

Ormancılıkta Üretim Çalışmalarında Mekanizasyon İhtiyacının Doğrusal Programlama Yoluyla Belirlenmesi

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

Geliş Tarihi: 01.03.1999

Özet: Ormancılık üretim çalışmaları, çok sayıda değişken ve kısmen kontrol edilemeyen faktörlerin etkisi altında sürdürülür. Bu çalışmalarda mekanizasyonun seviyesi ve uygulamaya aktarımı gibi hususlar bulunmamakta, bu da üretimde miktar ve kalite kaybına neden olmaktadır.

Bu çalışma ile ormancılıkta kesme-devirme, tomruklama ve kabukların soyulması işlerini gerçekleştirecek yedi farklı üretim yöntemi oluşturularak, Kale mevki için en uygun olanının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç için doğrusal programlama ile yedi farklı model geliştirilerek çözülmüş ve yedi ayrı seçenekte çözüm elde edilmiştir. Bu çözümlerin her biri farklı üretim yöntemlerini kullanmıştır.

Bu çözümlerden elde edilen Model 1, tüm modeller içerisinde iş gücü maliyeti 290779.5 \$ ile en az olan modeldir ve bu modelde 6 numaralı üretim yöntemi ile m³ başına kesme-devirme, tomruklama ve kabuk soyma maliyeti 3.75 Amerikan Doları olarak bulunmuştur.

Ayrıca yörede, üretim çalışmaları için 1 adet işçi 1 adet Motorlu Testere, 1 adet Processor ve operatörü, 1 adet Rotary Ring Barker ve operatörüne ihtiyaç olduğu belirlenmiştir.

Kesme-devirme, tomruklama ve kabukların soyulması sırasında oluşan giderlerin doğrusal programlama ile minimize edilmesi, insan ve makine gücü kaynaklarının daha rasyonel kullanımını gerçekleştirmiştir. Böylece kullanılacak mekanizasyon seviyesi, yeri ve zamanı belirlenmiş olup kısmen mekanizasyon planları da yapılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Mekanizasyon Seviyesi, Doğrusal Programlama, Ormancılıkta Üretim İşleri, Kale yöresi.

Determination of the Mechanization Level For Forestry Operations by Linear Programming

Abstract: Forestry operations take place under various variables and partly uncontrolled factors. The lack of mechanization level and its application cause quantity and quality losses during production.

In this study, seven different production methods were used for felling, logging and barking to determine the best of production method for the Kale region. Seven different models were set up and solved by linear programming for this purpose. Each of these solutions were used with different production methods.

Model 1 had the lowest production cost (\$290779.5) in the other models and production method 6 was chosen in this model. Thus, felling, logging and barking costs per m³ were found to be \$3.75.

Furthermore, 1 forest worker, 2 operators concerned with 1 chain saw, 1 processor and 1 rotary ring barker were found to be necessary for the production operations in the region.

Machine and human power resources were supplied more rationally by the use of linear programming for minimization of felling, logging and barking costs. By this way, place and time, level of mechanization are determined. However, partial mechanization plans were made.

Key Words: Level of Mechanization, Linear Programming, Forestry Production Operations, Kale Region.

Giriş

Teknoloji seçimi, belli bir mal veya hizmetin üretiminde geçerli olan fakat farklı düzeylerde ve kombinasyonlarda girdilerle temsil edilen ve çok sayıdaki seçenek teknoloji arasından en uygun olanının seçimi anlamındadır (1).

Ormancılık çalışmaları, çeşitli şekillerde ve farklı teknikler ile yapılmaktadır. Bazılarında emek yoğun

çalışma, bazılarında ise değişik seviyelerde makine kullanımı, yani sermaye yoğun teknoloji söz konusudur. Bu bakımdan, çeşitli sosyo-ekonomik koşullarda mekanizasyonun nasıl ve hangi seviyelerde uygulanacağı, dolayısıyla insangücü ile makine gücünün ne ölçüde kombine edileceğinin ekonomik ve teknik açıdan saptanması büyük önem taşımaktadır. Rasyonel ormancılık, mekanizasyonun yerinin, ölçüsünün ve zamanının bilinmesini gerektirir.

1990-2009 yılları için yapılan Ormancılık Ana Planı'na göre 1990-2000 yılları arasında Türkiye'de endüstriyel odun talebinin %34.7, 1990-2009 yılları arasında ise, %72.2 oranlarında artacağı tahmin edilmektedir (2). Bu bakımdan; odun hammaddesinin en ekonomik ve en az kayıpla üretilmesine çalışılmalıdır. İşte; mekanizasyonda hedef, gerek ormana, gerekse orman emvaline zarar vermeden etayı almaktır.

