

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ORMANLARIN KARBON DEPOLAMA KAPASİTESİNİN ÜÇ FARKLI UYDU
GÖRÜNTÜSÜ KULLANILARAK UZAKTAN ALGILAMA YÖNTEMİ İLE
BELİRLENMESİ
(ALACADAĞ ORMAN İŞLETME ŞEFLİĞİ ÖRNEĞİ)**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Orm. Müh. Alper BULUT

**AĞUSTOS 2012
TRABZON**

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ORMANLARIN KARBON DEPOLAMA KAPASİTESİNİN ÜÇ FARKLI UYDU
GÖRÜNTÜSÜ KULLANILARAK UZAKTAN ALGILAMA YÖNTEMİ İLE
BELİRLENMESİ
(ALACADAĞ ORMAN İŞLETME ŞEFLİĞİ ÖRNEĞİ)

Orm. Müh. Alper BULUT

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
" ORMAN YÜKSEK MÜHENDİSİ "
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 28.06.2012
Tezin Savunma Tarihi : 23.08.2012

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Hakkı YAVUZ

Trabzon 2012

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Anabilim Dalında
Alper BULUT tarafından hazırlanan

**ORMANLARIN KARBON DEPOLAMA KAPASİTESİNİN ÜÇ FARKLI UYDU
GÖRÜNTÜSÜ KULLANILARAK UZAKTAN ALGILAMA YÖNTEMİ İLE
BELİRLENMESİ
(ALACADAĞ ORMAN İŞLETME ŞEFLİĞİ ÖRNEĞİ)**

**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 07/08/2012 gün ve 1469/04 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan :Prof. Dr. Hakkı YAVUZ

.....

Üye :Doç. Dr. Mehmet MISIR

.....

Üye :Doç. Dr. Fevzi KARSLI

.....

Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ
Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

“Ormanların Karbon Depolama Kapasitesinin Üç Farklı Uydu Görüntüsü Kullanılarak Uzaktan Algılama Yöntemi ile Belirlenmesi (Alacadağ Orman İşletme Şefliği Örneği)” adlı bu çalışma K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Öncelikle, konu seçiminden çalışmanın son aşamasına kadar, ilgili ve yol gösterici tutumuyla çalışmalarımı destekleyen ve yardımını esirgemeyen danışmanım Sayın Prof. Dr. Hakkı YAVUZ’ a teşekkürlerimi sunarım.

Ormancılıkla ilgili her konudaki engin bilgileri ile çalışmama katkıda bulunan ayrıca çalışma konusunun seçilmesinde yol gösterici olan Sayın Doç. Dr. Mehmet MISIR’ a ve bu çalışma süresince her konuda yardımcı olan Sayın Doç. Dr. Nuray MISIR’ a teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışması süresince, hem arazi çalışmalarında hem de laboratuvar çalışmalarında desteklerini gördüğüm meslektaş ve arkadaşlarım Orman Yüksek Mühendisi Cemile ÜLKER, Orman Yüksek Mühendisi Mete GÜLSUNAR, Orman Mühendisi Seçil ERKUT, Orman Mühendisi Sinem ŞATIROĞLU, Orman Mühendisi Rahime KILIÇARSLAN, Orman Mühendisi Gökhan DALAMAN, Orman Mühendisi İsmail Ufuk AKAR’a teşekkürlerimi sunarım. Arazi çalışmalarında bana her türlü kolaylığı ve desteği sağlayan Alacadağ Orman İşletme Şefliği personeline, ayrıca her türlü desteklerinden dolayı Orman Yüksek Mühendisi Seda ÇAKAR, Orman Yüksek Mühendisi Betül BAHAT, Orman Mühendisi Pembegül MORADAOĞLU’na ve Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi’ndeki çalışma arkadaşlarıma ve değerli hocalarıma teşekkür ederim.

Ayrıca hayatımın her döneminde desteklerini üzerimden esirgemeyen aileme şükranlarımı sunarım.

Alper BULUT
Trabzon 2012

TEZ BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Ormanların Karbon Depolama Kapasitesinin Üç Farklı Uydu Görüntüsü Kullanılarak Uzaktan Algılama Yöntemi ile Belirlenmesi (Alacadağ Orman İşletme Şefliği Örneği)” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Hakkı Yavuz’ un sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.10/09/2012

Alper BULUT

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	III
TEZ BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XI
KISALTMALAR DİZİNİ	XII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş	1
1.2. Küresel İklim Değişikliği	6
1.3. Karbon Depolama.....	13
1.4. Biyokütle.....	14
1.5. Doğu Kayını (<i>Fagus orientalis</i> Lipsky.)’nin Genel Özellikleri ve Yayılışı.....	19
1.6. Karbon Depolama Miktarının Belirlenmesi	19
1.7. Uzaktan Algılama	23
1.8. Çalışmanın Amacı	30
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	32
2.1. Materyal.....	32
2.1.1. Çalışmada Kullanılan Uydu Görüntüleri ve Özellikleri	32
2.1.1.1. Landsat Uydu Görüntüsü ve Özellikleri	32
2.1.1.2. SPOT-5 Uydu Görüntüsü ve Özellikleri.....	35
2.1.1.3. Quicbird-2 Uydu Görüntüsü ve Özellikleri	36
2.2. Araştırma Alanının Tanıtımı.....	37
2.3. Yöntem	40
2.3.1 Biyokütle Hesaplamaları	41
2.3.1.1 Yersel Ölçümler.....	41
2.3.1.2 Laboratuvar Ölçümleri.....	43

2.3.1.2.1.	Gövde Yaş ve Fırın Kuru Ağırlıklarının Belirlenmesi.....	44
2.3.1.2.2.	Dalların Yaş ve Fırın Kuru Ağırlıklarının Belirlenmesi	44
2.3.1.2.3.	Yaprak Yaş ve Fırın Kuru Ağırlıklarının Belirlenmesi.....	45
2.3.1.2.4.	Kabuk Yaş ve Fırın Kuru Ağırlıklarının Belirlenmesi.....	45
2.3.2.	Topraküstü Biyokütle Denklemler Belirlenmesi ve Denklemlerin Kontrolü.....	46
2.3.3.	Karbon Depolama Miktarının Hesaplanması ve Karbon Sınıflarının Oluşturulması	48
2.3.4.	Çalışma Alanına Ait Uydu Görüntüleri Üzerinde Yapılan Ön İşlemler.....	49
2.3.4.1.	Uydu Görüntülerinin Sınıflandırılması ve Doğruluk Analizi	54
3.	BULGULAR.....	55
4.	TARTIŞMA.....	61
5.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	64
6.	KAYNAKLAR	66
ÖZGEÇMİŞ		

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

ORMANLARIN KARBON DEPOLAMA KAPASİTESİNİN ÜÇ FARKLI UYDU GÖRÜNTÜSÜ KULLANILARAK UZAKTAN ALGILAMA YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ (ALACADAĞ ORMAN İŞLETME ŞEFLİĞİ ÖRNEĞİ)

Alper BULUT

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Hakkı YAVUZ
2012, 73 Sayfa,

Gelişen günümüz teknolojisine paralel olarak, uydu görüntülerinin ormancılık çalışmalarında uygulama alanları her geçen gün artmaktadır. Bu çalışmanın amacı Trabzon Orman Bölge Müdürlüğü'ne bağlı Alacadağ Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde kalan saf Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) meşcereleri için biyokütle denklemlerinin geliştirilmesi, bu denklemlerden yararlanarak biyokütle miktarlarının ve biyokütle içerisinde depolanan karbon miktarının uzaktan algılama teknolojileri ile belirlenmesidir. Bu amaç için Alacadağ Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde kalan saf Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) meşcerelerinden 40 adet örnek ağaç alınmıştır. Alınan örnek ağaçların biyokütlesi hesaplanmıştır. Karbon depolama kapasitesi hesaplanırken, Kayın ağaç türü için bu tez kapsamında geliştirilen biyokütle denklemleri, meşe ağaç türü için Durkaya (1998) tarafından geliştirilen biyokütle denklemleri kullanılmış ve daha sonra bu biyokütle içerisinde depolanan karbon miktarlarını belirlemek için; Asan (2002) tarafından verilen dönüştürme faktörü kullanılmıştır. Bu karbon sınıflarına göre araştırma alanına ait Landsat ETM +, SPOT-5 ve Quickbird-2 uydu görüntüleri üzerinde ayrı ayrı kontrollü sınıflandırma yapılmıştır. Yapılan kontrol sonucunda Kappa İstatistiği doğruluk oranları sırasıyla 0.8762, 0.7524 ve 0.7429 bulunmuş ve karbon depolama kapasitesinin uydu görüntüsü üzerinden belirlenmesinde en yüksek doğruluğu Landsat ETM 7 +, uydusunun verdiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Uzaktan Algılama, Karbon Depolama Kapasitesi, Biyokütle

Master Thesis

SUMMARY

DETERMINING THE CARBON STORAGE CAPACITY OF FORESTS BY USING THREE DIFFERENT SATELLITE IMAGES WITH REMOTE SENSING METHOD (A CASE STUDY OF ALACADAĞ FOREST MANAGEMENT CHIEFDOM)

Alper BULUT
Karadeniz Technical University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Forest Engineering Department

Supervisor: Prof.Dr.Hakkı YAVUZ
2012, 73 Pages

In parallel with the nowadays developing technologies, the usage of satellite images at forestry studies becomes more popular day by day. The aim of this study is; creating biomass equations for *Fagus orientalis* L. at the district of Alacadağ Forest Management Chiefdom which is sub department of Trabzon Regional Directorate of Forestry and determining the amount of biomass and the carbon storage capacity of the same biomass with remote sensing methods with the help of these equations. For this purpose 40 samples of *Fagus orientalis* L. were used from the area of Alacadağ Forest Management Chiefdom and the biomass of these samples were calculated. For determining the carbon storage capacity; for the beech tree species the biomass equations created at this thesis were used, for the oak tree species the equations created by Durkaya (1998) were used and then for calculating the carbon amount of these biomasses the conversion factor of Asan (2002) was used. For the Scotch pine tree species, the carbon equations of Yavuz et al. (2010) and for the Spruce tree species the carbon equations of Mısır et al. (2011) were used. For the other tree species in Turkey's forests, the BEF1 coefficient of Asan (2002) was used. According to these carbon categories; at the research area, the supervised classification was done from the satellite images of Landsat ETM +, SPOT-5 and Quickbird-2. As a result of the done examination, the ordered accuracy rate of Kappa statistics was found: 0.8762, 0.7524 and 0.7429 also it was found that Landsat ETM 7 + gives the most accurate values about carbon storage capacity.

Keywords: Remote Sensing, Carbon Storage Capacity, Biomass

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.	Şubat 2009 tarihi itibariyle Kyoto Protokolü'nü imzalama durumlarına göre ülkelerin dağılımları (URL-4).	6
Şekil 2.	Sera etkisinin şematik gösterimi (URL-6).....	8
Şekil 3.	Ülke gruplarına göre gelecekte enerji kullanımına bağlı olarak oluşacak karbondioksit emisyonları (milyon ton) (Doğan, 2005).	10
Şekil 4.	Dünya birincil enerji tüketiminin miktarı ve 1996-2005 yılları arasındaki değişimleri (Ersoy, 2007).....	11
Şekil 5.	Türkiye'deki sera gazı emisyonu (Şahin, 2007).....	11
Şekil 6.	Emisyon kaynakları ve yutak alanlar arasındaki küresel karbon döngüsü ve son 150 yıl içindeki durum (Liosa, 2001).	12
Şekil 7.	Biyokütle bileşenleri (İnce,2011)	15
Şekil 8.	Biyokütle bileşenlerinin ağaç üzerindeki dağılımı	16
Şekil 9.	Doğu kayını yayılış alanı (URL-9).....	19
Şekil 10.	Kontrollü sınıflandırma (URL-11)	27
Şekil 11.	En yüksek olasılık yöntemi ile tanımlanan olasılık yoğunluk fonksiyonları	28
Şekil 12.	En yüksek olasılık sınıflandırılması (Lillesand vd., 2000; URL-12).....	29
Şekil 13.	Landsat uyduları tarihçesi (URL-14).....	33
Şekil 14.	Landsat 7 uydusunun model olarak görüntüsü (URL-15)	33
Şekil 15.	Spot uydusunun genel görünümü (URL -18)	36
Şekil 16.	Quickbird-2 uydusunun görünümü (URL-19).....	37
Şekil 17.	Torul Orman İşletme Müdürlüğü'nün Türkiye'deki yeri	38
Şekil 18.	Torul Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı orman işletme şefliklerinin sınırları	39
Şekil 19.	Çalışmada işlenen süreç.....	40
Şekil 20.	Geometrik düzeltmesi yapılan Landsat 7 ETM+ uydu görüntüsü.....	51
Şekil 21.	Geometrik düzeltmesi yapılan Spot uydu görüntüsü.....	52
Şekil 22.	Geometrik düzeltmesi yapılan Quickbird-2 uydu görüntüsü.....	53

Şekil 23.	Alacadağ Orman İşletme Şefliği karbon depolama haritası (Landsat 7 ETM+ uydu görüntüsü)	59
Şekil 24.	Alacadağ Orman İşletme Şefliği karbon depolama haritası (SPOT-5 uydu görüntüsü).....	60
Şekil 25.	Alacadağ Orman İşletme Şefliği karbon depolama haritası (Quickbird-2 uydu görüntüsü)	60

TABLolar DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1.	Sera gazları ve zaman içindeki değişimleri (URL-7, 2011).....	9
Tablo 2.	Karbon havuzları (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2006).	14
Tablo 3.	Landsat TM bant özellikleri (Kuru, 2005).	34
Tablo 4.	Landsat TM bant kullanım alanları (Kuru, 2005)	35
Tablo 5.	Spot uydusuna ait özellikler (URL-18)	36
Tablo 6.	Quickbird 2 uydusu teknik özellikleri (URL-20).....	37
Tablo 7.	Çalışma alanında bulunan meşcere tipleri ve alanları	39
Tablo 8.	Örnek ağaçların çap ve boy basamaklarına dağılımı	42
Tablo 9.	Arazide alınan örneklerle ilişkin veriler	42
Tablo 10.	Örnek ağaçların her bir bileşenine ve tüm ağaca ait yaş ve kuru ağırlıklar.	45
Tablo 11.	Tek ağaç bileşenlerine ilişkin biyokütle denklemleri, denklemlere ilişkin parametre tahmin değerleri	47
Tablo 12.	Karbon sınıfları	49
Tablo 13.	Çalışma alanındaki meşcerelerin hektardaki karbon depolama kapasiteleri (Ton/Ha)	55
Tablo 14.	Meşcere tiplerine göre karbon sınıflarının dağılımı	56
Tablo 15.	Landsat 7 ETM+ uydu görüntüsüne ait hata matrisi	56
Tablo 16.	Landsat ETM+ uydu görüntüsüne ait genel sınıflandırma doğruluğu	57
Tablo 17.	Spot-5 uydu görüntüsüne ait hata matrisi.....	57
Tablo 18.	Spot-5 uydu görüntüsüne ait genel sınıflandırma doğruluğu	57
Tablo 19.	Quickbird-2 uydu görüntüsüne ait hata matrisi.....	57
Tablo 20.	Quickbird-2 uydu görüntüsüne ait genel sınıflandırma doğruluğu	58
Tablo 21.	Uydu görüntülerine ait kappa istatistiği değeri sonuçları.....	58
Tablo 22.	Karbon sınıflarının amenajman planında ve Landsat7 ETM+, Spot, Quickbird-2 sınıflandırılmış uydu görüntülerindeki alanları	58

KISALTMALAR DİZİNİ

AB	: Avrupa Birliği
BEF ₁ ve BEF ₂	: Biyokütle Çevirim Faktörleri
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
DGBK	: Dikili Gövde Biyokütlesi
DGH	: Edilen Meşcerelerin Hektardaki Hacim Değerleri
ETÇAP	: Ekosistem Tabanlı Çok Amaçlı Planlama
LULUCF	: Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılık Kılavuzu
NASA	: Amerikan Havacılık ve Uzay Dairesi
SOBK	: Satılabilir Odun Biyokütlesi
TABK	: Toprak Altı Toplam Biyokütle
TGBK	: Toprak Üstü ve Altındaki Genel Biyokütle
TÜBK	: Toprak Üstü Toplam Biyokütle
TÜÖDBK	: Toprak Üstü ve Toprak Altı Biyokütle Miktarı

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Sanayileşmenin başladığı 19 yy'dan günümüze şehirleşmenin ve nüfus artışının aşırı oranda yükselişi, kapitalist ekonominin gelişmesine bağlı olarak gelir dağılımında ortaya çıkan dengesizlik ve yoksulluğun artması, insanların daha fazla gıdaya gereksinim duyması ve buna benzer nedenler orman alanları üzerindeki baskıyı gün geçtikçe artırmıştır (Görücü ve Eker, 2009). Sürdürülebilir kalkınma açısından bakıldığında ise; çevre ve genetik kirlenme, sel, taşkın, çığ, heyelan olaylarının meydana gelmesi, asit yağmurları ve sera etkisi, gıda güvenliğinin tehlikeye düşmesi, göçler, açlık ve sefalet gerçekleri gibi pek çok sorunda ortaya çıkmıştır (Konukçu, 2001). Doğal dengede ciddi bozulmalar ve ormansızlaşma, çoraklaşma/yabanlaşma-çölleşme, erozyon ve toprak kaybı, nesli yok olan veya azalan flora veya fauna ile biyolojik çeşitliliğin azalması, ormanların sağlık durumlarının bozulması ve uzun vadede ekosistem sürecinin sürekliliğinin sağlanamaması bu sorunların başında gelmektedir (Başkent, 1999). Özellikle ulusal sınırlar tanımayan çevre sorunlarının hayati önemi her kesim halk tarafından fark edildikçe, yaşanabilir çevrenin biricik kaynağı olan ormanların bu yöndeki katkısı daha iyi anlaşılmış ve toplumların ormanlardan beklediği fayda ve fonksiyonların yönü ve kapsamı değişmiştir (Asan, 1995).

Ormancılık, hiçbir ekonomik sektörde görülmedik derecede geniş alanlarda yapıldığı gibi, hiçbir ekonomik sektörde rastlanılmayacak kadar da uzun bir üretim süresine sahiptir. Bu nedenle, çok geniş alanlarda etkinlik gösteren ve çok uzun bir üretim süresine sahip olan ormancılık, yine hiçbir ekonomik sektörde görülmeyecek kadar planlı olmak zorundadır (Eraslan,1982). Bu şekilde uzun bir zaman boyutunda ve geniş alanlarda işlevini sürdüren ve doğaya açık, karmaşık bir sistem yapısı gösteren orman işletmelerinin planlanması görevini "Orman Amenajmanı" disiplini üstlenmiştir (Köse,1985).

Ülkemizde ancak 19. yüzyılın sonlarına doğru düzenli bir ormancılığın kurulması gerektiği anlaşılmış ve gerekli girişimlere başlanılmıştır. Bu girişimler sonucu, 1870 yılında "Orman Nizamnamesi" çıkarılmış ve böylece ülkemiz ormancılığı ilk yasal düzenlemesine kavuşmuştur. Ülkemizde ilk amenajman planı 1918 yılında yapılmıştır. 1960' lı yıllara kadar yapılan planlama çalışmalarında süreklilik göz ardı edilmiş ve sürekli

ve en yüksek odun hasılatı elde ederek ekonomik anlamda başarılı olmak hedeflenmiştir (Mısır, 2001).

Dünyadaki planlanma yaklaşımları irdelendiğinde ise dört farklı yaklaşım öne çıkmaktadır. İlk yaklaşım, ormanların koruma amaçlı olarak işletilmesidir. Bu yaklaşımda ormanların aşırı oranda insan müdahalesine ve doğal afetlere karşı mevcut halleriyle korunması esastır. İkinci yaklaşım, ormanlardan sürekli olarak odun hasılatı elde etmektir. Bu yaklaşımdaki ana amaç, yıllık artımı en üst düzeye çıkartmak ve en yüksek miktarda ve sürekli olarak odun hasılası elde etmektir.

Diğer bir yaklaşım da ormanlardan çok amaçlı olarak yararlanmadır. Bu yaklaşımda orman ürünlerinden ve ormanın topluma sağladığı hizmetlerden üst düzeyde yararlanmak esastır. Çok amaçlı kullanım, hem odun ürünü üretimi hem de odun dışı hizmet üretimini içermekte ve sosyal değerleri en üst düzeye çıkarmayı amaçlamaktadır (Mısır, 2001).

Bu gelişmelerin doğal sonucu olarak son zamanlarda ekosistem alt yapısına dayalı planlama ağırlık kazanmaya başlamıştır. Orman ekosisteminin tanınması, onun sağlık, işlev ve konumsal yapısının biçimlendirilerek topluma üst düzeyde mal ve hizmetleri sürekli sunması şeklinde ortaya çıkan günümüz orman amenajmanı akımı ekosistem amenajmanı veya doğaya yönelik orman amenajmanı olarak bilinmektedir (Başkent, 1999).

Orman amenajmanının gelişimindeki bu süreç çeşitli uluslararası platformlarda da ele alınmıştır. Ormancılık sektörü dünya genelinde uluslararası boyutta ilk kez 1972’de Birleşmiş Milletler tarafından Stockholm’de düzenlenen konferansta ele alınmıştır. Ancak, bu toplantıyı izleyen 10 yıllık süreç içerisinde, konferansta benimsenen ilkelere uyulmadığı ve alınan kararların uygulanmadığı görülerek 1983’te yine Birleşmiş Milletler tarafından bir komisyon oluşturulmuştur. Bu komisyonun 1987’de yayımladığı “Ortak Geleceğimiz” adlı raporda çevre sorunlarının önemli boyutlara ulaştığı, ekonomik kalkınma planlarının çevre sorunlarını ikinci plana attığı, tarımsal ve endüstriyel yayılmanın devam ettiği ve bu nedenlerle de ormanlara olan baskıların giderek arttığı vurgulanmıştır. Bu bulgulara bağlı olarak 1992’de Rio’da Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı (UNCED) toplanmıştır (IPCC, 2001). Ülkemizin üst düzeyde temsil edildiği bu konferans, ormancılık açısından çok büyük öneme sahip olup dünya ormancılığını derinden etkileyecek ve köklü yapısal değişikliklere götürecek bir sürecin başlangıcı olmuştur.

Konferansın çıktıları şunlardır;

- Ormancılık Prensipleri
- Gündem 21
- Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesi
- Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi
- İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi

İklim Değişikliği Sözleşmesi, konferans çıktıları arasında çok önemli bir yere sahiptir. Sözleşme 21 Mart 1994 yılında yürürlüğe girmiş ve sözleşmeye 186 ülke ve Avrupa Birliği taraf olmuştur. Ormanlarla dolaylı olarak ilgili olan bu sözleşmeye gelişmiş ülke sınıfında değerlendirilmiş olması nedeniyle Türkiye uzun bir süre imza atmamıştır. Türkiye sözleşmeyi eklerdeki pürüzler giderildikten sonra 5 Şubat 2009 tarihinde imzalamıştır (URL-1, 2011).

Sözleşmenin amacı, atmosferdeki sera gazı birikimlerini, iklim sistemi üzerindeki tehlikeli insan kaynaklı etkiyi önleyecek bir düzeyde durdurmayı başarmak, böyle bir düzeye ekosistemin iklim değişikliğine doğal bir şekilde uyum sağlamasına, gıda üretiminin zarar görmeyeceği ve ekonomik kalkınmanın sürdürülebilir şekilde devamına izin verecek bir zaman içerisinde ulaşmaktır.

Sözleşmenin temel ilkeleri;

- İklim sisteminin eşitlik temelinde, ortak fakat farklı sorumluluk ilkesine uygun olarak korunması,
- İklim değişikliğinden etkilenecek olan gelişme yolundaki ülkelerin ihtiyaç ve özel şartlarının dikkate alınması,
- İklim değişikliğinin etkilerine karşı önlem alınması ve alınacak önlemlerin etkin maliyetli ve küresel yarar sağlayacak şekilde olması,
- Sürdürülebilir kalkınmanın desteklenmesi ve belirlenecek politika ve önlemlerin ulusal kalkınma programlarına dâhil edilmesi,
- Tarafların işbirliği yapmalarıdır (URL-2, 2011).

Rio konferansının hemen ardından Avrupa’ da sürdürülebilir orman yönetimi için bir taahhüt niteliğini taşıyan Helsinki konferansı 1993 yılında Finlandiya ve Portekiz’ in başkanlığında yapılmıştır. 37 Avrupa ülkesi ve AB ile beraber özel sektörden bazı kuruluşlarla ulusal ormancılık topluluğu ve çevre ile uğraşan hükümet dışı kuruluşlar da bu konferansa katılmışlardır (EU, 2000).

Helsinki konferansı sonucunda 4 karar maddesi üzerinde görüş birliğine varılmıştır.

1. Avrupa Ormanlarının Sürdürülebilir Yönetimi için Genel Esaslar
2. Avrupa Ormanlarının Biyolojik Çeşitliliğinin Korunması için Genel Esaslar
3. Geçiş Ekonomisindeki Ülkelerle Ormancılık Alanında İş Birliği
4. Avrupa Ormanlarının İklim Değişikliğine Uzun Süreli Adaptasyonu Süreci Stratejileri

Bakanlar konferansı sürecinde orman kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi konusundaki oluşumları başlatmaya yönelik olarak sürdürülebilir orman yönetimi kavramının tüm Avrupa düzeyinde ortak tanımı bu toplantıda yapılmıştır.

Bakanlar konferansının birinci maddesinde yapılan sürdürülebilir orman yönetimi tanımı, “Ormanların ve orman alanlarının, ekolojik, ekonomik ve sosyal fonksiyonlarını yöresel, ulusal ve küresel düzeylerde şimdi ve gelecekte diğer ekosistemlere zarar vermeden yerine getirebilmeleri için biyolojik çeşitliliğini, verimliliğini, yenilenebilme kapasitesini, hayatiyetini ve potansiyel varlığını sürdürebileceği bir şekilde ve oranda kullanımı ve idaresi” dir (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2000). Bu tanıma göre, ormanların ekolojik, ekonomik ve sosyal olmak üzere temel fonksiyonun olduğu da kabul edilmiştir. Sürdürülebilir orman yönetiminde 3 ana başlıkta toplanan bu fonksiyonlar, izlenecek ve değerlendirilecek normlar şeklinde 6 kritere ayrılmıştır.

Bunlar ;

1. Orman kaynakları ve bunların küresel karbon döngüsüne katkısı
2. Orman ekosisteminin sağlığı ve canlılığı
3. Ormanların odun ve odun dışı üretim fonksiyonları
4. Biyolojik çeşitlilik
5. Ormanların koruma fonksiyonları
6. Ormanların sosyo-ekonomik ve diğer fonksiyonlarıdır (IPCC, 2001).

Bunun yanında toplantı sonucunda ortaya çıkan genel deklarasyon ve buna bağlı olarak alınan kararlar, biyolojik çeşitliliğin korunması, orman sektörü için olası bir iklim değişikliğinin sonuçlarına ilişkin stratejiler olarak adlandırılan küresel çevre konularına Avrupa’ nın yaklaşımı ve Pazar ekonomisine geçiş sürecinde ülkelerle artan işbirliğini’ de yansıtmaktadır (EU, 2000).

