

Farklı Aktüel Kuruluştaki Ormanların Doğrusal Programlama Tekniği ile Optimal Kuruluşa Yaklaştırılması

Emin Zeki BAŞKENT, Derya MUMCU KÜÇÜKER,*Ali İhsan KADIOĞULLARI

KTÜ, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, TRABZON

*Sorumlu Yazar: aliihsan33@gmail.com

Geliş Tarihi: 09.03.2010

Özet

Planlamada temel amaç, ormanların mevcut yapı ve kuruluşunu belirlenen hedeflere ulaştıracak şekilde kontrol etmektir. Bu süreçte, karar verme teknikleri (örneğin doğrusal programlama) orman amenajman planlarının hazırlanmasında en iyi çıktılarını (örneğin, en yüksek orman hasılatı) belirlenmesine yönelik etkin bir araç olarak kullanılmaktadır. Farklı orman kuruluşları, büyüme-artım ilişkileri ile geliştirilen planlama stratejileri plan çıktı miktarlarını etkileyen önemli parametrelerdir. Bu eserde, aynı amaç ve belli kısıtlar dahilinde farklı idare süreleri ile işletilen, farklı aktüel kuruluştaki ormanların optimal kuruluşa ulaştırılması hedeflenmiştir. Bu amaçla, Türkiye ormanlarının sergilediği, aynı alana sahip 1000 hektarlık beş farklı aktüel orman kuruluşu (düzensiz, orta yaşlı, yaşlı, genç ve genç-yaşlı) hipotetik olarak belirlenmiştir. Her bir orman kuruluşu için eta ve Net Bugünkü Değerin (NBD) eniyilenmesi amaçları doğrultusunda, eşit optimal periyodik alan, %10 değişen eta, doğal yaşlı orman miktarı (en az %10) ve minimum servet kısıtları kullanılarak plan seçenekleri geliştirilmiş ve doğrusal programlama ile çözülmüştür. Sonuçta, mevcut orman kuruluşlarının plan çıktılarını önemli derecede etkilediği saptanmıştır. En iyi sonucu, NBD'nin eniyilendiği yaşlı orman kuruluşu üzerinde uygulanan (385.191TL) SY3 stratejisi vermiştir. Ayrıca SO3 stratejisinin çok az bir farkla (381.875 TL) onu takip ettiği gözlenmiştir. Bunun yanında idare süresinin 70 olduğu tüm stratejilerin idare süresi 80 olan stratejilere göre daha iyi amaç değerleri verdiği gözlemlenmiştir. Ayrıca, alan kısıtına sahip tüm stratejilerin planlama yörüngesi sonunda optimal dağılımını gerçekleştirdiği, ancak eta akışı kısıtının olduğu stratejilerin ise optimal alanı oluşturamadığı görülmüştür. NBD'nin eniyilendiği durumlarda alan kısıtının özellikle yaşlı orman kuruluşu üzerinde daha duyarlı olduğu saptanmıştır. Buradan, geliştirilecek planlama stratejileri arasından mevcut yapıya göre en uygun seçeneğin karar verme teknikleri ile orman dinamiğinin de kavranarak kararlaştırılması gereği ortaya çıkmıştır. Sadece odun üretimi eksenli ve buna paralel olarak NBD'nin eniyilendiği modeller dikkate alındığında dahi, ormanların mevcut yapısı amaçlanan optimal kuruluşu belirlemede en önemli etken olduğu görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Doğrusal programlama, Orman amenajmanı, Net bugünkü değer, Plan stratejileri.

Getting Various Initial Forest Structures Closer to Optimal Structure by Linear Programming

Abstract

Forest management planning focuses on the control of forest development. Operations research techniques such as linear programming have long been used to generate optimal management schedule. Various initial forest structures, growth rate and management strategies are important components in determining the optimal schedule. This research aims to explain the effects of various initial forest development patterns (old, young, uneven, middle age, young-old) with management strategies (area control, 10% of Annual Allowable Cut (AAC) change, 10% old growth reserve, maintenance of minimum growing stock) on management plan output of NPV and AAC using linear programming. The results indicated that the best result was achieved with SY3 strategy on old forests (NPV = 385.191TL) followed by SO3 strategy on middle age forest (NPV=381.875 TL). Furthermore, strategies with 70 years rotation age created better results than that with 80 years. The area flow control strategies created regulated forest in terms of area; whereas, other strategies did not. Interestingly, the area flow constraint was found to be more sensitive on old forest development pattern. In conclusion, the initial age class structure is highly important in finding optimal schedule with linear programming when wood production is in focus.

Keywords: Linear programming, Forest management, Net present value, Planning strategies.

Giriş

Orman dinamiği denilince, farklı yapı ve büyüme seyrine tabi (yapı-kuruluş, gelişme çağları ve yetiştirme ortamı) çok sayıdaki meşcere tiplerinin oluşturduğu bir orman alanının gerek insan müdahalesiyle ve gerekse doğal müdahaleler nedeniyle zamana ve mekana göre kuruluş ve diğer özelliklerinin değişmesi trendi anlaşılmaktadır. Belirli bir zamanda, örneğin, bir ormanda toplam meşcerelerin yarısı gençlik çağında olabildiği gibi, diğer yarısı da kalın ağaçlık çağında olabilir. İnsan müdahalesinin olmadığı varsayılan bu ormanda yaşlı meşcereler bir kaç periyot sonra genç meşcerelere, genç meşcereler de kendilerini olgun meşcerelere bırakacaktır. Dolayısıyla, çok basite indirgenmiş bu örnekte görüldüğü gibi, zamanla ormanın kuruluşu ve yapısı farklı olacağından sunacağı fonksiyonların miktarı ve etkinliği de değişecektir. Bu durum da ormandan faydalanmanın düzeyini doğrudan etkileyecektir. Hele ormana insan müdahalesi (gençleştirme, kaçak kesim, bakım, ağaçlandırma, koruya tahvil gibi) ve diğer yangın, fırtına, kar ve böcek gibi doğal olaylar da eklenirse, orman dinamiğinin daha karmaşık bir seyir çizdiği görülür; çünkü bu dinamiği etkileyen çok sayıda etmen bulunmaktadır. Dolayısıyla, orman dinamiğinin (yani sebep-sonuç ilişkilerinin) öncelikle kavranması gerekmektedir. Böylelikle ormanların sunabileceği mal ve hizmet arzının zaman ve mekana göre isabetli projeksiyonu yapılabilir ve gerçeğe daha 'yakın', uygulanabilir, isabetli planlar yapılabilir (Başkent, 1999).

Buradan anlaşılacağı üzere, orman ekosistemi bir dizi biyolojik sebep-sonuç ilişkilerine göre çalışır ve bu kurallarla uyum sağlamayan bir yöne doğru zorlanamaz. Bu kurallar ise orman ekosisteminden faydalanmayı sınırlandırmaktadır. Bu sınırları zorlayan bir yönetici, amacına ulaşmak için uygulayacağı her türlü silvikültürel müdahalelerin sebep-sonuç ilişkilerini sayısal olarak niteleyerek mutlak surette kavraması gerekmektedir. Plan seçeneklerinin çok olması, her bir müdahalenin etkisinin uzun vadede ele alınması ve ortaya çıkacak karmaşık orman

yapısının ve çıktılarının kritik analizi ancak modellemeyle sağlanmaktadır.

Ülkemizde orman dinamiğini ortaya koyabilmek amacıyla yapılmış az sayıda çalışmalar söz konusudur. Soykan (1979) farklı bonitetlerdeki Karaçam, Kızılçam ve Sedir ağaç türleri için en iyi idare sürelerini doğrusal programlama ile belirlemiş ve bu sürelerin Orman Genel Müdürlüğü'nün o dönemde kullandığı sürelerle yakın olduğunu göstermiştir. Benzer bir eserde ise, mevcut orman kuruluşlarının optimal kuruluşa yaklaştırılması probleminin çözümünde Simülasyon yönteminin çeşitli varyasyonları uygulanarak eta kestirimi yapılmıştır. Ayrıca, Köse (1986) amaç programlama ile optimal kuruluştan çok uzak bir yapıya sahip olan plan ünitesi, kabul edilen değişik düzenleme süresi sonunda optimal yapıya kavuşturulurken ara ve son hasılat kesimlerini içeren kesim planı oluşturmuştur. Son zamanlarda, ormanın topluma sunduğu toprak koruma ve su üretimi fonksiyonları da modellere dahil edilmeye başlanmıştır (Karahalil, 2003; Keleş, 2003). Doğrusal programlama ile geliştirilen stratejilere bağlı olarak orman fonksiyonları hem toplam üretim hem de NBD getirileri itibarıyla eniyilenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, ormanlardan elde edilen eta miktarı arttıkça toprak kaybının ve su üretiminin arttığı gözlenmiştir. En yüksek toplam etayı veren plan stratejisinde en düşük su üretim miktarı oluşması gibi ilginç bir sonuç ortaya çıkmış ve bunun sebebinin de aktüel durumdaki meşcerelerin göğüs yüzeylerinin düşük olmasından kaynaklandığı belirtilmiştir. Artvin Merkez planlama birimini örnek alan başka bir çalışmada (Yolasığmaz, 2004) ise toprak ve su üretimine ilaveten ormanlarda depolanan karbon miktarı hesaplanmıştır. Bu çalışmaya göre, eta miktarı arttıkça depolanan karbon miktarının da azaldığı görülmüştür. Bu eserlerde her ne kadar orman dinamiğinin bir kısmı incelenmiş ise de, *farklı aktüel orman kuruluşlarının* plan çıktılarını yada işletme amacını ne denli etkilediği konusu irdelenmemiştir. Ayrıca, farklı amaç ve kısıtlardan oluşan planlama stratejileri tek bir idare süresi için incelenmiş, *farklı idare sürelerinin* orman dinamiği üzerindeki etkileri sayısal olarak ortaya konulmamıştır.