Mekanizasyon, üretimin her aşamasında yeni olanaklar sağlamakla birlikte, arazi şartlarına göre uygun bir üretim yöntemi kullanılmasını gerektirir. Değişik arazi şartlarında güvenle kullanılacak sürütme araçları ile kalite ve kantite kaybını en aza indirecek üretim metotları bulunmaktadır. Bu durumda arazi, üretim metodu, tali nakliyatın şekli ve araçları birbirini tamamlayarak bir bütün oluştururlar. Burada, arazi niteliklerinin değiştirilmesi söz konusu olamaz. Buna karşılık, tali nakliyat şekilleri, sürütme araçları, tomruk boyları ile üretim metotları için seçim yapılması mümkündür. Ancak; bunların her birisinin, hem arazi şartlarına uygun olması, hem de diğer faktörlerle uyum içinde bulunması gerekir. İşte; bu şekilde güvenli, çevreyi koruyan ve rasyonel bir orman işletmeciliğinin uygulanması mümkün olur (3).

Odun hammaddesi üretimi, kesim ve taşıma olmak üzere iki aşamadan oluşmaktadır. Kesim aşaması; kesme-devirme, dal, tepe alma, ölçme, işaretleme, tomruklama ve kabuk soyma işlerini içerir. Ağacın kesilip devrilmesi işlemi, insan gücü ile balta, motorlu testere veya çok gelişmiş üretim araçları olan hasat makineleri (harvester veya processor) kullanılarak yapılmakta olup, bu üç ayrı metotta da uygulama ve verim açısından farklılıklar ortaya çıkmaktadır (4).

Türkiye'de asli orman ürünlerinin üretimi işlerini düzenlemeye ve uygulanacak birim fiyatları belirlemeye yönelik esaslar, 1996 yılında OGM'nün 288 sayılı tebliğine göre yeniden düzenlenmiştir. Tebliğde iş zaman ölçümleri ve sonuçları esas alınarak standart zamanların belirlendiği, üretimde kullanılan araç, gereç ve malzemelerin birim maliyetlerinin hesaplama şekli ve bunlara göre de üretim birim fiyatlarının hesaplanma şekli açıklanmıştır. Kesim işinde iki kişilik ekip çalışması ve bir adet motorlu testere ile çalışma esas alınmıştır. Standart zamanlar, iş dilimleri için dakika/m³, birim maliyetler ise TL/saat olarak verilmiştir.

Kesme ve tomruklamada;

- geniş yapraklı ağaçlar ve iğne yapraklı ağaçlar ayırımı yapılmış,

- arazi eğimi 4 gruba ayrılmış (%0-30, %31-60, %61-100 ve %100'den fazla),

- d_{1.30} çapı 5 gruba ayrılmış (8 cm. ve daha küçük, 9-19 cm., 20-35 cm., 36-51cm. ve 52 cm. ve daha büyük çaplılar) ve bu değişkenlere göre işçi çalışma zamanı ve motorlu testere çalışma zamanı belirlenmiştir (5).

Davis and Raisinger, üretim ekipmanı seçiminde arazinin değerlendirilmesine yönelik çalışmada, büyük miktarlardaki endüstriyel odun üretimi faaliyetlerinin planlanmasında coğrafi bilgi sistemini kullanan arazi modelini geliştirmişlerdir. Bu model, çalışma alanına ait haritada arazi özellikleri ile makine kullanım kriterlerini birleştirmektedir (6).

Yıldırım, ormanda üretim işlerinin ağaç kütüğü dibinde başladığını ve son aşamaya gelinceye kadar üretim işlerinin birçok faktörün etkisi altında kaldığını belirtmiştir (7).

Blinn ve arkadaşları, beş farklı üretim sistemini verim, maliyet ve iş etkinliği açısından değerlendirmiş, kullanılan makineleri de verimlilik açısından incelemiştir (8).

Gardner, dağlık bölgede üretim ekipmanlarının verimi ve işletme masraflarının hesaplanmasına ilişkin araştırmasında, üretimde verimliliğe etki eden faktörleri incelemiş ve bu faktörlerle verimliliği tahmin etmeyi sağlayan sonuçlar elde etmiştir. Üretimde verime etki eden ve devamlı değişiklik gösteren faktörlerin; tomruk hacmi ve boyutları, meşcere yoğunluğu, yüzey şartları, toprak ve iklim şartları şeklinde olduğunu, değişkenlerin etkisini hesaplamanın güç olduğunu, operatörün motivasyonunun da etkili olduğunu belirtmiştir (9).

Meng, üretim makinelerinin verimliliğini belirlerken, tek ağaç için toplam zamanın, kesme, bekleme, hareket ettirme, taşıma, boş bekleme zamanlarının toplamından oluştuğunu, her safhadaki zaman kaybının çok karmaşık olan çevre, arazi ve meşcere ile ilgili değişkenlere bağlı olduğunu belirtmiştir (10).

