



T.C.  
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ORMAN EKOSİSTEMLERİNİN BİYOKÜTLE VE  
KARBON DEPOLAMA MİKTARLARININ FARKLI  
YÖNTEMLERE GÖRE BELİRLENMESİ  
(KAPIKAYA PLANLAMA BİRİMİ ÖRNEĞİ)**

**MEHMET İŞİK**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**KAHRAMANMARAŞ 2013**

**T.C.**  
**KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ORMAN EKOSİSTEMLERİNİN BİYOKÜTLE VE  
KARBON DEPOLAMA MİKTARLARININ FARKLI  
YÖNTEMLERE GÖRE BELİRLENMESİ  
(KAPIKAYA PLANLAMA BİRİMİ ÖRNEĞİ)**

**MEHMET IŞIK**

**Bu tez,**  
**Orman Mühendisliği Anabilim Dalında**  
**YÜKSEK LİSANS**  
**derecesi için hazırlanmıştır.**

**KAHRAMANMARAŞ 2013**

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi Mehmet ışık tarafından hazırlanan “Orman Ekosistemlerinin Biyokütle ve Karbon Depolama Miktarlarının Farklı Yöntemlere Göre Belirlenmesi (Kapıkaya Planlama Birimi Örneği)” adlı bu tez, jürimiz tarafından 14 / 11 / 2013 tarihinde oy birliği ile Orman Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Fatih SIVRİKAYA (Danışman) .....

Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, KSÜ

Prof. Dr. Abdullah Emin AKAY (ÜYE) .....

Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, KSÜ

Yrd. Doç. Dr. Murat ZENGİN (ÜYE) .....

Peyzaj Mühendisliği Anabilim Dalı, KSÜ

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. M. Hakkı ALMA .....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

MEHMET IŞIK

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

**ORMAN EKOSİSTEMLERİNİN BİYOKÜTLE VE KARBON DEPOLAMA  
MİKTARLARININ FARKLI YÖNTEMLERE GÖRE BELİRLENMESİ  
(KAPIKAYA PLANLAMA BİRİMİ ÖRNEĞİ)**

**ÖZET**

Orman ekosistemi karasal ekosistemdeki organik karbonun %76-78'ini tutması bakımından en önemli karbon havuzudur. Ülkemiz imzalamış olduğu antlaşmalar ve sözleşmeler gereği, orman ekosisteminin karbon depolama miktarını belirlemek ve bildirmek zorunluluğundadır. Bu bağlamda, orman ekosisteminin karbon depolama kapasitesinin doğru ve tutarlı bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada, Kahramanmaraş Orman Bölge Müdürlüğü, Kahramanmaraş Orman İşletme Müdürlüğü, Kapıkaya Orman İşletme Şefliği ormanlarının biyokütle ve karbon depolama miktarları farklı yöntemlere (Biyokütle çevirme faktörü, Ağaç türüne bağlı biyokütle çevirme faktörü ve Allometrik denklemler) göre belirlenmiş ve ArcGIS 10<sup>TM</sup> ortamında haritalandırılmıştır. Planlama biriminin karbon depolama miktarı, biyokütle çevirme faktörü yöntemine göre 397033.5 ton, ağaç türüne bağlı biyokütle çevirme faktörü yöntemine göre 397245.3 ton ve allometrik denklem yöntemine göre ise 545656.1 ton hesaplanmıştır. Allometrik denklem yönteminde çapa bağlı geliştirilen denklemler kullanıldığından diğer iki yönteme göre daha gerçekçi ve doğru sonuçlar elde edilmiştir. Ülkemizde geliştirilen biyokütle tabloları, biyokütle çevirme faktörleri ve allometrik denklemler yetersiz olduğundan ağaç türleri için allometrik denklemler geliştirilerek sera gazı ulusal envanterinde biyokütle ve karbon depolama miktarlarının daha gerçekçi hesaplanmasına katkı sağlanmalıdır.

**DETERMINING THE AMOUNTS OF BIOMASS AND CARBON  
STORAGE IN FOREST ECOSYSTEMS BY DIFFERENT METHODS  
(A CASE STUDY IN KAPIKAYA FOREST PLANNING UNIT)**

**SUMMARY**

Forest ecosystem is capturing % 76-78 of the organic carbon in terrestrial ecosystem so it is important carbon pool. Since our country has signed treaties and agreements, it has to determine and inform the amount of carbon storage of forest ecosystem. In this regard, it is needed that the carbon storage capacity of forest ecosystem should be determined accurately and consistently.

In this study, the biomass and carbon storage quantities in Kahramanmaras Forest Regional Directorate, Kahramanmaras Forest District Directorate, Kapikaya Forest Unit Directorate were determined according to different methods (Biomass conversion factor based method, biomass conversion factor based method depend on tree species and allometric equation based method) and mapped via ArcGIS 10TM. The amount of carbon storage in planning unit, according to biomass conversion factor based method, allometric equation based method and biomass conversion factor based method depend on tree species, was calculated as 397033,5 tons, 545656,1 tons and 397245,3 respectively. Since the being developed equations depend on diameter in allometric equations based method were used, according to this method, more realistic and accurate results were obtained. Since the biomass tables, biomass conversion factors and allometric equations that have been developed in our country is insufficient, it should be contributed that the amount of biomass and carbon storage should calculate more realistic by being developed allometric equations in inventory of national greenhouse gas.

## TEŞEKKÜR

“Orman Ekosistemlerinin Biyokütleye ve Karbon Depolama Miktarlarının Farklı Yöntemlere Göre Belirlenmesi (Kapıkaya Planlama Birimi Örneği)” adlı bu alıőma Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Yüksek lisans tez danışmanlığımı üstlenerek çalıőmalarımın her aőamasında, bilgi, destek ve katkılarını esirgemeyen, görüő ve yardımlarından faydalandığım sayın hocam Doç. Dr. Fatih SİVRİKAYA’ya sonsuz teőekkürlerimi sunarım. Ayrıca, çalıőmamın her aőamasında fikirlerine baővurduđum değerli hocam Dr. Nuri BOZALI’ye teőekkürü borç bilirim.

Yüksek lisans tez çalıőmam süresince her zaman yanımda olan, ilgi ve desteğini benden esirgemeyen değerli arkadaőım Orm. Müh. Veysel YILDIRIMER’e, hayatımın her aőamasında maddi ve manevi yardımlarını benden esirgemeyerek beni bu günlere getiren aileme ve yüksek lisans öğrenimim boyunca yanımda olarak bana destek olan arkadaőlarım Arő. Gör. Ferhat BOLAT ve Orm. Müh. Gökhan YILDIRIM’a sonsuz sevgilerimi ve teőekkürlerimi sunarım.

# İÇİNDEKİLER

|   | <u>Sayfa No</u> |
|---|-----------------|
| ÖZET .....  | i               |
| SUMMARY .....   | ii              |
| TEŞEKKÜR .....  | iii             |
| İÇİNDEKİLER .....   | iv              |
| ŞEKİLLER DİZİNİ .....   | vi              |
| ÇİZELGELER DİZİNİ .....   | vii             |
| SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ .....                                      | viii            |
| 1. GİRİŞ .....  | 1               |
| 1.1. Genel Bilgiler .....   | 1               |
| 1.2. Biyokütle ve Hesaplama Yöntemleri .....                              | 6               |
| 1.2.1. Biyokütle hesaplama yöntemleri .....                               | 7               |
| 1.2.1.1. Biyokütle çevirme faktörü yöntemi .....                          | 8               |
| 1.2.1.2. Allometrik denklem yöntemi .....                                 | 12              |
| 1.2.1.3. Uzaktan algılama yöntemi .....                                   | 14              |
| 1.3. Ormanların Karbon Depolama Fonksiyonu .....                          | 15              |
| 2. MATERYAL ve METOT .....  | 17              |
| 2.1. Çalışma Alanının Tanıtımı .....                                      | 17              |
| 2.2. Materyal .....   | 20              |
| 2.3. Yöntem .....   | 20              |
| 2.3.1. Biyokütlenin hesaplanması .....                                    | 20              |
| 2.3.1.1. Biyokütle çevirme faktörü yöntemi .....                          | 20              |
| 2.3.1.2. Ağaç türüne bağlı biyokütle çevirme faktörü yöntemi .....        | 23              |
| 2.3.1.3. Allometrik denklem yöntemi .....                                 | 24              |
| 2.3.2. Karbon depolama kapasitesinin hesaplanması .....                   | 25              |
| 2.3.3. Karbon depolama kapasitesinin haritalandırılması .....             | 26              |
| 3. BULGULAR VE TARTIŞMA .....   | 27              |
| 3.1. Biyokütle Çevirme Faktörü Yöntemine İlişkin Bulgular .....           | 27              |
| 3.2. Ağaç Türüne Bağlı Biyokütle Çevirme Yöntemine İlişkin Bulgular ..... | 29              |
| 3.3. Allometrik Denklem Yöntemine İlişkin Bulgular .....                  | 31              |
| 3.4. Yöntemlerin Karşılaştırılması .....                                  | 34              |

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 4. SONUÇ VE ÖNERİLER..... | 41 |
| KAYNAKLAR .....           | 43 |
| ÖZGEÇMİŞ .....            | 55 |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|   | <u>Sayfa No</u> |
|---|-----------------|
| Şekil 2.1. Çalışma alanının coğrafi konumu.....   | 17              |
| Şekil 3.1. Planlama biriminin biyokütle çevirme faktörü yöntemine göre hesaplanan karbon depolama miktarları.....                   | 28              |
| Şekil 3.2. Planlama biriminin ağaç türüne bağlı biyokütle çevirme faktörü yöntemine göre hesaplanan karbon depolama miktarları..... | 31              |
| Şekil 3.3. Planlama biriminin allometrik denklem yöntemine göre hesaplanan karbon depolama miktarları .....                         | 33              |

## ÇİZELGELER DİZİNİ

|  | <u>Sayfa No</u> |
|--|-----------------|
| Çizelge 1.1. Türkiye’deki bazı ağaç türleri için geliştirilmiş biyokütle çevirme faktörleri ....     | 10              |
| Çizelge 1.2. Türkiye’deki bazı ağaç türleri için geliştirilmiş allometrik denklemler .....           | 13              |
| Çizelge 2.1. Kapıkaya orman işletme şefliği ormanlık alan dağılımı .....                             | 18              |
| Çizelge 2.2. Planlama birimi meşcere tipi alan ve servet değerleri .....                             | 21              |
| Çizelge 2.3. Planlama birimindeki toprak üstü biyokütlenin hesaplanması .....                        | 23              |
| Çizelge 2.4. Planlama birimindeki toprak altı biyokütlenin hesaplanması .....                        | 23              |
| Çizelge 2.5. Ağaç türleri için geliştirilen biyokütle denklemleri .....                              | 25              |
| Çizelge 3.1. Biyokütle çevirme faktörü yöntemine göre biyokütle ve karbon miktarları .....           | 27              |
| Çizelge 3.2. Ağaç türüne bağlı biyokütle çevirme faktörü metoduna göre karbon miktarı .....          | 30              |
| Çizelge 3.3. Allometrik denklem metoduna göre karbon miktarları .....                                | 32              |
| Çizelge 3.4. Farklı yöntemlere göre toplam biyokütle ve karbon miktarları .....                      | 34              |
| Çizelge 3.5. Farklı yöntemlere göre meşcere tiplerinin biyokütle ve karbon depolama miktarları ..... | 36              |

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

|                        |  |
|------------------------|--|
| <b>AS</b>              | :Ağaç Serveti Hacmi  |
| <b>AD</b>              | :Allometrik Denklem  |
| <b>AFOLU</b>           | :Agriculture, Forestry and Other Land Use                          |
| <b>ATBÇF</b>           | :Ağaç Türüne Bağlı Biyokütle Çevirme Faktörü                       |
| <b>BÇF</b>             | :Biyokütle Çevirme Faktörü   |
| <b>BÇGF</b>            | : Biyokütle Dönüştürme ve Genişletme Katsayısı                     |
| <b>CO<sub>2</sub></b>  | :Karbondioksit   |
| <b>C</b>               | :Karbon  |
| <b>CH<sub>4</sub></b>  | :Metan   |
| <b>d</b>               | :Çap   |
| <b>ha</b>              | : Hektar   |
| <b>FKA</b>             | :Fırın Kurusu Ağırlık  |
| <b>GPG-LULUCF</b>      | :Good Practice Guidance for Land Use, Land Use Change and Forestry |
| <b>HFC<sub>s</sub></b> | :Hidrofluorokarbon   |
| <b>IPCC</b>            | :Intergovernmental Panel on Climate Change                         |
| <b>m<sup>3</sup></b>   | :Metreküp  |
| <b>m</b>               | :Metre   |
| <b>mm</b>              | :Milimetre   |
| <b>N<sub>2</sub>O</b>  | :Azot Oksit  |
| <b>NGGIP</b>           | :Ulusal Sera Gazları Envanteri Programı                            |
| <b>ph</b>              | :Asidik ve Bazik Derece Birimi                                     |
| <b>PFC<sub>s</sub></b> | :Perfluorokarbon   |
| <b>ppm</b>             | :Milyonda Bir  |
| <b>R</b>               | :Kök/Sak Oranı   |
| <b>SF<sub>6</sub></b>  | :Sülfür Heksafluorid   |

|               |  |
|---------------|--|
| <b>TÜBK</b>   | :Toprak Üstü Biyokütle                                 |
| <b>TABK</b>   | :Toprak Altı Biyokütle                                 |
| <b>TBK</b>    | :Toplam Biyokütle                                      |
| <b>UNFCCC</b> | :United Nations Framework Convention on Climate Change |
| <b>%</b>      | : Yüzde  |

# 1. GİRİŞ

## 1.1. Genel Bilgiler

Dünyadaki hızlı nüfus artışı, sanayileşme ve şehirleşmenin sonucu olarak doğal kaynaklara olan talepler çeşitlenerek hızlı bir artış göstermiştir. Çeşitlenen ve artan talebin karşılanması sırasında orman ekosistemlerinin tahrip edilmesi, iklim değişikliği, çölleşme, kirlilik ve biyolojik çeşitliliğin azalması gibi pek çok sorun ortaya çıkmıştır. Bu sorunlardan biri olan küresel iklim değişikliği, insanoğlunun son yüzyılda karşı karşıya kaldığı en önemli problemlerin başında gelmektedir. İklim değişikliği kapsamında küresel ısınmanın sebebi olarak sanayileşme ve arazi kullanım değişiklikleri sonucu atmosfere salınan CO<sub>2</sub> miktarının artması gösterilmektedir. Çünkü sanayi devrimiyle birlikte endüstride, araçlarda ve ısınmada enerji kaynağı olarak fosil yakıtların kullanılması, insanların tarım ve şehirleşme için orman ekosistemini tahrip ederek yeni yerleşim yerleri açması ve yakacak odun ihtiyacı için ormanları tahrip etmesi sonucu atmosferdeki sera gazları ve özellikle de CO<sub>2</sub> miktarı artmıştır (Sivrikaya ve Bozali, 2012).

Son 50 yıldır CO<sub>2</sub>'in atmosferdeki konsantrasyonu sürekli artış göstermektedir. Bu artış oranı geçmiş yüz yıllık bir döneme göre çok hızlı bir trendde seyretmiştir (NOAA/ESRL, 2011). Atmosferdeki karbondioksit konsantrasyonu 1957 yılından beri sürekli ölçülüp kaydedilmektedir (Vashum ve Jayakumar, 2012). Sanayi devriminden önce CO<sub>2</sub> konsantrasyonu atmosferde 280 ppm civarında iken, 2013 yılı eylül ayı itibariyle 393.3 ppm değerine ulaşmış olup 2000-2013 yılları arasında yıllık ortalama 1.93 ppm arttığı bildirilmektedir (URL-1). Atmosferdeki karbondioksit miktarındaki hızlı artışın temel nedeni antropojenik etkenlerdir. 19. yüzyılda sanayi devrimiyle birlikte önemli miktarda fosil yakıtların yakılması, kullanım değişiklikleri, ormanların tahribi, ormansızlaşma ve çarpık sanayileşme atmosferdeki sera gazlarının yoğunluğunda gözle görülür bir artış meydana getirmiştir (Vashum ve Jayakumar, 2012).

Karbon, atmosferde karbondioksit gazı olarak bulunmakta ve atmosferde % 0.04 gibi çok küçük bir orana sahiptir. Karbondioksitin atmosferdeki oranının çok küçük olmasına rağmen küresel iklimi etkilemekte (Brown, 1993) ve gözlenen küresel iklim değişiminin % 60 nedeninin atmosferdeki karbondioksit miktarının artmasından kaynaklandığı tespit edilmiştir (Grace, 2004).

Orman ekosistemi karasal ekosistemin en önemli karbon havuzudur. Ormanlar, fotosentez ile karbondioksiti alarak atmosferdeki karbondioksit miktarını azaltmaktadır.

Karbon, ağaçların gövdelerinde, yapraklarında, dallarında, köklerinde, ölü ve diri örtü ile orman toprağında tutulmaktadır (Brown ve Schroeder, 1999; Houghton ve ark., 1999; Goodale ve ark., 2002). Bu nedenle orman ekosistemi, bölgesel ve küresel karbon döngüsünde önemli rol oynamakta ve karasal ekosistemdeki organik karbonun % 76-78'ini depolamaktadır (Woodwell ve ark., 1978; Hashimoto ve ark., 2000; Haripriya ve ark., 2002). Ayrıca, karasal ekosistemdeki toprak üstü karbonun %86'sı ve topraktaki karbonun %73'ü ormanlarda tutulmaktadır (Rodger, 1993). Ormanlık alan miktarının artırılması ile doğru orantılı olarak karbon (C) depolama kapasitesini arttırmak, atmosferdeki karbondioksit (CO<sub>2</sub>) konsantrasyonlarını azaltmak için basit ve etkili bir yöntem olarak önerilmekte ve böylece küresel ısınmanın önlenmesine katkıda bulunmaktadır (Kurz ve ark., 1996; Cairns ve ark., 1997).

Karbondioksit ve sera gazlarının (CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFC<sub>s</sub>, PFC<sub>s</sub>, SF<sub>6</sub>) atmosferdeki miktarlarının sürekli olarak artması sera gazı emisyonlarının azaltılması ve sınırlandırılması yönünde uluslararası boyutta adımlar atılmasını gerektirmiştir. Bu kapsamda, 1992 yılında Rio'da imzalanan Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC) ile 1997'de imzalanan Kyoto Protokolü ön plana çıkan anlaşmalardır. 1992'de Rio Konferansı kapsamında "İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi" 24 Mayıs 2004 tarihinde ülkemiz tarafından kabul edilmiştir. Karasal ekosistemlerde en fazla karbonu ormanlar depoladığından dolayı, ormanların korunması ve ormanlık alan miktarının artırılması dünyayı tehdit eden en önemli çevresel problemlerden biri olan küresel ısınmaya karşı alınabilecek önemli önlemlerden biridir (Ülker, 2010). Çünkü ormanlar, meralara ve tarımsal bitki topluluklarına oranla daha fazla CO<sub>2</sub> tükettiklerinden küresel ısınmanın önlenmesinde en önemli faktör olarak öne çıkmaktadır.

Küresel ısınma ile ilgili yapılan uluslararası en büyük atılım 1997'de imzalanan Kyoto Protokolü'dür. Kyoto Protokolü küresel ısınma ve iklim değişikliği konusunda mücadeleyi sağlamaya yönelik uluslararası tek çerçevedir ve Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC) içinde imzalanmıştır. Bu protokolü imzalayan ülkeler, CO<sub>2</sub> ve sera etkisine neden olan gazların salınımını azaltmayı taahhüt etmişlerdir. Protokol, ülkelerin atmosfere saldıkları karbon miktarını 1990 yılındaki düzeylere düşürmeleri gerektiğini hedef olarak belirlemiştir. 1997'de imzalanan bu protokol ancak 2005 de yürürlüğe girebilmiştir. Çünkü protokolün yürürlüğe girebilmesi için, onaylayan ülkelerin 1990'daki emisyonlarının (atmosfere saldıkları karbon miktarının) yeryüzündeki toplam

emisyunun %55'ini bulması gerekmekteydi ve bu orana ancak 8 yılın sonunda Rusya'nın katılımıyla ulaşılmıştır (URL-2).

Kyoto protokolü, imza atan ülkelere ormanlarındaki karbon stok değişimlerini her yıl ilan ederek, dünya karbon döngüsüne ve küresel ısınmaya yaptıkları olumlu-olumsuz etkileri standart bir formata göre açıklama zorunluluğu getirmiştir. Hükümetler arası İklim Değişikliği Panelinin (IPCC), Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC)'ne uygun olarak 2000 Yılında Montreal'de, 2001 Yılında Marakeş'de yaptığı toplantılar sonucu hazırlanan Ulusal Sera Gazları Envanteri Programı (IPCC-NGGIP) çerçevesinde, en son 3-7 Kasım 2003 tarihleri arasında Viyana'da yapılan 21. oturumda kabul ettiği esaslara göre hazırlanan bu format, IPCC dokümanları arasında Good Practice Guidance for Land Use, Land Use Change and Forestry (GPG - LULUCF) adı ile anılmaktadır (IPCC 2004). Adı geçen kılavuzda, hem sera gazlarının atmosfere salınan (emisyון) ve hem de atmosferden emilen miktarlarının hesaplanmasında nasıl bir yöntem izleneceği, ilgili ülkelerin ormancılık seviyeleri, orman kaynaklarına ilişkin envanter kayıtları, özgün araştırma verileri ve çağdaş bilgi teknolojisini kullanabilme kapasitelerine göre seçenekli olarak açıklanmaktadır (Asan ve ark., 2005).

