

**BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ❖ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BÖLMEDEN ÇIKARMA YÖNTEMLERİNİN CBS TABANLI KARAR DESTEK  
SİSTEMİ KULLANILARAK PLANLANMASI**



**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Başak YILMAZ**

**Orman Ürünleri Anabilim Dalı**

**ARALIK 2017**



**BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ❖ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BÖLME DEN ÇIKARMA YÖNTEMLERİNİN CBS TABANLI KARAR DESTEK  
SİSTEMİ KULLANILARAK PLANLANMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Başak YILMAZ**

**Orman Ürünleri Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Abdullah Emin AKAY**

**ARALIK 2017**

BTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 152081106 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Başak Yılmaz, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "Bölmeden Çıkarma Yöntemlerinin CBS Tabanlı Karar Destek Sistemi Kullanılarak Planlanması" başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

**Tez Danışmanı :** **Prof. Dr. Abdullah Emin AKAY** .....  
Bursa Teknik Üniversitesi

**Jüri Üyeleri :** **Prof. Dr. Turan SÖNMEZ** .....  
Bursa Teknik Üniversitesi

**Jüri Üyeleri :** **Prof. Dr. Tolga ÖZTÜRK** .....  
İstanbul Üniversitesi

**Savunma Tarihi :** 22.12.2017

**FBE Müdürü :** **Doç. Dr. Murat ERTAŞ** .....  
Bursa Teknik Üniversitesi ...../...../.....

## İNTİHAL BEYANI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belgelediğimi, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı: Başak YILMAZ

İmzası :

X X X X X X X X X X

## **TEŞEKKÜR**

*“Bölmeden Çıkarma Yöntemlerinin CBS Tabanlı Karar Destek Sistemi Kullanılarak Planlanması “ adlı bu çalışma Bursa Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Ürünleri Anabilim Dalı’nda yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.*

*Çalışmalarımın her aşamasında bana yardımcı olan ve katkılarını esirgemeyen, çok değerli hocam ve tez danışmanım sayın Prof. Dr. Abdullah Emin AKAY’a teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, tez jürimde yer alan ve tez ile ilgili görüşlerinden yararlandığım sayın Prof. Dr. Turan SÖNMEZ ve Prof. Dr. Tolga ÖZTÜRK’e teşekkürlerimi sunarım.*

*171L16 nolu : “Bölmeden Çıkarma Yöntemlerinin CBS Tabanlı Karar Destek Sistemi Kullanılarak Planlanması” adlı Bilimsel Araştırma Projesi (BAP) kapsamında yapılan bu çalışma için Bursa Teknik Üniversitesi ve Bursa Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü’ne teşekkürlerimi sunarım.*

**Başak YILMAZ**

## ÖNSÖZ

Ormancılıkta üretim işlerinde bölmeden çıkarma yöntemlerinin planlanması birçok faktörün değerlendirilmesini gerektiren karmaşık bir problemdir. Geleneksel yöntemler ile yapılan planlama çalışmaları sırasında eşyükselti eğrili topoğrafik haritalar üzerinde yapılan çalışmalar büyük bir iş yoğunluğu oluşturmaktadır. Diğer taraftan, Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) teknikleri ile geliştirilen sayısal arazi modelleri yardımıyla geleneksel yöntemlerle yapımı zor veya imkansız olan konumsal veri katmanlarının daha kolay, hızlı ve hassas olarak üretilmesi mümkün olmaktadır. Ayrıca, planlamada önem taşıyan topoğrafik ve ekolojik faktörler için üretilen katmanlarla ilgili gerekli bilgileri içeren yeni haritalar üretilmektedir. Bilgisayar ortamında sayısal olarak depolanan bilgiler, ayrı katmanların birleştirilmesi ile birçok bilgi aynı katman üzerinde toplanabilmekte ve oluşturulan veri tabanı ile konumsal sorgulamalar yapılabilmektedir.

Bu çalışma kapsamında, ormancılıkta bölmeden çıkarma faaliyetlerinin planlanmasında CBS tabanlı karar destek sisteminin kullanım imkanı araştırılacaktır. Çalışmada uygulanan alternatif bölmeden çıkarma yöntemleri eğim ve çevresel (toprak) açıdan değerlendirilmiş ve bölmeden çıkarma yöntemleri çalışma alanı için planlanmıştır. Bölmeden çıkarma yönteminin seçiminde çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY) ArcGIS yazılımı ile bir arada kullanılmıştır. Araştırma sahası Bursa Orman Bölge Müdürlüğüne bağlı İnegöl Orman İşletme Müdürlüğü sınırlarında yer almaktadır.

Aralık 2017

Başak YILMAZ

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

ÖNSÖZ .....	v
İÇİNDEKİLER .....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	xii
ÖZET .....	xiii
SUMMARY .....	xiv
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1 Bölmeden Çıkarma Yöntemleri.....	2
1.1.1 İnsan gücü ile bölmeden çıkarma.....	2
1.1.2 Hayvan gücü ile bölmeden çıkarma.....	3
1.1.3 Tarım traktörüyle bölmeden çıkarma.....	4
1.1.4 Orman traktörüyle bölmeden çıkarma .....	6
1.1.5 Kablo hatlar ile bölmeden çıkarma .....	7
1.2 Orman Toprağı Üzerinde Oluşan Zararlar .....	11
1.3 Coğrafi Bilgi Sistemleri .....	12
1.4 Karar Destek Sistemleri.....	13
1.5 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı .....	14
<b>2. LİTERATÜR ÖZETİ .....</b>	<b>16</b>
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>	<b>20</b>
3.1 Materyal .....	20
3.1.1 Çalışma alanı.....	20
3.1.2 Kullanılan yazılımlar.....	22
3.2 Yöntem .....	22
3.2.1 CBS veritabanı .....	22
3.2.1.1 Meşcere haritası .....	22
3.2.1.2 Eğim haritası .....	22
3.2.1.3 Toprak haritası .....	24
3.2.2 Analitik hiyerarşi yöntemi ile bölmeden çıkarma yöntemlerinin planlanması .....	24
3.2.2.1 Problemin tanımlanması.....	25
3.2.2.2 Kriterlerin tanımlanması .....	25
3.2.2.3 Alternatiflerin belirlenmesi .....	25
3.2.2.4 Hiyerarşik yapının oluşturulması .....	26
3.2.2.5 Görece önem ölçeğinin belirlenmesi.....	26
3.2.2.6 Karar vericilerin tercihlerinin belirlenmesi .....	28
3.2.2.7 Kriterlerin ikili karşılaştırmalarının yapılması.....	28
3.2.2.8 Kriterlerin yüzde ağırlıklarının hesaplanması.....	29
3.2.2.9 Tutarlılık analizi yapılması .....	30
3.2.2.10 Kriterler açısından alternatiflerin karşılaştırılması .....	31
3.2.2.11 Amaç için alternatiflerin görece önem değerlerinin hesaplanması ..	32



3.2.2.12 En yüksek görece öneme sahip alternatifin seçilmesi.....	32
<b>4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....</b>	<b>33</b>
4.1 CBS Veri Katmanları .....	33
4.1.1 Meşcere özellikleri.....	33
4.1.2 Topografik özellikler.....	34
4.1.3 Toprak yapısı.....	36
4.2 AHY yaklaşımı.....	36
4.3 Optimum Bölmeden Çıkarma Yöntemleri .....	40
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>41</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>43</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>46</b>



## **KISALTMALAR**

<b>AHP</b>	: Analytical Hierarchy Process
<b>AHS</b>	: Analitik Hiyerarşi Süresi
<b>AHY</b>	: Analitik Hiyerarşi Yöntemi
<b>CBS</b>	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
<b>DP</b>	: Doğrusal Programlama
<b>GIS</b>	: Geographical Information System
<b>KDS</b>	: Karar destek sistemleri
<b>OT</b>	: Orman toprağı
<b>SYM</b>	: Sayısal Yükseklik Modeli

## **SEMBOLLER**

<b>CI</b>	: Consistency Index – Tutarlılık İndeksi
<b>CR</b>	: Consistency Ratio - Tutarlılık Oranı
<b>RI</b>	: Random Index - Tesadüfi İndeks
<b>Z</b>	: Görece Önem Değeri



## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

Çizelge 3.1 : İnegöl Orman İşletme Müdürlüğü sınırlarındaki İşletme Şefliklerinin orman varlığı (ha).....	21
Çizelge 3.2 : Görece önem ölççeği.....	27
Çizelge 3.3 : RI değerleri.....	31
Çizelge 4.1 : Arazi kullanım tipi alansal dağılımı .....	34
Çizelge 4.2 : Arazi eğim sınıfları alansal dağılımı .....	35
Çizelge 4.3 : Eğim sınıflarına ait önem dereceleri .....	37
Çizelge 4.4 : Toprak yapısına ait önem dereceleri .....	37
Çizelge 4.5 : Kriterlere ait önem dereceleri.....	39
Çizelge 4.6 : Optimum bölmeden çıkarma yöntemlerinin alansal dağılımı .....	40

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 1.1 : Hayvan gücü kullanılarak bölmeden çıkarma .....	4
Şekil 1.2 : Tarım traktörünün orman ürünlerini sürütme şeridi üzerinde sürütmesi ...	5
Şekil 1.3 : Tarım traktörünün kablo çekimiyle asli orman ürünlerini çekmesi .....	5
Şekil 1.4 : Tarım traktörlerinin yükleyici (sağ) ve taşıyıcı (sol) olarak kullanılması..	6
Şekil 1.5 : Orman traktörüyle bölmeden çıkarma.....	7
Şekil 1.6 : ACKJA KBF 422 kablo vinç (sol) ve Radiotir kablo vinç (sağ).....	7
Şekil 1.7 : Yamaç yukarı yönde taşıma yapabilen hava hattı sistemi.....	9
Şekil 1.8 : Yamaç aşağı yönde taşıma yapabilen hava hattı sistemi.....	9
Şekil 1.9 : Koller K300(a), URUSMIII(b), WYSSSEN(c) marka vinçli hava hatları.	10
Şekil 1.10 : Bölmeden çıkarma çalışmasındaki toprak zararları .....	11
Şekil 1.11 : CBS'nin bileşenleri .....	12
Şekil 3.1 : Çalışma alanının konumu .....	20
Şekil 3.2 : Çalışma alanının bölge müdürlüğündeki konumu .....	21
Şekil 3.3 : Çalışma alanı orman alanı haritası .....	23
Şekil 3.4 : Çalışma alanı paftaları ve eşyükselti çizgileri.....	23
Şekil 3.5 : Jeoloji haritası .....	25
Şekil 3.6 : Örnek bir AHY modeli.....	26
Şekil 3.7 : AHY modeli .....	27
Şekil 4.1 : Arazi kullanım tipi haritası.....	33
Şekil 4.2 : Çalışma alanı Sayısal Arazi Modeli .....	34
Şekil 4.3 : Çalışma alanı eğim haritası .....	35
Şekil 4.4 : Toprak yapısı veri katmanı.....	36
Şekil 4.5 : Hava hatları .....	38
Şekil 4.6 : Oluk sistemi.....	38
Şekil 4.7 : Sürütücü .....	39
Şekil 4.8 : Tarım traktörü.....	39
Şekil 4.9 : Optimum bölmeden çıkarma yöntemleri.....	40

## **BÖLME DEN ÇIKARMA YÖNTEMLERİNİN CBS TABANLI KARAR DESTEK SİSTEMİ KULLANILARAK PLANLANMASI**

### **ÖZET**

Ülkemizde üretim çalışmalarının en masraflı ve en zaman alıcı aşamasını bölmeden çıkarma çalışmaları oluşturmaktadır. Bölmeden çıkarma yöntemi temelde arazinin teknik özelliklerine ve özellikle arazi eğimine bağlı olarak belirlenmektedir. Uygun planlanmayan bölmeden çıkarma operasyonları kalan ağaç zararı ve toprak zararı gibi ekolojik zararlara neden olabilmektedir. Özellikle mekanik üretim çalışmalarında, toprak zararı orman ekosistemi üzerinde kalıcı tahribata neden olmaktadır. Bu nedenle, optimum bölmeden çıkarma yöntemleri sadece ekonomik faktörler değil aynı zamanda topografik faktörler ve toprak özellikleri de dikkate alınarak belirlenmelidir. Son yıllarda, Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) bazı gelişmiş özellikleri, farklı kısıtlayıcı içeren kompleks transport problemlerinin çözümünde karar vericilere yardımcı olabilmektedir. Bu çalışmada, arazi eğimini ve toprak tipini dikkate alarak bölmeden çıkarma yöntemlerinin CBS ile entegre Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY) ile planlanması amaçlanmıştır. Metodun uygulaması Bursa ili sınırlarında İnegöl Orman İşletme Müdürlüğü, Oylat Orman İşletme Şefliği'nde gerçekleştirilmiştir. Çalışmada alternatif bölmeden çıkarma yöntemleri olarak kablolu hava hatları, oluk sistemi, sürütücü ve tarım traktörü değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre CBS ile entegre AHY yöntemi çalışma alanının %60'ında sürütücüyü optimum bölmeden çıkarma yöntemi olarak belirlemiştir. Diğer taraftan, %25 alanla tarım traktörü ikinci en uygun bölmeden çıkarma yöntemi olarak belirlenmiştir. Sonuçlar, CBS tabanlı karar destek sistemlerinin orman transportunun planlanmasında etkili bir şekilde kullanılabilen akılcı, hızlı ve ekonomik bir araç olduğunu göstermiştir.

**Anahtar kelimeler:** Orman transportu, CBS, AHY, Karar Destek Sistemi.

## **PLANNING OF LOGGING METHODS BY USING GIS BASED DECISION SUPPORT SYSTEM**

### **SUMMARY**

Logging operations is very costly and time consuming activities in extraction of forest products in Turkey. Logging methods are mainly determined based on terrain conditions, especially ground slope. Unplanned logging operations may cause environmental impacts such as residual stand damage and soil hazards. In mechanized logging operations, soil hazards can lead to permanent impacts on forest ecosystem. Thus, the optimum logging methods should be planned by considering economic factors as well as topographical factors and soil types. In recent decades, some of the improved functions of Geographical Information System (GIS) help managers to find solutions to such complex transportation problems with many restrictions. In this study, it was aimed to plan logging operations by using GIS techniques integrated with Analytical Hierarchy Process (AHP) approach while considering ground slope and soil type as constraints. This method was implemented in Oylat Forest Enterprise Chief in İnegöl Forest Enterprise Directorate border in the city of Bursa. Alternative transportation methods were cable system, chute system, skidder, and farm tractor. The results indicated that GIS-based method using AHP revealed the optimum logging method was skidder for about 60% of the study area. On the other hand, farm tractor was found to be the second most suitable method with 25% ground cover. The results showed that GIS-based decision support systems can be effectively used as rational, quick, and economic tool for forest transportation planning.

**Keywords:** Forest Transportation, GIS, AHP, Decision Support System.

## 1. GİRİŞ

Artan orman ürünleri taleplerinin karşılanması açısından üretim işlerinin planlanması, orman ürünlerinin üretimi, bölmeden çıkarma ve nakliyat gibi ormancılık çalışmalarının kendi içlerinde ve birbirleri arasında etkin ve uyumlu tasarımı ve uygulamasını gerektiren oldukça karmaşık bir sorundur (Erdaş, 1986). Bu çalışmalar arasında, orman ürünleri nakliyatı toplam maliyetin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır (Acar ve Eroğlu, 2001). Ülke ekonomisi açısından da en uygun (en az maliyet/en yüksek net kar) nakliyat planının geliştirilmesi gittikçe artan bir öneme sahiptir.

Orman ürünleri nakliyatı tali ve ana nakliyat olarak iki aşamada yapılmaktadır (Aykut, 1985). Tali nakliyat sırasında ürünlerin kesim yerlerinden yol kenarlarında düzenlenen geçici istif alanlarına taşınır, ana nakliyat aşaması ise geçici istif alanlarında toplanan ve istiflenen ürünler kamyonlarla depolarına taşınır. Üretim maliyetinin yaklaşık %40'ını ana nakliyat oluşturmaktadır (Acar, 1998). Ana nakliyatta maliyeti etkileyen en önemli etkenler; araçların saatlik birim maliyetleri, araçların hızları, taşıma kapasitesi, yol eğimi, yol uzunluğu, yol tipi ve yol durumudur.