Erdaş, ormancılıkta bölmeden çıkarma ve taşıma işlerinde insan, makine ve araç - gereç ilişkilerini iyi bir şekilde inceleyerek en ekonomik üretim ve taşıma araçlarını ve bunun sonucu olarak da çalışma sistemi alternatiflerini belirlemenin gerekliliğini ortaya koymuştur. Ayrıca, kesim ve bölmeden çıkarma işlerindeki verimliliğin, kesim düzenine, yol yoğunluğuna, kullanılan makine, araç ve gereçlere, arazinin eğimine, uygulanacak çalışma metoduna, iş organizasyonuna, ürünün hacmine, bölmeden çıkarma sırasında bir defada taşınan ürün miktarına ve çalışanların işi bilme derecelerine bağlı olduğunu, bölmeden çıkarma sırasında meşcereye yapılan zararların ise taşınan tomruğun uzunluğuna, yamacın eğimine, meşcerenin sıklığına, sürütme yollarının oluşturulmasına ve sürütme metodunun seçimine bağlı olduğunu belirtmiştir (11).

Acar, orman transport planları ile zamandan tasarruf, mevcut makinelerin verimli olarak kullanımı, kaliteli ve fazla miktarda ürün üretimi, minimum sürütme maliyeti ve en uygun transport metodu ile çalışma olanağının ortaya çıkacağını belirtmiştir (12).

Doğu Karadeniz Bölgesinde 25 Devlet Orman İşletmesinde yapılan bir araştırmaya göre mevsimlik işçi sayısı artırıldığında, bu işletmelerin; üretim giderleri, taşıma giderleri, genel idare giderleri ile orman bakım giderlerinin yükseldiği görülmüştür (13).

Odun hammaddesinin üretimi çeşitli şekillerde olabilmektedir. Bu üretim şekillerinden dünyada genel olarak kısa tomruk üretimi yaygındır. Üretim analizleri, kısa boy tomruk üretimi yanında, üretimde "ağaç boyu tomruklara" doğru bir eğilim olduğunu göstermektedir (11).

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

Yukarıda açıklanan literatür özetlerinin ışığı altında ormancılıkta kesme-devirme, tomruklama ve kabukların soyulması işlerini gerçekleştirecek yedi farklı üretim yöntemi oluşturularak, Alacadağ Bölgesi Kale mevki için en uygun üretim yönteminin doğrusal programlama ile belirlenmesi ve mekanizasyon seviyesinin tespiti amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Araştırma alanı Doğu Karadeniz Bölgesinde bulunmakta olup, memleket paftasındaki yeri ise;

Trabzon G 42-d2 paftası içinde ve 40° 43' 55" - 40° 41' 47" kuzey enlemleri ile 39° 07' 10" - 39° 08' 30" doğu boylamları arasında ki 401.5 ha'lık bir alan üzerinde yer almaktadır.

Çalışma alanı yedi bölmeden oluşmaktadır. Yöreye ait amenajman planlarına göre bu bölmelerdeki toplam eta 77623.2 m³, hektardaki servet 193.34 m³ ve hektardaki yıllık hacim artımı 4.85 m³'tür (15).

Çalışma alanının ortalama eğimi %38'dir. İtibari yol yoğunluğu ise 1996 yılında yapılan yeni yol ağı planı sonucunda 19.2 m/ha seviyesine çıkarılmış olacaktır.

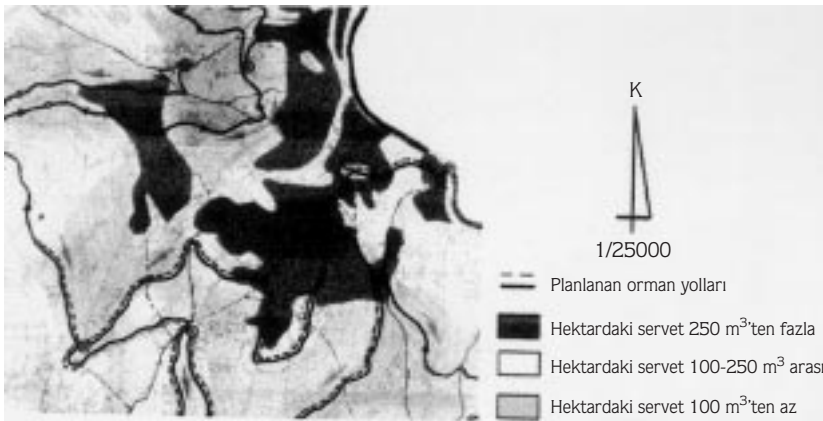
Çalışma alanı olarak üretim faaliyetlerinin gerçekleştirildiği alanlar dikkate alınmıştır. Kesim ve bölmeden çıkarma işlerinde yöredeki orman köylüsü çalışmaktadır.