Bu çalışmada, günümüze kadar yapılan eksik, yetersiz silvikültürel müdahaleler ve sosyal baskı nedeniyle ortaya çıkan farklı aktüel kuruluşlardaki ormanların optimal kuruluşlara nasıl ulaştırılacağı konusu işlenmiştir. Ayrıca, farklı teknik idare sürelerinin model/plan çıktılarına olan etkileri değerlendirilerek en uygun idare süresi(leri) tespit edilmiştir. Aynı toplam orman alanına sahip farklı aktüel kuruluşların ve planlama stratejilerinin orman dinamiği üzerine olan etkileri doğrusal programlama tekniği kapsamında irdelenmiştir.

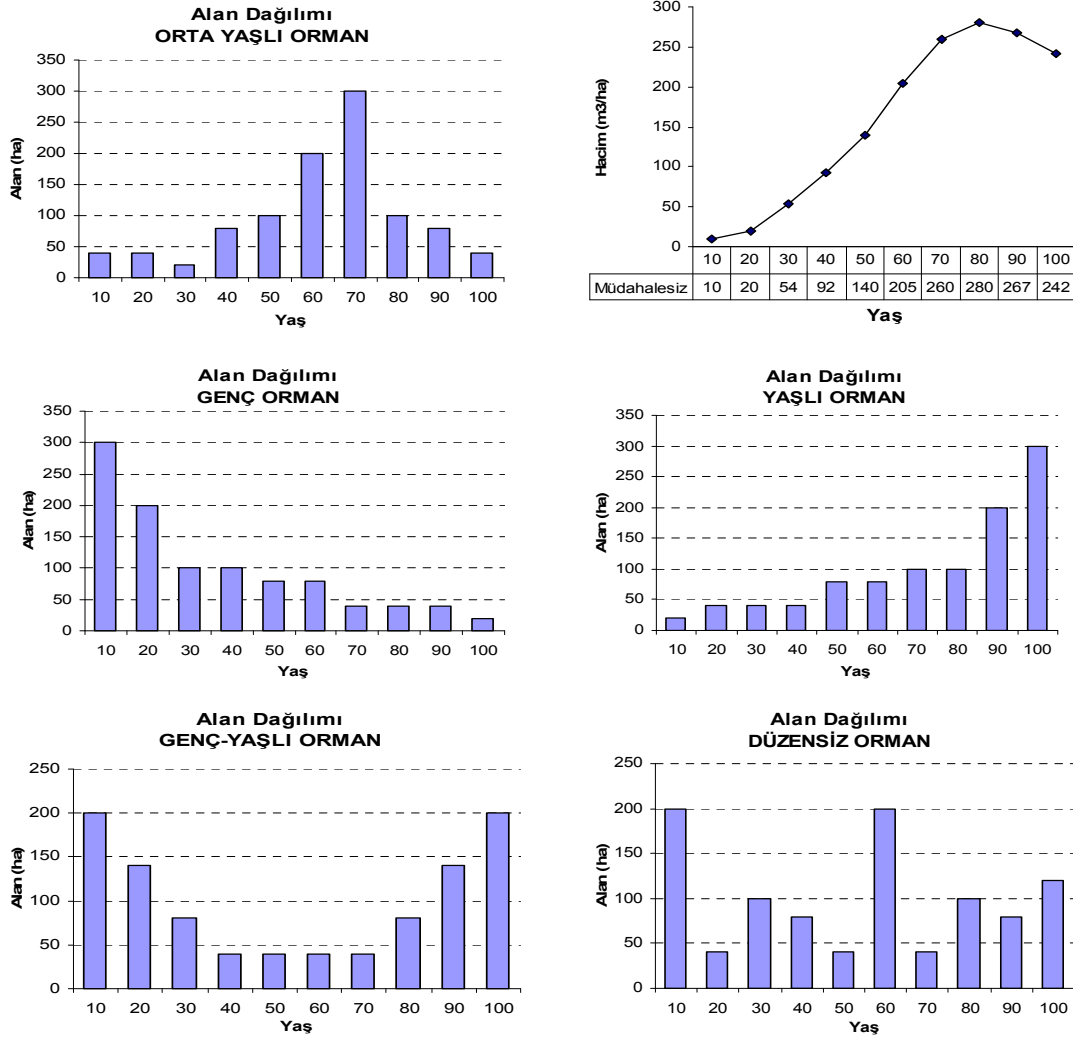
Yaklaşım Tarzı

Bu çalışmada, her biri toplam 1000 hektar olan, ancak farklı aktüel kuruluşa sahip beş hipotetik orman alanı tasarlanarak kullanılmıştır. Ormanlık alanların orta, genç, yaşlı, genç-yaşlı ve düzensiz yaş sınıfları dağılımına sahip olduğu varsayılmıştır. Bu orman kuruluşlarının ele alınmasındaki temel neden, yaş sınıfları ile işletilen ülkemiz ormanlarının gösterdiği aktüel kuruluşların bu beş örnekten birisine benziyor olmasıdır. Bu orman alanlarının aktüel kuruluşlarının yaş sınıflarına dağılımı ve modelde kullanılacak hasılat verileri Şekil 1'de verilmiştir. Orman dinamiğinin daha basit olarak kavranması için, her bir ormanlık alanın aynı bonitet ve gelişme seyri izleyeceği kabul edilmiştir. Ayrıca, örnek alanların planlama yörüngesi süresince hiçbir şekilde bakım müdahalesi görmediği varsayımı benimsenmiştir. Gençleştirilmiş alanların büyüme ve hasılat açısından gelişimi optimal olduğu varsayılmıştır. Bu kurgunun temel çıkış noktası, farklı aktüel kuruluşların planlamaya yansımalarını daha kolayca açıklayabilmek ve bu doğrultuda plan stratejilerinin etkenliğini ortaya koyabilmektir. Dolayısıyla, bu çalışma alanında 70 ve 80 yıl olmak üzere iki farklı idare süresi ile 10 yıllık periyotlar ve 100

yıllık sabit planlama yörüngesi öngörülmüştür. Ayrıca, planlama yörüngesi sonunda idare süresini dolduran alanların doğal yaşlı orman niteliği taşıyabileceği varsayımından hareketle en az toplam alanın %10' u kadar bir alanın korunması öngörülmüştür. Geliştirilen plan stratejilerinin başarılarını karşılaştırmalı olarak ölçmek için, toplam eta, toplam net bugünkü değer ve alan çıktıları kullanılmıştır.

Model sonuçlarını ortak bir zeminde değerlendirerek karşılaştırmak için ormanın zaman içindeki değişimini ekonomik anlamda gösteren NBD (Net Bugünkü Değer) kullanılmıştır. NBD'nin hesaplanmasındaki bir takım zorluklardan dolayı (odunun satış fiyatları ve üretim maliyetlerinin belirlenmesindeki güçlükler) pratik olarak tarife bedeli kullanılmıştır. Bu çalışmada NBD'nin hesaplanmasında tomruğun 2007 yılı için belirlenen 2,4 TL/m³ tarife bedeli esas alınmış olup, ormancılıkta genel olarak benimsenen %3 iskonto oranı kullanılmıştır.

Kurulan planlama modelinin amaç fonksiyonları, üretilen odun hasılat miktarı ve NBD'yi eniyilemek üzere iki farklı şekilde ele alınmıştır. Geliştirilen alternatif planlama stratejilerden **1 ve **2' nin amacı en yüksek odun hâsılatı elde etmek, **3 ve **4'ün amacı ise NBD'yi eniyilemektir. Ayrıca iki farklı idare süresi denenerek, amaçlara ulaşmada idare sürelerinin etkileri belirlenmeye çalışılmıştır (Tablo 1). Geliştirilen alternatif planlama stratejileri doğrusal programlama tekniği (Lindo 6.1 yazılımı) ile çözülmüş, meşcere parametreleri ve model çıktıları periyot ortasına göre hesaplanmıştır. Doğrusal programlama modelinin geliştirilmesinde Model I yaklaşımı kullanılmıştır (Davis vd., 2001; Leuschner, 1990).



Şekil 1. Farklı aktüel orman yapılarında yaş sınıflarındaki alan dağılımını ve hasılat değerlerini gösteren grafikler

Tablo 1. Farklı amaç, idare süresi ve kısıtlar dahilinde geliştirilen plan stratejileri

İdare Süresi	Stratejiler					Amaç	Kısıtlar	
	Orta	Genç	Yaşlı	Genç-Yaşlı	Düzensiz			
70	SO1	SG1	SY1	SGY1	SD1	EtaMax	OPA Kontrolü, >=%10 DY0 %10 Eta akışı, >=%10 DY0, Son Servet>= İlk Servet	
	SO2	SG2	SY2	SGY2	SD2			
	SO3	SG3	SY3	SGY3	SD3			NBD
	SO4	SG4	SY4	SGY4	SD4			Max
80	LO1	LG1	LY1	LGY1	LD1	EtaMax	OPA Kontrolü, >=%10 DY0 %10 Eta akışı, >=%10 DY0, Son Servet>= İlk Servet	
	LO2	LG2	LY2	LGY2	LD2			
	LO3	LG3	LY3	LGY3	LD3			NBD
	LO4	LG4	LY4	LGY4	LD4			Max

DYO: Doğal yaşlı orman, OPA: Optimal Periyodik Alan, S: İdare süresi 70, L: İdare süresi 80, O: Orta, G: Genç, Y: Yaşlı, GY: Genç-Yaşlı, D: Düzensiz