Ormancılık açısından çok önemli bir yere sahip olan diğer bir anlaşma ise 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 içinde imzalanmıştır. Bu protokolü imzalayan ülkeler, CO₂ ve sera etkisine neden olan beş gazın (CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, SF₆) salınımını azaltmayı veya bunu yapamıyorlarsa salınım ticareti yoluyla haklarını arttırmayı taahhüt etmişlerdir. Protokol, ülkelerin 2008-2012 döneminde atmosfere saldıkları karbon miktarını 1990 yılındaki düzeylere düşürmeleri gerektiğini hedef olarak belirlemiştir. 1997’de imzalanan bu protokol, ancak 2005’te yürürlüğe girebilmiştir. Bunun nedeni, protokolün yürürlüğe girebilmesi için taraf ülkelerin 1990’daki karbon emisyonlarının (atmosfere saldıkları karbon miktarının) yeryüzündeki toplam emisyonun %55’ini bulması gerekmesi ve bu orana ancak 8 yılın sonunda Rusya’nın katılımıyla ulaşılabilmiş olmasıdır (IPCC, 2001).

2009 yılına kadar Kyoto Protokolünü imzalamayan Türkiye, Rio-Helsinki sürecinin içinde yer almış ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı’na uyacağını 1992 yılında bildirmiştir. Ancak, Türkiye’nin Kyoto Protokolü’ne 2009 yılına kadar dâhil olmaması ve aynı zamanda Çevre ve Orman Bakanlıkları’nın önceden iki ayrı bağımsız birim halinde örgütlenmiş olması nedeniyle Türkiye, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi’nin öngördüğü ulusal bildirimi 2006 yılına kadar yapamamıştır. Yapılamayan bu ulusal bildirimin eksikliği, Çevre ve Orman Bakanlığı’nın yürütücülüğünde 2005 yılında başlatılan “Birinci Ulusal Bildirim Hazırlık Çalışmaları (Enabling Activities for the Preparation of Turkey’s Initial National Communication to the UNFCCC)” adlı proje ile giderilmeye çalışılmıştır.

2004 yılında Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesine taraf olan ancak uzun süre Kyoto Protokolü’nü imzalamayan Türkiye 30 Mayıs 2008’de protokolü imzalayacağını resmen açıklamıştır. Başlangıçta tüm OECD ülkeleri gibi hem Ek 1 hem de Ek 2’de yer alan Türkiye, kendi başvurusu üzerine 2001’de Fas’ta yapılan toplantıda geçiş ülkesi sayılarak Ek 2’den çıkarılmıştır. Türkiye’nin, Kyoto Protokolü’ne katılmasının uygun bulunduğu ilişkin kanun tasarısı 05.02.2009 tarihinde, TBMM Genel Kurulunda kabul edilerek yasalaşmıştır (URL-3).



Şekil 1. Şubat 2009 tarihi itibarıyla Kyoto Protokolü'nü imzalama durumlarına göre ülkelerin dağılımları (URL-4).

Dünyada gerçekleşen ekonomik ve teknolojik gelişmeler, insanların tüketim alışkanlıklarını değiştirmiş, nüfusta hızlı bir artışa sebep olmuştur. Hızla artan nüfus doğal kaynaklar bilinçsizce kullanmış, bunun sonucunda toprak, hava, su kaynakları kirlenmiş ve dünya üzerinde bir takım ekolojik değişiklikler boy göstermiştir.

Bu ekolojik değişikliklerin doğurduğu sonuçlar, zamanla fark edilmiş ve ormanların önemi günden güne artmıştır. Daha önceleri güçlü bir ekonomik doğal kaynak olan ormanların artık ekolojik önemi ön plana çıkmıştır. Bunun en güzel ve en güncel örneği, günümüzde hemen her gün dünya gündeminin ilk sıralarında karşılaştığımız, hakkında birçok çalışmanın yapıldığı, araştırmacıların ve politikacıların ilgisini çeken küresel iklim değişikliği konusudur.

1.2. Küresel İklim Değişikliği

İklim, belirli bir zaman diliminde (World Meteorological Organization (WMO) tarafından en az 30 yıl olarak belirlenmiştir) herhangi bir bölgede görülen hava koşullarının ortalaması olarak tanımlanmaktadır (IPCC, 2007; Pittock, 2005; Thorpe, 2005). İklim olaylarının ortalamasından sapmalar şeklinde karşımıza çıkan iklim değişikliği kavramı ise, 1988 yılının sonunda düzenlenen Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) ile ilk defa politik (Paterson ve Grubb, 1992) ve ekonomik bir

sorun olarak karşımıza çıkmıştır. İklim değişikliği kavramı son yirmi yıllık periyotta literatürde farklı şekillerde tanımlanmıştır. Birleşmiş Milletler (BM) İklim Değişikliği Kongresi çerçevesinde, bir zaman periyodunda gözlemlenen doğal iklim değişikliklerinin yanında doğrudan ya da dolaylı olarak insan faaliyetleri sonucunda küresel atmosferin bileşiminin bozulmasına bağlı olarak ortaya çıkan bir durum olarak tanımlanmaya başlanmıştır (IPCC, 2007).

Birleşmiş Milletler tarafından 150’yi aşkın ülkenin katılımıyla kurulmuş olan Hükümetler Arası İklim Değişikliği Kurulu (IPCC) iklim değişikliğinin günümüzde yaşandığına dair şu kanıtları göstermektedir.

- a. 1990’lar bilinen en sıcak on yıl, 1998 yılı ise en sıcak yıl olmuştur (BM Dünya Meteoroloji Örgütüne göre, 2002 en sıcak ikinci yıl olarak 2001’in önünde yer almaktadır).
- b. Ortalama küresel yüzey sıcaklığının yükselmesi, kar örtüsünü ve buz alanlarını da azaltmıştır.
- c. Ortalama küresel deniz seviyesi yükselmiştir ve okyanuslar ısınmaktadır.
- d. Bölgesel iklim değişiklikleri ve sıcaklık artışı, birçok fiziksel ve biyolojik sistemi etkilemiştir:

- Orta-yüksek düzeydeki büyüme mevsimlerinin uzaması,
- Bitki ve hayvanların yaşam alanlarında değişiklikler,
- Bazı bitki ve hayvan nüfuslarında azalmalar,
- Ağaçların erken çiçeklenmesi, böceklerin erken ortaya çıkması, kuşların erken yumurtlaması
- Buzulların küçülmesi
- Permafrost (donmuş toprak) tabakasının çözülmesi
- Nehir ve göllerdeki buz tabakalarının daha yavaş oluşması ve daha erken erimesi (Greenpeace, 2007) vb.

Küresel iklim değişikliğinin sebepleri irdelendiğinde ise en önemli etken olarak “Sera Etkisi” karşımıza çıkmaktadır. Kömür, doğalgaz ve fuel gibi fosil yakıtlar, yüksek basınç altında oluşmuş ve karbondioksit içeriği bakımından çok zengin organik maddelerdir. Bu yakıtların kullanımı sonucunda açığa çıkan CO₂ gazı, atmosfere karışır. Normalde karbon döngüsünün bir parçası olan bu olay, fosil yakıtların kullanımının artması ile atmosferdeki CO₂ miktarının normalden yüksek seviyelere çıkmasına neden olur. Havanın başlıca iki bileşeni olan oksijen ve azot gazları, güneşin gözle görülebilen dalga boylu ışınlarını yansıtır ve morötesi ışınların bir kısmını da absorblar (soğurur).

Dünya yüzeyine ulaşabilen güneş ışınları, yeryüzü tarafından soğurularak ısıya dönüştürülür. Bu ısı, yeryüzündeki atomların titreşimine ve kızılötesi ışıma yapmalarına neden olur. Bu kızılötesi ışımlar, oksijen veya azot gazı tarafından soğurulmaz. Ancak havada bulunan CO₂ ve CFC (kloroflorokarbon) gazları, kızılötesi ışımların bir kısmını soğurarak, atmosferden dışarı çıkmalarını engeller. Bu soğurma olayı, atmosferin ısınmasına yol açar. Bunun sonucunda dünya, güneşin altına park edilmiş bir arabanın içi gibi ısınır. İşte bu etkiye, "sera etkisi" adı verilir. Sera etkisi dünya yüzeyinin ortalama sıcaklığını değiştireceği için, uzun vadede iklimlerde değişiklikler, buzulların erimesi, mevsimlerin kayması ve tarım alanlarının verimsizleşmesi gibi çok ciddi sorunlara neden olabilir (URL-5). Şekil 2’de sera etkisinin şematik olarak gösterimi verilmiştir.



Şekil 2. Sera etkisinin şematik gösterimi (URL-6)

Sera gazlarının sanayi devrimi başında ve günümüzde ulaştığı miktarlar Tablo 1’ de verilmiştir.

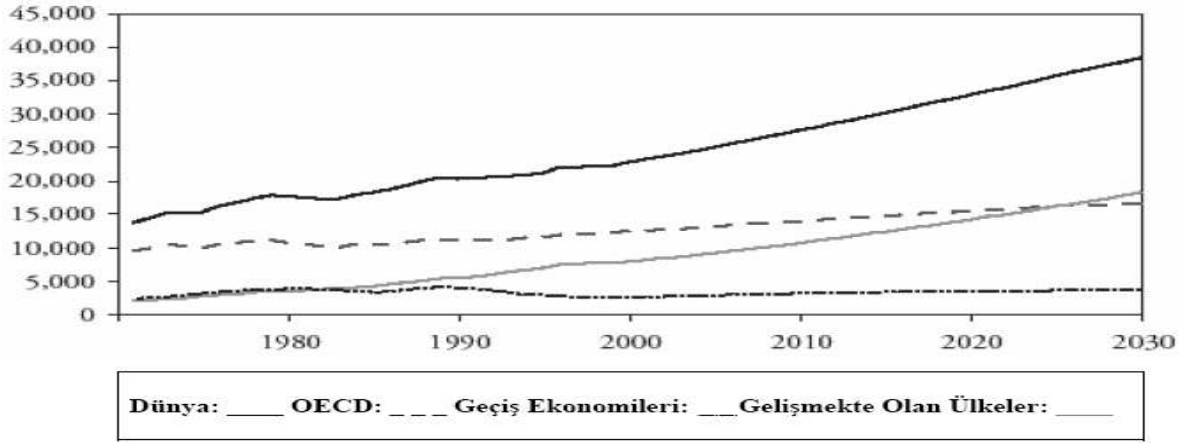
Tablo 1. Sera gazları ve zaman içindeki değişimleri (URL-7, 2011)

Sera gazları	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CFC ₁₁
Atmosferik birikim birimi *	(Ppmv)	(Ppbv)	(Ppbv)	(Pptv)
Sanayi öncesi (1750-1800)	~280	~700	~275	0
1994 Yılındaki	358	1720	312	268
Yıllık değişim (birikim)	1,5	10	0,8	0
Yıllık değişim (yüzde)	0,4	0,6	0,25	0
Atmosferik ömrü (yıl)	50-200	12	120	50

Ppmv; hacim olarak milyonda kısım, Ppbv; hacim olarak milyarda kısım, Pptv; hacim olarak trilyonda kısım

Tablo 1’den anlaşılacağı üzere, sera etkisi üzerindeki en büyük pay milyonda 1,5 ile CO₂’e aittir. CH₄’ in etkisi yüz milyonda 1, N₂O’ in etkisi ise milyarda 1 den azdır. CFC-11 in etkisi ise, triyonda 268 dir. Bu durum, sera etkisinin birincil nedeninin CO₂ miktarının yükselmesi olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, küresel iklim değişimini önlemede ilk sıra CO₂’e verilmektedir. Böylece; bir taraftan kimyasal düzenlemeler ile atmosfere bırakılan CO₂ miktarı düşürülürken, bir taraftan da mevcut orman kaynaklarını korumak ve genişletmek suretiyle CO₂ tüketimi hızlandırılmaya çalışılmaktadır (Asan, 1999).

Sera gazlarının en önemlilerinden biri olan ve iklim değişikliği üzerinde önemli bir paya sahip olan CO₂ emisyonlarının 2000’li yıllarda dünya genelinde hızlı bir artış eğilimi içerisinde olacağı tahmin edilmektedir (Doğan, 2005). Şekil 3’de ülke gruplarına göre gelecekte enerji kullanımına bağlı olarak oluşacak karbondioksit emisyonları (milyon ton) verilmiştir.

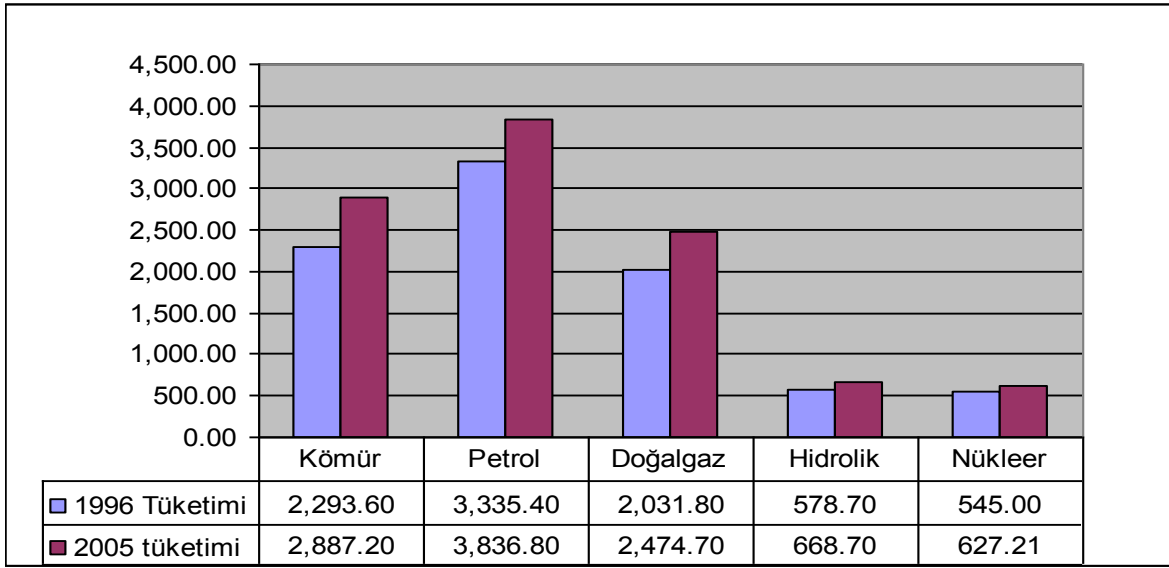


Şekil 3. Ülke gruplarına göre gelecekte enerji kullanımına bağlı olarak oluşacak karbondioksit emisyonları (milyon ton) (Doğan, 2005).

19. yüzyılın ortalarından itibaren kullanılan enerji kaynakları büyük ölçüde değişmiştir. 1860'da odun tüm dünyada kullanılan ana yakıt iken zamanla yerini kömür almış ve 1960'lara kadar kömür endüstriyel ülkelerin ana enerji kaynağı olarak kalmıştır. Bu tarihten sonra ise petrol ön plana çıkmaya başlamıştır. Bununla birlikte doğalgaz ve hidroelektrik de kullanımı artan enerji kaynaklarıdır (URL-8).

1850'den beri yaklaşık 265 Gt karbonun fosil yakıt kullanımı ve çimento üretimi nedeniyle atmosfere yayıldığı tahmin edilmektedir. Son tahminler fosil yakıt kullanımından kaynaklanan emisyonun yılda 6.3 Gt olduğunu göstermektedir (URL-8).

Şekil 4'de 1996 ve 2005 yılları arasında dünyadaki enerji tüketimlerine ilişkin değerler verilmiştir.



Şekil 4. Dünya birincil enerji tüketiminin miktarı ve 1996-2005 yılları arasındaki değişimleri (Ersoy, 2007)

Şekil 5’de Türkiye’de 1990 ve 2005 yılları arasındaki sera gazı emisyon kapasitelerindeki değişim gösterilmiştir.



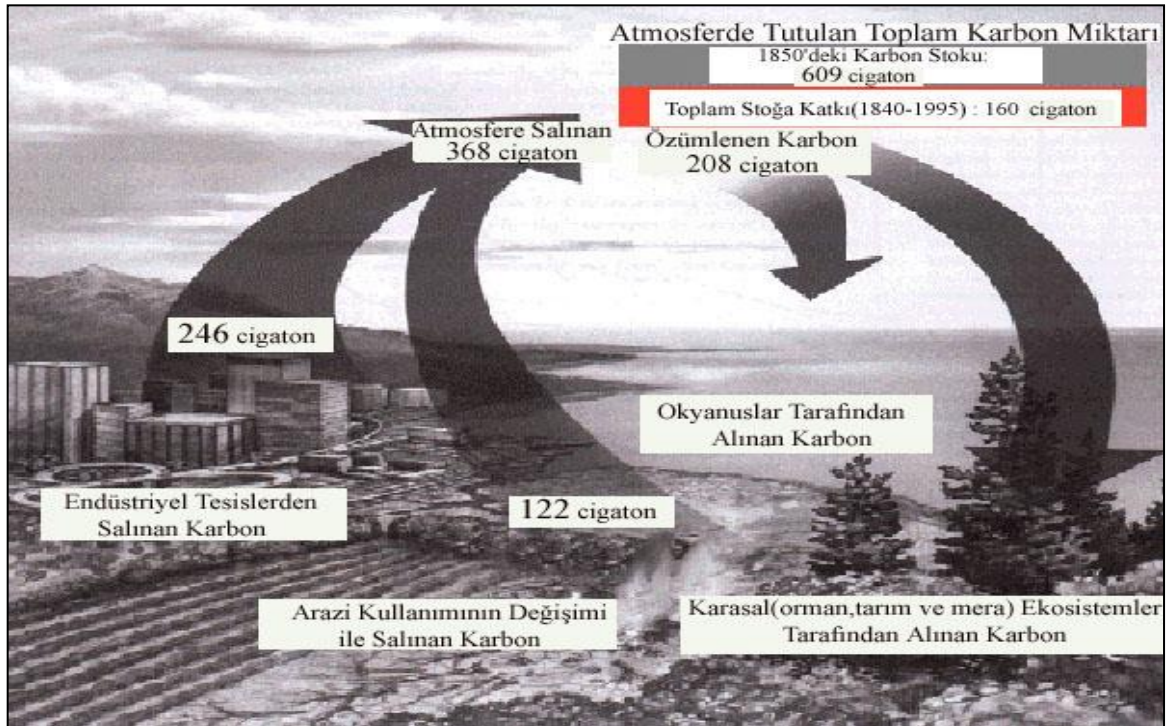
Şekil 5. Türkiye’deki sera gazı emisyonu (Şahin, 2007)

Bundan 15–20 bin yıl öncesinde buzul çağda küresel ortalama sıcaklığın tahminen bugünkünden 2–5 °C daha düşük olduğu düşünüldüğünde, sadece geçtiğimiz bir yüzyıl boyunca yaklaşık 1°C lik sıcaklık artışının kaydedilmiş olması iklim değişimi konusundaki ciddi endişelerin önemini ortaya koymaktadır (Papadopol, 2001).

Dünyada karbonun hareket ettiği başlıca 3 depo bulunur. Bunlar;

- 1-Atmosfer,
- 2-Karasal ekosistemler,
- 3-Okyanusal ekosistemlerdir.

Yeryüzündeki orman ekosistemleri atmosferden her yıl 100 gigaton CO₂ almalarına karşın bunun yarısını geri vermektedir. Yeryüzündeki ikinci karbon havuzu olan okyanuslar ise, aldıkları 104 gigaton CO₂' in 100 gigatonunu geri vermektedir. Ormanların bu yönden olan üstünlükleri de bu ekosistemlerin bu konuda tek çare olduğunu ortaya koymaktadır (URL-8).



Şekil 6. Emisyon kaynakları ve Yutak Alanlar Arasındaki Küresel Karbon Döngüsü ve Son 150 Yıl İçindeki Durum (Liosa, 2001).

Şekil 6'ya göre, 1850-2000 yılları arasındaki 150 yıllık dönemde atmosfer içindeki CO₂ miktarı 160 gigaton artarak 609 gigatondan 769 gigatona yükselmiştir. Atmosfere salınan 368 gigaton CO₂'nin 208 gigatonu okyanuslar ve karasal ekosistemlerden oluşan yutaklar tarafından emilmiştir. Atmosfere salınan CO₂'nin 246 gigatonu fosil yakıt tüketiminden, 122 gigatonu, arazi kullanım değişikliğinden kaynaklanmıştır (IPCC, 2004).

1.3. Karbon Depolama

CO₂ sera etkisine neden olan gazların en önemlisi olduğu gibi fotosentezin de ana maddesidir. Bütün bitkiler fotosentez yoluyla havadaki CO₂'i alarak organik madde üretmek ve bunu daha sonra bünyelerinde gerçekleştirdikleri bir dizi kimyasal reaksiyonla diğer organik maddelere dönüştürerek, yaprak, odun, kabuk, meyve, tohum, çiçek ve eretik yağlar halinde kök, gövde ve tepesinin değişik bölümlerinde biriktirmektedirler. Havadaki CO₂'nin organik madde haline dönüşmesi, bitkilerin sahip oldukları yaprak miktarına bağlıdır. Ormanlar diğer bitki topluluklarına göre en fazla yaprak miktarına sahip olduklarından meralara ve tarımsal bitki topluluklarına oranla daha fazla CO₂ tüketmektedirler (Asan, 1999).

Karasal ekosistemler içinde atmosferdeki CO₂'in emildiği en önemli yutak alanlar orman ekosistemleri olduğu için, Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılık (LULUCF) kılavuzunda ormanlara çok büyük önem atfedilmektedir. Kılavuz, emilen CO₂ içindeki karbonun orman ekosistemlerinde biriktiği yerleri “Karbon Havuzları” olarak tanımlamakta ve bu havuzları üç ana ve beş alt kategoriye ayırmaktadır. Tablo 2’de karbon havuzları gösterilmektedir.

Tablo 2. Karbon havuzları (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2006).

Ana Havuzlar	Alt Kategori Havuzlar	Temel Bileşenler
Canlı Biyokütle	Toprak Üstü	Canlı tüm kütle; toprak üstündeki gövde, kütük, dallar, kabuk, tohum ve yapraklar.
	Toprak Altı (Kökler)	2 mm çaptan daha küçük olan kökler hariç, canlı biyokütlenin yaşayan tüm kökleri.
Ölü Organik Madde	Ölü Odun (Dikili Kuru)	Döküntü ya da canlı gövdeler dışında dikili kuru haldeki veya tabanda ya da toprakta bulunan tüm odunsu biyokütle. Ölü odun; yüzeyde yatan odunu, dikili kuruları, ölü kökleri ve 10 cm çaptan daha kalın (ülkelere göre değişir) kütükleri içermektedir.
Topraklar	Döküntü (Ölü Örtü)	Mineral veya organik toprağın üstünde; en azından 10 cm çapta bir tabaka (ülkelere göre değişebilir) oluşturabilen tüm ölü odunsu biyokütle, döküntü, humus ve fümik tabakadan oluşmaktadır. Canlı çok küçük (kırıntılar halinde) köklerde bu bölümde sayılmaktadır.
	Toprak Organik Maddesi	Minerallerdeki organik karbonu ve organik toprakları içermektedir. Canlı çok küçük kökler toprak organik maddesinden sayılır.

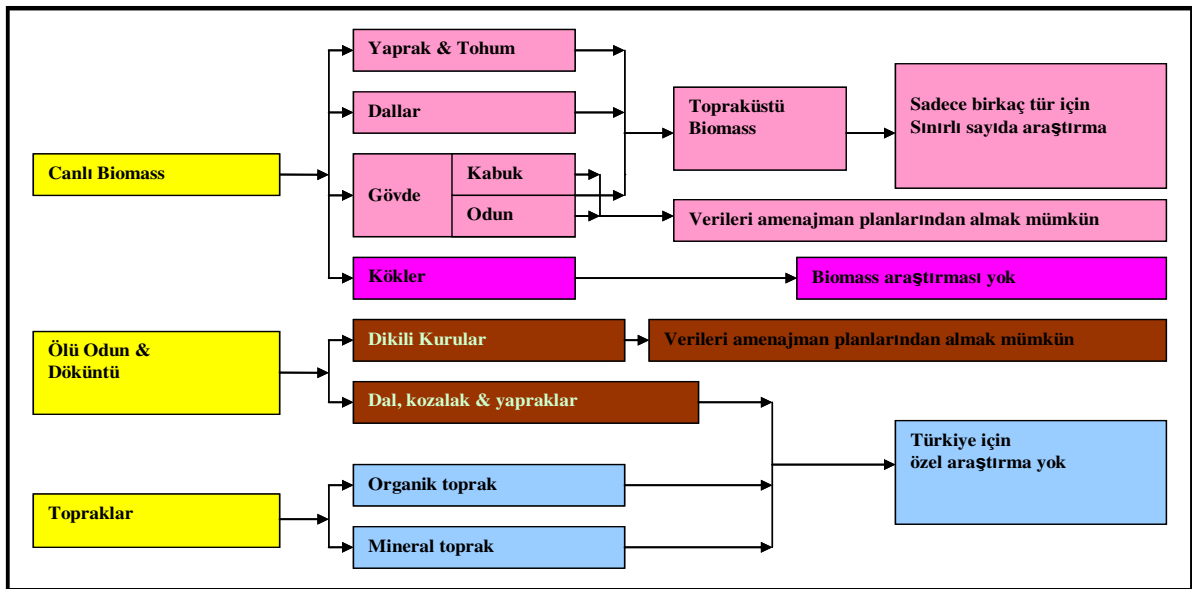
1.4. Biyokütle

Yenilenebilir enerji kaynaklarına olan yönelim ve bu kaynakların en önemlisi olan ormanlardan elde edilecek enerjinin, ağaçların yalnız gövde odunu ve kalın dal odunu olarak değil tüm ağaç bileşenleri şeklinde değerlendirilmesi gerekliliği ormancılık terminolojisine “Biyokütle (Biomass)” kavramını kazandırmıştır.

En genel ifadeyle biyokütle; gövde, dal, yaprak, kabuk ve köklerden oluşan bir ağacın ve bu ağaçların oluşturduğu meşcerenin toplam kütle (ağırlık) miktarı olarak

tanımlanabilir. Biyokütle, yaş veya fırın kurusu ağırlık (kg veya ton) olarak ifade edilebilir olmasına karşın, kuru ağırlık değerleri, yaş ağırlık değerlerine kıyasla tercih edilmekte ve uygulamada daha çok kullanılmaktadır (Saraçoğlu, 1992). Bunun nedenleri olarak; nem miktarının ağaç türüne, yetiştirme ortamına, kesim zamanına, iklim koşullarına vb. bağlı olması, ağaç içerisinde gövdenin alt bölümü ile üst bölümü arasında gövdedeki su miktarı bakımından farklılıklar olması ve yine ilkbahar ve yaz odunu ile dal odunu ve öz odunu arasında da nem bakımından farklılıklar gözlenmesi verilebilir.

Biyokütle bileşenleri ağaç üzerinde bulundukları yere göre toprak üstü (gövde, dal, yaprak ve kabuk) ve toprak altı (ince ve kalın kökler) bileşenler olarak adlandırılırlar. Şekil 7’de biyokütle bileşenleri verilmiş, Şekil 8’de ise bu bileşenlerin ağaç üzerindeki dağılımı gösterilmiştir.



