

Bölmeden Çıkarma Çalışmalarında Toplam Maliyetin Minimizasyonu İçin Doğrusal Programlama Kullanımı

H. Hulusi ACAR, A. Uğur GÜL, Selçuk GÜMÜŞ
KTÜ Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 61080, Trabzon-TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 01.03.1999

Özet: Ormanlıktaki üretim çalışmalarında transport aşaması, orman işletmeciliği içerisinde oldukça zor, pahalı ve zaman alıcı bir iştir. Bu sırada orman ürününün kendisine ve çevresine en az zararlar, kalite ve miktar kaybına uğramadan bölmeden çıkarılması ülkemiz için önemli bir problemdir.

Ülkemizde günümüze kadar bölmeden çıkarma çalışmalarında yöneylem araştırması yöntemleri kullanılmamıştır. Bu çalışma ile doğrusal programlama yönteminin kullanılmasıyla bölmeden çıkarma çalışmalarında toplam maliyetin minimize edilmesi amaçlanmıştır.

Toplam maliyetin minimizasyonu için toplam 13 değişik model kurulmuş ve çözülmüştür. En düşük toplam maliyeti oluşturan 4 nolu modelin çözümünde toplam maliyet 522.640 \$ olarak hesaplanmıştır. Zayıf miktarı ise 2500 m³ olarak bulunmuştur. Bu miktarın toplam maliyete yansımaları ile birlikte toplam maliyet 808.890 \$'a çıkmıştır.

Bölmeden çıkarma maliyetini minimize eden model, toplam ürün içinde kullanım oranlarına göre % 4 insan gücü, % 36 orman traktörü ve % 60 kısa mesafeli orman hava hattı kombinasyonu olarak gerçekleşmiştir.

Bölmeden çıkarma maliyetlerinin doğrusal programlama ile minimize edilmesi sayesinde makine ve insan gücü kaynaklarının daha rasyonel kullanımı sağlanacaktır. Orman transport planları mutlaka oluşturulmalı ve makine gücü kullanımı bu planlar ile düzenlenmelidir.

Anahtar Sözcükler: Kümbet Bölgesi, Doğrusal Programlama, Bölmeden Çıkarma, Transport Maliyeti, Minimizasyon.

Minimization of the Transport Costs in Forestry by Linear Programming

Abstract: In forest management, transportation is a rather difficult, expensive and time-consuming activity. Transportation of logs from the forest to the landings has been achieved in various ways. Log transportation with minimum losses of quality and quantity and with minimum damage to the environment is a crucial matter in Turkey.

The operation research methods for log operations have not been used in Turkey. The aim of this study was to minimize the total cost during logging operations by linear programming.

Thirteen different models were set up and solved for minimization of total cost. Model 4 constituted the minimum cost. The minimum cost was found to be \$ 522,640. The losses of quantity were 2500 m³. The total cost which obtained from addition of minimized cost and cost of quantity losses was \$ 808,980.

The model which were minimized the cost of logging operations was found to be a combination of 4 % human power, 36 % forest tractor power and 60 % short distanced mobile cable yarder.

Machine and human power resources were supplied more rationally through usage of linear programming in minimization of cost of logging operations. Forest Transport Plans must be constituted and usage of machine power arranged using these plans.

Key Words: Kümbet Region, Linear Programming, Logging Operations, Transportation Costs, Minimization.

Giriş

Türkiye'de ve dünyada orman alanlarının her geçen gün dağlık alanlara doğru çekilmesi ve bu tip alanlarda çalışma zorunluluğunun artması, bölmeden çıkarma çalışmalarını daha önemli hale getirmiştir. Ayrıca; orman ürünlerine olan talebin, arza göre her geçen gün artmakta olması, transport problemlerini azaltıp, kalite ve kantite kayıplarını minimuma indirecek çözümlerin aranmasına da neden olmuştur.

Orman ürünlerinin taşınması iki safhada yapılmaktadır. Bunlardan birinci safha bölmeden çıkarma ya da tali taşıma safhası, ikinci safha ise ana taşıma safhasıdır. Bu iki safha arasında yükleme ve boşaltma safhaları bulunmaktadır (1).

Bölmeden çıkarmanın amacı, orman içerisinde dağınık ve mevcut orman yollarına o denli uzak odun hammaddelerini, yol kenarlarında düzenlenen istif yeri, depo ve rampa gibi toplanma yerlerine olanaklar

ölçüsünde ormana zarar vermeden ve gelişen tekniğin gereklerini gözden uzak bulundurmadan taşımak ve bunları odun sınıflarına uygun, kamyonla taşımaya elverişli bir tarzda istiflemek ve böylelikle sekonder taşımayı kolaylaştırmak, aynı zamanda orman içi toplanma yerlerinde satışların yapılması halinde bunların alıcılara daha kolaylıkla ve daha toplu bir biçimde arzını sağlayabilmektir (2).

Bölmeden çıkarma genelde geniş bir alana dağılmış bulunan odunun güç taşıma şartlarında bir araya toplanmasını gerektirdiği için üretim masraflarında en masraflı safhayı teşkil etmektedir. Dolayısıyla bölmeden çıkarma safhasında gerçekleştirilecek rasyonalizasyon tedbirleri üretim masrafları üzerinde büyük ölçüde etkili olacaktır (3).