Türkiye Rio-Helsinki sürecinin içinde yer alarak, Birleşmiş Milletler Çevre Programına uyacağını 1992 yılında kabul ve beyan etmiş ve 2009 yılında da Kyoto protokolünü imzalamıştır. Kyoto Protokolünü kabul eden ülkelere karbon salım ve bağlama değerlerinin belirlenmesi zorunluluğu getirildiğinden dolayı ülkeler, yıllık olarak çeşitli sektörlerdeki (enerji, endüstriyel süreçler, orman, tarım, atık vb.) sera gazı salım ve bağlama envanterlerini hazırlamaktadır. Bu kapsamda, Türkiye İklim Değişikliği 5. Bildirimi Mayıs 2013 tarihinde yayınlanmıştır. Yayınlanan bu bildirim, ülkemizin Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ne taraf olduğundan bu yana hazırladığı V. Ulusal Bildirim iken, Kyoto Protokolü'ne taraf olduğundan bu yana ise hazırladığı ilk ulusal bildirimdir (Anonim, 2013).

Atmosferdeki karbondioksit birikiminin artması ile ilgili endişeler, orman ekosistemleri tarafından atmosferden tutulan karbon değerinin bir amaç olarak orman amenajman planlarında yer bulmasına neden olmuştur. Ormanlardaki bu karbon değişiminin doğru ve tutarlı bir şekilde ölçülmesi ve orman amenajman planlarına entegre edilmesi son zamanlarda küresel boyutta büyük bir önem kazanmıştır (Hoen ve Solberg 1994, Krcmar ve ark., 2001, Diaz – Balteiro ve Romero, 2003, Krcmar ve ark., 2005, Backeus ve ark., 2005). Ülkemizde orman amenajman planları düzenlenirken planlama biriminin karbon depolama

kapasitesi hesaplanarak (Sonsöz 8. Plan Ünitelerindeki Karbon Birikim Miktarının Hesaplanması) Kyoto protokolünde orman ekosisteminin karbon stoğunu belirleme vaadi yerine getirilmektedir.

Ormanlar küresel karbon döngüsünde önemli bir role sahiptir (Dixon ve ark., 1994; Goodale ve ark., 2002; Houghton, 2003, 2005; Canadell ve ark., 2007) Bu nedenle, İklim Değişikliği ve Kyoto sözleşmelerinin sonucu olarak orman ekosisteminin sahip olduğu karbon stoğunun doğru belirlenmesi önem kazanmıştır (Brown ve Lugo, 1982; Birdsey, 1992; Jalkanen ve ark., 2005). Ormanın yapısındaki değişikliklerin değerlendirilmesinde, orman ekosistemlerinin yapısal ve fonksiyonel özelliklerinin karşılaştırılmasında ve karbon depolama kapasitesinin belirlenmesinde kullanılabilir önemli parametre biyokütledir (Brown ve ark.,1996; Backeus ve ark., 2005). Biyokütleyi belirlerken kullanılabilir en pratik ve en iyi yaklaşım ise envanter verilerinin kullanımudur. Çünkü, bu veriler genellikle ulusal ölçekteki orman ekosistemlerinden istatistiksel olarak doğru şekilde belirlenmektedir (Birdsey, 1992; Brown ve ark., 1999; Brown ve Schroeder, 1999; Brown, 2002). Ancak yine de orman ekosisteminin sahip olduğu biyokütle ve karbon miktarını tam ve doğru bir şekilde belirlemek zor olup (IPCC, 2003) hesaplamalar belli belirsizliklere sahiptir (Lowe ve ark., 2000, Clark ve ark., 2001, Jenkins ve ark., 2003). Ayrıca orman envanteri, orman ekosisteminin sahip olduğu karbon depolama kapasitesini belirlemek için değil genellikle ormanların sahip olduğu servet ve artımı belirlemek için dizayn edilmektedir (Van Camp ve ark., 2004; Jalkanen ve ark., 2005).

Orman ekosistemindeki karbon stoğunu belirleyebilmek için öncelikle biyokütle hesaplanmaktadır. Hesaplanan biyokütle belli bir karbon dönüşüm katsayısı ile çarpılarak orman ekosisteminin karbon stoğu belirlenebilmektedir. Biyokütle hesaplanırken temelde iki farklı yöntem kullanılmaktadır. Bunlar, Biyokütle Çevirme Faktörü (BÇF) Yöntemi ve Allometrik Denklem (AD) Yöntemidir. BÇF yönteminde ağaç serveti ve artım envanteri kapsamında meşcere tipleri için belirlenen hektardaki servet değeri Biyokütle Çevirme Faktörü (Biomass Expansion Factor) ve Fırın Kuru Ağırlık (Wood Density Factor) katsayıları ile çarpılmak suretiyle toprak üstü biyokütle hesaplanmaktadır. Dünyanın farklı bölgelerinde farklı ağaç türleri için BÇF geliştirilmiştir (Kauppi ve ark., 1992, 1995; Schroeder ve ark., 1997; Lowe ve ark., 2000; Tomppo, 2000b; UN-ECE/FAO, 2000; Brown, 2002; Jenkins ve ark., 2003, Lehtonen ve ark., 2004; Levy ve ark., 2004; Jalkanen ve ark., 2005; Peichl ve Arain, 2007; Sabaté ve ark., 2008; Liski ve ark., in press).

Envanter alışmaları kapsamında elde edilen ağaaların çap, boy gibi parametrelerine bağlı olarak geliştirilen denklemlerle biyokütle ve karbon stok değişimi belirlenmektedir. Biyokütleyi belirlemede en yaygın olarak kullanılan yöntem Allometrik Denklem (AD) yöntemidir. Bir çok araştırmacı tarafından farklı orman tipleri ve ağaç türleri için çok sayıda AD'ler geliştirilmiştir (Brown ve ark., 1989; Nelson ve ark., 1999; Montes ve ark., 2000; Chung-Wang and Ceulemans, 2004; Navar, 2009; Basuki ve ark., 2009). AD'ler ağaç türlerinin çap, ağaç boyu, gövde boyu ve tepe ta çapı gibi ağaç bileşenleri arasındaki istatistiksel ilişkilere bağlı olarak düzenlenmiştir. Denklemler genellikle tek bir ağaç türü yada karışık türler için belirli bir yöre, bölge veya global düzeyde geliştirilmiştir (Vashum ve Jayakumar, 2012).

Son zamanlarda, yukarıda açıklanan biyokütle tahmin yöntemlerinden farklı olarak, ağaç serveti ve biyokütle miktarlarının belirlenmesinde uzaktan algılama teknikleri de kullanılmaya başlanmıştır (Bergen ve ark., 1998). Araziden temin edilen veriler yardımıyla uzaktan algılama teknolojilerini kullanarak biyokütle ve karbon stok değerini belirleyen çok sayıda çalışma yapılmıştır (Nelson ve ark., 1988; Hame ve ark., 1997; Montes ve ark., 2000, Drake ve ark., 2002, Drake ve ark., 2003; Baccini ve ark., 2004; Anaya ve ark., 2009; Garcia ve ark., 2010).

Biyokütle ve karbon ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde özellikle gelişmiş ülkelerde hemen hemen tüm ağaç türleri için BF yöntemi ve AD yöntemi ile ilgili çok sayıda araştırma mevcut iken Türkiye'de bu konudaki araştırmalar son derece yetersiz olup pek çok ağaç türü için henüz BF ve AD düzenlenmemiştir. Sarıçam, Kızılçam, Karaçam, Ladin, Meşe, Kayın, Kestane ve Kızılağaç türleri için BF katsayıları geliştirilmiştir (Uğurlu (1976), Sun ve ark (1980), Durkaya (1998), Saracoğlu (1998 ve 2000), İkinci (2000), zkaya (2004), Asan (2006), nsal (2007), Atmaca (2008), akıl (2008), mez (2010), Tolunay (2010) ve As ve ark. (2001). Aynı zamanda, Sarıçam, Kızılçam, Karaçam, Ladin, Meşe, Kayın, Kestane ve Göknar ağaç türleri içinde AD'ler de geliştirilmiştir (Sun ve ark., 1980; Saraçoğlu 1995; Durkaya 1998; İkinci 2000; Durkaya ve ark., 2009; Durkaya ve ark., 2010; Durkaya ve ark., 2010; Durkaya ve ark., 2010). Ülkemizde doğal yayılış gösteren ağaç türlerinin sadece dörtte biri için BF veya AD'ler belli bir il, yre yada bölge için geliştirilmiştir. Ayrıca, orman ekosistemindeki karbon stoğunun belirlenmesinde ve amenajman planlarının düzenlendiği planlama birimlerinin karbon birikimlerinin hesaplanmasında AD yöntemi yerine BF yöntemi kullanılmıştır (Sivrikaya ve ark., 2007; Sivrikaya ve Bozali 2012; Yolasığmaz ve Keleş, 2009; Keleş ve ark., 2012; Sivrikaya ve ark.,

2013). Ancak, BÇF yöntemi kullanılırken her bir ağaç türü için geliştirilen çevirme faktörü yerine meşcere tipinin ibrelili ve yapraklı olmasına göre bir BÇF kullanılmıştır. Orman ekosisteminin biyokütle ve karbon stoğunu belirlemede kullanılan yöntemlerin kendi aralarında kıyaslanmasına ilişkin uluslararası arenada çalışmalar mevcut iken ülkemizde henüz bu konuda bir çalışma yapılmamış ve kullanılan yöntem farklılıklarına göre biyokütle ve karbon değişimi ortaya konulmamıştır.

Ülkemiz imzalamış olduğu antlaşmalar ve sözleşmeler gereği, karbon depolama miktarını belirlemek ve bildirmek zorunluluğundadır. Orman ekosistemi ise dünyadaki karasal ekosistemler içerisinde en fazla miktarda ve en uzun süreli karbon depolama yeteneğine sahip bir sistemdir. Bu bağlamda, orman ekosisteminin karbon depolama kapasitesinin doğru ve tutarlı bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir. İşte bu tez çalışması kapsamında, küresel ısınmanın en önemli nedenlerinden biri olarak kabul edilen ve atmosferdeki oranı giderek artan CO<sub>2</sub> gazı için geniş bir yutak alanı olan ormanların biyokütle ve karbon depolama miktarları Kapıkaya planlama biriminde farklı yöntemlere göre belirlenecektir.

## 1.2. Biyokütle ve Hesaplama Yöntemleri

Orman ekosisteminin sürdürülebilir planlanması gerekliliği ve yenilenebilir enerji kaynaklarına olan taleplerin artması ve çeşitlenmesi, kereste ve yakacak hammaddesinin temel kaynağı olan ormanlardan elde edilecek enerjinin sadece ağaçların yalnız gövde ve kalın dal odunu olarak değil tüm ağaç bileşenleri (gövde, dal, yaprak, kabuk ve kök) şeklinde değerlendirilmesi gerekliliğini ortaya koymuştur. Bu düşünce ve yaklaşım ormancılık terminolojisinde “biyokütle (biomass)” olarak karşılık bulmuştur.

Saraçoğlu (2008) biyokütleyi; “*bitkiler, ağaçlar ve tarım bitkilerinin oluşturduğu bütün organik maddeleri tanımlayan bir terim olarak esasen fotosentez ve güneş enerjisinin toplandığı ve depolandığı ortamlar*” olarak tanımlamaktadır. Diğer bir ifadeyle biyokütle, “*ağaçların toprak üstü yaşayan organik madde miktarının birim alandaki fırın kuru ağırlığı*” şeklinde ifade edilmektedir (Brown, 1997).

Tanımlardan da anlaşılacağı üzere meşcereyi oluşturan ağaçların gövde, dal, yaprak, kabuk ve köklerden oluşan kütle miktarı biyokütle olarak ifade edilmektedir. Biyokütle, yaş veya fırın kuru ağırlık (kg veya ton) olarak ifade edilebilir olmasına rağmen, kuru ağırlık değerleri, yaş ağırlık değerlerine kıyasla daha çok tercih edilmekte ve uygulamada daha çok kullanılmaktadır (Durkaya ve Durkaya, 2008). Bunun temel nedenleri; rutubet miktarı ağaç

türüne, yetiştirme ortamına, kesim zamanına, iklim koşullarına ve ağaç içerisindeki gövdenin boyuna kesitinde alt bölümden üst bölüme ve yatay kesitinde farklılıklar göstermesidir. Rutubet farklılıkları ilkbahar ve yaz odunu ile dal odunu ve öz odunu arasında da gözlenmektedir. Bu nedenlerden dolayı kuru ağırlık değerleri tercih edilmektedir (Saraçoğlu, 1992).

Geçmiş dönemlerde biyokütle çalışmalarının gerçekleştirilmesindeki temel amaç, petrol ve doğal gaz gibi yenilenemeyen kaynakların yerine, yenilenebilir enerji kaynaklarının ikamesi konularında çeşitli veriler türetilmesi olmuştur (Alemdağ, 1981). Diğer bir ifadeyle, biyokütle konusundaki ilk yaklaşımlar enerji perspektifi açısından gerçekleştirilmiştir. Orman, yeşil kütle ile güneş enerjisini tutup depoladığı için en göze batan yenilenebilir doğal enerji kaynaklarından birisidir. Orman biyokütlesinin değişik ağaç türlerinden sağlayabileceği tüm üretim miktarının ortaya konulabilmesi açısından, ağırlık tabloları hacim tablolarına kıyasla daha etkin bulunmuş ve biyokütle tabloları düzenlenmeye başlanmıştır (Durkaya ve Durkaya, 2008).

Ağaçlara ilişkin biyokütle miktarının belirlenmesi günümüzde artık yasal bir zorunluluk ve aynı zamanda orman ekosisteminin sürdürülebilirliği açısından ise bir gerekliliktir. Orman ekosistemindeki biyokütlenin belirlenmesi ormanların sürdürülebilirliği açısından önemli olup biyokütle orman ekosisteminin karbon depolama kapasitesini belirlemede de kullanılmaktadır. Orman ekosistemindeki biyokütlenin doğru belirlenmesi odun üretimi, silvikültürel müdahalelerin belirlenmesi, karbon stok değişiminin analizi ve küresel karbon döngüsü açısından önem taşımaktadır (Page ve ark., 2002; Lal, 2005; Kumar ve ark., 2006; Lu, 2006; Ravindranath ve Ostwald 2008).

### **1.2.1. Biyokütle hesaplama yöntemleri**

Orman ekosisteminin sahip olduğu biyokütle ve karbon miktarını tam ve doğru bir şekilde belirlemede belli zorluklar ve belirsizlikler mevcuttur (Lowe ve ark., 2000, Clark ve ark., 2001, IPCC, 2003; Jenkins ve ark., 2003). Biyokütleyi belirlerken kullanılacak en pratik ve en iyi yaklaşımın envanter verilerinin kullanımı (Birdsey, 1992; Brown ve ark., 1999; Brown ve Schroeder, 1999; Brown, 2002) olmasına rağmen orman envanteri, orman ekosisteminin sahip olduğu karbon depolama kapasitesini belirlemek için değil ormanların sahip olduğu servet ve artımı belirlemek için dizayn edilmektedir (Van Camp ve ark., 2004; Jalkanen ve ark., 2005).

Envanter verilerini kullanarak biyokütleyi belirleyen temelde iki yöntem mevcuttur. Bu yöntemlerden ilki olan destructive yöntem, orman ekosistemindeki karbon stoğunu ve biyokütleyi direkt olarak belirlemektedir (Gibbs ve ark., 2007). Bu yönetime hasat yada üretim metodu adı da verilmektedir. Örnek alanlardaki tüm ağaçlar kesilmekte ve kesilen ağaçların tüm parçalarının (gövde, dal, yaprak, vs.) yaş ve fırın kuru ağırlıkları tartılmaktadır (Nelson ve ark., 1999; Hashimoto ve ark., 2000; Lodhiyal ve Lodhiyal, 2003; Chung-Wang ve Ceulemans, 2004; Devi ve Yadava, 2009). Bu yöntem küçük örnek alanlarında uygulama şansı bulunmaktadır. Bu yöntemde biyokütle en doğru şekilde hesaplanmasına rağmen yorucu, pahalı, zaman alıcı ve geniş alanlarda kullanılma imkanı bulunmaması yöntemin en önemli dezavantajları olarak karşımıza çıkmaktadır. Destructive yöntemi, genellikle geniş alanlarda biyokütleyi belirlemek amacıyla biyokütle denklemleri geliştirmek için kullanılmaktadır (Segura ve Kanninen, 2005; Navar, 2009).

İkinci yöntem ise non-destructive yöntemidir. Bu yöntem de genellikle nadir ya da koruma statüsüne sahip ağaçların bulunduğu ve ağaçların kesilmesinin uygun ve pratik olmadığı ekosistemlerde ağaçları kesmeden biyokütle belirlenmektedir. Bu yöntemde Montes ve ark., 2000 Güney Fas'ta ardıç (*Juniperus thurifera* L.) için ağaç kesmeden ağacın şeklini dikkate alarak dendrometrik yöntemleri kullanarak biyokütleyi belirlerken, bazı araştırmacılar da ağacın çapını, ağaca tırmanarak ağacın boyunu ve ağacın diğer bölümlerini ölçerek biyokütle denklemleri geliştirmişlerdir. Bu yöntemde sonuçların uygunluğunun kontrolü zordur (Brown ve ark., 1989; Hughes ve ark., 1999; Nowak, 1993).

#### **1.2.1.1. Biyokütle çevirme faktörü yöntemi**

Toprak üstü biyokütleyi belirlemede allometrik denklemleri (AD) kullanan direkt yöntem ve biyokütle çevirme faktörünü (BÇF) kullanan dolaylı yöntem olmak üzere iki yaklaşım bulunmaktadır. Her iki yöntemde birbirlerine göre avantaj ve dezavantajları mevcuttur. Dolaylı yöntem olan biyokütle çevirme faktörü metodunda meşcere düzeyinde bir çevirme faktörü yardımıyla biyokütle belirlenirken ağaç düzeyinde biyokütle tahmini yapılamamaktadır (IPCC, 2003).

Envanter verilerine dayalı biyokütle ve karbonun belirlenmesinde genellikle BÇF (Biomass Expansion Factor) yönteminden bahsedilmekte ve bu yöntem kullanılmaktadır (Kauppi ve ark., 1992; Schroeder ve ark., 1997; Brown ve Schroeder, 1999). Biyokütle belirlemede hacim değerlerinin biyokütleye dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu dönüştürmede iki farklı yolla yapılmaktadır. İlk yöntemde gövde hacmi fırın kuru ağırlık katsayısı ile

çarpılarak gövde biyokütlesi hesaplanmaktadır. Daha sonra bu değere dal ve yaprak biyokütlelerinin eklenmesi gerekmektedir. Bu işlem için de BÇF olarak adlandırılan katsayılar kullanılarak toprak üstü biyokütle belirlenmektedir. Hesaplanan toprak üstü biyokütle kök/sak oranı (R) ile çarpılarak toprak altı biyokütle hesaplanmaktadır. Toprak altı ve toprak üstü biyokütle toplanarak toplam biyokütle hesaplanmaktadır (IPCC, 2003; Tolunay, 2011; Tolunay, 2012).

İkinci yöntem Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormanlık (LULUCF) kılavuzunda açıklanmıştır (IPCC, 2006). Bu yöntemde toprak üstü biyokütle fırın kurusu ağırlık katsayısı kullanılmadan gövde hacminin biyokütle dönüştürme ve genişletme katsayıları (BÇGF) ile çarpılmasıyla hesaplanmaktadır. Toprak üstü ve toprak altı biyokütleyi belirlerken kullanılan katsayılar her bir iklim kuşağı ve ülke için ayrı ayrı Tarım, Orman ve Diğer Arazi Kullanımında (Agriculture, Forestry, and Other Land Use (AFOLU)) belirtilmiştir. Farklı ağaç türleri için değişik ülkelerde yerel ya da bölgesel düzeylerde BÇF ve BÇGF belirlenmiştir (Schroeder ve ark., 1997; Brown, 2002; Jenkins ve ark., 2003, Lehtonen ve ark., 2004; Levy ve ark., 2004; Jalkanen ve ark., 2005; Peichl ve Arain, 2007; Sabaté ve ark., 2008).