Planlayıcıların deneyimlerine dayalı olan geleneksel yöntemlerle en uygun nakliyat planı geliştirilmesi yetersiz kalabilmektedir. Bu sebepten, orman ürünlerinin taşıma planlanması bilgisayar destekli modellerle geliştirilmekte ve böylece zaman ve ekonomik yönden önemli tasarruflar sağlanabilmektedir. 1980'li yılların sonlarına doğru, bilgisayar ve modern matematiksel algoritmalarındaki ilerlemeler, en düşük maliyetli yolun hesaplanması için yeni yöntemler sağlamıştır (Sessions vd. 2001). Ağ modelleri olarak kullanılan bu yöntemler en kısa yolun bulunmasında, en düşük maliyetli yolun bulunmasında, en uygun proje planlamasında, en fazla değer akışının bulunmasında ve en uygun görev dağılımı yapılmasında kullanılmaktadır (Başkent, 2004).



## **1.1 Bölmeden Çıkarma Yöntemleri**

Ormanlık alanda kesilmiş, devrilmiş, bölümlerine ayrılmış, kabukları soyulmuş ve taşımaya hazır duruma getirilmiş ürünlerin insan gücüyle, hayvan gücüyle veya makine gücüyle orman yolunun kenarında rampa, depo veya istif alanı gibi toplama alanlarına götürülmesi bölmeden çıkarma olarak tanımlanmaktadır (Yıldırım ve Engür, 1989). Üretimin sürecinde en maliyetli ve zaman alıcı aşamayı bölmeden çıkarma çalışmaları oluşturur. Uygun arazi koşullarının olmadığı ve iyi bir yol şebekesinin bulunmadığı orman bölümlerinde bölmeden çıkarma masrafları artış göstermektedir.

Bölmeden çıkarma çalışmalarında dikkatli ve titiz olunmadığı durumlarda ormanlık alandaki dikili ağaçlar, fidanlar, orman toprağı ve diğer orman ürünleri zarar görebilmektedir (Akay vd. 2007; Yılmaz ve Akay, 2008). Ormanların devamlılığı için bölmeden çıkarma yöntemini doğru seçmek ve uygun yöntemler ile hayata geçirmek gerekmektedir.

Türkiye’de, bölmeden çıkarma çalışmalarında % 80’in üzerinde insan ve hayvan gücünden yararlanılır ve sürüterek, atarak veya kaydırılarak bu işlemler yapılabilmektedir. Üretimi yapılan orman ürünlerinin yaklaşık %10’u ise orman traktörleriyle yapılmaktadır (Erdaş, 1993). Orman traktörleriyle ve çeşitli ekipmanlar kullanılarak modifiye edilmiş ve güçlendirilmiş tarım traktörleriyle de taşımada kullanılabilir (Öztürk ve Akay, 2007). Eğimin yüksek olduğu sarp ve dağlık bölgelerde vinçli hava hatları bölmeden çıkarma işlerinde tercih edilmektedir.

Ekonomik, teknik, ergonomik ve çevresel nedenlerden açısından sorunlu olan insan ve hayvan gücü ile sürütme yöntemi yerine, ülkemizde son zamanlarda kullanılan sınırlı sayıdaki plastik oluk sistemi çok daha iyi sonuçlar vermektedir. Plastik olukla taşıma, orman içerisinde kullanılabilen ve çevre zararlarının azaltılmasıyla birlikte, taşınan hammaddedeki nitelik ve hacim kayıplarının en az seviyede kalması gibi çok ciddi faydalar sağlamaktadır (Acar ve Eroğlu, 2003).

### **1.1.1 İnsan gücü ile bölmeden çıkarma**

İnsan gücü ve yerçekiminden yararlanılan en eski ve basit yöntem insan gücüyle bölmeden çıkarma yöntemidir (Yıldırım ve Engür, 1989). Düz arazi koşullarında az

başarı sağlar ancak arazi eğimi arttığı ve emvalin kendi ağırlığını da dikkate alındığında başarı artar.

İnsan gücüyle bölmeden çıkarma, kullanılan araçların çeşitliliğine, arazinin yapısına ve teknik özelliklerine dayanarak değişik yöntemlerle uygulanmaktadır. Ülkemizde bu yöntemler arasında; (1) Doğrudan zemin üzerinde kaydırarak bölmeden çıkarma, (2) Doğrudan insan gücüyle taşıyarak bölmeden çıkarma, (3) Basit el aletleri kullanarak bölmeden çıkarma, (4) Oluk sistemi içinde kaydırarak bölmeden çıkarma, (5) Yardımcı araçlar kullanarak bölmeden çıkarma mevcuttur (Yenilmez, 2010).

İnsan gücü kullanarak bölmeden çıkarma işlemlerinde aşağıdaki konulara dikkat edilmelidir (Erdaş, 2008) :

- Birinci ve ikinci aralama kesimlerinden alınan endüstri odunları düz arazide elle taşınabilmektedir. Bu yöntem meşçereye zarar vermemektedir.
- Sırıklar ve endüstri odunları gibi ince gövdeli odunlar eğimli arazilerde aşağı yönde orman yolu kenarlarına veya makine yollarına kadar elle sürütülebilmektedir. Ancak her defasında yamaç yukarı yürümeyi mecbur kıldığından yorucu bir işlem olmaktadır.
- İşçilik ücretlerinin daha az fakat işgücünün çok olduğu bölgelerde bu yöntem uygulanabilmektedir. Fakat yapılacak işi zorlaştıran arazi özellikleri, vejetasyon yapısı, kar ve diğer benzer etmenlerin ücretlendirme yapılırken dikkate alınması gerekmektedir.
- Denetimsiz kaydırma işlemleri çıplak ve gençlik bulunmayan meşçerelerde yalnızca mecburi durumlarda hayata geçirilmelidir.

### **1.1.2 Hayvan gücü ile bölmeden çıkarma**

Hayvan gücü kullanılarak bölmeden çıkarma yönteminde genel olarak at, katır, öküz gibi hayvanlar kullanılmaktadır (Şekil 1.1). Orman içerisindeki hasarın engellenmesi için sürütme yolları üzerinde hayvan gücü kullanılarak bölmeden çıkarma çalışmaları yapılmaktadır (Acar ve Ünver, 2004). Mekanik üretim araçlarının satın alma maliyetleri, bakım masrafları ve saatlik maliyetlerinin yüksek olması gibi sebeplerden ötürü de bölmeden çıkarma işlemlerinde hayvan gücü tercih sebebidir (Akay, 2005).



**Şekil 1.1** : Hayvan gücü kullanılarak bölmeden çıkarma

Hayvan gücüyle bölmeden çıkarma çalışmaları, zemin üzerinde sürüterek, hayvanların sırtına yükleyerek, kızak ve benzeri araçların hayvan gücüyle çekilmesi ve hayvan gücüyle çekilen arabalarla bölmeden çıkarma gibi farklı yöntemlerle gerçekleştirilmektedir (Eroğlu ve Özmen, 2010). Hayvan gücü kullanılarak bölmeden çıkarma işlemlerinde verim; hayvanın gücüne, arazinin durumuna ve çekme yolunun uzunluğuna göre değişiklik göstermektedir. Yamaç yukarı yönde % 0 - 15 veya yamaç aşağı yönde ise %0 - 25 arazi eğiminde en uygun taşıma sağlanmaktadır (Erdaş, 2008).

### **1.1.3 Tarım traktörüyle bölmeden çıkarma**

Tarım traktörleri normal şartlarda bölmeden çıkarma çalışmalarında orman traktörleri kadar etkin değildir ancak çeşitli ekipmanlarla güçlendirildikten sonra bölmeden çıkarma işlemlerinde; sürütücü, kablo çekimi, yükleyici, taşıyıcı ve vinçli hava hattı gibi farklı şekillerde kullanılabilir (Öztürk ve Akay, 2007). Arazi eğiminin %30'dan az olduğu veya sürütme şeridi eğiminin % 0 - 33 olduğu yerlerde, odun hammaddesi tarım traktörü ile sürütme şeridi üzerinde sürütülerek bölmeden çıkarılabilmektedir (Erdaş, 2008) (Şekil 1.2). Bu yöntem için sürütme şeritlerinin işlem öncesinde özenle planlanması ve tespit edilmesi verimin artırılmasını sağlamaktadır.



**Şekil 1.2 :** Tarım traktörünün orman ürünlerini sürütme şeridi üzerinde sürütmesi

Traktörlerin hareket kabiliyetleri eğimin %30'dan fazla olduğu zamanlarda, traktör orman yolunda veya sürütme yolunda uygun bir yerde durarak bölmeden çıkarma işlemini kablo çekimi yöntemiyle gerçekleştirir (Şekil 1.3). Bu yöntemle kablunun bir ucu tambur üzerine diğer ucu da üzerinde bulunan kanca aracılığı ile çekilecek ürüne sabitlenmektedir (Acar ve Ünver, 2004). Kablo çekimi, çoğunlukla ürünlerin derelerden ve vadi tabanından rampalara çekilmesi gibi durumlarda kullanılmaktadır.



**Şekil 1.3 :** Tarım traktörünün kablo çekimiyle asli orman ürünlerini çekmesi

Uzak nakliyalarda ön tarafına yükleme kolları eklenmiş olan tarım traktörleri, bölmeden çıkarma çalışmaları ile yol kenarına getirilmiş olan ürünleri kamyonlara veya traktör-treylerlere yüklemek amacıyla kullanılırlar (Öztürk ve Akay, 2007). Yükleme işlemleri haricinde tarım traktörleri, rampada yada depolarda yükleme,



boşaltma ve istifleme çalışmaları sırasında da kullanılmaktadır. Tarım traktörlerine eklenen treyler taşıma işlemlerinde kullanılmaktadır. Yol kenarına istiflenmiş olan orman emvali traktör treylere yüklenir ve geçici istif yerlerine veya o bölgedeki orman depolarına taşınır. Treyler üzerine asli orman ürünleri yüklenirken uzunluklarına bakarak enine veya boyuna olarak istiflenmektedirler (Şekil 1.4).

Tarım traktörlerine kısa mesafeli vinçli hava hatları da montaj edilebilir. Hava hatları ürünleri taşıyıcı halat üzerinde yukarı veya aşağı yönde taşıyabilir. Hava hattı gücünü kullanılan traktörün kuyruk miline bağlanarak buradan sağlanır (Öztürk ve Akay, 2007).



**Şekil 1.4 :** Tarım traktörlerinin yükleyici (sağ) ve taşıyıcı (sol) olarak kullanılması Öztürk, T., Akay, A. E.

#### **1.1.4 Orman traktörüyle bölmeden çıkarma**

Ormanlık işlemlerinde kullanılmak üzere özel olarak donatılmış olan orman traktörleri, yıl içerisinde ormanlık çalışmaları sırasında kullanılabilen, ön ve arka tekerlekleri eşit boyutlara sahip ve her iki aksıda tahrik edilmiş traktörlerdir. Bölmeden çıkarma çalışmaları yapılırken çok yönlü olarak kullanılabilirler. Ön ve arka bölümlerden oluşur ve bu bölümlerin birleştiği noktada bir eksen etrafında dönebilir. Bu sebepten ötürü çok dar kurplarda dönüş şansına ve iyi bir manevra yeteneğine sahiptir. Orman traktörleri eğimin %40-50'lere çıktığı arazilerde çalışmaya uygundur (Erdaş, 2008). Ön aksları zemin hizasından yüksekte düşey ve yatay yönde olduğundan, zeminle yaptığı kuvvet etkileşimini kaybetmez ve büyük engelleri geçebilir.

Orman traktörleriyle 150 metreye kadar ulaşan uzaklıklar kablo çekimi yaparak bölmeden çıkarma için kullanılabilir. Bu nedenle orman traktörünün ormanlık sahaya girmesine gerek duyulmadan, orman yolu üzerinde hareket etmesine gerek kalmadan çalışması da sağlanabilir (Şekil 1.5). Bu avantajı ise traktörün

orman toprağı üzerindeki sıkıştırma basıncı engellenir ve çalışma açısından kolaylık sağlanmaktadır.

### 1.1.5 Kablo hatlar ile bölmeden ıkarma

Bir kablo yardımı ile yerden veya havadan asli orman ürünlerinin bölmeden çıkarılmasını sağlayan sistemlere kablo hat sistemleri denir. Yerden kablo çekim sistemleri, motor gücü olmaksızın iki ucu askıda olan taşıma sistemleri, çift tamburlu traktör vinçleri ile taşıma sistemi ve sabit taşıyıcı kablo bulunduran vinçli hava hattı sistemlerinden oluşmaktadır (Erdaş, 2008). Bölmeden ıkarma işlemlerinin insan veya hayvan gücüyle aşağıdan yukarıya doğru yapılamadığı zamanlarda, küçük kablo vinçler ile küçük boyutlardaki emvalin kısa mesafelerde yerden kablo çekimi yapılması ile bölmeden çıkarılması gerçekleşmektedir. Küçük kablo vinçlerin en yaygın kullanılan tipleri Ackja KBF ve Radiotır vinçlerdir (Erdaş, 2008). (şekil 1.6).



şekil : 1.5 Orman traktörüyle bölmeden çıkarma



şekil 1.6 : ACKJA KBF 422 kablo vinç (sol) ve Radiotır kablo vinç (sağ)

İki ucu askıda taşıma yapan kablo kaydıraklar, motor gücü kullanmazlar. Aşağı ve yukarı istasyonlar arasında gerilmiş bir taşıyıcı kablodan oluşurlar. Hız denetimi herhangi bir şekilde yapılamayan sistemlerdir (Erdaş, 2008). Makine yardımıyla kabloya asılan ürün yer çekiminin etkisiyle kablo üzerinde aşağı yöne kayarak ilerler. Aşağı istasyona yaklaşan ürünü yavaşlatmak için kabloda sarkma yapılarak ağırlıkları kullanılır. Dayanak ağacına gelince ürünler çarpmanın etkisiyle makaradan çıkarak aşağıya düşerler.

Çift tamburlu traktör vinçlerinin düz veya düze yakın arazilerde (< %30) ve çok pürüzlü yerlerde, bölmeden çıkarma çalışmalarını bu yöntem daha verimli ve ekonomik olmasını ve hava hattı şeklinde çalışmaları gerçekleştirilmektedir. Bu yöntem için uygun olan taşıma uzaklığı 100 - 150 metre olarak tavsiye edilmektedir (Acar ve Ünver, 2012).

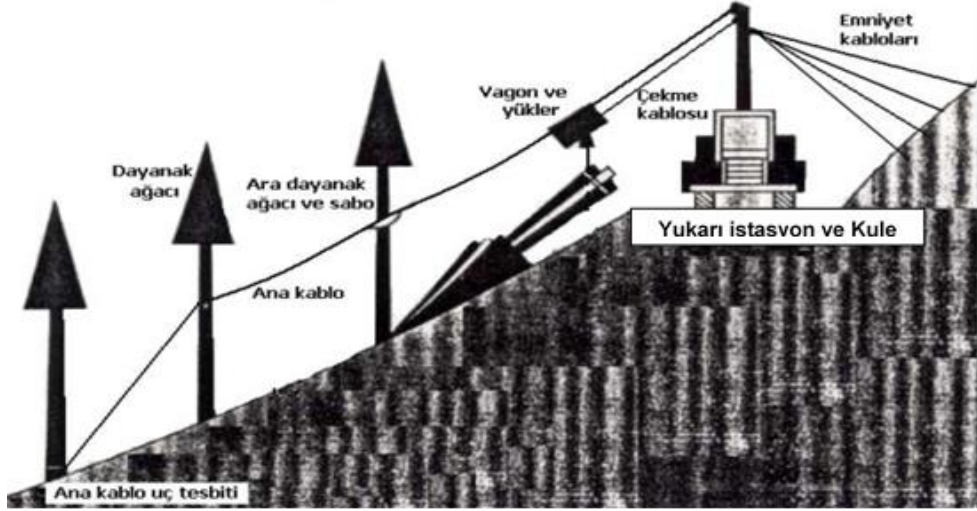
Ayrıca benzer alanlarda çift tamburlu traktör vinçleri kısa mesafeli mobil vinçli hava hatlarına göre yaklaşık %50 oranında daha düşük maliyetlidirler. Bu sebepten ötürü maliyeti düşürmek için çift tamburlu traktör vinçleri tercih edilirler (Erdaş, 2008).