Doğu Karadeniz Bölgesindeki orman alanlarının, genellikle yüksek rakımda, eğimli ve dağlık arazide yer alması, bölmeden çıkarma problemini daha da güçleştirmektedir. Bölmeden çıkarma aşamasında izlenecek olan yanlış bir yol, bölmeden çıkarmanın daha fazla güç, para ve zaman harcamayarak, daha az miktarda ve kalitede odun hammaddesinin elde edilmesine, gençlik, meşçere ve orman toprağı üzerinde zararlara neden olacaktır (4).

Ormancılıkta bölmeden çıkarma ve ana transport sorunlarının çözümü, özellikle ülkemizde önemle üzerinde durulması gereken bir konudur. Burada ortaya çıkan transport problemleri, var olan sunu kapasitesi ve isteme göre gereksinimleri en iyi ve en ucuz şekilde karşılayacak bir Transport Planını ortaya koymaktadır. Bu amaçla Atlama Taşı (Stepping-Stone), Basitleştirilmiş Çözüm (Modified Distributiom), Hitchcook ve Kompan Yöntemi, Ford – Fulkerson Yöntemi ve Macar Yöntemi gibi yöntemler geliştirilmiştir. Ancak, bu yöntemler yanında çok faktörlü ve karmaşık transport problemlerinin çözümünde Yöneylem Araştırması yöntemlerinin bir temsilcisi olan Doğrusal Programlama Yöntemi başarı ile uygulanmakta ve en iyi çözüm ortaya konulabilmektedir (5).

Yukarıda belirtilen özelliği ile yöneylem araştırması yöntemleri, yeni bir sistem kurulmasında ya da mevcut bir sistemin yeniden biçimlendirilmesinde saptanan amaçlara en uygun düzenlemeyi sağlayan, yine bir sistemin işleyişinde karşılaşılan problemlerin en uygun çözümlerini ortaya koymaya yarayan bilimsel yöntemler şeklinde tanımlanabilir. Bu yöntemlerin yardımı ile karmaşık problemler mevcut bilgi ve verilere dayanılarak matematiksel modellere çevrilmekte ve belirtilen amaçlara uygun olarak problemlerin en uygun çözümleri ortaya konulmaktadır (6).

Lussier tarafından 1959 yılında yapılan araştırmada, yöneylem araştırmalarının bölmeden çıkarma çalışmalarında kullanıldığı görülmektedir. Bu çalışmada ormancılıkta bölmeden çıkarma ve transport çalışmalarında orman ürünlerinin en düşük maliyetle üretilmesi amaçlanmıştır. Bu amaca ulaşmak için üretim miktarı, bütçe ve üretim makineleri gibi üretim faktörlerinin en iyi kombinasyonu ortaya konulmuştur (7).

Bell tarafından yapılan bir çalışmada ise ormancılıktaki gelişim, doğrusal programlamanın tanımları, kullanım olanakları vb. konularda bilgiler verilmektedir (8).

Koger ve Webster tarafından 1986 yılında yapılan bir çalışmada, sürütmeye dayalı üretim sistemlerinde kârın maksimum yapılması için doğrusal programlama modelleri kullanılmıştır. Dört değişik üretim metoduna göre elde edilen sonuçlar değerlendirilmiş ve en düşük maliyet ve en yüksek kâr oluşturan model seçilmiştir (9).

Ülkemizde ise yöneylem araştırması çalışmaları 1970'li yıllarda başlamıştır. Ormancılık problemlerindeki ilk uygulamalar Kalıpsız ve Sun tarafından başlatılmıştır (10.11). Doğrusal programlamanın ormancılıkta genel olarak transport sorunlarının çözümüne ilişkin kullanımı konusunda ilk araştırma Soykan tarafından yapılmıştır (6). Yöneylem araştırmaları yöntemlerinden Dinamik Programlamanın ormancılıktaki uygulama örnekleri ise Asan tarafından açıklanmıştır (12).

Köse, Maçka Orman İşletme Müdürlüğü, Meryemana Araştırma Ormanı için oluşturduğu iki grup meşçere tipi için 1627 adet amaç programlama modeli geliştirmiştir. (MERAMPO 1 ve MERAMPO 2). Dört öncelikli ve sekiz amaç denklemi MERAMPO 1'de, amaç denkleminin çeşitliliği, amaçların saptanması ve önceliklerin sıralanması gibi ölçütler göz önüne alınarak, 1217 adet model; beş öncelikli ve yedi amaç denklemi MERAMPO 2'de ise 410 model çözmüştür (13).

Gül tarafından yapılan bir araştırmada Gazipaşa Orman İşletme Müdürlüğü Amenajman planını hazırlamak amacıyla 436 adet doğrusal programlama modeli gerçekleştirilmiştir. Bu modeller, amaç denklemi toplam eta, hem de toplam bugünkü net değere göre çözülmüş ve 212 adedi uygun bir çözüm vermiştir (14).