Dünyada birçok ülkede BÇF katsayıları ya da denklemleri ile ilgili çok sayıda araştırma mevcut iken Türkiye’de bu konudaki araştırmalar son derece yetersizdir. Uğurlu ve ark. (1976) tarafından Ankara çevresinde, Sarıçam ve Sun ve ark. (1980) tarafından ise Antalya yöresinde Kızılçam (*Pinus brutia*) için çalışmalar yapılmıştır. Saraçoğlu (1998) tarafından Doğu Kayını (*Fagus orientalis*), yine Saraçoğlu (2000) tarafından Sakallı Kızılağaç (*Alnus glutinosa* subsp. *barbata*.) türü için bitkisel kütle tabloları oluşturulmuştur. Bu iki türe ait veriler tüm Doğu Karadeniz Bölgesini kapsarken, Durkaya (1998) tarafından Meşe (*Quercus* sp.), İkinci (2000) tarafından Anadolu Kestanesi (*Castanea sativa*) ve Çakıl (2008) tarafından Karaçam (*Pinus nigra*) türleri için hazırlanan bitkisel kütle tabloları sadece Zonguldak yöresi için geçerlidir. Bahsedilen bu çalışmalar haricinde Artvin Genya Dağındaki Doğu Ladini (*Picea orientalis*) ormanları için Özkaya (2004), Adana’daki Kızılçam ormanları için Ünsal (2007), Erzurum’daki Sarıçam Ormanları için Atmaca (2000), Eskişehir’deki Sarıçam ormanları için Çömez (2011) tarafından da regresyon denklemleri oluşturulmuştur. Ülküdür (2010), Antalya Orman Bölge Müdürlüğü Sedir meşcerelerinde, Karabürk (2011) ise Bartın ili Göknar meşcerelerinde tek ağaç ve hektardaki bileşenlerin yaş ve fırın kurusu ağırlıklarını belirleyerek biyokütle tablolarını düzenlemişlerdir (Çizelge 1.1).

Çizelge 1.1. Türkiye’deki bazı ağaç türleri için geliştirilmiş biyokütle çevirme faktörleri

| Ağaç Türü               | FKA (Mg/m <sup>3</sup> ) | BÇF           | Kaynak           |
|-------------------------|--------------------------|---------------|------------------|
| <i>Pinus sylvestris</i> | 0.426                    | 1.242 ± 0.092 | Uğurlu 1976      |
| <i>Pinus sylvestris</i> |                          | 1.198 ± 0.032 | Atmaca 2008      |
| <i>Pinus sylvestris</i> |                          | 1.263 ± 0.050 | Tolunay 2010     |
| <i>Pinus sylvestris</i> |                          | 1.279 ± 0.106 | Çömez 2010       |
| <i>Pinus brutia</i>     | 0.478                    | 1.225 ± 0.062 | Sun ve ark. 1980 |
| <i>Pinus brutia</i>     |                          | 1.349 ± 0.022 | Ünsal 2007       |
| <i>Pinus nigra</i>      | 0.470                    | 1.071 ± 0.026 | Çakıl 2008       |
| <i>Picea orientalis</i> | 0.358                    | 1.132 ± 0.009 | Özkaya 2004      |
| <i>Quercus sp.</i>      | 0.570                    | 1.324 ± 0.157 | Durkaya 1998     |
| <i>Fagus orientalis</i> | 0.530                    | 1.228 ± 0.072 | Saraçoğlu 2000   |
| <i>Castanea sativa</i>  | 0.400                    | 1.320 ± 0.068 | İkinci 2000      |
| <i>Alnus glutinosa</i>  | 0.407                    | 1.103 ± 0.051 | Saraçoğlu 1998   |

Yapılan bu çalışmalar yetersiz olup, çoğu da belirli bir coğrafi bölge için geçerlidir. BÇF sabit bir katsayı olup bu katsayı ağaç türlerine göre farklılık göstermesine karşın aynı ağaç türü içinde ağaç yaşı ve yetiştirme ortamına göre de katsayı değişmektedir (Pettersson ve ark., 2012). Ağaç yaşı ve yetiştirme ortamı gibi değişkenlere göre belirlenen katsayılar kullanılarak biyokütle daha doğru hesaplanmaktadır (Lethonen ve ark., 2004). Bu nedenle son zamanlarda geliştirilen BÇF’ler genellikle aynı ağaç türünde farklı yaş sınıflarına göre ayrı katsayılar belirlenmektedir. Tüm ülke için kullanılacak değerlerin elde edilebilmesi için çok sayıda araştırma yapılması gerekmektedir.

Orman ekosisteminin ve amenajman planlarının düzenlendiği planlama birimlerinin karbon birikimlerinin hesaplanmasında ağaç türleri için geliştirilen BÇF katsayıları yerine ülkemizdeki mevcut her ağaç türü için BÇF katsayıları geliştirilmediğinden ibrelili ve yapraklı meşcereler için geliştirilen BÇF katsayıları kullanılmıştır (Sivrikaya ve ark., 2007; Yolasiğmaz ve Keleş, 2009; Sivrikaya ve Bozali 2012; Keleş ve ark., 2012; Sivrikaya ve ark.,

2013). Asan ve ark. (2002) İstanbul korularının karbon birikimini ortaya koymak için yaptıkları çalışmada ağaç türlerini yapraklı ve ibreli biçimde iki gruba ayırarak Asan (1995) tarafından Türkiye ormanları için hesaplanan BÇF katsayıları (yapraklı türler için 1,25 ve ibreli türler için 1,20) ve FKA katsayıları (yapraklı türler için 0,640 ve i breli türler için 0,473) ile gövde hacimleri çarpılarak toprak üstü biyokütle hesaplanmıştır. Tür gruplarına göre toprak üstü biyokütle miktarları kök/sak oran katsayıları (R) ile (yapraklı türler için 0,15 ve ibreli türler için 0,20) çarpılarak toprak altı biyokütle miktarı elde edilmiştir. Toplam biyokütle miktarı ise, toprak üstü ve toprak altı biyokütellerin toplanması suretiyle hesaplanmıştır. Hesaplanan biyokütle değerlerinin tutulan karbon miktarına dönüştürmek için 0,45 katsayıyı ile çarpılmıştır (Brown, 1997; Asan, 1999; Asan ve ark 2002).

Ormanlardaki mevcut toplam karbon stoku ile karbon stokunda ortaya çıkacak yıllık değişimler ülkemiz tarafından Global Forest Resources Assessment 2010 Country Report (FRA 2010)'ta hazırlanmıştır. FRA-2010 kılavuzunda öngörülen teknik prosedür izlenerek biyokütle ve karbon belirlenmiştir. Anılan kılavuzda karbon hesapları için LULUCF kılavuzuna atıf yapılarak önce yerüstü ve yeraltı canlı biyokütlenin hesaplanması, sonrada bu biyokütellerin karbona çevrilmesi öngörülmektedir. Canlı biyokütle içindeki karbon açıklanan biçimde hesaplandıktan sonra, sırasıyla ölü odun, ölü örtü ve organik toprak içindeki karbon miktarlarının da hesaplanarak, canlı kütle üzerine eklenmesi istenmektedir.

Kılavuzda karbon hesapları için yerüstü ve yer altı canlı biyokütlenin hesaplanması amacıyla aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır.

$$TÜBK = BÇF \times FKA \times AS \quad (1)$$

$$TABK = TÜBK \times R \quad (2)$$

$$TBK = TÜBK + TABK \quad (3)$$

Denklemlerde

$$TÜBK = \text{Toprak Üstü Biyokütle (ton)}$$

$$TABK = \text{Toprak Altı Biyokütle (ton)}$$

$$AS = \text{Ağaç Serveti Hacmi (Kabuklu hacim, m}^3\text{)}$$

$$FKA = \text{Fırın Kuru Ağırlık (ton/m}^3\text{)}$$

$$BÇF = \text{Biyokütle Çevirme Faktörü}$$

$$R = \text{Kök/Sak oranı (TAB / TÜB)}$$

TBK= Toplam Biyokütle

FRA-2010 kılavuzunda eğer var ise eşitliklerde kullanılan katsayılar için her ülkenin kendi değerlerini kullanması önerilmektedir. Türkiye ormanlarındaki karbon stok değişimlerinin GPG-LULUCF kılavuzuna uygun olarak hesaplanması sırasında FKA katsayıları yapraklı türler için 0.638 ve ibreli türler için 0.496, BÇF katsayıları ise yapraklı türler için 1.24 ve ibreli türler için 1.22 olarak dikkate alınmıştır. Kök/Sak oranı (R) için FRA-2010 kılavuzunun 5.3 No'lu EK tablosunda Türkiye'nin bulunduğu iklim kuşağı ve ormanlarda bulunan ortalama servet dikkate alınarak:

İbreli Verimli ormanlar için 0.29

Yapraklı Verimli ormanlar için 0.24

İbreli Bozuk ormanlar için 0.40

Yapraklı Bozuk ormanlar için 0.46

olarak belirlenmiştir.

Tepe kapallığı %10 ve daha aşağıda olan bozuk nitelikli ormanlar FRA-2010 ve LULUCF kılavuzuna göre orman sayılmamaktadır. Bu nedenle biyokütle ve buna bağlı karbon hesaplamalarının verimli ve verimsiz ormanlar için ayrı olarak belirlenmesi gerekmektedir.

Tolunay (2011) tarafından yapılan çalışmada ise toprak üstü biyokütle hesaplanırken FKA katsayısı; yapraklılar için 0.541 ve iğne yapraklılar için 0.446, BÇF; yapraklılar için 1.23 ve iğne yapraklılar için 1.195 olarak kullanılmıştır. Toprak altı biyokütle hesaplanırken R katsayısı toprak üstü biyokütleyle bakılarak dikkate alınmıştır. Hektardaki toprak üstü biyokütle iğne yapraklılarda 50 t/ha'dan küçük ise 0.4, 50-150 t/ha arasında ise 0.29, 150 t/ha'dan büyük ise 0.2 iken; yapraklılarda ise 75 t/ha'dan küçük ise 0.46, 75-150 t/ha arasında ise 0.23 ve 150 t/ha'dan büyük ise 0.24 ile çarpılmıştır. Toplam biyokütle miktarı, toprak üstü ve toprak altı biyokütellerin toplanmasıyla hesaplanmıştır.

### **1.2.1.2. Allometrik denklem yöntemi**

Biyokütleyi belirlemede yaygın olarak kullanılan yöntem allometrik denklem (AD) yöntemidir. Allometrik denklem yöntemi envanter verilerini kullanarak orman ekosisteminin biyokütle ve karbon depolama kapasitesini belirlemek için geliştirilmektedir. AD'ler ağaç türlerinin çap, ağaç boyu, gövde boyu ve tepe taç çapı gibi ağaç bileşenleri arasındaki

istatistiksel ilişkilere bağlı olarak düzenlenmektedir (Kangas ve Maltamo 2006). AD'ler geliştirilirken kullanılan ağaç bileşenleri direkt metoda göre daha kolay ölçülebilen, daha az zaman alan parametre olarak karşımıza çıkmaktadır (Henry ve ark., 2011; Peltier ve ark., 2007). Arazide ağacı kesip, her bir parçanın ağırlığını ve biyokütlesini belirlemek AD yöntemine göre daha doğru sonuç verse de bu işlemi geniş alanlarda yapmak mümkün olmadığı gibi çok masraflı ve zaman alıcı bir yaklaşımdır. Bu nedenle biyokütleyi belirlemede ağaç bileşenlerine bağlı AD yaklaşımı genelde tercih edilmektedir. Her bir ağaç türü için ayrı ayrı AD'ler geliştirilmektedir. Çünkü her bir ağaç türünün fiziksel yapısı ve yoğunluğu birbirinden farklıdır (Ketterings ve ark., 2001). Yapılan çalışmalar incelendiğinde allometrik denklemlerde genellikle arazide kolayca ölçülebilen göğüs yüzeyindeki çap (d), ağaç boyu gibi değişkenler kullanılmıştır (Chroust, 1985; Marklund, 1987; Marklund, 1988; Ter-Mikaelian ve Korzukhin, 1997; Araújo ve ark., 1999; Jenkins ve ark., 2004; Onyekwelu, 2004; Xiao ve Ceulemans, 2004; Zianis ve ark., 2005; Cienciala ve ark., 2006; Miksys ve ark., 2007; Muukkonen, 2007; Onyekwelu, 2007; Repola ve ark., 2007).

Çizelge 1.2. Türkiye'deki bazı ağaç türleri için geliştirilmiş allometrik denklemler

| Ağaç Türü               | Allometrik Denklem                                     | Kaynak                 |
|-------------------------|--|------------------------|
| <i>Pinus brutia</i>     | $-0.88492 + d^{2.2672}$                                | Sun ve ark. (1980)     |
|                         | $1,072 \times e^{-1,92352+2,243357 \times \ln(d)}$     | Ünsal (2007)           |
| <i>Pinus nigra</i>      | $106,555+(10,61818 \times d)+(0,100728 \times d^2)$    | Durkaya ve ark. (2010) |
| <i>Pinus sylvestris</i> | $0,049 \times d^{2,667}$                               | Çömez (2012)           |
|                         | $4,9289 - (1,2465 \times d) + (0,226 \times d^2)$      | Aydın (2010)           |
|                         | $12,581 - (5,359 \times d) + (0,565 \times d^2)$       | Ülker (2010)           |
|                         | $-406,27916 + (26,13597 \times d)$                     | Uğurlu ve ark. (1976)  |
| <i>Picea orientalis</i> | $0,2973 \times d^{2,1381}$                             | Özkaya (2004)          |
| <i>Cedrus libani</i>    | $37,21449 - (8,08322 \times d) + 80,644812 \times d^2$ | Ülküdür (2010)         |
| <i>Quercus sp.</i>      | $-302,193 + 26,56569 \times d$                         | Durkaya (1998)         |
| <i>Fagus orientalis</i> | $102,86264 + (0,012441 \times d) + (-14,90987/d)$      | Saracoğlu (1998)       |
| <i>Castanea sativa</i>  | $-376,794 + 28,7981 \times d$                          | İkinci (2000)          |
| <i>Alnus sp.</i>        | $-27,076 + 0,261 \times d^2 + 3,234 \times h$          | Saracoğlu (2000)       |

Ağaç bileşenlerinin toprak üstü bitkisel kütle içindeki dağılımı ağaç türü, yaş, kapalılık, sıklık ve yetiştirme ortamı koşullarına göre farklı olabilmektedir. Genel olarak ağaç yaşı arttıkça dal ve ibre payı azalmakta, odun payı ise artmaktadır. Cienciala ve ark., (2006) yaptıkları çalışmada 25, 50 ve 100 yaşındaki sarıçam meşcerelerinde kabuksuz gövde odununun toprak üstü bitkisel kütle içindeki payını sırasıyla % 52, % 82 ve % 89 bulmuşlardır. Ülkemizdeki ağaç türleri düşünüldüğünde geliştirilen AD'ler yetersiz kalmaktadır (Çizelge 1.2).

### **1.2.1.3. Uzaktan algılama yöntemi**

Uzaktan algılama teknikleri meşcere tipi, arazi kullanımı ve değişimi gibi konularda kullanılması yanında günümüzde biyokütleyi belirlemede ve haritalandırmada kullanılmaya başlanmıştır. Son yıllarda uzaktan algılama tekniklerinin kullanımıyla biyokütleyi belirleyen çok sayıda çalışma gerçekleştirilmiştir (Nelson ve ark., 1988; Häme ve ark., 1997; Drake ve ark., 2003; Baccini ve ark., 2004; Anaya ve ark., 2009). Biyokütlenin belirlenmesi çalışmalarında uzaktan algılama tekniklerinin kullanımı gün geçtikçe artmakta ve gelecek yıllarda karbon stoğunun belirlenmesine ilişkin çalışmalar önem kazanacaktır. Fakat uzaktan algılama teknikleri biyokütle ve karbon stoğunu doğrudan ortaya koyamazken ağaç boyu, tepe çatısı, sıklık, hacim, göğüs yüzeyi gibi biyokütle ile ilişkili parametreleri belirleyebilmektedir (Vashum ve Jayakumar, 2012).

Nelson ve ark. (1988) lazer verilerini kullanarak meşcere hacmi ve biyokütleyi belirlemiştir. Lucas vd. (1999) Avustralya'daki *Eucalyptus* spp. ormanları için hazırladıkları biyokütle tabloları için uzaktan algılama tekniklerinden yararlanmışlardır. Steininger (2000) Landsat TM uydu görüntüsünün toprak üstü biyokütleyi belirleme yeteneğini ortaya koymuştur. Lefsky ve ark. (2001) LİDAR görüntüsü yardımıyla ılıman ibreli ve yapraklı ormanlar ile boreal ibreli ormanlarda toprak üstü biyokütleyi tahmin etmiştir.

Macias (2002) da Meksika tropik ormanlarında yayılış gösteren farklı meşcere tipleri için uydu görüntüleri yardımıyla biyokütle miktarını tahmin etmiştir. Araştırma alanına ilişkin uydu görüntülerinden elde edilen yansıma değerleri ile toprak üstü biyokütle miktarı ilişkiye getirilerek regresyon modelleri oluşturulmuştur. Regresyon denklemleri yardımıyla hesaplanan biyokütle miktarları ile gerçek biyokütle değerleri karşılaştırılmıştır.

Omasa ve ark. (2003) üç boyutlu tarama yeteneğine sahip helikopterden çekilmiş yüksek çözünürlüklü LİDAR görüntüleri yardımıyla karbon stoğunu belirlemeye çalışmıştır. Çalışmada sedir ormanlarında LİDAR sistemi ile her bir ağaç için üç boyutlu tepe yapısına

ilişkin görüntüler elde edilmiştir. Bu verilerden hareketle ağaç boyu ile karbon stoğu arasında doğrusal bir ilişki ortaya konulmuştur.

Lu (2005) Brezilyada yaptığı çalışmada Landsat TM uydu görüntüsü kullanarak biyokütleyi hesaplamıştır. Tan ve ark. (2006) tarafından yapılan çalışmada 1982 ve 1999 yılları arasında 20 yıl boyunca kuzeydoğu Çin bölgesinin ormanlık alanlarında meydana gelen karbon depolama kapasitesindeki değişimler uzaktan algılama teknikleri kullanılarak ortaya konulmuştur. Popescu (2007) LİDAR görüntüleriyle ağaçların göğüs yüksekliğindeki ağaç çapının belirlenebileceğini ve bunun biyokütle çalışmalarında kullanılabilceğini ortaya koymuştur.

Gülsunar (2011) tarafından yapılan çalışmada, Giresun Orman Bölge Müdürlüğüne bağlı Akkuş Orman İşletme Müdürlüğü, Düздаğ Orman İşletme Şefliği'nin verimli meşcerelerindeki karbon depolama kapasitesi uzaktan algılama yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Hesaplanan karbon depolama kapasitelerinden yararlanılarak 4 adet karbon sınıfı oluşturulmuştur. Bu karbon sınıflarına göre araştırma alanına ait Landsat ETM + uydu görüntüsü üzerinde kontrollü sınıflandırma yapılmıştır. Yapılan kontrol sonucunda genel sınıflandırma doğruluk oranı % 84.17, Kappa İstatistiği doğruluk oranı ise 0.7889 bulunmuş ve karbon depolama kapasitesinin uzaktan algılama yöntemi kullanılarak uydu görüntüsü üzerinde belirlenebileceği sonucuna varılmıştır.

İnce (2011) çalışmasında Artvin Merkez Orman İşletme Şefliği meşcerelerinin karbon depolama miktarını uzaktan algılama yöntemleriyle belirlenmiştir. Karbon depolama kapasitelerinden yararlanılarak 4 adet karbon sınıfı oluşturularak karbon sınıflarına göre araştırma alanına ait Landsat ETM + uydu görüntüsü üzerinde kontrollü sınıflandırma yapılmıştır. Yapılan kontrol sonucunda genel sınıflandırma doğruluk oranı % 79.17, Kappa İstatistiği doğruluk oranı ise 0,7201 bulunmuş ve karbon depolama kapasitesinin uzaktan algılama yöntemi kullanılarak uydu görüntüsü üzerinden belirlenebileceği sonucuna varılmıştır.

### **1.3. Ormanların Karbon Depolama Fonksiyonu**

Günümüzde karbon depolama kapasitesinin belirlenmesinde orman ekosistemlerinin önemi gün geçtikçe daha da artmaktadır. Küresel karbon döngüsünde önemli bir rol oynayan orman ekosistemi toprak üstü biyoküttelede karasal organik karbonun %80'i ve toprak altı biyoküttelede ise karasal organik karbonun %40'ı depolandığı görülmektedir (IPCC, 2001).

Ilıman ve Kuzey ormanlarının kombinasyonundan oluşan tropik ormanlar, bünyelerindeki vejetasyon ve toprakla küresel karbon bütçesinde özel bir önem taşımaktadır. Hükümetler arası iklim değişikliği paneli IPCC, ormancılığın yani ormansızlaşma, orman bozulması ve ormanlardaki diğer değişiklikler esas olarak gelişmekte olan tropikal ülkelerde yıllık küresel sera gazı emisyonlarının %17,4'ünü oluşturduğunu tahmin etmektedir. Bu oran yıllık 5.8 milyar ton CO<sub>2</sub>'e eşdeğerdir. Bu oran Amerika'nın toplam CO<sub>2</sub> emisyonundan ve ulaşım sektöründen kaynaklanan küresel emisyonlardan daha fazladır. Ormansızlaşmanın çoğuna tarım, kentleşme ve alt yapı gelişmelerinin yayılması neden olmaktadır (IPCC, 2001).