Şekil 7. Biyokütle Bileşenleri (İnce,2011)

Benzer şekilde Macias (2002) da Meksika tropik ormanlarında yayılış gösteren farklı meşcere tipleri için uydu görüntüleri yardımıyla biyokütle miktarını tahmin etmiştir. Söz konusu araştırma alanına ilişkin uydu görüntüleri alındıktan sonra bu görüntülerdeki reflektans (yansıtma) değerleri ile meşcereye ilişkin toprak üstü biyokütle miktarı ilişkiye getirilmeye çalışılmış ve regresyon modelleri oluşturulmuştur. Bu amaçla öncelikle yersel ölçümler yapılarak, alanın gerçek biyokütlesi belirlenmiştir. Daha sonra uydu görüntülerinden elde edilen reflektans değerlerinin bağımsız değişkenler olarak kullanıldığı regresyon denklemleri yardımıyla tahmini biyokütle miktarları belirlenmiş ve gerçek değerler ile karşılaştırılmıştır. Çalışma sırasında Landsat 7 TM uydu görüntülerinden yararlanılmış ve bu görüntülerin 3, 4, 5 ve 7. bantlarına ilişkin reflektans değerleri denenmiştir.

Ülkemizde birçok araştırmacı tarafından çeşitli ağaç türlerinin biyokütle değerlerini bulmaya yönelik çalışmalar yapılmış ve biyokütle tabloları düzenlenmiştir. Sun vd. (1976), stepe geçiş yörelerindeki sarıçam meşcerelerinde gövde, dal, ibre ve tüm ağacın yaş ve fırın kurusu ağırlıklarını göğüs yüzeyi orta ağacının çapı ve boyuna bağlı olarak hesaplayan doğrusal ilişkileri ve bileşenlerin hektardaki yaş ve fırın kurusu ağırlıklarını orta ağaç yöntemi ile belirlemişlerdir. Sun vd. (1980) Antalya Bük Araştırma Ormanı'nda Kızılçamda yaptıkları araştırmalarda orta ağaç yöntemi ile tek ağaç ve hektardaki bileşenlerin yaş ve fırın kurusu ağırlıklarını belirlemek için eşitlikler geliştirmişlerdir. Saraçoğlu (1988), Kızılağaç biyokütle tablolarını gövde odunu, gövde kabuğu, yaşayan dallar, dalcık ve yapraklar ile tüm ağaç için, regresyon modelleri yöntemine göre, ülkemizde ilk örnek çalışma olarak düzenlemiştir. Saraçoğlu (1992), Doğu Karadeniz Bölgesi Doğu Kayını meşcerelerinin, Durkaya (1998), Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü içerisindeki Meşe meşcerelerinin, İkinci (2000), Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü Kestane meşcerelerinin, Ünsal (2007), Adana Orman Bölge Müdürlüğü, Karaisali Orman İşletme Müdürlüğü Kızılçam meşcerelerinin, Atmaca (2008), Erzurum Orman Bölge Müdürlüğü Sarıçam meşcerelerinin, Çakıl (2008), Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü Karaçam meşcerelerinin tek ağaç ve hektardaki biyokütle miktarlarının tahmin edilmesi konusunda çalışma yapmışlardır. Ülker (2010), Amasya Orman Bölge Müdürlüğü içerisindeki Sarıçam meşcerelerinin, Mısır vd. (2010) Maçka Orman İşletme Müdürlüğü, Eğitim ve Araştırma işletme Şefliği Ladin meşcerelerinin tek ağaç biyokütle miktarlarının tahmin edilebilmesi amacıyla çalışma yapmışlardır.

1.5. Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.)’nın Genel Özellikleri ve Yayılışı

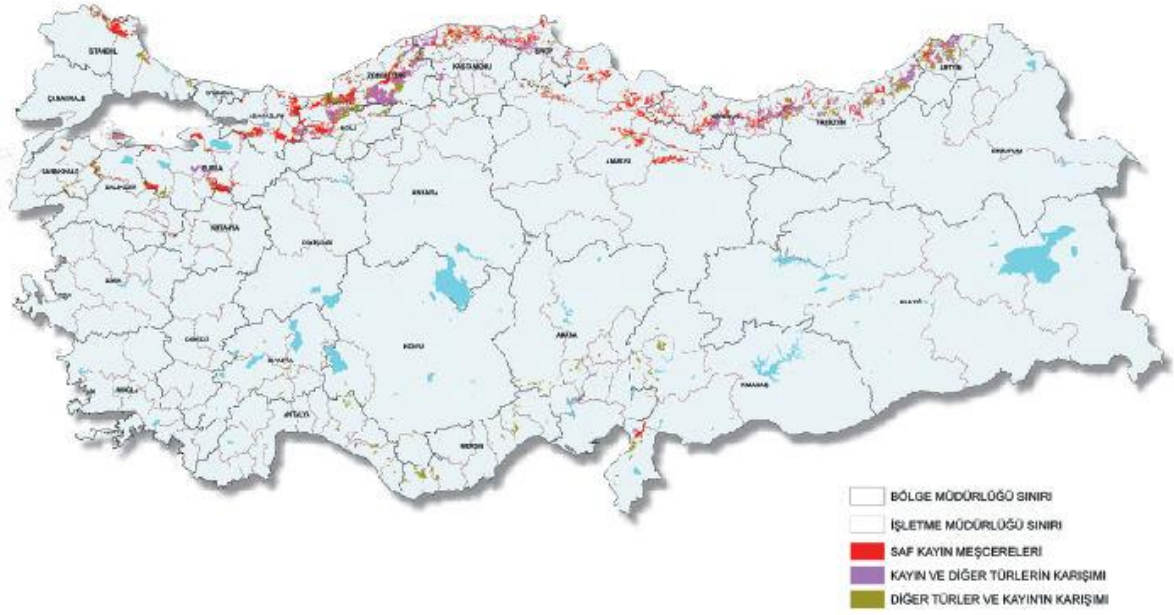
Doğu Kayını 30-40 metreye kadar boyolanabilen, bir metrenin üstünde çap yapabilen dolgun ve düzgün gövdeli birinci sınıf orman ağacıdır. Açık kül renginde kabuk ince ve düzgündür. Genç sürgünler tüylüdür. Yapraklar elips, ters yumurta biçiminde, sivri uzun yada kısa uçludur. 6-12 cm uzunluğundadır. Körpe iken kenarları kirpiklidir. Alt yüzünde damar boyunca ipek gibi tüylü, diğer tarafları çıplaktır. 7-10 (8-12) çift damar vardır. Bu yan damarlar yaprak kenarına ulaşmadan uçları kıvrılır. Yaprak sapı 0,5-1,5 cm uzunluğunda ve tüylüdür.

Odunu Avrupa kayını ile aynı kullanım alanları içerir. Başta mobilya sektörünün asal odun ürünüdür. Ayrıca parke, araba ve otobüs karoseri yapımında, hatta kontraplak sanayinde kullanılmaktadır.

Kafkasya, İran, Türkiye ve Kuzeydoğu Avrupa’da yayılır. Türkiyede asıl yayılışını ve en iyi gelişimini Karadeniz sahillerinde yapmaktadır. Doğuda Türkiye Gürcistan sınırından başlayarak tüm Karadeniz sahili boyunca batıya doğru Demirköy, Kırklareli bir başka deyişle, Istranca Dağlarına değin uzanır. Karadeniz sahil kesimleri yanında Karadeniz ardı alanlarda da örenğin Sinop, Boyabat, Göktepe, Deresökü ormanlarında, Vezirköprü, Bolu yöreleri ile Kocaeli, Marmara kıyıları ve Batı Anadolu’da yer yer izlenir. Bu genel yayılışının yanında Doğu kayını güneyde Adana’nın Pos ormanlarında Ziyaret tepe yöresinde küçük bir adacık halinde, daha doğuda Kahramanmaraş-Andırın yörelerinde, aşağıya doğru Amanos Dağlarının yüksek kesimlerinde yerel halde yayılmaktadır.

Ülkemizdeki yayılışında tek başına saf ormanlar kurabildiği gibi, çoğu kez öteki ağaç türleri ile özellikle Doğu Ladini, Sarıçam, Karaçam, Gökmar türleri hatta Toros sediri gibi iğne yapraklılarla, yapraklı türlerden ise çoğunlukla meşe türleri ve gürgenlerle karışık meşcereler kurar.

Doğu Kayın’ın yayılış alanı Şekil 9’da verilmiştir.



Şekil 9. Doğu Kayını yayılış alanı (URL-9)

1.6. Karbon Depolama Miktarının Belirlenmesi

Orman biyokütlesi, yeryüzündeki toprak üstü karbonun % 80'ini ve toprakaltı karbonun da % 40'ını içermektedir (Dixon vd., 1994; Goodale vd., 2002). Bu yönleriyle ormanlar atmosferik karbondioksit (CO_2) için önemli bir havuz olarak görülür ve atmosferik CO_2 için potansiyel bir geçici depo görevi üstlenirler.

Orman alanlarının bu bağlamdaki önemli etkisinden ötürüdür ki, karbon bilançosu sürdürülebilir orman işletmeciliğinin altı ana kriteri arasında da yerini almış ve Rio-Helsinki sürecine dahil olan ve Kyoto Protokolüne imza veren ülkelere ormanlarındaki karbon stok değişimlerini her yıl deklare ederek, ülkelerinin dünya karbon döngüsüne ve küresel ısınmaya ne yönde etki yaptıklarını standart bir formata göre açıklama zorunluluğu getirilmiştir.

Genellikle diğer tek ağaç bileşenlerinde olduğu gibi topraküstü biyokütleyle ilişkin bölgesel ve ulusal biyokütle ve karbon stoku değerleri de örnek alanlara dayalı orman envanter verilerinden yararlanılarak geliştirilen allometrik biyokütle eşitlikleri ve biyokütle faktörleri (BEF) yardımıyla hesaplanır (Jenkins vd., 2001; Brown, 2002; Goodale vd., 2002). Coğrafik ve ekolojik olarak farklı bölgelerde bulunan çok sayıda ağaç türü için allometrik biyokütle eşitlikleri geliştirilmiştir (Peichl ve Arain, 2007).

Karbon birikimini saptamaya yönelik çalışmalarda önce ormanda fotosentez yoluyla oluşan bitkisel kütle miktarı saptanarak bu kütle içindeki karbon miktarı belirlenmekte, sonra da bu karbon miktarına eşdeğer CO₂ hesaplanmaktadır. Ormanlardaki karbon birikimi ve bilançosu orman alanları üzerindeki bitkisel kütlenin ağaç türleri itibariyle dağılımına ve bunların fırın kurusu hale dönüştürülmüş ağırlıklarına dayanılarak saptanmaktadır. Günümüze kadar orman ekosistemlerindeki karbon miktarının belirlenmesinde Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılık (Land Use, Land-Use Change and Forestry – LULUCF) kılavuzundan faydalanılmıştır. LULUCF kılavuzunda, orman ekosistemindeki canlı biyokütleyle ait karbon havuzlarında yıllık karbon stok değişimleri, çeşitli denklemler ve faktörler yardımıyla belirlenmektedir (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2006).

LULUCF kılavuzunda, orman alanlarındaki karbon stoklarının yıllık değişimini belirleyebilmek için ormanlık alanların önce iklim tiplerine, sonra da orman tipi ve yönetim biçimine göre alt kategorilere ayrılması gerekmektedir. Kılavuz içindeki diğer formülleri kullanabilmek için de orman alanları üzerindeki servet ve artımın, bu denklemlerde istenen biçimde sınıflandırılması önerilmektedir.

LULUCF kılavuzunda belirtilen değerlerin elde edilebilmesi için öncelikle bu verilerin biyokütleyle dönüştürülmesi gerekmektedir. Bunun için mevcut olan tek yol, önce dikili gövde hacmine karşılık gelen biyokütle miktarını fırın kurusu ağırlıklar yardımıyla belirlemek, sonra da bu miktarları dal ve yapraklara ait biyokütleyi de kapsayacak biçimde genişletmektir. Esasen, kılavuzdaki BEF₁ ve BEF₂ faktörleri bu amaç için gerekli görülen “Biyokütle Çevirim Katsayıları”dır. BEF₁ ve BEF₂ katsayıları bu açıdan ele alındığında; BEF₁ faktörü, “Yıllık net hacim artımını (kabuk dahil) toplam toprak üstü ağaç biyokütle artışına çevirmek için gerekli olan biyokütle çevirim faktörü”, BEF₂ faktörü de, “Kesimler ile ormandan çıkartılan mamül (yapacak ve yakacak) haldeki ağaç hacmini toplam topraküstü biyokütleyle (kabuk dahil) çevirmek için gerekli olan biyokütle çevirim faktörü”, olarak ifade edilebilir. Ancak Türkiye’de mevcut orman istatistikleri, amenajman planlarındaki veriler ile sınırlı olup sadece birim alandaki toprak üstü dikili gövde hacmi ve hacim artımını gösterecek biçimde düzenlenmiş olduğundan kılavuzda belirtilen bu katsayılar ülkemizde olduğu gibi kullanılmamaktadır. Ülkemiz koşullarına uygun olacak şekilde LULUCF çalışma grubu tarafından bu katsayılar hesaplanmıştır. Toprak üstü biyokütleyi bulmak için kullanılan bu katsayılardan BEF₁ faktörü ibreli ağaçlarda 1.22,

yapraklılarda 1.24 ve BEF_2 faktörü de ibreli ağaçlarda 1.24 ve yapraklılarda 1.26 olarak hesaplanmıştır (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2006).

Son yıllarda ise bu kılavuzdaki denklemlerin kullanılmasıyla beraber ormanların karbon depolama kapasitelerinin belirlenmesinde uzaktan algılama teknolojileri kullanılmaktadır. Moraes vd. (1996) tarafından yapılan bir çalışmada Brezilyanın Rondonia bölgesinin arazi örtüsü haritasının ve karbon havuzlarının tahmini için çalışma yapmışlardır. Karbon havuzları ve atmosferdeki tozların değişimini tahmin etmek için Brezilyanın Amazon bölgesinin güney batısında farklı zamanlarda meraya dönüştürülmüş alanlar için hesaplanan Landsat TM verilerini kullanmışlardır. Görüntü işleme ve kontrollü sınıflandırma kullanılarak farklı yaşlardaki mera ve ormanlık kesim için bir arazi örtüsü haritası üretmişlerdir. Sonuçlar doğal ormanların yaklaşık % 30'luk kısmının meralar ve ormansızlaşmış alanlarla işgal edildiğini göstermiştir.

Hunt vd. (2004) tarafından yapılan çalışmada, Güneydoğu Wyoming bölgesindeki söz konusu ovalar ve bozkırlarda uzaktan algılama, karbondioksit ölçümleri ve meteorolojik verilerin entegre edilmesine dayanan bir yaklaşım kullanılarak karbon miktarı hesap edilmiştir. Karbondioksit net ekosistem değişimi uçak ve yer akısı teknikleri kullanılarak ölçülmüştür ve fotosentez aracılığıyla absorbe edilen aktif radyasyon (APAR) ile doğrusal olarak ilişkilendirilmiştir. Bu ilişkinin eğimi radyasyon kullanım etkinliğini işaret eder ($0.51Gc/MJ$); bu iki alanda regresyon katsayıları bakımından herhangi önemli bir değişiklik gözlenmemiştir. Dahası, günümüz ortalama sıcaklıkları ile fonksiyonel bir ilişki oluşturmak için 1998 ve 1999 yıllarındaki toplam solunuma (respirasyona) ait ekosistem kabin ölçümleri kullanılmıştır. Söz konusu her iki alan için normalleştirilmiş fark vejetasyon indeksi (NDVI) ve meteorolojik veri, yıllık ot birincil üretimi ve solunum değerleri 1995'den 1999'a kadar hesaplanmıştır. Genel anlamda karma ot çayır ovaları bir karbon batağı iken kuzeye ait söz konusu karma ot çayır ovası karbon dengesi sergilemekteydi. Kozalak orman alanına yönelik net ekosistem değişimi ve fotosentez aracılığıyla absorbe edilmiş aktif radyasyon arasında hiçbir önemli ilişki belirlenmemiştir ki bu durum CO_2 akısı verilerinin artırımına yönelik yöntemin sadece mera alanları için uygulanabilir olduğunu işaret ediyor olabilir. CO_2 akısı iletişim ağındaki veri ile uzaktan algılama kombinasyonu mera ekosistemlerinde bölgesel olarak karbon miktarını hesaplamak amacıyla kullanılabilir.

Sulistyawati vd. (2006) tarafından yapılan çalışmada, spektral özellikler ile karbon miktarı arasındaki istatistiksel ilişki kullanılarak, çalışma alanında depolanan karbon

miktarını tahmin eden bir model geliştirmek amaçlanmıştır. Bu amaçla, değişik vejetasyon tiplerinde (karışık orman, çam ormanı, rasamala ormanı, puspa ormanı ve damar ormanı) 0,3 ha'lık 20 adet örnek alanda allometrik yöntem (Ulumuddin vd., 2005) kullanılarak karbon ölçümleri yapılmıştır. Uzaktan algılama verisi olarak da Haziran 2001 tarihli Landsat ETM (1,5,7 bant) uydu görüntüsü kullanılmıştır. Ölçülen karbon değerleri ile parlaklık değerleri arasındaki ilişkiyi gösteren model, aşamalı çoklu regresyon analizi yöntemiyle elde edilmiştir. Geliştirilen model kullanılarak çalışma alanının 1994 ve 2001 yılı karbon depolama miktarları 2.772.575 ve 1.944.151 MgC olarak hesaplanmıştır.

Myeong vd. (2006) tarafından yapılan çalışmada kentsel yeşil alanların karbon depolama kapasitesinin ve değişiminin belirlenmesi amaçlanmıştır. Seçilen araştırma alanına ait 1985, 1992 ve 1999 yıllarına ait uydu görüntüleri kullanılarak, yersel olarak ölçülen 190 adet örnek alandan (25x25m) elde edilen veriler ile NDVI değerleri arasındaki ilişki modellenmiştir. Çalışmanın sonunda karbon depolama miktarı ile NDVI arasındaki doğrusal olmayan bir ilişki olduğu ($\text{Carbon} = 107.2e^{(\text{NDVI} - 0.0194)}$) ($r^2=0,67$) belirlenmiştir.

Tan vd. (2006) tarafından yapılan çalışmada 1982 ve 1999 yılları arasında 20 yıl boyunca kuzeydoğu Çin bölgesinin ormanlık alanlarında meydana gelen karbon depolama kapasitesindeki değişimler uydu tabanlı belirlenmiştir. Bunun için 1984-1988, 1989-1993 ve 1994-1998 yıllarındaki 3 döneme ait orman envanteri ve NOAA/AVHRR normalleştirilmiş fark vejetasyon indeksi kullanılmıştır.

Hu vd. (2007) tarafından yapılan çalışmada ise 1936 ve 2005 yılları arasında Güney Carolina Piedmont ormanlarında yapılmış 9 periyotluk arazi envanteri ve analizi kullanmıştır. O bölgedeki envanter yıllarının her birinde orman biyokütle karbon havuzlarını tahmin etmek için biyokütle gelişim faktörünü ve direkt olarak o verilerden yararlanılarak geliştirilmiş allometrik biyokütle regresyon denklemini kullanmışlardır. Çalışmanın sonucunda Piedmont ormanlarındaki karbon depolama kapasitesindeki değişim 1936'dan 2005 yılına kadar 81,84 grosston olup, bu değişimdeki en önemli faktörün ormanlardaki artım ve büyüme olduğu belirlenmiştir.

Yang vd. (2008) tarafından yapılan çalışmada sürekli biyokütle büyüme faktörü yöntemini kullanarak Pearl River Deltasında 1989 ve 2003 yılları arasındaki karbon depolama kapasitesi ve karbon depolama kapasitesindeki değişim hesaplanmıştır. Çalışmada farklı yaş sınıflarından 3 farklı dönemin orman envanteri baz alınmıştır.

Sonuçta bölgesel karbon depolamanın % 16.76 arttığı ve bu artımın % 80' nin meşcerelerde depolandığı belirlenmiştir.

Gülsunar (2011), tarafından yapılan çalışmada, Giresun Orman Bölge Müdürlüğü'ne bağlı Akkuş Orman İşletme Müdürlüğü, Düzdağ Orman İşletme Şefliği'nin verimli meşcerelerindeki karbon depolama kapasitesinin uzaktan algılama yöntemi kullanılarak hesaplanması amaçlanmıştır. Bu amaç için Düzdağ Orman İşletme Şefliği sınırları içerisindeki meşcerelerden örnek alanlar alınmıştır. Alınan örnek alanlar içerisindeki ağaçların göğüs yüksekliklerindeki çapları ölçülmüş ve araştırma alanı için daha önceden belirlenen tek girişli hacim tablolarından faydalanılarak hektardaki hacim değerleri hesaplanmıştır. Araştırma alanının karbon depolama kapasitesinin hesaplanmasında meşcerelerin hektardaki hacim değerlerinden yararlanılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda genel sınıflandırma doğruluk oranı % 84.17, Kappa İstatistiği doğruluk oranı ise 0.7889 bulunmuştur.

1.7. Uzaktan Algılama

Uzaktan Algılama; cisim, arazi yapısı veya doğal bir olayın fiziksel ve kimyasal özellikleri hakkında, arada herhangi bir fiziksel ilişki olmaksızın; yer yüzeyinde, havada veya uzayda konumlandırılmış platformlara yerleştirilen çeşitli algılayıcı sistemler tarafından toplanan veriler yardımıyla bilgi edinme yöntemi ya da bilimidir.

Uzaktan algılama teknolojisi iki temel aşamadan oluşmaktadır:

- Veri toplama
- Veri işleme

Veri toplama uçaklarla taşınan kameralar, konum belirleme sistemi algılayıcıları veya diğer uydu aletleri gibi sensörler kullanılarak yapılır. Bu sensörler analog ve sayısal formatta veri toplayarak ilgilenilen özelliğin doğru bir şekilde tanımlanmasını sağlar. Veri işlemede ise çeşitli bilgisayar donanım ve yazılımları kullanılmaktadır (DPT, 2001).

Uzaktan algılama çalışmalarında kullanılan veri kaynakları Hava Fotoğrafları ve Uydu Görüntüleridir. Hava fotoğrafları ve uydu görüntüleri farklı araçlar kullanılarak elde edilir. Fotoğraflar ışığın (enerjinin) fotoğraf makinesi aracılığı ile ışığa duyarlı bir film üzerine düşürülmesiyle elde edilir. Uydu görüntüsü ise yansıyan ya da yayılan elektromanyetik enerjinin özel algılayıcılar tarafından toplanmasıyla oluşturulur. Uydu görüntüsü sayısal olarak elde edilir ve yalnızca görüntü olması dışında fotoğraftan farklı

olarak cisimlerin gözle görülmeyen ya da ayırt edilemeyen özellikleri hakkında bilgi de içerir. Görünür olmayan dalga boylarına ait bu bilgilerden, görünürde benzer özellikler gösteren cisimleri birbirinden ayırt etmede faydalanılır.

Gelişen teknoloji ve verilere ulaşma kolaylığı ile birlikte, günümüzde uzaktan algılama çalışmalarında uydu görüntüleri ormancılık uygulamaları için önemli ve güçlü araçlardan biridir. Daha araziye çıkmadan arazi hakkında detaylı bilgi sahibi olmak görüntüler sayesinde mümkündür. Bu, arazi çalışmalarının kolaylaşması ve doğruluğunun artmasını da sağlamaktadır. Köse ve diğerlerine (2001) göre, yersel yöntemlerle veri toplamak doğruluk olarak güvenilir olmakla birlikte, yüksek maliyetli ve uzun zaman gerektiren çalışmaların ürünüdür. Uydu verileri ile görüntü işleme teknikleri, özellikle doğal kaynaklara yönelik çok çeşitli alanlarda kullanılabilme, hızlı bilgi üretme özellikleri ile etkin ve yeni teknoloji olup, hızla değişen dinamik bir yapı sergileyen ülkemiz orman alanları ve yakın çevrelerinin alansal - yapısal özelliklerinin kısa sürede belirlenmesine olanak sağlayabilecek niteliklere sahiptir (Arıca, 2008).

Bir uydu görüntüsü grid şeklinde karelerden oluşmaktadır. Görüntüyü oluşturan bu en küçük kare ya da görüntü elemanı “piksel” olarak adlandırılmaktadır. Uydu görüntülerinin her türlü değerlendirmeye açık olması, içerdikleri bilgilerin hiçbir değer kaybetmeden saklı kalması, ileride yapılacak periyodik araştırma ve incelemeler için bilgi deposu olmaları büyük önem taşır (Köse vd., 2001).

Uzaktan algılamada uydu görüntülerinden elde edilecek bilgilerin doğruluğu; görüntü alanının çok iyi tanımlanması ve yerde ölçülen olguların doğru bir şekilde belirlenmesine bağlıdır. Ham uydu görüntüleri üzerinden yerde ölçülen objeler hakkında sağlıklı bilgi sahibi olmak oldukça güçtür. Bu nedenle uzaktan algılama verileri sayısal görüntüler haline dönüştürüldükten sonra, bu görüntüler uzaktan algılamanın ikinci aşaması olan veri işleme uygulamalarına tabi tutulmaktadır (Altuntaş, 2002). Veri işleme uygulamaları ön işlemler ve görüntü işleme gruba ayrılır.

Uzaktan algılama görüntüleri yapılarında sistematik yada sistematik olmayan hatalar barındırırlar. Bu nedenle uygulamada kullanılabilmeleri için bir takım düzeltmelere tabi tutulmaları gerekir. Bu düzeltmelere ön işlemler adı verilir. Uydu görüntüleri üzerinde uygulanan ön işlemler genel olarak 2 gruba ayrılır.

1. Radyometrik Düzeltme
2. Geometrik Düzeltme

Radyometrik düzeltme, yeryüzünün farklı aydınlanma koşullarından veya atmosferik etkilerden kaynaklanan hatalı piksel değerlerinin düzeltilmesi amacıyla uygulanan matematiksel yöntemlerdir (Jensen, 1996).

Uzaktan algılama verilerinin diğer veri gruplarıyla entegrasyonu sağlamak için, geometrik olarak düzeltilmesi gerekmektedir.

Orijinal uydu görüntüleri, sistematik ve sistematik olmayan geometrik hatalar içerdiği için harita olarak kullanılamamaktadırlar (Sunar vd., 1997). Söz konusu bu hatalar;

Sistematik hatalar;

- Görüntü alımı esnasında dünyanın dönüşü
- Algılayıcı hataları
- Yeryüzünün eğikliği
- Uydu platformunun hızı
- Panoramik distorsiyonlar
- Tarayıcı aynanın hızındaki değişimler
- Perspektif görüş hatası

Sistematik olmayan hatalar ise algılayıcı platformunun duruşu ve yüksekliğinden kaynaklanan hatalardır (Sunar vd., 1997; Richards, 1999).