Bu çalışma ile doğrusal programlama yöntemi kullanılarak bölmeden çıkarma çalışmalarında toplam maliyetin minimize edilmesi amaçlanmıştır. Yani aynı alan için kullanılacak birden fazla bölmeden çıkarma metodunun doğrusal programlama modelleri kullanılarak, toplam maliyeti minimize edecek kombinasyonlar belirlenmiştir.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Araştırma Giresun Orman Bölge Müdürlüğü, Kümbet Orman İşletme Şefliğinde gerçekleştirilmiştir. Kümbet Bölgesi coğrafik olarak $40^{\circ} 32' 21''$ ve $40^{\circ} 41' 17''$ kuzey enlemleri ile $38^{\circ} 21' 25''$ ve $38^{\circ} 23' 30''$ doğu boylamları arasında olup 9764 ha büyüklüğündedir. Bölge alanının % 62.6'sı orman alanı ile kaplıdır.

Amenajman planı (1987-1996) ve optimum Orman Yol Ağı Planı bu çalışmada kullanılmıştır (Şekil 1, 2, Tablo 1). 10 yıllık plan döneminde Ladin ve Karışık İşletme Sınıfları için gençleştirmeye ayrılan alanlarda toplam eta 103.869 m^3 olarak verilmiştir.

Günümüz koşulları için ormancılıkta en az 20 m/ha orman yol yoğunluğunun gerekli olduğu ve buna göre mevcut yolların işletmeye açma oranı (ortalama yol aralığı 500 m) dikkate alındığında Kümbet Bölgesi orman alanlarında işletmeye açma oranı bugün için % 37 olarak tespit edilmiştir. Planlanmış mevcut orman yol ağının son haline göre bazı eski kod nolu yollara ilave yollar yapılmış,

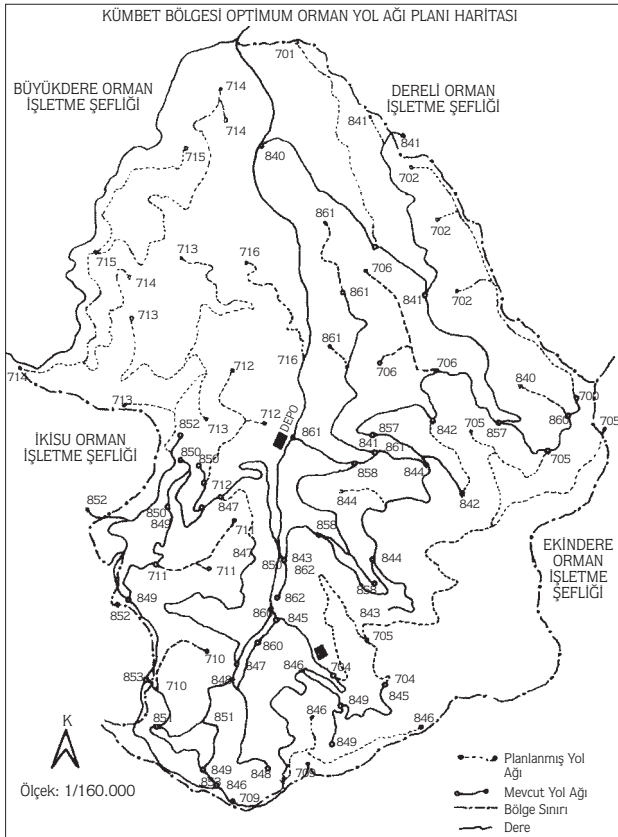
ayrıca 12 adet yeni kodlandırılmış orman yolu plana dahil edilmiştir. Böylece Dereli-Kümbet (DK) ana yolu ile birlikte 32 adet kodlandırılmış orman yolu ortaya çıkmıştır (4).

Çalışmalar, Kümbet Bölgesinde kullanılan Steyr 768, MB Trac 800 ve 900 ile URUS MIII, römorklu veya traktöre monteli Koller K 300 kısa mesafeli mobil vinçli orman hava hatları üzerinde yapılmıştır.

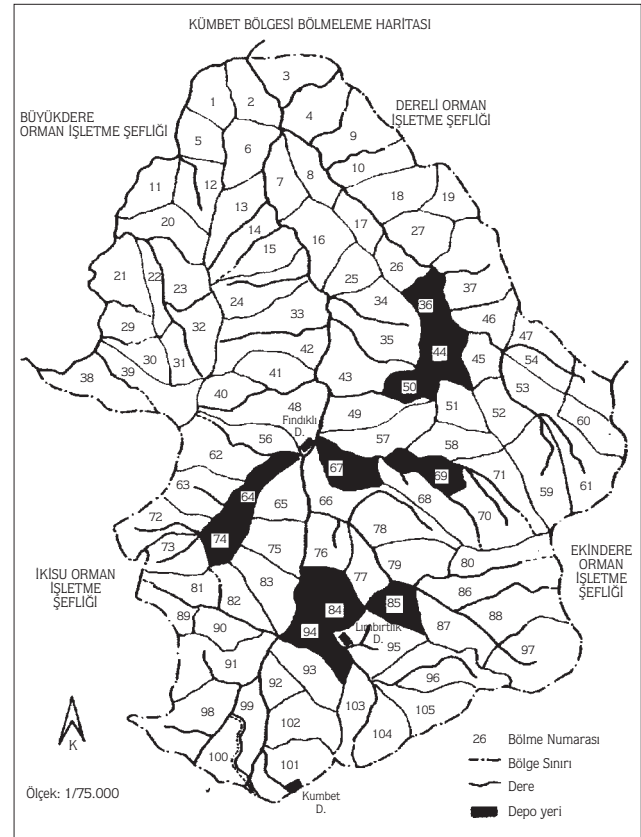
Bu çalışmada aşağıda belirtilen verim ve maliyet değerleri kullanılmıştır (Tablo 2).