Model Yapısı

Geliştirilen DP modellerinin amaç fonksiyonu ürün miktarı ve NBD açısından

denklemler yapısı, kısıtlayıcı koşul ve hesap değişkenleri aşağıda verilmiştir:

$$Z_{\max} \rightarrow \sum_{i=1}^m \left(\sum_{j=1}^n a_{ij} x_{ij} \right) \quad \text{Odun üretimini eniyileyen amaç fonksiyonunun denklemi}$$

$$Z_{\max} \rightarrow \sum_{i=1}^m \left(\sum_{j=1}^n b_{ij} x_{ij} \right) \quad \text{NBD'yi eniyileyen amaç fonksiyonunun denklemi}$$

$$\sum_{i=1}^m \left(\sum_{j=1}^n a_{ij} x_{ij} \right) = ETA_j \quad \text{Periyotlar itibariyle eta denklemi}$$

$$\sum_{i=1}^m \left(\sum_{j=1}^n b_{ij} x_{ij} \right) = NBDETA_j \quad \text{Periyotlar itibariyle NBD denklemi}$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij} + DYO \leq T_i \quad \text{Yaş sınıfları alan kısıtı denklemi}$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij} = OPA_j \quad \text{Alan kontrol kısıtı (optimal periyodik alan kısıtı)}$$

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

$$(1 + y)ETA_j - ETA_{j+1} \geq 0 \quad \text{Periyotlar arası eta akışı kısıtı denklemleri}$$

$$\sum_{i=1}^m \left(\sum_{j=1}^n a_{ij} x_{ij} \right) \geq E \quad \text{Son servet denklemi (son servetin başlangıç servetinden büyük olması)}$$

Burada, x_{ij} : j . periyotta kesime tabi tutulan i . yaş sınıfı alanı (ha), a_{ij} : j . periyotta i . yaş sınıfının hektardaki serveti (m^3 /ha), b_j : j . periyotta i . yaş sınıfının hektardaki servetin NBD (TL/ha) ETA_j : j .periyotta hasat edilen toplam odun üretimi miktarı (m^3), $NBDETA_j$: j .periyotta elde edilen odun üretimi toplam NBD (TL), DYO : Alanın en az %10 unu oluşturan Doğal Yaşlı Orman (100 ha), m : Yaş sınıfları sayısı, n : Periyot sayısı, y : Periyotlar arasında alan ya da etada müsaade edilen değişim oranı (%10), T_i : i . yaş sınıfı alanı (ha), E : başlangıç serveti, a_{ij} : planlama yörüngesi sonundaki hektardaki servet, h : planlama yörüngesi sonundaki yaş, OPA_j : j . periyotta optimal periyodik alan göstermektedir.

Her bir orman kuruluşu için; idare süresi, müdahale şekli ve planlama yörüngesi dikkate alınarak olası tüm müdahale seçenekleri (reçete) oluşturulur. Örneğin, idare süresi 70 yıl, planlama yörüngesi 100 yıl ve sadece son hasılatın alınacağı bir silvikültürel müdahale rejimine göre ortaya çıkan müdahale reçetesi Şekil 2'de gösterilmiştir.

X _{ij}	10 yıllık periyotlardaki müdahaleler										Son yaş
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
X ₁₀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	110
X ₁₇	-	-	-	-	-	-	K	-	-	-	40
X ₁₈	-	-	-	-	-	-	-	K	-	-	30
X ₁₉	-	-	-	-	-	-	-	-	K	-	20
X ₁₁₀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	K	10
X ₂₀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120
X ₂₆	-	-	-	-	-	K	-	-	-	-	50
X ₂₇	-	-	-	-	-	-	K	-	-	-	40
X ₂₈	-	-	-	-	-	-	-	K	-	-	30
X ₂₉	-	-	-	-	-	-	-	-	K	-	20
X ₂₁₀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	K	10
X ₃₀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	130
X ₃₅	-	-	-	-	K	-	-	-	-	-	60
X ₃₆	-	-	-	-	-	K	-	-	-	-	50
X ₃₇	-	-	-	-	-	-	K	-	-	-	40
X ₃₈	-	-	-	-	-	-	-	K	-	-	30
X ₃₉	-	-	-	-	-	-	-	-	K	-	20
X ₃₁₀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	K	10
X ₄₀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	140
X ₄₄	-	-	-	K	-	-	-	-	-	-	70
X ₄₅	-	-	-	-	K	-	-	-	-	-	60
X ₄₆	-	-	-	-	-	K	-	-	-	-	50
X ₄₇	-	-	-	-	-	-	K	-	-	-	40
X ₄₈	-	-	-	-	-	-	-	K	-	-	30
X ₄₉	-	-	-	-	-	-	-	-	K	-	20
X ₄₁₀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	K	10
X ₅₀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	150
X ₅₃₁₀	-	-	K	-	-	-	-	-	-	K	10
X ₅₃	-	-	-	K	-	-	-	-	-	-	80
X ₅₄	-	-	-	-	K	-	-	-	-	-	70
X ₅₅	-	-	-	-	-	K	-	-	-	-	60
X ₅₆	-	-	-	-	-	-	K	-	-	-	50
X ₅₇	-	-	-	-	-	-	-	K	-	-	40
X ₅₈	-	-	-	-	-	-	-	-	K	-	30
X ₅₉	-	-	-	-	-	-	-	-	-	K	20
X ₅₁₀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10
X ₆₀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	160
X ₆₂₉	-	K	-	-	-	-	-	-	-	K	20
X ₆₂₁₀	-	-	K	-	-	-	-	-	-	-	10
X ₆₂	-	-	-	K	-	-	-	-	-	-	90
X ₆₃₁₀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10
X ₆₃	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80
X ₆₄	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	70
X ₆₅	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	60
X ₆₆	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50
X ₆₇	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40
X ₆₈	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30
X ₆₉	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20
X ₆₁₀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10
X ₇₀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	170
X ₇₁₈	K	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30
X ₇₁₉	-	K	-	-	-	-	-	-	-	-	20
X ₇₁₁₀	-	-	K	-	-	-	-	-	-	-	10
X ₇₁	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100
X ₇₂₉	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20
X ₇₂₁₀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10
X ₇₂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	90
X ₇₃₁₀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10
X ₇₃	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80
X ₇₄	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	70
X ₇₅	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	60
X ₇₆	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50
X ₇₇	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40
X ₇₈	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30
X ₇₉	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20
X ₇₁₀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10
X ₈₀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	180
X ₈₁₈	K	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30
X ₈₁₉	-	K	-	-	-	-	-	-	-	-	20
X ₈₁₁₀	-	-	K	-	-	-	-	-	-	-	10
X ₈₁	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100
X ₈₂₉	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20
X ₈₂₁₀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10
X ₈₂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	90
X ₈₃₁₀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10
X ₈₃	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80
X ₈₄	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	70
X ₈₅	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	60
X ₈₆	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50
X ₈₇	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40
X ₈₈	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30
X ₈₉	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20
X ₈₁₀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10
X ₉₀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	190
X ₉₁₈	K	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30
X ₉₁₉	-	K	-	-	-	-	-	-	-	-	20
X ₉₁₁₀	-	-	K	-	-	-	-	-	-	-	10
X ₉₁	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100
X ₉₂₉	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20
X ₉₂₁₀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10
X ₉₂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	90
X ₉₃₁₀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10
X ₉₃	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80
X ₉₄	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	70
X ₉₅	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	60
X ₉₆	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50
X ₉₇	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40
X ₉₈	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30
X ₉₉	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20
X ₉₁₀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10
X ₁₀₀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	200
X ₁₀₁₈	K	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30
X ₁₀₁₉	-	K	-	-	-	-	-	-	-	-	20
X ₁₀₁₁₀	-	-	K	-	-	-	-	-	-	-	10
X ₁₀₁	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100
X ₁₀₂₉	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20
X ₁₀₂₁₀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10
X ₁₀₂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	90
X ₁₀₃₁₀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10
X ₁₀₃	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80
X ₁₀₄	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	70
X ₁₀₅	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	60
X ₁₀₆	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50
X ₁₀₇	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40
X ₁₀₈	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30
X ₁₀₉	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20
X ₁₀₁₀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10

K: ilgili periyotta son hasulat kesimi yapılacak

Şekil 2. İdare süresi 70 yıl ve 100 yıllık bir planlama yürüncesinde öngörülen müdahale seçenekleri

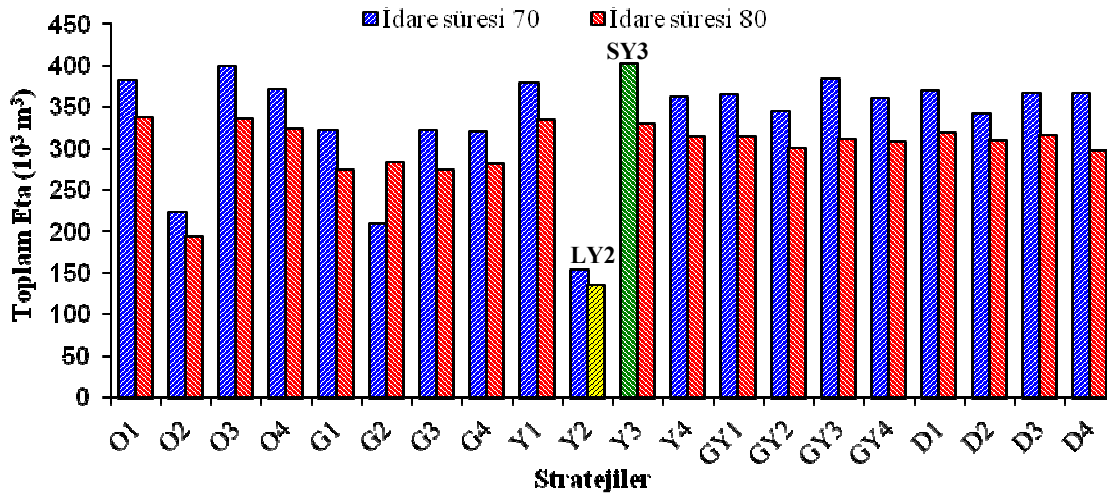
Bulgular ve Tartışma

Bu beş farklı orman kuruluşu için hazırlanan her bir planlama stratejinin doğrusal Programlama (DP) ile çözüm sonuçları, grafik ve tablolar halinde sunularak değerlendirilmiştir.