Görüntü sayısallaştırılarak bilgisayar ortamına aktarıldıktan sonra görüntüden istenilen bilgilerin elde edilebilmesi için bazı önemli işlemlerden geçirilmesi gereklidir. Bunlar;

- Görüntü Zenginleştirme
- Görüntü Dönüşümleri
- Veri Entegrasyonu
- Görüntü Sınıflandırma

Görüntü zenginleştirmesinin amacı görsel yorumlamayı daha da iyileştirmektir. Belirli bir fotoğraf veya görüntünün belirli bir karesi çeşitli çevresel etkenlerden dolayı bozulmuş olabilir. Bu tip görüntüler bir takım görüntü zenginleştirme metotları uygulanarak bir özelliğine göre daha zengin hale getirilebilir.

Uzaktan algılamada uydu görüntülerinden elde edilecek bilgilerin doğruluğu; görüntü alanının çok iyi tanımlanması ve yerde ölçülen olguların doğru bir şekilde belirlenmesine bağlıdır. Ham uydu görüntüleri üzerinden objeler hakkında sağlıklı bilgi sahibi olmak oldukça güçtür. Bu nedenle, uzaktan algılama verileri sayısal görüntüler

haline dönüştürüldükten sonra, bu görüntüler sayısal görüntü işleme uygulamalarına tabi tutulmaktadır.

Görüntü dönüşümleri, genellikle birden fazla görüntüden yararlanılarak istenilen özelliklerin daha fazla ön plana çıktığı yeni bir görüntünün oluşturulması işlemidir. Temel görüntü dönüşümleri, görüntüye uygulanan basit aritmetik işlemlerdir. Görüntü çıkarma işlemine örnek olarak, bir uydudan farklı tarihlerde alınmış olan görüntülerin arasındaki farklılıkları bulmak için yapılan bir uygulama gösterilebilir. Görüntü bölme veya orantılama işlemleri de sıkça kullanılan Görüntü İşleme Dönüşümleri'dir.

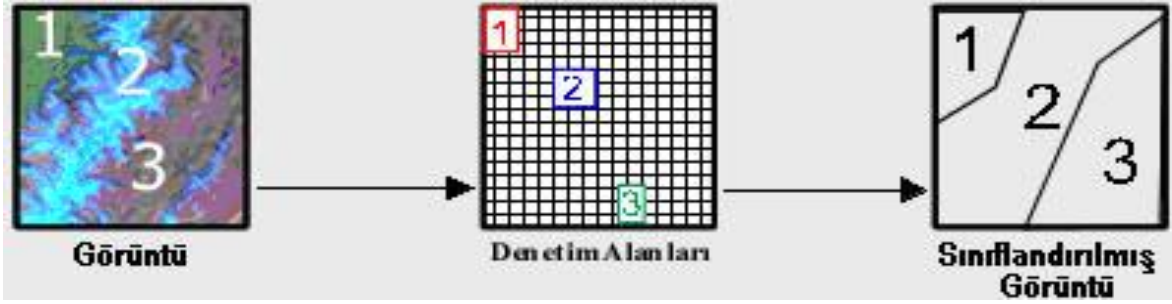
Veri entegrasyonu farklı kaynaklardan elde edilen bilgilerin daha iyi ve daha çok bilgi elde etmek üzere birleştirilmesidir. Bu kapsamda çok-zamanlı, çok-çözünürlüklü, çok-algılayıcı veri kombinasyonları kullanılabilir.

Bir uzaktan algılama veri setinin sınıflandırılmış harita formatında olan sonuçları, başka bir veri kaynağı olan Coğrafi Bilgi Sistemlerini (CBS) güncelleştirmede kullanılabilir. Farklı veri setlerini ve kaynaklarını bir arada kullanmak çok daha iyi sonuçlara ulaşmak için iyi bir yaklaşımdır (URL-10).

Sınıflandırma, birçok bilim dalında kullanılan bir karar verme işlemidir. Görüntü sınıflandırma işleminde amaç, bir görüntüdeki bütün pikselleri arazide karşılık geldikleri sınıflar veya temalar içine otomatik olarak atamak, yerleştirmektir. Diğer bir anlamda görüntüdeki objelerin segmentasyonudur. Sınıflandırma ile görüntüdeki objeler, belirlenen sınıflara ayrılarak tanımlanırlar. Özellikle uzaktan algılamada arazi kullanımı uydu görüntüleri sınıflandırılarak elde edilir. Elde edilen sonuçlar vektör veriye dönüştürülerek tematik haritalar elde edilir. Nesnelerin konumları ve dışsal nedenler, aynı nesnelerin farklı yansıtma değerleri vermesine neden olur. Bu sebeple aynı nesnelere ait yansıma değerleri gruplandırılır. Sınıflandırma olarak tanımlanan bu aşama, uzaktan algılama veri setinin içerdiği spektral sınıfları çeşitli istatistiksel yöntemler ile belli kategorilere ayırma işlemidir (URL-11). Sınıflandırma İşlemi 2 farklı yönetime göre yapılmaktadır. Bunlar;

- Kontrolsüz (Denetimsiz) Sınıflandırma
- Kontrollü (Denetimli) Sınıflandırma

Kontrollü yaklaşımda önce yararlı bilgi sınıfları (eğitim alanları) belirlenir. Daha sonra onların spektral ayırt edilebilirliği incelenir (Lillesand vd., 2000). Şekil 10' da kontrollü sınıflandırmanın aşamaları verilmiştir.



Şekil 10. Kontrollü Sınıflandırma (URL-11)

Uzaktan algılanmış görüntülerde sınıflarla ilgili olasılık dağılımları bilinmiyor, sınıfı bilinen eğitim alanları mevcut değil yada çok yetersiz ise, verilerin sınıflandırılmasında kontrolsüz sınıflandırma kullanılır. Analizci kontrolün azalması nedeniyle kontrolsüz sınıflandırma, bilgi içeren sınıfları belirlemede genel olarak kontrollü sınıflandırma kadar etkin bir yöntem değildir. Bu nedenle tamamen kontrolsüz sınıflandırmaya dayanan analizin, ancak bilgi içeren sınıfların çok spektrumlu verilerde kolaylıkla ayırt edilebilir olması halinde güvenilir sonuçlar vermesi beklenebilir.

İlgilenilen sınıfların sayısı biliniyor her sınıftan alınmış eğitim alanları mevcut ise bu veriler kullanılarak daha etkin bir yöntem olan kontrollü sınıflandırma kullanılır (Mather, 1999).

Kontrollü sınıflandırma; eğitim aşaması, sınıflandırma aşaması ve çıktı aşaması şeklinde üç adımdan oluşur.

Eğitim aşamasında, incelenecek alanda bilinen sınıfları temsil edecek eğitim alanları seçilir. Bu alanlar, sınıflandırmada kullanılacak her bilgi sınıfı için yeterli düzeyde homojen ve temsil edici şekilde belirlenir. Belirlenen eğitim alanları, üzerindeki spektral özellikleri tanımlayan bir sayısal yorumlama anahtarı düzenlemek için kullanılır.

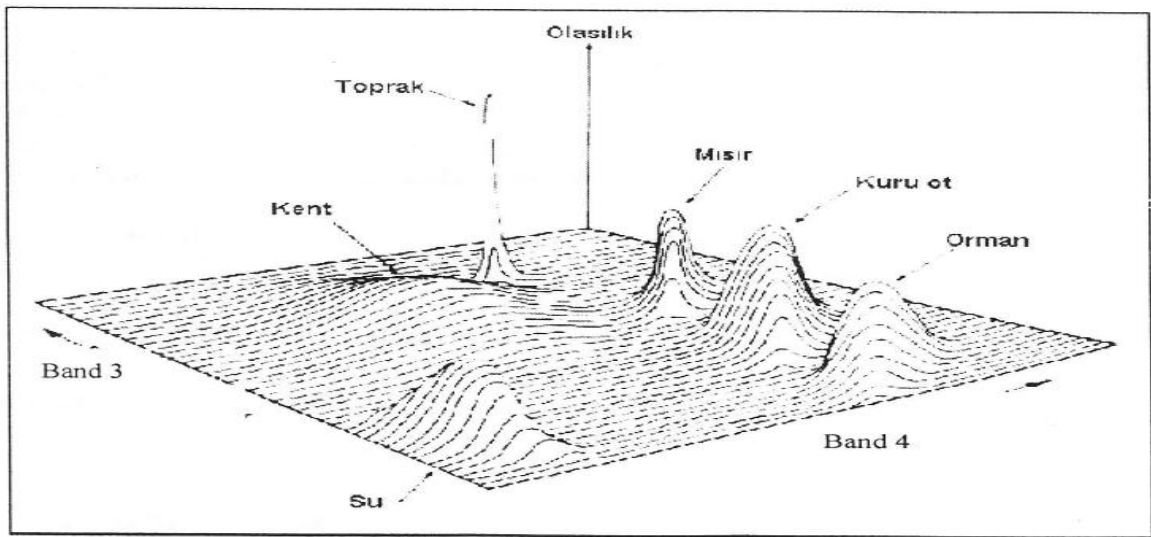
Sınıflandırma aşamasında, görüntüdeki her piksel sayısal olarak yorumlama anahtarı içindeki her bir sınıf ile karşılaştırılarak, sınıflardan en çok hangisine benzediği saptanır ve ilgili sınıfın adı ile etiketlenir. Bilinmeyen pikseller ve araştırma seti pikselleri arasında bu karşılaştırmayı yapmak için kullanılabilecek çok sayıda sayısal yöntem vardır. Bu yöntemlerden bazıları, ortalama en az uzaklık yöntemi, Paralel kenar yöntemi, En yüksek olasılık yöntemi, Yapay sinir ağlarına dayalı yöntemdir (Lillesand vd., 2000).

Kontrollü sınıflandırma yöntemlerinden olan En yüksek olasılık yönteminde sınıfların olasılık dağılımları kullanılır. Her sınıf için ortalama vektör ve kovaryans matrisi

hesaplanır. Böylece sınıfların dağılımları ve ağırlıkları göz önüne alınmış olur. Sınıflandırmak istenen piksel, olasılığı en fazla olan sınıfı atanır. En az uzaklık ve paralel kenar yöntemi ile karşılaştırıldığında, en yüksek olasılık sınıflandırma yöntemi en az hata oranını verir. Bu yöntemin en olumsuz yönü, her pikselin sınıflandırılması için çok sayıda hesaba gerek göstermesidir. Genel bir kural olarak, bu yöntemde sınıflandırmada kullanılan bant sayısı arttıkça sınıflandırmanın doğruluğu da artmaktadır. Ancak kullanılan bant sayısının çok fazla olması, bazı durumlarda bazı bantların diğer bantların duyarlıklarını azaltmasına neden olabilir. Bundan dolayı sınıflandırmada kullanılacak en uygun bantların seçimi önemlidir (Mather, 1999).

En yüksek olasılık yönteminde, bilinmeyen bir pikselin sınıflandırılmasında sınıflandırılacak spektral desenlerin hem varyansı hem de kovaryansı değerlendirilir. Bu değerlendirme sırasında, nokta kümelerinin normal dağılımda olduğu varsayılır. Bu varsayım altında sınıf deseninin dağılımı, ortalama vektör ve kovaryans matrisi yardımı ile tanımlanabilir. Bir pikselin, örnek sınıflardan herhangi birisinde yer alma olasılığı istatistiksel olarak hesaplanabilir (Evsahibioğlu, 1993).

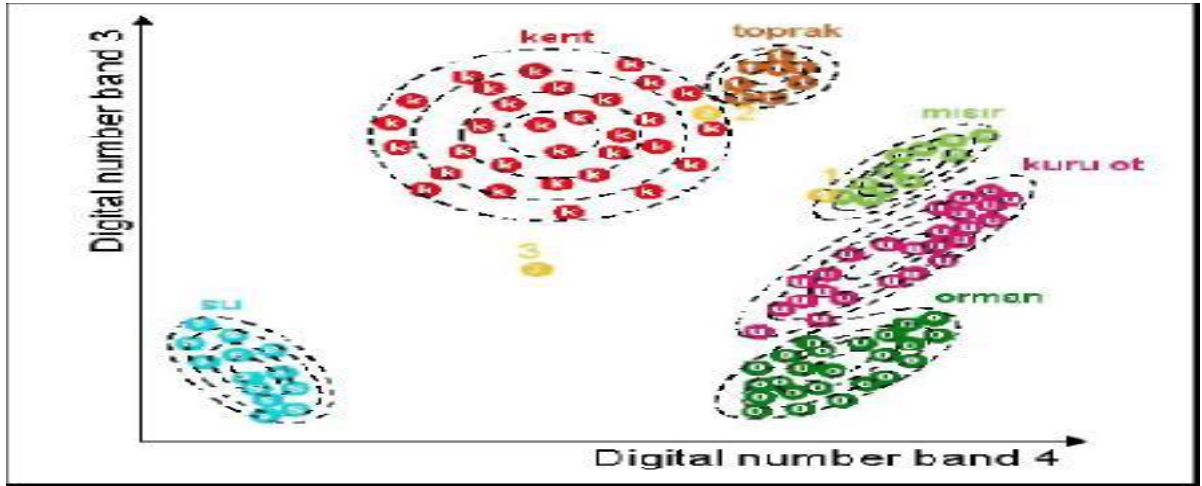
Şekil 11, özellik uzayı üzerinde çizilmiş 3 boyutlu değerleri değişim grafiğini göstermektedir. Burada düşey eksen, bir pikselin herhangi bir sınıfa dahil olma olasılığını göstermektedir. Bu şekilde elde edilen eğriler, olasılık yoğunluk fonksiyonları olarak adlandırılır (Lillesand vd., 2000).



Şekil 11. En Yüksek Olasılık Yöntemi İle Tanımlanan Olasılık Yoğunluk Fonksiyonları

Olasılık yoğunluk fonksiyonları, her piksel değerinin, herhangi bir sınıfa dahil olma olasılığını hesaplamak için kullanılır. Her bir sınıf için olasılıkların değerlendirilmesinden sonra, piksel bunlardan en olası sınıfa atanır. Eğer pikselin herhangi bir sınıfa ait olma olasılığı, belirlenen bir eşiğin altında ise bilinmeyen olarak sınıflandırılır.

Esas olarak en yüksek olasılık sınıflandırması yöntemi, dağılım diyagramı üzerinde elipsoid eş olasılık eğrilerini belirler. Bu karar bölgeleri Şekil 12’ de gösterilmiştir. Eş olasılık eğrilerinin şekli en yüksek olasılık sınıflandırması yönteminin korelasyona duyarlılığını göstermektedir. Bu duyarlılık nedeni ile 1 numaralı piksel doğru olarak mısır sınıfında yer almıştır (Evsahibioğlu, 1993).



Şekil 12. En Yüksek Olasılık Sınıflandırılması (Lillesand vd., 2000; URL-12)

Sınıflandırma sonucunda yapılan doğruluk analizi, eğitim alanı olarak ayrılan bölgeler dışında kalan test alanlarına ilişkin piksel değerlerinin, dayanak kabul edilen, haritalar ya da arazi hakkında kesin bilgi veren bir kaynakla istatistiksel olarak karşılaştırma ilkesine dayanan bir kontrol yöntemidir (Evsahibioğlu, 1993).

Hatalar, piksellerin yanlış sınıflandırmasından dolayı oluşmaktadır. Analizde hata derecesi yerine doğruluk derecesi de araştırılabilir. Eğer çok sayıda sınıflandırılmamış piksel varsa, eğitim veri setlerinin gerçeği temsil etme oranları düşer. Sınıflandırmada doğruluk derecesinin gösterilmesinde en yaygın kullanılan yöntem $k \times k$ düzensizlik veya hata matrisinin oluşturulmasıdır. Matris, referans verileri yer gerçeği kullanılarak oluşturulur (Mather, 1999).

Genel sınıflandırma doğruluğu her bir sınıf doğruluğunun ortalamasıdır. Bir başka yaklaşımda olasılık matrisiyle sağlanmış bilgiyi özetleyen kappa (k) katsayısı sınıflandırmanın doğruluğunu ağırlıklı olarak hesaplayan bir istatistiksel ölçü olarak kullanılır. Cohen'in kappa katsayısı iki değerleyici arasındaki karşılaştırmalı uyuşmanın güvenilirliğini ölçen bir istatistik yöntemidir. Cohen'in kappa ölçüsü herbiri N tane maddeyi C tane birbirinden karşılıklı hariç olan kategoriye ayıran iki değerleyicinin arasında bulunan uyuşmayı ölçer. Ortaya çıkan kategorik değişken olduğu için bir parametrik olmayan istatistik türüdür. Cohen'in kappa ölçüsü bu uyuşmanın bir şans eseri olabileceğini de ele aldığı için basit yüzde orantı olarak bulunan uyuşmadan daha güçlü bir sonuç verdiği kabul edilir (URL-13).

Kappa değerinin formülü aşağıda verilmiştir.

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r x_{i+} \cdot x_{+i}}{N^2 - \sum_{i=1}^r x_{i+} \cdot x_{+i}}$$

- R : Sınıf sayısı
 X_{ii} : Hata matrisinin köşegen elemanları
 X_{i+} : Satır Toplamı
 X_{+i} : Sütun toplamı
N : Hata matrisindeki toplam piksel sayısıdır

Sonuçta bulunana (k) değeri;

0.0 ise sınıflandırılmış veriler ve referans verileri arasında uyum olmadığı,

1.0 ise tam uyum olduğunu,

0.75 ve fazlası sınıflandırma performansının çok iyi olduğunu,

0.40'ın aşağısı ise performansın yetersiz olduğunu gösterir (Mather, 1999).

Burada dikkat edilecek iki

1.8. Çalışmanın Amacı

Ülkemizdeki pek çok asli ağaç türü için henüz biyokütle tabloları düzenlenmiş değildir. Bu nedenle; ülkemizdeki değişik ağaç türleri için biyokütle tablolarının düzenlenmesi, ormandan çıkartılan üründen tam kapasite ile faydalanılabilmesi, bunun yanında gerek doğaya gerekse çeşitli uluslararası sözleşmelere karşı olan sorumluluklarımızı yerine getirmek için gerekli bilgilerin ortaya konulması ve ayrıca

karbon birikimi ve bilançosu araştırmaları için daha sağlıklı bilgilerin elde edilmesi açısından oldukça önemlidir (Aydın, 2010).

Dünya atmosferindeki CO₂ oranının giderek yükselmesi, sera etkisi yapan diğer gazlarla birlikte global iklim değişimine ve sıcaklık artışına neden olmaktadır. Global iklim değişiminin nedenleri üzerinde yapılan araştırmalar, bu fenomen üzerinde, CO₂'nin etkisinin % 55 – 80 olduğunu göstermektedir (Asan 1995). Bilindiği gibi, bütün bitkiler fotosentez yoluyla havadaki CO₂' i alarak organik madde üretmekte ve bunu daha sonra bünyelerinde gerçekleştirdikleri bir dizi kimyasal reaksiyonla diğer organik maddelere dönüştürmektedir. CO₂ alımının bitkilerde yaprak miktarına bağlı artması ve diğer bitki topluluklarına oranla en fazla yaprak miktarının da ormanlarda bulunması nedeniyle CO₂ tüketimi en fazla ormanlarda meydana gelmektedir.

Bu alışmada, Trabzon Orman Bölge Müdürlüğü'ne bağlı Alacadağ Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde kalan saf Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) meşcereleri için biyokütle denklemlerinin geliştirilmesi, bu denklemlerden yararlanarak biyokütle miktarlarının ve biyokütle içerisinde depolanan karbon miktarının uzaktan algılama teknolojileri ile belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Yapılan çalışmanın bu bölümünde, biyokütle tablolarının ve denklemlerinin oluşturulması, Uzaktan Algılama Yöntemleri ve Coğrafi Bilgi Sistemleri yardımıyla karbon depolama kapasitesinin hesaplanması için seçilen materyal ve bu materyaller üzerinde uygulanan yöntem tanıtılacaktır.

2.1. Materyal

Bu çalışmada, Trabzon Orman Bölge Müdürlüğü, Torul Orman İşletme Müdürlüğü şefliklerinden Alacadağ Orman İşletme Şefliği çalışma alanı olarak seçilmiştir. Araştırma alanına ait 1/25000 ölçekli topoğrafik haritalar (Trabzon-G42-d1), Orman Amenajman Planı ve haritaları, Landsat 7 ETM+ (2000), Quickbird-2 (2005) ve SPOT-5 (2005) uydu görüntüleri çalışmanın belli aşamalarında kullanılan temel altlıklardır.

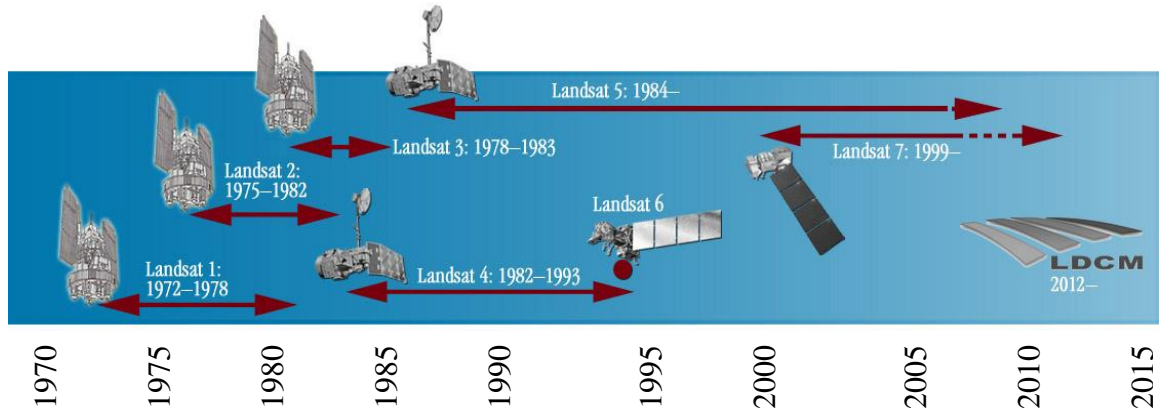
2.1.1. Çalışmada Kullanılan Uydu Görüntüleri ve Özellikleri

Uzaktan algılama uyduları tarafından elde edilen görüntüler dünyanın geniş bir perspektifini kaynakları ve insan etkilerini gösterecek şekilde sunarlar. Bu bilgiler şehir planlama, çevre izleme, tarım, petrol-maden arama ve jeoloji gibi sayısız uygulamalarda kullanılabilirler (Arıca, 2008). Çalışma alanına ait uydu görüntülerinin seçiminde konumsal çözünürlük, bant özellikleri ve görüntü çekim tarihine dikkat edilmiştir.

2.1.1.1. Landsat Uydusu ve Görüntülerinin Özellikleri

Landsat ilk doğal kaynak inceleme uydu olup, yeryüzündeki doğal kaynakların incelenmesi amacı ile NASA tarafından 1972 yılında LANDSAT uyduları programı başlatılmıştır. İlk LANDSAT uydusu ERST-I adıyla 23 Temmuz 1972 yılında uzaya gönderilmiştir. Yaklaşık olarak 6 yıl görev yapan uydu, bu süre içerisinde 300 bin yeryüzü görüntüsü almış ve daha önceden saptanmamış 1 milyar dolarlık petrol rezervi belirlenmiştir.

Daha sonraki yıllarda 4 adet LANDSAT uydusu daha yörüngeye oturtulmuştur. İlk kuşak LANDSAT (1, 2, 3) programı üç uydudan oluşmaktadır. Bu uydular iki sensör taşımaktadır. Bunlar, RBV kamera ve Multispectral Scanner (MSS)dir. İkinci kuşak Landsat uyduları, 1982 'te Landsat 4 ile başlayarak, RBV yerine Thematic Mapper (TM) adında yeni bir cihazla donatılmışlardır. 1987 yılında Landsat 5 fırlatılmıştır. Ardından 1993 yılında fırlatılan Landsat 6 şanssız bir şekilde düştükten sonra Landsat 7 geliştirilmiştir. Thematic Mapper ve yüksek çözünürlüklü tarayıcı (MSS) ile donatılarak Mart 1999 da fırlatılmıştır (Kuru, 2005). Şekil 13' te Landsat uydu görüntüsünün tarihçesi verilmiştir. Şekil 14'te Landsat 7 uydusunun model görüntüsü verilmiştir.



Şekil 13. Landsat uyduları tarihçesi (URL-14)



Şekil 14. Landsat 7 uydusunun model olarak görüntüsü (URL-15)

Yeryüzünden 705 km yükseklikte yörüngede dönmektedir. Yeryüzü üzerinde aynı alanı 16 günde bir tarar. Görüntü büyüklüğü 185x185 km'dir.

Ana kayaç tipi tanımlaması (magmatik, metamorfik, sedimanter), volkanik aktivite haritalaması, dom-kaldera yapıları, geniş bölgesel yapıların belirlenmesi, çizgisel ve dairesel yapıların belirlenmesi, hidrotermal alterasyon alanlarının belirlenmesinde, jeotermal enerji çalışmalarında vb. jeolojik amaçlar için kullanılmaktadır (URL-16). Tablo 3 ve 4' te Landsat uydu görüntüsünün bant özellikleri ve kullanım alanları gösterilmiştir.

Tablo 3. Landsat TM Bant Özellikleri (Kuru, 2005).

Bant	Spektral Aralık (μm)			Yersel (Konumsal) Çözünürlük (m.)
1	0.450 – 0.515	Mavi	Görünür	30
2	0.525 – 0.605	Yeşil	Görünür	30
3	0.630 – 0.690	Kırmızı	Görünür	30
4	0.750 – 0.900	Yakın Kızılötesi	Yakın KÖ	30
5	1.550 – 1.750	Kısa dalga Kızılötesi	KÖ	30
6	10.40 – 12.50	Termal Kızılötesi	TKÖ	60
7	1.090- 2.350	Kısa dalga Kızılötesi	KÖ	30
Pan	0.520 – 0.900		Görünür	15

Tablo 4. Landsat TM Bant Kullanım Alanları (Kuru, 2005)

Bant	Kullanımı
1	Bitki ve toprak arasındaki farklılıkları, ormanlık alanları ve kıyı çizgisinin haritalanması
2	Canlı bitkilerin yeşil bölümleri
3	Farklı bitki türlerinin tespiti, litoloji ve toprak arasındaki sınırın saptanmasında
4	Bitkilerin miktarını saptamada, litolojilerin tanımlanmasında, toprak/litoloji ve kara/su arasındaki kontrastlığı gösterir
5	Kurak alanlar, su miktarı, kar ve buz arasındaki farkın bulunmasında
6	Sıcaklık miktarı, bitkiler, termal kirliliğin ve jeotermal alanların belirlenmesinde
7	Litoloji ve toprak arasındaki sınırın belirlenmesinde, toprak ve bitkilerdeki su miktarının saptanmasında

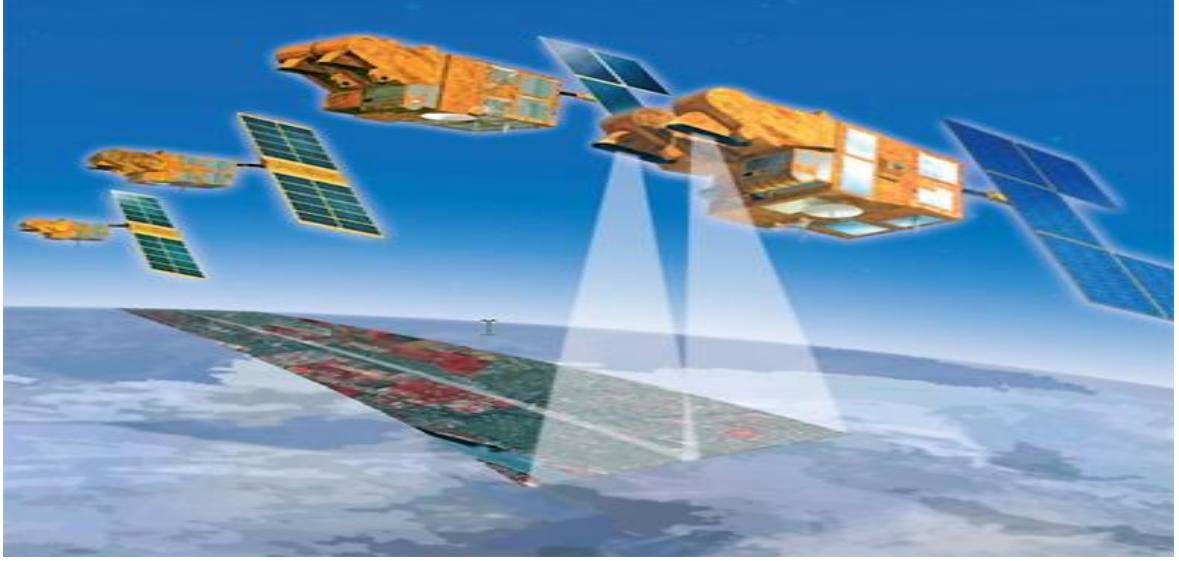
Landsat uydu görüntüsünün kullanım amacı ziraat, orman, jeoloji, su kaynakları, haritacılık gibi yer kaynaklarının araştırılmasıdır. Ormancılıktaki en yaygın uygulama alanları aşağıda verilmiştir (URL-17).

