
SERİ		CİLT		SAYI		
SERIES	A	VOLUME	51	NUMBER	1	2001
SERIE		BAND		HEFT		
SÉRIE		TOME		FASCICULE		

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
ORMAN FAKÜLTESİ
D E R G İ S İ

REVIEW OF THE FACULTY OF FORESTRY,
UNIVERSITY OF ISTANBUL

ZEITSCHRIFT DER FORSTLICHEN FAKULTÄT
DER UNIVERSITÄT ISTANBUL

REVUE DE LA FACULTÉ FORESTIÈRE
DE L'UNIVERSITÉ D'ISTANBUL



ORMAN AMENAJMANINDA İŞLEVSEL PLANLAMANIN DOĞRUSAL PROGRAMLAMA İLE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Doç.Dr.Altay Uğur GÜL¹⁾

Kısa Özet

Bu araştırmanın amacı doğrusal programlama yöntemini kullanarak ormanların işlevlerine (fonksiyonlarına) göre işletme sınıflarına ayrılması, çok amaçlı planlanması ve planlama süresince ürün ve hizmet üretiminin yerine getirilmesi için matematiksel planlama modeli geliştirilmesidir. Bunun için, ana amacı planlama süresi sonundaki toplam etanm eniyilenmesi olan altı adet doğrusal programlama modeli geliştirilmiş ve çözülmüştür. Modellerde; ormanların odun üretimi, toprak erozyonunu önleme, su üretimi, doğa koruma, oksijen ve estetik değer üretimi işlevleri esas alınmıştır.

1. GİRİŞ

Toplumun ormanla olan ilişkisi sürekli artmış; istekleri, yararlanma biçim ve çeşitleri, ormandan olan beklentileri çoğalmış ve çeşitlenmiş; ormanların yerine getirmekle yükümlü olduğu işlevleri değişmiş, yeni boyutlar ve içerikler kazanmıştır. Ormanların toprak erozyonunu önlemesi, temiz su ve hava yaratması, eğlenme-dinlenme alanı olarak kullanılması, görsel etki yaratması, doğanın ve yaban hayatının korunması, toplum sağlığını iyileştirmesi gibi işlevlerinin önemi artmış; bu işlevler orman işletmeleri açısından amaç olarak kabul edilmeye başlanmış; buna bağlı olarak orman amenajmanı, odundan ve yan üründen yararlanma ile birlikte, ormanların topluma sunduğu odun üretimi dışındaki işlevleri de planlamak yükümlülüğünü üstlenmiştir (ERASLAN 1974 ve 1982; KAPUCU 1987 ve 1996; ASAN/YEŞİL/DESTAN, 1997).

Bu gelişmeye bağlı olarak; Hof ve Field (1987), Alabama Ulusal Ormanları için yapılan orman planlama çalışmalarından elde edilen verileri kullanarak, odun üretimi, eğlenme-dinlenme alanının geliştirilmesi, yaban hayatının korunması ve net değerini eniyilenmesini sağlayan bir doğrusal programlama modeli kurmuştur. Mendoza, Bare ve Campbell (1987), odun ve temiz su üretimi, eğlenme-dinlenme alanı ayrılması, eğlenme-dinlenme alanlarının geliştirilmesi ve diğer orman ürünlerinin üretimi olmak üzere beş değişik amacı gözönüne alan çok amaçlı planlama yöntemi geliştirmiştir. Mendoza (1988), doğrusal ve amaç programlama yöntemini kullanarak, odun ile yaban hayvanları üretimini eniyileyen çok amaçlı planlama yöntemini ortaya koymuştur. Paredes ve Brodie (1988), bir alanı, ilk üçü orman ve diğeri otlatma alanı olmak üzere dört alana ayırması; bu alandan odun, ot, su ve yaban hayatı olmak üzere dört ürün elde edilmesini öngörmüş ve

¹⁾ KTÜ Orman Fakültesi Orman Amenajmanı Anabilim Dalı

bugünkü net değeri eniyileyen bir doğrusal programlama modeli geliştirmiştir. Mendoza ve Sprouse (1989) eğlenme-dinlenme ve yaban hayvanları için ayrılan alanları belirleyen ve bugünkü net değeri eniyileyen bir matematiksel modeli çözmüştür. Hof ve Baltic (1990 ve 1991), sekiz ana bölge ve buna bağlı değişik alt bölgeler için odun, yaban hayvanı ve temiz su üretimi, eğlenme-dinlenme alanı ayrılması ve sediment miktarının azaltılması koşullarına bağlı olan bir doğrusal programlama modeli kurmuş ve çözmüştür. Haight, Monsured ve Chew (1992), herhangi bir kısıtlamanın olmadığı; odun üretimi, görsel kalite ve yaban hayvanları yaşam ortamı ile ilgili kısıtlamaların olduğu dört adet çok amaçlı planlama modeli geliştirmiştir. Hof, Kent ve Baltic (1992), odun, ot ve sediment üretim miktarının kısıt olarak yer aldığı orman planlama sorununa çok amaçlı bir doğrusal programlama yöntemini uygulamıştır. Hof ve Joyce (1993), odun ve yaban hayvanı üretimini alansal olarak eniyileyen bir tamsayılı doğrusal programlama modeli geliştirmiştir. Pukkala ve Kangas (1993), huş ve çam meşcereleri için geliştirdiği çok amaçlı orman planlama modelini çözerek toplam hacmi, yıllık ortalama hacim artımını ve ortalama görsel kalite değerini maksimize etmiştir. Weintraub, Barahona ve Epstein (1994), odun ve ot üretimi ile toprak erozyonu miktarının belli bir sınırın altında tutulması, eğlenme-dinlenme alanının ayrılması ve bütçe gibi kısıtları içeren orman planlama sorunlarının çözümü için doğrusal programlama yöntemi geliştirmiştir. Balterio ve Romero (1998), net bugünkü değeri, hacmi, alanı ve planlama dönemi sonundaki hacim miktarını kontrol eden bir amaç programlama modeli geliştirmiş ve çözmüştür. Tarp, Parades ve Helles (1997), çok amaçlı planlamada doğrusal programlamanın kullanımı ile ekonomik ve biyolojik amaç elemanlarını içeren modellerin çözüm sonuçlarının, fırsat maliyeti açısından değerlendirilmiştir. Şad (1972), Romanya'daki ormanların üretim, hidrolojik, erozyonu önleme, iklimatik, sağlık-estetik ve bilimsel işlevleri yerine getirdiğini, bu işlevlerin tek tek ya da en önemli iki işlev gözönüne alındığında 15 işlev tipinin ortaya çıktığını belirtmiştir.