Farklı orman kuruluşların odun üretimine olan etkisi

Tüm stratejiler arasında SY3 en yüksek toplam etayı (401.506 m³) vermiştir. Bu stratejide, başlangıç yaşlı orman kuruluşu, her periyotta eşit OPA ve en yüksek NBD amacı yer almaktadır. Ayrıca bu stratejiyi 3.129 m³ lük bir fark ile aynı amaç ve

kısıtlara sahip olup aktüel yapısı orta orman kuruluşu olan SO3 stratejisi takip etmektedir. Bu iki stratejide fazla etanın temel sebebi aktüel yapıdan kaynaklanmaktadır. Gerek yaşlı orman gerekse orta ormanın aktüel durumdaki yaş sınıfları grafiklerine (Şekil1) bakılırsa, alanın ağırlıklı olarak son yaş sınıflarında toplandığı görülmektedir. En düşük etayı ise, yaşlı orman kuruluşunda amacın en yüksek odun hasılatı olduğu ve periyotlar arasında %10 eta akışı ile son servetin ilk servetten büyük olması gerektiği LY2 stratejisi (134.890m³) sağlamıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Planlama stratejilerine göre ortaya çıkan toplam etanın karşılaştırılması.

Tüm orman kuruluşları içerisinde, idare sürelerinin 70 olduğu tüm stratejiler, idare süresi 80 olan stratejilere göre daha fazla toplam eta vermiştir. Örneğin, en yüksek eta amacı ve periyotlar arasında %10 eta akışı ve son servetin ilk servetten büyük olduğu stratejide, idare süresi 70 iken toplam eta 223.355 m³ ancak idare süresi 80 iken toplam eta 194.502 m³ çıkmıştır (28.853m³ fazla eta). Yani idare süresinin düşük olması durumunda ilk planlama periyodunda müdahale edilebilecek alan büyümekte ve buda daha fazla eta elde edilmesini sağlamaktadır. Böylece, aynı orman alanından aynı amaç ve kısıtların söz konusu olmasına rağmen farklı idare süresi uygulanması durumunda farklı etaların elde edilebileceği sonucu çıkarılmaktadır.

Aynı aktüel kuruluşu sahip stratejiler göre karşılaştırıldığında, tüm orman kuruluşlarında doğal olarak idare sürelerinin 70 olması durumunda idare süresinin 80 olması durumuna göre daha fazla eta alındığı görülmektedir (Tablo 2). İdare süresinin 80 olduğu stratejilere bakıldığında; en yüksek eta (337.730 m³) LO1 stratejisinden (orta yaşlı orman kuruluşunda amacın en yüksek odun hasılatı olduğu kısıtın da periyotlar arasında eşit OPA olduğu) ve en düşük eta da (134.889 m³) LY2 stratejisinden elde edilmiştir. İdare süresi 70 iken ise en yüksek eta SY3 (401.505 m³) ve en düşük eta da SY2 (154.411 m³) stratejilerinden sağlanmıştır.

Tablo 2. Tüm plan stratejileri sonucu elde edilen *etalaların* (m³) zamana göre değişimi

Periyotlar	Plan Stratejileri							
	ORTA	SO1	SO2	SO3	SO4	LO1	LO2	LO3
1	76.846	34.293	1.370.40	51.942	34.675	29.863	59.040	47.466
2	77.257	30.863	13.371	46.748	70.000	26.877	43.400	42.719
3	0	27.777	0	42.073	0	24.189	0	38.447
4	0	24.999	0	37.866	34.090	21.770	34.090	34.602
5	38.700	22.499	38.700	34.079	34.415	19.593	34.415	31.142
6	36.260	20.249	36.260	30.671	31.010	17.634	31.010	28.028
7	36.811	18.224	36.811	27.604	31.770	15.870	31.770	25.225
8	37.143	16.402	37.143	30.365	31.770	14.283	31.770	22.703
9	40.000	14.762	40.000	33.401	35.000	12.855	35.000	24.973
10	39.783	13.286	59.051	36.741	35.000	11.569	35.000	27.470
Toplam	38.2800	223.355	398.377	371.493	337.730	194.503	335.495	322.775
GENÇ	SG1	SG2	SG3	SG4	LG1	LG2	LG3	LG4
1	21.880	26.720	37.120	28.957	21.880	17.773	26.720	18.386
2	36.840	27.347	20.800	26.061	11.200	19.551	7.000	19.372
3	20.800	24.612	20.800	23.455	1.400	21.506	0	21.309
4	11.143	25.443	11.143	25.416	34.090	23.656	34.090	23.440
5	38.286	27.988	38.286	27.958	34.675	26.022	34.675	25.784
6	37.429	30.786	37.429	30.754	34.050	28.624	34.050	28.363
7	38.571	33.865	38.571	33.829	35.000	31.487	35.000	31.199
8	40.000	37.252	40.000	37.212	35.000	34.635	35.000	34.319
9	39.183	40.977	39.443	40.933	33.375	38.099	33.375	37.751
10	38.423	45.075	38.023	45.026	33.770	41.909	33.700	41.526
Toplam	322.554	320.065	321.614	319.602	274.440	283.262	273.610	281.448
YAŞLI	SY1	SY2	SY3	SY4	LY1	LY2	LY3	LY4
1	93.154	23.707	148.886	50.522	68.050	20.710	99.550	46.253
2	48.800	21.337	0	45.470	28.000	18.639	0	41.627
3	0	19.203	0	40.923	7.000	16.775	0	37.465
4	12.000	17.283	0	36.830	34.285	15.098	33.960	33.718
5	37.020	15.554	38.091	33.147	32.020	13.588	32.645	30.346
6	36.091	13.999	36.091	29.833	31.770	12.229	31.770	27.312
7	36.451	12.599	36.451	26.849	31.770	11.006	31.770	24.581
8	37.143	11.339	37.143	29.534	31.010	9.906	31.010	22.122
9	40.000	10.205	40.000	32.488	35.000	8.915	35.000	24.335
10	37.611	9.185	64.843	35.736	34.675	8.024	33.375	26.768
Toplam	378.271	154.411	401.506	361.332	333.580	134.890	329.080	314.527
GENÇ-YAŞLI	SGY1	SGY2	SGY3	SGY4	LGY1	LGY2	LGY3	LGY4
1	77.066	40.761	118.580	42060	40.180	36.171	75.510	36.171
2	46.491	36.685	10.400	37.854	29.890	32.553	0	32.553
3	0	33.016	3.714	34.069	7.000	29.298	0	29.298
4	11.200	29.715	0	30.662	32.145	26.368	32.770	26.368
5	37.480	32.686	38.123	28.028	31.770	23.731	31.770	23.731
6	37.200	35.955	37.200	30.830	33.290	26.105	33.290	26.105
7	37.143	39.550	37.143	33.914	35.000	28.715	35.000	28.715
8	38.286	35.595	38.286	37.305	35.000	31.587	35.000	31.587
9	40.000	32.036	40.000	41.035	35.000	34.745	35.000	34.745
10	40.000	28.832	60.023	45.139	34.805	31.714	33.375	38.220
Toplam	364.866	344.831	383.469	360.897	314.080	300.988	311.715	307.493
DÜZENSİZ	SD1	SD2	SD3	SD4	LD1	LD2	LD3	LD4
1	61.114	45.915	88.800	45.517	49.360	40.764	78.400	41.544
2	37.840	41.324	45.314	40.965	24.510	36.688	0	37.389
3	28.800	37.191	0	36.869	7.000	33.019	0	33.650
4	11.200	33.472	0	33.182	33.375	29.717	33.375	30.285
5	37.611	30.125	38.611	29.863	34.290	26.745	34.290	27.257
6	39.091	27.112	39.091	29.436	34.050	24.071	34.050	24.531
7	37.143	29.824	37.143	32.380	31.770	25.590	31.770	22.078
8	38.286	32.806	38.286	35.618	35.000	28.149	35.000	24.286
9	40.000	33.866	40.000	39.180	35.000	30.964	35.000	26.714
10	38.480	30.479	40.000	43.098	34.610	34.060	33.375	29.386
Toplam	369.566	342.114	367.246	366.107	318.965	309.766	315.260	297.121