Türkiye ormanlarının genellikle yayılış gösterdiği ve eğiminin fazla olduğu dağlık, sarp bölgelerde vinçli hava hatlarının bölmeden çıkarma çalışmalarında kullanılması daha etkili ve ekonomik olmaktadır (Erdaş, 2008). Ek olarak, bu tip yerlerde geleneksel bölmeden çıkarma yöntemlerinden oluşan değer ve hacim kayıpları hava hatlarıyla en aza indirilecektir.

Vinçli hava hatları taşıma yönü ve hat uzunluğuna göre sınıflandırılırlar. Vinçli hava hatları taşıma yönüne göre üç başlığa ayrılırlar (Acar ve Ünver, 2004) :

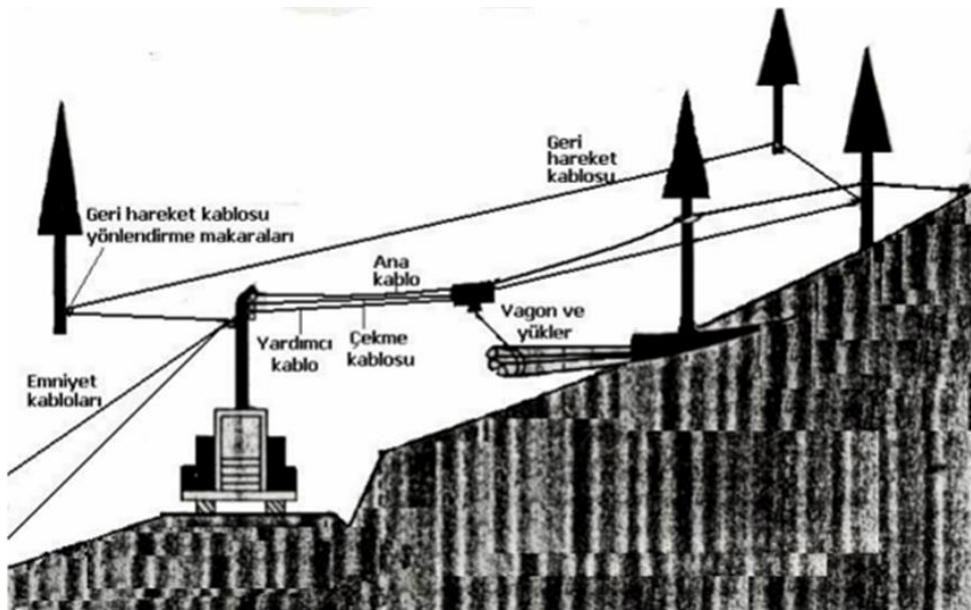
- Yamaç yukarı yönünde taşıma yapan hava hatları: İki tamburlu vinçli hava hatları olup, ilk yapılan hava hatlarından (Şekil 1.7). Bir ucu boşta olan vagonun diğer ucuna çekme halatı bağlanır. Motorun yukarı istasyonda bulunması gereken bir sistemdir. Bu sistemde çalışma yapılan yerin eğimi vagonun kendi ağırlığı yardımıyla aşağıya inebilmesine imkân sağlayacak kadar olmalıdır.





**Şekil 1.7 :** Yamaç yukarı yönde taşıma yapabilen hava hattı sistemi (Acar ve Ünver, 2004)

- Yamaç aşağı yönünde taşıma yapan hava hatları: Ürünlerin yamaç aşağı yönünde taşındığı bu yöntemde, özellikle kızaklı vinçli hava hatları kullanılarak taşıma yapılır (Şekil 1.8). Yukarıda yüklenmiş olan boş vagon, yerçekiminin etkisiyle ana kablodan aşağıya doğru hareket eder. Taşıma bu şekilde gerçekleşir.
- Yamaç aşağı ve yukarı yönde taşıma yapan hava hatları: Üç tamburlu olan bu hava hatları ilk yapılmış olan hava hatlarının eksik ve olumsuz özelliklerini gidermek amacıyla tasarlanmış olan hava hatlarıdır. Diğer modellerdeki ana kablo ve çekme halatına yardımcı olarak geri çekme halatı da eklenmiş ve yamaç aşağı, yamaç yukarı ve düz alanlarda da taşımaya uygun geliştirilmiştir.



**Şekil 1.8 :** Yamaç aşağı yönde taşıma yapabilen hava hattı sistemi (Erdaş, 2008)



Hat mesafesine bağlı olarak vinçli hava hatları üç gruba ayrılmaktadır (Acar ve Ünver, 2004) :

- Kısa mesafeli taşınabilir vinçli hava hatları: Bu hava hatları sürütmeyle taşınmanın elverişsiz olduğu veya traktörle kablo çekiminde sürütme mesafesi sınırlarını aşan yerlerde tercih edilmektedir. Yamaç aşağı ve yamaç yukarı doğrultularda çalışabilen bu yöntemde mesafe 300 metre ve daha kısadır. Bu yöntemde taşınan ürünün kalın kısmından bağlanılarak kaldırılır. İnce ucu yerde sürütülen ürünler bu şekilde engelleri kolaylıkla aşarken alandan çıkarılır. Ana kabloyla yer arasındaki mesafe yeterince yüksek ise ürün askıda kalır ve taşınması bu şekilde gerçekleştirilir. Ülkemizde kullanılan bazı kısa mesafeli vinçli hava hatları KOLLER K-300 ve URUS M-I gibi modellerdir (Şekil 1.9a).

- Orta mesafeli taşınabilir vinçli hava hatları: Yüksek eğimli dik yamaçlarda bölmeden çıkarma işlemlerinde elle kaydırma yöntemi yerine, yamaç aşağı ve yamaç yukarı yönde taşıma yapabilen ve dikili ağaçlar ile orman toprağına en az zarar veren orta mesafeli vinçli hava hatları kullanılmalıdır. 300 - 800 metre mesafelerde kullanılan orta mesafeli vinçli hava hatlarından ülkemizde en çok kullanılanları arasında KOLLER K-500 ve URUS MIII yer almaktadır (Şekil 1.9b).



(a)



(b) Foto:T. Öztürk



(c)

**Şekil 1.9** : Koller K300(a), URUS MIII(b) ve WYSSSEN(c) marka vinçli hava hatları

• Uzun mesafeli vinçli hava hatları: Motor ve çekme kablosu tamburu bir kızak üzerine sabitlenmiş olan uzun mesafeli vinçli hava hatlarının, hat mesafeleri 2000 metreye kadar yaklaşmaktadır. Hattın geçtiği alanın her iki tarafından ortalama 50 metreye kadar olan uzaklıklardaki ürünler hatta kadar çekilmektedir ve sonrasında hat boyunca yamaç aşağı veya yamaç yukarı yönde taşınmaktadır. Böylece yaklaşık 100 metre genişliğinde bir şerit üzerinde 20 hektarlık bir alan büyüklüğünde bir alanda üretim yapılarak çevre zararı en az olacak şekilde taşıma işleri yapılabilmektedir. Uzun mesafeli vinçli hava hatlarından en çok kullanılanlar; WYSSSEN, BACO, HINTEREGGER, GARTNER marka kızaklı hava hatlarıdır (Şekil 1.9c).

## 1.2 Orman Toprağı Üzerinde Oluşan Zararlar

Orman ürünlerinin üretimi sırasında yanlış yöntem seçimi ve uygulamaları potansiyel Meşcere zararlarına neden olabilmektedir. Meşcere zararlarının başında orman toprağında oluşan zararlar, kalan ağaçlardaki zararlar ve gençlik zararları gelmektedir. Bölmeden çıkarma çalışmaları sırasında zemin üzerinde sürütülen ürünler ve üretimde kullanılan mekanik araçlar toprak üzerinde tahribata neden olmaktadır (Şekil 1.10). Toprak zararlar, toprak sıkışması, tekerlek izi oluşumu, besin içeriğinde düşüşler, yüzeysel akış kaynaklı erozyon ve humus tabakasında bozulmalardır (Ballard, 2000; Akay vd. 2007a, Akay vd. 2007b). Orman toprağı üzerinde oluşan zararın miktar ve şiddetini etkileyen unsurlar arasında, seçilen üretim araçları, arazi eğimi ve toprak özellikler yer almaktadır (Ünver, 2008).



Şekil 1.10 : Bölmeden çıkarma çalışmasındaki toprak zararları

Orman toprağı ve sürütme şeritleri üzerine kesim artıkları serilerek mekanik üretim araçlarının orman toprağı üzerindeki etkileri minimize edilebilmektedir (Akay ve Erdaş, 2007b). Ayrıca, transport planı aşamasında sürütme şeritlerinin düz veya düze yakın biçimlerde tasarlanması toprak zararını düşürecektir (Thawornwog, 2006).

### 1.3 Coğrafi Bilgi Sistemleri

Bilgi teknolojilerinin en önemli araçlarından biri olan CBS günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. CBS, konumsal verilerin konum bilgileri ile veri tabanında kaydedilmesi, veriler üzerinde farklı analizlerin yapılması ve sonuçların grafik ve grafik olmayan veriler şeklinde gösterilmesi amacıyla tasarlanmıştır (Yomralıoğlu, 2002). CBS'nin veri toplama, işleme, saklama ve analiz gibi fonksiyonları kullanılarak, ormancılık çalışmalarında analizler kısa sürede, ekonomik ve yüksek doğrulukta gerçekleştirilmektedir (Akay vd. 2011). Ormancılık çalışmalarında başta transport, üretim planlaması, amenajman, orman koruma başta olmak üzere tüm konularda CBS teknikleri yaygın olarak kullanılmaktadır.

CBS'nin temel bileşenlerini veri, metot, yazılım, donanım ve personel oluşturmaktadır (Arıcak, 2008) (Şekil 1.11). CBS ile farklı yapıda veri tiplerini kullanarak farklı çıktılar (SYM, eğitim, bakı, tematik haritalar, vb.) üretilebilmektedir. Sonrasında ise, bu çıktılar üzerinde konumsal analiz ve yüzey analizi gibi ileri analizler gerçekleştirilmektedir.



Şekil 1.11 : CBS'nin bileşenleri

CBS verilerini analiz etmek, görüntülemek ve depolamak için yüksek düzeyli bilgisayar programlama dilleriyle hazırlanmış yazılımlar kullanılmaktadır. En yaygın CBS yazılımlara ArcGIS, Ilwis, Idrisi ve GRASS örnek gösterilebilir.

CBS'nin çalışmasını sağlayan bilgisayar ve buna bağlı yan ürünlerin bütünü donanım olarak adlandırılır. Bütün sistem içerisinde en önemli donanım olarak gösterilen bilgisayar yanında yazıcı, tarayıcı ve veri depolama aygıtları gibi cihazlar CBS için önemli donanımlardır.

CBS'nin başarısını ve performansını etkileyen en önemli bileşen, CBS uygulamalarında sistemi tasarlayan, organize eden ve amaca yönelik olarak işleten kullanıcılarıdır. CBS'nin etkin kullanımında, kullanıcıların CBS'yi kullanabilme yetenekleri ve değişik disiplinlerde uygulama imkanları oldukça önemli yer tutmaktadır.

#### **1.4 Karar Destek Sistemleri**

Karar destek sistemleri (KDS), karar vericilere karmaşık problemlerin çözümünde verileri analiz etmek, analitik modeller geliştirmek ve sistemi daha kolay anlaşılır hale getirmek amacıyla geliştirilen bilgisayar destekli yazılımlardır (Kováčová ve Antalová, 2010). KDS'nin en önemli avantajlarından birisi de CBS ile entegre olabilmesidir (Jones, 2010). KDS günümüzde sürdürülebilir orman işletmeciliği ve planlaması gibi daha zor ve kapsamlı problemlerin çözümünde kullanılmaktadır (Reynolds, 2005).

Ormancılık konusunda gelişmiş ülkelerde, ormancılık çalışmalarında KDS karar verme aşamasında yaygın olarak kullanılmaktadır (Keleş vd. 2011). Ülkemizde özellikle orman amenajmanı, orman yolu planlaması ve orman yangınları ile mücadele konularında KDS kullanılmaktadır (Sivrikaya vd. 2012; Akay vd. 2012b).

Ormancılıkta optimum üretim yöntemi; teknik, ekolojik ve ekonomik unsurlar değerlendirilerek belirlenmektedir (Erlər vd. 2012). Bu aşamada, üretim çalışmalarında kullanılacak makine seçimi önemli bir yer tutmaktadır. Makine seçiminde ise ürün boyutları, cinsi ve hacmi, arazi şartları, sürütme yollarının durumu, ortalama sürütme mesafesi etkili olmaktadır. Ayrıca, belirlenen üretim yönteminin, ürünleri piyasanın talep ettiği kalitede, ekonomik değeri yüksek ve standartlara uygun şekilde ve istenen süre içerisinde sağlaması gerekmektedir.

Alternatif yöntemler arasından seçilecek optimum üretim yöntemi aynı zamanda çevreye verilen zararı minimuma indirmeli ve iş güvenliği açısından da kaza riskini azaltmalıdır.

Hassas ormancılık kapsamında değerlendirildiğinde optimum üretim yöntemi, bütün etkileri dikkate alarak alternatif yöntemler arasında seçim yapmayı gerektiren karmaşık bir problemdir. Bu tip problemlerin çözümünde genellikle simülasyon modelleri ve çok kriterli karar verme yöntemleri karar destek sistemi olarak kullanılmaktadır.

Ormancılık çalışmalarında Analitik Hiyerarşi Yöntemi (Analytic Hierarchy Process) yaygın olarak tercih edilen çok kriterli karar verme yöntemlerinin başında gelmektedir. Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY) ilk olarak Myers ve Alpert (1968) tarafından ortaya atılmış ve daha sonra Saaty (1977) tarafından bir model olarak geliştirilmiştir. AHY, karar hiyerarşisinin tanımlanabilmesi durumunda kullanılan, kararı etkileyen faktörler açısından karar noktalarının yüzde dağılımlarını veren bir karar verme yöntemidir.

### **1.5 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı**

Ülkemizde dağınık durumda bulunan yaklaşık 22 milyon ha ormanlık alanda sürdürülen ormancılık faaliyetleri çok geniş alanları içeren ve yoğun bir planlamayı gerektiren çalışmalardır. Çok geniş ve aynı zamanda dağlık arazi üzerinde bu güç çalışmaları yürütmek, bu alanların iyi bir üretim planına sahip olmasını gerektirmektedir. Ormancılıkta üretim işlerinde bölmeden çıkarma yöntemlerinin planlanması birçok faktörün değerlendirilmesini gerektiren karmaşık bir problemdir. Geleneksel yöntemler ile yapılan planlama çalışmaları sırasında eşyükselti eğrili topoğrafik haritalar üzerinde yapılan çalışmalar büyük bir iş yoğunluğu oluşturmaktadır. Diğer taraftan, Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) teknikleri ile geliştirilen sayısal arazi modelleri yardımıyla geleneksel yöntemlerle yapımı zor veya imkansız olan konumsal veri katmanlarının daha kolay, hızlı ve hassas olarak üretilmesi mümkün olmaktadır. Ayrıca, planlamada önem taşıyan topoğrafik ve ekolojik faktörler için üretilen katmanlarla ilgili gerekli bilgileri içeren yeni haritalar üretilmektedir. Bilgisayar ortamında sayısal olarak depolanan bilgiler, ayrı katmanların birleştirilmesi ile birçok bilgi aynı katman üzerinde toplanabilmekte ve

oluşturulan veri tabanı CBS ile entegre karar destek sistemleri kullanılarak konumsal sorgulamalar yapılabilmektedir.

Bu alışma kapsamında, ormancılıkta bölmeden çıkarma faaliyetlerinin planlanmasında CBS tabanlı karar destek sisteminin kullanım imkanı araştırılmıştır. özüm aşamasında ormancılıkla ilgili araştırmalarda yaygın olarak tercih edilen Analitik Hiyerarşi Yöntemi ArcGIS programı ile entegre edilmiştir. Uygun bölmeden çıkarma yöntemlerinin sorgulanmasında karar değişkenleri olarak arazinin eğimi ve toprak yapısı dikkate alınmıştır. Araştırma sahası Bursa Orman Bölge Müdürlüğüne bağlı İnegöl Orman İşletme Müdürlüğü sınırlarında yer almıştır.