Türkiye'de de Köse (1986), Maçka Orman İşletme Müdürlüğü Meryemana Araştırma Ormanı için oluşturduğu iki grup meşcere tipi için 1627 adet amaç programlama modeli geliştirmiş ve çözmüştür. Sun (1986), orman işletmelerinin çok yönlü yararlanmaya göre düzenlenmesinde, işletme alanı içinde bulunan ve yetenek sınıfları saptanmış toprakların üretim etkinliklerine tahsisini sağlayan bir amaç programlama modeli geliştirmiştir. Asan ve Şengönül (1987), ormanların sağladığı yarar ve işlevleri değişik orman formlarına göre değerlendirmiş ve orman formlarının, işlevleri yerine getirme açısından etkilerini tartışmıştır.

Türkiye'de ormanların ilk kez işlevsel olarak planlaması, İstanbul Orman Bölge Müdürlüğü Bahçeköy Orman İşletme Müdürlüğü için düzenlenen Belgrad Ormanı Fonksiyonel Amenajman Planı (1990-2000) ile gerçekleştirilmiştir. Bu planda; İstanbul halkının Belgrad Ormanı'ndan hidrolojik, erozyon kontrolü, rekreasyon, bilimsel, estetik ve odun üretimi fonksiyonlarını beklediği saptanmış; işletme sınıfı ayrımı fonksiyonel yaklaşımla gerçekleştirilmiş; eta hesabı klasik yöntemle yapılmıştır. Yararlanmanın düzenlenmesinde yaş sınıfları amenajman yönetimi uygulanmıştır. Planlama biriminde idare süresi, bilimsel fonksiyona ayrılan alanlar dışındaki tüm işletme sınıflarında 300 yıl, gençleştirme periyodu uzunluğu 20 yıl ve plan süresi 10 yıl alınmıştır. Daha sonra, İstanbul İşletme Müdürlüğü için hidrolojik, erozyon kontrolü, rekreasyon, estetik, ulusal savunma, odun ve yan ürün (çam fıstığı) üretim işlevlerini içeren işlevsel orman amenajman planları düzenlenmiştir (ASAN 1990 ve 1992).

Bu araştırmanın amacı, ormanların işlevlerine göre işletme sınıflarına ayrılması ve çok amaçlı olarak planlanması için doğrusal programlama yöntemini kullanarak bir matematiksel model geliştirmektir. Bunun için, araştırma alanı olarak Trabzon-Maçka Orman İşletme Müdürlüğü Ormanüstü Planlama Birimi'nin 597.0 hektarlık bölümü seçilmiştir. Bu alanda; Altun (1995) tarafından doktora tezi kapsamında 132 adet deneme alanı alınmış ve yetişme ortamı envanteri yapıl-

mıştır. Bu çalışmadan yararlanarak, araştırma alanının Tablo 1'de verilen toprak erozyonu, su üretimi ve tür zenginliği değerleri elde edilmiştir.

Tablo 1: Ceviz Hareli ve Frize Kesme Kaplama Levhalarının Fabrikalara Göre Yüzey Pürüzlülük Değerleri

Table 1: Surface Roughness Values of Walnut Sliced Veneers

Meşc. Tipleri Stand Types	No	Alan Area	Toprak Erozyonu Soil Erosion	Su Üretimi Water Production	Tür Zeng. Ssp. Div.	Meşc. Tipleri Stand Types	No	Alan Area	Toprak Erozyonu Soil Erosion	Su Üretimi Water Production	Tür Zeng. Ssp. Div.
		ha	ton/ha/yıl	ton/ha/yıl				ha	ton/ha/yıl	ton/ha/yıl	
		ha	ton/ha/year	ton/ha/year				ha	ton/ha/year	ton/ha/year	
LKnc2	1	1.6	0.278	1.5368	0.90	Lc3	33	19.5	0.600	1.0013	1.42
"	2	17.6	2.663	0.7440	3.37	"	34	0.5	0.306	0.9791	2.47
"	3	1.0	1.957	1.5368	0.90	"	35	6.8	0.407	1.5368	2.47
"	4	13.8	1.908	0.8161	1.80	"	36	4.1	0.484	1.5368	1.80
LKnc3	5	22.0	0.832	0.8660	1.31	"	37	2.6	0.306	0.8249	2.47
"	6	12.8	0.466	1.0365	1.80	"	38	1.6	0.630	0.5577	1.42
"	7	28.4	0.645	0.9988	1.41	"	39	7.0	0.872	0.9791	1.75
"	8	1.0	0.011	0.5953	3.82	Lc2	40	2.0	0.837	0.7507	0.67
"	9	3.8	0.040	0.5568	3.82	"	41	6.5	0.487	0.7507	0.67
Lc3	10	2.6	0.096	0.7507	1.12	"	42	16.0	1.415	0.9836	2.47
"	11	15.9	0.411	0.9791	1.42	Lcb1	43	0.8	3.275	0.9791	2.36
"	12	20.0	0.673	0.9839	2.19	"	44	2.4	3.432	0.7507	2.36
"	13	7.3	0.659	0.7507	0.90	"	45	6.7	0.312	1.0016	2.36
"	14	5.2	0.701	1.5368	1.80	"	46	0.8	0.270	0.7507	2.36
"	15	7.5	0.393	0.5577	1.12	"	47	0.8	0.321	1.5368	2.36
"	16	31.0	0.385	0.9778	2.53	La	48	0.5	1.541	1.0518	2.36
"	17	2.5	0.037	0.5568	3.82	"	49	11.0	1.137	0.9971	2.36
"	18	59.1	0.274	0.9021	1.74	"	50	1.1	1.812	0.7507	2.36
"	19	2.8	0.212	1.5368	1.35	"	51	9.7	1.428	1.5368	2.36
"	20	2.7	0.402	1.5368	2.02	"	52	7.5	1.673	1.0061	2.36
"	21	4.2	0.137	1.5368	2.70	"	53	5.8	1.572	1.0241	2.36
"	22	27.6	0.616	0.9448	1.75	"	54	2.1	1.814	1.0241	2.36
"	23	38.5	0.357	1.0119	1.74	"	55	10.5	2.723	1.0165	2.36
"	24	36.0	0.522	1.0697	1.72	"	56	13.8	2.657	1.5368	2.36
"	25	18.6	0.227	0.9820	1.07	OT	57	3.0	9.926	0.9791	2.36
"	26	3.9	0.494	1.1832	2.36	"	58	6.2	5.549	0.7507	2.36
"	27	10.5	0.405	0.8249	3.02	"	59	14.3	4.297	1.0155	2.36
"	28	13.0	0.847	1.0385	1.87	"	60	0.5	2.819	1.5368	2.36
"	29	16.1	0.273	1.0032	1.57	"	61	1.0	3.640	1.5368	2.36
"	30	1.0	0.322	1.5368	1.57	"	62	0.5	2.482	1.5368	2.36
"	31	1.6	0.484	1.0241	0.00	Top.		597.0			
"	32	1.8	0.484	1.0241	1.80	Total					

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Toprak erozyonu değerleri, Balcı (1996) tarafından verilen $A=RKLSC$ toprak erozyonu denklemi kullanılarak, aşağıda açıklandığı biçimde hesaplanmıştır. $R=74,3$ olarak Doğu Karadeniz Bölgesi için Ortalama Yıllık Erozyon İndeksleri Dağılımı Haritası'ndan alınmıştır. Eğim (S) ve yamaç uzunluğu (L) faktörü, $LS= L^{0.5}(0.0138+0.00965S+0.00138S^2)$ denkleminden elde edilmiştir. Bitki örtüsü faktörü (C) tam kapalı (% 71-100) meşcereler için 0.001, orta kapalı (% 41-70) meşcereler için 0.003, gevşek kapalı (% 11-40) meşcereler ile Ladin gençliği (La) için 0.006 ve açıklık alanlar (OT) için 0.009 olarak kullanılmıştır. Erodebilite endeksi (K) değerleri deneme alanı verilerinden; su üretimi değerleri, ekolojik toprak serileri su bilançosu değerlerinden; tür zenginliği (doğa koruma) değerleri ise deneme alanlarında saptanan mevcut bitki tür çeşidi sayısından yararlanarak hesaplanmıştır.