Orman ekosisteminin karbon depolama kapasitesinin belirlenebilmesinde biyokütle önemli bir yere sahiptir. Tutulan karbon miktarının belirlenmesi için öncelikle orman ekosisteminin biyokütlesin bilinmesi gerekmektedir. Biyokütle, orman yapısındaki değişikliklerin değerlendirilmesinde ve orman ekosistemlerinin yapısal ve fonksiyonel özelliklerinin karşılaştırılmasında ve karbon depolama kapasitesinin belirlenmesinde kullanılabilecek önemli bir parametredir (Backeus ve ark., 2005; Brown ve ark., 1996). Biyokütleyi belirlerken kullanılabilecek en sağlıklı ve en iyi yaklaşım ise amenajman planlarında yer alan envanter verilerinin kullanımınıdır. Çünkü, bu veriler genellikle ulusal ölçekteki orman ekosistemlerinden istatistiksel olarak doğru şekilde belirlenmektedir (Brown ve ark., 1999; Brown, 2002). Öncelikle envanter verilerine göre hesaplanan meşçere hacimleri kullanılarak (Birdsey, 1992; Kurz ve Apps, 1993; Krankina ve ark., 1996) hacime bağlı dönüştürme katsayısı veya ağaç türlerinin çaplarına bağlı geliştirilen denklemlerle (Brown, 1997; Yolasığmaz, 2004; Keleş ve Başkent, 2006; Sivrikaya ve ark., 2007) biyokütle (toprak üstü ve toprak altı) hesaplanmakta daha sonra ise karbon dönüşüm katsayısı yardımıyla karbon depolama kapasitesi hesaplanmaktadır.



Kapıkaya Orman İşletme Şefliği kuzeyde Balkaya Orman İşletme Şefliği ve Göksun Orman İşletme Müdürlüğüne bağlı Çardak Orman İşletme Şefliği, doğuda Göksun Orman İşletme Müdürlüğüne bağlı Elbistan Orman İşletme Şefliği ve Elmalar Orman İşletme Şefliği, güneyde Kahramanmaraş Orman İşletme Şefliği ve batıda ise Suçatı ve Balkaya Orman İşletme Şeflikleri ile komşu durumdadır.

Çalışma alanındaki hakim ağaç türleri; Kızılcım, Karaçam, Gökmar, Sedir, Ardıç ve Meşe olup bunlar saf veya karışık meşcereler halinde bulunmaktadır. Bakı ve denizden yükseklik değışikliklerine bağılı olarak lokal yetişme ortamı farklılıkları meydana gelmekte, bitki örtüsü karakterleri değışmektedir. İşletme Şefliği ormanlarında Kızılcım meşcerelerine meşe ağaç türü, dolgu ağacı olarak dere içlerinde ve serpili olarak meşcere bünyesinde katılmaktadır. Karaçam, Sedir, Gökmar ve Ardıç ağaç türleri saf veya birbirleriyle karışık meşcereler oluşturmaktadır. Az miktarda Karaçam-Kızılcım karışık meşcereleri de bulunmaktadır.

Kapıkaya Orman İşletme Şefliğinin verimli ormanlık sahası 11682.9 hektar, verimsiz ormanlık sahası 14597.2 hektar olup toplam ormanlık sahası 26280.1 hektardır. İşletme şefliğinin orman içi ve dışı açıklık, ziraat, taşlık, kayalık, iskan ve benzeri gibi arazi tiplerinin bulunduğu orman rejimi dışındaki (ormansız alan) alanların toplamı 26939.2 hektardır. Orman işletme şefliğinin genel sahası ise 53219.3 hektardır (Çizelge 2.1.).

Çizelge 2.1. Kapıkaya Orman İşletme Şefliği Ormanlık Alan Dağılımı

| Alanın Niteliği | Alan (ha) |
|-----------------|-----------|
| Verimli Orman   | 11682.9   |
| Bozuk Orman     | 14597.2   |
| Ormansız Alan   | 26939.2   |
| Genel Toplam    | 53219.3   |

Topoğrafik yapı olarak çalışma alanının kuzeyi Kızkardeş tepenin doğusundaki isimsiz tepeden başlar ve sırtı takip ederek sırasıyla Büğleğen tepe (2097 m.), 2446 m rakımlı tepe, 2870 m rakımlı tepe, Karagöl tepe, Karakoyun tepe (2765.4 m.), Kazıklı tepe (2967 m.), Berit Dağı ve Kartal tepe (2779.9 m.) den geçerek sona ermektedir.

Çalışma alanının doğu sınırı: Kuzey sınırının sona erdiği yerden başlar ve sırasıyla Havullu tepe (1902 m.), Göğnüş tepe, 1455,2 m. rakımlı tepeden geçen sırtı takip ederek Ceyhan nehrine ulaşmaktadır. Ceyhan nehrini takip ederek Menzelet barajına ulaşır ve barajın su kodunu takiben Bertiz çayının Menzelet barajına döküldüğü noktada sonlanmaktadır. Güney sınırı Doğu sınırının sona erdiği yerden başlayarak Menzelet barajını da içine alarak, Güredin çayının Menzelet barajına döküldüğü yere kadar devam etmektedir.

Batı sınırı Güney sınırının sona erdiği yerden başlar ve sırtı takiben kuzeye doğru yönelerek sırasıyla Kalaycıyücesi tepe (1190.4 m.), Bağlıca tepe (1289.5 m.), Yücegediğin tepe, Ardıcıntaşı tepeden geçerek doğuya yönelmektedir. Hasan dağı ve Hanas sırtını geçerek Çemnegeç suyuna inmektedir. Akış yönünde bu suyu takip ederek Zeytin dere ile birleştiği yerde Karaoğlan tepeden gelen sırtı takip ederek sırasıyla; Karaoğlan tepe (974 m.), Solak dağı (1907 m.) Küçüksolak dağı, Daz tepe (1768 m.), Okkayası tepe (1957 m.), Başpınar tepe (1783 m.), Kızıl dağ (2157 m.), Taşlıkbaşı tepe (2013 m.), Küçükkızıldağ ve Kızıl tepeden geçerek kuzey sınırının başladığı yerde sona ermektedir.

Coğrafi konumu itibariyle Akdeniz ikliminin etkisi altında olup genel olarak kışları yağışlı ve ılık, yazları ise sıcak ve kurak olmakla birlikte mevsim yağışları görülmektedir. Vejetasyon süresi Mart ayında başlayıp Aralık ayına kadar devam etmektedir. Yükselti arttıkça ısı düşmekte ve yağış şekli de değişmektedir.

Çalışma alanının yıllık sıcaklık ortalaması 16.8 derecedir. En yüksek sıcaklık 45.2 dereceyle Temmuz ayında, en düşük sıcaklık ise -9,6 derece ile Şubat ayında ölçülmüştür. En düşük ortalama sıcaklık değeri 4.9 derece ile Ocak ayına, en yüksek ortalama sıcaklık değeri ise 28.4 ile Temmuz ve Ağustos aylarına aittir. Vejetasyon süresi; +10 derece ve üzerindeki ortalama sıcak aylar toplamı vejetasyon süresi olarak alınmıştır. Vejetasyon mevsimi ortalama olarak Mart - Kasım aylarıdır. Vejetasyon mevsiminde en düşük sıcaklık -7.6 derece ile Mart ayı, en yüksek sıcaklık ise 45.2 derece ile Temmuz ayna ait değer olup, ortalama sıcaklık 20.4 derecedir (Anonim, 2012).

Yağışlar daha çok Aralık, Ocak ve Şubat aylarına rastlamaktadır. Günlük maksimum yağış miktarı 98.2 mm. ile Aralık ayında, en az ise 5.0 mm. ile Ağustos ayında görülmüştür. İstasyonda yağışsız ay bulunmamaktadır.

## **2.2. Materyal**

Bu çalışmada, Kapıkaya planlama birimine ilişkin 2012 yılına ait meşcere haritası ve envanter karnesi verileri kullanılmıştır. Ayrıca, toprak üstü ve toprak altı biyokütle miktarını ve buna bağlı olarak biyokütlenin içerdiği karbon miktarının belirlenebilmesi için 2012 yılına ait orman amenajman planındaki Meşcere Tipleri Tanıtım Tablosundaki (Tablo 13) meşcere tiplerinin servet değerlerinden faydalanılmıştır.

## **2.3.Yöntem**

Planlama biriminin karbon depolama kapasitesi üç farklı yaklaşıma göre (biyokütle çevirme faktörü (BÇF) yöntemi, ağaç türüne bağlı biyokütle çevirme faktörü (ATBÇF) yöntemi ve allometrik denklem (AD) yöntem) ortaya konulacaktır. Öncelikle bu üç farklı yaklaşıma göre planlama biriminin biyokütlesi hesaplanacak, daha sonra hesaplanan biyokütle değerleri karbon dönüşüm katsayısı ile çarpılarak planlama biriminin karbon depolama kapasiteleri belirlenecektir.

### **2.3.1. Biyokütlenin hesaplanması**

#### **2.3.1.1. Biyokütle çevirme faktörü yöntemi**

Bu yöntemde planlama birimindeki meşcere tiplerine ait hektardaki servet değerleri belli katsayılar ile (Biyokütle Çevirme Faktörü ve Fırın Kuru Ağırlıklar) çarpılarak meşcerenin hektardaki toprak üstü ve toprak altı biyokütlesi ortaya konulmuştur. Meşcere tiplerinin servet değerleri Kapıkaya amenajman planındaki 13 nolu “Meşcere Tipleri Tanıtım Tablosu” tablolardan alınmıştır (Çizelge 2.2.). Biyokütle hesaplanırken planlama birimindeki her bir ağaç türü için Biyokütle Çevirme Faktörleri geliştirilmediğinden meşcere tipleri ibrelili ve yapraklı olmak üzere iki kategoriye ayrılarak gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, tepe kapallığı %10 ve daha az olan bozuk nitelikli ormanlar FRA-2010 ve LULUCF kılavuzuna göre orman sayılmadığından dolayı biyokütle ve buna bağlı karbon hesaplamaları verimli ve verimsiz ormanlar için ayrı ayrı hesaplanması gerekmektedir. Bu bağlamda, meşcere tipleri ayrıca verimli ve bozuk kategorilerine ayrılmıştır. Planlama birimindeki meşcere tipleri ibrelili-yapraklı ve verimli-bozuk kategorilerine ayrılmış ve meşcere tiplerine ait hektardaki servet değerleri bu kategorilere ilişkin Fırın Kuru Ağırlıklar (FKA) ve Biyokütle Çevirme Faktörleri (BÇF) ile çarpılarak hektardaki toprak üstü biyokütle değerleri hesaplanmıştır.

Çizelge 2.2. Planlama Birimi Meşçere Tipi Alan ve Servet Değerleri

| Meşçere Tipi | Servet (m <sup>3</sup> /ha) | Meşçere Tipi | Servet (m <sup>3</sup> /ha) | Meşçere Tipi | Servet (m <sup>3</sup> /ha) | Meşçere Tipi | Servet (m <sup>3</sup> /ha) |
|--------------|-----------------------------|--------------|-----------------------------|--------------|-----------------------------|--------------|-----------------------------|
| Çzab2        | 8.467                       | Çkbc3        | 187.851                     | SşÇke1       | 136.926                     | BÇkS         | 16.000                      |
| Çzab3        | 40.477                      | Çkcd1        | 99.870                      | SşGd1        | 179.799                     | BÇkM         | 12.000                      |
| Çzb1         | 16.841                      | Çkcd2        | 176.917                     | Arbc1        | 25.130                      | BÇkDy        | 11.000                      |
| Çzb2         | 24.773                      | Çkcd3        | 251.727                     | Arcd1        | 68.741                      | BS           | 8.000                       |
| Çzb3         | 45.820                      | Çkd1         | 122.528                     | ArMbc1       | 15.446                      | BSÇk         | 18.000                      |
| Çzbc1        | 30.823                      | Çkd2         | 249.430                     | Mab2         | 2.857                       | BSG          | 16.000                      |
| Çzbc2        | 53.566                      | Çkd3         | 378.479                     | Mab3         | 7.333                       | BSM          | 10.000                      |
| Çzbc3        | 98.584                      | ÇkÇzd2       | 194.369                     | Mb2          | 9.980                       | BSAr         | 12.000                      |
| Çzc1         | 39.758                      | ÇkScd1       | 132.418                     | Mb3          | 19.833                      | BSDy         | 9.000                       |
| Çzc2         | 66.792                      | ÇkScd2       | 283.595                     | Mbc1         | 9.717                       | BAr          | 4.000                       |
| Çzc3         | 128.52                      | ÇkMcd2       | 237.604                     | Mbc2         | 36.655                      | BArÇz        | 10.000                      |
| Çzcd1        | 83.430                      | Sab2         | 14.708                      | Mbc3         | 93.133                      | BArS         | 8.000                       |
| Çzcd2        | 126.190                     | Sbc2         | 81.835                      | MArbc1       | 36.687                      | BArM         | 6.000                       |
| Çzcd3        | 230.628                     | Sbc3         | 87.173                      | MArbc2       | 58.814                      | BArDy        | 5.000                       |
| Çzd1         | 97.270                      | Scd2         | 95.945                      | MDybc2       | 22.590                      | BM           | 4.000                       |
| Çzd2         | 155.749                     | SGcd2        | 130.065                     | Kvb3         | 41.588                      | BMÇz         | 8.000                       |
| Çzd3         | 337.668                     | Sşbc2        | 44.096                      | BÇz          | 10.000                      | BMÇk         | 14.000                      |
| ÇzMbc2       | 42.054                      | Sşcd1        | 32.797                      | BÇzAr        | 11.000                      | BMAr         | 7.000                       |
| Çkb1         | 25.967                      | Sşcd2        | 77.719                      | BÇzM         | 10.000                      | BMDy         | 5.000                       |
| Çkb3         | 124.65                      | Sşe1         | 136.573                     | BÇzDy        | 9.000                       | BDy          | 2.000                       |
| Çkbc1        | 41.762                      | Sşe2         | 153.874                     | BÇk          | 15.000                      |              |                             |
| Çkbc2        | 156.400                     | SşÇkcd2      | 123.576                     | BÇkAr        | 13.000                      |              |                             |

Bu değerler meşçere tiplerinin planlama birimindeki alanı ile çarpılarak tüm alandaki o meşçere tipinin toplam toprak üstü biyokütlesi belirlenmiştir. Daha sonra hesaplanan hektardaki toprak üstü biyokütle değeri kök/sak oranı (R) ile çarpılarak hektardaki toprak altı biyokütle değerleri bulunmuştur. Hesaplanan hektardaki toprak altı biyokütle değeri meşçere tiplerinin planlama birimindeki alanı ile çarpılarak tüm alandaki o meşçere tipinin toplam

toprak altı biyokütlesi olarak ortaya konulmuştur. Tüm meşcere tiplerinin toplam toprak üstü biyokütlesi ve toplam toprak altı biyokütlesi toplanarak planlama biriminin toplam biyokütlesi hesaplanmıştır.

$$T\ddot{U}BK = B\check{C}F \times FKA \times AS \quad (4)$$

$$TABK = T\ddot{U}BK \times R \quad (5)$$

$$TBK = T\ddot{U}BK + TABK \quad (6)$$

Denkleimde

$T\ddot{U}BK$  = Toprak Üstü Biyokütle (ton)

$TABK$  = Toprak Altı Biyokütle (ton)

$TBK$  = Toplam Biyokütle

$B\check{C}F$  = Biyokütle Çevirme Faktörü

$FKA$  = Fırın Kuru Ağırlık ( $\text{ton}/\text{m}^3$ )

$AS$  = Ağaç Serveti Hacmi (Kabuklu hacim,  $\text{m}^3$ )

$R$  = Kök/Sak oranı ( $TAB / T\ddot{U}B$ )

Toprak üstü biyokütle ve toprak altı biyokütle hesaplanırken Tolunay (2011) tarafından önerilen katsayılar kullanılmıştır. Toprak üstü biyokütle hesaplanırken  $FKA$ ; yapraklı türler için 0.541 ve ibrelili türler için 0.446,  $B\check{C}K$ ; yapraklı türler için 1.23 ve ibrelili türler için 1.195 olarak dikkate alınmıştır (Çizelge 2.3.). Toprak altı biyokütle hesaplanırken  $R$  katsayısı hektardaki toprak üstü biyokütleye bakılarak kullanılmıştır. Hektardaki toprak üstü biyokütle ibrelili türlerde 50 t/ha'dan küçük ise 0.4, 50-150 t/ha arasında ise 0.29, 150 t/ha'dan büyük ise 0.2 ile; yapraklı türlerde ise 75 t/ha'dan küçük ise 0.46, 75-150 t/ha arasında ise 0.23, 150 t/ha'dan büyük ise 0.24 ile çarpılmıştır (Çizelge 2.4.). Toplam biyokütle miktarı, ibrelili ve yapraklı grupların toplam toprak üstü ve toprak altı biyokütlelerinin toplanması ile elde edilmiştir.

Çizelge 2.3. Planlama Birimindeki Toprak Üstü Biyokütlenin Hesaplanması

| Kategoriler |          | Verimli Orman                 | Bozuk Orman                   | FKA   | BÇF   |
|-------------|----------|-------------------------------|-------------------------------|-------|-------|
|             |          | Biyokütle (Ton)               | Biyokütle (Ton)               |       |       |
| TÜBK        | İbrelî   | $V \times 0.446 \times 1.195$ | $V \times 0.446 \times 1.195$ | 0.446 | 1.195 |
|             | Yapraklı | $V \times 0.541 \times 1.23$  | $V \times 0.541 \times 1.23$  | 0.541 | 1.230 |

Çizelge 2.4. Planlama Birimindeki Toprak Altı Biyokütlenin Hesaplanması

| Kategoriler        | Biyokütle (Ton) | R                  |                   |
|--------------------|-----------------|--------------------|-------------------|
| TABK               |                 | $TÜBK < 50$        |                   |
|                    | İbrelî          | $TÜBK \times 0.40$ |                   |
|                    |                 | $TÜBK \times 0.29$ | $50 < TÜBK < 150$ |
|                    |                 | $TÜBK \times 0.20$ | $TÜBK > 150$      |
|                    | Yapraklı        | $TÜBK \times 0.46$ | $TÜBK < 75$       |
|                    |                 | $TÜBK \times 0.23$ | $75 < TÜBK < 150$ |
| $TÜBK \times 0.24$ |                 | $TÜBK > 150$       |                   |

### 2.3.1.2. Ağaç türüne bağlı biyokütle çevirme faktörü yöntemi

Meşcere tipleri tanımlanırken karışıma katılan ağaç türlerinin karışımdaki oranı %10'dan daha büyük ise meşcere tipi tanımlamada yer almaktadır. Örneğin, Çkc3 meşcere tipinde sadece karaçam ağaç türü olduğu düşünülse de bu meşcere tipinde %10 oranında karışıma katılmayan başka bir ağaç türü bulunabilmektedir. Amenajman planlarındaki Tablo 13'lerde meşcere tiplerindeki tüm ağaç türleri ve bu ağaç türlerinin hektardaki servet değerleri ayrı ayrı yer almaktadır. Özellikle ibrelî-yapraklı ağaçların oluşturduğu karışık meşcere tiplerinde BÇF yönteminde hakim ağaç türü dikkate alınarak hakim ağaç türü ibrelî ise ibrelî, yapraklı ise yapraklı ağaç türünün BÇF ve FKA katsayıları kullanılarak biyokütle hesaplanmaktadır. Böylece meşcere tipinin servetinin tamamı ya ibrelî yada yapraklı olarak kabul edilmektedir. ATBÇF yönteminde ise özellikle karışık meşcere tipindeki ağaç türlerinin servet değerleri ayrı ayrı dikkate alınmaktadır. Yani ibrelî türlerin toprak üstü biyokütlesi ve toprak altı biyokütlesi ayrı, yapraklı türlerin toprak altı ve toprak üstü biyokütlesi ayrı

hesaplanmaktadır. Birinci yöntemde kullanılan katsayılar bu yöntem içinde kullanılmıştır. Örneğin, Çzd1 meşcere tipinin hektardaki serveti  $97.270 \text{ m}^3$  olup bu servetin  $96.825 \text{ m}^3$ 'ü kızılçam ve  $0.445 \text{ m}^3$ 'ü diğer yapraklı türlerden oluşmaktadır. Bu meşcere tipinin hektardaki toprak üstü biyokütlesini hesaplariken meşcere tipinde iki farklı gruba (ibreli ve yapraklı) ait ağaç türü olduğundan öncelikle ibreli türün (kızılçam) ağaç hacmi ibreli türlere ait BÇF ve FKA ile çarpılmıştır ( $96.825 \times 0.446 \times 1.195$ ). Daha sonra meşcere tipindeki diğer yapraklı ağaç türünün ağaç hacmi yapraklı türlere ait BÇF ve FKA ile çarpılmıştır ( $0.445 \times 0.541 \times 1.23$ ). İbreli ve yapraklı türler için hesaplanan toprak üstü biyokütle değerleri toplanarak meşcere tipinin hektardaki biyokütlesi hesaplanmıştır. Aynı işlem toprak altı biyokütle hesaplamada da gerçekleştirilmiştir.