- Ağaçlandırma Araştırma ve Çalışmaları
- Orman Kaynakları Envanterinin Belirlenmesi
- Ağaç Hastalık ve Böceklenmelerini Gözetleme ve Önleme
- Ormansızlaşma ve Çölleşme İzleme ve Araştırmaları
- Kereste Üretimi Tahmini ve Planlaması
- Orman Yangını İzleme
- Orman Yönetimi
- Nem Miktarı
- Tür Çeşitliliğinin Tespiti ve Haritalanması
- Orman Bitki Örtüsünün Haritalanması ve Sınıflandırılması

2.1.1.2. SPOT-5 Uydusu ve Görüntülerinin Özellikleri

SPOT (Système Polyvalen d'Observation de la Terre) uydusu, Fransız Uzay Merkezi (CNES) tarafından planlanarak Fransa , Belçika ve İsveç tarafından üretildi. İlk kez 22 Şubat 1986'da SPOT 1 adıyla fırlatılmıştır. Daha sonra Şubat 1990 da SPOT 2 , Eylül 1993 te SPOT 3, Mart 1998 de SPOT 4 ve son olarak Mayıs 2002 de SPOT 5 uydusu uzaya gönderilmiştir. SPOT, yer yüzeyinden 832 km. yükseklikte bir görüntüye sahiptir. SPOT 4 ve 5 uydularından halen uzaktan algılama çalışmalarında yararlanılmaktadır.

SPOT uydu sistemi iki ana kısım içerir. Bunlar SPOT bus ve SPOT payload'dır. Bunlardan ilki uydunun teknik işlemlerini gerçekleştirir. Spot payload ise iki tane sensör taşır. Bu sensörler HRV (high resolution visible) olarakta bilinir. HRV algılayıcılar Pan (Pankromatik/siyah-beyaz) ve XS çok bantlı olacak şekilde çalışırlar. SPOT uyduları aynı yeri 3,7 günde bir görüntüler. Ayrıca ikili algılayıcı sayesinde 3 boyutlu görüş sağlayan stereoskopik görüntü çiftleri alabilir (Sesören, 1999). SPOT uydusunun görünümü Şekil 15'te ve SPOT uydusuna a ait özellikler Tablo 5' de verilmiştir.



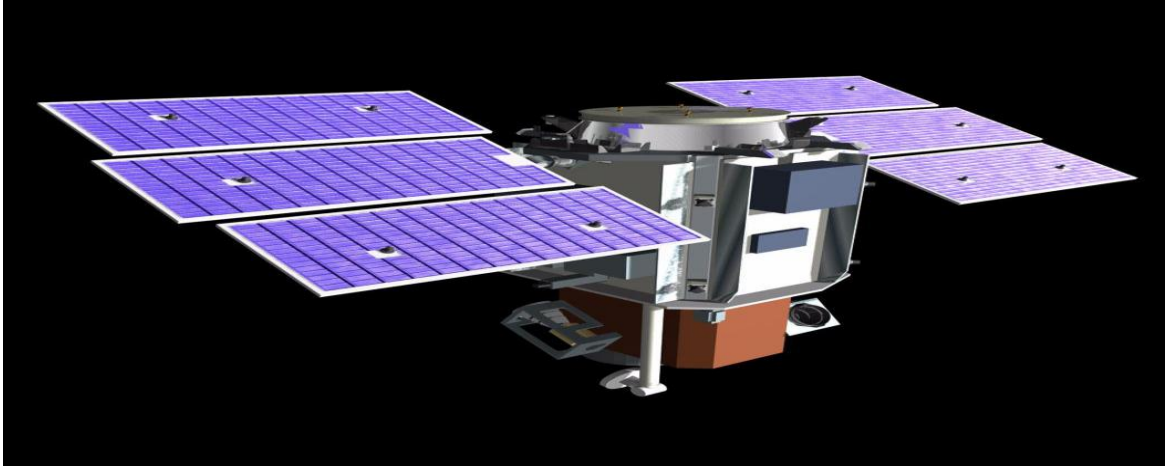
Şekil 15. SPOT uydusunun genel görünümü (URL -18)

Tablo 5. SPOT uydusuna ait özellikler (URL-18)

HRV	Dalga boyu(Multispektral)XS	Dalgaboyu (pankromatik) PAN
SPOT 1,2,3	0.50 – 0.59 μm 0.61 – 0.68 μm 0.79 – 0.89 μm	0.51 – 0.73 μm
SPOT 4-5	0.50 – 0.59 μm 0.61 – 0.68 μm 0.79 – 0.89 μm 1.50 – 1.73 μm	0.59 – 0.75 μm
Mekansal Çözünürlük	20x20 m/pixel	10x10 m/pixel
Tarama Genişliği	60 km	60 km

2.1.1.3. Quickbird-2 Uydusu ve Görüntülerinin Özellikleri

Digital Globe isimli özel bir A.B.D. Şirketi tarafından çalıştırılmaktadır. QuickBird-2 pankromatik band için 0.61 m.'lik çözünürlükte, multispektral bantlar içinse 2.5m.'lik çözünürlükte görüntüler elde edilmektedir. QuickBird 2 bir görüntüyü (17 km. x 17km.) kabaca 4 saniyelik bir sürede çekmektedir. Quickbird 2 uydusunun görünümü Şekil 16'da ve Quickbird 2 uydusuna ait özellikler Tablo 6' da verilmiştir



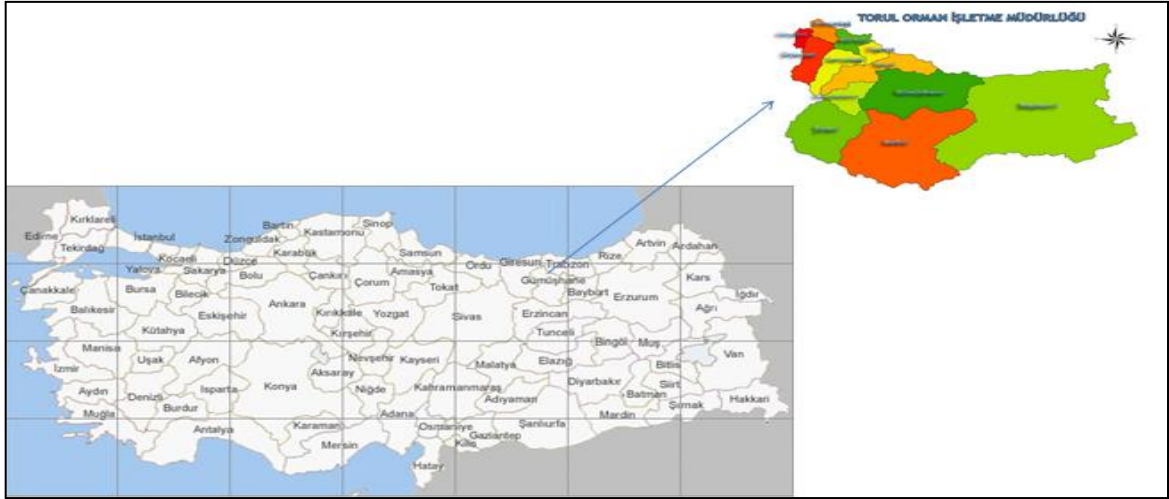
Şekil 16. Quickbird-2 uydusunun görünümü (URL-19).

Tablo 6. Quickbird-2 uydusu teknik özellikleri (URL-20)

Başlangıç ve Sonlanma Tarihi		2002
Yersel Çözünürlük(M)		0.61 – 0.73
Radyometrik Çözünürlük(bit)		11
Şerit Genişliği(km)		16.5
Bantlar	PAN	0.445 -0.900
	MS	VNIR: 0.45 – 0.52, 0.52 – 0.60, 0.63 – 0.69, 0.76 – 0.89
Görüntüleme Sıklığı (Gün)		3.5
PAN= siyah – beyaz MS=renkli, µm= mikron		

2.2. Araştırma Alanının Tanıtımı

Torul Orman İşletme Müdürlüğü 24.07.1975 tarihinde kurulmuştur. Şekil 17’de Torul Orman İşletme Müdürlüğü’nün Türkiye’deki yeri gösterilmiştir.



Şekil 17. Torul orman İşletme Müdürlüğünün Türkiye’deki yeri

Doğu Karadeniz Bölgesi’nde, Gümüşhane İli’ne bağlı bir ilçe olan Kürtün, kuzeyde Giresun ili Çanakçı ilçesi, kuzeydoğuda Trabzon ili Şalpazarı, Tonya, Maçka ilçeleri, doğuda Gümüşhane ili Torul ilçesi, güneyinde Alucra ilçesi ve batıda Doğankent ilçesi ile çevrilidir.

Harşit çayı kenarında Tirebolu-Torul transit karayolu üzerinde kurulmuştur. İlçe toprakları dağlık ve engebeli bir arazi yapısına sahiptir. İlçenin en önemli akarsuyu Harşit çayı ilçe topraklarını suladıktan sonra Tirebolu yakınlarından Karadeniz’e dökülür. Yeşil ormanlık alanlarla çevrili olan ilçede deniz seviyesinden 800 m. yüksekliğe kadar yayvan yapraklılar, bundan 2.500 m. yüksekliğe kadar olan alanlarda da iğne yapraklı ağaçlar bulunmaktadır. Bunların daha yükseğinde ise, otlaklar, çayırlar ve meralar bulunmaktadır. Harşit çayı üzerinde sulama amaçlı Kürtün Barajı yapılmıştır.

Deniz seviyesinden 602 m. yükseklikteki ilçenin yüzölçümü 810 km² olup, 2000 nüfus sayımına göre toplam nüfusu 15.546’dır. Şekil 18’de Torul İşletme Müdürlüğüne bağlı İşletme Şeflikleri ve sınırları gösterilmiştir.



Şekil 18. Torul Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı orman işletme şefliklerinin sınırları

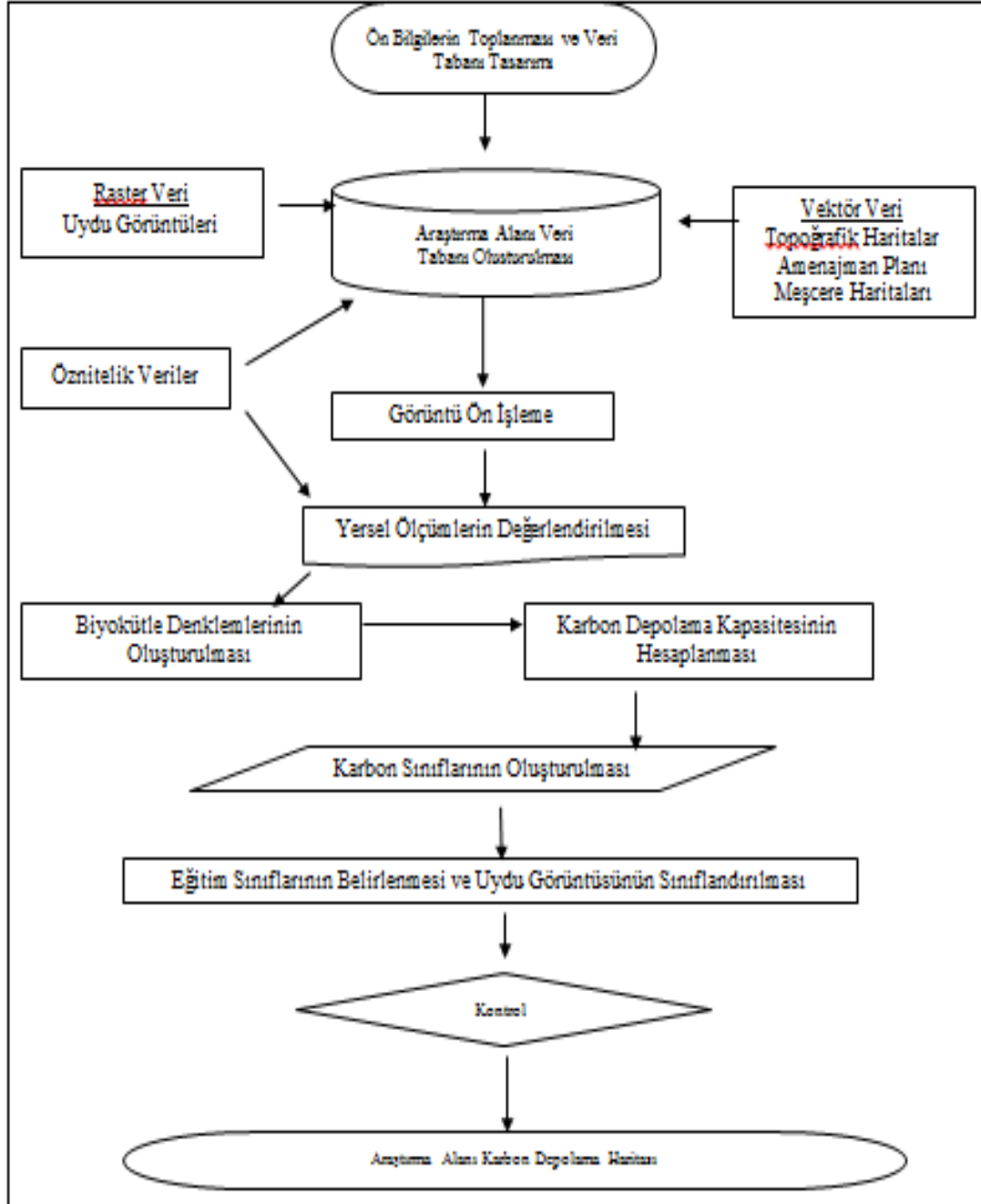
Çalışma alanı sınırları içerisindeki ormanlık alanı meşcere tipleri ve bunların alanları Tablo 7’ de verilmiştir.

Tablo 7. Çalışma alanında bulunan meşcere tipleri ve alanları

Çalışma Alanında Bulunan Meşcere Tipleri ve Alanları					
Meşcere	Alan (ha)	Meşcere	Alan (ha)	Meşcere	Alan (ha)
BKn	154.4	KnLc3	91.0	Lcd3	173.3
BKnL	123.9	KnLcd1	129.7	Ld2	9.3
BL	98.0	KnLcd1/0a	21.9	Ld3	28.8
BLKn	36.9	KnLcd1/a	2.3	LGcd2	33.9
BM	44.9	KnLcd2	315.9	LKna	2.8
Knbc3	30.4	KnLd3	15.8	LKnecd1	107.7
Knbc3	17.3	KnLDybc2	28.7	LKnecd2	231.5
Knc2	47.2	KnLDycd2	51.8	LKnecd2-T	22.3
Knc3	173.6	KnLGc3	145.2	LKnecd3	157.5
Knecd2	19.3	KnLGcd2	100.7	MKnbc3	16.7
Knecd2-T	16.9	La	4.5	MLc2	88.7
Knecd3	70.8	Lc2	22.6	OT	350.3
Knnd2	25.0	Lc3	272.5	İs	2.6
KnLbc3	11.1	Lcd1	102.5	Z	199.9
KnLc2	58.1	Lcd2	44.0	Z-İs	93.7
				Toplam	3796.2

2.3. Yöntem

Bu çalışmada, araştırma alanında yer alan meşcerelerin karbon depolama miktarı üç farklı konumsal çözünürlükte uydu görüntüsü kullanılarak uzaktan algılama yöntemi ile belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla çalışmada işlenen süreç Şekil 19’da verilmiştir.



Şekil 19. Çalışmada işlenen süreç

Ön bilgilerin toplanması ve veri tabanı tasarımı aşamasında, çalışma alanı olan Kürtün Orman İşletme Şefliğine ait topoğrafik haritalar, Orman Amenajman Planı ve haritaları ile Landsat 7 ETM+ (2000), Quickbird-2 ve SPOT-5 uydu görüntüleri elde edilmiştir. Elde edilen verilerin bilgisayara aktarılması, depolanması, işlenmesi, çeşitli sorgulama ve analiz işlemlerinin yapılması, harita ve öznitelik verilerinin sunumu bir Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yazılımı olan ArcGIS Desktop 9.3 yardımıyla gerçekleştirmiştir.

2.3.1. Biyokütle Hesaplamaları

Kürtün Orman İşletme sınırlarında Kayın meşcerelerine ait topraküstü biyokütle denklemlerinin oluşturulması için 40 adet örnek ağaç seçilmiş ve bu ağaçlar üzerinde gerekli ölçümler yapıp veri tabanına kaydedilmiştir.

2.3.1.1. Yersel Ölçümler

Örnek ağaçların seçiminde, ağaçların değişik çap ve boy basamağında, canlı, tepesi sağlam, tek gövdeli ve sağlıklı olmasına özen gösterilmiştir. Örnek ağaçlar yerden 30 cm yükseklikten kesilmiş, 1 m' lik seksiyonlar şeklinde 1.3, 2.3, 3.3, ... m'deki çapları ölçülmüştür. 40 adet örnek ağacın tümünde ağaç üzerindeki tüm canlı dalların çap ve boyları ölçülmüştür. Daha sonra kesilmiş örnek ağacın dalları gövdesinden ayrılmış, dal kümelerinden yeteri kadar örnek dallar alınmış, dallar yapraklarından ayrılmış ve dal ile yaprak ağırlıkları ayrı ayrı tartılmıştır. Tüm örnek ağaçlardan bir adet 5-7 cm. kalınlığında enine kesit alınmış, bu kesitin alındığı yüksekliğin ağaç boyunun ortasına gelmesine dikkat edilmiştir. Bu şekilde alınan 40 adet örnek ağacın yaklaşık % 75'ine tekabül eden 30 adeti biyokütle denklemlerinin geliştirilmesi için kullanılırken, yaklaşık % 25'luk kısmı (10 adeti) ise geliştirilen biyokütle denklemlerinin kontrolünde kullanılmıştır. Hem denklem geliştirmede kullanılan örnek ağaçların hem de geliştirilen denklemlerinin kontrolünde kullanılan örnek ağaçların çap ve boy basamaklarına dağılımı Tablo 8'de, ayrıca alınan örnek ve enine kesitlere ait arazide tartılan yaş ağırlıklar Tablo 9'da verilmiştir. Tablo 8'de parantez içinde gösterilen ağaçlar kontrol veri kümesini oluşturmaktadır.

Tablo 8. Örnek ağaçların çap ve boy basamaklarına dağılımı

Çap Basamakları	Boylar									
	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37
10										
14	(1)	2								
18					2 (1)					
22					2 (1)	3				
26		1			3	2 (1)	(1)		1	
30					2	1	1			
34							1 (2)	1 (2)	1	
38				1						1
42								(1)	1	
46							(1)	2		

Tablo 9. Arazide alınan örneklere ilişkin veriler

Ö. No		ÖRNEK AĞIRLIKLARI (KG)							
		Gövde Enine Kesiti		Dal odunu		Yaprak		Kabuk	
		Yaş	Kuru	Yaş	Kuru	Yaş	Kuru	Yaş	Kuru
1	28.0	0.640	0.365	0.425	0.305	0.122	0.066	0.024	0.020
2	23.3	1.035	0.575	2.025	1.545	0.240	0.114	0.036	0.030
3	26.0	1.135	0.630	0.160	0.120	0.159	0.058	0.048	0.040
4	36.5	3.870	2.235	2.575	1.250	0.165	0.099	0.134	0.105
5	19.0	0.255	0.150	0.365	0.245	0.150	0.052	0.014	0.010
6	22.0	0.255	0.165	0.370	0.295	0.173	0.071	0.012	0.010
7	29.0	0.470	0.350	0.190	0.155	0.094	0.049	0.017	0.015
8	21.0	0.355	0.180	0.295	0.150	0.127	0.038	0.019	0.015
9	27.0	0.840	0.495	0.120	0.075	0.067	0.037	0.024	0.020
10	15.0	0.175	0.100	0.300	0.180	0.149	0.040	0.006	0.005
11	35.7	1.380	0.755	0.600	0.265	0.137	0.069	0.067	0.060
12	41.2	0.465	0.265	1.110	0.800	0.178	0.108	0.037	0.030
13	44.5	0.830	0.465	0.550	0.255	0.132	0.068	0.054	0.045
14	39.0	1.700	0.920	0.570	0.435	0.118	0.071	0.074	0.065
15	32.5	1.550	0.885	0.190	0.135	0.098	0.046	0.064	0.055

Tablo 9'un devamı

Ö. No	ÖRNEK AĞIRLIKLARI (KG)								
	Gövde Enine Kesiti			Dal odunu		Yaprak		Kabuk	
	Çap 1.3 (cm)	Yaş	Kuru	Yaş	Kuru	Yaş	Kuru	Yaş	Kuru
16	24.5	0.900	0.545	0.245	0.120	0.105	0.044	0.041	0.035
17	40.0	1.850	1.205	0.080	0.065	0.085	0.048	0.107	0.090
18	35.0	1.470	0.785	0.240	0.110	0.093	0.047	0.056	0.045
19	19.8	0.315	0.160	0.420	0.200	0.133	0.055	0.019	0.015
20	25.0	0.315	0.105	0.420	0.235	0.116	0.064	0.012	0.010
21	47.0	1.115	0.695	0.160	0.080	0.094	0.046	0.053	0.045
22	24.8	0.280	0.185	0.300	0.245	0.116	0.057	0.012	0.010
23	23.0	0.305	0.165	0.110	0.065	0.091	0.039	0.012	0.010
24	36.5	1.005	0.620	0.290	0.230	0.110	0.066	0.049	0.040
25	14.5	0.185	0.105	0.150	0.105	0.128	0.031	0.006	0.005
26	14.5	0.115	0.055	0.040	0.030	0.085	0.021	0.007	0.005
27	26.3	0.460	0.260	0.040	0.025	0.057	0.027	0.019	0.015
28	32.3	0.320	0.215	0.020	0.010	0.054	0.018	0.011	0.010
29	41.7	0.620	0.340	0.220	0.100	0.081	0.045	0.013	0.010
30	28.2	0.635	0.340	0.130	0.055	0.083	0.035	0.018	0.015
31	35.0	1.270	0.840	0.065	0.045	0.055	0.025	0.047	0.040
32	27.3	0.560	0.370	0.040	0.030	0.056	0.034	0.011	0.010
33	44.0	2.005	1.180	0.240	0.190	0.120	0.075	0.056	0.045
34	18.2	0.300	0.195	0.060	0.035	0.070	0.024	0.019	0.015
35	30.0	0.750	0.480	0.125	0.055	0.055	0.025	0.031	0.025
36	31.0	0.680	0.370	0.235	0.100	0.082	0.035	0.025	0.020
37	23.5	0.475	0.265	0.090	0.045	0.060	0.020	0.019	0.015
38	20.4	0.32	0.180	0.105	0.080	0.097	0.038	0.013	0.010
39	25.5	0.225	0.135	0.135	0.110	0.057	0.030	0.013	0.010
40	25.0	0.680	0.355	0.145	0.110	0.069	0.034	0.023	0.020

2.3.1.2. Laboratuvar Ölçümleri

Arazide yaş ağırlıkları ayrı ayrı belirlenen gövde, dal ve yaprak örnekleri torbalara konularak laboratuvara getirilmiştir. Örneklerin kuru ağırlıklarının belirlenebilmesi için, kurutma fırınında 105 ± 3 °C'de değişmez ağırlığa gelinceye kadar gövde ve dal odunları, 96 saat süre ile, yaprak örnekleri ise 24 saat süre ile bekletilerek kurutulmuştur. Her örnek ağacın yaklaşık orta yerinden alınan enine kesitlerin de çevresinden yararlanılarak yaş

hacimleri hesaplanmıştır. Daha sonra fırına atılan enine kesitlerin önce kabuklu ağırlığı ölçülmüş ve hacimlendirilmesi yapılmış, daha sonra kabuğu soyularak tekrar hacimlendirilmiş ve kabuk kuru ağırlığı ölçülmüştür. Arazi çalışmaları sırasında her bir örnek ağaç üzerinde ölçülen gövde çapları yardımıyla, her örnek ağacın toplam gövde hacmi hesaplanmıştır. Ayrıca dal örneklerinin de yaş hacimleri ve kuru hacimleri hesaplanmıştır.

2.3.1.2.1. Gövde Yaş ve Fırın Kuru Ağırlıklarının Belirlenmesi

Gövde yaş ve fırın kuru ağırlıklarının belirlenebilmesi için örnekleme yöntemi kullanılmıştır. İlk olarak 40 örnek ağacın, seksiyon ölçümleri yardımıyla yaş hacimleri bulunmuştur. Daha sonra ise tüm örnek ağaçlarda gövdenin yaklaşık orta kısmından alınan örnek enine kesitlerin çevre ölçümlerinden yararlanılarak örnek enine kesit yaş hacimleri bulunmuştur. Bu örnek enine kesitlerin kuru ağırlıklarının belirlenebilmesi için, kurutma fırınında 105 ± 3 °C'de değişmez ağırlığa gelinceye kadar 96 saat süre ile bekletilerek kurutulmuş ve örnek enine kesitlere ait kuru ağırlıklar bulunmuştur. Fırın kuru haline gelen örnek enine kesitlerinin önce kabuklu ağırlığı ölçülmüş ve hacimlendirilmesi (kabuklu kuru) yapılmıştır. Daha sonra kabuğu soyularak tekrar hacimlendirilmiş (kabuksuz kuru) ve böylece örnek enine kesitlerin kabuklu ve kabuksuz kuru ağırlıkları ve hacimleri bulunmuştur.

Son olarak seksiyon yöntemi yardımıyla hesaplanan gövdenin toplam hacmi, tüm örnek ağaçlarda gövdenin yaklaşık orta kısmından alınan örnek enine kesitin hacmine oranlanmıştır. Bulunan bu oran ile örnek enine kesitin yaş ağırlığı çarpılarak örnek ağacın gövde yaş ağırlığı, fırın kuru ağırlığı çarpılarak örnek ağacın gövde fırın kuru ağırlığı bulunmuştur.