Yöntem

Alacadağ Bölgesi Kale mevkiinde kesme-devirme, tomruklama ve kabukların soyulması işlerinde, yedi farklı yöntem uygulanmıştır. Bu yöntemlerdeki farklılık her bir üretim yönteminin kesim aşamasının kesme, devirme ve tomruklama safhalarında ayrı işgücü ve makine kombinasyonunu kullanmasından kaynaklanmaktadır. Her

Tablo 1. Çalışma alanının servet ve alan döküm tablosu.

| Bölme No | Alan (ha) | Toplam Servet (m ³) |
|----------|-----------|---------------------------------|
| 194 | 54.0 | 6296.8 |
| 195 | 78.5 | 14581.5 |
| 196 | 38.0 | 8658.0 |
| 197 | 48.0 | 8508.4 |
| 198 | 55.5 | 8101.8 |
| 200 | 67.0 | 19154.2 |
| 201 | 60.5 | 12322.5 |
| Toplam | 401.5 | 77623.2 |



Şekil 1. Çalışma alanına ait servet, bölmeleme ve yol haritası.

bir yöntem ise üç aşamadan oluşmaktadır. Bu işlemlerin uygulanma sırası ve uygulandığı zaman dikkate alındığında üç farklı çalışma şekli aşağıdaki şekilde belirlenmiştir (15).

- 1.tip çalışma şekli: Sadece kesme ve devirme işlemi,
- 2.tip çalışma şekli: Dal alma ve tomruklama,
- 3.tip çalışma şekli: Kabukların soyulması.

Bu çalışmada yörede olmayan ancak araştırmanın zenginleştirilmesi amacı ile üretim yöntemine dahil edilen üretim makinelerinin yöredeki çalışmaya uygun olduğu varsayımına dayanılmıştır. Bu üç tip çalışma şekli yedi farklı yöntemde şu şekilde uygulanmıştır.

Oluşturulan bu yedi farklı üretim yönteminin, birim üretim (m³) başına verim değerlerinin belirlenmesinde, yörede mevcut olanlarının zaman etütleri yapılmış ve sürekli zaman ölçme yöntemi ile her bir iş safhasına ait zaman dilimleri tespit edilmiştir. Yörede mevcut olmayan ancak çalışmanın zenginleştirilmesi amacı ile yörede uygulanabileceği kabul edilerek üretim yöntemlerine dahil edilen makinelerin verimlilik değerleri ise Sundberg tarafından yapılmış olan bir çalışmadan alınmıştır (Tablo 3) (16).

Maliyetler, T.C. Merkez Bankası döviz kurları dikkate alınarak 1997 yılı fiyatlarına göre dolar bazında hesaplanmıştır (1\$ = 145472 TL) (17). İşgücü ile makine girdi birimleri ise, işgücü için birim üretim başına saatlik maliyeti, makine ile üretimde birim üretim başına kW maliyeti kabul edilmiştir (Tablo 4). İşgücü maliyeti, Trabzon Orman Bölge Müdürlüğü muhasebe kayıtlarından, makine maliyeti ise Trabzon Orman Bölge Müdürlüğü Makine-İkmal Şube Müdürlüğü hesaplarından yararlanılarak belirlenmiştir.

Çalışma alanı için en uygun üretim yönteminin belirlenmesinde doğrusal programlama kullanılmış ve toplam üretim maliyetinin en az olduğu üretim yöntemi aranmıştır. Bu amaç için oluşturulan doğrusal programlama modeli aşağıdaki gibidir.

Model 1.

$$Z_{\min} = M1 + M2$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij} - M3 = 0$$

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

| Üretim Yönetim | Çalışma Şekline Göre Kullanılan İnsan veya Makine Gücü | | |
|----------------|--|----------------------|----------------------|
| | Kesme-Devirme | Budama ve Tomruklama | Kabukların Soyulması |
| 1 | Elle (İnsan Gücü) | Elle (İnsan Gücü) | Elle (İnsan Gücü) |
| 2 | Motorlu Testere | Elle (İnsan Gücü) | Elle (İnsan Gücü) |
| 3 | Motorlu Testere | Motorlu Testere | Elle (İnsan Gücü) |
| 4 | Motorlu Testere | Motorlu Testere | Diskbarker |
| 5 | Motorlu Testere | Motorlu Testere | Rotary Ring Barker |
| 6 | Motorlu Testere | Processor | Rotary Ring Barker |
| 7 | Feller-Buncher | Processor | Rotary Ring Barker |

Tablo 2. Üretim yöntemleri ve işgücü-makine kombinasyonları.

| Yöntem | İşgücü (saat/m ³) | Makine Verimleri (saat/m ³) | | | | |
|--------|-------------------------------|---|-----------------|-------------------------|----------------|---------------------|
| | | Motorlu Testere (MT) | Diskbarker (DB) | Rotary Ring Barker (RR) | Processor (PR) | Feller-Buncher (FB) |
| 1 | 0.248 | - | - | - | - | - |
| 2 | 0.461 | 0.20 | - | - | - | - |
| 3 | 1.087 | 0.161 | - | - | - | - |
| 4 | 0.134 | 0.161 | 0.800 | - | - | - |
| 5 | 0.095 | 0.161 | - | 0.232 | - | - |
| 6 | 0.070 | 0.200 | - | 0.232 | 0.200 | - |
| 7 | 0.050 | - | - | 0.232 | 0.161 | 0.104 |

Tablo 3. Üretim yöntemlerinde kullanılan işgücü ve makinelerin verim değerleri.