### **2.3.1.3. Allometrik denklem yöntemi**

Bu yöntemde planlama biriminin 2012 yılı amenajman planı düzenlenirken gerçekleştirilen arazi çalışmasındaki envanter verileri kullanılmıştır. Envanter karnelerinde yer alan ağaç türleri için geliştirilen allometrik denklemler kullanılarak her bir ağacın toprak üstü biyokütlesi hesaplanmıştır. Böylece örnekleme alanındaki her bir ağacın toprak üstü biyokütlesi hesaplanmış daha sonra her bir ağacın toprak üstü biyokütlesinin toplanması ile örnekleme alanının toprak üstü biyokütlesi bulunmuştur. Bulunan değer hektara çevrilerek o örnekleme alanındaki meşcere tipinin toprak üstü biyokütlesi ortaya konulmuştur. Planlama biriminde aynı meşcere tipinden birden fazla örnekleme alanı alındığından aynı meşcere tipi için farklı örnekleme alanında hesaplanan hektardaki toprak üstü biyokütle değerlerinin aritmetik ortalaması alınarak o meşcere tipinin hektardaki toprak üstü biyokütle değeri belirlenmiştir. Toprak altı biyokütle hesaplanırken BÇF yöntemindeki katsayılar kullanılmıştır. Bozuk ormanlık alanlarda örnekleme alanı alınmadığı için bozuk meşcere tiplerinin toprak üstü biyokütlesi ATBÇF yöntemine göre hesaplanan değerler kullanılmıştır.

Planlama biriminde kızılçam, karaçam, sedir, göknar, meşe ve ardıç ağaç türleri yayılış göstermektedir. Kızılçam, karaçam, sedir, göknar ve meşe ağaç türleri için ülkemizde geliştirilen allometrik denklemler mevcut iken ardıç için geliştirilmiş allometrik denklem bulunmamaktadır. Bu nedenle, ardıç için Jenkins ve ark. (2003) tarafından geliştirilmiş allometrik denklem kullanılmıştır (Çizelge 2.5.).

Çizelge 2.5. Ağaç türleri için geliştirilen biyokütle denklemleri

| Ağaç Türü | Allometrik Denklem  | Kaynak               |
|-----------|---|----------------------|
| Meşe      | $TBK = -302.193 + 26.56596d$                                  | Durkaya 1998         |
| Kızılcıam | $\ln TBK = -1.92352 + 2.243357 \ln d$ (f: 1.072 )             | Durkaya ve ark. 2009 |
| Karaçam   | $TBK = -106.555 + (10.61818d) + (0.100728d^2)$                | Durkaya ve ark. 2010 |
| Sedir     | $TBK = 37.21449 - (8,08322 \times d) + (0,644812 \times d^2)$ | Ülküdür, 2010        |
| Uludağ    | $TBK = -24.7765 + 0.525998d^2$                                | Durkaya ve ark. 2013 |
| Ardıç     | $TBK = \text{Exp}(-0,7152 + 1,7029 \ln d)$                    | Jenkins ve ark. 2003 |

### 2.3.2. Karbon depolama kapasitesinin hesaplanması

Biyokütle yeşil bitkiler tarafından fotosentez yoluyla üretilirler (Hall ve ark. 2006). Orman ekosisteminin sahip olduğu biyokütlenin belirlenmesi karbon döngüsünün kavranması ve orman ekosisteminin bu döngüye katkısının ortaya konulması açısından önemlidir (Dixon ve ark., 1994; Binkley ve ark., 2004). Orman ekosisteminin karbon depolama kapasitesi biyokütlenin kuru ağırlığın karbon dönüşüm faktörleri ile çarpımı ile bulunmaktadır (Gower ve ark., 2001; Durkaya ve ark., 2010). Yapılan çalışmalar incelendiğinde karbon dönüşüm faktör değerinin %43.7 ile %55.7 arasında değiştiğini ve hesaplamalarda %10'luk bir sapma olabileceği belirtilmektedir (Laiho ve Laine, 1997; Elias ve Potvin 2003; Lamtom ve Savidge, 2003; Bert ve Danjon, 2006; Zhang ve ark., 2009; Durkaya ve ark., 2009).

Biyokütlede depolanan karbonun belirlenmesi için Zhang ve ark. (2009) tarafından yapılan çalışmada tek ağaç fırın kurusu ağırlığının ortalama %49.9'u iken, türlere göre bu değer %43.7 ile %55.6 arasında değiştiğini ortaya koymuşlardır. Lamtom ve Savigne (2003)'nin 41 türü kapsayan çalışmasında ise biyokütlenin %46.3 ile %55.2 arasında karbon stokladığını keza FRA-2010 Kılavuzunun 5.2 No'lu ek tablosunda Türkiye'nin bulunduğu coğrafi iklim zonu dikkate alındığına ortalama iğne yapraklı türler için %51 yapraklı türler için %48 karbon stokladığı hesaplanmıştır. Bu çalışmada toprak üstü, toprak altı ve toplam biyokütle değerlerini karbon miktarına dönüştürmek için yapraklı türlerde 0.48, ibrelili türlerde ise 0.51 karbon dönüşüm katsayısı ile çarpılmıştır (IPCC 2006; Tolunay, 2011).

### **2.3.3. Karbon depolama kapasitesinin haritalandırılması**

Kapıkaya planlama biriminin karbon depolama kapasitenin belirlenmesi ve haritalandırılmasında 2012 tarihli meşcere haritasından yararlanılmıştır. 2012 tarihli meşcere haritası Kahramanmaraş Orman Bölge Müdürlüğünden sayısal ortamda temin edilmiştir. Meşcere haritasına ilişkin meşcere tiplerinin servet değerleri ilgili amenajman planındaki Tablo 13'ten "Meşcere Tipleri Tanıtım Tablosu" alınarak veri tabanına aktarılmıştır. Veri tabanına girilen meşcere tiplerinin servet değerleri, biyokütle çevirme faktörleri, fırın kurusu ağırlıklar, kök/sak oranı ve karbon dönüşüm katsayıları kullanılarak planlama biriminin 2012 yılı için toprak üstü ve toprak altı biyokütle ve karbon depolama kapasiteleri ArcGIS 10 TM yazılımı kullanılarak hesaplanmış ve karbon depolama kapasite haritaları oluşturulmuştur.

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

#### 3.1. Biyokütle Çevirme Faktörü Yöntemine İlişkin Bulgular

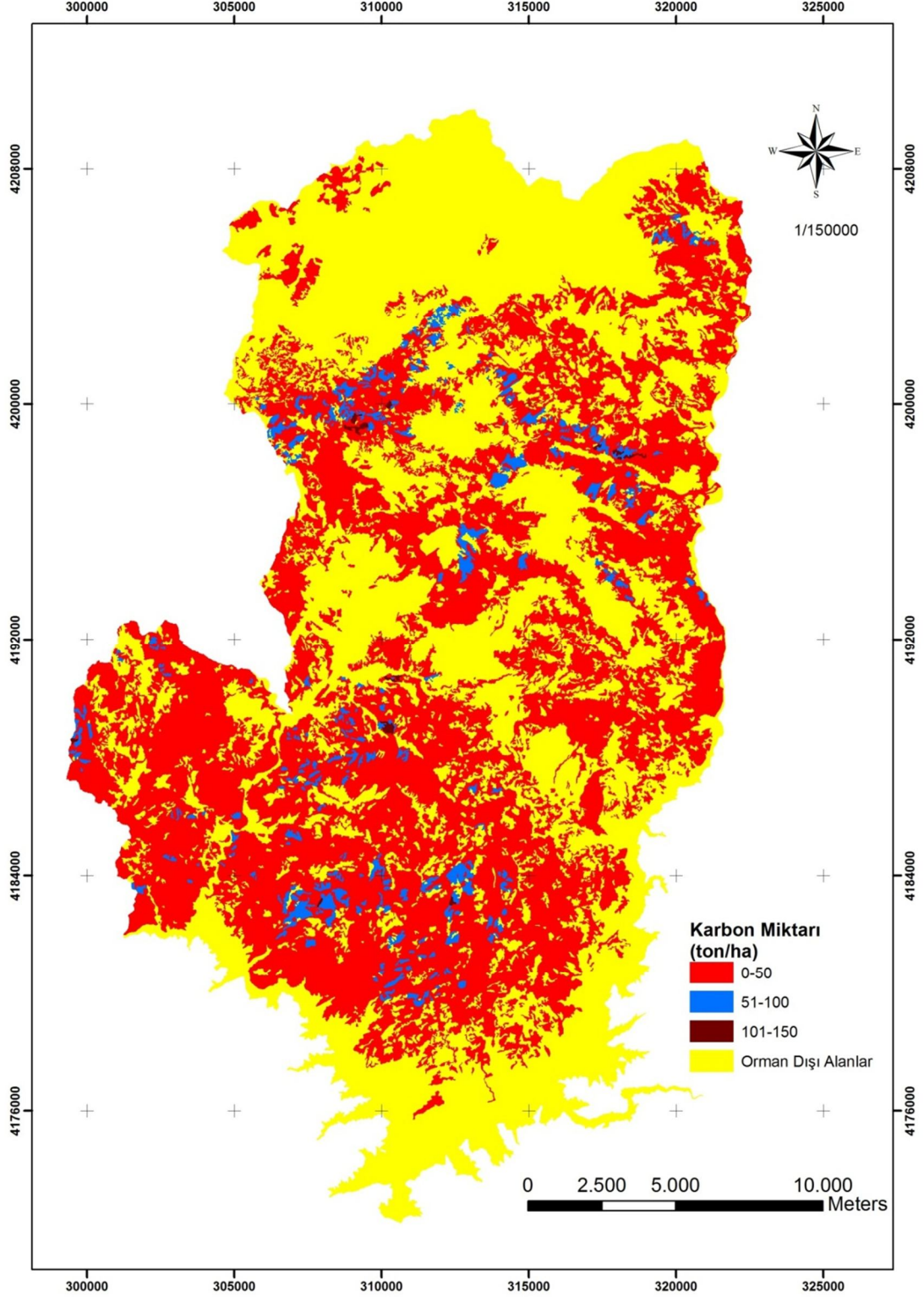
Planlama biriminin biyokütle çevirme faktörü yöntemine göre hesaplanan 2012 yılına ait karbon depolama miktarları Şekil 3.1’de gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, toprak üstü biyokütle miktarı 587362.4 ton ve toprak altı biyokütle miktarı 194785.9 ton olup toplam biyokütle miktarı 782148.2 ton olarak bulunmuştur (Çizelge 3.1.). Diğer bir ifadeyle toplam biyokütlenin %75.1’i toprak üstü biyokütleden ve %24.9’u ise toprak altı biyokütleden oluşmaktadır. Meşcere yapısına göre bir değerlendirme yapıldığında ise verimli ormanlardaki toplam biyokütle miktarı 683816.5 ton ve bozuk ormanlardaki toplam biyokütle miktarı ise 98331.8 ton olarak hesaplanmıştır. Detaylı bir inceleme yaptığımızda, bozuk orman alan miktarı (14597.2 ha) ormanlık alanın % 56’sını oluşturmasına rağmen bozuk ormandaki biyokütle miktarı toplam biyokütle miktarının sadece %12’sini oluşturmaktadır.

Çizelge 3.1. Biyokütle Çevirme Faktörü Yöntemine Göre Biyokütle ve Karbon Miktarları

| Ağaç Türü | Meşcere Yapısı | Alan (ha) | Biyokütle (ton) |          |          | Karbon (ton) |
|-----------|----------------|-----------|-----------------|----------|----------|--------------|
|           |                |           | TÜBK            | TABK     | TBK      |              |
| İbrelî    | Verimli        | 10334.0   | 496855.0        | 157689.7 | 654544.7 | 333292.3     |
|           | Bozuk          | 5559.2    | 30482.6         | 12185.9  | 42668.5  | 21425.8      |
|           | Toplam         | 15893.2   | 527337.6        | 169875.6 | 697213.2 | 354718.1     |
| Yapraklı  | Verimli        | 632.0     | 6994.8          | 3091.6   | 10086.4  | 4813.4       |
|           | Bozuk          | 2347.6    | 6872.6          | 3115.8   | 9988.4   | 4755.1       |
|           | Toplam         | 2979.6    | 13867.4         | 6207.4   | 20074.8  | 9568.5       |
| Karışık   | Verimli        | 944.8     | 13521.9         | 5663.5   | 19185.4  | 9756.5       |
|           | Bozuk          | 6462.5    | 32635.5         | 13039.4  | 45674.9  | 22990.4      |
|           | Toplam         | 7407.3    | 46157.4         | 18702.9  | 64860.3  | 32746.9      |
| TOPLAM    |                | 26280.1   | 587362.4        | 194785.9 | 782148.3 | 397033.5     |

Verimli ormanların biyokütle miktarının bozuk ormanların biyokütle miktarından fazla çıkmasının temel nedeni verimli meşcerelerin bozuk meşcerelere göre hektarda daha fazla ağaç servetine sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Bunu bir örnekle açıklarsak, planlama

birimindeki en yüksek servete sahip bozuk meşçerenin (BSÇk) hektardaki serveti  $18 \text{ m}^3$  iken verimli meşçerenin (Çkd3) hektardaki serveti  $378 \text{ m}^3$ 'tür. Ağaç serveti biyokütleye bir çarpan olduğundan bu durum biyokütleye yansımaktadır.



Şekil 3.1. Planlama biriminin biyokütle çevirme faktörü yöntemine göre hesaplanan karbon depolama miktarları

Planlama biriminin toplam karbon miktarı 397033.4 ton olarak hesaplanmıştır. Tespit edilen karbon miktarının 298217.0 ton'u toprak üstü karbon miktarı, 98816.3 ton'u ise toprak altı karbon miktarı olarak tespit edilmiştir. Biyokütleyle ilişkin bulgulara paralel olarak verimli ormanlardaki toplam karbon miktarı 347862.1 ton ve bozuk ormanlardaki toplam karbon miktarı ise 49171.3 ton olarak hesaplanmıştır. Verimli ormandaki karbon miktarı toplam karbon miktarının %88'ini oluşturmaktadır. Toplam karbon miktarının 354718.1 tonunun (%89) ibrelili türler, 9568.5 tonunun (%2) yapraklı türler ve 32746.8 tonunun (%9) ise karışık türler tarafından depolandığı ortaya konulmuştur. Verimli karışık meşcerelerin (ibrelili-yapraklı yada yapraklı-ibrelili) alan miktarı ormanlık alanın (26280.1 ha) % 28'ini teşkil ederken karışık meşcereler tarafından depolanan karbon miktarı ise toplam karbon miktarının yalnızca %9'unu teşkil etmektedir. Planlama biriminin yaklaşık dörtte birinde karışık meşcereler mevcut iken bu meşcerelerin depoladığı karbon miktarının az olmasının sebebi karışık meşcerelerin (7097.93 ha) %91'inin (6462.58 ha) bozuk meşcere yapısında olması ve bozuk meşcerelerin karbon depolama kapasitesinin verimli meşcerelerin karbon depolama kapasitesinden fazla olmasından kaynaklanmaktadır.

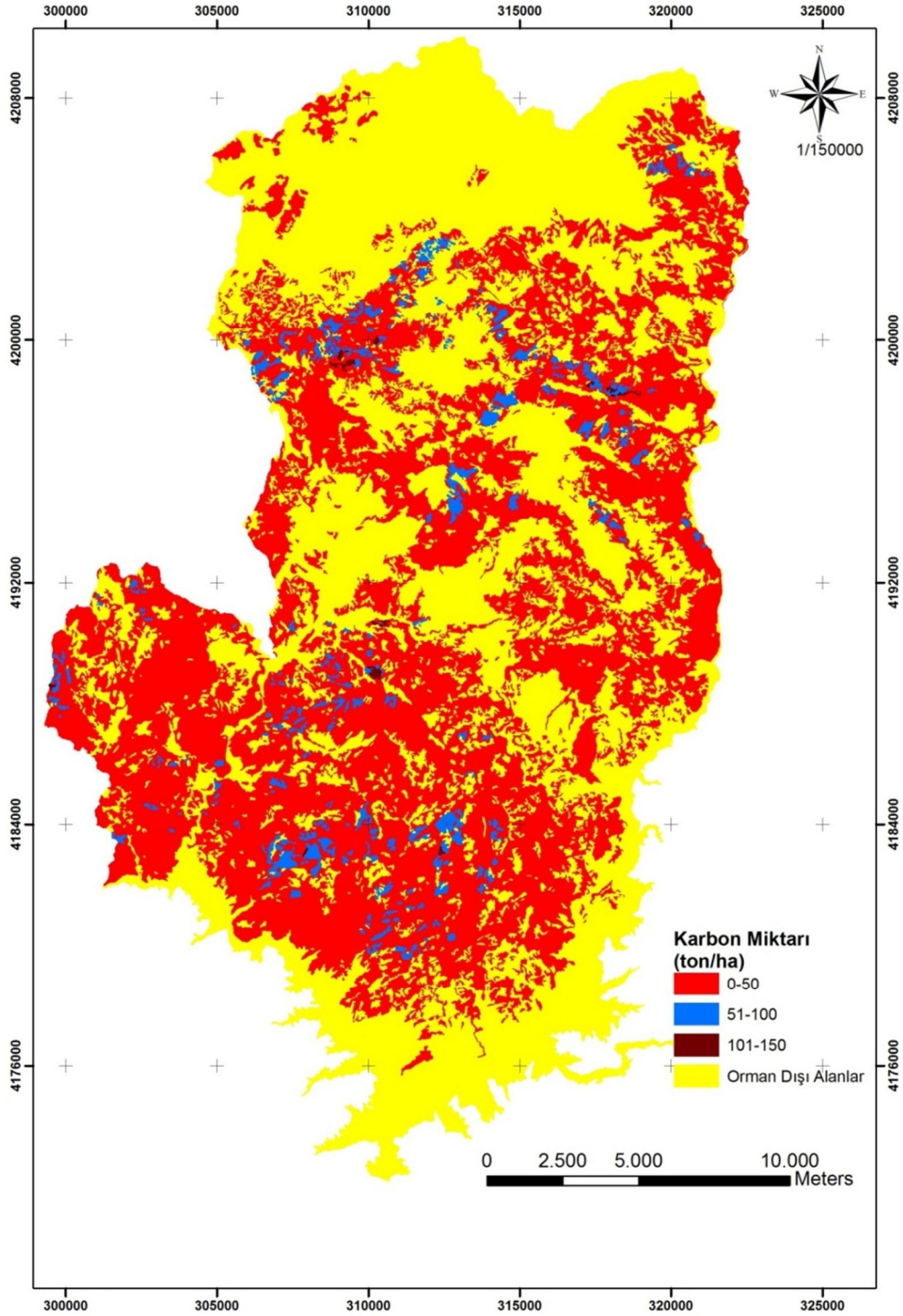
### **3.2. Ağaç Türüne Bağlı Biyokütle Çevirme Faktörü Yöntemine İlişkin Bulgular**

Planlama biriminin ATBCF yöntemine göre hesaplanan 2012 yılına ait karbon depolama miktarları Şekil 3.2'de gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, toprak üstü biyokütle miktarı 587679.0 ton ve toprak altı biyokütle miktarı 194923.6 ton olup toplam biyokütle miktarı 782602.6 ton olarak bulunmuştur (Çizelge 3.2.). Diğer bir ifadeyle toplam biyokütlenin %75.1'i toprak üstü biyokütleden ve %24.9'u ise toprak altı biyokütleden oluşmaktadır. Meşcere yapısına göre bir değerlendirme yapıldığında ise verimli ormanlardaki toplam biyokütle miktarı 684370.3 ton ve bozuk ormanlardaki toplam biyokütle miktarı ise 98232.4 ton olarak hesaplanmıştır. Detaylı bir inceleme yaptığımızda, bozuk orman alan miktarı (14597.2 ha) ormanlık alanın % 56'sını oluşturmasına rağmen bozuk ormandaki biyokütle miktarı toplam biyokütle miktarının sadece %12'sini oluşturmaktadır. Verimli ormanlardaki toplam ağaç serveti bozuk ormanlardaki toplam ağaç servetinden daha fazla olduğundan dolayı bozuk orman alanı verimli ormanlık alandan daha fazla olmasına rağmen daha küçük toplam biyokütleyle sahiptir.