Yöntem

Bölmeden çıkarma metodunun seçiminde Kümbet Bölgesi amenajman planında 10 yıllık üretim planına göre gençleştirme yapılacak bölmeler ve etaları değerlendirilmiştir. Her bölmede üretim yapılacak meşcere tipinin en yakın orman yoluna göre durumu belirlenerek bu alanda kullanılabilir bölmeden çıkarma metodu seçilmiş ve modele bu yöntemlerin katsayıları girilmiştir.



Şekil 1. Kümbet bölgesi optimum orman yol ağı planı haritası (4).



Şekil 2. Kümbet bölgesi bölmeleme ve gençleştirilecek bölmeler haritası (4).

Tablo 1. Amenajman planına göre ladin ve karışık işletme sınıfları için 10 yıllık plan verileri (optimum orman yol ağı planına göre) (4).

Bölme No	Meşçere Tipi	Alan ha	Toplam Servet (DKGH) m ³	Ort. Serv. m ³ /ha	Arazi eğimi %	Yol kodu	Çalışma Şekli*	Çalışma Alanı (ha)	Ortalama mesafe m	Toplam Tomruk Hacmi Çalış.Şekli	Hacim**m ³
2+000 km 706 kod nolu yol yapımı ile											
36	LKnDYcd2	55.5	18537	334.0	60	841	1	2.5	20	1	4675
					60	706	2	43	500		
					60	841	1	10	70		
	LKzKncd2	5.5	2211	402.0	40	706	1	5.5	60	2	10053
Lc3	0.5	296	592.0	40	706	1	0.5	50			
44	Lc3	8.0	4736	592.0	40	706	1	8	70	1	6364
	LgKncd2	23.5	12126	516.0	30	857	1	6.5	80	2	14206
					30-70	857	2	17	300		
	LKnDYcd2	37.5	12525	334.0	60	706	2	22	500		
					60	841	1	12.5	150		
50					706	1	3	50			
0+200 km 706 kod nolu yol yapımı ile											
50	Lc3-1	3.0	1776	592.0	50	706	2	3.0	300		
	Lc3-2	5.5	3256	592.0	50	706	2	5.5	200	1	568
	ÇBL	4.0	64	16.0	50	857	2	4.0	250	2	6050
	Lbc1	6.0	954	159.0	50	857	2	6.0	150		
	Lcb2	2.5	812	324.8	50	857	1	2.5	100		
2+500 km 704 kod nolu yol yapımı ile											
84	Lcd2	105	487	324.7	60	862	2	1.5	150		
	Lcd3-2	5.5	2986	542.9	60	704	2	5.5	500	2	3407
	LDYbc3	5.0	1395	279.0	60	704	2	5.0	300		
0+500 km 707 ve 1+000 km 704 kod nolu yolların yapımı ile											
85	Lcb2	20.0	9940	497.0	60	704	2	16	400		
					60	843	1	4	100		
	LGDYbc3	12.0	3348	279.0	60	704	1	12	100	1	2319
	KnLcd1	27.5	6682	243.0	60	704	2	27.5	500	2	11806
	LKncd1	1.0	210	210.0	60	843	1	1	50		
94	Lcd2	5.0	1625	325.0	60	845	1	5	150		
					60	845	2	6	350	1	4661
	Lkncd3	24.5	12471	509.0	70	845	1	6	100		
					50-70	860	1	12.5	250		
					50-70	860	1	1	50		
1 km 844 kod nolu yol yapımı ile											
67	KnLDYcd1	31.0	5766	186.3	60	844	2	20	500	1	1428
					60	861	1	11	50	2	6963
	KnLDYcd2	25.5	6222	244.0	60	844	2	25.5	400		
0+500 km 844 kod nolu yol yapımı ile											
69	KnLDYcd1	51.0	9486	186.0	60	844	2	31	150	1	1041
					60	844-861	1	20	150	2	5598
2+000 km 711 kod nolu yol yapımı ile											
64	KNLcd2	40.5	14418	356.0	50-60	711	2	27	250	1	1870
					60-70	850	1	13.5	150	2	8348
	ÇBK _n	12.0	180	15.0	60-70	850	1	12	50		
74	KnLcd2	18.5	6586	356.0	60	850	2	16.5	200	1	498
					60	850	1	2	50	2	4111

* 1: İnsan gücü (4 işçi), Hayvan gücü (2 çift), MB TRAC 800, MB TRAC 900, Steyr 768.

2: İnsan gücü (4 işçi), Hayvan gücü (2 çift), KOLLER K300, URUS MIII.