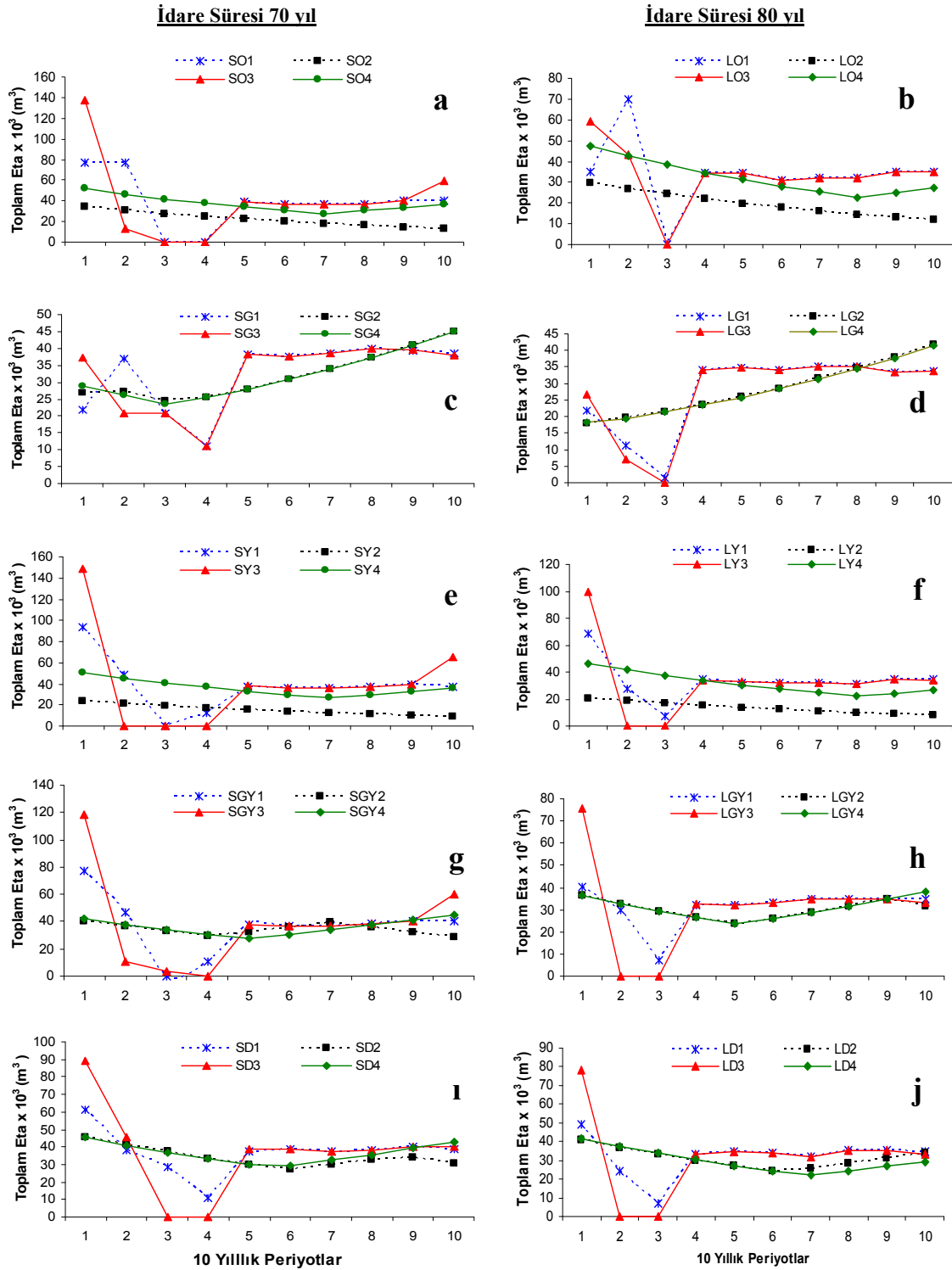
Ancak, idare sürelerinin uzun olmasına rağmen aynı amaç ve kısıtlar söz konusu iken farklı aktüel kuruluşlarda daha fazla toplam eta veren stratejiler gözlemlenmiştir. Örneğin LO1 ve LY1 stratejilerinden elde edilen toplam etalar SG1 stratejisinden elde edilen etaya göre daha fazladır. Benzer şekilde, LG2, LO2, LGY2 ve LD2 stratejileri uzun idare sürelerine sahip olmalarına rağmen, daha düşük idare süresini içeren (SY2) stratejilerden daha fazla toplam eta sunmaktadır. Bu durum farklı aktüel kuruluştaki ormanların her bir yaş sınıflarındaki alan dağılımından kaynaklanmaktadır.

Beş farklı orman kuruluşu birbirleriyle karşılaştırıldığında; en yüksek eta amacı, periyotlar arası eşit OPA kısıtı söz konusu olduğunda her iki idare süresi içinde toplam etanın büyükten küçüğe sıralaması; orta, yaşlı, düzensiz, genç-yaşlı ve genç şeklinde olmuştur. Ancak amacın en yüksek eta ve kısıtların sırasıyla %10 eta akışı ve son servetin başlangıç servetinden büyük olması durumunda, her iki idare süresi için sıralama; genç-yaşlı, düzensiz, genç, orta ve yaşlı şeklinde olmuştur.

Amacın NBD eniyilenmesi olduğu ve periyotlar arası eşit OPA kısıtının söz konusu olduğu stratejilerde idare süresi 70 alındığında; orman kuruluşları arasındaki büyükten küçüğe doğru sıralama; yaşlı, orta, genç-yaşlı, düzensiz, genç olurken, idare süresi 80 alındığında ise sıralama; orta, yaşlı, düzensiz, genç-yaşlı ve genç şeklinde değişmektedir. Son strateji olan amaç NBD'yi maksimize etmek ve periyotlar arası %10 eta akışı sağlamak söz konusu iken idare süresi 70 alındığında sıralama; orta, düzensiz, yaşlı, genç-yaşlı ve genç şeklinde oluşurken idare süresi 80 alındığında ise sıralama; orta, yaşlı, genç-yaşlı, düzensiz ve genç şeklinde olmuştur.

Bu karşılaştırmaya göre aynı amaç, aynı kısıtlar ve hatta aynı idare süresinin uygulandığı plan stratejilerinde dahi aktüel kuruluşun farklı olması farklı amaç değerlerinin oluşmasına neden olmaktadır. Dolayısıyla ulaşılmak istenen amacı gerçekleştirmede aktüel orman kuruluşlarının bir hayli etkili olduğu görülmektedir. Periyodik açıdan baktığımızda beş farklı orman kuruluşunun 70 ve 80 yıllık idare sürelerinin her ikisinde ilk periyotta en fazla etayı veren stratejiler NBD'nin maksimum olduğu ve OPA kısıtının uygulandığı (SO3, LO3, SG3, LG3, SY3, LY3, SGY3, LGY3, SD3, LD3) stratejilerdir. Genç alanlarda ilk periyotta eta alındıktan sonra eta düşme eğilime girmekte ve sonra da yükselen bir eğilim göstererek ilk periyottan daha fazla eta elde edilmektedir (Şekil 4). Çünkü aktüel kuruluşa bakıldığında genç meşcerelerde son yaş sınıfında fazla alan bulunmamakla birlikte, ilk yaş sınıflarında yığılma görülmektedir. Dolayısıyla ilk periyotta fazla bir alana girilememekte ancak sonraki periyotlarda müdahale edilecek alan genişlemektedir. Ancak yaşlı meşcerelerde ise, ilk periyotta çok fazla eta alınmakta ve bu eta diğer periyotlarda azalmaktadır. Bunun nedeni de, genç meşcerelerin aksine, son yaş sınıflarında fazla alanın bulunmasından kaynaklanmaktadır.

**1 ve **3 nolu stratejilerde OPA kısıtı olmasına rağmen 2-4. periyoda kadar periyodik etanın zaman zaman sıfırlandığı görülmektedir (Şekil 4). Bunun sebebi, alansal optimal kuruluşun 100 yıllık süre sonunda oluşturulması ve meşcerelerin ise 70/80 yıl gibi daha erken sürede üretime alınmasıdır. Bu durumda, bazı yaşlı meşcereler planlama yörüngesi boyunca iki kez üretime alınmaktadır. Dolayısıyla, ilk periyotlarda üretim yapılmadan son periyotlarda belirli alanlara girilerek optimal kuruluş gerçekleşmektedir.



Şekil 4. Farklı aktüel kuruluşların (a-b orta, c-d genç, e-f yaşlı, g-h genç-yaşlı, ı-j düzensiz) farklı stratejilerdeki *Periyodik Eta* miktarlarının karşılaştırılması

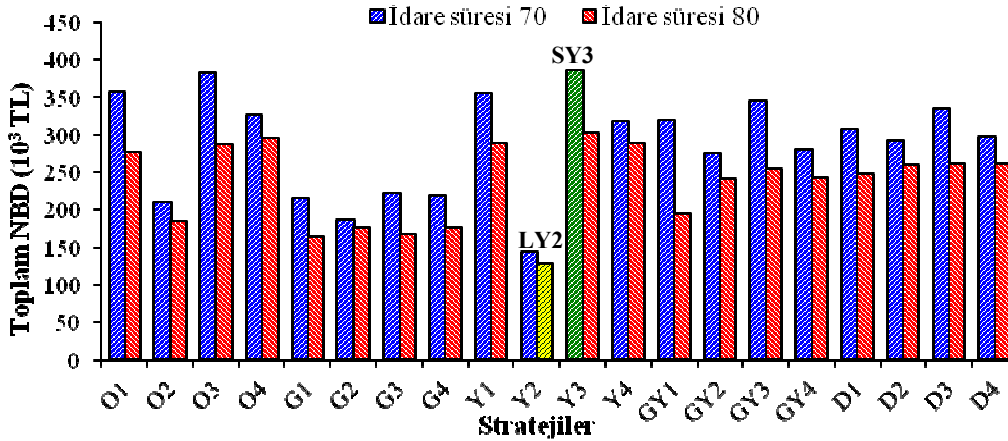
Farklı orman kuruluşların NBD üzerindeki etkisi

NBD hesabı yapılırken önemli olan mevcut sermayenin mümkün olan en kısa

sürede likiditeye yani paraya dönüştürülmesidir. Beş farklı aktüel yapı ve her bir idare süresi içerisinde NBD'nin en büyük olduğu strateji 385.191TL ile SY3 tür.

SY3 stratejisi amacın NBD maksimizasyonu ve idare süresinin 70 olduğu ayrıca kısıt olarak da OPA'nın söz konusu olduğu yaşlı orman kuruluşudur. Bu stratejiyi aynı amaç ve kısıta sahip olan SO3 stratejisi, 3.316 TL'lik az bir farkla takip etmektedir. En düşük NBD ise LY2 stratejisinden elde edilmiştir. Bu da idare süresi 80 olan en yüksek etanın amaçlandığı ve periyotlar

arasında %10'luk eta akışı olması öngörülen yaşlı orman kuruluşudur. Bu düşük NBD'nin en önemli sebebi bu stratejide eta maksimizasyonu, periyotlar arası eta akışı ve son servetin ilk servet kadar yada daha fazla olması istenildiğinden model öncelikle alanın tamamını ya da büyük bir kısmını üretime alamaması ve böylece de ürünün alanda %3 lük iskonto oranıyla bekletilmesidir (Şekil5).



