu ürün ve hizmetlerin miktar ve kalitesi doğrudan orman yapı ve kuruluşu ile bu ekosisteme yapılacak olan silvikültürel müdahalelere bağlı olarak değişmektedir. Orman ekosistemlerinin dinamik yapısının iyi anlaşılması, orman ekosistemlerinden çok amaçlı ve maksimum düzeyde faydalanabilmek için temel koşuldur. Bu kapsamda doğrusal programlama gibi farklı optimizasyon tekniklerine dayanan orman amenajman planlama modellerinin geliştirilmesi, sürdürülebilir ormancılıkta ve ormanların ekosistem tabanlı çok amaçlı planlanmasında son derece önemlidir. Bu tarz sayısal modellerin geliştirilmesi, hem orman yöneticilerine hem de karar vericilere, karmaşık orman amenajmanı problemlerinin çözümünde yardımcı olmaktadır.

KAYNAKLAR

Asante, P., Armstrong, G.W. 2012."Optimal forest harvestage considering carbon sequestration in multiple carbon pools: a comparative statics analysis", Journal . of Forest Economics, 18, 145-156.

Backéus, S.,Wikström, P., Lamas, T. 2005. "A model forregional analysis of carbon seques tration and timber production", Forest Ecologyand Management, 216, 28–40.

Baskent, E.Z., Keleş, S. 2009. "Developing alternative forest management planning strategiesin corporating timber, water and carbon values: an examination of their interactions", Environmental Modeling and Assessment, 14, 467–480.

Başkent, E.Z., Keleş, S., Kadıoğulları, A.İ., Bingöl, Ö., 2011. Quantifying the effects of forest management strategies on the production of forest values: timber, carbon, oxygen, water and soil. Environmental Modelling and Assessment, 16, 145-152.

Başkent, E.Z., Keleş, S., Yolasığmaz, H.A. 2008. "Comparingmulti-purposeforest management with timber management in incorporating timber, carbon and oxygen values: A casestudy", Scandinavian Journal of Forest Research, 23 (2), 105-120.

Cacho, O.J.,Hean, R.L., Wise, R.M. 2003."Carbon-accounting methods and reforestationin centives", The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics, 47 (2), 153-179.

Creedy J.,Wurzbacher A.D. The economic value of a forested catchment with timber, water and carbon sequestration benefits. Ecological Economics 38, 71, 2001.

Diaz-Balteiro, L.,Romero, C. 2003. "Forestmanagement optimisation models when carbon captured is considered: a goal programming approach", Forestecology and management, 174, 447-457.

Diaz-Balteiro, L.,Rodriguez, L.C.E. 2006."Optimal rotations on Eucalyptus plantations including carbon sequestration- A comparison of results in Brazil and Spain", Forest Ecology and Management, 229, 247-258.

Dong, L., Lu, W., Liu, Z., 2018. Developing alternative forest Spatialmanagement plans when carbon and timber values are considered: a real case from northea stern China. Ecological modelling, 385, 45-57.

Haıght R.G.,Monseruı R.A., Chew J.D. Optimal harvesting with standdensity targets:Managing Rocky Mountain Conifer Stands formultiple forest out puts. Forest science 38, 554, 1992.

Hoen H.F.,Solberg B. Potential and economic efficiency of carbon sequestration in forest biomas sthrough silvicultural management. Forest Science 40, 429, 1994.

Kaipainen, T.,Liski, J., Pussinen, A. - Karjalainen, T. (2004). Managing carbon sinks by changin grotation length in European forests. Environmental Science-Policy, 7, 205_219.

Keles, S. and Baskent, E. Z. (2007). Modeling and analyzing timber production and carbon sequestration values of forest ecosystems:Acasestudy. Polish journal of environmental studies,16, 473_479.

Keleş, S. 2008. "Designing and developing a decision support system for forest management planning", Doktora tezi, Karadeniz TeknikÜniversitesi Fen BilimleriEnstitüsü, Trabzon, Türkiye, 209 s.

Keleş, S. 2010. “Forest optimization models in cluding timber production and carbon sequestrati on values of forest ecosystems: A case study”, International Journal Sustainable Development and World Ecology, 17 (6), 468-474.