** Not: Tomruk hacminin bulunması için dikili kabuklu gövde hacminden dönüşüm yapılmıştır.

Tablo 2. Bölmeden Çıkarma Metodlarının Verim ve maliyet değerleri (4).

Bölmeden Çıkarma Metodu	Ort. Taşıma mes. m.	Verim saat/m ³	Genel maliyet USA \$/saat
İnsan gücü (4 işçi ile)	250	2.032	4.224
Hayvan gücü ile (2 çift)	300	1.992	9.490
MB TRAC 800	50	0.279	4.365
MB TRAC 900	50	0.162	2.734
STEYR 768	50	0.363	4.197
KOLLER K300	250	0.180	4.945
URUS MIII	250	0.363	6.705

Her bölme ve meşcere tipi bölmeden çıkarma metodlarının etki mesafelerine göre değerlendirilerek iki grup metodla boşaltılması amaçlanmıştır. Oluşturulan gruplar ise şu şekildedir. 1. grup: İnsan gücü (4 işçi), Hayvan gücü (2 çift), MB TRAC 800, MB TRAC 900, Steyr 768, 2. grup: İnsan gücü (4 işçi), Hayvan gücü (2 çift), KOLLER K300 ve URUS MIII'dür. Hangi bölmeden çıkarma metodunun kullanılacağı ise modellerin çözümü ile belirlenmiştir.

Modelde kullanılan zayıt miktarları literatürden elde edilen değerler ve varsayımlar yapılarak kullanılmıştır. İnsan gücü ile bölmeden çıkarma metodunda % 17 oranında miktar kaybı olduğu belirlenmiş (15), hayvan gücü ile bölmeden çıkarma metodunda % 5, Traktörler ile bölmeden çıkarma metodunda % 3 ve hava hatları ile bölmeden çıkarma metodunda ise % 1 olarak kabul edilmiştir. Çalışma sırasında günlük 8 saat, aylık 30 gün ve yıllık 6 ay çalışma süresi dikkate alınmıştır.

Toplam maliyetin minimizasyonu için toplam 13 değişik doğrusal programla modeli kurulmuş ve çözülmüştür.

Model 1.

$$Z_{\min} = M$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n d_{ij} X_{ij} - Z = 0$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij} - M = 0$$

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = b_i$$

$$\sum_{i=1}^n e_i (X_{i1} + X_{i6}) - Y = 0$$

$$\sum_{i=1}^m r_i (X_{i2} + X_{i7}) - C = 0$$

$$\sum_{i=1}^m g_i X_{iB} - M800 = 0$$

$$\sum_{i=1}^m h_i X_{iA} - M900 = 0$$

$$\sum_{i=1}^m k_i X_{iB} - S768 = 0$$

$$\sum_{i=1}^m l_i X_{iB} - K300 = 0$$

$$\sum_{i=1}^m p_i X_{iB} - URUS = 0$$

m : bölme sayısı (i = 1, 2,19)

n : bölmeden çıkarmada yöntem sayısı (j = 1,2,.....9)

X_{ij} : i. bölmeden j. yöntemle çıkarılan eta miktarı (m³)

C_{ij} : i. bölmeden j. yöntemle bölmeden çıkarma maliyeti (\$/m³)

M : bölmeden çıkarma maliyeti (\$/m³)

d_{ij} : i. bölmeden j. yöntemle bölmeden çıkarma da zayıt oranı (%)

Z : bölmeden çıkarmada zayıt miktarı (m³)

b_i : i. bölmeden çıkarılacak eta miktarı (m³)

e_i : i. bölmede insan gücü ile bölmeden çıkarma süresi (saat/m³)

Y : toplam insan gücü (saat)

H : toplam hayvan gücü (saat)

f_i : i. bölmede hayvan gücü ile bölmeden çıkarma süresi (saat/m³)

M800 : toplam MBTRAC 800 traktör gücü (saat)

g_i : i. bölmede M800 traktörü ile bölmeden çıkarma süresi (saat/m³)

M900 : toplam MBTRAC 900 traktör gücü (saat)

h_i : i. bölmede M900 traktörü ile bölmeden çıkarma süresi (saat/m³)

S768 : toplam Steyr 768 traktör gücü (saat)

k_i : i. bölmede Steyr 768 traktörü ile bölmeden çıkarma süresi (saat/m³)

K300 : toplam KOLLER K300 hava hattı gücü (saat)

l_i : i. bölmede KOLLER K300 hava hattı ile bölmeden çıkarma süresi (saat/m³)

URUS : toplam URUS MIII hava hattı gücü (saat)

p_i : i. bölmede URUS MIII hava hattı ile bölmeden çıkarma süresi (saat/m³)

Model 1'e aşağıdaki kısıtlar eklenerek Model 2-13 elde edilmiştir.