## 2. LİTERATÜR ÖZETİ

Acar (1995a), Artvin Yusufeli Orman İşletmesinde ibreli yakacak odunların saç oluklarla bölmeden çıkarılması üzerine çalışma yapmıştır. Çalışmada zaman ölçümlerinin ve saatlik verimin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilirken, taşıma hattı boyunca emvalin eğimi ve mesafesi belirlenen hattı ne kadar sürede geçtiği repetisyon yöntemi ile tespit edilmiştir. Emvalin ulaştığı son noktada beklenecek, nakliyat sonucu boşaltma yerine gelen emval adedi sayılmış ve dakikada taşınan ortalama emval adedi bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre %5 - 40 arası değişen eğimlerde kurulabilen bu sistemde, 364 metre uzaklıktan ibreli yakacak odunların taşınmasında verim taşıma mesafesine göre 14,2 ster/saat olarak tespit edilmiştir.

Acar (1995b)'ın Doğu Karadeniz bölgesinde yer alan ormanlarının dağlık arazide yer almasının tomruk üretim çalışmalarının oldukça zor olduğu vurgusunu yaptığı çalışmada hava hatlarının etkinliği ve verimi incelenmiştir. Çalışmada, Koller K300 ve URUS MIII modelleri üzerinde zaman ölçümleri yapılmıştır. Süre ölçme yöntemi olarak sürekli süre ölçme tekniğinin kullanıldığı çalışmada, süreölçer yardımıyla elde edilen tüm süre ölçümleri birbirinden çıkartılarak iş safhalarına ait gerçek süre, toplam sefer süresini ve bekleme sürelerini tespit edilmiştir. Çalışma sonunda URUS M III taşınabilir hava hattının Koller K300'e göre daha güçlü ve uzun mesafelerde kullanılabilen bir sistem olmasına rağmen daha masraflı olduğu belirlenmiştir. Yaklaşık 250 metre mesafe için sistemlerin verimleri URUS MIII'de 6,734 m<sup>3</sup>/saat ve Koller K300'de 3,312 m<sup>3</sup>/saat olarak bulunmuştur.

Han ve Kellogg (2000), batı Oregon'da yaygın üretim sistemleri arasında yer alan traktör, hasatçı, hava hattı ve helikopterle gerçekleşen aralama çalışmalarının sebep olduğu kalan ağaç zararlarını incelemiştir. Altı adet genç (30-50 yaşında) Douglas göknarı meşceresinde çeşitli zarar yoğunlukları analiz edilmiştir. Traktör ve hasatçıyla gerçekleştirilen çalışmaların hava hattı ve helikopterle gerçekleştirilen çalışmalara göre daha şiddetli yaralanmalara sebep olduğu tespit edilmiştir. Zarar görmüş ağaçların sürütme şeritlerinin yaklaşık 5 metresinde ve hava hattı güzergâhı boyunca yoğun olduğu belirtilmiştir.

Akay vd. (2004), sürütücü, kesici-istifleyici, hasatçı, yükleyici ve taşıyıcı gibi mekanik üretim araçlarının verimlerini etkileyen faktörleri belirlemiştir. Makinelerin verim denklemlerinin, yöneticilerin alternatif üretim sistemlerini değerlendirmelerine ve üretim masraflarının belirlenmesine yardımcı olduğu ifade edilmiştir. Seçilen makine birleşimleri için üretim çalışmalarının birim maliyeti KSU Başkonuş Araştırma ve Uygulama ormanından seçilen örnek bir alanın topoğrafik verileri, meşcere özellikleri ve ürün bilgileri dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Toplamda dört farklı makine birleşimlerinin değerlendirildiği bu çalışmada, birim hacim maliyetini en aza indirgeyen (\$24,54) taşıyıcı ve motorlu testere birleşimi en uygun yöntem olarak belirlenmiştir.

Coulter vd. (2006), Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY) kullanılarak çevresel etkileri en aza indirmek için öncelikli orman yolları kullanımı ve yatırımlarını değerlendirmişlerdir. Oregon Eyalet Üniversitesi'nde ekonomik ve çevresel hedeflere ulaşmak amacıyla orman yollarının kullanımı AHS yöntemini bir örnek üzerinde değerlendirilmiştir. Yol yapım aşamasında yapım süresi, yapım tekniği, kazı, eğim ve su kanalları olarak belirlenen şartlara göre yol inşaatına bağlı gerçekleşen erozyon oluşumunu en aza indirgeyen yöntem seçilirken, aynı zamanda su ekosistemindeki zararı en az duruma getirmek için su kaynaklarına yakınlık, sediment miktarı, eğim ve vejetasyon kriterleri değerlendirilmiştir. Yolların çevreye olan zararını en aza düşürmek için sucul ekosisteme etkisi, su kaynaklarında sediment birikimi, yol yapımına bağlı olarak gerçekleşen toprak kaymaları dikkate alınmıştır. AHY uygulanması için araştırılan konu hakkında bilgili olduğunda çok karmaşık ilişkileri sadeleştirerek gerçeğe yakın sonuçları veren kullanışlı bir yöntem oluşturulabileceğine vurgu yapılmıştır.

Eroğlu vd. (2007), kısa boylu odun hammaddelerinin taşınmasında kullanılan üç farklı oluk sisteminin verimliliğini değerlendirmiştir. Çalışmada test edilen ilk iki sistem polietilen malzemedir (AcarOLUKPeF50/600 ve AcarOLUKPeD60/600) üçüncü sistem ise fiberglas malzemedir (AcarOLUKFb50/500) üretilmiştir. Sistemler verimlilik açısından karşılaştırıldığında en yüksek verimliliği birinci sistemin (42,86 ster/saat) sağladığı ve bunu ikinci (41,38 ster/saat) ve üçüncü sistemin (15,12 ster/saat) takip ettikleri bulunmuştur. Ayrıca, çalışmada oluk sisteminin odun hammaddelerinin bölmeden çıkarılması çalışmalarında meşcereye en



az seviyede zarar verdiği ve ergonomik açıdan gelişme sağladığı bildirilmiştir (Eroğlu vd. 2007).

Acar vd. (2010), Artvin Orman Bölge Müdürlüğü'nde odun üretim alanlarında kullanılan çeşitli orman traktörlerinin ve kablolu hava hatlarının verimlerini araştırmışlardır. Araçların çalışma süreleri ve taşıdıkları ürün miktarları dikkate alınarak ortalama verimleri belirlenmiştir. Sonuç olarak, sürütücülerin kısa mesafelerde çok daha verimli oldukları tespit edilmiştir. MB-Trac 900'ün ortalama veriminin MB-Trac 800'ün ortalama veriminden daha fazla olduğu kaydedilmiştir.

Türk (2011), endüstriyel odun hammaddesinin üretimi esnasında tarım traktörleriyle sürütme şeritleri üzerinde sürütme işlerinin teknik, ekonomik ve çevresel olarak incelenmesi ve saptanan olumsuz yönleri en düşük düzeye indirerek yeni bir sürütme modelinin oluşturulması ile sürütme şeritlerinin en uygun duruma getirilmiştir. Gölyaka Orman İşletme Müdürlüğü, Balıklı Orman İşletme Şefliğinde eğimi % 0 - 33 arasında olan üretim alanlarını çalışma alanı olarak seçmiştir. Çalışmada, tarım traktörleriyle bölmeden çıkarma işlerini incelenmiş, teknik, ekonomik ve çevresel yönlerden en uygun sürütme modeli oluşturulmuş ve sürütme şeritlerinin en uygun duruma getirilmiştir. Modelin çözümünde Doğrusal Programlama (DP) yöntemi kullanılmış ve alana ilişkin veri tabanı CBS ile kurulmuştur. Çalışma sonucunda, geliştirilen en uygun sürütme modelinde teknik, ekonomik ve çevresel açıdan adım adım ilerleme ve iyileştirme stratejisi uygulanmış ve sürütme şeritlerinin en uygun duruma getirilmesi sağlanmıştır. En uygun sürütme modelinin belirlenmesi sonucu tarım traktörleriyle bölmeden çıkarma işinde çalışma verimi mevcut duruma göre %32,21 artmış ve 100 metrede 1 m<sup>3</sup> tomruğun sürütülmesiyle, seferde \$ 0,10 tasarruf elde edilmiştir. Sürütme şeritlerinin en uygun duruma getirilmesi yaklaşımla üretim alanında, hektarda 236 m<sup>2</sup> alanın toprak sıkışıklığına maruz kalması, hektarda 17,86 m<sup>3</sup> (44829 ton) toprak kaybının olması ve hektarda 2124 adet fidanın zarar görmesi gibi olumsuz durumlar sıfıra indirgenmiştir.

Pittman (2003), ormancılıkta hiyerarşik planlamada matematiksel modele odaklanma konulu bir araştırma gerçekleştirmiştir. Ormancılık çalışmalarında hiyerarşik yaklaşımın özellikle büyük ölçekli planlamalar için çözüm sürecine bütünleşebileceği vurgusu yapılmıştır. Hiyerarşik yapının içerisinde planlama fonksiyonlarının açıklandığı matematiksel modellerin bulunduğu, bu sebeple

kullanılan matematiksel modellerin hayata geçirilerek planlanmada etkili şekilde uygulanmasının gerekliliği üzerinde durulmuştur.

Acar ve Ünver (2012), eğimli arazide tomrukların yukarıdan aşağıya ve aşağıdan yukarıya doğru kısa zamanda, ergonomik ve çevresel olarak taşınmasını sağlayan yarı mekanize sistemin verimliliğini incelemiştir. Sistemin arazide verimli ve güvenli çalışması için düz bir zemin üzerinde sabitlenmesi ve en az iki dayanak ağaca sıkıca bağlanarak emniyete alınması gerektiği belirlenmiştir. Sistemin motor mekanizmasının çalıştırılması, motora sarılı halde bulunan ipin işçi tarafından hızlı bir şekilde çekilmesi esasına dayanmaktadır. Sistemin daha kolay çalıştırılması için motorun tek düğmeyle çalışabilir olması gerektiği belirtilmiştir (Acar ve Ünver, 2012).

Akay vd. (2016), ormancılıkta mekanizasyonun yoğun olarak kullanıldığı ülkelerde ise sürütme yöntemiyle bölmeden çıkarma çalışmalarında genellikle sürütücüler kullanılmaktadır. Bölmeden çıkarma çalışmalarında ülkemizde ilk kez kullanılan Tigercat 635D sürütücü ile gerçekleştirilen bölmeden çıkarma çalışmalarını verim açısından değerlendirmiştir. Bu kapsamda, verim üzerinde etkili olan faktörler belirlenerek, verimin artışına yönelik çözüm önerileri sunulmuştur (Akay vd. 2016). Bilici vd. (2017), odun hammaddesi üretiminde ülkemizde ilk defa kullanılan WoodCraker C450 kesici-istifleyicinin verimi üzerinde etkili olan faktörleri incelemiştir. Çalışmada süre analizi yöntemi kullanılarak saatlik verim hesaplanmıştır (Bilici vd. 2017).

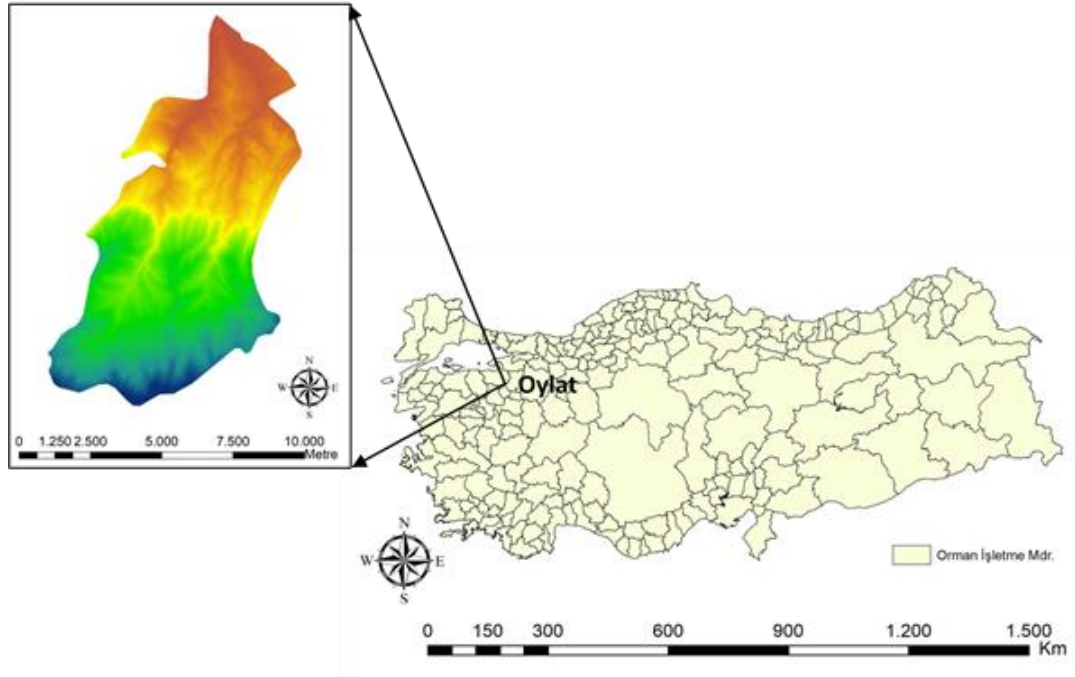
### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1 Materyal

##### 3.1.1 Çalışma alanı

Çalışma alanı, Bursa Orman Bölge Müdürlüğü, İnegöl Orman İşletme Müdürlüğü, Oylat Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde (Şekil 3.1). İnegöl Orman İşletme Müdürlüğü, Bursa ilinin güneydoğu kısmında yer almaktadır. Kuzeyinde Bursa Orman İşletme Müdürlüğü, doğusunda Bilecik Orman İşletme Müdürlüğü, güneyinde Kütahya Orman Bölge Müdürlüğü, güneybatısında Keles Orman İşletme Müdürlüğü, batısında ise yine Bursa Orman İşletme Müdürlüğü ile komşudur (Şekil 3.2).

Çalışma alanında hakim olan ağaç türleri; Kayın, Sarıçam ve Karaçam ile diğer yapraklı türlerdir. Ortalama yükseklik ve eğim sırasıyla 1005 m ve %30'dur. İnegöl Orman İşletme Müdürlüğü sınırlarında yer alan İşletme Şefliklerine ait bilgiler Çizelge 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1 : Çalışma alanının konumu



Şekil 3.2 : Çalışma alanının bölge müdürlüğündeki konumu

Çizelge 3.1 : İnegöl Orman İşletme Müdürlüğü sınırlarındaki İşletme Şefliklerinin orman varlığı (ha)

İşletme Şefliği	Normal Orman	Bozuk Orman	Toplam Orman	Ormansız Alan	Genel Alan
Boğazova	4.173,50	286,00	4.459,50	2.393,50	6.853,00
Hayriye	3.426,50	586,00	4.012,50	3.870,50	7.883,00
İclaliye	3.842,00	880,00	4.722,00	7.152,50	11.874,50
İnayet	3.147,60	383,80	3.531,40	3.154,00	6.685,40
İnegöl	8.912,00	2.325,00	11.237,00	18.874,00	30.111,00
Mezit	2.899,00	177,00	3.076,00	774,00	3.850,00
Oylat	4.386,00	566,00	4.952,00	1.447,50	6.399,50
Tahtaköprü	3.636,50	204,50	3.841,00	1.076,50	4.917,50
Yenice	6.402,00	2.123,20	8.525,20	17.451,50	25.976,70
Yenişehir	7.053,00	12.320,00	19.373,00	54.704,50	74.077,50
<b>TOPLAM</b>	<b>47.878,10</b>	<b>19.851,50</b>	<b>67.729,60</b>	<b>110.898,50</b>	<b>178.628,10</b>

Oylat İşletme Şefliği'nin çalışma alanı olarak seçilmesinin nedeni; çok zengin orman kaynaklarına ve mekanik ulaşım yöntemlerini içeren yoğun ormancılık operasyonlarına sahip olmasıdır. Bölgede mevcut olan orman taşıma yöntemleri arasında kablo hatlar, oluk sistemi, orman traktörü (sürütücü) ve tarım traktörü ile yapılmaktadır. Bu çalışmada, orman ürünleri transportunu planlamak için CBS ve AHY yöntemi kullanılmıştır.

### **3.1.2 Kullanılan yazılımlar**

Yapılan çalışma kapsamında, sayısal haritaların üretilmesi, sayısal haritaların sınıflandırılması ve konumsal verilerin değerlendirilmesi ArcGIS 10.4 yazılımından yararlanılmıştır. CBS tabanlı matematiksel modelin (AHY) veri girişinde, faktörlere ait sayısal veri katmanlarının sınıflandırılmasında ve modelin uygulanmasında "Microsoft Excel" ve extAhp 2.0 yazılımlarından yararlanılmıştır.