Ortalama III.bonitet sınıfında olan araştırma alanının Tablo 2'deki meşcere bilgileri uygulanan orman amenajman planından (OGM 1983), optimal meşcere bilgileri ise Ladin Hasılat Tablosu'ndan elde edilmiştir (AKALP 1978).

Tablo 2: Araştırma Alanındaki Meşcere Tiplerinin Aktuel Verileri

Table 2: Actual Values of the Existing Stand Types in the Study Area

Meşcere Tipleri Stand Types	Yaş (Yıl) Age (Year)	Alan (ha) Area (ha)	Göğüs Yüzeyi (m ² /ha) Basal Area (m ² /ha)	Hacim (m ³ /ha) Volume (m ³ /ha)	Artım (m ³ /ha) Increment (m ³ /ha)
LKnc2	80	34.0	16.83	155.857	2.933
LKnc3	90	68.0	31.24	286.163	5.967
Lc3	80	371.5	36.26	536.319	6.895
Lc2	90	24.5	28.75	335.756	4.030
Lcb1	80	11.5	7.07	65.445	1.618
La	10	62.0	-	-	-
OT	-	25.5	-	-	-
Toplam-Total		597.0			

Plan dönemleri toprak erozyonu, su üretimi ve doğa koruma değerleri, Tablo 1'deki verilerden yararlanarak, oksijen üretimi ve estetik değerler ise, hasılat tablosundaki göğüs yüzeyi 45 m²/ha olan 50 yaşındaki bir ladin meşceresinin 20 ton /ha/yıl* oksijen ürettiği, 58 m²/ha (maksimum) göğüs yüzeyine sahip bir ladin meşceresinin 46.97** estetik değere sahip olduğu kabul edilerek hesaplanmıştır. Bu hesaplama, Kalıpsız (1982)'ın belirttiği gibi, meşcere göğüs yüzeyinin artması ile meşcerelerin tomruk üretimi, estetik değer ve toprak erozyonu önleme etkisinin arttığını, ancak ot ve su üretiminin azaldığı kabul edilerek yapılmıştır.

Geliştirilen doğrusal programlama modelinin (Model 1) amaç denklemi, idare süresi sunundaki toplam etanın eniyilenmesi; kısıtlar ise eta, toplam eta, toprak erozyonu, su, doğa koruma, oksijen ve estetik değer üretimi, alan ve eta kontrolüdür. Model 2-6, Model 1'e toprak erozyonunun maksimum; su üretimi, doğa koruma, oksijen üretimi ve estetik değerlerin minimum sınırlarını içeren kısıtlar eklenerek elde edilmiştir.

* Kapucu (1987)'ya göre bir hektar ladin ormanı, duruma göre 2-20 ton/yıl oksijen üretmektedir.

** Vodak ve arkadaşlarına (1982) göre doğal ormanların maksimum estetik değeri 46.97'dir.

Model 1**Amaç denklemi**

$$Z_{\max} = TH \quad (1)$$

Kısıtlar :

$$\text{Eta} \quad \sum_{j=1}^n \left(\sum_{k=l}^l a_{jk} x_{jk} + \sum_{k=l+1}^o a_{jk} x_{jk} \right) - H_i = 0 \quad (2)$$

$$\text{Toplam Eta} \quad \sum_{j=1}^n \left(\sum_{k=l}^l b_{jk} x_{jk} + \sum_{k=l+1}^o b_{jk} x_{jk} \right) - TH = 0 \quad (3)$$

$$\text{Toprak Erozyonu} \quad \sum_{j=1}^n \left(\sum_{k=l}^l c_{jk} x_{jk} + \sum_{k=l+1}^o c_{jk} x_{jk} \right) - TE_i = 0 \quad (4)$$

$$\text{Su Üretimi} \quad \sum_{j=1}^n \left(\sum_{k=l}^l d_{jk} x_{jk} + \sum_{k=l+1}^o d_{jk} x_{jk} \right) - SU_i = 0 \quad (5)$$

$$\text{Doğa Koruma} \quad \sum_{j=1}^n \left(\sum_{k=l}^l e_{jk} x_{jk} + \sum_{k=l+1}^o e_{jk} x_{jk} \right) - DK_i = 0 \quad (6)$$

$$\text{Oksijen Üretimi} \quad \sum_{j=1}^n \left(\sum_{k=l}^l f_{jk} x_{jk} + \sum_{k=l+1}^o f_{jk} x_{jk} \right) - OU_i = 0 \quad (7)$$

$$\text{Estetik Değer} \quad \sum_{j=1}^n \left(\sum_{k=l}^l g_{jk} x_{jk} + \sum_{k=l+1}^o g_{jk} x_{jk} \right) - ES_i = 0 \quad (8)$$

$$\text{Alan} \quad \left(\sum_{k=l}^l x_{jk} + \sum_{k=l+1}^o x_{jk} \right) - T_j = 0 \quad (9)$$

$$\text{Eta Kontrol} \quad \begin{aligned} &(- (1 - y) H_i + H_{i+1} \geq 0 \\ &(- (1 + y) H_i + H_{i+1} \leq 0 \end{aligned} \quad (10)$$

$$\text{Pozitiflik koşulu :} \quad x_{ij} \geq 0 \quad (12)$$

Burada;

- x_{jk} j. meşçerenin k. karar değişkenini
- m plan dönemi sayısını (5 adet)
- n meşçere tipi sayısını (62 adet)
- l odun üretimi için karar değişkeni sayısını (La meşçeresi için 1 adet, diğer meşçereler için 5 adet)
- o odun dışındaki üretim için karar değişkeni sayısını (5 adet, OT hariç)
- a_{jk} j. meşçerenin k. karar değişkeninin etasını (m^3/ha)