Çizelge 3.2. Ağaç Türüne Bağlı Biyokütle Çevirme Faktörü Yöntemine Göre Biyokütle ve Karbon Miktarları

| Ağaç Türü | Meşcere Yapısı | Alan (ha) | Biyokütle (ton) |          |          | Karbon (ton) |
|-----------|----------------|-----------|-----------------|----------|----------|--------------|
|           |                |           | TÜBK            | TABK     | TBK      |              |
| İbrelili  | Verimli        | 10334.0   | 497331.0        | 157993.6 | 655324.6 | 333671.2     |
|           | Bozuk          | 5559.2    | 30482.6         | 12185.9  | 42668.5  | 21425.8      |
|           | Toplam         | 15893.2   | 527813.6        | 170179.5 | 697993.1 | 355097.0     |
| Yapraklı  | Verimli        | 632.0     | 6947.5          | 3057.9   | 10005.5  | 4776.3       |
|           | Bozuk          | 2347.6    | 6872.6          | 3115.8   | 9988.3   | 4755.2       |
|           | Toplam         | 2979.6    | 13820.1         | 6173.7   | 19993.8  | 9531.5       |
| Karışık   | Verimli        | 944.8     | 13574.0         | 5466.2   | 19040.2  | 9684.0       |
|           | Bozuk          | 6462.5    | 32471.3         | 13104.2  | 45575.5  | 22932.7      |
|           | Toplam         | 7407.3    | 46045.3         | 18570.4  | 64615.7  | 32616.7      |
| TOPLAM    |                | 26280.1   | 26276.7         | 194923.6 | 782602.6 | 397245.3     |

Planlama biriminin toplam karbon miktarı 397245.3 ton olarak hesaplanmıştır. Tespit edilen karbon miktarının 298363.6 ton'u toprak üstü karbon miktarı, 98881.7 ton'u ise toprak altı karbon miktarı olarak tespit edilmiştir. Orman ekosisteminin karbon depolama kapasitesi biyokütlenin belli bir katsayı ile (karbon dönüşüm katsayısı) çarpılmasıyla elde edildiğinden planlama biriminin karbon depolamaya ilişkin bulguları biyokütleyle ilişkin elde edilen sonuçlarla paralellik göstermiştir. Verimli ormanlardaki toplam karbon miktarı 348131.6 ton ve bozuk ormanlardaki toplam karbon miktarı ise 49113.7 ton olarak hesaplanmıştır. Verimli ormandaki karbon miktarı toplam karbon miktarının %88'ini oluşturmaktadır. Toplam karbon miktarının 355097.0 tonunun (%89) ibrelili türler, 9531.5 tonunun (%2) yapraklı türler ve 32616.7 tonunun (%9) ise karışık türler tarafından depolandığı ortaya konulmuştur. Planlama birimindeki en düşük biyokütle miktarı 4755.2 ton ile bozuk yapraklı ormanlarda bulunmuş ve yapraklı ormanlardaki verimli ve bozuk alanların biyokütle değerleri de birbirine çok yakın olup sadece 21.2 tonluk bir fark tespit edilmiştir.



Şekil 3.2. Planlama biriminin ağaç türüne bağlı biyokütle çevirme faktörü yöntemine göre hesaplanan karbon depolama miktarları

### 3.3. Allometrik denklem yöntemine ilişkin bulgular

Planlama biriminin allometrik denklem yöntemine göre hesaplanan 2012 yılına ait karbon depolama miktarları Şekil 3.3'de gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, toprak üstü biyokütle miktarı 834112.3 ton ve toprak altı biyokütle

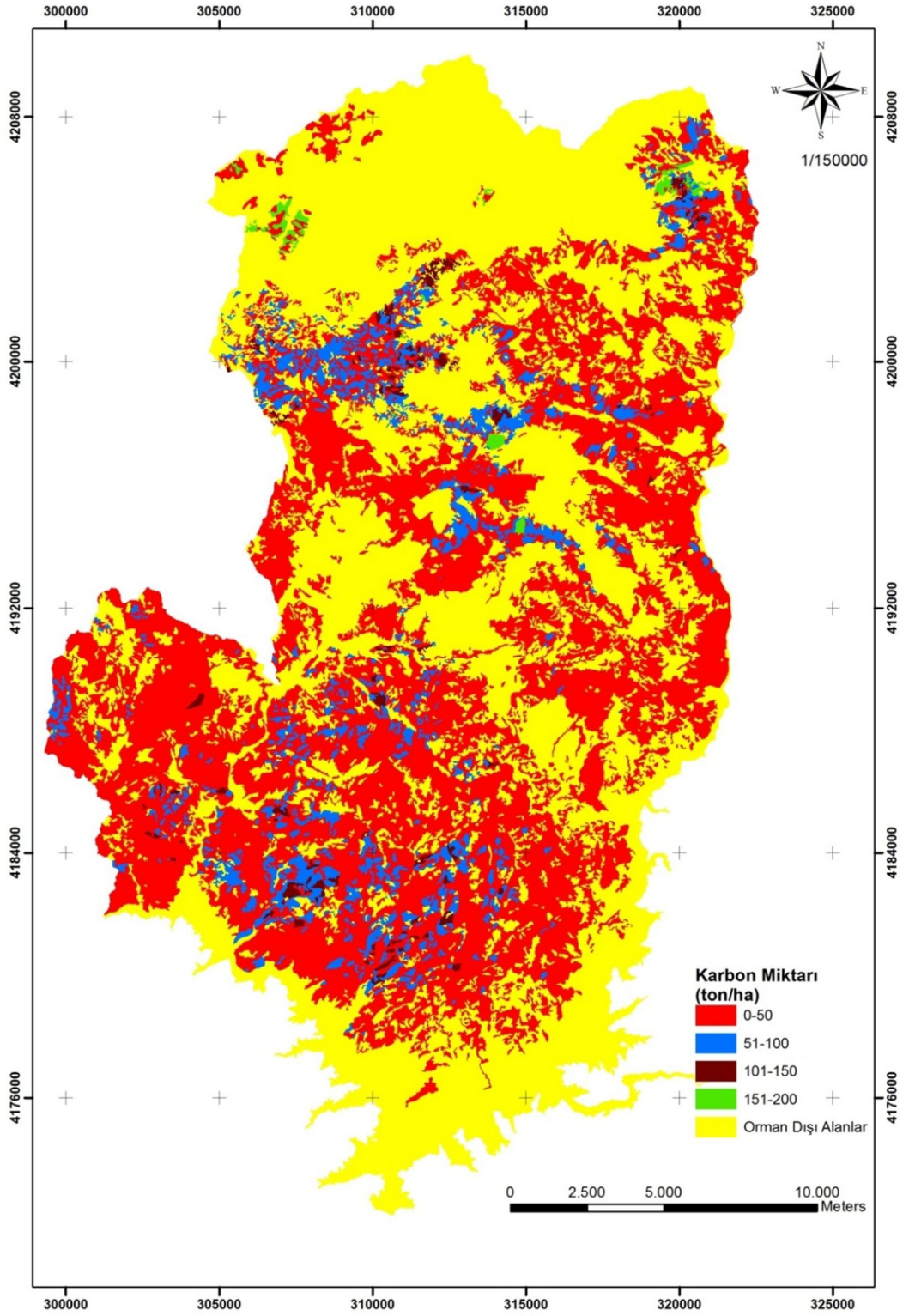
miktarı 240330.5 ton olup toplam biyokütle miktarı 1074442.8 ton olarak bulunmuştur (Çizelge 3.3.). Diğer bir ifadeyle toplam biyokütlenin %77.6'sı toprak üstü biyokütleden ve %22.4'ü ise toprak altı biyokütleden oluşmaktadır. Meşcere yapısına göre bir değerlendirme yapıldığında ise verimli ormanlardaki toplam biyokütle miktarı toplam biyokütlenin %90.9 (976275.2 ton) iken ve bozuk ormanlardaki toplam biyokütle oranı ise %9.1 (98167.6 ton) olarak hesaplanmıştır. Detaylı bir inceleme yaptığımızda, bozuk orman alan miktarı (14597.2 ha) ormanlık alanın % 56'sını oluşturmasına rağmen bozuk ormandaki biyokütle miktarı toplam biyokütle miktarının sadece %9.1'ini oluşturmaktadır. Verimli ormanların biyokütle miktarının bozuk ormanların biyokütle miktarından fazla çıkmasının temel nedeni verimli meşcerelerin bozuk meşcerelere göre hektarda daha fazla ağaç servetine sahip olmasından kaynaklanmaktadır.

Çizelge 3.3. Allometrik Denklem Metoduna Göre Karbon Miktarı

| Ağaç Türü | Meşcere Yapısı | Alan (ha) | Biyokütle (ton) |          |           | Karbon (ton) |
|-----------|----------------|-----------|-----------------|----------|-----------|--------------|
|           |                |           | TÜBK            | TABK     | TBK       |              |
| İbrelî    | Verimli        | 10334.0   | 731079.4        | 201010.5 | 932089.9  | 474938.3     |
|           | Bozuk          | 5559.2    | 30482.6         | 12185.9  | 42668.5   | 21425.8      |
|           | Toplam         | 15893.2   | 761562.0        | 213196.4 | 974758.4  | 496364.1     |
| Yapraklı  | Verimli        | 632.0     | 21646.3         | 6342.7   | 27989.0   | 13410.9      |
|           | Bozuk          | 2347.6    | 6872.6          | 3115.8   | 9988.4    | 4755.2       |
|           | Toplam         | 2979.6    | 28518.9         | 9458.5   | 37977.4   | 18166.1      |
| Karışık   | Verimli        | 944.8     | 11560.1         | 4636.2   | 16196.3   | 8235.9       |
|           | Bozuk          | 6462.5    | 32471.3         | 13039.4  | 45510.7   | 22890.0      |
|           | Toplam         | 7407.3    | 44031.4         | 17675.6  | 61707.0   | 31125.9      |
| TOPLAM    |                | 26280.1   | 26276.7         | 240330.5 | 1074442.8 | 545656.1     |

Planlama biriminin AD yöntemine göre toplam karbon miktarı 545656.1 ton olarak hesaplanmıştır. Tespit edilen karbon miktarının 423675.6 ton'u toprak üstü karbon miktarı, 121980.5 ton'u ise toprak altı karbon miktarı olarak tespit edilmiştir.

Orman ekosisteminin karbon depolama kapasitesi biyokütlenin belli bir katsayı ile (karbon dönüşüm katsayısı) çarpılmasıyla elde edildiğinden planlama biriminin karbon depolamaya ilişkin bulguları biyokütleyle ilişkin elde edilen sonuçlarla paralellik göstermiştir.



Şekil 3.3. Planlama biriminin allometrik denklem yöntemine göre hesaplanan karbon depolama miktarları

Verimli ormanlardaki toplam karbon miktarı 496585.1 ton ve bozuk ormanlardaki toplam karbon miktarı ise 49071 ton olarak hesaplanmıştır. Toplam karbon miktarının %91'ini verimli ormandaki, %9'unu ise bozuk ormandaki karbon miktarı oluşturmaktadır.

Toplam karbon miktarının 496364.1 tonunun (%91) ibreli türler, 18166.1tonunun (%3.3) yapraklı türler ve 31125.9 tonunun (%5.7) ise karışık türler tarafından depolandığı ortaya konulmuştur. Verimli karışık meşcerelerin (ibreli-yapraklı yada yapraklı-ibreli) alan miktarı ormanlık alanın (26280.1 ha) % 28'ini teşkil ederken karışık meşcereler tarafından depolanan karbon miktarı ise toplam karbon miktarının yalnızca %6'sını teşkil etmektedir. Planlama biriminin yaklaşık dörtte birinde karışık meşcereler mevcut iken bu meşcerelerin depoladığı karbon miktarının az olmasının sebebi karışık meşcerelerin (7097.93 ha) %91'inin (6462.58 ha) bozuk meşcere yapısında olması ve bozuk meşcerelerin karbon depolama kapasitesinin verimli meşcerelerin karbon depolama kapasitesinden fazla olmasından kaynaklanmaktadır.

### 3.4. Yöntemlerin karşılaştırılması

Biyokütle ve karbon depolama değerleri açısından yöntemler karşılaştırıldığında en yüksek toplam biyokütle ve karbon değerine AD yöntemi sahipken en düşük toplam biyokütle ve karbon depolama değerine ise BÇF yöntemi sahiptir. BÇF yönteminde toplam biyokütle 782148.2 ton iken, ATBÇF yönteminde 782602.6 ton ve AD yönteminde ise 1074442.8 ton hesaplanmıştır. AD yöntemine göre belirlenen karbon değeri BÇF yönteminden %37.4 daha fazla çıkarken ATBÇF yönteminden %37.3 daha fazla çıkmıştır (Çizelge 3.4.).

Çizelge 3.4. Farklı Yöntemlere Göre Hesaplanan Toplam Biyokütle ve Karbon

| Yöntem            | Meşcere Yapısı | Biyokütle (ton) | Karbon (ton) |
|-------------------|----------------|-----------------|--------------|
| 1. Yöntem (BÇF)   | Verimli        | 683816.5        | 347862.2     |
|                   | Bozuk          | 98331.7         | 49171.2      |
|                   | Toplam         | 782148.2        | 397033.4     |
| 2. Yöntem (ATBÇF) | Verimli        | 684370.3        | 348131.6     |
|                   | Bozuk          | 98232.4         | 49113.6      |
|                   | Toplam         | 782602.6        | 397245.2     |
| 3. Yöntem (AD)    | Verimli        | 976275.2        | 496585.1     |
|                   | Bozuk          | 98167.6         | 49070.9      |
|                   | Toplam         | 1074442.8       | 545656.0     |

BÇF ile ATBÇF yöntemlerine göre tespit edilen biyokütle değerleri bir birine yakın çıkmış olup sadece %7'lik bir fark söz konusudur. İki yöntemde göre sonuçların birbirine yakın çıkmasının temel nedeni planlama birimindeki ibrelili-yapraklı karışık ormanların alan miktarının az olmasından kaynaklanmaktadır. Planlama birimindeki ibrelili-yapraklı karışık orman alanı genel alanın %2 sini (4022.8 ha) oluşturmaktadır. İki yaklaşıma göre biyokütle değerlerinin farklı çıkmasının nedeni de planlama birimindeki karışık ormanların bulunmasından kaynaklanmaktadır. Eğer planlama biriminin tamamı saf meşcerelerden oluşması durumunda her iki yaklaşıma göre de hesaplanacak biyokütle ve karbon değeri birbirinin aynısı olacaktır.

İki yaklaşıma göre hesaplanacak biyokütle değerleri arasındaki fark planlama biriminde bulunan ibrelili-yapraklı ve yapraklı-ibrelili meşcere durumuna göre değişecektir. Eğer alanda sadece ibrelili-yapraklı karışık meşcereleri mevcut ise ATBÇF yöntemine göre hesaplanan biyokütle miktarı BÇF yöntemine göre hesaplanan değerlerden daha fazla olacaktır. Ancak alanda yapraklı-ibrelili karışık meşcereleri mevcut ise ATBÇF yöntemine göre hesaplanan biyokütle miktarı BÇF yöntemine göre hesaplanan değerlerden daha az olacaktır. Çünkü ilk yöntemde hakim ağaç türü hangisi ise (ibrelili yada yapraklı) ona göre uygun katsayı kullanılmaktadır. Çalışma alanında da ibrelili-yapraklı orman alan miktarı (4022.8 ha) ve meşcerelerin ortalama serveti (69.9 m<sup>3</sup>), yapraklı-ibrelili orman alan miktarı (3330.5 ha) ve meşcerelerin ortalama servetinden (22.3 m<sup>3</sup>) fazla olduğu için ATBÇF yöntemine göre hesaplanan biyokütle miktarı BÇF yöntemine göre hesaplanan değerlerden daha fazla çıkmıştır (Çizelge 3.5.).

Çizelge 3.5. Farklı Yöntemlere Göre Hesaplanan Meşçere Tiplerinin Biyokütle ve Karbon Depolama Miktarları

| Meşçere Tipi | Servet (m <sup>3</sup> /ha) | Alan (ha) | 1. Yöntem (BÇF) |        | 2. Yöntem (ATBÇF) |        | 3. Yöntem (AD) |        |
|--------------|-----------------------------|-----------|-----------------|--------|-------------------|--------|----------------|--------|
|              |                             |           | Biyokütle       | Karbon | Biyokütle         | Karbon | Biyokütle      | Karbon |
| Çzab2        | 112.1                       | 8.4       | 6.3             | 3.2    | 6.3               | 3.2    | 7.6            | 3.8    |
| Çzab3        | 15.4                        | 40.4      | 30.2            | 15.4   | 30.3              | 15.4   | 49.0           | 24.9   |
| Çzb1         | 48.7                        | 16.8      | 12.6            | 6.4    | 12.6              | 6.4    | 18.9           | 9.6    |
| Çzb2         | 69.2                        | 24.7      | 18.5            | 9.4    | 18.5              | 9.4    | 27.7           | 14.1   |
| Çzb3         | 49.3                        | 45.8      | 34.2            | 17.4   | 34.2              | 17.4   | 51.2           | 26.1   |
| Çzbc1        | 699.3                       | 30.8      | 23.0            | 11.7   | 23.0              | 11.7   | 32.8           | 16.7   |
| Çzbc2        | 369.6                       | 53.5      | 40.0            | 20.4   | 40.0              | 20.4   | 58.8           | 29.9   |
| Çzbc3        | 163.2                       | 98.5      | 67.7            | 34.5   | 67.7              | 34.5   | 96.4           | 49.1   |
| Çzc1         | 298.4                       | 39.7      | 29.7            | 15.1   | 29.7              | 15.1   | 41.6           | 21.2   |
| Çzc2         | 127.6                       | 66.7      | 49.8            | 25.3   | 49.8              | 25.3   | 69.7           | 35.5   |
| Çzc3         | 49.4                        | 128.5     | 88.4            | 45.0   | 88.4              | 45.0   | 126.7          | 64.6   |
| Çzcd1        | 2366.4                      | 83.4      | 62.3            | 31.7   | 62.3              | 31.7   | 78.7           | 40.1   |
| Çzcd2        | 969.2                       | 126.1     | 86.8            | 44.2   | 87.0              | 44.3   | 119.7          | 61.0   |
| Çzcd3        | 190.7                       | 230.6     | 158.5           | 80.8   | 159.0             | 81.0   | 202.8          | 103.4  |
| Çzd1         | 397.7                       | 97.2      | 66.8            | 34.0   | 67.0              | 34.1   | 90.7           | 46.2   |
| Çzd2         | 473.9                       | 155.7     | 107.1           | 54.6   | 107.2             | 54.6   | 142.8          | 72.8   |
| Çzd3         | 27.8                        | 337.6     | 216.0           | 110.1  | 216.3             | 110.3  | 286.4          | 146    |
| ÇzMbc2       | 93.5                        | 42.0      | 31.4            | 16.0   | 32.0              | 16.3   | 53.2           | 27.1   |
| Çkb1         | 3.0                         | 25.9      | 19.3            | 9.8    | 19.3              | 9.8    | 25.5           | 13.0   |
| Çkb3         | 12.0                        | 124.6     | 85.7            | 43.7   | 85.7              | 43.7   | 89.4           | 45.5   |
| Çkbc1        | 55.4                        | 41.7      | 31.2            | 15.9   | 31.2              | 15.9   | 37.7           | 19.2   |
| Çkbc2        | 41.1                        | 156.4     | 107.6           | 54.8   | 107.6             | 54.8   | 91.3           | 46.5   |
| Çkbc3        | 37.3                        | 187.8     | 129.1           | 65.8   | 129.1             | 65.8   | 145.7          | 74.3   |
| Çkcd1        | 274.6                       | 99.8      | 68.6            | 34.9   | 68.6              | 34.9   | 63.7           | 32.4   |
| Çkcd2        | 124.5                       | 176.9     | 121.6           | 62.0   | 121.6             | 62.0   | 102.8          | 52.4   |
| Çkcd3        | 39.0                        | 251.7     | 173.1           | 88.2   | 173.1             | 88.2   | 156.9          | 80.0   |
| ÇkÇzd2       | 15.6                        | 194.3     | 133.6           | 68.1   | 133.8             | 68.2   | 122.6          | 62.5   |
| Çkd1         | 60.8                        | 122.5     | 84.2            | 42.9   | 84.4              | 43.0   | 67.6           | 34.4   |
| Çkd2         | 55.2                        | 249.4     | 171.5           | 87.4   | 171.5             | 87.4   | 129.9          | 66.2   |
| Çkd3         | 42.1                        | 378.4     | 242.0           | 123.4  | 242.0             | 123.4  | 178.5          | 91.0   |