<u>Model 2</u>	<u>Model 3</u>	<u>Model 4</u>	<u>Model 5</u>
Z < = 10 000	Z < = 5 000	Z < = 2 500	Z < = 10 000
			Y < = 36 000
<u>Model 6</u>	<u>Model 7</u>	<u>Model 8</u>	<u>Model 9</u>
Z < = 10 000	Z < = 5 000	Z < = 2 500	Z < = 5 000
Y < = 36 000	Y < = 36 000	Y < = 36 000	Y < = 30 000
H > = 10 000	H > = 10 000	H > = 10 000	Y > = 36 000
H < = 15 000	H < = 15 000	H < = 15 000	H > = 10 000
			H < = 15 000
			M800 > = 8 0000
			M800 < = 10 0000
<u>Model 10</u>	<u>Model 11</u>	<u>Model 12</u>	<u>Model 13</u>
Z < = 10 000	Z < = 10 000	Z < = 5 000	Z < = 4 000
Y < = 30 000	Y < = 36 000	Y < = 36 000	Y < = 36 000
Y > = 36 000	H < = 15 000	H < = 15 000	H < = 15 000
H > = 10 000	M800 < = 10 000	M800 < = 10 000	M800 < = 10 000
H < = 15 000	M900 < = 10 000	M900 < = 10 000	M900 < = 10 000
M800 > = 8 0000	S768 < = 10 000	S768 < = 10 000	S768 < = 10 000
M800 < = 10 0000	K300 < = 10 000	K300 < = 10 000	K300 < = 10 000
	URUS < = 10 000	URUS < = 10 000	URUS < = 10 000

Zayıt maliyeti model çözümleri ile elde edilen zayıt değerleri birim tomruk fiyatı ile çarpılarak hesaplanmıştır. Toplam transport maliyeti model çözümlerinden elde edilen minimum maliyetin zayıt maliyeti ile toplanması sonucu elde edilmiştir.

Toplam bölmeden çıkarma maliyetini minimize eden modelin seçiminde zayıt miktarı ve parasal değeri de dikkate alınmıştır. Tomruk fiyatı Giresun Orman Bölge Müdürlüğü muhasebe kayıtlarından ortalama 30.000.000 TL/m³, 1998 yılı Merkez Bankası döviz kurlarına göre 114.5 \$/m³ (1 \$ = 262.000 TL) olarak alınmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Bölmeden çıkarma maliyetinin minimizasyonu için oluşturulan ve çözümleri gerçekleştirilen modeller aşağıda verilmiştir (Tablo 3).

Tablo 3'te amaç denklemi (Z_{min}), denkleme giren bölmeden çıkarma metodları kullanım süreleri ve zayıt miktarları modellerin çözümü ile elde edilmiştir. Zayıt miktarlarına göre maliyet değerleri sonradan hesaplanarak tabloya eklenmiş ve toplam maliyet hesaplanmıştır.

Tablo 3 incelendiğinde; 4 nolu modelin en düşük toplam maliyeti oluşturduğu görülmektedir. Modelin çözümünde minimum bölmeden çıkarma maliyeti 522.640 \$ olarak hesaplanmıştır. Zayıt miktarı ise 2500 m³ olarak gerçekleşmiştir. Bu miktarın toplam maliyete yansımaları ile birlikte toplam maliyet 808.890 \$ olarak elde edilmiştir.

Sadece; amaç denklemi çözümlerine bakıldığında en düşük maliyeti 1 nolu model vermiştir. Ancak; zayıt miktarının çok yüksek olması nedeniyle toplam maliyet 1.752.904 \$ olarak gerçekleşmiştir. Model çözümünden de kolayca anlaşılacağı üzere bölmeden çıkarma çalışmaları sırasında karşılaşılan kayıplar, parasal olarak çok büyük miktarlara ulaşmaktadır. Sadece kayıplarda oluşan maliyet değeri toplam bölmeden çıkarma maliyetinin yaklaşık 3.6 katı olarak gerçekleşmektedir. Ayrıca çalışma süresi olarak 10 posta işçi ile yaklaşık 9 yıllık bir sürede tamamlanabilmektedir. Bu da, iyi bir iş organizasyonu gerektirmektedir.

En düşük maliyeti oluşturan 4 nolu model ile insan gücü kullanımının ağırlıkta olduğu 1 nolu model arasındaki toplam maliyet oranı ise yaklaşık 2 kattan daha fazladır.

En düşük maliyeti oluşturan bölmeden çıkarma metodları kombinasyonu modelinde (4 nolu model) 9106

Tablo 3. Oluşturulan modellerin çözüm sonuçları özeti.

Model No	Zmin \$	İnsan Gücü saat	Hayvan Gücü saat	MBTRAC 800 saat	MBTRAC 900 saat	KOLLER K300 saat	Zayiat m ³	Zayiat Maliyeti \$	Toplam Maliyet \$	Birim Maliyet \$/m ³
1	374771	130214	-	-	6167.7	-	12036	1378133	1752904	16.85
2	406346	104356	-	-	6167.7	2290.6	10000	1145000	1551344	14.92
3	483875	40856	-	-	6167.7	7915.6	5000	572500	1056375	10.16
4	522640	9106	-	-	6167.7	10728.1	2500	286250	808890	7.78
5	489804	36000	-	-	6167.7	8345.8	4617	528715	1018519	9.79
6	503785	36000	10000	-	6167.7	7442.2	5320	609186	1112971	10.70
7	508754	31931	10000	-	3137.7	7802.7	5000	572500	1081254	10.39
8	547519	181	10000	-	6167.6	10615.2	2500	286250	1133769	10.90
9	555521	31931	10000	8000	1522.2	7802.7	5000	572500	1128021	10.84
10	550552	36000	10000	8000	1522.5	7442.2	5320	609140	1159692	11.15
11	489804	36000	-	-	6167.7	8345.8	4617	528647	1018451	9.79
12	489804	36000	-	-	6167.7	8345.8	4617	528647	1018451	9.79
13	499381	28156	-	-	6167.7	9040.6	4000	528647	1020028	9.81

saat insan gücü ile bölmeden çıkarma, 6167.7 saat MBTRAC 900 orman traktörü kullanımı ve 10728.1 saat KOLLER K300 kısa mesafeli orman hava hattı kullanımı seçilmiştir.