H_i	i. plan dönemi toplam etasını (m^3), $i=1,2,\dots, 5$
b_{jk}	j.meşçerenin k. karar değişkeninin idare süresi sonundaki toplam etasını (m^3/ha)
TH	idare süresi sonundaki toplam etayı (m^3)
c_{jk}	j. meşçerenin k. karar değişkeninin toprak erozyonu miktarını (ton/ha/yıl)
TE_i	i. plan dönemi toplam toprak erozyonu miktarını (ton/yıl), $i=1,2, \dots, 5$
d_{jk}	j. meşçerenin k. karar değişkeninin su üretimi miktarını (ton/ha/yıl)
SU_i	i. plan dönemi toplam su üretimi miktarını (ton/yıl), $i=1,2, \dots, 5$
e_k	j. meşçerenin k. karar değişkeninin hektardaki doğa koruma değerini
DK_i	i. plan dönemi toplam doğa koruma değerini, $i=1,2, \dots, 5$
f_{jk}	j. meşçerenin k. karar değişkeninin oksijen üretimi miktarını (ton/ha/yıl)
OU_i	i. plan dönemi toplam oksijen üretimi miktarını (ton/yıl), $i=1,2, \dots, 5$
g_{jk}	j. meşçerenin k. karar değişkeninin hektardaki estetik değerini
ES_i	i. plan dönemi toplam estetik değerini, $i=1,2, \dots, 5$
T_j	j. meşçerenin alanını (ha)
y	eta fark oranını (± 0.3)

tanımlanmaktadır.

Modeldeki x_{jk} karar değişkeni, Tablo 1'deki 62 adet meşçere tipinden elde edilmiştir. İlk 47 adet meşçere tipi, modelde 10 karar değişkeni ile yer almıştır. Bu değişkenlerin ilk beşi odun üretimi işlevi, son beşi ise, sırasıyla toprak erozyonu, su, doğa koruma, oksijen ve estetik değer üretimi işlevini; 48-56 arasındaki 9 adet La meşçeresi, daha önceki plan döneminde gençleştirildiği için, odun üretimi işlevi ilk karar değişkeni, diğer işlevler ise beş karar değişkeni olmak üzere altı karar değişkeni; 57-62 arasındaki açıklık alanlar ise idare süresi içinde ağaçlandırılacağı kabul edilerek, beş karar değişkeni ile tanımlanmıştır. Modelde;

- Odun üretimi, toprak erozyonunu önleme, su üretimi, doğa koruma, oksijen ve estetik değer üretimi olmak üzere altı adet işletme sınıfının ayrılması,
- ana amaç olarak odun üretiminin eniylenmesi,
- diğer kısıtlar olarak toprak erozyonu, su, doğa koruma, oksijen ve estetik değer üretiminin belli sınırların altında ya da üzerinde olması,
- odun üretimi işletme sınıfında idare süresi ve projeksiyon süresinin 100 yıl, plan dönemi uzunluğunun 20 yıl, dönem sayısının 5 adet olması,

- odun üretimi dışındaki işletme sınıflarında idare süresinin 300 yıl, plan dönemi uzunluğunun 20 yıl, projeksiyon süresinin 100 yıl, dönem sayısının 5 adet olması,
- odun üretimi işletme sınıfında gençleştirme ve bakım etasının, diğer işletme sınıflarında ise bakım etasının alınması,
- birbirini izleyen plan dönemleri arasındaki eta farkının da % 30'u geçmemesi

öngörülmüştür. Model 1'e aşağıdaki kısıtlar eklenerek Model 2-6 elde edilmiştir.

$$\text{Model 2} \quad TE_i \leq h_i \quad (13)$$

$$\text{Model 3} \quad TE_i \leq h_i \quad (14)$$

$$SU_i \geq p_i \quad (15)$$

$$\text{Model 4} \quad TE_i \leq h_i \quad (16)$$

$$SU_i \geq p_i \quad (17)$$

$$DK_i \geq r_i \quad (18)$$

$$\text{Model 5} \quad TE_i \leq h_i \quad (19)$$

$$SU_i \geq p_i \quad (20)$$

$$DK_i \geq r_i \quad (21)$$

$$OU_i \geq s_i \quad (22)$$

$$\text{Model 6} \quad TE_i \leq h_i \quad (23)$$

$$SU_i \geq p_i \quad (24)$$

$$DK_i \geq r_i \quad (25)$$

$$OU_i \geq s_i \quad (26)$$

$$ES_i \geq v_i \quad (27)$$

Burada; $i = 1, 2, \dots, 5$; $h_i = 2200, 2100, \dots, 1800$, $p_i = 5500, 6000, \dots, 7500$, $r_i = 300, 310, \dots, 340$, $s_i = 5000, 5500, \dots, 7000$, $v_i = 11000, 12000, \dots, 15000$ 'dir. Model 2-6'daki kısıtların sağ taraf değerleri, toprak erozyonunun (h_i) her plan döneminde 100 ton/yıl azalmasını; diğerlerinde ise yukarıda verilen miktarlarda, örneğin su üretiminin (p_i) 500 ton/yıl artmasını öngörmektedir.

3. BULGULAR

Bu bölümde; modellerin çözüm sonuçları, alan, eta, toprak erozyonu, su üretimi, doğa koruma, oksijen ve estetik değer üretimi esas alınarak verilmiştir.

Tablo 3'de modellerin çözümü sonucunda; odun üretimi işletme sınıfı için elde edilen plan dönemleri gençleştirme ve ağaçlandırma alanları ile diğer işletme sınıfları için ayrılan alan miktarları verilmiştir. Model 1'de odun üretimi, Model 2-5'de ise odun üretimi, toprak erozyonunu önleme ve su üretimi işletme sınıfları ve Model 6'da odun üretimi, toprak erozyonunu önleme, su ve oksijen üretimi işletme sınıfları için alan ayrılmıştır. Açıklık alanlar, odun üretimi işletme sınıfı içinde yer almış ve Model 1, 2, 3, 4 ve 6'da ilk dönemde, Model 5'de ise ikinci dönemde ağaçlandırılmıştır. Model 1'de araştırma alanının tümü odun üretimi işletme sınıfına; Model 2 ve 3'de % 4.1, Model 5.1'i, Model % 11.1'i ve Model 6'da % 11.2'si odun üretimi dışındaki işletme sınıflarına ayrılmıştır.

Tablo 3: Plan Dönemleri Gençleştirme ve Ağaçlandırma Alanları (ha.)

Table 3: Afforestation and Regeneration Areas in the Plan Periods (ha.)

Model No	Odun Üretimi İşletme Sınıfı The Wood Production Management Unit					Diğer İşletme Sınıfları The Other Management Units					TOPLAM TOTAL		
	The Plan Periods					Toplam							
	I	II	III	IV	V	Total	TE	SU	DK	OU		ES	Total
1	112.2*	76.9	94.2	111.1	202.6	597.0							597.0
2	112.2*	96.8	93.1	106.3	164.3	572.7		24.3				24.3	597.0
3	110.9*	96.7	96.9	106.2	162.0	572.7		24.3				24.3	597.0
4	103.2*	91.4	105.2	106.1	160.4	566.3	6.4	24.3				30.7	597.0
5	83.6	142.1*	94.0	94.1	117.1	530.9	4.1	62.0				66.1	597.0
6	116.7*	115.1	108.4	99.7	90.3	530.2	4.8	30.3		31.7		66.8	597.0

* Açıklık alanlar (25.5 ha) bu dönemde ağaçlandırılmıştır.