$$\sum_{i=1}^m e_i X_{14} - DB = 0$$

$$\sum_{i=1}^m f_i (X_{15} + X_{16} + X_{17}) - RR = 0$$

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} = b_i$$

$$\sum_{i=1}^m g_i (X_{16} + X_{17}) - PR = 0$$

$$\sum_{i=1}^m h_i X_{17} - FB = 0$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n k_{ij} X_{ij} - M1 = 0$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n l_{ij} X_{ij} - M2 = 0$$

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} = b_i$$

Modelde;

M1 : İnsan gücü maliyeti (\$)

M2 : Makine gücü maliyeti (\$)

M3 : Toplam işgücü miktarı (saat)

m : Bölme sayısı (i=1,...,7)

n : Üretim yöntemi sayısı (j=1,...,7)

X_{ij} : i. bölmede j. yöntemle üretim miktarı (m^3)

C_{ij} : i. bölmede j. yöntemle üretim süresi (saat/ m^3)

MT : Toplam Motorlu Testere gücü (saat)

d_{ij} : i bölmede j yöntemle motorlu testere üretim süresi (saat/ m^3)

DB : Toplam Diskbarker gücü (saat)

e_i : i bölmede Diskbarkerle üretim süresi (saat/ m^3)

RR : Toplam Rotory Ringbarker gücü (saat)

f_i : i bölmede Rotory Ringbarker ile üretim süresi (saat/ m^3)

PR : Toplam Processor gücü (saat)

g_i : i bölmede Processor ile üretim süresi (saat/ m^3)

FB : Toplam Feller-Buncher gücü (saat)

h_i : i bölmede Feller-Buncher ile üretim süresi (saat/ m^3)

k_{ij} : i bölmede j yöntemle işgücü maliyeti (\$/ m^3)

l_{ij} : i bölmede j yöntemle makine maliyeti (\$/ m^3)

b_i : i bölmede üretim miktarı (m^3)

tanımlar.

Çalışma saatlerine ilişkin kısıtların belirlenmesinde alt sınır, her bir yöntemdeki insan veya makine gücünün maksimum verimde yöredeki tüm etayı almak için gereken süre, üst sınır ise minimum verim düzeyinde gerekli olan toplam çalışma saati olarak belirlenmiştir. Buna göre; 10 yıllık periyot içerisinde her bir makine veya işçi için normal şartlarda çalışma süresi; günde 8 saat, yılda 250 gün olarak kabul edilmiş ve 10 yıllık periyot için 20000 saat olarak belirlenmiştir.

Tablo 4. Üretim yöntemlerine göre iş gücü ve makine maliyetleri (\$/ m^3).

| Yöntemler | İnsangücü Maliyeti (\$/ m^3) | Makine Maliyeti (\$/ m^3) | Toplam Maliyet (\$/ m^3) |
|-----------|---------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| 1 | 4.174 | - | 4.174 |
| 2 | 3.596 | 0.222 | 3.818 |
| 3 | 3.651 | 0.556 | 4.207 |
| 4 | 3.155 | 2.225 | 5.380 |
| 5 | 2.177 | 1.667 | 3.844 |
| 6 | 1.295 | 2.451 | 3.746 |
| 7 | 0.854 | 3.084 | 3.938 |

Model 1'e ek olarak 6 farklı model daha geliştirilerek çözülmüş ve böylece yedi ayrı seçenek çözüm elde edilmiştir. Model 1'e aşağıda ki kısıtlar eklenerek Model 2-7 geliştirilmiştir.

| | Model 2 | Model 3 | Model 4 | Model 5 | Model 6 | Model 7 |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| K | M3 ≥ 30000 | M3 ≥ 30000 | M3 ≥ 30000 | M3 ≤ 100000 | M3 ≤ 100000 | M3 ≤ 100000 |
| I | M3 ≤ 100000 | M3 ≤ 100000 | M3 ≤ 100000 | MT ≥ 15000 | MT ≤ 60000 | MT ≤ 60000 |
| S | | MT ≥ 15000 | MT ≥ 15000 | MT ≤ 60000 | DB ≥ 10000 | DB ≥ 10000 |
| I | | MT ≤ 60000 | MT ≤ 60000 | DB ≥ 10000 | DB ≤ 40000 | DB ≤ 40000 |
| T | | | DB ≥ 10000 | DB ≤ 40000 | PR ≥ 10000 | PR ≥ 10000 |
| L | | | DB ≤ 40000 | PR ≥ 10000 | PR ≤ 40000 | PR ≤ 40000 |
| A | | | | PR ≤ 40000 | RR ≥ 15000 | RR ≥ 15000 |
| R | | | | | RR ≤ 40000 | RR ≤ 40000 |
| | | | | | FB ≤ 1000 | FB ≤ 500 |

Bulgular ve Tartışma

Tablo 5 ve 6'da yöntem bölümünde tanıtılan modellerin çözümü ile elde edilen sonuçlar özet olarak verilmiştir.