## **3.2 Yöntem**

### **3.2.1 CBS veritabanı**

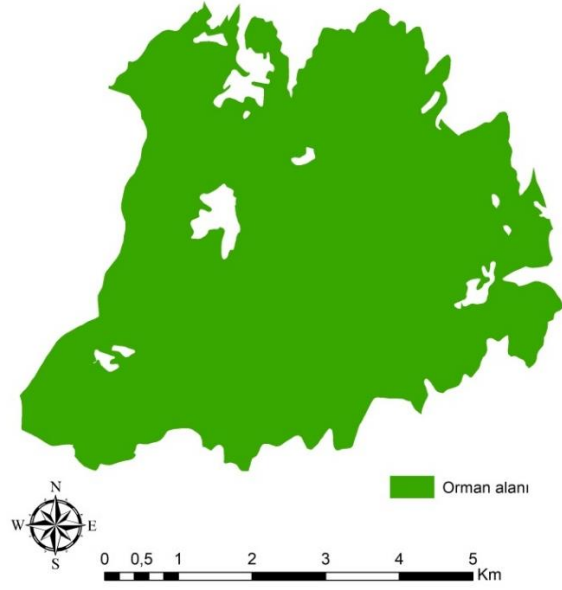
Sayısal veri katmanlarının üretilmesi için "ArcGIS 10.4" yazılımı ortamında CBS veritabanı oluşturulmuştur. Bu kapsamda, İnegöl Orman İşletme Müdürlüğü'nden temin edilen sayısal meşcere haritaları, topografik haritalar kullanılmıştır. Veri katmanları, raster veri formatında ve 10 m x 10 m çözünürlüğünde kaydedilmiştir.

#### **3.2.1.1 Meşcere haritası**

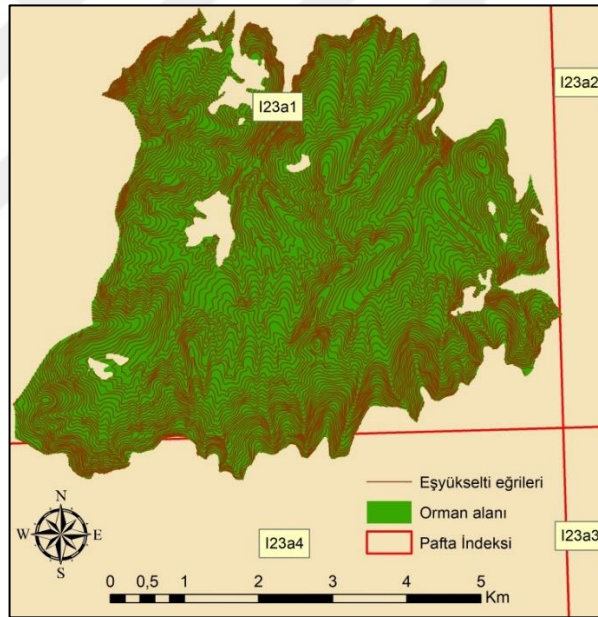
Oylat Orman İşletme Şefliğine ait sayısal meşcere haritası kullanılarak, çalışma alanı arazi kullanım tipi haritası geliştirilip "Export Data" aracıyla orman alanı içindeki kalan bölgeleri temsil eden veri katmanı elde edilmiştir. Orman alanları haritası daha sonra üretilecek tüm veri katmanlarının temelini teşkil etmiştir (Şekil 3.3).

#### **3.2.1.2 Eğim haritası**

Çalışma alanına ait topografik haritalar kullanılarak, Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) ve daha sonra SYM tabanlı eğim haritası üretilmiştir. SYM üretiminde çalışma alanı sınırlarında kalan 1:25000 ölçekli paftalar (Kütahya I23a1, I23a2, I23a4) kullanılarak sayısallaştırılan eşyükselti eğrileri haritasından yararlanılmıştır (Şekil 3.4).



Şekil 3.3 : Çalışma alanı orman alanı haritası



Şekil 3.4 : Çalışma alanı paftaları ve eşyüksekti çizgileri

IUFRO tarafından ormancılıkta bölmeden çıkarma çalışmaları için belirlenen eğim sınıfları dikkate alınarak eğim sınıfları oluşturulmuştur. Bu sınıflar; Düz (% 0 – 10), Hafif eğimli (% 11 – 20), Orta eğimli (% 21 – 33), Dik (% 34 – 50), Çok dik (>% 51) olmak üzere beşe ayrılmaktadır (Erdaş, 2008):

- **Düz arazi (% 0–10):** Bu alanlarda, tarım traktörleri ile kablo çekimi veya sürütme mümkündür. Orman traktörleri de bu tip alanlarda kolaylıkla

kullanılabilir ancak maliyetleri tarım traktörlerine oranla daha yüksek olduğundan düşük eğimli alanlar yerine daha yüksek eğimli ve zor arazi koşullarında kullanılmaları ekonomik açıdan daha uygundur.

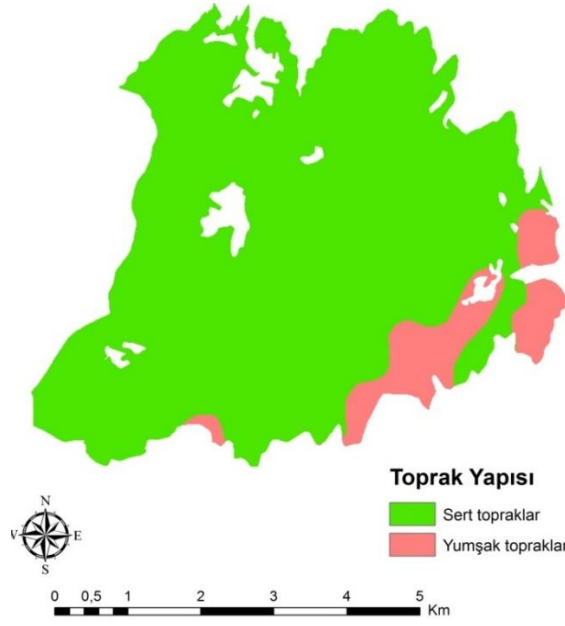
- **Hafif eğimli arazi (% 11–20):** Bu alanlarda tarım traktörleri ve orman traktörleri ile kablo çekimi veya zeminde sürütme suretiyle bölmeden çıkarma çalışmaları gerçekleştirilebilir.
- **Orta eğimli arazi (% 21–33):** Bu alanlarda tarım traktörleri kablo çekimi yapabilirken, güçlü tarım traktörleri ve orman traktörleri ile zemin üzerinde sürütme veya kablo çekimi yapılabilmektedir.
- **Dik arazi (% 34–50):** Bu alanlarda orman traktörleri ve özel orman traktörleri orman alanına girmeden traktör yolunda hareket ederek kablo çekimi yapabilmektedir. Aynı zamanda bu alanlarda, ürünler kendi ağırlığı ve yer çekimi etkisi altında plastik oluklar içerisinde kaydırma yöntemiyle veya vinçli hava hatları yöntemiyle bölmeden çıkartılabilmektedir.
- **Çok dik arazi (> % 50):** Eğimin çok yüksek olması nedeniyle orman yolu yapımı çok daha güç ve yüksek maliyette olmaktadır. Bu alanlarda yol yapımı yerine hava hatlarının tercih edilmesi daha uygun olmaktadır.

### 3.2.1.3 Toprak haritası

Çalışma alanına ait toprak haritasının geliştirilebilmesi için Maden Tetkik Arama kurumunun web sitesinden indirilen jeoloji haritasından yararlanılmıştır. Sonrasında bu veriler kullanılarak toprak yapısı sert ve yumuşak olarak iki sınıfa ayrılmıştır (Şekil 3.5).

### 3.2.2 Analitik hiyerarşi yöntemi ile bölmeden çıkarma yöntemlerinin planlanması

Çalışmada uygulanan alternatif bölmeden çıkarma yöntemleri eğim ve çevresel (toprak) açıdan değerlendirilmiş ve bölmeden çıkarma yöntemleri çalışma alanı için planlanmıştır. Bölmeden çıkarma yönteminin seçiminde çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY) ArcGIS yazılımı ile bir arada kullanılmıştır. AHY’de çözüm süreci 12 aşamadan oluşmaktadır (Özden, 2008).



**Şekil 3.5 : Jeoloji haritası**

### **3.2.2.1 Problemin tanımlanması**

İlk olarak AHY'nin metodolojisinde karar verme problemini tanımlayan hiyerarşi kurulmaktadır. Ormancılıkta üretim işlerinde bölmeden çıkarma yöntemlerinin planlanması birçok faktörün değerlendirilmesini gerektiren karmaşık bir problemdir. Bu çalışma kapsamında, ormancılıkta bölmeden çıkarma faaliyetlerinin planlanmasında CBS tabanlı karar destek sisteminin kullanım imkanı araştırılmıştır.

### **3.2.2.2 Kriterlerin tanımlanması**

Alternatif bölmeden çıkarma yöntemleri içinden en uygun bölmeden çıkarma yönteminin belirlenmesinde, eğim ve toprak yapısı AHY çözüm sürecinde ana kriterler olarak değerlendirilmiştir. Eğim IUFRO tarafından ormancılıkta bölmeden çıkarma çalışmaları için belirlenen eğim sınıfları (Düz eğim, Hafif eğim, Orta eğim, Dik eğim ve Çok dik eğim) dikkate alınmıştır. Eğim sınıflarında Düz araziler ve Hafif Eğimli araziler tek bir eğim sınıfı altında değerlendirilmiştir (Düz-Hafif Eğim). Toprak yapısı ise sert ve yumuşak olmak üzere iki gruba ayrılmıştır.

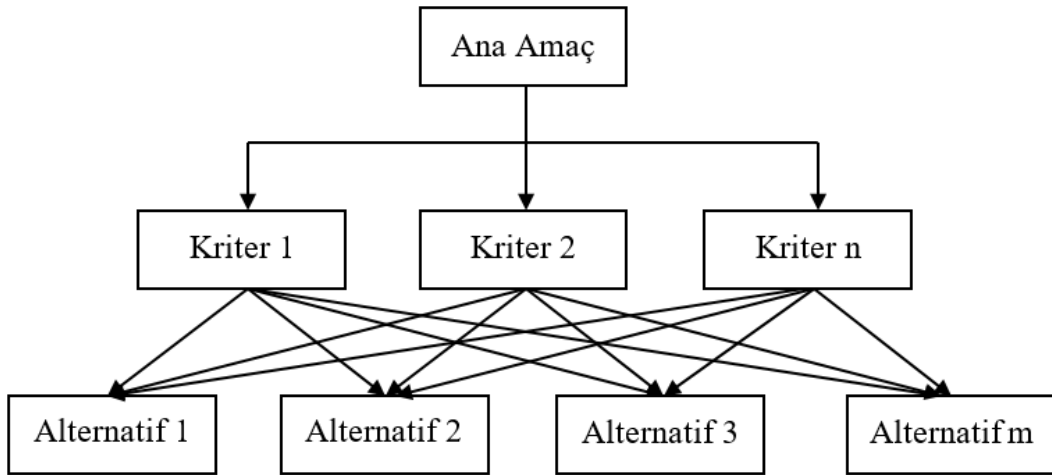
### **3.2.2.3 Alternatiflerin belirlenmesi**

Çalışma kapsamında kablolu hava hatları, oluk sistemi, sürütücü ve tarım traktörü olmak üzere dört farklı bölmeden çıkarma yöntemi değerlendirilmiştir.



### 3.2.2.4 Hiyerarşik yapının oluşturulması

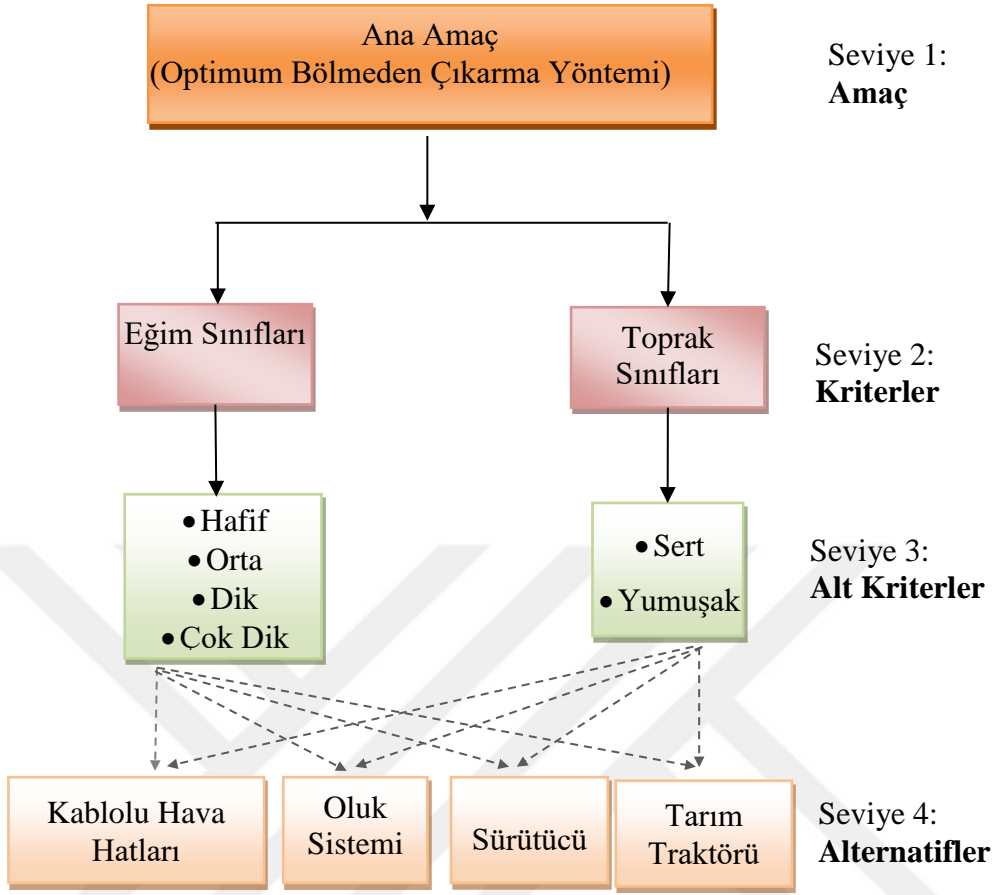
Hiyerarşik yapıda sistemi oluşturan bütün bileşenlerin işlevsel ilişkileri ve etkileri ortaya konulmaktadır (Saaty, 1980). Hiyerarşik yapıyı oluşturan bileşenlerin her bir kümesi farklı bir hiyerarşi düzeyini oluşturmaktadır. Hiyerarşi modelinin birinci düzeyinde ulaşılmak istenen ana amaç, ana amacın altındaki düzeyde amaca ulaşmayı sağlayan kriterler ve en alt düzeyde de alternatifler yer almaktadır. Şekil 3.6'da örnek bir AHY modeli görülmektedir. Hiyerarşik yapıda kriterlerin sayısı  $m$ , alternatiflerin sayısı ise  $n$  ile sembolize edilmiştir. AHY'nin bağımsızlık aksiyomu gereği aynı seviyedeki bileşenlerin birbirinden bağımsız oldukları kabul edilmektedir (Ejder, 2000). Bu çalışma kapsamında geliştirilen AHY modeli ise Şekil 3.7'de görülmektedir.



Şekil 3.6 : Örnek bir AHY modeli

### 3.2.2.5 Görece önem ölçeğinin belirlenmesi

Hiyerarşik yapıda herhangi düzeydeki bileşen bir üstteki düzeyin bağlı bileşeni durumunda olup, üst düzeydeki bileşen üzerindeki etki derecesi kriterler arasında ikili karşılaştırmalar sonucu belirlenmektedir. Matris şeklinde oluşturulan ikili karşılaştırmalarda kriterlerin önem derecelerinin sayısal olarak ifade edilebilmesi için görece önem ölçeği tespit edilmektedir. Bu çalışmada, Saaty (1980) tarafından geliştirilen 1-9 görece önem ölçeği kullanılmıştır. Araştırmacılar tarafından yaygın olarak kullanılan 1-9 ölçeği, aynı zamanda en iyi sonuçları vermektedir (Çizelge 3.2).