Tablo 4'de modellerin çözümü sonucunda elde edilen amaç denklemi değerleri ile plan dönemi etaları, bu etaların bakım ve gençleştirme etasına göre dağılımı; Tablo 5'de plan dönemlerine ilişkin yıllık toprak erozyonu, su üretimi, doğa koruma, oksijen üretimi ve estetik değer miktarları verilmiştir.

4. TARTIŞMA

İşlevsel işletme sınıfı ayrımı, planlanacak ormandan beklenen yarar ve işlevlerin yerine getirileceği alanları saptamak, işletme sınıfı sınırlarını ana işlev alanlarına göre belirlemek biçiminde tanımlanır (ASAN, 1990).

Model 1'de araştırma alanının tümü odun üretimi işletme sınıfına ayrılmıştır. Bu modelde odun üretimi dışındaki toprak erozyonunu, su üretimini, doğa koruma, oksijen ve estetik değer üretimi kısıtları konmamış, sadece Model 2-6'da olduğu gibi birbirini izleyen plan dönemleri arasındaki eta farkının % 30'u geçmemesi öngören eta kontrol kısıtları konmuştur. Model 1'in çözümüne göre birbirini izleyen plan dönemleri arasında eta % 30 artarak değişmiş ve plan dönemlerine göre

- toprak erozyonu 2268.1, 1721.0, 1298.6, 1212.0 ve 2561.5 ton/yıl,
- su üretimi 6085.1, 6205.0, 6283.2, 6871.8 ve 7849.3 ton/yıl,
- doğa koruma değeri 535.4, 432.2, 459.8, 333.5 ve 137.1,
- oksijen üretimi 6455.2, 7327.7, 7476.0, 6763.2 ve 4964.4 ton/yıl,
- estetik değer 11760, 13350, 14890, 14720 ve 10320

olarak gerçekleştirilmiştir. Planlama süresi sonundaki toplam eta miktarı (amaç denklemi değeri) ise 443655 m³ olarak elde edilmiştir (Tablo 4 ve 5).

Tablo 4: Plan Dönemi Etaları (m³)

Table 4: Allowable Cuts in the Plan Periods (m³)

Model No	Plan Dönemi The Plan Periods	Gençleştirme Etası Regeneration Allowable Cuts	Bakım Etası –Thinning Allowable. Cuts			TOPLAM TOTAL
			Odun Üret. İşl. Sın. The Wood Production Management Unit	Diğer İşl. Sın. The Other Management Units	Toplam Total	
1	1	40839	8221	-	8221	49060
	2	55435	8343	-	8343	63778
	3	76574	6338	-	6338	82912
	4	99170	8615	-	8615	107785
	5	129128	10992	-	10992	140120
	Toplam Total	401146	42509	-	42509	443655
2	1	40167	8274	-	8274	48441
	2	54104	8140	729	8869	62973
	3	71311	8514	2041	10555	81866
	4	94886	8915	2624	11539	106425
	5	127701	7653	2999	10652	138353
	Toplam Total	388169	41496	8393	49889	438058
3	1	40052	8345	-	8345	48397
	2	54032	8155	729	8884	62916
	3	71326	8423	2041	10464	81790
	4	94797	8906	2624	11530	106327
	5	127580	7646	2999	10645	138225
	Toplam Total	387787	41475	8393	49868	437655
4	1	40000	8234	-	8234	48234
	2	53792	8183	729	8912	62704
	3	71134	8341	2041	10382	81516
	4	94707	8640	2624	11264	105971
	5	127417	7346	2999	10345	137762
	Toplam Total	387050	40744	8393	49137	436187
5	1	41065	8208	-	8208	49273
	2	54271	7924	1860	9784	64055
	3	71078	6985	5208	12193	83271
	4	83996	7491	6696	14187	98183
	5	112040	7972	7626	15598	127638
	Toplam Total	362450	38580	21390	59970	422420
6	1	44347	8088	-	8088	52435
	2	59599	7341	1226	8567	68166
	3	78386	6796	3433	10229	88615
	4	88994	7205	4414	11619	100613
	5	86398	8540	5027	13567	99965
	Toplam Total	357724	37970	14100	52070	409794

Tablo 5 : Diğer İşlevlerin Plan Dönemi Değerleri

Table 5: Values of the Other Functions in the Plan Periods

Model No	Plan Dönemleri – The Plan Periods				
	I	II	III	IV	V
Toprak Erozyonu (ton/yıl) – Soil Erosion (ton/year)					
1	2268.1	1721.0	1298.6	1212.0	2561.5
2	2200.0	1832.1	1711.6	1428.6	1800.0
3	2200.0	1826.2	1715.3	1475.0	1800.0
4	2200.0	1813.9	1733.8	1518.8	1800.0
5	2200.0	1898.9	1769.9	1498.7	1451.6
6	2200.0	1809.2	1696.7	1472.7	1325.9
Su Üretimi (ton/yıl) – Water Supply (ton/year)					
1	6085.1	6205.0	6283.2	6871.8	7849.3
2	6022.1	5847.8	6156.2	6844.7	7890.9
3	6087.1	6000.0	6500.0	7000.0	7665.9
4	6090.2	6000.0	6500.0	7000.0	7681.3
5	6092.9	6142.6	6517.3	7000.0	7515.8
6	6142.2	6000.0	6521.6	7000.0	7500.0
Doğa Koruma – Nature Protection					
1	535.4	432.2	459.8	333.5	137.1
2	529.4	253.6	303.3	311.4	219.1
3	539.0	259.2	294.6	313.0	228.1
4	683.4	450.8	320.0	330.0	340.0
5	569.4	310.0	320.0	381.3	340.0
6	589.1	310.0	320.0	379.3	340.0
Oksijen Üretimi (ton/yıl) – Fresh Air (ton/year)					
1	6455.2	7327.7	7476.0	6763.2	4964.4
2	6468.3	7223.5	7239.1	6956.7	5845.8
3	6473.6	7320.7	7183.9	6901.6	5875.1
4	6486.8	7267.4	7065.5	6706.1	5810.5
5	6465.2	6774.3	6405.1	7054.3	7000.0
6	6357.6	6751.6	6565.5	6835.9	7128.1
Estetik Değer - Esthetics					
1	11760	13350	14890	14720	10320
2	11790	13160	14580	14970	12020
3	11790	13170	14420	14790	12060
4	11820	13240	14200	14400	11860
5	11780	12340	12930	14470	13960
6	11580	12300	13100	14060	15000