2.3.1.2.2. Dalların Yaş ve Fırın Kuru Ağırlığının Belirlenmesi

Her bir örnek ağacın canlı tüm dallarının taban çapları ile boyları ölçülmüş ve tüm dalların hacimleri hesaplanmıştır. Daha sonra bu dal hacimlerinin hepsi toplanarak örnek ağacın toplam dal hacmi bulunmuştur. Bu dalların tümünü temsil edecek bir adedi örnek dal olarak seçilerek ibrelerden temizlenmiş ve tartılarak yaş ağırlığı hesaplanmıştır.

İbrelerden temizlenen dal örneği fırına konularak (105 ± 3 °C'de 96 saat) fırın kuru ağırlığı bulunmuştur. Ağacın toplam dal hacmi, örnek dalın hacmine oranlanmıştır.

Bulunan bu oran ile örnek dalın yaş ağırlığı çarpılarak örnek ağacın dal yaş ağırlığı, fırın kurusu ağırlığı çarpılarak örnek ağacın dal kuru ağırlığı elde edilmiştir.

2.3.1.2.3. Yaprak Yaş ve Fırın Kuru Ağırlığının Belirlenmesi

Bu amaç için her bir örnek ağacın toplam dal ağırlığından yararlanılmıştır. Ağacın dallanmasını temsil edecek şekilde seçilen örnek daldaki yaprak ağırlığı belirlenerek tüm ağacın dal ağırlığıyla ilişkilendirilmiştir. Bulunan bu oran ile örnek daldan toplanan yaprağın yaş ağırlığı çarpılarak örnek ağacın yaprak yaş ağırlığı, fırın kurusu ağırlığı çarpılarak örnek ağacın yaprak kuru ağırlığı elde edilmiştir.

2.3.1.2.4. Kabuk Yaş ve Fırın Kuru Ağırlığının Belirlenmesi

Örnek ağacın kabuklu yaş hacmi, gövdenin yaklaşık orta yerinden alınan örnek enine kesitin kabuklu yaş hacmi ile ilişkilendirilmiştir. Bulunan bu oran ile örnek enine kesitin kabuk yaş ağırlığı çarpılarak örnek ağacın kabuk yaş ağırlığı, örnek kesitin kabuk kuru ağırlığı çarpılarak örnek ağacın kabuk kuru ağırlığı hesaplanmıştır.

Yukarıda belirtilen şekilde hesaplanan örnek ağaçların her bir bileşeni ve tüm ağacın yaş ve kuru ağırlıkları Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10. Örnek ağaçların her bir bileşenine ve tüm ağaca ait yaş ve kuru ağırlıklar

Ö. No	Çap 1.3 (cm)	AĞIRLIKLAR TÜM AĞAÇ (KG)									
		Gövde Odunu		Dal odunu		Yaprak		Kabuk		TOPLAM	
		Yaş	Kuru	Yaş	Kuru	Yaş	Kuru	Yaş	Kuru	Yaş	Kuru
1	28.0	646.020	368.433	15.795	11.335	1.570	0.972	24.446	20.188	687.831	400.928
2	23.3	594.477	330.265	15.690	11.971	1.354	0.780	20.728	17.231	632.249	360.247
3	26.0	654.804	363.459	0.959	0.719	1.474	0.889	27.553	23.077	684.79	388.144
4	36.5	1024.920	591.911	22.953	11.142	2.052	1.335	35.564	27.808	1085.489	632.196
5	19.0	298.307	175.475	17.765	11.924	1.183	0.611	16.250	11.698	333.505	199.708
6	22.0	375.862	243.205	5.692	4.538	1.300	0.728	17.656	14.740	400.51	263.211
7	29.0	688.798	512.935	15.885	12.959	1.620	1.013	24.953	21.983	731.256	548.89
8	21.0	513.894	260.566	15.212	7.735	1.259	0.689	28.000	21.714	558.365	290.704
9	27.0	667.893	393.580	32.686	20.429	1.521	0.930	19.213	15.902	721.313	430.841
10	15.0	151.820	86.754	10.146	6.088	1.043	0.460	5.194	4.338	168.203	97.64
11	35.7	1890.703	1034.407	24.599	10.865	2.001	1.300	92.407	82.204	2009.71	1128.776
12	41.2	1335.094	760.860	31.360	22.602	2.380	1.543	105.763	86.135	1474.597	871.14

Tablo 10'un devamı

Ö. No	Çap 1.3 (cm)	AĞIRLIKLAR TÜM AĞAÇ (KG)									
		Gövde Odunu		Dal odunu		Yaprak		Kabuk		TOPLAM	
		Yaş	Kuru	Yaş	Kuru	Yaş	Kuru	Yaş	Kuru	Yaş	Kuru
13	44.5	1644.183	921.139	17.582	8.152	2.640	1.692	107.23	89.142	1771.639	1020.125
14	39.0	1662.282	899.588	10.425	7.956	2.220	1.445	72.829	63.558	1747.756	972.547
15	32.5	1262.424	720.803	37.637	26.742	1.809	1.161	52.264	44.796	1354.134	793.502
16	24.5	844.286	511.262	3.286	1.609	1.406	0.828	38.490	32.833	887.468	546.532
17	40.0	1621.757	1056.334	18.813	15.285	2.291	1.489	94.190	78.896	1737.051	1152.004
18	35.0	1673.938	893.906	16.794	7.697	1.958	1.269	63.306	51.243	1755.996	954.115
19	19.8	361.649	183.695	14.497	6.903	1.213	0.642	21.456	17.221	398.815	208.461
20	25.0	770.250	256.750	5.006	2.801	1.429	0.848	29.052	24.452	805.737	284.851
21	47.0	2179.118	1358.284	58.667	29.333	2.857	1.806	102.65	87.946	2343.300	1477.369
22	24.8	321.454	212.389	15.273	12.473	1.420	0.840	14.267	11.480	352.414	237.182
23	23.0	598.717	323.896	10.157	6.002	1.341	0.768	23.416	19.630	633.631	350.296
24	36.5	1260.890	777.862	35.978	28.534	2.052	1.335	61.477	50.185	1360.397	857.916
25	14.5	131.616	74.701	3.600	2.520	1.026	0.442	4.243	3.557	140.485	81.22
26	14.5	122.067	58.380	3.667	2.750	1.026	0.442	7.243	5.307	134.003	66.879
27	26.3	595.997	336.868	6.600	4.125	1.488	0.901	24.539	19.435	628.624	361.329
28	32.3	781.924	525.355	8.693	4.346	1.798	1.153	27.548	24.435	819.963	555.289
29	41.7	1369.151	750.825	36.350	16.523	2.417	1.565	27.853	22.083	1435.771	790.996
30	28.2	985.182	527.499	11.914	5.041	1.580	0.980	27.667	23.272	1026.343	556.792
31	35.0	1231.524	814.551	9.887	6.845	1.958	1.269	45.936	38.788	1289.305	861.453
32	27.3	663.208	438.191	16.785	12.589	1.536	0.943	12.850	11.843	694.379	463.566
33	44.0	1925.740	1133.353	18.247	14.446	2.599	1.669	53.921	43.221	2000.507	1192.689
34	18.2	284.884	185.175	17.310	10.098	1.153	0.580	17.815	14.244	321.162	210.097
35	30.0	935.951	599.009	101.026	44.452	1.672	1.055	38.085	31.198	1076.734	675.714
36	31.0	941.554	512.316	75.226	32.011	1.726	1.098	34.520	27.693	1053.026	573.118
37	23.5	595.921	332.461	15.944	7.972	1.363	0.788	24.294	18.819	637.522	360.04
38	20.4	442.193	248.734	15.412	11.742	1.236	0.665	17.985	13.819	476.826	274.960
39	25.5	459.369	275.622	27.562	22.458	1.451	0.869	27.201	20.416	515.583	319.365
40	25.0	519.239	271.073	9.244	7.013	1.429	0.848	17.763	15.272	547.675	294.206

2.3.2. Topraküstü Biyokütle Denklemlerin Belirlenmesi ve Denklemlerin Kontrolü

Tek ağaç bileşenlerine ait biyokütle tablolarının oluşturulmasında regresyon analizi yönteminden yararlanılmıştır. Hesaplanan tek ağacın kuru ağırlıkları, ağaçların göğüs çapı ($d_{1.3}$) ile türetilerek analize sokulmuştur. Yapılan Regresyon Analizi sonucunda her bir biyokütle bileşeni ve toplam ağaç biyokütlesi için biyokütle denklemleri oluşturulmuştur.

Tablo 11’de tek ağaç bileşenlerine ilişkin biyokütle denklemleri ve bu denklemlere ilişkin parametre tahmin değerleri verilmiştir.

Tablo 11. Tek ağaç bileşenlerine ilişkin biyokütle denklemleri, denklemlere ilişkin parametre tahmin değerleri

Biyokütle Bileşeni	Model	Katsayılar		R^2	F_h	Önem Düzeyi
		b_0	b_1			
Gövde	$Y=b_0*d^{b_1}$	0.212	2.277	0.910	281.862	0.000
Dal	$Y=b_0*d^{b_1}$	0.256	1.078	0.202	7.085	0.013
Yaprak	$Y=b_0*d^{b_1}$	0.018	1.197	0.843	86.068	0.000
Kabuk	$Y=b_0*d^{b_1}$	0.014	2.229	0.757	87.238	0.000
Tüm Ağaç Biyokütlesi	$Y=b_0*d^{b_1}$	0.259	2.244	0.912	288.555	0.000

Bir denklemin kullanılabilirliğinin kontrolü bağımsız bir veri grubu ile yapılmalıdır. Bu çalışma kapsamında geliştirilen biyokütle denklemleri de bağımsız bir veri grubu ile kontrol edilmiştir. Bu bağlamda toplam veri iki gruba ayrılmıştır. Birinci veri grubu denklem oluşturmak için kullanılırken, ikinci veri grubu denklemin kontrolü için kullanılmıştır. Vanclay (1994), bu tip verileri ayırmada çok sayıda yöntem olduğunu belirtmekle birlikte, bu çalışmada da onlardan biri olan rastgele örnekleme kullanılmıştır. Denklem geliştirmek amacıyla kullanılan veri, toplam verinin % 75’ini (30 adet) oluştururken, geri kalan % 25’ lik (10 adet) kısım geliştirilen denklemin kontrolünü yapmak amacıyla kullanılmıştır. Denklem gelişimi için ayrılan gözlem sayısının, denklem gelişimine olanak sağlayacak yeterlilikte, test grubundaki gözlem sayısı da test yapmaya ve uygun istatistiksel analiz yapmaya elverişli olmalıdır.

Geliştirilen tüm ağaç biyokütlesini belirten denklem, Student’in Eşlendirilmiş t-testi ile kontrol edilmiştir. Test sonucunda denklemin kullanılabilir olduğu sonucuna varılmıştır.

2.3.3. Karbon Depolama Miktarının Hesaplanması ve Karbon Sınıflarının Oluşturulması

Bu çalışmada araştırma alanında yer alan meşcerelerin karbon depolama miktarının belirlenmesinde herhangi bir envanter çalışması yapılmamış, yöreye ait uygulanmakta olan amenajman planı meşcere tanıtım tabloları envanter verisi olarak kullanılmıştır.

Bu amaçla üç farklı yaklaşım tarzı kullanılmıştır.

1. Karbon denklemleri

Mısır vd. (2011) tarafından geliştirilen denklem kullanılarak Ladin ağaçlarının karbon depolama kapasiteleri hesaplanmıştır.

$$\text{Tüm Ağaçtaki Karbon Miktarı (kg)} = 0.033 \times d_{1.3}^{2.43}$$

Sarıçam türü için de Yavuz vd. (2010) tarafından geliştirilen denklem kullanılarak ağaçların karbon depolama kapasiteleri hesaplanmıştır.

$$\text{Tüm Ağaçtaki Karbon Miktarı (kg)} = (0.413 \times d_{1.3}^2) - 28.360$$

2. Biyokütle denklemleri ve karbon dönüşüm katsayısı

Kayın ağaç türü biyokütle miktarının belirlenebilmesi için bu çalışma kapsamında geliştirilen biyokütle denklemleri kullanılmıştır. Meşe için ise Durkaya (1998) tarafından geliştirilen biyokütle denklemleri kullanılarak, biyokütle miktarları belirlenmiş, daha sonra bu biyokütle içerisinde depolanan karbon miktarları Asan (2002) tarafından verilen dönüştürme faktörü kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Meşe için Tüm Ağaç Biyokütlesi (kg)} = 26.56596 \times d_{1.3} - 302.193$$

$$\text{Tüm Ağaçtaki Karbon Miktarı (kg)} = \text{Tüm Ağaç Biyokütlesi} \times 0.45$$

3. Biyokütle dönüşüm faktörü ve karbon dönüşüm katsayısı

Diğer ağaç türleri için yine çalışma alanına ait amenajman planı verileri içerisinde bulunan meşcere tanıtım tablolarında yer alan hacim değerleri biyokütle değerlerine dönüştürülmüş ve ardından biyokütle içerisindeki karbon miktarı hesaplanmıştır. Bu hesaplama için Asan (2002) tarafından Türkiye ormanları için belirlenen BEF1 katsayısı kullanılmıştır. Öncelikle, örnek alanlarda yapılan ölçümler ile elde edilen meşcerelerin hektardaki hacim değerleri, Türkiye ormanlarında her ağaç türü grubu için özel hesaplanan katsayılar (yapraklılar için 0.640, iğne yapraklılar için 0.473) ile çarpılarak fırın kurusu ağırlığa daha sonra 1 m³ dikili gövde hacmine karşılık gelen biyokütleyi toprak üstü toplam biyokütleye dönüşüm faktörü olan (iğne yapraklılarda 1.2 yapraklılarda 1.25) katsayılarıyla çarpılarak toprak üstü toplam biyokütle (TÜBK) ağırlığına

dönüştürülmüştür. Toprak üstü biyokütlenin (TÜBK) karbon miktarı ise TÜBK değerinin 0.45 katsayısıyla çarpılarak bulunur.

$$\text{TÜBK(Yapraklı)}=\text{DGH}*0.640*1.25$$

$$\text{TÜBK(İğneYapraklı)}=\text{DGH}*0.473*1.20$$

$$\text{Topraküstü Biyokütlenin Karbon Miktarı}=\text{TÜBK}*0.45$$

Çalışma alanındaki meşcerelerin hektardaki karbon depolama miktarları hesaplandıktan sonra, meşcereler karbon depolama kapasitelerine göre ha/ton, ha/ton, ha/ton ve Açık ve Bozuk alan olarak 4 sınıfa ayrılmışlardır. Tablo 12’de ayrılan karbon sınıfları verilmiştir.

Tablo 12. Karbon Sınıfları

Karbon Sınıfı	Karbon Depolama Kapasitesi (Ha/Ton)
1. Karbon Sınıfı	0-50
2. Karbon Sınıfı	50-100
3. Karbon Sınıfı	100 ve üzeri
4. Karbon Sınıfı	Açık ve Bozuk Alanlar

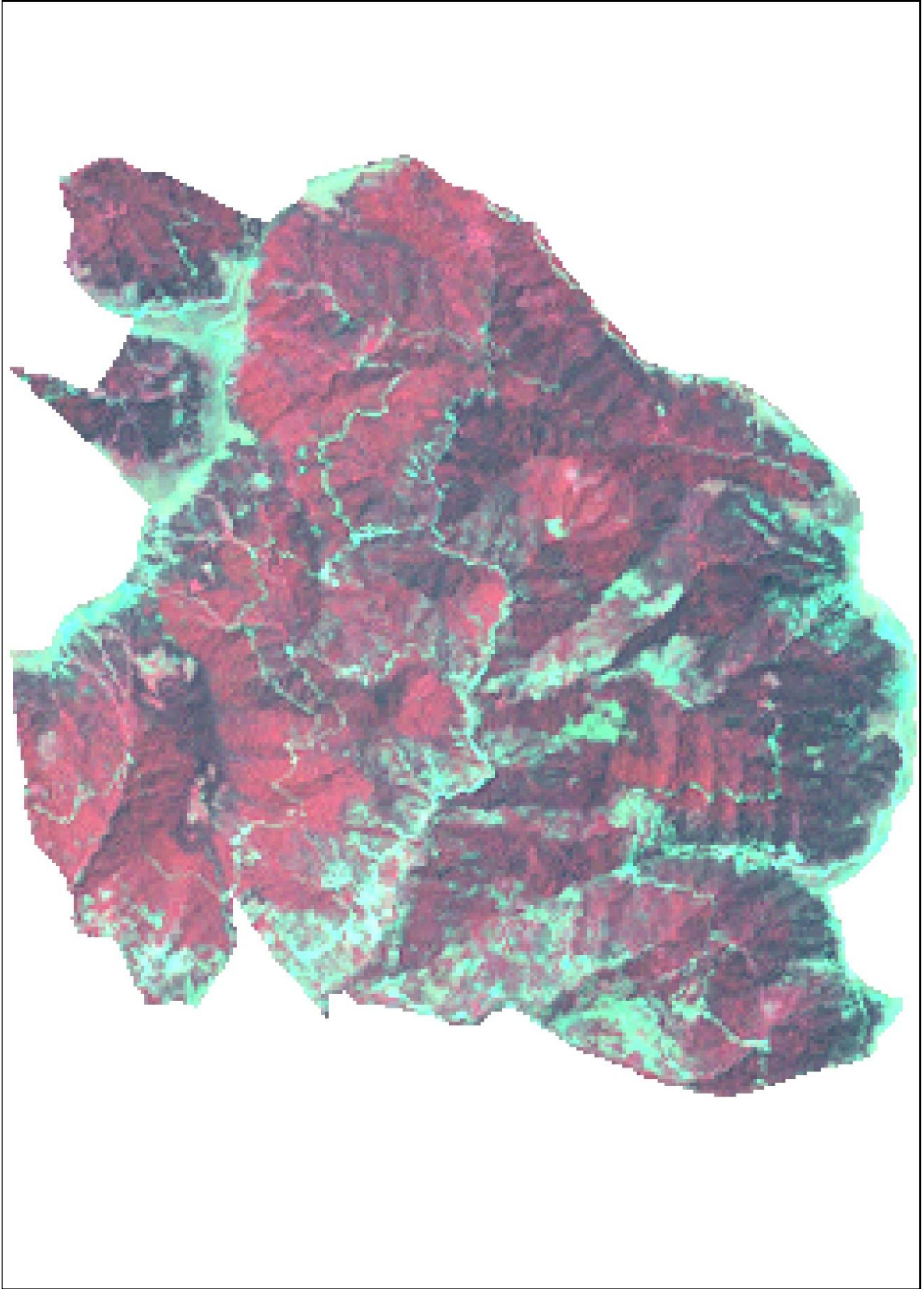
2.3.4. Çalışma Alanına Ait Uydu Görüntüleri Üzerinde Yapılan Ön İşlemler

Ham veri olarak bulunan uydu görüntülerinin öncelikli olarak bantlarının birleştirilmesi gerekmektedir. Landsat uydu görüntüsünün algılama yaptığı bantlarda ihtiyaca ve nesnelerin (bitkiler, kayaçlar, yerleşim yerleri vs.) özelliklerine göre değişik kombinasyonlar kullanılmaktadır (4, 3, 2 – 4, 5, 3 – 7, 5, 3 gibi). Landsat ETM+ algılama yaptığı bantların uygulama alanları dikkate alınarak, ormanlık alanların ayrımı için 4, 3, 2 bant kombinasyonu seçilmiştir. Bu nedenle, araştırma alanına ait uydu görüntüsü üzerinde ilk olarak bu kombinasyonla bant birleştirme işlemi yapılmıştır. Buna benzer bant birleştirme işlemleri Quickbird-2 ve SPOT uydu görüntülerinde de yapılmıştır.

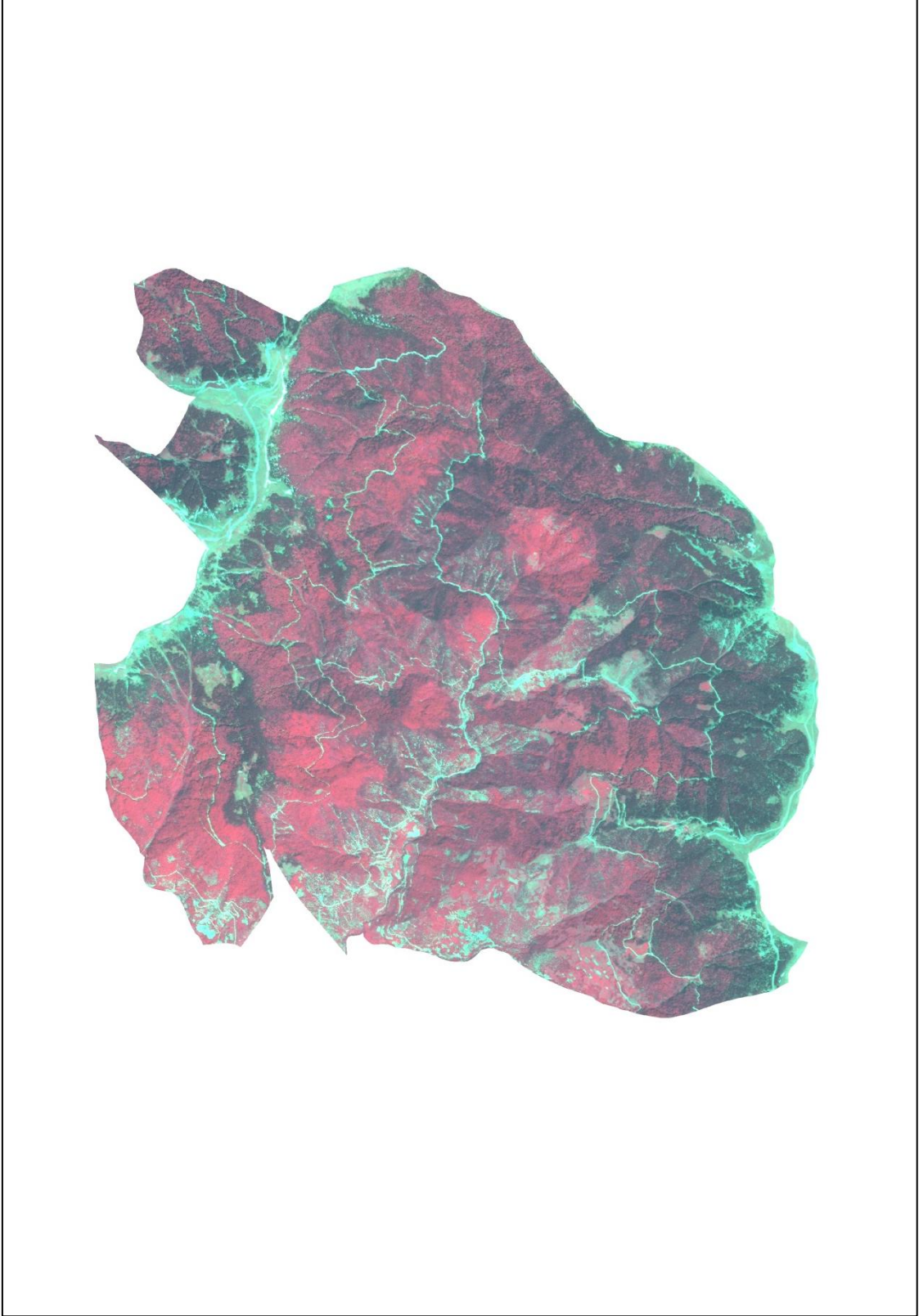
Çalışma alana ait Landsat uydu görüntüsünün bant birleştirme işlemi yapıldıktan sonra geometrik düzeltmesi için, önceden UTM koordinat sistemine oturtulmuş topografik haritalardan yararlanılmıştır. Kıyı çizgisi, yollar ve derelerin kesiştiği yerler, binalar gibi hem görüntü hem de harita üzerinde açıkça ayırt edilebilen noktalar belirlenmiştir. Dönüşümünde kullanılacak yer kontrol noktalarının belirlenmesinde, noktaların bütün

Çalışma alanına homojen biçimde dağıtılmasına dikkat edilmiştir. Ayrıca alışma alanının sınırları dışında kalan bölgelerden de yer kontrol noktaları alınmıştır. Bu noktaların topografik haritalardaki koordinat değerleri kullanılarak, uydu görüntüsü UTM koordinat sistemine referanslandırılmıştır. Daha sonra meşcere tipleri haritası üzerine vektör olarak çizilmiş sınır katmanı görüntü üzerine transfer edilmiştir. Landsat 7 ETM+ uydu görüntüsü çok büyük bir alanı (185x185 km) kapladığından dolayı çalışma alanı sınırları ile çakıştırılarak kesilmiştir.

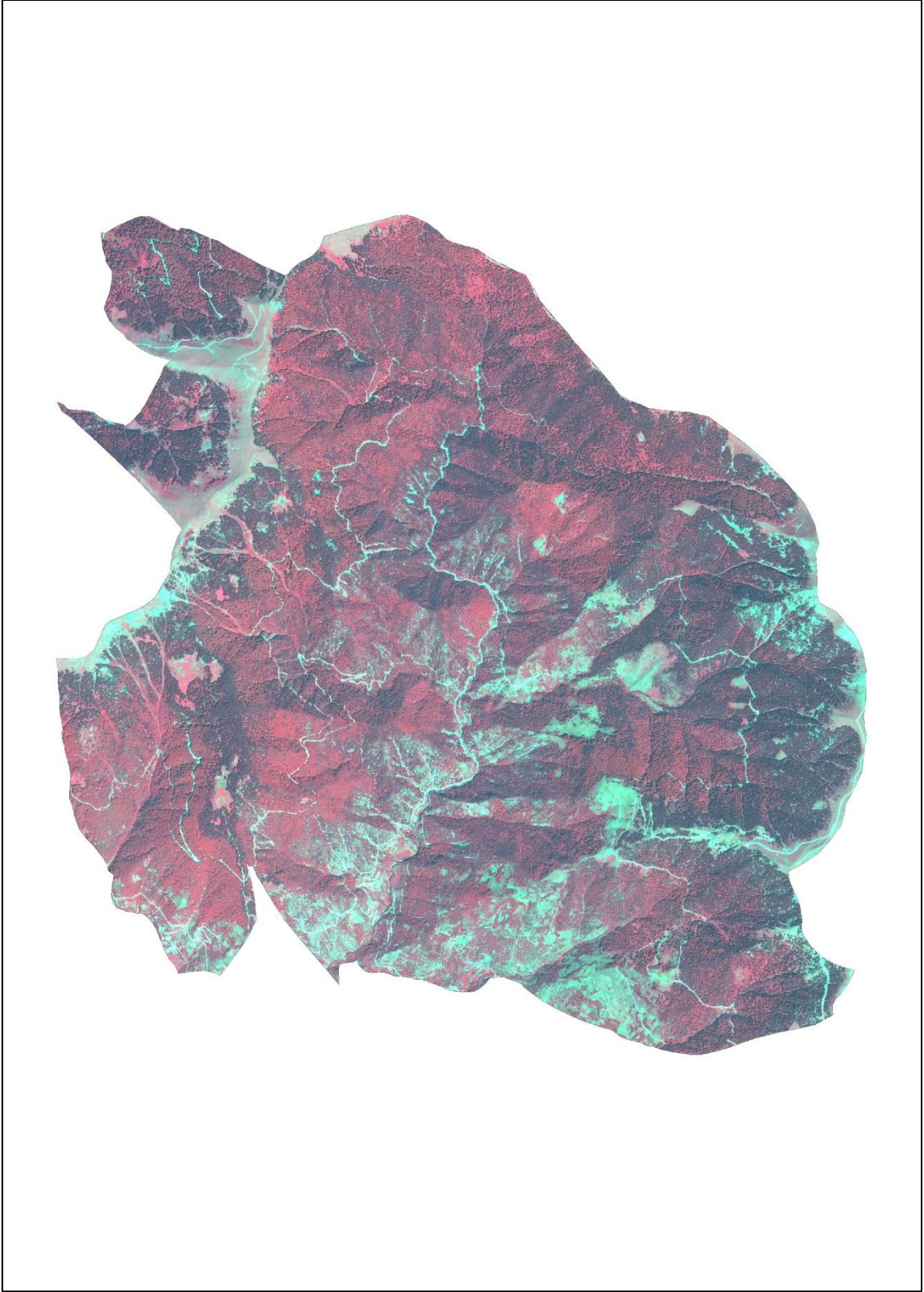
Qucikbird-2 ve SPOT uydu görüntülerinde ise daha önce Arıca (2008) tarafından yapılan çalışmada, yer kontrol noktaları GPS ile belirlenmiş ve uydu görüntüleri üzerinde yapılan düzeltme işleminde bu yer kontrol noktaları kullanılmıştır. şekil 20, 21,22'de geometrik düzeltilmesi yapılan çalışma alanı uydu görüntüleri verilmiştir.