Tablo 5 incelendiğinde Model 1'in 290779.5 \$ ile en düşük üretim maliyetini verdiği Tablo 6 incelendiğinde ise Model 1'in tüm alanda 6 nolu üretim yöntemini seçtiği görülür. Yöntem bölümünde belirtildiği gibi Model 1'de sisteme herhangi bir kısıt getirilmemiştir. Buna göre 6 numaralı üretim yöntemi toplam 401 ha'lık alanda, kesme-devirme sırasında Motorlu Testere, tomruklama sırasında Processor ve kabukların soyulması işinde ise Rotary Ring Barker kullanımını gerektirmektedir.

Ayrıca; Model 1, tüm modeller içerisinde en düşük işgücü maliyeti veren modeldir. Bu modele göre; toplam maliyetin minimizasyonu açısından, 290779.5 \$ ile en uygun insangücü-makine kombinasyonunu veren 6 numaralı üretim yönteminde toplam çalışma süresi 54492.1 saattir. Bunun 5433.7 saatlik kısmını insangücü, 49058.4 saatlik kısmını da makine gücü kullanımı oluşturmaktadır. Bu süreler dikkate alındığında; toplam çalışma süresine göre insangücü kullanım oranı %9.8, motorlu testere ve processor kullanım oranı %27.9, rotary ring barker kullanım oranı ise % 32.4 olarak bulunmuştur. Buna göre 6 numaralı üretim yöntemi yöre için kesim sürecinde teknoloji kullanımını ve yoğun çalışmayı gerekli kılmaktadır.

Makine ve insan gücü kombinasyonunda toplam çalışma süresi 51907 saat ile 59474.3 saat arasında değişmektedir. Ancak; bu sürenin toplam maliyet üzerinde etkili olmadığı Tablo 5'te görülmektedir. Sonuçta; maliyetin en az olduğu Model 1 en düşük toplam çalışma süresini veren model değildir. Toplam çalışma süresi en az olan modeller 51907 saat ile Model 2 ve 3'tür. Bu

modellerin çalışma sürelerinin aynı olmasının nedeni Model 3'te Model 2'ye ek olarak getirilen motorlu testere kullanım kısıtının üretim yöntemini etkilememesinden kaynaklanmaktadır.

Toplam çalışma süresi en fazla olan model ise Model 5'tir. Ayrıca, bu model en yüksek makineli çalışma süresini vermiştir. Bu modelin üretim çalışmaları sırasında 195 ve 201 nolu bölmelerde 4 numaralı üretim yöntemini, diğer bölmelerde ise 6 nolu üretim yöntemini tercih ettiği görülmektedir (Tablo 6).

Model 1-7'nin çözümüne göre; üretim çalışmalarında en yüksek maliyeti Model 4 vermiştir. Bu model, üretim çalışmalarının gerçekleştiği farklı üretim alanlarında (bölmelerde) 2 ve 6 numaralı üretim yöntemlerini kullanmış (Tablo 6) ve toplam üretimin %78.3'ü insangücünün yoğun olarak kullanıldığı 2 numaralı üretim yöntemi ile gerçekleştirilmiştir.

İnsangücü kullanımının minimum 30000 saat ile kısıtlandığı Model 2, 3 ve 4'de insangücünün yoğun olarak kullanıldığı üretim yöntemlerinin seçildiği görülmektedir.

Tablo 6'da tüm doğrusal programlama modellerinde 6 numaralı üretim yönteminin kullanılmış olduğu, 1, 3 ve 5 numaralı üretim yöntemlerinin ise hiç kullanılmadığı görülmektedir. Buna göre 1, 3 ve 5 numaralı üretim yöntemlerinin ekonomik olmadıkları ortaya çıkmaktadır.

Sonuç ve Öneriler

Bu tip bir çalışma ile rasyonel ormancılığın gereği olan mekanizasyon seviyesi, doğrusal programlama yöntemi ile yöre için kısmen de olsa belirlenmiştir. Böylece yörede kesme-devirme, tomruklama ve kabukların soyulması işlerinde, nerede ne tip bir çalışma şeklinin en uygun üretim şekli olabileceği ortaya konmuştur.

Tablo 5. Model 1-7'nin çözüm sonuçları özeti.

| Model No | Zmin (\$) | İşgücü Maliyeti (\$) | Makine Maliyeti (\$) | İnsan Gücü (saat) | Motorlu Testere (MT) (saat) | Diskbarker (DB) (saat) | Processor (PR) (saat) | Rotary Ring Barker (RR) (saat) | Feller-Buncher (FR) (saat) |
|----------|-----------|----------------------|----------------------|-------------------|-----------------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------------|----------------------------|
| 1 | 290779.5 | 100523.1 | 190256.4 | 5433.7 | 15524.8 | - | 15524.8 | 18008.8 | - |
| 2 | 295303.2 | 245093.7 | 50209.5 | 30000 | 15524.8 | - | 2958.9 | 3432.3 | - |
| 3 | 295303.2 | 245093.7 | 50209.5 | 30000 | 15524.8 | - | 2958.9 | 3432.3 | - |
| 4 | 315580.9 | 263635.7 | 51945.2 | 30000 | 15037.3 | 10000 | 868.1 | 1007.0 | - |
| 5 | 311204.5 | 123773.1 | 187431.4 | 6233 | 15037.3 | 10000 | 13024 | 15108 | - |
| 6 | 313050.7 | 119532.7 | 193518.0 | 6041.4 | 13144.2 | 10000 | 12649.8 | 15108.8 | 1000 |
| 7 | 312127.6 | 121652.9 | 190474.7 | 6137.5 | 14075.8 | 10000 | 12837.3 | 15108.8 | 500 |