Şekil 3.7 : AHY modeli

Çizelge 3.2 : Görece önem ölçeği

Önem Derecesi	Açıklama
1	Her iki seçenek eşit derecede önemli
3	Bir seçenek diğer seçeneğe göre biraz daha fazla önemli
5	Bir seçenek diğer seçeneğe göre kuvvetli derecede önemli
7	Bir seçenek diğer seçeneğe göre çok kuvvetli derecede önemli
9	Bir seçenek diğer seçeneğe göre kesinlikle önemli
2, 4, 6, 8	İki yakın ölçek arasında uzlaşmaya gerek duyulduğunda kullanılan ara değerler

### 3.2.2.6 Karar vericilerin tercihlerinin belirlenmesi

Bu aşamada kriterlerin her biri, çalışma konusu hakkında uzman kişi veya kişilerin görüşleri doğrultusunda ikili karşılaştırmalara tabi tutulmaktadır. Görüşlerine başvuru alan kişiler karar vericiler konumunda olduklarından çalışma konusu ile ilgili yeterli bilgiye sahip olmaları gerekmektedir. AHY çalışmalarında karar vericiler birden fazla kişiden oluşabileceği gibi tek kişiden de oluşabilmektedir (Özden, 2008). Birden fazla kişinin karar verici olması durumunda, tüm tercihlerden tek bir hüküm çıkarılması tutarlılık açısından bazı sakıncalar içermektedir. Karar verici çalışma konusunda uzman tek bir kişi olduğunda ise tercihlerin belirlenmesi ve karar alınması çok daha kolay olup, daha tutarlı sonuçlar elde edilmektedir.

Bu çalışmada, kriterlerin (eğim ve toprak) alternatif bölmeden çıkarma yöntemleri üzerindeki etkilerini ortaya koyan ampirik çalışma sonuçlarına dayanılarak, ikili karşılaştırmalar tek karar verici tarafından gerçekleştirilmiştir. Ön değerlendirmeler sonucunda gerçekleştirilen tutarlılık analizi denemeleri, ikili karşılaştırmalarda karar vericinin tercihlerinin tutarlı olduğunu göstermiştir.

### 3.2.2.7 Kriterlerin ikili karşılaştırmalarının yapılması

İkili karşılaştırmaların tutarlı ve mantıklı yapılabilmesi için özellikle sonucu etkileyecek kriterlerin iyi tespit edilmesi ve önem derecelerinin doğru olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu aşamada, karar vericinin belirlediği önem derecelerini gösteren sayılarla ikili karşılaştırmalar matrisi oluşturulmuştur. Örnek bir karşılaştırma matrisi Formül 1'de gösterilmiştir:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Bu matriste, i 'inci kriterin j 'inci kritere göre önem derecesi  $a_{ij}$  ile temsil edilmektedir. Bu durumda, j 'inci kriterin i 'inci kritere göre önem derecesi ise  $a_{ji} = 1/a_{ij}$  şeklinde gösterilmektedir.

### 3.2.2.8 Kriterlerin yüzde ağırlıklarının hesaplanması

Bu aşamada, kriterlerin birbirlerine göre yüzde ağırlık (önem) değerleri belirlenmektedir. Bu amaçla ilk olarak karşılaştırma matrisini oluşturan her bir sütun elemanı, bulunduğu sütunun toplamına bölünmek (Formül 2) suretiyle, Formül 3'deki  $n$  adet ve  $n$  bileşenli B sütun vektörü oluşturulmuştur.

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (2)$$

$$B_i = \begin{bmatrix} b_{11} \\ b_{21} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ b_{n1} \end{bmatrix} \quad (3)$$

Daha sonra,  $n$  adet B sütun vektörü, bir matris formatında bir araya getirilerek  $c_{ij}$  bileşenlerinden oluşan ve ikili karşılaştırmaların normalleştirilmiş halini gösteren C matrisi (Formül 4) oluşturulmuştur.

$$C = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ c_{n1} & c_{n2} & \dots & c_{nn} \end{bmatrix} \quad (4)$$

Son olarak, C matrisini oluşturan satır bileşenlerinin aritmetik ortalaması alınarak (Formül 5), Formül 6'daki W sütun vektörü elde edilmiştir. W vektörü, kriterlerin birbirlerine göre yüzde ağırlık (önem) değerlerini göstermektedir.

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n c_{ij}}{n} \quad (5)$$

$$W = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{bmatrix} \quad (6)$$

### 3.2.2.9 Tutarlılık analizi yapılması

Karar vericilerin kriterler arasında yaptığı ikili karşılaştırmaların gerçekçiliği tutarlılık analizi ile değerlendirilmektedir. Bu amaçla ikili karşılaştırmaların tutarlılık oranı (CR - Consistency Ratio) hesaplanmaktadır. CR oranının hesaplamasında, kriter sayısı olan n değeri ile temel değer adı verilen (1) bir katsayı karşılaştırılmaktadır. λ'nın hesaplanması için ilk olarak A ikili karşılaştırma matrisi ile kriterlerin yüzde ağırlıklarını gösteren W vektörünün matris çarpımından D sütun vektörü (Formül 7) elde edilmiştir.

$$D = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ d_n \end{bmatrix} \quad (7)$$

Daha sonra, Formül 8 kullanılarak, D sütun vektörü ile W sütun vektörünün karşılıklı bileşenlerinin bölümünden her bir kritere ilişkin  $e_i$  değişkeni hesaplanmıştır. Ardından,  $e_i$  değerlerinin aritmetik ortalaması (Formül 9) alınarak, karşılaştırmaya ilişkin temel değer katsayısı (λ) belirlenmiştir.

$$e_i = \frac{d_i}{w_i} \quad (8)$$

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n e_i}{n} \quad (9)$$

Temel değer kat sayısı (λ) hesaplandıktan sonra, Formül 10 kullanılarak tutarlılık indeksi (CI - Consistency Index) değişkeni hesaplanmıştır.

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} \quad (10)$$

Son aşamada ise CI, tesadüfi indeks (RI - Random Index) olarak adlandırılan ve Çizelge 3.3'de gösterilen düzeltme değerine bölünerek tutarlılık oranı (CR) elde edilmiştir (Formül 11). Bu çizelgede kriter sayılarına bağlı olarak verilen tesadüfi indeks değerleri Saaty (1980) tarafından önerilmiştir.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (11)$$

**Çizelge 3.3 : RI değerleri**

<i>n</i>	<i>RI</i>	<i>n</i>	<i>RI</i>
1	0	8	1,41
2	0	9	1,45
3	0,58	10	1,49
4	0,90	11	1,51
5	1,12	12	1,54
6	1,24	13	1,56
7	1,32	14	1,57

Hesaplanan CR değerinin 0,10'dan küçük olması karar vericinin yaptığı karşılaştırmaların tutarlı olduğunu göstermektedir. CR değerinin 0,10'dan büyük olması ise ya AHY'deki bir hesaplama hatasını veya karar vericinin karşılaştırmalarındaki tutarsızlığı göstermektedir. Hiyerarşik yapı içindeki tüm düzeyler için tutarlılık analizi yapılmıştır.

### **3.2.2.10 Kriterler açısından alternatiflerin karşılaştırılması**

Bu aşamada, her bir kriter açısından (eğim ve toprak yapısı) görece önem ölçüğündeki önem dereceleri dikkate alınarak alternatif bölmeden çıkarma yöntemleri ikili karşılaştırmalara tabi tutulmuşlardır. Daha sonra, alternatifler için kriterler açısından yapılmış ikili karşılaştırma sütun değerleri (sij) sütun toplamına (ti) bölünerek normalleştirilmiş değerler (uij) belirlenmiştir. Ardından, her kritere göre

(i) alternatiflerin (j) yüzde ağırlıkları ( $v_{ij}$ ) hesaplanmıştır. Bir sonraki aşamada her bir kritere göre alternatifler için tutarlılık oranları ( $CR < 0,10$ ) belirlenerek, karar vericinin ikili karşılaştırmalardaki tutarlılığı değerlendirilmiştir.

#### **3.2.2.11 Amaç için alternatiflerin görece önem değerlerinin hesaplanması**

AHY'nin çözüm aşamasında son olarak genel amaç açısından alternatiflerin görece önem değerleri belirlenmiştir. Bu kapsamda, her bir alternatif için her bir kriter açısından yüzde ağırlıklar ( $v_{ij}$ ) ile kriterlerin ikili karşılaştırmalarından elde edilen yüzde ağırlıklar ( $w_i$ ) bire bir olarak çarpılmıştır. Son olarak, her alternatife ait bu çarpım değerleri toplanarak, alternatif bölmeden çıkarma yöntemlerinin görece önem değerleri ( $Z_j$ ) hesaplanmıştır.

#### **3.2.2.12 En yüksek görece öneme sahip alternatifin seçilmesi**

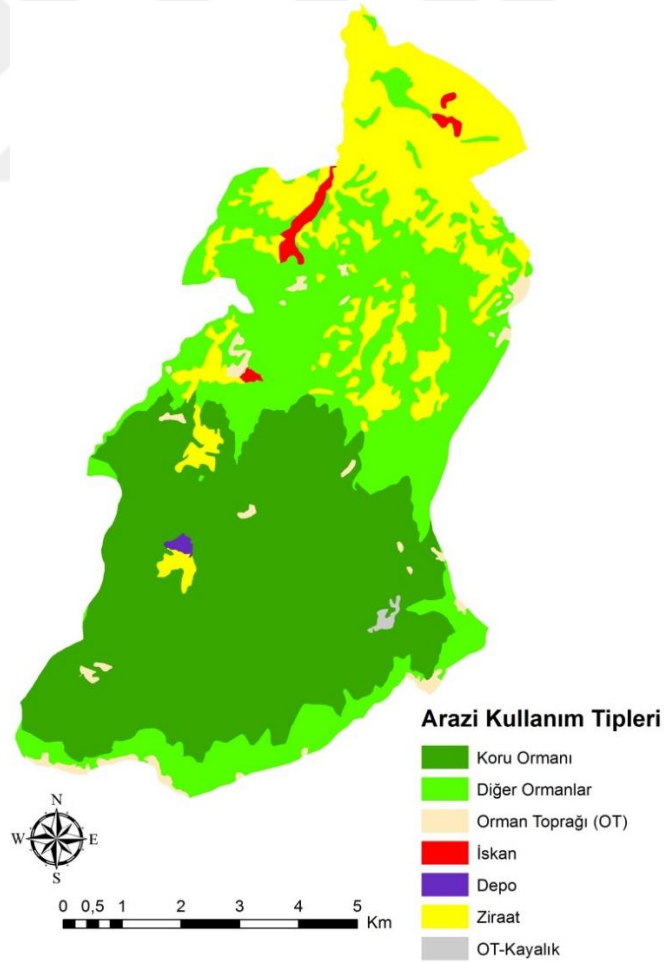
AHY'nin karar aşaması olan bu aşamada alternatiflerin görece önem değerleri karşılaştırılarak, en yüksek Z değerine sahip olan alternatif bölmeden çıkarma yöntemi belirlenmiştir.

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1 CBS Veri Katmanları

#### 4.1.1 Meşcere özellikleri

Oylat Orman İşletme Şefliğine ait sayısal meşcere haritası yardımıyla geliştirilen arazi kullanım tipi haritası Şekil 4.1’de gösterilmiştir. Sonuçlar çalışma alanının büyük bir bölümünün (%77,48) ormanlarla (koru ormanları ve baltalık) kaplı olduğunu ve bunu tarım alanlarının (%19,42) takip ettiğini göstermiştir (Çizelge 4.1). Çalışma kapsamında üretim çalışmalarının yürütüldüğü kuru ormanları değerlendirilmiştir.



Şekil 4.1 : Arazi kullanım tipi haritası

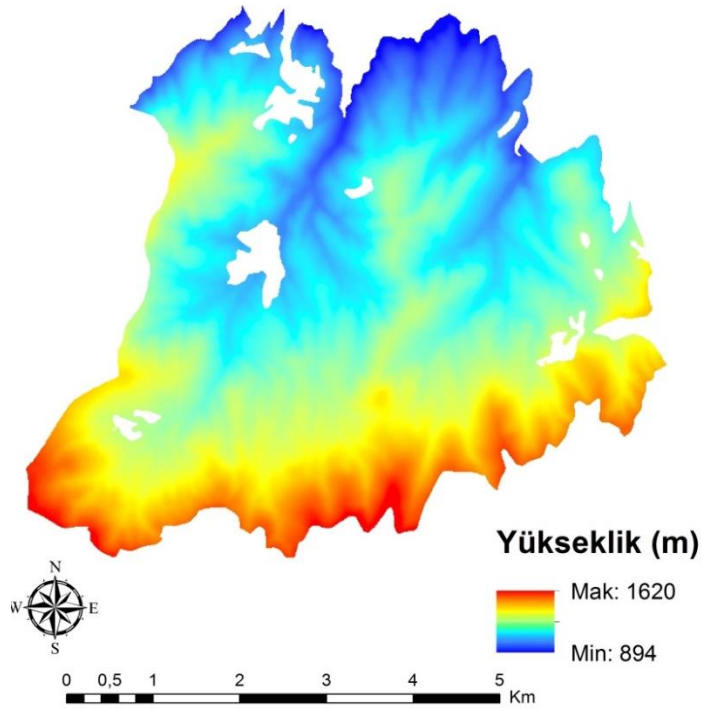


**Çizelge 4.1 : Arazi kullanım tipi alansal dağılımı**

Arazi Kullanım Tipleri	Alan (%)
Koru ve baltalık ormanlar	77,48
Ziraat	19,42
Orman Toprağı (OT)	1,87
İskan	0,87
OT-Kayalık	0,20
Depo	0,17
Toplam	100,00

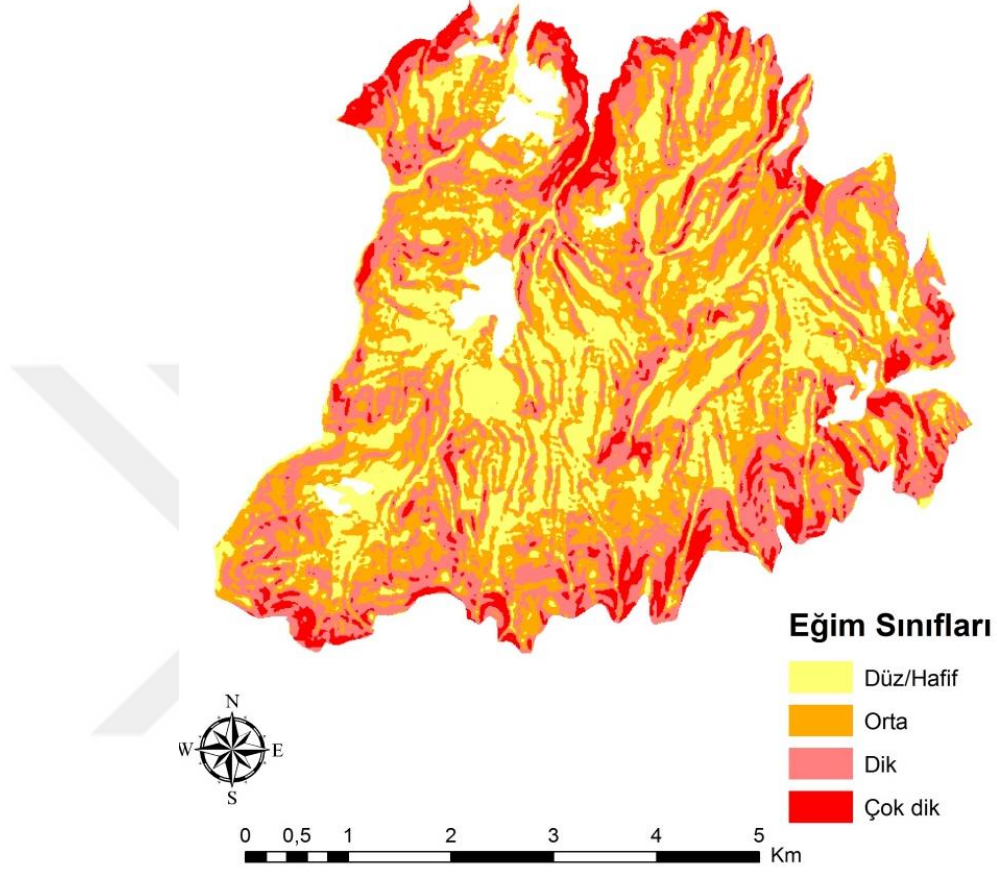
#### 4.1.2 Topografik özellikler

Çalışma alanına ait SYM geliştirilmiş ve daha sonra SYM tabanlı eğim haritası üretilmiştir. Şekil 4.2’de çalışma alanındaki koru ormanlarına ait SYM görülmektedir. Buna göre çalışma alanında ortalama rakım 1240 m olup, 894 m ile 1620 m arasında değişmektedir. ArcGIS eklentilerinden “3D Analyst” altında “Raster Surface” araçlarından “Slope” kullanılarak, çalışma alanı eğim haritası geliştirilmiştir. Alanda ortalama eğim %30 olup, %0-96 arasında değişmektedir.