Şekil 20. Geometrik düzeltmesi yapılan Landsat 7 ETM+ uydu görüntüsü (1/35000)



Şekil 21. Geometrik düzeltmesi yapılan Spot uydu görüntüsü (1/45000 ölçekli)



Şekil 22. Geometrik düzeltmesi yapılan Quickbird-2 uydu görüntüsü (1/40000 ölçekli)

2.3.4.1. Uydu Görüntülerinin Sınıflandırılması ve Doğruluk Analizi

Yapılan bu çalışmada; uzaktan algılama yöntemlerinden biri olan uydu görüntülerinin kontrollü sınıflandırılması yönteminde, en yüksek olasılık (Maximum Likelihood) algoritması kullanılmıştır. . Bu yöntemde öncelikli arazi sınıflarına ilişkin sınıf kontrol noktalarına ait istatistiksel değerler hesaplanmakta, daha sonra görüntü üzerinde bilinmeyen her bir pikselin en çok benzer olduğu sınıfa ataması yapılmaktadır. Son olarak, kontrollü sınıflandırma sonucu elde edilen raster harita, yersel çalışmalarla kesinleştirilmiş diğer bir harita yardımıyla doğruluk analizine tabi tutulmakta, başarı oranı yeterli olması durumunda sınıflandırılmış harita hata oranı belirtilerek kullanılmaktadır (Çakır, 2006; Ün, 2006; Günlü, 2009; Karahalil, 2009).

Kontrollü sınıflandırmada temel prensip, doğruluk değerlerinin karşılaştırılması sırasında her kontrol sınıfına eşit sayıda kontrol noktası düşmesidir.

Doğruluk analizinin yapılmasında sınıflandırılmış uydu görüntülerinin, çalışma alanına ait doğruluğu kesin olarak bilinen referans veriler (haritalar veya GPS ölçümleri) ile karşılaştırılması sonucu, sınıflandırmada elde edilen doğruluk oranı belirlenebilmektedir. Bu amaçla, sınıflandırma sırasında veya sınıflandırılmış veri üzerinde pikseller seçilerek bu piksellerin referans verilerle uyumu irdelenmektedir. Piksellerin rastgele seçilmesi, kullanıcının elde edeceği doğruluk hakkında önceden bilgi sahibi olması olasılığını ortadan kaldırmaktadır (Musaoğlu, 1999; Karahalil, 2009). Seçilen piksellerle referans verilerin karşılaştırılması sonucu, sınıflandırılmış piksellerin ait olduğu sınıflara atanma doğrulukları, sınıflandırma hata matrisinden elde edilebilmekte ve Kappa katsayısı ile istatistiksel olarak analiz edilebilmektedir (Sunar ve Musaoğlu, 1998; Musaoğlu, 1999; Karahalil, 2009).

Kontrollü sınıflandırma yapılmış görüntülerin Erdas Imagine 9.1 programı yardımıyla doğruluk analizleri yapılmış ve görüntülerin sınıflandırma başarıları bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar, bulgular kısmında verilmiştir

3. BULGULAR

Çalışma alanı içerisindeki tüm meşcerelerin karbon depolama kapasiteleri hesaplanmıştır. Hesaplanan karbon depolama kapasitesi Tablo 13'te verilmiştir.

Tablo 13. Çalışma alanındaki meşcerelerin hektardaki karbon depolama kapasiteleri (ton/ha)

Çalışma Alanındaki Meşcerelerin Hektardaki Karbon Depolama Kapasiteleri (ton/ha)			
Meşcere Tipi	Karbon Depolama Kapasitesi	Meşcere Tipi	Karbon Depolama Kapasitesi
Knbc3	22.85	KnLGc3	84.80
Knbc3	52.22	KnLGcd2	145.61
Knc2	55.26	La	8.01
Knc3	99.22	Lc2	41.58
Kncd2	75.72	Lc3	71.82
Kncd2-T	75.72	Lcd1	36.81
Kncd3	122.67	Lcd2	57.47
Knd2	92.82	Lcd3	85.50
KnLbc3	72.50	Ld2	80.46
KnLc2	38.71	Ld3	118.28
KnLc3	89.05	LGcd2	71.01
KnLcd1	39.95	LKna	10.50
KnLcd1/0a	20.31	LKncd1	36.07
KnLcd1/a	20.31	LKncd2	66.26
KnLcd2	78.19	LKncd2-T	66.26
KnLd3	109.10	LKncd3	94.12
KnLDybc2	32.28	MGnbc3	47.48
KnLDydc2	83.98	MLc2	57.36

Çalışma alanı içerisinde yer alan meşcerelerin karbon depolama kapasitelerine göre kontrollü sınıflandırılabilmesi için karbon değerlerine göre meşcereler dört gruba ayrılmışlardır. Tablo 14'te meşcere tiplerinin alanları ve girdikleri karbon sınıfları verilmiştir

Tablo 14. Meşcere tiplerine göre karbon sınıflarının dağılımı

Meşcere Tipi	Karbon Grubu	Alanı (ha)	Meşcere Tipi	Karbon Grubu	Alanı (ha)
Knbc3	1	30.42	La	1	4.48
KnLc2	1	58.10	LKna	1	2.82
KnLcd1	1	129.72	Kncd2	2	19.29
KnLcd1/0a	1	21.86	Knd2	2	25.01
KnLcd1/a	1	2.26	KnLbc3	2	11.05
KnLDybc2	1	28.70	KnLc3	2	91.04
Lc2	1	22.62	KnLcd2	2	315.88
Lcd1	1	102.50	KnLDycd2	2	51.85
LKncd1	1	107.67	KnLGc3	2	145.22
MGnbc3	1	16.66	KnLd3	3	15.80
Knbc3	2	17.30	KnLGcd2	3	100.72
Knc2	2	47.20	Ld3	3	28.80
Lc3	2	272.50	BKn	4	154.44
Lcd2	2	43.98	BKnL	4	123.88
Lcd3	2	173.31	BL	4	98.02
Ld2	2	9.28	BLKn	4	36.96
LGcd2	2	33.94	BM	4	44.97
LKncd2	2	231.46	İs	4	2.58
LKncd2-T	2	22.32	OT	4	350.28
LKncd3	2	157.52	Z	4	199.86
MLc2	2	88.75	Z-İs	4	93.74
Kncd2-T	2	16.98			
Knc3	2	173.65			
Kncd3	3	70.85			

Çalışma alanı sınırları içinde meşcere tiplerinin karbon sınıfları belirledikten sonra uydu görüntüleri üzerinde en yüksek olasılık yöntemi ile kontrollü sınıflandırma yapılmıştır. Sınıflandırmalara ait, hata matrisleri ve kontrol amaçlı yapılan genel sınıflandırma doğruluk oranı Tablo 15, Tablo 16, Tablo 17, Tablo 18, Tablo 19 ve Tablo 20’de verilmiştir.

Tablo 15. Landsat 7 ETM+ uydu görüntüsüne ait hata matrisi

Sınıflar	1. Karbon Sınıfı	2. Karbon Sınıfı	3. Karbon Sınıfı	4. Karbon Sınıfı
1. Karbon Sınıfı	29	6	0	0
2. Karbon Sınıfı	1	34	0	0
3. Karbon Sınıfı	0	6	29	0
4. Karbon Sınıfı	0	0	0	35

Tablo 16. Landsat ETM+ uydu görüntüsüne ait genel sınıflandırma doğruluğu

Sınıflar	Referans Toplamı	Sınıflandırılmış Toplam	Doğru Sayısı	Üretici Doğruluğu	Kullanıcı Doğruluğu
1. Karbon Sınıfı	30	35	29	96.67	82.86
2. Karbon Sınıfı	46	35	34	73.91	97.14
3. Karbon Sınıfı	29	35	29	100.00	82.86
4. Karbon Sınıfı	35	35	35	100.00	100.00

Landsat 7 ETM+ Uydu görüntüsüne ait Genel doğruluk oranı % 90.71 bulunmuştur.

Tablo 17. SPOT-5 Uydu görüntüsüne ait hata matrisi

Sınıflar	1. Karbon Sınıfı	2. Karbon Sınıfı	3. Karbon Sınıfı	4. Karbon Sınıfı
1. Karbon Sınıfı	31	4	0	0
2. Karbon Sınıfı	1	33	0	1
3. Karbon Sınıfı	2	17	16	0
4. Karbon Sınıfı	1	0	0	34

Tablo 18. SPOT-5 uydu görüntüsüne ait Genel Sınıflandırma Doğruluğu

Sınıflar	Referans Toplamı	Sınıflandırılmış Toplam	Doğru Sayısı	Üretici Doğruluğu	Kullanıcı Doğruluğu
1. Karbon Sınıfı	35	35	31	88.57	88.57
2. Karbon Sınıfı	54	35	33	61.11	94.29
3. Karbon Sınıfı	16	35	16	100.00	45.71
4. Karbon Sınıfı	35	35	34	97.14	97.14

SPOT-5 uydu görüntüsüne ait genel doğruluk oranı 81.34 % bulunmuştur.

Tablo 19. Quickbird-2 Uydu görüntüsüne ait hata matrisi

Sınıflar	1. Karbon Sınıfı	2. Karbon Sınıfı	3. Karbon Sınıfı	4. Karbon Sınıfı
1. Karbon Sınıfı	25	9	1	
2. Karbon Sınıfı	2	32	1	
3. Karbon Sınıfı		13	22	
4. Karbon Sınıfı		1		34

Quickbird-2 uydu görüntüsüne ait Genel doğruluk oranı 80.71 % bulunmuştur.

Tablo 20. Quickbird-2 uydu görüntüsüne ait Genel Sınıflandırma Doğruluğu

Sınıflar	Referans Toplamı	Sınıflandırılmış Toplam	Doğru Sayısı	Üretici Doğruluğu	Kullanıcı Doğruluğu
1. Karbon Sınıfı	27	35	25	92.59	71.43
2. Karbon Sınıfı	55	35	32	58.18	91.43
3. Karbon Sınıfı	24	35	22	91.67	62.86
4. Karbon Sınıfı	34	35	34	100.00	97.14

Kontrol amaçlı yapılan diğer bir doğruluk oranı ise Kappa istatistiği doğruluk oranıdır. Uydu görüntülerine ait Kappa İstatistiği sonuçları Tablo 21’de verilmiştir.

Tablo 21. Uydu görüntülerine ait Kappa istatistiği değeri sonuçları

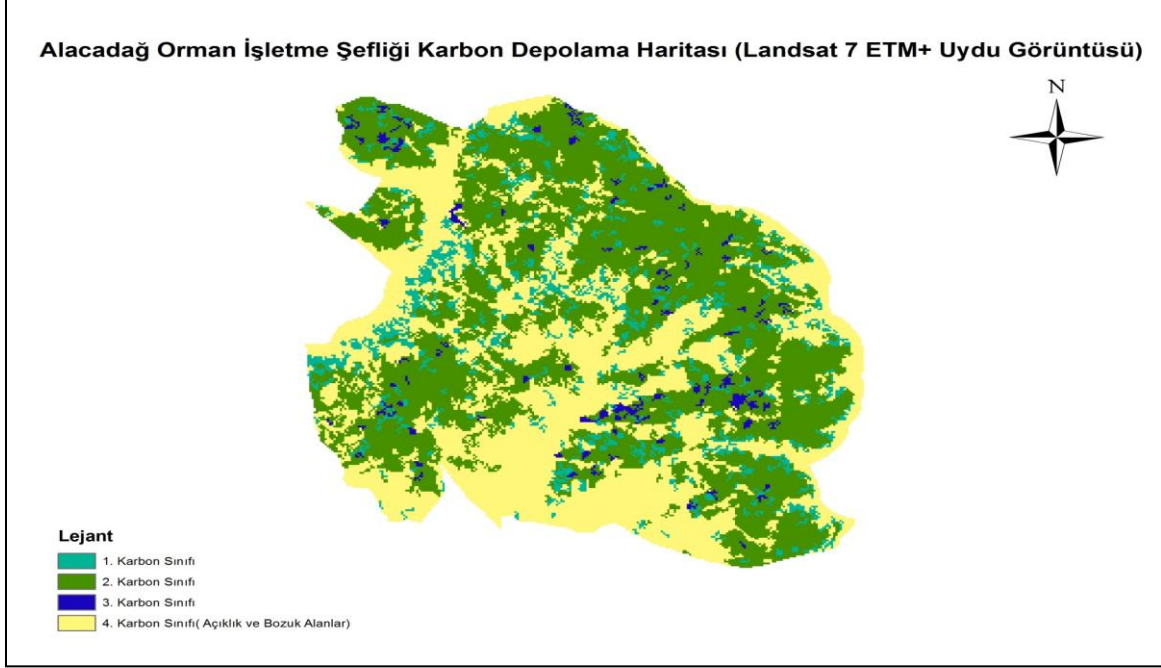
Uydu Görüntüsü	Kappa İstatistiği Değeri
Landsat 7 ETM+	0.8762
SPOT	0.7524
Quickbird	0.7429

Karbon sınıflarının amenajman planında ve Landsat 7 ETM+, SPOT-5, Quickbird-2 sınıflandırılmış uydu görüntülerindeki alanları Tablo 22’de verilmiştir.

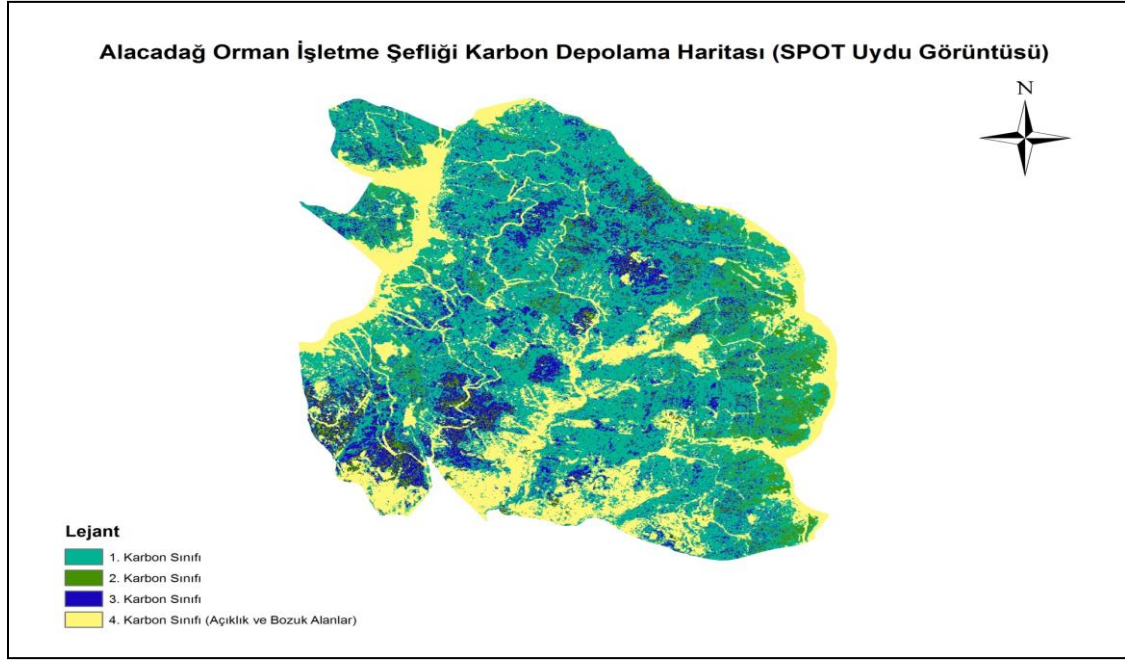
Tablo 22. Karbon sınıflarının amenajman planında ve Landsat7 ETM+, Spot, Quickbird-2 sınıflandırılmış uydu görüntülerindeki alanları

Karbon Sınıfı	Amenajman Planı	Landsat 7 ETM+	SPOT-5	Quickbird-2
1	520.3	317.2	2031.7	906.9
2	1930.5	1856.5	323.7	1414.9
3	216.0	66.8	493.8	393.5
4	1129.0	1555.5	946.8	1080.7

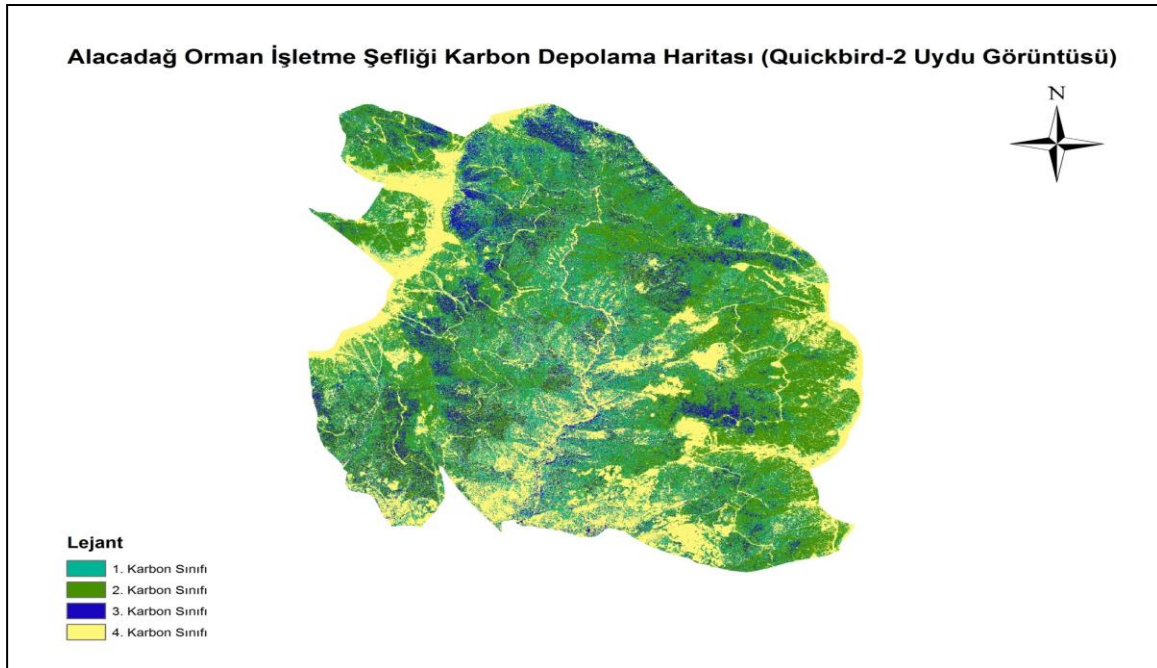
Çalışma alanına ait 3 farklı uydu görüntüsü üzerinde yapılmış sınıflandırma sonucu elde edilen karbon depolama kapasitesi haritaları Şekil 23, Şekil 24, Şekil 25’de verilmiştir.



Şekil 23. Alacadağ Orman İşletme Şefliği karbon depolama haritası (Landsat 7 ETM+ Uydu Görüntüsü)



Şekil 24. Alacadağ Orman İşletme Şefliği karbon depolama haritası (SPOT-5 Uydu Görüntüsü)



Şekil 10. Alacadağ Orman İşletme Şefliği karbon depolama haritası (Quickbird-2 Uydu Görüntüsü)

4. TARTIŞMA

İklim değışikliğı, insanlığı tehdit eden en önemli küresel sorunlardan biridir. Dünya liderleri, iklim değışikliğinin tahmin edilen tehlikelerinden kaçınmak için sera gazı emisyonlarının önemli miktarda azaltılması gerektiğinin farkına varmıştır. Alınması gereken önlemler arasında doğal karbon yutaklarını oluşturan özel habitatların uygun bir şekilde yönetilmesi de yer almaktadır. Böylece karbon, olabildiğince sistemde tutulabilecek ve kötü yönetim sonucu atmosfere karbon emisyonu veren ‘kaynaklar’ haline dönüşmeyecektir.

FAO’ ya göre (2005)1990- 2005 yılları arasında, ormansızlaştırma, genel olarak ormanların tarım alanlarına dönüştürülmesi yılda 13 milyon hektar gibi ciddi bir hızla devam etmektedir. Ormansızlaştırma CO₂ olarak tutulan karbonun atmosfere hızlı bir şekilde salınmasına sebep olmaktadır. IPCC WGIII (2007)’e göre 1990’larda meydana gelen ormansızlaştırmadan 5.8 GtCO₂/yıl emisyon kaynaklandığını tahmin etmiştir (URL-21).

Ormanların hem en büyük karasal karbon deposu olarak, hem de kömür ve petrolden sonra üçüncü en büyük karbon emisyon kaynağı olarak iklim değışikliğı ile mücadelede çok değerli ve kritik bir rol oynadığı hususu uluslararası düzeyde giderek daha fazla kabul görmektedir. Gelişmekte olan ülkelerde (çoğunlukla tropik bölgelerde) ormansızlaşma ve orman tahribatından kaynaklanan emisyonların yıllık toplam küresel sera gazı emisyonlarının yaklaşık yüzde 20’sini oluşturduğu tahmin edilmektedir. Bu aynı zamanda ormansızlaşma sürecinin kontrol altına alınabilmesi veya önlenmesi halinde önlenebilecek emisyon miktarı olarak görülebilir (*Türkiye’nin Orman Sektörü ve Karbon Piyasası Raporu, Ağustos 2010*). Bunların bir sonucu olarak bir taraftan yasal düzenlemeler ile atmosfere salınan CO₂ miktarı düşürülürken, bir taraftan da mevcut orman kaynaklarını korumak ve genişletmek suretiyle CO₂ tüketimi hızlandırılmaya çalışılmaktadır (Asan, 1999). Bu önemli ve güncel konu üzerinde önemle durulmakta, bununla birlikte sürekli çalışmalar yapılmaktadır.

Çalışma alanından alınan örnek ağaçlar ile kayın ağaç türü için biyokütle denklemleri üretilmiş, alanda bulunan diğer ağaç türleri için daha önce hesaplanmış biyokütle denklemleri kullanılarak ağaç bileşenlerine ait biyokütle miktarları belirlenmiştir.

Bu işlemin ardından belirlenen bu biyokütle miktarları ile BEF 1 katsayısı kullanılarak, kendine özgü karbon depolama kapasitesi denklemleri olan türlerde kendi denklemleri kullanılarak, çalışma alanı içerisinde bulunan meşcerelere ait karbon depolama kapasitesi miktarları belirlenmiştir. Çalışma alanı için hesaplanmış hektardaki karbon depolama kapasitesi değerleri kullanılarak, uydu görüntülerinde kontrollü sınıflandırma yapılması amaçlı karbon sınıfları oluşturulmuştur. Landsat 7 ETM+ , SPOT ve Quickbird uydu görüntüleri üzerinde kontrollü sınıflandırma işlemi uygulanmıştır ve ardından bu sınıflandırmaların kontrolleri yapılmıştır.

Yapılan kontroller sonucu Landsat ETM+ uydu görüntüsüne ait Kappa istatistiği doğruluk oranı 0.8762, SPOT uydu görüntüsüne ait Kappa istatistiği doğruluk oranı 0.7524, Quickbird uydu görüntüsüne ait Kappa istatistiği doğruluk oranı 0.7429 bulunmuştur. Kontroller sonucu bulunan Kappa istatistiği doğruluk oranı ile ilgili bilgiler aşağıda verilmiştir.

Sonuçta bulunana (k) değeri;

0.0 ise sınıflandırılmış veriler ve referans verileri arasında uyum olmadığı,

1.0 ise tam uyum olduğunu,

0.75 ve üzeri sınıflandırma performansının çok iyi olduğunu,

0.40 değerinden aşağısı ise performansın yetersiz olduğunu göstermektedir.

Kontrol sonucu bulunan Kappa istatistiği doğruluk oranı, bu üç uydu görüntüsüne ait kontrollü sınıflandırmaların performansının çok iyi olduğu göstermektedir.

Çalışma alanında yapılan sınıflandırma sonucunda, bu üç uydu görüntüsüyle de karbon sınıflarının ayrımının yapılabileceği ortaya konmuştur. Ancak en iyi performansın Landsat 7 ETM+ uydu görüntüsünden elde edildiği tespit edilmiştir. Ayrıca Landsat 7 ETM+ 2000 yılı görüntüsüne ücretsiz ulaşılabilir. Bu yüzden diğer iki uydu görüntüsünden maliyet açısından da ayrılmaktadır.

Sivrikaya vd.(2006) tarafından Artvin ve Bulanıkdere İşletme şefliklerinde yapılan çalışmada Landsat ETM + uydu görüntüsünün kontrollü sınıflandırılması ile arazi kullanım haritaları oluşturulmuştur. Yapılan bu çalışmanın sonucunda Artvin Merkez İşletme Şefliği için genel sınıflandırma doğruluk oranı % 82.14, Kappa istatistiği doğruluk oranı 0.791 bulunmuştur. Bulanıkdere İşletme Şefliği için ise genel sınıflandırma doğruluk oranı % 88.75, Kappa istatistiği doğruluk oranı 0.873 bulunmuştur.

Günlü vd.(2008) tarafından yapılan çalışmada, Landsat ETM+ uydu görüntüsünün kontrollü sınıflandırılmasıyla Maçka-Ormanüstü ormanında yetiştirme ortamı haritalarının

oluşturulması amaçlanmıştır. Çalışmanın sonucunda genel sınıflandırma doğruluğu değeri %84.44, Kappa istatistiği doğruluk oranı ise 0.77 bulunmuştur.