Tablo 6. Model 1-7'nin çözümüne göre kullanılan üretim sistemleri (m³).

| Bölme No | Etalar (m ³) | Model 1 Üretim Yöntemi | | | Model 2 Üretim Yöntemi | | Model 3 Üretim Yöntemi | | Model 4 Üretim Yöntemi | | Model 5 Üretim Yöntemi | |
|----------|--------------------------|---------------------------|---------|--------|---------------------------|---------|---------------------------|---------|---------------------------|--------|---------------------------|---------|
| | | 6 | 2 | 6 | 2 | 6 | 2 | 6 | 4 | 6 | | |
| 194 | 6296.8 | 6296.8 | | 6296.8 | | 6296.8 | | 6296.8 | | 6296.8 | | 6296.8 |
| 195 | 14581.5 | 14581.5 | 14581.0 | | 395.5 | 14581.5 | | 14581.5 | 4317.4 | 4340.6 | 177.0 | 14404.5 |
| 196 | 8658.0 | 8658.0 | 8262.5 | | 395.5 | 8658.0 | | 8112 | 8508.4 | | | 8658.0 |
| 197 | 8508.4 | 8508.4 | 8508.0 | | | | | 395.5 | 8508.4 | | | 8508.4 |
| 198 | 8101.8 | 8101.8 | | 8101.8 | | | | 8101.8 | 8101.8 | | | 8101.8 |
| 200 | 19154.2 | 19154.2 | 19154.2 | | | 19154.2 | | | 12951.0 | 6203.2 | | 19154.2 |
| 201 | 12322.5 | 12322.5 | 12322.5 | | | 12322.5 | | | 12322.5 | | 12322.5 | |

| Bölme No | Etalar (m ³) | Model 6 Üretim Yöntemi | | | Model 7 Üretim Yöntemi | | |
|----------|--------------------------|---------------------------|---------|--------|---------------------------|----------------|---|
| | | 4 | 6 | 7 | 4 | 6 | 7 |
| 194 | 6296.8 | | 6296.8 | | | 6296.8 | |
| 195 | 14581.5 | | 14581.5 | | 12500 | 2081.5 | |
| 196 | 8658.0 | | 8658.0 | | | 8658.0 | |
| 197 | 8508.4 | | 8508.4 | | | 8508.4 | |
| 198 | 8101.8 | | 8101.8 | | | 8101.8 | |
| 200 | 19154.2 | 12500.2 | 6654.0 | | | 14346.3 4807.7 | |
| 201 | 12322.5 | | 2707.6 | 9615.9 | | 12322.5 | |

Doğrusal programlama ile maliyetin minimizasyonu amacıyla yönelik olarak oluşturulan modellerin çözümü sonucunda insan gücü ve makineli çalışmaya ait çalışma saatleri belirlenmiş, buna göre Model 1'in uygulamaya soktuğu 6 numaralı yöntem en uygun üretim yöntemi olarak bulunmuştur.

6 numaralı üretim yöntemi için bulunan bu çalışma saatleri 10 yıllık periyot içerisinde gerçekleşecektir. Bu süreç için işçi ve makine miktarlarının belirlenmesinde yıllık çalışma süresi dikkate alınmıştır. 20000 saatlik çalışma imkanı gözönüne alındığında Tablo 5'de herhangi bir makine veya insangücü için bu sürenin aşılmamış olduğu görülmektedir. Buna göre; kesim sürecinde Model 1'de kullanılan 6 numaralı yöntem için; 401 ha'lık alanda, 1 işçi, 1 adet Motorlu Testere, 1 adet Processor ve operatörü, 1 adet Rotary Ring Barker ve operatörüne ihtiyaç duyulmaktadır.

6 numaralı yöntem ile m³ başına kesme-devirme, tomruklama ve kabuk soyma maliyeti 3.75 Amerikan Doları olarak bulunmuştur. Ayrıca; sistemde dal alma ve tomruklama işlerinde kullanılan processor ile kabuk soyma sırasında kullanılan rotary ring barker henüz ülkemizde mevcut değildir. Ancak; bu tip bir çalışmada

yöre için gerekli bulunmuştur. Bu sonuç rasyonel ormancılık için Türkiye ormancılığının makine parkı olarak ileri teknoloji düzeyine sahip Avrupa ormancılığı seviyesine yaklaşması gereğini ortaya koymuştur.