Keleş, S., 2017. Determining optimum cutting ages including timber production and carbon sequestration benefits in Turkish Pine Plantations. Sains Malaysiana, 46 (3), 381-386.

Keleş, S., Başkent, E.Z., 2006. Orman Ekosistemlerindeki Karbon Değişiminin Orman Amenajman Planlarına Yansıtılması: Kavramsal Çerçeve ve Bir Örnek Uygulama (1. Bölüm). Orman ve Av Dergisi, Sayı 2, Cilt 83, 36 -41.

Keleş, S., 2016. Optimum cutting ages in hybrid poplar plantations including carbon sequestration: A case study in Turkey. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestalesydel Ambiente, 22(3), 339-349.

Meng, F.R.,Bour Que, C.P.A., Old ford, S.P., Swift, D.E., Smith, H.C., 2003. Combining carbonsequestration objectives with timber management planning. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 8, 371-403.

Pohjola, J., Valsta, L. 2007. “Carbon credits and management of Scotspine and Norway sprucestands in Finland”, Forest Policy and Economics, 9 (7), 789-798.

Qin, H.,Dong, L., Huang, Y., 2017. Evaluating the effects of carbon prices on trade-offs between carbon and timber management objectives in forest Spatial harvest scheduling problems: a case study from northeast China. Forests, 8, 43.

Raymer, A. K. P.,Gobakken, T., Hoen, H. F., Solberg, B. 2005.“Optimal forest management and cost-effectiveness when increasing the carbon benefit from a forest area-acase study of Hedmark County in Norway”, Manuscript. In A. K. P.

Raymer, Modeling and analyzing climate gasimpacts of forest management, PhD thesis, Norwegian University of Life Sciences.

Raymer, A.K.,Gobakken, T., Solberg, B., Hoen, H.F., Bergseng, E., 2009. A forest optimisation model including carbon flows: applicati onto a forest in Norway. Forest Ecology and Management, 258, 579-589.

Seely, B.,Welham, C. &Kimmins, H. (2002). Carbon sequestrationin a boreal forest ecosystem: Results from the ecosystem simulation model, Forest Ecology and Management,169, 123_135.

Seidl, R., Rammer, W., Jager, D., Currie, W.S., Lexer, M.J., 2008. Assessingtrade-offs between carbon sequestration and timber production within a frame work of multi-purpose forestry in Austria. Forest Ecology and Management, 248 (1-2), 64-79.

Tolunay, D. 2011. “Total carbon stock and carbon accumulation in living tree biomass in forest ecosystems of Turkey”, Turkish Journal of Agricultur eand Forestry, 35 (3), 265–279.

Tolunay, D. 2013. “Coefficients that can be used to calculate biomass and carbon amounts from incrementand growing stock in Turkey”, Proceedings of the International Symposium for the 50th Anniversary of the Forestry Sector Planning in Turkey, Antalya, Turkey, pp.240–251.

Ünsal, A. 2007. “Construction of biomas stables of redpine in Karaisalı Forest Administration in Adana Forest Regional Directorate”,Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi Orman Fakültesi, Bartın, 62 s.

Yeşil, A., 1992. “Değişik sıklık ve bonitette ki kızılçam meşcerelerinin yaşa göre gelişimi”, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 179 s

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Yusuf DERELLİ

Doğum Yeri : Çankırı

Doğum Tarihi : 15.10.1994

Yabancı Dili :İyi düzeyde İngilizce ve temel Japonca

E-posta :yusuffderelli@gmail.com

Eğitim Durumu

Lise : Çankırı Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi

Lisans : Çankırı Karatekin Üniversitesi

Yüksek Lisans :Çankırı Karatekin Üniversitesi Fenbilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

Erguvan Ormancılık / Çankırı Orman İşletme Danışman Mühendis (2017-2018)

Yayınları:

Keleş, S.,Derelli, Y., Erciyez, T.N., 2018. Farklı Konumsal Özelliklerin Orman Amenajman Planlama Modeline Dahil Edilmesi: Örnek Bir Uygulama. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi 4(2): 26-33.