Model çözümlerine göre 10 yıllık gençleştirme periyodu için verilen etaların bölmeden çıkarma yöntemlerine dağılımı ise Tablo 4'te verilmiştir.

Modellerde yer aldığı halde Steyr 768 ve URUS MIII hiç bir modelde çözüme girmemiştir. Buna verim değerlerinin düşük ve maliyetlerinin yüksek olması neden olmuştur.

Sonuç ve Öneriler

Yapılan çalışmalar tomrukların bölmeden çıkarılarak bir yerde toplanması işinin toplam üretim maliyetinin % 25-50'sini oluşturduğunu ortaya koymuştur. Bu sonuç ise odun hammaddesinin bölmeden çıkarma tekniğinin sistemli bir şekilde ele alınması gereğini ortaya koymaktadır (16).

Bölmeden çıkarma maliyetinin minimizasyonu için oluşturulan 13 adet model içinde en düşük toplam maliyeti oluşturan 4 nolu modelde, bölmeden çıkarılan toplam ürün içinde kullanım oranlarına göre % 4 insan gücü, % 36 orman traktörü ve % 60 kısa mesafeli orman hava hattı kombinasyonu elde edilmiştir.

Bu modelde toplam maliyet 808 890 \$ olarak gerçekleşmiştir. Bölmeden çıkarma maliyetinin

minimizasyonu ve zayiat miktarlarının kontrolünü esas alan bu çalışma sonucunda; 6.3 yıl insan gücü, 4.3 yıl MBTRAC 900 ve 6.9 yıl da KOLLER K 300 orman hava hattının kullanımı gerekli bulunmuştur.

Oluşturulan modellerin çözümü ile elde edilen sonuçların açıkça gösterdiği gibi, bölmeden çıkarma çalışmalarında mekanize çalışmaların genel görüşlerin aksine para ve zaman açısından daha ekonomik olduğu belirlenmiştir.

Araştırma bulgularına göre bölmeden çıkarma çalışmalarında insan gücü ve mekanize çalışmaların kombinasyonunun en iyi sonucu verdiği belirlenmiştir. Ayrıca; bölmeden çıkarmada zayiat miktarlarının çok önemli olduğu bir kez daha doğrulanmıştır.

Araştırma sonuçları, yöneylem araştırması yöntemlerinin ormancılıkta transport çalışmaları sırasında son derece etkili bir şekilde kullanılabileceğini, matematik modeller ve bilgisayar teknolojisi sayesinde, tüm olasılıkları çok kısa sürelerde değerlendirip, en ekonomik bölmeden çıkarma yöntemlerinin seçiminin gerçekleştirilebileceğini ortaya koymuştur.

Ormancılıkta üretim ve taşıma sırasında ve özellikle de gençleştirme çalışmalarında, çalışmalara başlamadan önce, böyle bir ön çalışma yapılması, son derece önemlidir. Bu ön çalışma ile bölmeden çıkarma çalışmaları sırasında gerekli olabilecek iş gücü miktarları belirlenerek iyi bir iş organizasyonu gerçekleştirilmelidir. Böylece makine ve insan gücü kaynaklarının daha rasyonel olarak kullanımı sağlanmış olacaktır.

Tablo 4. Model çözümlerine göre etaların bölmeden çıkarma yöntemlerine dağılımı (m³).

Bölme No	1 nolu model		2 nolu model			3 nolu model			4 nolu model			5 nolu model			6 nolu model			
	M900	İ. Gücü	M900	İ. gücü	K300	M900	İ. gücü	K300	M900	İ. Gücü	K300	M900	İ. Gücü	K300	M900	İ. gücü	H. gücü	K300
36	4675	10053	4675	10053		4675	10053		4675	4481	5572	4675	10053		4675	10053		
44	6364	14206	6364	14206		6364	10053	4152	6364		14206	6364	7666	6543	6364	7664	5020	6543
50	568	4235	568	4235		568		4235	568		4235	568		4235	568			4235
84		3407		1053	2354			3407			3407			3407				3407
85	2319	11806	2319	11806		2319		11806	2319		11806	2319		11806	2319			11806
94	4416	10003	4416	10003		4416		10003	4461		10003	4416		10003	4416			10003
67	1428		1428		6963	1428		6963	1428		6963	1428		6963	1428			6963
69	5598		5598		1041	5598		1041	5598		1041	5598		1041	5598			1041
64	8348		8348		1870	8348		1870	8348		1870	8348		1870	8348			1870
74	4111		4111		498	4111		498	4111		498	4111		498	4111			498