Şekil 5. Planlama stratejilerine göre ortaya çıkan toplam NBD'lerin karşılaştırılması

Tablo 3'e bakıldığında genel olarak idare sürelerinin 70 olduğu tüm stratejilerde toplam NBD'nin idare sürelerinin 80 olduğu stratejilere göre daha yüksek olduğu görülecektir. Bu da daha uzun idare süresi ile işletilecek ormanlarda var olan servetin biraz daha bekletilmesi ile elde edilecek parasal gelirin azalacağını göstermektedir. Çünkü odun üretiminin parasal değeri, kabul edilen %3 lük iskonto oranıyla bugünkü değere indirgenmesiyle düşeceğinden, üretimin geciktirilmesi NBD kaybı oluşacaktır.

Tüm stratejiler NBD açısından değerlendirildiğinde, idare süreleri 70 olan tüm stratejiler, idare süresi 80 olan tüm stratejilerden daha büyük gelir elde ettiği görülmektedir. Bu da bir alanın kısa idare süreleri ile çalıştırılmasında daha iyi ekonomik getiri sağlanacağını açıkça göstermektedir. Ayrıca, ilk periyotlarda elde edilen NBD'ler yüksek seviyede başlarken ilerleyen periyotlarda giderek azalmaktadır. Bunun nedeni ise NBD felsefesi gereği; ilk periyotta yüksek eta alımı ve odun üretiminden elde edilen gelirin ilerleyen periyotlarda yatırıma dönüştürülerek %3 lük

faiz oranıyla çalıştırılmasıdır (Yolasığmaz, 2004).

Ancak, aynı amaç ve kısıtlar söz konusu iken, farklı aktüel kuruluşlarda idare sürelerinin uzun olmasına rağmen daha yüksek etanın elde edilmesiyle ortaya çıkan tersi durum, doğal olarak toplam NBD'nin elde edilmesinde de benzer nedenlerden dolayı geçerli olduğu görülmektedir (Tablo 3; LO1, LY1, LD1>SG1).

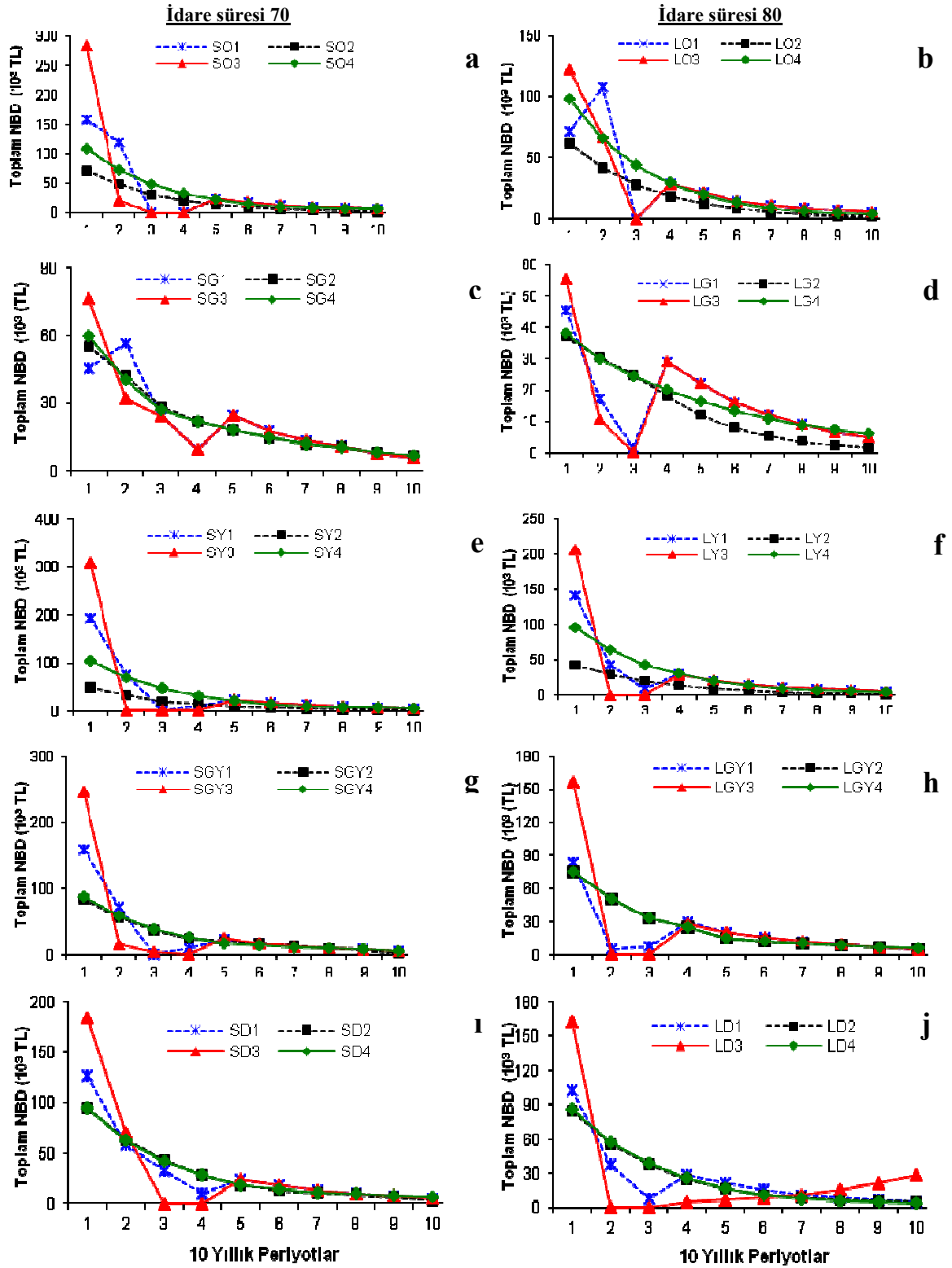
En yüksek orman hasılatı amacı ve eşit OPA kısıtına göre, toplam NBD'nin orman formları arasında büyükten küçüğe doğru sıralanışı orta, yaşlı, genç-yaşlı, düzensiz ve genç iken, idare süresi 80 için bu sıralama; yaşlı, orta, düzensiz, genç-yaşlı ve genç şeklindedir. Amaç, yine en yüksek odun hasılatı ancak, kısıtlar periyotlar arası %10'luk eta akışı ve son servetin ilk servetten büyük olması durumunda 70 yıllık idare süresi için sıralama; düzensiz, genç-yaşlı, orta, genç ve yaşlı ancak idare süresi 80 iken bu sıralama; düzensiz, genç-yaşlı, orta, genç ve yaşlı biçiminde olmaktadır. Bunun yanında amacın NBD'yi maksimum etmek ve her periyotta eşit OPA oluşturmak iken, idare süresi 70 için sıralama; yaşlı, orta,

genç-yaşlı, düzensiz ve genç iken idare süresi 80 olduğunda sıralama; yaşlı, orta, düzensiz, genç-yaşlı ve genç şeklinde olmaktadır. Yine NBD'yi maksimum etme amacı ve periyotlar

arası % 10'luk eta akışı kısıtının olduğu stratejide, idare süresi 70 ve 80 için sıralama aynı olup orta, yaşlı, düzensiz, genç-yaşlı ve genç şeklinde sıralanmıştır.

Tablo 3. Plan stratejileri sonucu elde edilen *Net Bugünkü Değerlerin* zamana göre değişimi