**Şekil 4.2 : Çalışma alanı Sayısal Arazi Modeli**

Eğim haritası IUFRO kriterlerine göre eğim sınıfları haritasına ayrılmıştır (Şekil 4.3). Sonuçlara göre, çalışma alanının yaklaşık %37'si orta eğim sınıfında, %29'u ise dik eğim sınıfında yer almaktadır (Çizelge 4.2). Alanın yaklaşık %25'i düz ve hafif, geri kalanı da (%9) çok dik araziler olarak sınıflandırılmıştır.



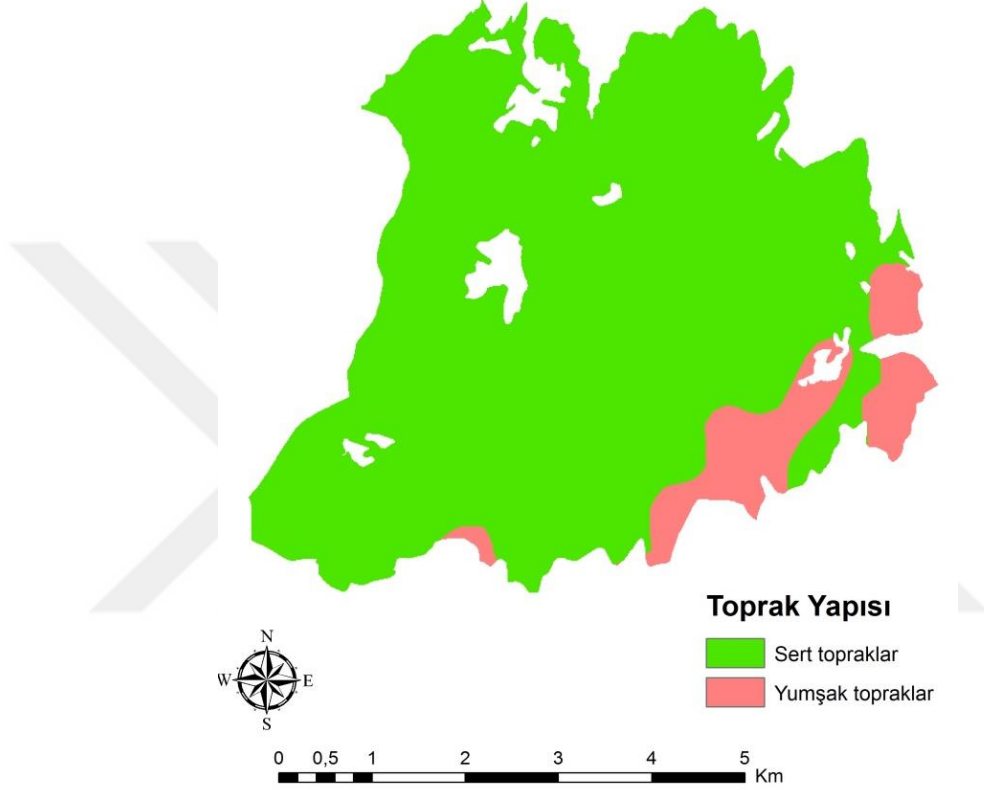
Şekil 4.3 : Çalışma alanı eğim haritası

Çizelge 4.2 : Arazi eğim sınıfları alansal dağılımı

Eğim Sınıfları	Alan (%)
Düz ve hafif eğim	25,17
Orta eğim	36,54
Dik eğim	28,82
Çok dik eğim	9,47

### 4.1.3 Toprak yapısı

Maden Tetkik Arama kurumuna ait web sitesinden indirilen jeoloji haritasından yararlanılarak çalışma alanına ait toprak haritası geliştirilmiştir. Daha sonra, toprak yapısını (sert, yumuşak) modele entegre etmek için toprak veri katmanı üretilmiştir (Şekil 4.4). Sonuçlar, çalışma alanının yaklaşık %91'inin sert topraklara sahip olduğunu, %9'unda ise yumuşak toprak yapısı bulunduğunu göstermiştir.



Şekil 4.4 : Toprak yapısı veri katmanı

### 4.2 AHY Yaklaşımı

AHY çözüm sürecinde kriterlere ve alt kriterlere ait önem derecelerini hesaplamak için ikili karşılaştırmalar matrisi oluşturulmuştur. Alternatif bölmeden çıkarma yöntemleri için eğim kriterine ait önem dereceleri Çizelge 4.3'de gösterilmiştir. Model sonuçları çok dik arazi yapısına sahip ormanlık alanlarda, kablolu hava hatlarının daha uygun olacağını göstermiştir. Önceki çalışmalarda da ülkemizde özellikle kuzey doğu bölgelerde çok dik arazi koşullarına sahip ormanlık alanlarda en uygun yöntemin kablolu hava hatları olacağı belirtilmiştir (Acar, 1995a; 1995b).

**Çizelge 4.3 : Eğim sınıflarına ait önem dereceleri**

<b>Eğim Sınıfları</b>	<b>Hava Hatları</b>	<b>Oluk Sistemi</b>	<b>Sürütücü</b>	<b>Tarım Traktörü</b>
Düz ve hafif eğim	0,07	0,07	0,13	0,64
Orta eğim	0,07	0,20	0,60	0,21
Dik eğim	0,21	0,60	0,20	0,07
Çok dik eğim	0,64	0,13	0,07	0,07

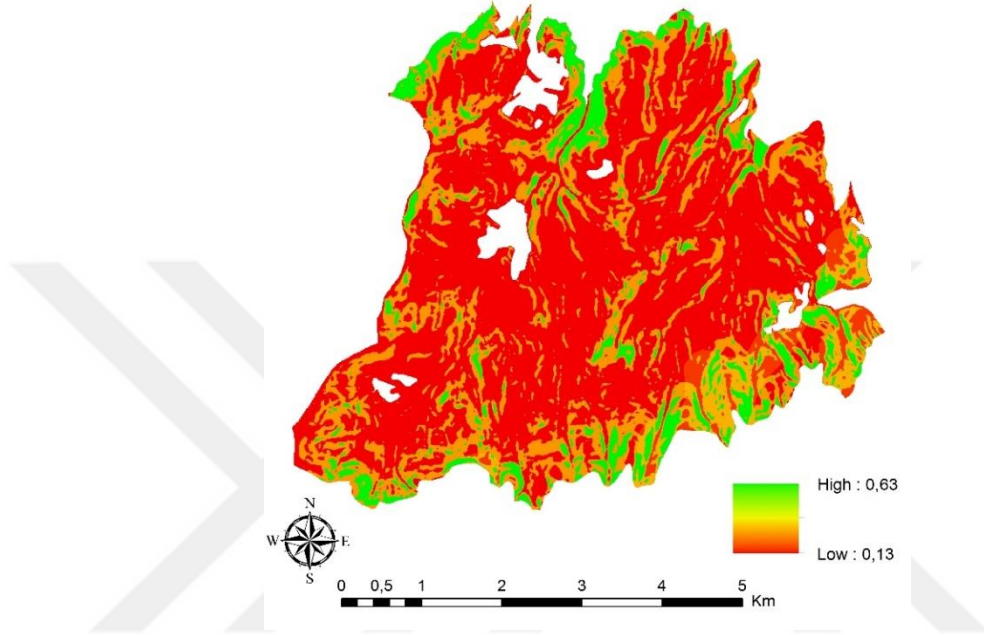
Dik eğimlerde ise AHY yaklaşımı oluk sistemini daha fazla tercih etmiştir. Bu sonuçlar da önceki oluk çalışmaları ile uyumlu bulunmuştur (Acar ve Ünver, 2012). Diğer eğim sınıflarında (normal ve düz/hafif eğim sınıfları) ise sürütücü ve tarım traktörünün bölmeden çıkarma operasyonlarında daha uygun olacağı görülmüştür.

Alternatif bölmeden çıkarma yöntemleri için toprak yapısı kriterine ait önem dereceleri Çizelge 4.4’de gösterilmiştir. Sonuçlara göre beklendiği gibi sürütücü ve tarım traktörü çalışma sahasında sert zemin yapısına sahip toprakların bulunduğu bölgeler için uygun bölmeden çıkarma yöntemleri olarak belirlenmiştir. Han vd. (2005), mekanik üretim araçlarının orman toprağı üzerinde önemli tahribatlara neden olabileceğini bildirmiştir. Nispeten yumuşak yapıdaki toprakların bulunduğu bölgelerde ise AHY yaklaşımı tarafından hava hatları ve oluk sistemi tercih edilmiştir.

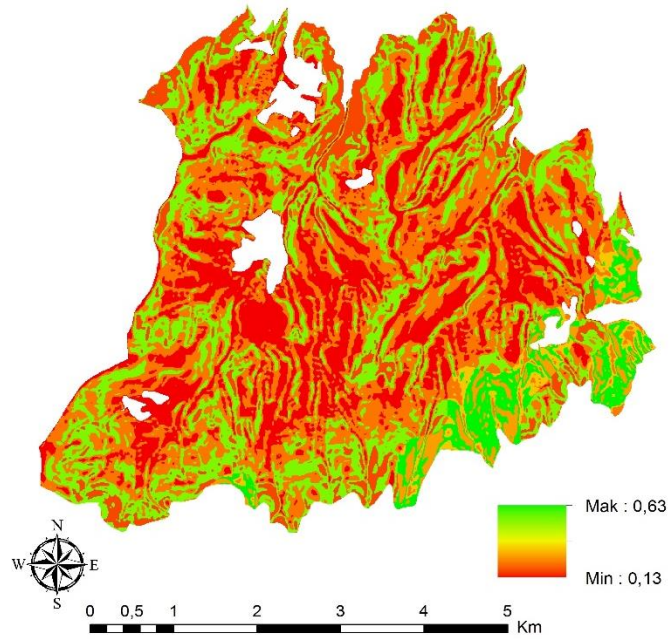
**Çizelge 4.4 : Toprak yapısına ait önem dereceleri**

<b>Toprak Yapısı</b>	<b>Hava Hatları</b>	<b>Oluk Sistemi</b>	<b>Sürütücü</b>	<b>Tarım Traktörü</b>
Sert toprak	0,42	0,30	0,90	0,80
Yumuşak toprak	0,58	0,70	0,10	0,20

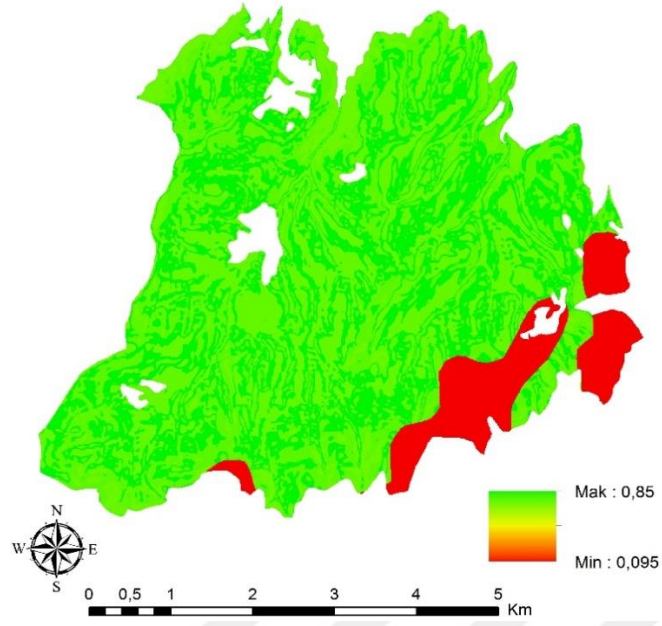
Daha sonra, her bir bölmeden çıkarma yöntemi için görece önem değerlerini gösteren veri katanları üretilmiştir (Şekil 4.5, 4.6, 4.7, 4.8). Bu amaçla ArcGIS 10.4 ortamında “extAhp 2.0” uzantısı kullanılmıştır. Sonuçlar, kablolu hava hatları ve oluk sistemi için en önemli ve etkili kriterin arazi eğimi olduğunu göstermiştir. Diğer taraftan, sürütücü ve tarım traktörü için toprak yapısının arazi eğimine göre daha önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.5).



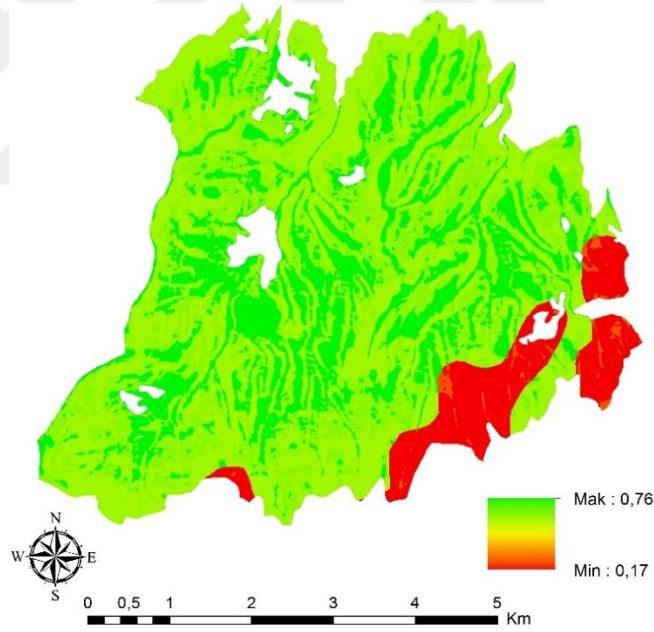
**Şekil 4.5 : Hava hatları**



**Şekil 4.6 : Oluk sistemi**



Şekil 4.7 : Sürütücü



Şekil 4.8 : Tarım traktörü

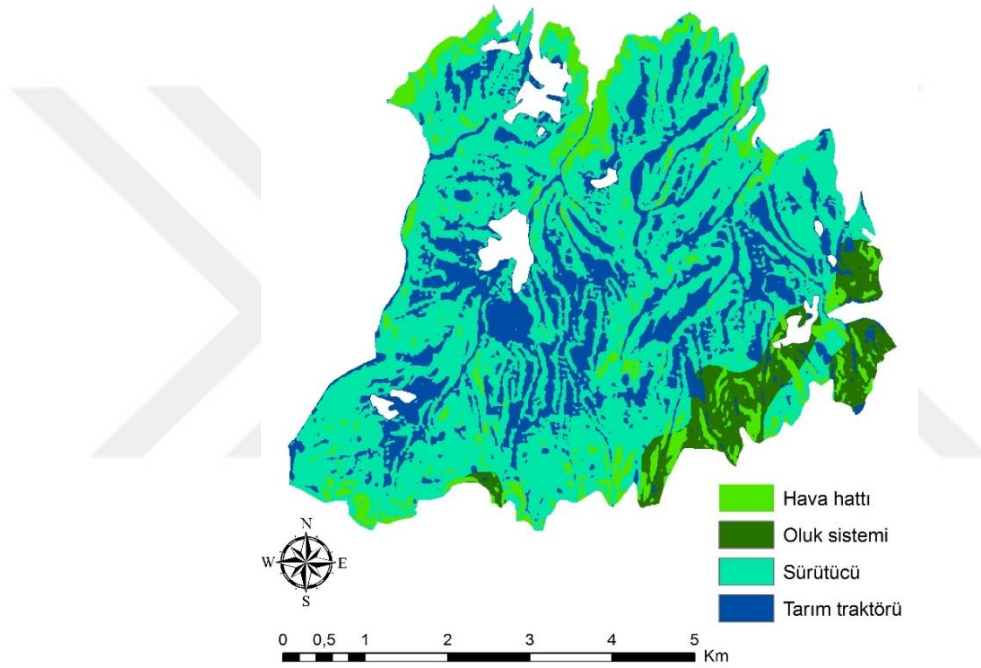
Çizelge 4.5 : Kriterlere ait önem dereceleri

Kriterler	Hava Hatları	Oluk Sistemi	Sürütücü	Tarım Traktörü
Eğim	0,83	0,75	0,17	0,25
Toprak yapısı	0,17	0,25	0,83	0,75



### 4.3 Optimum Bölmeden Çıkarma Yöntemleri

Şekil 4.9 bütün kriterlere göre en yüksek görece önem değerine sahip optimum bölmeden çıkarma yöntemlerinin alansal dağılımını göstermektedir (Çizelge 4.5). Sonuçlara göre, sürütücü AHY yaklaşımı tarafından çalışma alanının %59.1’inde optimum yöntem olarak önerilmiştir. Tarım traktörü ikinci en geniş alana (%25.17) sahip yöntem olarak belirlenmiştir. Kablolu hava hatları ve oluk sistemi çalışma alanının sırasıyla %9.47 ve %6.26’sında optimum bölmeden çıkarma yöntemleri olarak ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.6).