Bölme No	7 nolu model				8 nolu model				9 nolu model				10 nolu model					
	M900	İ. gücü	H. gücü	K300	M900	İ. gücü	H. gücü	K300	M800	M900	İ. gücü	H. gücü	K300	M800	M900	İ. Gücü	H. gücü	K300
36	4675	10053			4675	89	5020	4944	4675		10053			4675		10053		
44	6364	5661	5020	3525	6364			14206	6364		5660	5020	3525	6364		7664	5020	1522
50	568			4235	568			4235	568				4235	568				4235
84				3407				3407					3407					3407
85	2319			11806	2319			11806	2319				11806	2319				11806
94	4461			10003	4416			10003	4461				10003	4416				10003
67	1428			6963	1428			6963	1428				6963	1428				6963
69	5598			1041	5598			1041	5598				1041	5598				1041
64	8348			1870	8348			1870	8348	5287			1870	3060,8	5287			1870
74	4111			498	4111			498		4111			498		4111			498

Bölme No	11 nolu model			12 nolu model			13 nolu model		
	M900	İ. gücü	K300	M900	İ. gücü	K300	M900	İ. gücü	K300
36	4675	10053		4675	10053		4675	10053	
44	6364	7664	6543	6364	7664	6543	6364	3803	10407
50	568		4235	568		4235	568		4235
84			3407			3407			3407
85	2319		11806	2319		11806	2319		11806
94	4416		10003	4416		10003	4416		10003
67	1428		6963	1428		6963	1428		6963
69	5598		1041	5598		1041	5598		1041
64	8348		1870	8348		1870	8348		1870
74	4111		498	4111		498	4111		498

Kaynaklar

1. Aykut, T., Orman Ürünlerinin Taşınmasında Mekanizasyon ve Verimler, Ormancılıkta Mekanizasyon ve Verimliliği I. Ulusal Sempozyumu, Bolu, MPM Yayın No. 339, 130-158, 1985.
2. Seçkin, Ö. B., Bölmeden Çıkarma, İ.Ü.O.F. Dergisi, Cilt 1., Seri B, 23, 157-178, 1978.
3. Bayoğlu, S., Ormancılıkta Mekanizasyon ve Gelişmesi, Ormancılıkta Mekanizasyon ve Verimliliği I. Ulusal Sempozyumu, Bolu, MPM Yayın No. 339, 38-67, 1985.
4. Acar, H., Dağlık Arazide Orman Transport Planlarının Hazırlanması Üzerine Bir Araştırma (Kümbet Orman İşletme Şefliği Örneği) Türk Tarım ve Ormanlık Dergisi, 21 201-206, 1997.

5. Soykan, B., Ormancılıkta Transport yada Dağıtım Sorunlarının Çözümü, K.T.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, , Cilt 1, Sayı 2, 93-105, 1978.
6. Soykan, B., Orman Amenajmanına İlişkin Sorunların Çözümünde Yöneylem Araştırması Yöntemlerinden Yararlanma Olanakları, K.T.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Cilt 1, Sayı 1, 93-105, 1978.
7. Lussier, L., J., Operations Research in Logging, Woodlands Section, Canadian Pulp and Paper Association Logging Field Meeting, Quebec North Shore Paper Company, Quebec, 246-262, 1959.
8. Bell, E., F., Mathematical Programming in Forestry, Journal of Forestry, 317-319, 1977.
9. Koger, J. L., ve Webster, D. S., Maximizing Profits of Ground-Based Harvesting Systems, Forest Products Journal, 36, 25-31, 1986.
10. Kalıpsız, A., Ormancılıkta Matematik Modeller ve Yöneylem Araştırmaları, İ.T.Ü. Elektronik Hesap Sempozyumu, İstanbul, 10-17, 1968.
11. Sun, O., Ormancılık İşlemlerinde Doğrusal (Linear) Programlamanın Uygulanmasına Değın Esaslar, Orm. Araş. Enst. Derg., Cilt 15, Sayı 2, 52-60, 1969.
12. Asan, Ü., Dinamik Programlamanın Ormancılıktaki Önemi ve Uygulama Örnekleri, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Cilt 32, Seri B, Sayı 1, 1982.
13. Köse, S., Orman İşletmelerinin Planlanmasında Yöneylem Araştırması Yöntemlerinden Yararlanma Olanakları, Doktora Tezi, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Trabzon, 1986.
14. Gül, A. U., Orman Amenajmanında Uzun Süreli Eta Kestiriminin Doğrusal Programlama İle Gerçekleştirilmesi, Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Orman Fakültesi, Trabzon, 1995.
15. Gürtan, H., Dağlık ve Sarp Arazili Ormanlarda Kesim ve Bölmeden Çıkarma İşlerinde Uğranılan Kayıpların Saptanması ve Bu İşlerin Rasyonalizasyonu Üzerine Araştırmalar, TÜBİTAK Yayın No: 250, 250, T.O.A.G. Proje No 81, Seri No 38, 85 s., 1975.
16. Erdaş, O., Odun Hammaddesi Üretimi, Bölmeden Çıkarma ve Taşıma Safhalarında Sistem Seçimi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Cilt 9, Sayı1-2, 91-113, 1986.