Periyotlar		Plan Stratejileri							
ORTA		SO1	SO2	SO3	SO4	LO1	LO2	LO3	LO4
1		159.114	70.975	283.680	107.584	71.825	61.858	122.280	98.316
2		119.029	47.582	20.623	71.959	107.750	41.377	66.805	65.757
3		0	30.406	0	48.231	0	27.687	0	44.077
4		0	21.280	0	32.329	29.105	18.531	29.105	29.542
5		24.529	14.244	24.529	21.633	21.845	12.412	21.845	19.771
6		17.091	9.556	17.091	14.451	14.610	8.322	14.610	13.206
7		12.903	6.392	12.903	9.669	11.145	5.566	11.145	8.846
8		9.714	4.481	9.714	7.942	8.275	3.724	8.275	5.914
9		7.714	2.847	7.714	6.484	6.750	2.479	6.750	4.816
10		5.786	963	5.621	5.959	5.062	1.677	5.063	3.980
Toplam		355.880	208.725	381.875	326.239	276.367	183.633	285.878	294.225
GENÇ		SG1	SG2	SG3	SG4	LG1	LG2	LG3	LG4
1		45.320	55.340	76.860	59.969	45.320	36.814	55.340	38.082
2		56.780	42.144	32.080	40.168	17.240	30.103	10.775	29.829
3		23.840	28.211	23.840	26.884	1.605	24.655	0	24.429
4		9.514	21.724	9.514	21.701	29.105	20.252	29.105	20.008
5		24.314	17.763	24.314	17.745	22.025	16.542	22.025	16.391
6		17.700	14.564	17.700	14.549	16.050	13.494	16.050	13.372
7		13.500	11.852	13.500	11.840	12.250	11.020	12.250	10.923
8		11.143	10.377	11.143	10.366	9.125	9.030	9.125	8.984
9		7.589	7.927	7.629	7.951	6.500	7.385	6.500	7.352
10		5.777	6.739	5.647	6.722	4.891	6.061	4.882	6.012
Toplam		215.477	216.641	222.227	217.895	164.111	175.356	166.052	175.383
YAŞLI		SY1	SY2	SY3	SY4	LY1	LY2	LY3	LY4
1		192.934	49.075	308.286	104.641	140.950	42.893	206.175	95.797
2		75.180	32.887	0	69.991	43.100	28.729	0	64.077
3		0	19.203	0	46.882	8.025	19.201	0	42.941
4		10.243	14.712	0	31.404	29.270	12.852	28.995	30.438
5		23.517	9.864	24.160	21.086	20.360	8.615	20.735	19.304
6		17.006	6.602	17.006	14.057	14.970	5.768	14.970	12.870
7		12.783	4.413	12.783	9.410	11.145	3.861	11.145	8.620
8		9.714	3.061	9.714	7.724	8.075	2.589	8.075	5.761
9		7.714	1.968	7.714	6.322	6.750	1.719	6.750	4.693
10		5.786	666	5.529	5.720	5.018	1.163	4.838	3.879
Toplam		354.877	142.449	385.191	317.238	287.663	127.390	301.683	288.380
GENÇ-YAŞLI		SGY1	SGY2	SGY3	SGY4	LGY1	LGY2	LGY3	LGY4
1		159.606	84.423	245.540	87.115	83.220	74.915	156.385	74.915
2		71.646	56.485	16.040	58.289	4.601	50.110	0	50.110
3		0	37.811	4.257	39.016	8.025	33.556	0	33.556
4		9.560	25.320	0	26.136	29.920	24.728	28.130	24.728
5		23.809	20.757	24.194	17.795	20.210	15.095	20.210	15.095
6		17.597	17.009	17.597	14.585	15.690	12.305	15.690	12.305
7		13.000	13.843	13.000	11.870	12.250	10.050	12.250	10.050
8		10.286	9.547	10.286	10.198	9.125	8.235	9.125	8.250
9		7.714	6.220	7.714	7.945	6.750	6.745	6.750	6.763
10		5.786	2.120	5.601	5.649	5.036	4.595	4.838	5.539
Toplam		319.003	273.535	344.229	278.600	194.827	240.334	253.378	241.310
DÜZENSİZ		SD1	SD2	SD3	SD4	LD1	LD2	LD3	LD4
1		126.574	95.104	183.880	94.279	102.240	84.434	162.360	86.049
2		58.326	63.679	69.889	63.110	37.755	56.508	0	57.591
3		33.017	42.637	0	42.267	8.025	37.854	0	38.578
4		9.560	28.530	0	28.323	28.500	25.374	4.838	25.858
5		23.920	19.139	24.520	18.975	21.770	16.994	6.750	17.323
6		18.446	12.799	18.446	13.894	16.050	11.348	9.125	11.565
7		13.000	10.438	13.000	11.333	11.145	8.977	11.145	7.744
8		10.286	8.987	10.286	9.675	9.125	7.339	16.050	6.332
9		7.714	6.531	7.714	7.583	6.750	6.019	21.770	5.203
10		5.786	3.431	5.786	6.453	5.009	4.937	28.500	4.259
Toplam		306.629	291.277	333.520	295.894	246.369	259.784	260.538	260.502



Şekil 6. Farklı aktüel kuruluşların(a-b orta, c-d genç, e-f yaşlı, g-h genç-yaşlı, i-j düzensiz) farklı stratejilerdeki Periyodik Net Bugünkü Değerlerin karşılaştırılması

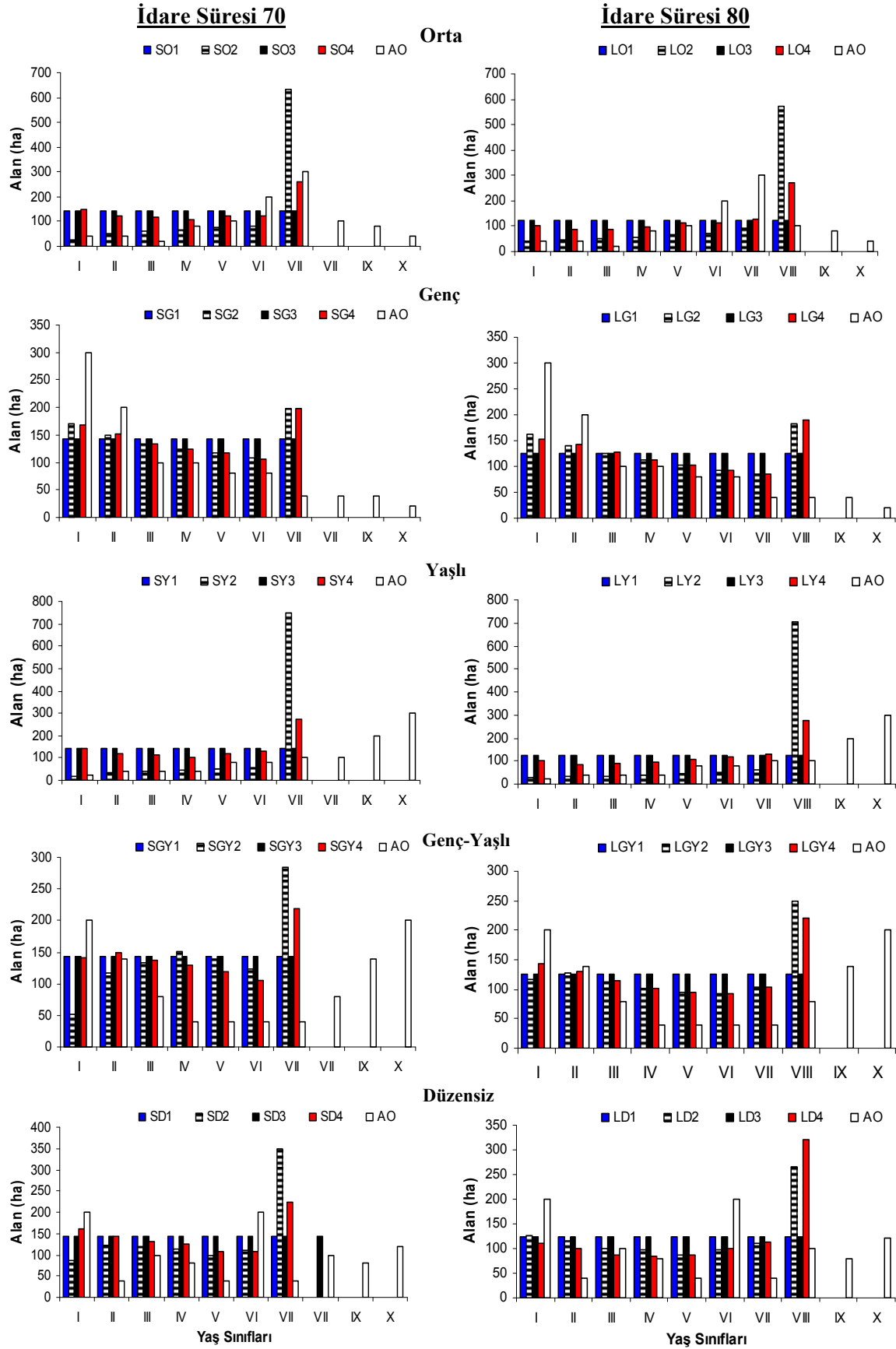
Yaşlı ormanda, ilk periyotta NBD çok yüksek olmasına rağmen sonraki periyotlarda hızlı bir şekilde düşme eğilimine girmiştir. Çünkü yaşlı orman kuruluşlarının aktüel durumda son yaş sınıflarında diğer yaş sınıflarına nazaran daha fazla alan vardır ve kısıtların izin verdiği ölçüde fazla alanda üretim yapılarak alandan elde edilecek parasal getiriye maksimum yapmaya çalışılmıştır. Dolayısıyla bu son yaş sınıflarının büyük bir kısmına ilk periyotta müdahale edileceğinden, ilk periyottaki NBD'ler fazla çıkmaktadır. Genç meşcerelerde ise periyotlar arasındaki azalma eğilimi yaşlı meşcerelere göre daha yavaş bir seyir izlemektedir. Bu durum da genç meşcerelerin aktüel kuruluştaki yaş sınıfları dağılımından kaynaklanmaktadır (Şekil 6).

Farklı orman kuruluşlarının Optimal Alan Dağılımı üzerindeki etkisi

Genel olarak bakıldığında dört farklı strateji grubunun olduğu görülür. Bunlardan ikisi ormanda klasik alan kontrolüne diğer ikisi de hacim kontrolüne dayanmaktadır. Dolayısıyla her bir orman yapısı ve iki farklı idare süresi için geliştirilen alan kontrol stratejilerinde (SO1, SO3, LO1, LO3, SG1, SG3, LG1, LG3, SY1, SY3, LY1, LY3, SGY1, SGY3, LGY1, LGY3, SD1, SD3, LD1, LD3) 100 yıllık planlama yörüngesi sonunda her yaş sınıfında eşit büyüklükte alan oluşmuştur. Ancak diğer ikinci grup stratejiler (SO2, SO4, LO2, LO4, SG2, SG4, LG2, LG4, SY2, SY4, LY2, LY4, SGY2, SGY4, LGY2, LGY4, SD2, SD4, LD2, LD4) hacim kontrolüne dayandığından çalışma alanında alan kontrolü söz konusu olmamış ve planlama yörüngesi sonunda tüm orman formu ve iki farklı idare süresi için her bir yaş sınıfında farklı alanlar oluşturulmuştur (Şekil 7). Özellikle başlangıçta %10'luk eta akışı öngörülen yani hacim kontrolüne dayanan **2nolu strateji (SO2, LO2, SG2, LG2, SY2, LY2, SGY2, LGY2, SD2, LD2) sonuçlarına göre, her bir orman formu

için son yaş sınıfında diğer yaş sınıflarına nazaran daha fazla bir alan yığılması olmuştur. Bu durumun bir nedeni, kısıtlar arasında periyodik alan sınırlamasının olmaması ve amacın en yüksek odun hasılatı elde etmek olmasıdır. Dolayısıyla ilk periyotlarda mümkün olduğunca fazla alana müdahale edilmiş ve ileriki yıllarda son yaş sınıfında çok fazla alan oluşmasına neden olmuştur. Ancak, bir diğer önemli sebebi ise, son servetin en az başlangıç serveti kadar olması kısıttır.