Çizelge 3.5. devamı

| Meşçere Tipi | Servet (m <sup>3</sup> /ha) | Alan (ha) | 1. Yöntem (BÇF) |        | 2. Yöntem (ATBÇF) |        | 3. Yöntem (AD) |        |
|--------------|-----------------------------|-----------|-----------------|--------|-------------------|--------|----------------|--------|
|              |                             |           | Biyokütle       | Karbon | Biyokütle         | Karbon | Biyokütle      | Karbon |
| ÇkMcd2       | 21.7                        | 237.6     | 163.3           | 83.2   | 171.1             | 87.2   | 0.0            | 0.0    |
| ÇkScd1       | 287.6                       | 132.4     | 91.1            | 46.4   | 91.1              | 46.4   | 114.5          | 58.3   |
| ÇkScd2       | 242.7                       | 283.5     | 181.3           | 92.4   | 181.3             | 92.4   | 149.8          | 76.3   |
| Sab2         | 8.6                         | 14.7      | 10.9            | 5.5    | 10.9              | 5.5    | 15.8           | 8.0    |
| Sbc2         | 32.5                        | 81.8      | 61.0            | 31.1   | 61.0              | 31.1   | 0.0            | 0.0    |
| Sbc3         | 35.2                        | 87.1      | 65.1            | 33.2   | 65.1              | 33.2   | 129.6          | 66.0   |
| Scd2         | 9.2                         | 95.9      | 65.9            | 33.6   | 65.9              | 33.6   | 163.3          | 83.2   |
| SGcd2        | 11.2                        | 130.0     | 89.5            | 45.6   | 89.6              | 45.6   | 163.2          | 83.2   |
| Sşbc2        | 40.4                        | 44.0      | 32.9            | 16.7   | 33.1              | 16.8   | 97.9           | 49.9   |
| Sşcd1        | 244.2                       | 32.7      | 24.5            | 12.4   | 24.5              | 12.4   | 98.6           | 50.2   |
| Sşcd2        | 152.7                       | 77.7      | 58.0            | 29.5   | 58.0              | 29.5   | 195.7          | 99.8   |
| SşÇked       | 150.2                       | 123.5     | 85.0            | 43.3   | 85.0              | 43.3   | 233.0          | 118.8  |
| SşÇke1       | 216.9                       | 136.9     | 94.2            | 48.0   | 95.5              | 48.7   | 184.0          | 93.8   |
| Sşe1         | 125.1                       | 136.5     | 93.9            | 47.8   | 94.2              | 48.0   | 367.3          | 187.3  |
| Sşe2         | 77.0                        | 153.8     | 105.8           | 53.9   | 105.8             | 53.9   | 373.2          | 190.3  |
| SşGd1        | 66.2                        | 179.7     | 123.6           | 63.0   | 123.6             | 63.0   | 268.3          | 136.8  |
| Arbc1        | 256.0                       | 25.1      | 18.8            | 9.5    | 18.8              | 9.5    | 29.5           | 15.0   |
| Arcd1        | 99.7                        | 68.7      | 51.3            | 26.1   | 51.4              | 26.2   | 48.6           | 24.7   |
| ArMbc1       | 303.3                       | 15.4      | 11.5            | 5.8    | 13.2              | 6.7    | 37.0           | 18.8   |
| Mab2         | 108.9                       | 2.8       | 2.8             | 1.3    | 2.8               | 1.3    | 6.4            | 3.0    |
| Mab3         | 12.5                        | 7.3       | 7.1             | 3.4    | 7.1               | 3.4    | 16.5           | 7.9    |
| MArbc1       | 128.8                       | 36.6      | 32.6            | 16.6   | 29.2              | 14.8   | 0.0            | 0.0    |
| MArbc2       | 87.9                        | 58.8      | 57.1            | 29.1   | 52.0              | 26.5   | 0.0            | 0.0    |
| Mb2          | 54.1                        | 9.9       | 9.7             | 4.6    | 9.7               | 4.6    | 26.1           | 12.5   |
| Mb3          | 43.7                        | 19.8      | 16.3            | 7.8    | 16.1              | 7.7    | 43.0           | 20.6   |
| Mbc1         | 139.3                       | 9.7       | 9.5             | 4.5    | 9.3               | 4.4    | 34.0           | 16.3   |
| Mbc2         | 103.5                       | 36.6      | 35.6            | 17.0   | 35.3              | 16.9   | 99.1           | 47.5   |
| Mbc3         | 33.3                        | 93.1      | 90.5            | 43.4   | 90.2              | 43.2   | 227            | 108.9  |
| MDybc        | 16.5                        | 22.5      | 21.9            | 10.5   | 21.7              | 10.4   | 70.9           | 34.0   |
| Kvb3         | 1.8                         | 41.5      | 40.4            | 19.3   | 40.4              | 19.3   | 40.4           | 19.3   |
| BÇz          | 1988                        | 10.0      | 7.4             | 3.7    | 7.4               | 3.7    | 7.4            | 3.7    |
| BÇzAr        | 98.6                        | 11.0      | 8.2             | 4.1    | 8.2               | 4.1    | 8.2            | 4.1    |

Çizelge 3.5. devamı

| Meşcere Tipi | Servet (m <sup>3</sup> /ha) | Alan (ha) | 1. Yöntem (BÇF) |        | 2. Yöntem (ATBÇF) |        | 3. Yöntem (AD) |        |
|--------------|-----------------------------|-----------|-----------------|--------|-------------------|--------|----------------|--------|
|              |                             |           | Biyokütle       | Karbon | Biyokütle         | Karbon | Biyokütle      | Karbon |
| BÇzDy        | 2635.2                      | 9.0       | 6.7             | 3.4    | 6.7               | 3.4    | 6.7            | 3.4    |
| BÇzM         | 2259.9                      | 10.0      | 7.4             | 3.7    | 7.4               | 3.7    | 7.4            | 3.7    |
| BÇk          | 109.7                       | 15.0      | 11.2            | 5.7    | 11.2              | 5.7    | 11.2           | 5.7    |
| BÇkAr        | 257.0                       | 13.0      | 9.7             | 4.9    | 9.7               | 4.9    | 9.7            | 4.9    |
| BÇkDy        | 41.6                        | 11.0      | 8.3             | 4.2    | 8.3               | 4.2    | 8.2            | 4.1    |
| BÇkM         | 588.4                       | 12.0      | 9.3             | 4.7    | 9.1               | 4.6    | 9.0            | 4.5    |
| BÇkS         | 375.5                       | 16.0      | 11.9            | 6.0    | 11.9              | 6.0    | 11.9           | 6.0    |
| BS           | 856.4                       | 8.0       | 6.0             | 3.0    | 6.0               | 3.0    | 6.0            | 3.0    |
| BSAr         | 434.2                       | 12.0      | 9.0             | 4.5    | 9.0               | 4.5    | 9.0            | 4.5    |
| BSÇk         | 477.5                       | 18.0      | 13.4            | 6.8    | 13.4              | 6.8    | 13.4           | 6.8    |
| BSDy         | 25.2                        | 9.0       | 6.7             | 3.4    | 6.7               | 3.4    | 6.7            | 3.4    |
| BSG          | 25.5                        | 16.0      | 11.9            | 6.0    | 11.9              | 6.0    | 11.9           | 6.0    |
| BSM          | 20.6                        | 10.0      | 7.7             | 3.9    | 7.6               | 3.8    | 7.4            | 3.7    |
| BAr          | 823.2                       | 4.0       | 3.0             | 1.5    | 3.0               | 1.5    | 3.0            | 1.5    |
| BArÇz        | 44.2                        | 10.0      | 7.4             | 3.7    | 7.4               | 3.7    | 7.4            | 3.7    |
| BArDy        | 274.9                       | 5.0       | 3.9             | 1.9    | 3.9               | 1.9    | 3.8            | 1.9    |
| BArM         | 137.9                       | 6.0       | 4.8             | 2.4    | 4.7               | 2.3    | 4.5            | 2.2    |
| BArS         | 69.0                        | 8.0       | 6.0             | 3.0    | 6.0               | 3.0    | 6.0            | 3.0    |
| BM           | 402.0                       | 4.0       | 3.9             | 1.8    | 3.9               | 1.8    | 3.9            | 1.8    |
| BMAr         | 328.1                       | 7.0       | 6.8             | 3.4    | 6.8               | 3.4    | 6.8            | 3.4    |
| BMÇk         | 20.6                        | 14.0      | 12.3            | 6.2    | 12.7              | 6.4    | 13.6           | 6.9    |
| BMÇz         | 129.5                       | 8.0       | 7.2             | 3.6    | 7.4               | 3.7    | 7.7            | 3.9    |
| BMDy         | 1629.0                      | 5.0       | 4.8             | 2.3    | 4.8               | 2.3    | 4.8            | 2.3    |
| BDy          | 316.5                       | 2.0       | 1.9             | 0.9    | 1.9               | 0.9    | 1.9            | 0.9    |

Planlama birimindeki saf meşcereler dikkate alındığında BÇF yöntemi ile ATBÇF yöntemi sonucu elde edilen toplam biyokütle değerlerinin birbirine eşit olması beklenmektedir. Ancak, Çizelge 8 incelendiğinde saf meşcerelere ait toplam biyokütle değerinin iki yöntemde de bazı meşcere tiplerinde farklı olduğu tespit edilmiştir. Bu farklılığın nedeni, meşcere tipleri tanımlanırken karışıma katılan ağaç türlerinin karışımdaki oranı %10'dan daha büyük ise meşcere tipi tanımlamada yer almaktadır. Saf meşcere tipi

rumuzuyla simgelenen meşcerelerde %10 oranında karışıma katılmayan türler de bulunabilmektedir. Planlama birimindeki Çzd3 meşcere tipinde sadece kızılçam (Çz) ağaç türü olduğu düşünülse de bu meşcere tipinde %10 oranının altında diğer yapraklı (Dy) ağaç türü bulunmaktadır. Bu nedenle Çzd3 meşcere tipinin hektardaki toplam biyokütlesi biyokütle çevirme faktörü yöntemine göre 215.96 ton çıkarken ağaç türüne bağlı biyokütle çevirme faktörü yönteminde bu değer 216.24 ton olarak hesaplanmıştır.

Ülkemizde gerçekleştirilen envanter çalışmalarında bozuk meşcerelerden örnekleme alanı alınmamaktadır. Bu meşcere tiplerinin hektardaki servet değerleri amenajman planını düzenleyen baş mühendisler tarafından daha önceki plan verilerine yada kendi tecrübelerine dayanarak belirlenmektedir. Bozuk meşcere tiplerinin hektardaki servet değerlerinde o meşcereyi oluşturan ağaç türlerine göre servetin dağılımı genelde yer almamakta sadece hektardaki toplam servet değeri bulunmaktadır. Diğer bir ifadeyle, saf ve karışık bozuk meşcerelerde karışımı oluşturan ağaç türlerinin servet değerleri yerine o ağaçların oluşturduğu meşcere tipinin hektardaki servet değeri mevcuttur. Bu nedenle, bozuk meşcerelerin BÇF yöntemi ve ATBÇF yöntemine göre hesaplanan biyokütle ve karbon değerlerinin birbirine eşit olduğu görülmektedir. Bu alanlardan örnek alan alınmadığından allometrik yöntem bu meşcerelerde uygulanamamış ve onun yerine biyokütle çevirme faktörü yöntemi kullanılmıştır. Bundan dolayı üç yöntemle göre de bozuk meşcerelerin biyokütle ve karbon değerleri birbirine eşittir.

Orman ekosisteminin karbon depolama kapasitesi biyokütlenin belli bir katsayı ile (karbon dönüşüm katsayısı) çarpılmasıyla elde edildiğinden planlama biriminin karbon depolamaya ilişkin bulguları biyokütleyle ilişkin elde edilen sonuçlarla paralellik göstermiştir. Karbon depolama değerleri açısından yöntemler karşılaştırıldığında en yüksek toplam karbon değerine AD yöntemi sahipken en düşük toplam biyokütle ve karbon depolama değerine ise BÇF yöntemi sahiptir. BÇF yönteminde toplam karbon 397033.5 ton iken, ATBÇF yönteminde 397245.3 ton ve AD yönteminde ise 545656.1 ton hesaplanmıştır. AD yöntemine göre belirlenen karbon değeri BÇF yönteminden %37.4 daha fazla çıkarken ATBÇF faktörü yönteminden %37.3 daha fazla çıkmıştır (Çizelge 3.4.).

BÇF ile ATBÇF yöntemlerine göre tespit edilen karbon değerleri bir birine yakın çıkarken AD yöntemine göre hesaplanan karbon değeri bu iki yöntemle göre ciddi anlamda farklılık göstermiştir. Çünkü BÇF ile ATBÇF yöntemleri aynı katsayıları kullanırken sadece karışık meşceredeki ağaç türü farklılıklarını dikkate almaktadır ve bu nedenle sonuçlar bir

birine yakın bulunmuştur. AD yönteminde ise çapa bağlı geliştirilen denklemler kullanıldığından sonuçlar diğer iki yönteme göre daha gerçekçi ve doğru hesaplanmıştır.

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Kapıkaya planlama biriminin 2012 yılına ait toprak üstü ve toprak altı biyokütleyle bağlı karbon depolama kapasitesi ArcGIS 10<sup>TM</sup> yazılımı ile belirlenmiş ve 3 farklı yönteme ilişkin karbon depolama haritası oluşturulmuştur.

BÇF ile ATBÇF yöntemlerine göre tespit edilen karbon değerleri bir birine yakın çıkarken AD yöntemine göre hesaplanan karbon değeri bu iki yönteme göre ciddi anlamda farklılık göstermiştir. Çünkü BÇF ile ATBÇF yöntemleri aynı katsayıları kullanırken sadece karışık meşceredeki ağaç türü farklılıklarını dikkate almaktadır ve bu nedenle sonuçlar bir birine yakın bulunmuştur. AD yönteminde ise çapa bağlı geliştirilen denklemler kullanıldığından sonuçlar diğer iki yönteme göre daha gerçekçi ve doğru hesaplanmıştır. Ülkemizde geliştirilen biyokütle tabloları, biyokütle çevirme faktörleri ve allometrik denklemler yetersiz olduğundan yayılış gösteren ağaç türleri için allometrik denklemler geliştirilerek sera gazı ulusal envanterinde biyokütle ve karbon depolama miktarlarının daha gerçekçi hesaplanmasına katkı sağlanmalıdır.

Orman ekosisteminin karbon depolama kapasitesinin belirlenmesinde ve amenajman planlarının düzenlendiği planlama birimlerinin karbon birikimlerinin hesaplanmasında ağaç türleri için geliştirilen BÇF katsayıları yerine ülkemizdeki mevcut her ağaç türü için BÇF katsayıları geliştirilmediğinden ibrelili ve yapraklı meşcereler için geliştirilen BÇF katsayıları kullanılmıştır. Ülkemizde yayılış gösteren her ağaç türü için yalnızca bölgesel değil ülke genelinde kullanılacak BÇF katsayıları geliştirilmelidir.

Planlama biriminin biyokütle ve karbon depolama kapasitesi belirlenirken mevcut ağaç türlerine ait allometrik denklemler mevcut değilse meşcere yapısındaki ağaç türü farklılığını dikkate alan ve biyokütle çevirme faktörü yerine ağaç türüne bağlı biyokütle çevirme faktörü yöntemi tercih edilmelidir.

Biyokütleyi karbona dönüştürmek için ağaç türü bazında bir katsayı yerine ibrelili ve yapraklı türler için iki farklı katsayı kullanılmaktadır. Her bir ağaç türü için karbon dönüşüm katsayısı geliştirilmeli ve ibrelili-yapraklı türler için kullanılan katsayılar yerine her ağaç türü için geliştirilen katsayılar kullanılmalıdır.

Ormanların karbon depolama kapasitelerinin belirlenmesi, karbon depolama kapasitesinin nelere göre değiştiği, bu değişimi etkileyen faktörlerin neler olduğu, yapılan silvikültürel müdahalelerin ve rehabilitasyon çalışmalarının karbon depolama kapasitesini nasıl etkilediğini ortaya koyan çalışmalar yapılmalıdır.

Bozuk ve a gelişim çağındaki meşcerelerden örnekleme alanı alınamadığından bu meşcerelerin ağaç serveti, biyokütlesi ve karbon depolama kapasitelerinin daha doğru ve tutarlı hesaplanabilmesi için bu meşcerelerden örnek alan alınmalıdır. Bozuk ve a gelişim çağındaki meşcerelerden örnekleme alanı alınması durumunda ülkemizin karbon döngüsüne katkısı daha gerçekçi olarak hesaplanabilecektir.

## KAYNAKLAR

- Alemdağ, Ş., (1981). Aboveground-massequations for six hardwood species from natural stands of the research forest at Petawawa, Canadian Forestry Service, Canada, Information Report, X, 6-9.
- Anaya, J.A., Chuvieco E, Palacios-Orueta, A., (2009). Aboveground biomass assessment in Colombia: A remote sensing approach. *Forest Ecology and Management* 257: 1237-1246.
- Anonim, (2013). Türkiye iklim değişikliği 5. bildirimi, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Araújo, T.M., Higuchi, N., Carvalho, J.A., (1999). Comparision of formulae for biomass content determination in a tropical rainforest site in the state of Para, Brazil. *Forest Ecology and Management* 117: 43-52.
- Asan, Ü. ; Yeşil, A. ; Özdemir, İ. ; Sağlam, S. (2005). Ormanlarda Karbon Birikimi ve Yıllık Değişimin Belirlenmesinde Başvurulan Temel Yaklaşımlar. Türk Ormancılığında, Uluslararası Süreçte Acilen Eyleme Dönüştürülmesi Gereken Konular, Mevzuat ve Yapılanmaya Yansımaları Sempozyumu Bildirileri, 17 sayfa, Basılmamıştır.
- Asan, Ü., (1999). Orman Kaynaklarının Çok Amaçlı Kullanımı ve Planlama Sistemleri, Ormanların Çok Amaçlı Olarak Planlanması Semineri, Bolu, Bildiriler Kitabı, 33-40.
- Asan, Ü., Destan, S. ve Özkan, Y. U., (2002). İstanbul Korularının Karbon Depolama, Oksijen Üretme ve Toz Tutma Kapasitesinin Kestirilmesi, Orman Amenajmanı'nda Kavramsal Açılımlar ve Yeni Hedefler Sempozyumu, Nisan, İstanbul, Bildiriler Kitabı: 194-197.
- Baccini, A., Friedl, M.A., Woodcock, C.E., Warbington, R., (2004). Forest biomass estimation over regional scales using multisource data. *Geophysical Research Letters* 31: 1-4.
- Backéus, S., Wikström, P., Lämås, T., (2005). A model for regional analysis of carbon sequestration and timber production. *Forest Ecology and Management*, 216, 28–40

- Basuki, T.M., Van Laake, P.E., Skidmore, A.K., Hussin, Y.A., (2009). Allometric equations for estimating the above-ground biomass in tropical lowland dipterocarp forests. *Forest Ecology and Management* 257: 1684-1694.
- Bergen, K.M., Dobson, M.C., Pierce, L.E. ve Ulaby, F.T., (1998). Characterizing Carbon in a Northern Forest by Using SIR-C/X-SAR Imagery, *Remote Sensing of Environment*, 63, 1, 24-39.
- Bert, D., ve Danjon F., (2006). Carbon concentration variations in the roots stem and crown of mature *Pinus pinaster* (Ait). *Forest Ecology and Management*, 222: 279-295.
- Binkley, D., Stape, J.L., Ryon, M.G., (2004). Thinking about efficiency of resource use in forest. *Forest Ecology and Magement*, 193: 5-16.
- Birdsey, R.A., (1992). Carbon storage and accumulation in United States forest ecosystems. United States Department of Agriculture Forest Service GTR WO-59
- Brown, S., (1993). Tropical forests and the global carbon cycle: The need for sustainable land-use patterns. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 46: 31-44.
- Brown, S., (2002). Measuring carbon in forests: current status and future challenges. *Environmental Pollution* 116, 363-372
- Brown, S., Lugo, A.E., (1982). The storage and production of organic matter in tropical forests and their role in the global carbon cycle. *Biotropica* 14: 61-187.
- Brown, S., Sathaye, J., Cannell, M., Kauppi, P.E., (1996). Management of forests for mitigation of greenhouse gas emissions.
- Brown, S., Schroeder, P., Kern, J., (1999). Spatial distribution of biomass in forests of the eastern USA. *Forest Ecology and Management*, 123, 81–90
- Brown, S., Şillespie, A.R., Lugo, A.E., (1989). Biomass Estimation Methods for Tropical Forests with Applications to Forest Inventory Data. *Forest Science* 35: 881-902.
- Brown, S.L., Schroeder, P.E., (1999). Spatial patterns of aboveground production and mortality of woody biomass for eastern U.S. forests. *Ecol. Appl.* 9, 968–980.
- Cairns, M.A., Brown, S., Helmer, E.H., Baumgardner, G.A., (1997). Root biomass allocation in the world's upland forests. *Oecologia*, 111, 1–11

- Canadell, J.G., Le Quere , C., Raupach, M.R., Field, C.B., Buitenhuis, E.T., Ciais, P., Conway, T.J., Gillett, N.P., Houghton, R.A., Marland, G., (2007). Contributions to accelerating atmospheric CO growth from economic activity, carbon intensity, and efficiency of natural sinks. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 104 18 866-18, 870.
- Chroust, L., (2006). Above-ground biomass of young pine forests (*Pinus sylvestris*) and its determination. *Communicationes Instituti Forestalis Cechosloveniae*. 14: 127-145.
- Chung-Wang, X., Ceulemans, R., (2004). Allometric relationships for below- and aboveground biomass of young Scots pines. *Forest Ecology and Management* 203: 177-186.
- Cienciala, E., M. Cerny, F. Tatarinov, J. Apltaufer and Z. Exnerová, (2006). Biomass functions applicable to Scots pine. *Trees–Structure andFunction*. 20: 483-495.
- Clark, D.A., Brown, S., Kicklighter, D.W., Chambers, J.Q., Thomlinson, J.R., Ni, J., Holland, E.A., (2001). Net primary production in tropical forests: an evaluation and synthesis of existing field data. *Ecological Application* 11 (2), 371–384.
- ÇOB, İklim Değişikliği ve Yapılan Çalışmalar. Çevre ve Orman Bakanlığı. Ankara. 101s. (2008).
- Devi, L.S., Yadava, P.S., (2009). Aboveground biomass and net primary production of semi-evergreen tropical forest of Manipur, North-Eastern India. *Journal of Forestry Research* 20: 151-155.
- Diaz-Balteiro, L., Romero, C., (2003). Carbon captured as a new instrument in forest management: some implications. *Scientia Forestalis* 63: 103-114.
- Dixon, R.K., Brown, S., Houghton, R.A., Solomon, A.M., Trexler, M.C. ve Wisniewski, J., (1994). Carbon Pools and Flux of Global Forest Ecosystems, *Science*, 263, 185-190.
- Drake, J.B., Dubayah, R.O., Knox, R.Ş., Clark, D.B. & Blair, J.B., (2002). Sensitivity of large-footprint lidar to canopy structure and biomass in a neotropical rainforest. *Remote Sensing of Environment* 81: 378–392.
- Drake, J.B., Knox, R.Ş., Dubayah, R.O., Clark DB, Condit, R., (2003). Aboveground biomass estimation in closed canopy Neotropical forest using lidar remote