Model 2'ye (13) nolu kısıtlar eklenerek, plan dönemleri toprak erozyonu miktarının 2200.0, 2100.0, 2000.0, 1900.0 ve 1800.0 ton/yıl'ı geçmemesi öngörülmüştür. Model 1'in çözüm sonuçları incelendiğinde; birinci ve beşinci plan dönemi toprak erozyonu miktarlarının, Model 2'de öngörülen miktarları aştığı görülmektedir. Model 2'de, (13) nolu kısıtlar ile amaç denklemi eniyilemiş ve planlama süresi sonundaki toplam eta 438058 m³ olarak elde edilmiştir. Bu eta azalışı, toprak erozyonu kısıtlarının birinci ve beşinci plan dönemine ilişkin sağ taraf değerlerinin (2200.0 ve 1800.0 ton/yıl) tam olarak kullanılması, yani bu değerler kadar toprak erozyonu gerçekleşmesinden kaynaklanmıştır. Bu kısıtların etkisi nedeniyle Model 1'e göre çözüm değişmiş, 24.3 hektar alan da su üretimi işletme sınıfına ayrılmıştır. Bu da, Model 1'e göre toplam etanın 5597 m³ azalmasına neden olmuştur (Tablo 3, 4 ve 5).

Model 3'e, toprak erozyonu ile ilgili (13) nolu kısıtlar ile birlikte (15) nolu su üretimi kısıtları eklenerek, plan dönemleri su üretimi miktarının 5500.0, 6000.0, 6500.0, 7000.0 ve 7500.0 ton/yıl'ın altına düşmemesi öngörülmüştür. Model 2'in çözüm sonuçları incelendiğinde; ikinci, üçüncü ve dördüncü plan dönemi su üretimi miktarlarının, Model 3'de öngörülen su üretimi miktarlarının altına düştüğü görülmektedir. Model 3'de, (13) ve (15) nolu kısıtlar ile amaç denklemi eniyilemiş ve planlama süresi sonundaki toplam eta, 437655 m³ olarak elde edilmiştir. Bu eta azalışı,

- su üretimi kısıtlarının (15) ikinci, üçüncü ve dördüncü plan dönemine ilişkin sağ taraf değerlerinin (6000.0, 6500.0 ve 7000.0 ton/yıl)
- toprak erozyonu kısıtlarının (13) birinci ve beşinci plan dönemine ilişkin sağ taraf değerlerinin (2200.0 ve 1800.0 ton/yıl)

tam olarak kullanılması, yani bu değerler kadar su üretiminin ve toprak erozyonunun gerçekleşmesinden kaynaklanmıştır. Bu kısıtların etkisi nedeniyle Model 2'ye göre çözüm değişmiş ve toplam eta 403 m³ azalmıştır. Model 3'de, Model 2'de olduğu gibi, 24.3 hektar su üretimi işletme sınıfı ayrılmıştır (Tablo 3, 4 ve 5).

Model 4'e, toprak erozyonu ve su üretimi ile ilgili (13) ve (15) nolu kısıtlar ile birlikte (18) nolu doğa koruma kısıtları eklenerek, plan dönemleri doğa koruma değerinin 300.0, 310.0, 320.0, 330.0 ve 340.0'in altına düşmemesi öngörülmüştür. Model 3'in çözüm sonuçları incelendiğinde; ikinci, üçüncü, dördüncü ve beşinci plan dönemi doğa koruma değerlerinin, Model 4'de öngörülen miktarın altında olduğu görülmektedir. Model 4'de, (13), (15) ve (18) nolu kısıtlar ile amaç denklemi eniyilemiş ve planlama süresi sonundaki toplam eta 436187 m³ olarak elde edilmiştir. Bu eta azalışı,

- doğa koruma kısıtlarının (18) üçüncü, dördüncü ve beşinci plan dönemine ilişkin sağ taraf değerlerinin (320.0, 330.0 ve 340.0),
- su üretimi kısıtlarının (15) ikinci, üçüncü ve dördüncü plan dönemine ilişkin sağ taraf değerlerinin (6000.0, 6500.0 ve 7000.0 ton/yıl),
- toprak erozyonu kısıtlarının (13) birinci ve beşinci plan dönemine ilişkin sağ taraf değerlerinin (2200.0 ve 1800.0 ton/yıl)

tam olarak kullanılması, yani bu değerler kadar toprak erozyonunun, su üretiminin ve doğa koruma değerinin gerçekleşmesinden kaynaklanmıştır. Bu kısıtların etkisi nedeniyle Model 3'e göre çözüm değişmiş, 6.4 hektar alan toprak erozyonunu önleme ve 24.3 hektar alan da su üretimi işletme sınıfına ayrılmıştır. Bu da, Model 3'e göre toplam etanın 1468 m³ azalmasına neden olmuştur (Tablo 3, 4 ve 5).

Model 5'e, toprak erozyonu, su üretimi ve doğa koruma ile ilgili (13), (15) ve (18) nolu kısıtlar ile birlikte (22) nolu oksijen üretimi kısıtları eklenerek, plan dönemi oksijen üretimi miktarlarının 5000.0, 5500.0, 6000.0, 6500.0 ve 7000.0 ton/yıl'ın altına düşmemesi öngörülmüştür. Model 4'ün çözüm sonuçları incelendiğinde; beşinci plan dönemi oksijen üretimi miktarının, Model 5'de öngörülen miktarın altında olduğu görülmektedir. Model 5'de, (13), (15), (18) ve (22) nolu kısıtlar ile amaç denklemi eniyilemiş ve planlama süresi sonundaki toplam eta 422420 m³ olarak elde edilmiştir. Bu eta azalışı,

- oksijen üretimi kısıtlarının (22) beşinci plan dönemine ilişkin sağ taraf değerinin (7000.0 ton/yıl)

- doğa koruma kısıtlarının (18) ikinci, üçüncü ve beşinci plan dönemine ilişkin sağ taraf değerlerinin (310.0, 320.0 ve 340.0),
- su üretimi kısıtlarının (15) dördüncü plan dönemine ilişkin sağ taraf değerinin (7000.0 ton/yıl),
- toprak erozyonu kısıtlarının (13) birinci plan dönemine ilişkin sağ taraf değerinin (2200.0 ton/yıl)

tam olarak kullanılması, yani bu değerler kadar toprak erozyonunun, su üretiminin, doğa koruma değerinin ve oksijen üretiminin gerçekleşmesinden kaynaklanmıştır. Bu kısıtların etkisi nedeniyle Model 4'e göre çözüm değişmiş, 4.1 hektar alan toprak erozyonunu önleme ve 62.0 hektar alan da su üretimi işletme sınıfına ayrılmıştır. Bu da, Model 4'e göre toplam etanın 13767 m³ azalmasına neden olmuştur (Tablo 3, 4 ve 5).