Kesme-devirme, tomruklama ve kabukların soyulması sırasında oluşan giderlerin doğrusal programlama ile minimize edilmesi, insan ve makine gücü kaynaklarının daha rasyonel kullanımını sağlanmaktadır. Böylece; kullanılacak mekanizasyon seviyesi, yeri ve zamanı belirlenmiş olup, kısmen mekanizasyon planları da yapılmıştır. Ayrıca; orman işletmesinin sahip olabileceği değişik işgücü ve makine miktarlarına göre alternatif çözüm sonuçları, (Model 1-7) elde edilmiştir.

Bu sonuçlarla birlikte aşağıdaki önerileri maddeler halinde sıralayabiliriz.

- Üretim sürecinin kesim aşamasına ait toplam maliyetin minimizasyonunda makineli çalışma önemli yer tutmaktadır. Buradan hareketle, ormancılıkta kullanılan mekanizasyon seviyesi rasyonel ormancılık için yükseltilmelidir.

- Ormancılıkta mekanizasyona gidilirken makine parkının belirlenmesinde bu tip çalışmalar daha geniş kapsamlı olarak yapılmalıdır.

- Ormancılıkta mekanizasyon çalışmaları öncesinde mekanizasyon planları yapılmalıdır.

- Üretim çalışmalarına başlamadan önce mevcut insan-makinegücü kombinasyonu ya da kullanımı matematiksel programlama yöntemleri ile optimize edilmelidir.

- Yıl içerisinde çalışılan gün sayısı arttıkça makinelerin verimlilikleri de artmaktadır. Bunun için makineler yıl içerisinde mümkün olduğunca uzun süreli çalıştırılmalıdır.

Kaynaklar

1. Türkiye Ormancılık Raporu, Türkiye'de Orman Ekonomisi, Ormancılık Politikası ve Ormancılık Hukuku ile İlgili Sorunlar ve Çözüm Önerileri, Fakülte Yayın No. 48, Trabzon, 1995.
2. Erari, F., Orman Köylerinin Sosyo-Ekonomik Yapısı ve Kalkındırılması, Doktora Tezi, T.C. Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bursa, 1987.
3. Bayoğlu, S., Orman Nakliyatının Planlanması, I.Ü.O.F., I.Ü. Yayın No.3941, İstanbul 1996.
4. Karaman, A., Doğu Karadeniz Yöresinde Farklı Çalışma Koşullarında Kesim ve Sürütme İşlerinde İşgüçlüğü Kriterlerinin Araştırılması ve Verim Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Nisan, 1997.
5. Orman Genel Müdürlüğü, Asli Orman Ürünlerinin Üretim İşlerine Ait 288 sayılı Tebliğ, Ankara, 1996.
6. Davis, C. J., Resinger, T. V., Evaluating terrain for Harvesting Equipment Selection, Journal of Forest Engineering, Vol. 2, No.1, July, 1990.
7. Yıldırım, M., Ormanda Hasat İşlerinde Birim Zaman Tespitleri Üzerine Bir Araştırma I.Ü.O.F. Dergisi, Seri: A, Sayı: 33, s.210-231, 1983.
8. Blim, C. R., Sinclair, S. A., Hassler, C. C., Mattson, J. A., Comparison of Productivity Capital and Labor Efficiency of Five Timber Harvesting Systems For Northern Hardwoods. Forest Product Journal, Vol. 36, No. 10, 63-69 p., 1986.
9. Gardner, R. B., Estimating Production Rates and Operating Cost of Timber Harvesting Equipment in The Northern Rockies, USDA Forest Service, GTR INT 118, 23p., 1982.
10. Meng, C. H., A Model for Predicting Logging Machine Productivity, Canadian Journal Forestry, Vol: 14, (1984), 191-194.
11. Erdaş, O., Odun Hammaddesi Üretimi, Bölmeden Çıkarma ve Taşıma Safhalarında Sistem Seçimi K.T.Ü. Orman Fakültesi Dergisi 9, Cilt: 1-2, 91-113, Trabzon, 1986.
12. Acar, H., Dağlık Arazide Orman Transport Planlarının Hazırlanması Üzerine Bir Araştırma (Kümbet Orman İşletme Şefliği Örneği) Türk Tarım ve Ormancılık Dergisi, 21, 201-206, 1997.
13. Türker, M.F., Doğu Karadeniz Bölgesi Ormancılık Sektörünün Sosyo-Ekonomik Yapısı, K.T.Ü. Araştırma Fonu Projesi, Trabzon, Nisan, 1996.
14. Gül, A. U., Orman Amenajmanında Uzun Süreli Eta Kestiriminin Doğrusal Programlama İle Gerçekleştirilmesi, Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1995.
15. Topalak, Ö., Torul Orman İşletme Müdürlüğü Alacadağ Orman İşletme Şefliği Üretim Sırasında Mekanizasyon İhtiyacının Belirlenmesi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Trabzon, 1998.
16. Sundberg, U., Level of Mechanization in Forest Operations, FAO, Rome, 1981.
17. Capital Infocard Katoloğu Haziran, 1998.