- sensing: factors affecting the generality of relationships. *Global Ecology and Biogeography* 12: 147-159.
- Durkaya, A., Durkaya, B., Çakıl, E., (2010). Predicting the above-ground biomass of crimean pine (*Pinus nigra*) stands in Turkey. *Journal of Environmental Biology*, 31: 115-118.
- Durkaya, A., Durkaya, B., Ünsal, A., (2009). Predicting the above-ground biomass of calabrian pine (*Pinus brutia* Ten.) stands in Turkey. *African Journal of Biotechnology* 8 (11): 2483-2488
- Durkaya, B. , Durkaya, A., (2008). Türkiye Toprak üstü tek ağaç ve meşcere biyokütle tabloları, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, Cilt 10, Sayı 14
- Durkaya, B., (1998). Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü Meşe Meşcerelerinin Biyokütle Tablolarının Düzenlenmesi. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. XVII+110 s.
- Durkaya, B., Durkaya, A., Macaroğlu, K., (2012). Bartın Yöresi Karışık Meşcerelerinin Biyokütle Stok Değişimlerinin İrdelenmesi, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi* 2012, Cilt: 14, Sayı: 21, 28-36
- Elias, M., Potvin, C., (2003). Assessing inter and intra-specific variation in trunk carbon concentration for 32 neotropical tree species. *Canadian Journal Forest Research*, 33: 1039-1045.
- García, M., Riaño, D., Chuvieco, E., & Danson, F. M. (2010). Estimating biomass carbon stocks for a Mediterranean forest in central Spain using LiDAR height and intensity data. *Remote Sensing of Environment*, 114 (4), 816-830.
- Gibbs, H.K., Brown, S., Niles, J.O., Foley, J.A., (2007). Monitoring and estimating tropical forest carbon stocks: Making REDD a reality. *Environmental Research Letters* 2: 1-13.
- Goodale, C.L., Apps, M.J., Birdsey, R.A., Field, C.B., Heath, L.S., Houghton, R.A., Jenkins, J.C., Kohlmaier, G.H., Kurz, W., Liu, S., Nabuurs, G., Nilsson, S. ve Shvidenko, A.Z., (2002). Forest Carbon Sinks in The Northern Hemisphere, *Ecological Applications*, 12, 891–899.

- Gower, S.T., Krankina, O., Olson, R.J., Apps, M., Lindar, S., Wang, C., (2001). Net primary production and carbon allocation patterns of boreal forest ecosystems. *Ecology Application*, 11:1395-1411.
- Grace, J., (2004). Understanding and managing the global carbon cycle. *J Ecol* 92: 189-202.
- Hame, T., Salli, A., Anderson, K., Lohi, A., (1997). A new methodology for the estimation of biomass of coniferdominated boreal forest using NOAA AVHRR data. *Int J Remote Sens* 18: 3211-3243.
- Haripriya, G.S., (2002). Biomass carbon of truncated diameter classes in Indian forests. *For Ecol Manage*, 168: 1– 13
- Hashimoto, T., Kojima, K., Tanşe, T., Satohiko, S., (2000). Changes in carbon storage in fallow forests in the tropical lowlands of Borneo. *Forest Ecology and Management* 126: 331-337.
- Henry, M., Picard, N., Trotta, C., Manlay, R., Valentini, R., Bernoux, M., Saint-Andre, L., (2011). Estimating Tree Biomass of Sub-Saharan African Forests: a Review of Available Allometric Equations *Silva Fennica* 45(3B): 477–569.
- Hoen, H.F. ,Solberg, B., (1994). Potential and economic efficiency of carbon sequestration in forest biomass through silvicultural management. *Forest Science* 40(3): 429-451.
- Houghton, R. A., (1999). The annual net flux of carbon to the atmosphere from changes in land use 1850–1990. *Tellus*, 50B, 298–313.
- Houghton, R. A., (2005). Aboveground forest biomass and the global carbon balance, *Global Change Biol.*, 11,6, 945 – 958.
- Hughes, R.F., Kauffman J.B., Jaramillo, V.J., (1999). Biomass, carbon, and nutrient dynamics of secondary forests in a humid tropical region of Mexico. *Ecology* 80: 1897-1907.
- IPCC, (2001). *Climate Change 2001: Working Group I: The Scientific Basis*. Cambridge University Press, New York.
- IPCC, (2003). *Good practice guidance for land use, land-use change and forestry*. (Eds.: J. Penman, M. Gytarsky, T. Hiraishi, T. Krug, D. Kruger, R. Pipatti, L. Buendia, K.

- Miwa, T. Ngara, K. Tanabe and F. Wagner.). IPCC/OECD/IEA/ IGES, Hayama, Japan. Available at: [http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpoglulucf/gpoglulucf\\_contents.html](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpoglulucf/gpoglulucf_contents.html). (Ziyaret tarihi: 10 /01/ 2012).
- IPCC, (2006). Eggleston HS, Buendia L, Miwa K, Ngara T, Tanabe K (2006) IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume - IV Agriculture, Forestry and other and-use. Institute of Global Environmental Strategies (IGES), Hayama, Japan.
- IPCC,(2004). Good Practice Guidance for Land Use, Land Use Change and Forestry. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.htm>
- İkinci, O., (2000). Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü kestane meşcerelerinin biyokütle tablolarının düzenlenmesi. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. 86 s.
- Jalkanen, A., R., Mäkipää, G., Ståhl, A., Lehtonen and H., (2005). Estimation of the biomass stock of trees in Sweden: comparison of biomass equations and age-dependent biomass expansion factors. *Annals of Forest Science*. 62: 845-851.
- Jenkins, J. C., D.C., Chojnacky, L. S. Heath and R. A., Birdsey, (2004). Comprehensive database of diameter-based biomass regressions for North American tree species. United States Department of Agriculture, Forest Service, General Technical Report NE-319, 45 p.
- Kangas, A., Maltamo, M., (2006). Forest inventory. Methodology and applications. *Managing Forest Ecosystems 10*. Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- Kauppi, P.E., Mielikainen, K., Kusela, K., (1992). Biomass and carbon budget of European forests, 1971 to 1990. *Science* 256, 70–74.
- Keleş, S., Kadioğulları, A.İ., Başkent, E.Z.,(2012). The effects of land-use and land-cover changes on carbon storage in forest timber biomass: a case study in Torul, Turkey, *Journal of Land Use Science* 06/2012; 7:125-133. [OI:10.1080/1747423X.2010.537789](https://doi.org/10.1080/1747423X.2010.537789)
- Keleş, S., Başkent, E.Z., (2006). Orman Ekosistemlerindeki Karbon Değişiminin Orman Amenajman Planlarına Yansıtılması: Kavramsal Çerçeve ve Bir Örnek Uygulama (1. Bölüm), *Orman ve Av Dergisi*, 83, 2, 36-41

- Ketterings, Q.M., Coe, R., van Noordwijk, M., Ambaşau, Y. & Palm, C.A., (2001). Reducing uncertainty in the use of allometric biomass equations for predicting above-ground tree biomass in mixed secondary forests. *Forest Ecology and Management* 146: 199-209.
- Krankina, O.N., Harmon, M.E., Winjum, J.K., (1996). Carbon storage and sequestration in the Russian forest sector. *Ambio*, 25, 284–288
- Kumar, R., Pandey, S., Pandey, A., (2006). Plant roots and carbon sequestration. *Current Science* 9: 885-890.
- Kurz, W. A., & Apps, M. J., (1993). Contribution of northern forests to the global carbon cycle: Canada as a case study. *Water, Air and Soil Pollution*, 70, 163–176.
- Kurz, W.A., Beukema, S.J. ve Apps, M.J., (1996). Estimation of Root Biomass and Dynamics for the Carbon Budget Model of the Canadian Forest Sector, *Canadian Journal of Forest Research*, 26, 1973–1979.
- Laiho, R. and Laine, J., (1997). Tree Stand Biomass and Carbon Content in an Age Sequence of Drained Pine Mires in Southern Finland. *Forest Ecology and Management*, 93, 161- 169.
- Lal, R., (2005). Forests soil and carbon sequestration. *Forest soils and carbon sequestration*, 220: 242-258.
- Lamlom, S.H., Savidge, R.A., (2003). Areassessment of carbon content in wood: variation within and between 41 North American species. *Biomass Bioenergy*, 25:381-388.
- Lehtonen, A., Mäkipää, R., Heikkinen, J., Sievänen, R., Liski, J., (2004). Biomass expansion factors (BEF) for Scots pine, Norway spruce and birch according to stand age for boreal forests. *For. Ecol. Manage.* 188:211–224.
- Levy, P. E., S. E. Hale and B. C. Nicoll, (2004). Biomass expansion factors and root: shoot ratios for coniferous tree species in Great Britain. *Forestry*. 77: 421-430
- Liski, J., Korotkov, A.V., Prins, C.F.L., Karjalainen, T., Victor, D.G., Kauppi, P.E., in press. Increased carbon sink in temperate and boreal forests. *Clim. Chang.*.
- Lodhiyal, N., Lodhiyal, L.S., (2003). Biomass and net primary productivity of Bhabar Shisham forests in Central Himalaya, India. *Forest Ecology and Management* 176: 217-235.

- Löwe, H., Seufert, G., Raes, F., (2000). Comparison of methods used within member states for estimating CO<sub>2</sub> emissions and sinks according to UNFCCC and EU monitoring mechanism: forest and other wooded land. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 4,
- Lu, D., (2006). The potential and challenge of remote sensing-based biomass estimation. *Int J Remote Sens* 27: 1297-1328.
- Marklund, L. G., (1987). Biomass functions for Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). Sweden. Dep. of Forest Survey, Rep. 43. Upsalla, Sweden: The Swedish University of Agricultural Sciences.
- Marklund, L. G., (1988). Biomassafunktioner för tall, gran och björk i Sverige. Sveriges Lantbruksuniversitet Rapporter- Skog. 45: 1-73.
- Mikšys, V., I., Varnagiryte-Kabasinskiene, I., Stupak, K., Armolaitis, M., Kukkola and J., Wójcik, (2007). Above-ground biomass functions for Scots pine in Lithuania. *Biomass and Bioenergy* 31: 685-692.
- Montès, N., Şauquelin, T., Badri, W., Bertaudiere, V., Zaoui, E.H., (2000). A nondestructive method for estimating above-ground forest biomass in threatened woodlands. *Forest Ecology and Management* 130: 37-46.
- Muukkonen, P., (2007). Generalized allometric volume and biomass equations for some European tree species in Europe. *European Journal of Forest Research.* 126: 157-166.
- Navár, J., (2009). Allometric equations for tree species and carbon stocks for forests of Northwestern Mexico. *Forest Ecology and Management* 257: 427-434.
- Nelson, B.W., Mesquita, R., Pereira, J.L.Ş., Aquino de Souza, S.Ş, Batista, Ş.T., (1999). Allometric regressions for improved estimate of secondary forest biomass in the Central Amazon. *Forest Ecology and Management* 117: 149-167.
- Nelson, R., Krabill, W., Tonelli, J.,(1988). Estimating forest biomass and volume using airborne laser data. *Remote Sensing of Environment* 24: 247-267.
- NOAA/ESRL, (2013). Dr. Pieter Tans, NOAA/ESRL [www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends](http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends). Ziyaret tarihi: 10 /10/ 2013).
- Nowak, D.J., (1993). Atmospheric carbon reduction by Urban trees. *J Environ Manag* 37: 207-217.

- Onyekwelu, J.C., (2004). Above-ground biomass production and biomass equations for evenaged *Gmelina arborea* (ROXB) plantations in south-western Nigeria. *Biomass and Bioenergy*. 26: 39-46.
- Onyekwelu, J.C., (2007). Growth, biomass yield and biomass functions for plantation-grown *Nauclea diderrichii* (de wild) in the humid tropical rainforest zone of south-western Nigeria.
- Page, S.E., Sieşert F., Rieley, J.O., Boehm Hans-Dieter ,V., Jaya A., (2002). The amount of carbon released from peat and forest fires in Indonesia during 1997. *Nature* 420: 61-65.
- Peichl, M., Arain, M.A., (2007). Allometry and Partitioning of Above- and Belowground Tree Biomass in an Age-Sequence of White Pine Forests, *Forest Ecology and Management*, 253, 68-80.
- Peltier, R., Njiti, C.F., Ntoupka, M., Manlay, R., Henry, M., Morillon, V., (2007). Evaluation du stock de carbone et de la productivité en bois d'un parc à Karités du Nord-Cameroun. *Bois et forêt des tropiques* 294: 39–50.
- Peterson, H., Holm, S., Ståhl, Ş., Alşer, D., Fridman, J., Lethonen, A., Lundstrøm, A., Mäkipää, R., (2012). Individual tree biomass functions or biomass expansion factors for assessment of carbon stock changes in living biomass – A comparative study. *For. Ecol. Manage.* 270: 78–84.
- Ravindranath, N.H., Ostwald, M., (2008). Methods for estimating above-ground biomass. In N. H. Ravindranath, and M. Ostwald, *Carbon Inventory Methods: Handbook for greenhouse gas inventory, carbon mitigation and roundwood production projects*. Springer Science + Business Media B.V 113-14.
- Repola, J., O. Risto and M., Kukkola,( 2007). Biomass functions for Scots pine, Norway spruce and birch in Finland. Working Papers of the Finnish Forest Research Institute, Available at: [http:// www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2007/mwp053.htm](http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2007/mwp053.htm). (Ziyaret tarihi: 23 /01/ 2010 ).
- Rodger, A.S., (1993). The carbon cycle and global forest ecosystem. *Water, Air and Soil Pollution* 70: 295-307
- Sabaté, S., C. Gracia, J., Vayreda and J. Ibáñez, (2008). Differences among species in aboveground biomass expansion factors in Mediterranean forests. Working paper,

Center for Ecological Research and Forestry Applications (CREAF), Universitat Autònoma de Barcelona, Spain. Available at: [http://www.ub.es/ecolo/personal/carlosgracia/Publicacions/PDF/BEF\\_Paper\\_FEM\\_f.pdf](http://www.ub.es/ecolo/personal/carlosgracia/Publicacions/PDF/BEF_Paper_FEM_f.pdf)(Ziyaret tarihi: 23 /01/ 2010 ).

- Saraçoğlu, N., (1992). Kayın (*Fagus orientalis* Lipsky) Biyokütle Tabloları.K.T.U. Trabzon.
- Schroeder, P., Brown, S., Mo, J., Birdsey, R., Cieszewski, C., (1997). Biomass estimation for temperate broadleaf forests of the United States using inventory data. *For. Sci.* 43, 424–434
- Schulze, E., Wirth, D.C., Heimann, M., (2000). Climate Change: Managing Forests After Kyoto. 289, 2058-2059.
- Segura, M., Kanninen, M., (2005). Allometric models for tree volume and total aboveground biomass in a tropical humid forest in Costa Rica. *Biotropica* 37: 2-8.
- Sivrikaya, F. , Bozali, N., (2012). Karbon Depolama Kapasitesinin Belirlenmesi: Türkoğlu Planlama Birimi Örneği, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi* 2012, Cilt: 14 Özel Sayı 69 -76
- Sivrikaya, F., Keleş, S., Çakır, G., (2007). Spatial distribution and temporal change of carbon storage in timber biomass of two different forest management units. *Environmental Monitoring and Assessment*, 132:429-438 Sivrikaya ve ark., 2013.
- Sivrikaya, F., Keleş, S., Çakır, G., (2007a). Spatial distribution and temporal change of carbon storage in timber biomass of two different forest management units. *Environmental Monitoring and Assessment*, 132:429-438
- Steininger, M.K., (2000). Satellite estimation of tropical secondary forest aboveground biomass: data from Brazil and Bolivia. *Int J Remote Sens* 21: 11391157.
- Sun, O., Uğurlu, S., Özer, E., (1980). Kızılçam (*P. brutia* Ten.) Türüne Ait Biyolojik Kütlelerin Saptanması. *Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Bülten Serisi* No: 104. 32 s. Ankara.
- Ter-Mikaelian, M., T., M. D., Korzukhin, (1997). Biomass equations for sixty-five North American tree species. *Forest Ecology and Management*. 97: 1-24.

- Tolunay, D., (2012). Bolu-Aladağ'daki Genç Sarıçam Meşcereleri için Oluşturulan Bitkisel Kütle Denklemleri ve Katsayıları, Journal of the Faculty of Forestry, Istanbul University 2012, 62(2):97-111
- Tolunay, D.,(2011). Total carbon stocks and carbon accumulation in living tree biomass in forest ecosystems of Turkey, Turk J Agric For, 35 (2011) 265-279
- Tomppo, E., (2000). National forest inventory in Finland and its role in estimating the carbon balance of forests. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 4, 241-320.
- UN-ECE/FAO, (2000). Forest Resources of Europe, CIS, North America, Australia, Japan and New Zealand (industrialized temperate/boreal countries), UN-ECE/FAO Contribution to the Global Forest Resources Assessment 2000, Main Report United Nations, New York, Geneva.
- URL-1. <http://co2now.org/> (Erişim Tarihi:2013).
- URL2 [http://tr.wikipedia.org/wiki/Kyoto\\_Protokol%C3%BC](http://tr.wikipedia.org/wiki/Kyoto_Protokol%C3%BC) (Erişim Tarihi:2013).
- Van Camp N., Vande Walle I., Mertens J., De Neve S., Samson R., Lust N., Lemeur R., Boeckx P., Lootens P., Beheydt D., Mestdagh I., Sleutel S., Verbeeck H., Van Cleemput O., Hofman G., Carlier L., Inventory-based carbon stock of Flemish forests: a comparison of Europea
- Vashum, K.T., Jayakumar, S., (2012). Methods to Estimate Above-Ground Biomass and Carbon Stock in Natural Forests - A Review, J Ecosyst Ecogr 2012, 2:4 <http://dx.doi.org/10.4172/2157-7625.1000116>
- Woodwell, G.M., Whittaker, R.H., Reiners, W.A., Likens, G.E., Delwiche, C.C., Botkin, D.B., (1978). The biota and the world carbon budget. Science, 199: 141–146
- Yolasığmaz, H.A., (2004). Orman Ekosistem Amenajmanı Kavramı ve Türkiye'de Uygulaması, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Yolasığmaz, H.A., Keleş, S., (2009). Changes in carbon storage and oxygen production in forest timber biomass of Balci Forest Management Unit in Turkey between 1984 and 2006, African Journal of Biotechnology Vol. 8 (19), pp. 4872-4883, 5 October, 2009
- Zhang, Q., Wang, C., Wang, X., Quan, X., (2009). Carbon concentration variability of 10 Chinese temperate tree species. Forest Ecology Management, 258:722-727.

Zianis, D., P., Muukkonen, R., Mäkipää and M., Mencuccini, (2005). Biomass and stem volume equations for tree species in Europe. *Silva Fenn. Monographs*, 4, 63 p.

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Adı, soyadı : Mehmet IŞIK  
Uyruğu : T.C.  
Doğum tarihi ve yeri : 31.05.1985 Mersin/Erdemli  
Medeni hali : Bekar  
Telefon : 05378602096  
e-posta : [33mehmet1985@gmail.com](mailto:33mehmet1985@gmail.com)  
Adres : Tömük Merkez Mah. Elvanlı cad. 23. Sokak No:31  
33350 Erdemli/Mersin



### Eğitim

| Derece        | Eğitim Birimi           | Mezuniyet tarihi |
|---------------|-------------------------|------------------|
| Yüksek lisans | KSÜ /Orman Mühendisliği | 2013             |
| Lisans        | KSÜ/ Orman Mühendisliği | 2009             |
| Lise          | Tömük Lisesi            | 2003             |

### Yabancı Dil

-İngilizce

### Hobiler

- Kitap Okumak (Güncel ve Tasavvufi Kitaplar) ,
- Spor Yapmak (Yürüyüş Yapmak, Masa Tenisi, Futbol, Basketbol)

### Kullandığı Programlar

- Mikrossoft Office (Word, Excel, Power Point, Access)
- ArcGIS,
- Erdas,
- Necdad

### Sertifikalar

-Necdad