Model 6'ya, toprak erozyonu, su üretimi, doğa koruma ve oksijen üretimi ile ilgili (13), (15), (18) ve (22) nolu kısıtlar ile birlikte (27) nolu estetik değer kısıtları eklenerek, plan dönemleri estetik değerlerinin 11000, 12000, 13000, 14000 ve 15000'in altına düşmemesi öngörülmüştür. Model 5'in çözüm sonuçları incelendiğinde; üçüncü ve beşinci plan dönemi estetik değer üretiminin, Model 6'da öngörülen miktarın altında olduğu görülmektedir. Model 6'da, (13), (15), (18), (22) ve (27) nolu kısıtlar ile amaç denklemi eniyilemiş ve planlama süresi sonundaki toplam eta 409794 m³ olarak elde edilmiştir. Bu eta azalışı,

- estetik değer kısıtlarının (27) beşinci plan dönemine ilişkin sağ taraf değerinin (15000),
- doğa koruma kısıtlarının (18) ikinci, üçüncü ve beşinci plan dönemine ilişkin sağ taraf değerlerinin (310.0, 320.0 ve 340.0),
- su üretimi kısıtlarının (15) ikinci, dördüncü ve beşinci plan dönemine ilişkin sağ taraf değerlerinin (6000.0, 7000.0 ve 7500.0 ton/yıl)
- toprak erozyonu kısıtlarının (13) birinci plan dönemine ilişkin sağ taraf değerinin (2200.0 ton/yıl)

tam olarak kullanılması, yani bu değerler kadar toprak erozyonunun, doğa koruma değerinin, oksijen ve estetik değer üretiminin gerçekleşmesinden kaynaklanmıştır. Bu kısıtların etkisi nedeniyle Model 5'e göre çözüm değişmiş, 4.8 hektar alan toprak erozyonunu önleme, 30.3 hektar alan su üretimi ve 31.7 hektar alan oksijen üretimi işletme sınıfına ayrılmıştır. Bu da, Model 5'e göre toplam etanın 12626 m³ azalmasına neden olmuştur (Tablo 3, 4 ve 5).

Modellerde, araştırma alanının odun üretimi, toprak erozyonunu önleme, su üretimi, doğa koruma, oksijen ve estetik değer üretimi işlevlerini yerine getirmesine olanak tanıyan karar değişkenleri yer almasına karşın, model çözümleri sonucunda doğa koruma ve estetik değer üretimi işlevlerinin yerine getirildiği işletme sınıfları ayrılmamıştır. Çünkü; model çözümlerine göre ayrılan odun üretimi, toprak erozyonunu önleme, su ve oksijen üretimi işletme sınıfları içinde doğa koruma, oksijen ve estetik değer üretiminin de öngörülen değerlerin altına düşmemesi sağlanmıştır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu makale kapsamında; odun üretimi ile birlikte ormanların diğer işlevleri de dikkate alınarak fonksiyonel planlamanın doğrusal programlama ile nasıl gerçekleştirileceği altı örnek model üzerinde açıklanmıştır. Bu modellerin çözümüne göre, özet olarak aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir :

Model 1'de 597.0 hektar, Model 2 ve 3'de 572.7 hektar, Model 4'de 566.3 hektar, Model 5 ve 6'da ise 530.9 ve 530.2 hektar alan odun üretimi işletme sınıfına; Model 4, 5 ve 6'da 6.4; 4.1 ve 4.8 hektar alan toprak erozyonunu önleme işletme sınıfına; Model 2, 3 ve 4'de 24.3 hektar, Model 5 ve 6'da ise 62.0 ve 30.3 hektar alan su üretimi işletme sınıfına; Model 6'da 31.7 hektar alan oksijen üretimi işletme sınıfına ayrılmıştır. Modellere odun üretimi ile birlikte diğer işlevlerin de kısıt olarak girmesi, odun üretimi işletme sınıfı alanını azaltmış, diğer işletme sınıflarının toplam alanını artırmıştır.

Açıklık alanlar Model 1, 2, 3, 4 ve 6'da birinci dönemde, Model 5'de ikinci dönemde ağaçlandırılmıştır.

Toprak erozyonu, su, oksijen, doğa koruma ve estetik değer üretimi miktarları, modellerde öngörülen sınırlar içerisinde değişmiştir

Amaç denklemi değeri, Model 1-6'da 443655, 438058, 437655, 436187, 422420 ve 409794 m³ olarak gerçekleşmiştir. Yine; alana ilişkin sonuçlarda olduğu gibi, modellere odun üretimi ile birlikte diğer işlevlerin de kısıt olarak girmesi, amaç denklemi değerlerini azaltmıştır.

Tüm modellerde plan dönemleri etaları, eta kontrol kısıtlarında öngörülen sınırlar içerisinde değişmiştir.

Çok amaçlı ya da fonksiyonel planlama için ormanların işlevlerine uygun envanterinin yapılması, yani işlev değerlerinin meşcere özelliklerine göre sayısal olarak elde edilmesi ve işlevsel etaların kararlaştırılması gerekir. Ayrıca; envanterde, planlama birimi için işlevlerin maksimum ve minimum miktarları saptanmalı ve geliştirilen matematiksel modellerde sınır değerleri olarak yer alması sağlanmalıdır. Bu veriler elde edildiğinde, makalede açıklanan model ile fonksiyonel planlama kolaylıkla gerçekleştirilir.

FORECASTING OF THE FUNCTIONAL PLANNING IN FOREST MANAGEMENT USING LINEAR PROGRAMMING

Doç. Dr. Altay Uğur GÜL

Abstract

The purpose of this study is to develop an mathematical programming using linear programming model for multiple-use forest management planning. Six linear programming models, including the infrastructural functions such as erosion control, water supply, nature conservation, fresh air and esthetics were developed and solved. Objective function of the models is maximization of the total allowable cuts at the end of the planning period (100 years)

SUMMARY

This article has focused on the multiple-use forest management planning including the infrastructural functions such as erosion control, water supply, nature conservation, fresh air and esthetics using linear programming. The main objective of the six linear programming models, which were developed and called as Model 1-6 in text, was the sustainability of the flows of wood products over time. Sustainability of the other functions was also controlled by constraints (13-27) in the models.

Data of the existing stands presented in Table 1 and 2 was collected from the Ormanüstü Management Plan (OGM 1983) and the Ph.D thesis called "Effects of Forest Site Factors on Distinguishing of Forest Site Unity in Trabzon-Maçka Ormanüstü's Forest" (ALTUN 1995). Data for future stands after regeneration of the existing stands was also derived from the yield tables of *Picea orientalis* (L.) (AKALP 1978)

In the study, the generalized formulation of the Model 1 was described by equations (1-11). The objective equation (1) was formulated as maximization of the total allowable cuts (TH) at the end of the planning period (100 years). The equations (2) and (3) were expressed as the amount of allowable cut in each planning period (20 years) and total allowable cuts at the end of the planning period from the whole forest, respectively. The equations (4), (5), (6), (7) and (8) referred to the constraints that illustrated the amount of the erosion control, water supply, nature conservation, fresh air and esthetic functions in the periods. The areas of the existing stand types were defined by the area equations (9). The allowable cut control equations (10) and (11) indicated a relationship that allowed a maximum variation of 30 percent between the harvests in the preceding period.