Şekil 4.9 : Optimum bölmeden çıkarma yöntemleri

Çizelge 4.6 : Optimum bölmeden çıkarma yöntemlerinin alansal dağılımı

Yöntemler	Alan (%)
Hava hattı	9,47
Oluk sistemi	6,26
Sürütücü	59,10
Tarım traktörü	25,17

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Orman ürünlerinin üretiminde en masraflı ve zaman alıcı aşama bölmeden çıkarma çalışmalarıdır. Bölmeden çıkarma çalışmalarında uygun yöntem ve makine tercihi yapılmaması durumunda dikili ağaçlar, fidanlar, orman toprağı ve ayrıca orman ürünleri zarar görebilmektedir. Ormanların devamlılığının sağlanması için alternatif bölmeden çıkama yöntemleri arasından optimum yöntemin belirlenmesinde ekonomik, teknik ve topografik faktörlerin yanı sıra ekolojik etkiler de dikkate alınmalıdır. İleri seviye konumsal sorgulamalar gerektiren bu tip kompleks problemlerin çözümünde CBS ile entegre karar destek sistemleri kullanılabilir.

Bu çalışma kapsamında, ormancılıkta bölmeden çıkarma faaliyetlerinin planlanmasında çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY) ArcGIS yazılımı ile entegre olarak kullanılmıştır. Çalışma kapsamında kablolu hava hatları, oluk sistemi, sürütücü ve tarım traktörü olmak üzere dört farklı bölmeden çıkarma yöntemi değerlendirilmiştir. Araştırma sahası Bursa Orman Bölge Müdürlüğüne bağlı İnegöl Orman İşletme Müdürlüğü sınırlarında yer almaktadır.

Uygun bölmeden çıkarma yöntemlerinin sorgulanmasında arazinin eğimi ve toprak yapısı dikkate alınmıştır. AHY sonuçları, kablolu hava hatları ve oluk sistemi için en önemli kriterin arazi eğimi, sürütücü ve tarım traktörü için ise toprak yapısı olduğunu belirlenmiştir.

IUFRO kriterlerine göre geliştirilen eğim haritasına göre göre, çalışma alanının yaklaşık %37'si orta eğim sınıfında, %29'u ise dik eğim sınıfında yer almaktadır. Sonuçlar, AHY yaklaşımının çok dik arazi yapısına sahip ormanlık alanlarda, kablolu hava hatlarını daha uygun bulduğunu göstermiştir. Dik eğimlerde ise yaklaşım oluk sistemini tercih etmiştir.

Toprak yapısı (sert, yumuşak) dikkate alındığında, çalışma alanının yaklaşık %91'inin sert topraklara sahip olduğu görülmüştür. AHY yaklaşımına göre sürütücü



ve tarım traktörü sert toprak yapısına sahip bölgeler için uygun bölmeden çıkarma yöntemleri olarak belirlenmiştir. Yumuşak yapıdaki toprakların bulunduğu bölgelerde ise hava hatları ve oluk sistemi önerilmiştir.

AHY yaklaşımının son aşamasında, her bir bölmeden çıkarma yöntemi için görece önem değerlerini gösteren veri katanları üretilmiş ve bunlar karşılaştırılarak çalışma alanının tamamı için optimum bölmeden çıkarma yöntemleri belirlenmiştir. Bu aşamada, ArcGIS 10.4 ortamında “extAhp 2.0” uzantısı kullanılarak AHY yöntemi ve CBS ile entegre edilmiştir.

Sonuçlara göre, çalışma alanının yaklaşık %59’unda sürütücü ile bölmeden çıkarma optimum yöntem olarak belirlenmiştir. Bunu %25’lik uygulama alanı ile oluk sistemi takip etmiştir. Kablolu hava hatları ve oluk sistemi ise çalışma alanının sırasıyla yaklaşık %10 ve %6’sında optimum yöntemler olarak önerilmiştir.

Ormancılıkta üretim işlerinde bölmeden çıkarma yöntemlerinin planlanması birçok faktörün değerlendirilmesini gerektiren karmaşık bir problemdir. Eşyükselti eğrili topoğrafik haritalar üzerinde yapılan geleneksel planlama çalışmaları büyük bir iş yoğunluğu oluşturmaktadır. Günümüzde, CBS teknikleri yardımıyla, geleneksel yöntemlerle yapımı zor veya imkansız olan konumsal veri katmanları kullanılarak, planlama çalışmalarını daha hızlı, hassas ve ekonomik olarak gerçekleştirilebilmektedir. Ayrıca, planlamada önem taşıyan topografik ve ekolojik faktörler gibi bir çok faktör için katmanlar üreterek, CBS ile entegre karar destek sistemleri kullanılarak bu katmanlar üzerinde konumsal sorgulamalar yapılabilmektedir.

Bu tez çalışmasında bölmeden çıkarma yöntemlerinin belirlenmesinde eğim ve toprak yapısı özellikleri değerlendirilmiştir. Bu konuda ileride yapılabilecek geniş çaplı araştırmalarda, bu faktörlerin yanı sıra sürütme mesafesi, hektardaki üretim miktarı, üretim alanı ve ürün boyutları gibi faktörler de değerlendirmeye dahil edilmelidir. Ayrıca, bu çalışmada dikkate alınan bölmeden çıkarma yöntemlerine ilave olarak ülkemizde kullanılan diğer yöntemlerde (taşınabilir vinç, insan ve hayvan gücüyle sürütme, vb.) ileriki çalışmalarda alternatifler arasında değerlendirilmelidir.

## KAYNAKLAR

**Acar, H.H.** (1995a). Yusufeli Orman İşletmesinde İbrelili Yakacak Odunlarının Saç Oluklarla Bölmeden Çıkarılması. *Tr. J. of Agriculture and Forestry*, 19, 437-442.

**Acar, H.H.** (1995b). Dağlık Arazide Kısa Mesafeli Mobil Orman Hava Hatları ile Bölmeden Çıkarma Çalışmalarının İncelenmesi. *Tr. J. of Agriculture and Forestry* (21), 195-200.

**Acar, H. H.** (1998). Artvin Orman İşletme Müdürlüğünde kamyonla nakliyat giderlerinin transport modeli ile minimize edilmesi. *Journal of Agriculture and Forestry*, 22, 491-497.

**Acar, H. H., Eroğlu, H.** (2001). Orman yolları üzerinde odun hammaddesi nakliyatının planlanması. *Kafkas Üniversitesi, Artvin Orman Fakültesi Dergisi*, 1, 61-66.

**Acar, H. H., Eroğlu, H.** (2003). Dağlık Arazide Üretilen İnce Çaplı Odunların Fiberglass Yöntemi ile Bölmeden Çıkarılması İmkanları Üzerine Bir Araştırma, KTÜ Araştırma Fonu Projesi, No: 22.113.001-2, Ocak.

**Acar, H. H. Ünver, S.** (2004). Odun Hammaddesi Üretiminde Teknik ve Çevresel Açılardan Zararların Tespiti ile Çözüm Önerileri. *ZKÜ Bartın Orman Fak. Dergisi*. 6(6), 165-173.

**Acar, H.H., Ünver, S., Özkaya, M.S.** (2010). Artvin Orman Bölge Müdürlüğü'ndeki Odun Hammaddesi Üretim Araçlarının Verim Açısından İncelenmesi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*. 11(2), 12-19.

**Acar, H.H., Ünver, S.** (2012). Tomrukların Oluk İçerisinde Traktör Gücü ile Kontrollü Kaydırılması (TOKK-T) Yönteminde İş Verimliliği. *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 13.

**Akay, A.E., Erdaş, E., Sessions J.** (2004). Determining Productivity of Mechanized Harvesting Machines. *Journal of Applied Sciences* 4(1), 100-105.

**Akay, A. E.,** (2005). Determining Cost and Productivity of Using Animals in Forest Harvesting Operations, *Journal of Applied Sciences Research*. 1(2), 190-195.

**Akay, A. E., Yuksel, A., Reis, M., Tutus, A.** (2007). The Impacts of Ground-based Logging Equipment on Forest Soil. *Polish Journal of Environmental Studies*. 16(3), 371-376.

**Akay, A.E., Wing, G.M., Sivrikaya, F., Sakar, D.** (2012b). A GIS-based decision support system for determining the shortest and safest route to forest fires: a case study in Mediterranean Region of Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*. 184(3), 1391-1407.

**Akay, A. E., Özkan, D., Bilici, E.** (2016). Assessing Productivity and Work Safety of a Mechanized Logging Operation. *The International Forestry Symposium (IFS 2016)*. 7-11 December, Kastamonu, Turkey.

- Aykut T.** (1985). Orman ürünlerinin taşınmasında mekanizasyon ve verimler, Ormancılıkta Mekanizasyon ve Verimliliği I. Ulusal Sempozyumu, Bolu, MPM Yayın No. 339, 130-158.
- Başkent, E. Z.** (2004). *Yöneylem Araştırması, Modelleme ve Doğal Kaynak Uygulamaları*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Genel yayın No: 218, Fakülte yayın No: 36. KTÜ Matbaası. Trabzon. 480 s.
- Bilici, E., Akay, A.E., Abbas, D.** (2017a). An Evaluation of a Fully Mechanized Forest Harvesting Operation in Bursa, Turkey. ISFOR 2017 International Symposium on New Horizons in Forestry. 18-20 October, Isparta.
- Coulter, E.D., Coakley, J., Sessions, J.** (2006). The Analytic Hierarchy Process: A tutorial for Use in Prioritizing Forest Road Investments to Minimize Environmental Effects. *Internatioanl Journal of Forest Engineering*. 17(2), 51-69.
- Ejder, E.** (2000) Mobilya Endüstrisinde Analitik Hiyerarşi Süresi (AHS) Yöntemiyle Kuruluş Yeri Seçimi. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ağaç İşleri Endüstri Müh. Ana Bilim Dalı, Ankara.
- Erdaş, O.** (1986). Odun hammaddesi üretimi, bölmeden çıkarma ve taşıma safhalarında sistem seçimi, *KTÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 9(1-2), 91-113.
- Erdaş, O.** (1993). Bölmeden çıkarma sırasında traktör kullanımının orman toprağının mekanik özelliklerine etkisi ve bunun biyolojik sonuçları. *Turkish Journal of Agricultural and Forestry*. 17, 1-10.
- Erdaş, O.** (2008). *Transport Tekniği*. KSÜ Rektörlüğü, Kahramanmaraş, Yayın No: 130/20 554 s.
- Erlar, J., Purfürst, T., Dög, M.** (2012). Präzise Forstwirtschaft. Fachinstitut für Waldarbeit e. V. Tharandt. 92 s.
- Eroğlu, H., Acar, H.H., Özkaya, M.S., Tilki, F.** (2007). Using plastic chutes for extracting small logs and short pieces of wood from forests in Artvin, Turkey. *Building and Environment*. 42, 2007, 3461-3465.
- Eroğlu, H., Özmen, T.** (2010). Hayvan Gücü İle Bölmeden Çıkarma Çalışmalarının Verimlilik Açısından İncelenmesi Üzerine Bir Araştırma. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi. 20-22 Mayıs, 2010, Artvin. Cilt 2, 554-563.
- Han, H.-S., Kellogg, L.D.** (2000). A Comparison of Sampling Methods for Measuring Residual Stand Damage from Commercial Thinning, *Journal of Forest Engineering*.
- Jones, D.G.** (2010). A decision support system for forest harvest planning in North Carolina. Proceedings of the American Water Resources Association 2010 Spring Speciality Conference. March 29-31. Orlando, FL, USA.
- Keleş, S., Başkent, E.Z., Karahalil, U., Günlü, A.** (2011). Ormanların Ekosistem Tabanlı Çok Amaçlı Planlanmasında Karar Destek Sistemleri: Edremit-Gürgendağ Planlama Birimi Örneği. I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu. 24-26 Ekim, Kahramanmaraş.
- Kováčsová P., Antalová M.** (2010). Precision Forestry - Definition and Technologies. *Journal of Forestry Society of Croatia*, 134(11-12), 603-611.
- Myers, J.H., Alpert M.I.** (1968). Determinant Buying Attitudes: Meaning and Measurement.

- Özden, Ü.H.** (2008). Analitik Hiyerarşi Yöntemi ile İlkokul Seçimi. Marmara Üniversitesi, *İ.İ.B.F., Dergisi*. 24 (1), 299-320.
- Öztürk, T., Akay, A. E.** (2007). Tarım traktörlerinin orman ürünlerinin üretiminde kullanılmak üzere modifiye edilmesi. Orman Kaynaklarının İşlevleri Kapsamında Darboğazlar, Çözüm Önerileri ve Öncelikler. 17-19 Ekim, İstanbul.
- Pittman, S.D.** (2003). Elements of Hierarchical Planning in Forestry: A Focus on the Mathematical Model. Proceedings of the Second International Precision Forestry Symposium University. 15-17 June, Seattle, Washington, USA.
- Reynolds, K.M.** (2005). Integrated decision support for sustainable forest management in the United States: Fact or fiction? Computers and Electronics in Agriculture 49 (1), 6-23.
- Saaty, T.L.** (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. Journal of Mathematical Psychology. 15, 234-281.
- Saaty, T.L.** (1980). The Analytic hierarchy process. ISBN 0-07-054371-2, USA.
- Sessions, J., Chung W., Heinemann, H. R.** (2001). New algorithms for solving large scale harvesting and transportation problems including environmental constraints. in Proc. of the FAO/ECE/ILO workshop on new trends in wood harvesting with cable systems for sustainable forest management in mountain forests, June 18-24, Ossiach, Austria.
- Sivrikaya, F., Küçüker, D.M., Demir, O.** (2012). Orman Amenajman Planlarının ETÇAP Klasik Programı İle Hazırlanması: Akseki-İbradı Planlama Birimi Örneği. KSÜ Mühendislik Bil. Der., Özel Sayısı, 166-172.
- Yenilmez, N.** (2010). *Tomruk Üretiminde Optimum Boylama Metodunun Tek Ağaç Düzeyinde Uygulanması*. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Kahramanmaraş. 126 s.
- Yıldırım, M., Engür, O.** (1989). Ormanda Bölmeden Çıkarma. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi Seri B*, 39(4), 84-99.
- Yılmaz, M., Akay, A. E.** (2008). Stand Damage of a Selection Cutting System in an Uneven Aged Mixed Forest of Çimendagi in Kahramanmaraş-Turkey. *International Journal of Natural and Engineering Sciences*. 2(1), 77-82.
- Türk, Y.** (2011). Ormancılıkta Endüstriyel Odun Hammaddesinin Tarım Traktörleriyle Bölmeden Çıkarılmasında Sürütme Şeritlerinin Optimizasyonu. Karadeniz Teknik Üniversitesi Doktora Tezi, Nisan 2011, Trabzon.

## ÖZGEÇMİŞ



**Ad-Soyad** : Başak YILMAZ  
**Doğum Tarihi ve Yeri** : 07-08-1989, İzmit  
**E-posta** : basakylimazzz@gmail.com

### ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2013, KTÜ, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü
- **Yüksek Lisans** :

### MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- .....
- .....

### TEZDEN TÜRETİLEN ESERLER, SUNUMLAR VE PATENTLER:

Akay, A.E., Yılmaz, B. 2017. Using GIS and AHP for Planning Primer Transportation of Forest Products. ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume IV-4/W4, 2017 4th International GeoAdvances Workshop, 14–15 October, Safranbolu, Karabuk, Turkey.

### DİĞER ESERLER, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- .....
- .....