Hacim kontrolünün söz konusu olduğu strateji sonuçlarına baktığımızda, özellikle *yaşlı* orman kuruluşlarında (SY2, LY2, SY4, LY4) her iki idare süresi için de son yaş sınıfında (7. ve 8. yaş sınıfları) optimal periyodik alan yığılmasının diğer aktüel kuruluşlara nazaran daha fazla olduğu görülmektedir. Bunun temel sebebi ise, başlangıçta dikili servetin çok olması nedeniyle son servetin en az başlangıç servet kadar olabilmesi için daha fazla alana ihtiyaç duyulmasıdır. Ancak genç orman kuruluşlarında (SG2, LG2, SG4, LG4) 7. ve 8. yaş sınıflarındaki OPA yığılmasının diğer aktüel kuruluşlardaki kadar fazla olmadığı görülmektedir. Çünkü tüm orman formlarının aktüel yapılarına nazaran yaşlı ormanın son yaş sınıfında daha fazla, ancak genç ormanın daha az alanı vardır. Dolayısıyla son yaş sınıfında biriken optimal periyodik alan başlangıç servetiyle orantılıdır. NBD'nin eniyilendiği ve alan sınırlamasının olmadığı stratejilerde (SO4, LO4, SG4, LG4, SY4, LY4, SGY4, LGY4, SD4, LD4) ormanı daha fazla bekletmenin gelirleri azaltacağından son yaş sınıfının büyük bir kısmı hemen üretime alınarak faydalanma fırsatı (%3 faiz) değerlendirilmektedir. Bunun etkisi ise 7. ve 8. yaş sınıflarındaki alan birikmesiyle ortaya çıkmaktadır. Ayrıca **4nolu stratejilerde OPA'ların 7. ve 8. yaş sınıflarındaki yığılma miktarı, **2nolu stratejilerdeki kadar fazla olmamıştır. Çünkü 4 numaralı stratejilerde son servet kısıtı uygulanmamıştır.



Şekil 7. Planlama stratejilerine göre planlama yörüngesi sonunda oluşan yaş sınıfları dağılımı

Sonuçlar

Bu çalışmada, hipotetik olarak kurgulanan aynı toplam alana sahip beş farklı aktüel orman kuruluşunun, farklı müdahaleler karşısındaki değişimi belirlenmiştir. Doğrusal programlamaya göre kurulan planlama modelinde toplam eta, NBD ve yaş sınıflarının alansal dağılımı olmak üzere üç plan çıktısı belirlenerek, her bir plan stratejisinin performansı sayısal olarak ölçülmüştür. Çalışmada, aktüel orman kuruluşu (beş kuruluş), idare süresi (70 ve 80 yıl), %10 eta değişimi, OPA, %10 DYO ve başlangıç-son servet dengesi kullanılarak kırk adet planlama stratejisi belirlenmiştir. 100 yıllık bir planlama yörüngesi sonunda, eta, NBD akışı ve alanın yaş sınıflarına dağılımı incelenerek neden-sonuç ilişkileri belirlenmiştir.

Bu çalışmada beş farklı orman kuruluşunda en yüksek odun hasılatı ve NBD'nin eniyilenmesi amaç iken, alan ve hacim kısıtlarının bunların üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Elde edilen çıkarımlara göre;

- Kurulan doğrusal programlama modeli, farklı aktüel kuruluşlarda aynı kısıtlar çerçevesinde amaçlanan odun hasılatı ve NBD'lerin farklı oluştuğunu,
- Farklı aktüel kuruluşlarda, aynı amaç ve kısıtlar dahilinde planlama periyodu sonunda her yaş sınıfında oluşan alanların dağılımının farklı olduğunu,
- Aynı stratejilerin farklı idare sürelerinde farklı amaç değerlerini ortaya çıkardığını,
- Farklı idare süreleri kullanılarak OPA'yı kontrol etmek fırsatı oluştuğunu,
- Karar vericiye planlama yörüngesi boyunca stratejilerin yaş sınıflarına dağılımını ve her periyotta elde edilen odun hacmi ve parasal getiri (NBD) gibi çıktılar sağladığı söylenebilir.

Bu çalışmada, alan kontrolü OPA kısıtı ile kolayca sağlanmıştır. Hacim kontrolü ve maksimizasyonu da eta eniyilmesiyle sağlanmıştır. Ancak, NBD en yüksek olmasında OPA kısıtının özellikle *yaşlı* orman kuruluşunda en fazla olumsuz etkiye sahip olduğu da ortaya çıkmıştır.

Bu örnek çalışma sonuçlarına göre, öncelikle plan sonuçlarının aktüel orman

kuruluşuna göre değiştiği gerçeği kanıtlanmıştır. Bununla birlikte, her bir orman kuruluşuna uygulanacak müdahale seçeneklerinin de önemli olduğu gösterilmiştir. Özellikle, üretim stratejilerinin sonuçlarının, seçilmiş klasik hacim ve alan kontrol yöntemlerinin etkisinin önemli bir şekilde değiştirdiğini göstermektedir. Ayrıca, alan kontrol kısıtlarıyla beraber tüm aktüel orman kuruluşlarında planlama stratejileri düzenli bir orman yapısı oluştururken, hacim kontrol kısıtları beklenildiği gibi düzenli bir eta akışı sağlamaktadırlar. Bu sayısal değerlendirmelerde, doğrusal programlama tekniğinin önemli bir araç olduğu ve planlamaya önemli bir katma değer eklediği dikkati çekmektedir.

Bu sonuçlara göre, ormanların sürdürülebilir planlanması ve işletilmesi için plan stratejilerinin oluşturulması ve en iyi kararın alınması için de sayısal karar verme tekniklerinin (örneğin DP) kullanılması gerektiği ortaya çıkmaktadır. Kısaca, bu tekniklerin artık karar vericilerin kaçınılmaz aracı olduğu ortadadır. Ekonomik görüşlere göre, planlama yörüngesinin her bir aşamasında ya da periyodunda eşit miktarda ya da kontrol edilebilir düzeyde hacim, para ya da değer akışına sahip olması ormanın sürdürülebilirliğini sağladığı için tercih edilmektedir. Bu çalışmada bu görüşü destekleyecek bulgular ortaya çıkarılmış ve planlama ve ekonomik değerlendirmeler için de bir ufuk ya da bakışı açısı getirmiştir.

Türkiye ormancılığının, 1992 Rio süreciyle tohumları atılan sürdürülebilir ormancılığa geçebilmesi için öncelikle felsefe/paradigma değişikliğine gitmesi gerekmektedir. Bu süreçte, planlamanın karar verme teknikleriyle düzenlenmesi önem kazanmaktadır. Etkili orman işletmeciliğinin temeli plana ve isabetli karar vermenin temeli de orman dinamiğinin yani orman ekosistemindeki sebep-sonuç ilişkilerinin kavranmasına dayanmaktadır. Çok amaçlı planlamaya geçildiğinde daha da karmaşık yapı gösterecek olan planlamada, neden-sonuç ilişkilerinin çok daha önemli olacağı için öncelikle kavranmasına yönelik karar verme tekniklerin kullanılması zorunluluğu ortaya çıkmıştır.

Kaynaklar

Başkent, E.Z. 1999. Türk-Alman Projesiyle gündeme gelen "Amenajmanda Yeni Modelin" Çağdaş Orman Amenajmanı yaklaşımı doğrultusunda değerlendirilmesi, 2. Bölüm, Orman Mühendisleri Dergisi, Şubat 1999, Yıl 36, Sayı 2, 21-32.

Baskent, E.Z, Jordan, G.A., Nurullah, A.M.M. 2000. Designing Forestlandscape (ecosystems) management. TheForestry Chronicle, 76(5):739-742.

Davis, L.S., Johnson, K.N., Bettinger, P.S., Howard, T.E.,2001 Forest Management, toSustainEcological, Economic, andSocialValues, ISBN 007-032694-0, 804.

Karahalil , U., 2003. Toprak Koruma ve Odun Üretimi Fonksiyonlarının Doğrusal Programlama ile Modellenmesi (Karanlıkdere Planlama Birimi Örneği), Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü , Trabzon.

Keleş , S., 2003. Ormanların Su ve Odun Üretimi Fonksiyonlarının Doğrusal Programlama ile Modellenmesi (Karanlıkdere Planlama Birimi Örneği), Yüksek Lisans Tezi , KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü ,Trabzon.

Konukçu, M., 2001. Ormanlar ve Ormancılığımız, Devlet Planlama Teşkilatı Yayını, No:2630, Ankara, 238 s.

Köse, S., 1986. Orman İşletmelerinin Planlanmasında Yöneylem Araştırması Yöntemlerinden Yararlanma Olanakları, Doktora Tezi , KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon , 123 s.

Leuschner, W. A., 1990. Forest Regulation, HarvestScheduling, and Planning Techniques, ISBN 0-471-61405-X, 281.

Soykan, B., 1979. Aynı Yaşlı Ormanların Aktüel Kuruluşlarının Optimal Kuruluşa Yaklaştırılmasında Yöneylem Araştırması Metotlarından Yararlanma Olanaklarının Araştırılması. K.T.Ü. Orman Fak. Yayını. Yayın No: 106/5, 156 s.

Türker, M.F., 2000. Orman İşletmeciliği Ders Notları, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Yayın no:59 ,Trabzon, 84 s.

Yolasığmaz, H. A., 2004. Orman Ekosistem Amenajmanı Kavramı ve Türkiye’de Uygulanması (Artvin Merkez Planlama Birimi Örneği), Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.