In the model, H_i , TE_i , SU_i , DK_i , OUI and ESI symbols defined as accounting variables were used to calculate the value of the functions in the periods. The equations (12-26) used in the

Models 2-6 defined maximum and minimum number of the production amount of the functions (excepted volume) for the periods.

The results with respect to solutions in the Model 1-6 were presented and compared in Tables 3, 4 and 5 . The values were 443655, 438058, 437655, 436187, 422420, and 409794 m³ for the objective function, the areas allocated were 597.0, 572.7, 572.7, 566.3, 530.9, and 530.2 hectares for the wood production, 6.4, 4.1, and 4.8 hectares for the erosion control in Models 4-6, 24.3, 24.3, 24.3, 62.0, and 30.3 hectares for the water supply in Models 2-6, 31.7 hectar for the fresh air in Model 6.

KAYNAKLAR

AKALP, T., 1978: Türkiye'deki Doğu Ladini Ormanlarında Hasılat Araştırmaları, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayını No : 261, İstanbul.

ALTUN, L., 1995: Maçka (Trabzon) Orman İşletmesi Ormanüstü Sersinde Orman Yetiştirme Birimlerinin Ayrılması ve Haritalanması Üzerine Araştırmalar, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

ASAN, Ü. ve ŞENGÖNÜL, K., 1987: Orman Formlarının Fonksiyonel Açından Karşılaştırılması, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, B Serisi, Cilt 37, Sayı 4, 52-67.

ASAN, Ü., 1990: Orman Kaynaklarının Çok Amaçlı Kullanımı ve Fonksiyonel Planlama, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, B Serisi, Cilt 40, Sayı 3, 67-84.

ASAN, Ü., 1992: Orman Amenajmanında Fonksiyonel Planlama ve Türkiye'deki Uygulamalar, Ormancılığımızda Orman Amenajmanının Dünü, Bugünü ve Geleceğine İlişkin Genel Görüşme, Bildiriler Kitabı, 16-19 Kasım 1992, Ankara, 181-196.

ASAN, Ü., YEŞİL, A. and DESTAN, S., 1997: The Role of Functional Planning in the Rational Usage of Forest Resources, XI. World Forestry Congress, 13-22 October 1997, Antalya, Turkey.

BALCI, N., 1996: Toprak Koruması, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No : 3947/439, İstanbul, 490 s.

BALTEIRO, L. D. and ROMERO, C., 1998: Modeling Timber Harvest Scheduling Problems with Multiple Criteria : An Application in Spain, Forest Science, 44, 3, 421-428.

ERASLAN, İ., 1974: Türkiye'deki Orman Topraklarından Çok Amaçlı (Çok Yönlü) Faydalanmanın Planlanması Esasları, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, B Serisi, Sayı 1, 30-49.

ERASLAN, İ., 1982: Orman Amenajmanı, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayını No : 3010/318, İstanbul, 582 s.

HAIGHT, R. G., MONSURED, R. A. and CHEW, J. D., 1992: Optimal Harvesting with Stand Density Targets : Managing Rocky Mountain Conifer Stands for Multiple Forest Outputs, Forest Science, 38, 3, 554-574.

HOF, J. G. and FIELD, R. C., 1987: On the Possibility of Using Joint Cost Allocation in the Forest Management Decision Making, Forest Science, 33, 4, 1035-1046.

HOF, J. G. and BALTIC, T. J., 1990: Cost Effectiveness from Optimization in the USDA Forest Service, Forest Science, 36, 4, 939-954.

HOF, J. G. and BALTIC, T. J., 1991: A Multilevel Analysis of Production Capabilities of the National Forest Systems, Operations Research, 39, 4, 543-552.

- HOF, J. G., KENT, B. and BALTIC, T. J., 1992: An Iterative Multilevel Approach to Natural Resource Optimization : A Test Case, *Natural Resource Modeling*, 6, 1, 1-22.
- HOF, J. G. and JOYCE, L. A., 1993: A Mixed Integer Linear Programming Approach for Spatially Optimizing Wildlife and Timber in Managed Forest Ecosystems, *Forest Science*, 39, 4, 816-834.
- KALIPSIZ, A., 1982: Orman Hasılat Bilgisi, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayını No : 3052/328. İstanbul, 349 s.
- KAPUCU, F., 1987: Ormancılık Bilgisi (Orman ve Ormancılıkta Temel Kavramlar), K.T.Ü. Orman Fakültesi Ders Notları, Trabzon, 308 s.
- KAPUCU, F., 1996: Orman Amenajmanı (Temel Kavramlar), Artvin Orman Fakültesi Ders Notları, Artvin, 150 s.
- KÖSE, S., 1986: Orman İşletmelerinin Planlanmasında Yöneylem Araştırması Yöntemlerinin Yararlanma Olanakları, Doktora Tezi, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Trabzon.
- MENDOZA, G. A., BARE, B. B and CAMPBELL, G. E., 1987: Multiobjective Programming for Generating Alternatives : A Multiple Use Planning Example, *Forest Science*, 33, 2, 458-468.
- MENDOZA, G. A., 1988: A Multiobjective Programming Framework for Integrating Timber and Wildlife Management, *Environmental Management*, 12, 2, 163-171.
- MENDOZA, G. A. and SPROUSE, W., 1989: Forest Planning and Decision Making Under Fuzzy Environments: An Overview and Illustration, *Forest Science*, 32, 2, 481-502.
- OGM, 1983, Trabzon-Maçka Orman İşletme Müdürlüğü Ormanüstü Amenajman Planı, Trabzon
- PARADES V., G. L. and BRODIE, J. D., 1988: Activity Analysis in Forest Planning, *Forest Science*, 34, 1, 3-18.
- PUKKALA, T. and KANGAS, J., 1993: A Heuristic Optimization Method for Forest Planning and Decision Making, *Scandinavian Journal of Forest Research*, 8, 560-570.
- SUN, O., 1986: İşletme Düzeyinde Ormandan Çok Yönlü Yararlanmanın Saptanması, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayını No : 164, Ankara.
- TARP, P., PARADES V., G. L. and HELLES, F., 1997: A Dual Approach to Policy Analysis in Multiple-use Forest Management Planning, *Canadian Journal of Forest Research*, 27, 849-858.
- VODAK, M. C., ROBERTS, P. C., WELLMAN, J. D. and BUHYOFF, G. J., 1985: Scenic Impacts of Eastern Hardwood Management, *Forest Science*, 31, 2, 289-301.
- WEINTRAUB, A., BARAHONA, F. and EPSTEIN, R., 1994: A Column Generation Algorithm for Solving General Forest Planning Problems with Adjacency Constraints, *Forest Science*, 40, 1, 142-161.
- ZELETIN, P. (Çeviren : ŞAD, H. C.), 1972: Romanya Ormanlarının Fonksiyonel Amenajmanının Prensipleri ve Temelleri, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, B Serisi, Cilt 22, Sayı 1, 249-256. .