Glsunar (2011) tarafın yapılan çalışmada, Giresun Orman Bölge Müdürlüğüne bağlı Akkuş Orman İşletme Müdürlüğü, Düzdağ Orman İşletme şefliği'nin verimli meşcerelerindeki karbon depolama kapasitesinin uzaktan algılama yöntemi kullanılarak hesaplanması amaçlanmıştır. Çalışmanın sonucunda genel sınıflandırma doğruluğu değeri % 84.17, Kappa istatistiği doğruluk oranı ise 0.7889 bulunmuştur.

İnce (2011) tarafından yapılan çalışmada ise, Artvin Orman Bölge Müdürlüğü, Artvin Merkez Orman İşletme Müdürlüğü, Artvin Merkez Orman İşletme şefliği meşcerelerinin karbon depolama miktarı uzaktan algılama yöntemleriyle belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, genel sınıflandırma doğruluğu % 79.17, Kappa istatistiği doğruluk oranı ise 0.7201 bulunmuştur.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

2000 yılı itibariyle dünyada toplam ormanlık alan 3.869 milyar hektar olup ormanlık alanın dünyanın toplam alanına oranı %29 civarındadır. FAO verilerine göre mevcut ormanların yaklaşık %5'i plantasyonlardan, %95'i ise doğal ormanlardan oluşmaktadır. (Hacıoğlu ve Ark.,2005). FAO'nun tahminlerine göre dünyada toplam orman alanının azalmakta fakat net kayıp ise yavaşlamaktadır. Orman 2000-2005 yılları arasında yıllık olarak ortalama 13 milyon hektar alan ormansızlaştırılmıştır. Aynı periyotta yıllık ortalama orman artışı 5.7 milyon hektar olmuş böylece 2000-2005 yılları arasında net orman kaybı 7.3. milyon hektar ile 1990-2000 yılları arasında meydana gelen orman kaybından daha düşük bir oranda gerçekleşmiştir (URL-22).Karasal biyolojik çeşitliliğin dörtte üçünü bünyesinde barındıran ormanlar, aynı zamanda karasal karbon havuzlarının yaklaşık yarısını oluşturmakta ve bu nedenle dünya iklimini düzenlemede önemli bir rol oynamaktadır (URL-23, 2011).

Türkiye karmaşık iklim yapısı içinde, özellikle küresel ısınmaya bağlı olarak, görülebilecek bir iklim değişikliğinden en fazla etkilenecek ülkelerden birisidir. Doğal olarak üç tarafından denizlerle çevrili olması, arızalı bir topografyaya sahip olması ve orografik özellikleri nedeniyle, Türkiye'nin farklı bölgeleri, iklim değişikliğinden farklı biçimde ve değişik boyutlarda etkilenecektir (Öztürk, 2002). Bu sebepten ötürü Türkiye ormanlarının karbon depolama kapasitesinin tespit edilmesi oldukça önem taşımaktadır. Ayrıca salt olarak tek başına karbon depolama kapasitesinin belirlenmesinin yanında bu verilerin belirli periyotlarla güncellenmesi de ülkemiz için oldukça önem taşımaktadır.

Yapılan bu çalışmada karbon depolama kapasitesinin hem ekonomik hemde performansı en yüksek uydu görüntüsü ile belirlenmesi amaçlanmış ve bu amaçla 3 farklı uydu görüntüsünde kontrollü sınıflandırma yapılarak çalışma alanının karbon depolama kapasitesi belirlenmiştir. Çalışma alanında yapılan sınıflandırma sonucunda, bu üç uydu görüntüsüyle de karbon sınıflarının ayrımının yapılabileceği ortaya konmuştur. Ancak bu çalışma için en iyi performansın Landsat 7 ETM+ uydu görüntüsünden elde edildiği tespit edilmiştir. Ayrıca uydu görüntülerinin maliyet fiyatları da dikkate alındığında 50-100 Dolar arası değişen fiyatlarla Landsat 7 ETM+ uydu görüntüsünün yine bu çalışma için en uygun görüntü olduğu belirlenmiştir.

Yapılan çalışmada 2005 yılına ait amenajman planı verileri içerisinde bulunan meşcere tanıtım tabloları envanter verisi olarak kullanılmıştır. Ayrıca 2000 yılına ait Landsat 7 ETM+ uydu görüntüsü, 2005 yılına ait SPOT-5 ve Quickbird-2 uydu görüntüleri sınıflandırma için kullanılmıştır. Bu çalışma için, Amenajman planı verisi ile Landsat 7 ETM+ uydu görüntüsü arasında 5 senelik fark bulunmasına rağmen, amenajman plan verisi ile aralarında tarihsel fark bulunmayan diğer iki uydu görüntüsüne göre daha yüksek doğrulukta sonuçlar vermiştir.

Landsat 7 ETM+ uydusunun 2000 tarihli görüntülerine ücretsiz ulaşılabilirken, diğer iki uydu görüntüsünün arşiv görüntüleri oldukça pahalıdır. Landsat 7 ETM+ uydu görüntüsü bu yönüyle Quickbird-2 ve SPOT-5 uydu görüntülerinden maliyet açısından da avantajlıdır.

Yapılan bu çalışma sonucu elde edilen verilerin, çalışma alanı dışında bir bölgede kullanılması için, bu bölgenin iklim ve yetişme ortamı koşullarının ayrıca diğer ekolojik koşullarında çalışma alana benzerlik göstermesi gerekmektedir.

Bu tez kapsamında yapılan çalışmalarda çalışma alanının karbon depolama kapasitesi belirlenirken sadece ladin ve sarıçam ağaç türleri için daha önce yapılan çalışmalarla elde edilen karbon miktarını belirleyen denklemler kullanılmıştır. Yine bu tez kapsamında kayın ağaç türü için biyokütle denklemleri geliştirilmiş ve bu ağaç türünün oluşturduğu meşcerelere ait karbon depolama kapasitesi hesaplanırken, öncelikle geliştirilen denklemlerle biyokütle miktarları bulunmuş ve ardından Türkiye ormanları için Asan (2002) tarafından belirlenen katsayılar kullanılarak karbon depolama kapasiteleri hesaplanmıştır. Karbon depolama kapasitesinin hesaplanmasında bu katsayılar yerine, tüm asli ağaç türleri için yersel ölçümlere dayanarak geliştirilecek regresyon denklemlerini kullanarak uydu görüntülerinde yapılacak olan kontrollü sınıflandırma yönteminin daha güvenilir sonuçlar vermesi beklenmektedir.

Küresel iklim değişikliğinin günümüzde bile gözlenen sonuçları, karbon depolama kapasitesi konusunun ne kadar önemli olduğunu ortaya koymaktadır. Bu yüzden ormanlarımızın ne kadar karbon depoladığı hakkındaki verilerin en hızlı, en güncel ve en az maliyetle elde edilmesi açısından bu çalışma büyük önem taşımaktadır.

6. 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.
- Altuntaş, C. ve Çorumluoğlu, Ö., 2002. Uzaktan Algılama Görüntülerinde Digital Görüntü İşleme ve RS Image Yazılımı, Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Öğretiminde 30. Yıl Sempozyumu, Ekim, Konya, Bildiriler Kitabı: 434.
- Arıca, B., 2008. Orman Yolu İnşaatında Dolgu Ve İnşaat Etki Alanlarının Uzaktan Algılama Verileri ile Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Asan, Ü., 1995. Global İklim Değişimi ve Türkiye Ormanlarında Karbon Birikimi, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 45, 1-2, 23-37.
- Asan, Ü., 1999. Orman Kaynaklarının Çok Amaçlı Kullanımı ve Planlama Sistemleri, Ormanların Çok Amaçlı Olarak Planlanması Semineri, Mayıs, Bolu, Bildiriler Kitabı: 33-40.
- Asan, Ü., 1999. Climate Change, Carbon Sinks and The Forest of Turkey, Tropical Forests and Climate Change, Status, Issues and Challenges Proceedings of the International Conference, Philippines, 157-170.
- 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.
- Aydın, Ç., 2010. Artvin Orman Bölge Müdürlüğü Borçka Orman İşletme Müdürlüğü Sarıçam Biyokütle Tabloları, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Başkent, E.Z., 1999. Ekosistem Amenajmanı ve Biyolojik Çeşitlilik, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 23, 353-363.
- 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.
- Brown, S., 2002. Measuring Carbon in Forests: Current Status and Future Challenges, Environmental Pollution, 116, 363-372.

6. 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.
- Altuntaş, C. ve Çorumluoğlu, Ö., 2002. Uzaktan Algılama Görüntülerinde Digital Görüntü İşleme ve RS Image Yazılımı, Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Öğretiminde 30. Yıl Sempozyumu, Ekim, Konya, Bildiriler Kitabı: 434.
- Arıca, B., 2008. Orman Yolu İnşaatında Dolgu Ve İnşaat Etki Alanlarının Uzaktan Algılama Verileri ile Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Asan, Ü., 1995. Global İklim Değişimi ve Türkiye Ormanlarında Karbon Birikimi, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 45, 1-2, 23-37.
- Asan, Ü., 1999. Orman Kaynaklarının Çok Amaçlı Kullanımı ve Planlama Sistemleri, Ormanların Çok Amaçlı Olarak Planlanması Semineri, Mayıs, Bolu, Bildiriler Kitabı: 33-40.
- Asan, Ü., 1999. Climate Change, Carbon Sinks and The Forest of Turkey, Tropical Forests and Climate Change, Status, Issues and Challenges Proceedings of the International Conference, Philippines, 157-170.
- 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.
- Aydın, Ç., 2010. Artvin Orman Bölge Müdürlüğü Borçka Orman İşletme Müdürlüğü Sarıçam Biyokütle Tabloları, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Başkent, E.Z., 1999. Ekosistem Amenajmanı ve Biyolojik Çeşitlilik, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 23, 353-363.
- 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.
- Brown, S., 2002. Measuring Carbon in Forests: Current Status and Future Challenges, Environmental Pollution, 116, 363-372.

- Çakıl, E., 2008. Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü Karaçam Mesçereleri Biyokütle Tablolarının Düzenlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Z.K.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.
- Çakır, G., 2006. Orman Amenajman Planlamasında Gerekli Bilişimin Sağlanması için Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Tekniklerinden Yararlanılması, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Çevre ve Orman Bakanlığı, 2000. Dış İlişkiler ve AB Dairesi Başkanlığı, Avrupa’da Ormanların Korunması Bakanlık Konferansı Genel Deklarasyon ve Kararlar, Araştırma, Planlama ve Koordinasyon Kurulu Başkanlığı, Ankara.
- Çevre ve Orman Bakanlığı, 2006. Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılık (Land Use, Land-Use Change and Forestry-LULUCF) Çalışma Grubu Raporu, Çevre ve Orman Bakanlığı Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Doğan, S., 2005. “Türkiye’nin Küresel İklim Değişikliğinde Rolü ve Önleyici Küresel Çabaya Katılım Girişimleri”, Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 6, 2, 57–73.
- D.P.T., 2001. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Harita, Tapu Kadastro, Coğrafi Bilgi ve Uzaktan Algılama Sistemleri (Arazi ve Arsa Politikaları, Arazi Toplulaştırması, Arazi Kullanımı) Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara.
- Durkaya, B., 1998. Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü Meşe Mesçerelerinin Biyokütle Tablolarının Düzenlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Z.K.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.
- Eraslan, İ., 1982. Orman Amenajmanı, İ.Ü. Basımevi, İstanbul, Dördüncü Baskı, 582.
- Ersoy, M., 2007. Dünya ve Türkiye Kömür Sektöründe Yaşanan Gelişmeler, Hidrojen Teknolojisi Eğitim Programı, Seminer Notu, Ankara.
- European Union, 2000. Ten Years of the Commitment to European Forests, The Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe, Austria, ISBN 3-9020073-02-0, 24.
- Evsahibioğlu, N.A., 1993. Tübitak Marmara Araştırma Merkezi Uzay Bilimleri Teknolojisi Bölümü Uzaktan Algılama Temel Eğitimi Kurs Notları, İstanbul.
- 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.
- Görücü, Ö. ve Eker, Ö., 2009. Kahramanmaraş Ayvalı Baraj Havzasında Karbon Emisyonu ve Ekonomisi Üzerine Araştırmalar, II. Ormancılıkta Sosyo-Ekonomik Sorunlar Kongresi, Şubat, Isparta, Bildiriler Kitabı: 3-12

- Greenpeace, 2007. Greenpeace Annual Report 2006/2007, Usa.
- Grubb, M. and Patterson, M., 1992. "The International Politics of Climate Change." *International Affairs* 68, 293-310.
- Gölsunar, M., 2011. Giresun Orman Bölge Müdürlüğü, Akkuş Orman İşletme Müdürlüğü, Düzdag Orman İşletme Şefliğinin Karbon Depolama Kapasitesinin Uzaktan Algılama Yöntemiyle Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Bölümü, Trabzon.
- Günlü, A., Başkent, E.Z., Kadioğulları, A.İ. ve Altun, L., 2008. Forest site classification using Landsat 7 ETM data: A case study of Maçka-Ormanüstü forest, Turkey *Environ Monit. Assess.*, 151, 93–104.
- Günlü, A., 2009. Yetiştirme Ortamı Envanterinin Doğrudan, Dolaylı ve Uzaktan Algılama Yöntemleri İle Belirlenmesi ve Karşılaştırılması, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Hacıoğlu, H., Kaplan, E., Balı, R. ve Cilan, S. 2005 Yuvarlak Odun Üretim ve Pazarlaması, 1. Çevre ve Ormancılık Şurası "Tebliğler", AB Sürecinde Çevre ve Orman, Antalya
- Hu, H. ve Wang, G.G., 2008. Changes in Forest Biomass Carbonstorage in the South Carolina Piedmont Between 1936 and 2005, *Forest Ecology and Management*, 255, 1400–1408.
- Hunt Jr., E. R., Fahnestock, J. T., Kelly, R. D., Welker, J. M., Reiners, W. A. and Smith, W. K., 2004. *Environmental Management*, 33, 1, S432–S441, Estimation of Carbon Sequestration by Combining Remote Sensing and Net Ecosystem Exchange Data for Northern Mixed-Grass Prairie and Sagebrush–Steppe Ecosystem. Hydrology and Remote Sensing Laboratory USDA-ARS.
- IPCC, 2001. Climate Change: Impacts, Adaptations and Vulnerability, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Working Group II, MacCarthy, J.J. et al., Cambridge University, UK.
- IPCC, 2004. Good Practice Guidance for Land Use, Land Use Change and Forestry.
- IPCC, 2007. Climate Change Report, Cambridge University Press.
- İkinci, O., 2002. Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü Kestane Mesçereleri Biyokütle Tablolarının Düzenlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Z.K.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.
- İnce, K., 2011. Uzaktan Algılama Yöntemiyle Karbon Depolama Miktarının Belirlenmesi (Artvin Örneği), Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Bölümü, Trabzon.
- Jansen, R.J., 1996. *Introductory Digital Image Processing, A Remote Sensing Perspective*, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, USA

- Jenkins, J.C., Birdsey, R.A. ve Pan, Y., 2001. Biomass and NPP Estimation for the Mid-Atlantic Region (USA) Using Plot-Level Forest Inventory Data, *Ecological Applications*, 11, 1174–1193.
- Karahalil, U., 2009. Korunan Orman Alanlarında Amenajman Planlarının Düzenlenmesi (Köprülü Kanyon Milli Parkı Örneği), Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Kuru, E., 2005. Uydular: Kullanım Amaçları ve Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Konukçu, M. 2001. Ormanlar ve Ormancılığımız. Devlet Planlama Teşkilatı Yayınları, DPT Yayın No: 2630, 238, Ankara.
- Köse, S., 1985. Orman İşletmelerinde Uzun Süreli ve Çok Amaçlı Planlama, X. Ulusal Yöneylem Araştırması Kongresi, Ekim, İzmir, Bildiriler Kitabı: 90-99.
- Köse, S., Çakır, G. ve Sivrikaya, F., 2001. Ormancılığımızda Uzaktan Algılamanın Önemi, Türkiye Ormanlıklar Derneği I. Ulusal Ormancılık Kongresi, Mart, Ankara, Bildiriler Kitabı: 96.
- Lillesand, T.M. ve Kiefer, R. W., 2000. Remote Sensing and Image Interpretation, Canada.
- Liosa, S., 2001. Climate Change and Carbon Cycle. Forestry, Climate Change & Development Opportunities Seminar Notes.
- Lucas, R. M., Cronin, N., Milne, A. K., Dong, Y. ve Witte, C., 1999. Estimating Woodland Biomass Stocks in Queensland Using Synthetic Aperture Radar (SAR) Data, Report on the Australian Bureau of Resource Sciences, Canberra, 54.
- Macias, J.G., 2002. Estimation of Tropical Forest Above-ground Biomass by Multispectral Remote Sensing, M Sc. Thesis, Trent University, Faculty of Art and Science, Ontario, Canada.
- Mather, Paul M., 1999. Computer Processing of Remotely Sensed Images, England.
- Mısır, M., 2001. Çok Amaçlı Orman Amenajman Planlarının Coğrafi Bilgi Sistemlerine Dayalı Olarak Amaç Programlama Yöntemi ile Düzenlenmesi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Mısır, M., Köse, S., Yavuz, H., Mısır, N., Altun, L., Sakıcı, O.E. ve Karahalil, U., 2011. K.T.Ü Orman Fakültesi, Eğitim Araştırma Ormanının Karbon Depolama Kapasitesinin Belirlenmesi ve Orman Amenajman Planına Aktarılması, K.T.Ü Bilimsel Araştırma Projesi, No 2007.113.001.13 Sonuç Raporu
- Moraes, J.F.L., Seyler, F., Cerri, C. ve Volkoff, B., 1996. Land Cover Mapping and Carbon Pools Estimates in Rondonia/Brazil, Anais VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Salvador, Brasil, INPE, 533-539.

- Musaoğlu, N., 1999. Elektro-Optik ve Aktif Mikrodalga Algılayıcılardan Elde Edilen Uydu Verilerinden Orman Alanlarında Meşcere Tiplerinin ve Yetiştirme Ortamı Birimlerinin Belirlenme Olanakları, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Myeong, S., Nowak, D. J. and Duggin, M. J., 2006. A temporal analysis of urban forest carbon storage using remote sensing. *Remote Sensing of Environment* 101, 277 – 282.
- Öztürk, K., 2002. Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye'ye Olası Etkileri, G.Ü. Gazi Eğitim Fakültesi, Sosyal Bilgiler Eğitimi Anabilim Dalı, Ankara, G.Ü., Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 22, 1, 47-65.
- Papadopol, C.S. Adapting Existing Forests To Climate Change, <http://www.eco-web.com/cgi-local/sfc?a=/editorial/index.html&b=/editorial/05934-02.html>. 18 Şubat 2012.
- Peichl, M. ve 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.
- Pittock A. Barrie., 2005. Climate Change Turning Up The Heat, CSIRO Publishing, Australia.
- Richards, A.J. ve JIA X., 1999. Remote Sensing Digital Image Analysis, Third Edition, Springer.
- Saraçoğlu, N., 1988. Kızılağaç (*Alnus glutinosa* Gaertn. subsp. *Barbata* C.A.Mey.Yalt) Gövde Hacim ve Biyokütle Tablolarının Düzenlenmesi.
- Saraçoğlu, N., 1992. Kayın (*Fagus orientalis* Lipsky) Biyokütle Tabloları, K.T.Ü. Trabzon.
- Sesören, A., 1999. Uzaktan Algılama Temel Kavramlar, Baskı: Mert Matbaacılık Sanatları Ltd. Sti., İstanbul, 126 s.
- Sivrikaya F., Keleş S., Çakır, G., Başkent, E.Z. ve Köse S., 2006. Comparing Accuracy Of Classified Landsat Data With Land Use Maps Reclassified From The Stand Type Maps 7th International Symposium On Spatial Accuracy Assessment In Natural Resources and Environmental Sciences.
- Sulistyawati, E., Ulumuddin, Y.I., Hakim, D. M., Harto, A. B. and Ramdhan, M. 2006. Estimation of Carbon Stock at Landscape Level using Remote Sensing: a Case Study in Mount Papandayan. *Environmental Technology and Management Conference*, September, Bandung, West Java, Indonesia.
- Sun, O., Uğurlu, S. ve Araslı, B., 1976. Stepe geçişyörelerindeki sarıçam meşcerelerinde biyolojik kütlelerin saptanması. OEA yayınları, Teknik Bülten Serisi, No.80, Ankara, 48.
- Sun, O., Uğurlu, S. ve Özer, E. Kızılcım 1980. (*P. brutia* Ten.) Türüne Ait Biyolojik Kütlelerin Saptanması, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, 104.

- Sunar, F. ve Kaya, Ş., 1997. An Assesment of the Geometric Accuracy of Remotely Sensed Images, *International Journal of Remote Sensing*, 18-14, 3069-3074.
- Sunar, F. ve Musaoğlu, N., 1998. Merging Multiresolution SPOT P. and LANDSAT T.M. Data: the Effects and Advantages, *International Journal of Remote Sensing*, 19, 2, 219-224.
- Şahin, M., 2007. Sera Gazı Emisyonları ve Azatlım Politikaları, Temiz Enerji Teknolojileri Konferansı, İstanbul.
- Thorpe, Alan J. 2005. Climate Change Prediction A Challenging Scientific Proble, Institute of Physics, London.
- Ulumuddin, Y.I., Sulistyawati, E., Hakim, D.M., Agung, B.H., 2005. Korelasi Stok Karbon dengan Karakteristik Spektral Citra Landsat: Studi Kasus Gunung Papandayan. Presented on Pertemuan Ilmiah Tahunan MAPIN XIV, “Pemanfaatan Efektif Pengideraan Jauh Untuk Peningkatan Kesejahteraan Bangsa”, Surabaya.
- Ün, C., 2006. İstanbul İli Orman Kaynaklarında Meydana Gelen Zamansal Değişimin Uzaktan Algılama ve CBS İle Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Ünsal, A., 2007. Adana Orman Bölge Müdürlüğü Karaisalı Orman İşletme Müdürlüğü Kızılçam Biyokütle Tablolarının Düzenlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Z.K.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.
- URL-1 <http://web.ogm.gov.tr/diger/SOYKriterleri/Dokumanlar/RGOZirvesi.pdf> Rio Zirvesi 1992. 12 Şubat 2012.
- URL-2 http://www2.dsi.gov.tr/iklim/sozlesmeler/cerceve_sozlesme_kyoto/iklim_degis_ikligi_cerceve_sozlesmesi_ve_turkiye.pdf İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, Kyoto Protokolü ve Türkiye. 18 Mart 2012.
- URL-3 http://tr.wikipedia.org/wiki/Kyoto_Protokol%C3%BC. 13 Şubat 2012
- URL-4 <http://www.yerbilimleri.com/turkiye-kyoto-protokolune-katildi/>. 15 Nisan 2012
- URL-5 <http://www.kuresel-isinma.org/kuresel-isinma/sera-etkisi-nedir.html>. 28 Mart 2012.
- URL-6 <http://www.bilimania.com/haber/266/sera-etkisi-nedir> 28 Mart 2012.
- URL-7 www.ogm.gov.tr/iklim/karbon_birikim.doc Ormanlarda Karbon Birikimi ve Yıllık Değişiminin Belirlenmesinde Başvurulan Temel Yaklaşımlar. 30 Mart 2011.
- URL-8 http://web.ogm.gov.tr/diger/iklim/Dokumanlar/MakaleBildiri/isinma_onem.pdf Küresel Isınmanın Önlenmesinde Ormanların Rolü ve Önemi. 2 Nisan 2011.
- URL-9 <http://web.ogm.gov.tr/BilgiServisleri/agacturleri/agac12.htm>. 02 Şubat 2011.

- URL-10 <http://www.cscrs.itu.edu.tr/content/uzaktanalgilama.php#> Uzaktan Algılama Genel bilgiler. 23 Ocak 2012.
- URL-11 http://www.goruntuisleme.org/2011/index.php?option=com_content&view=article&id=65:snflandrma&catid=34:goeruentue-leme-teknikleri&Itemid=53 Görüntü İşleme. 20 Şubat 2012.
- URL-12 <http://www.gis.wau.nl/girs/projects/rsbasics/overview.html> Uzaktan Algılanmış Görüntülerde Sınıflandırma ve Analiz. 18 Mart 2012.
- URL-13 http://tr.wikipedia.org/wiki/Cohen%27in_kappa_katsay%C4%B1s%C4%B1 . 11 Mart 2012.
- URL-14 <http://www.cscrs.itu.edu.tr/content/digeruydular.php>. 22 Şubat 2011.
- URL-15 <http://www.blogpare.com/guncel-haber/teknoloji/uzay-ussu-nasanin-kac-yapay-gozu-var.html>. 28 Aralık 2012.
- URL-16 [http://anapod.anadolu.edu.tr/groups/ucs541maltan/wiki/ec1ac/UZAKTAN_ALGILAMA PLATFOMLARI.html](http://anapod.anadolu.edu.tr/groups/ucs541maltan/wiki/ec1ac/UZAKTAN_ALGILAMA_PLATFOMLARI.html) Uzaktan Algılama Platformları. 4 Nisan 2011.
- URL-17 <http://www.rojamedya.co/diger-dersler/32872-uzaktan-algilama-ve-uygulama-alanlari.html> Uzaktan Algılama ve Uygulama Alanları. 23 Mart 2011.
- URL-18 <http://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/spot-5.html>. 23 Aralık 2011.
- URL-19 http://www.eoportal.org/directory/pres_QuickBird2.html. 23 Aralık 2011.
- URL-20 http://nik.com.tr/2008/tr/sistem/uydu_goruntuleri/quickbird.html. 23 Aralık 2011.
- URL-21 http://web.ogm.gov.tr/diger/iklim/Dokumanlar/orman_iklimc.pdf 28 Şubat 2012.
- URL-22 <http://web.ogm.gov.tr/languages/English/forestandclimate/Turkce/Sayfalar/Ormanlar%C4%B1nOnemi.aspx> İklim Değişikliği Kapsamında Ormanların Önemi. 10 Mart 2011.
- URL-23 <http://www.telekomdunyasi.com/?action=koseyazisi&id=96>. 12 Mart 2012
- Ülker, C., 2010. Amasya Orman Bölge Müdürlüğü Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Meşcerelerinin Biyokütle Tablolarının Düzenlenmesi (Kunduz Örneği), Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Yang, K. ve Guan, D., 2008. Changes in forest biomass carbon stock in the Pearl River Delta between 1989 and 2003, *Journal of Environmental Sciences*, 20, 1439–1444.

Yavuz, H., Mısır, N., Mısır, M., Tüfekçioğlu, A., Karahalil, U. ve Küçük, M. 2010. Karadeniz Bölgesi Saf ve Karışık Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Meşcereleri İçin Mekanistik Büyüme Modellerinin Geliştirilmesi, Biyokütle ve Karbon Depolama Miktarlarının Belirlenmesi, TUBİTAK Projesi, Trabzon.

ÖZGEÇMİŞ

04.05.1985 tarihinde İstanbul’ da doğdu. İlköğrenimini ve ortaöğrenimini İstanbul’ da tamamladı. 2005 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü (II.Öğretim)’nde başladığı Lisans eğitimini 2009 yılının Temmuz ayında tamamladı. Aynı yılın Eylül ayında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Orman Amenajmanı Bilim Dalı’nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı. 2011 yılının Eylül ayında Kastamonu Üniversitesi’ne araştırma görevlisi olarak atandı. Orta derecede İngilizce bilmektedir.