

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENTİTÜSÜ**

**ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**K.T.Ü ORMAN FAKÜLTESİ EĞİTİM VE ARAŞTIRMA ORMANI SAF LADİN  
MEŞCERELERİNİN KARBON DEPOLAMA MİKTARININ BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Orm. Müh. Erhan BÜLBÜL**

**ŞUBAT 2012  
TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**K.T.Ü. ORMAN FAKÜLTESİ EĞİTİM VE ARAŞTIRMA ORMANI SAF LADİN**  
**MEŞCERELERİNİN KARBON DEPOLAMA MİKTARININ BELİRLENMESİ**

**Orm. Müh. Erhan BÜLBÜL**

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

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 06.01.2012**  
**Tezin Savunma Tarihi : 01.02.2012**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Mehmet MISIR**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Orman Mühendisliği Anabilim Dalında**

**Erhan BÜLBÜL tarafından hazırlanan**

**K.T.Ü. ORMAN FAKÜLTESİ EĞİTİM VE ARAŞTIRMA ORMANI SAF LADİN  
MEŞCERELERİNİN KARBON DEPOLAMA MİKTARININ BELİRLENMESİ**

**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 10/01/2012 gün ve 1437 sayılı kararıyla  
oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

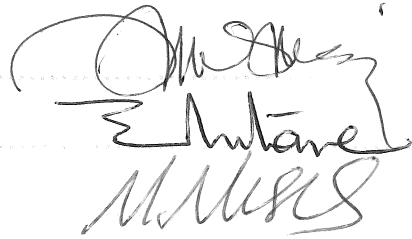
**olarak kabul edilmiştir.**

**Jüri Üyeleri**

**Başkan : Prof. Dr. Cengiz ACAR**

**Üye : Prof. Dr. Selahattin KÖSE**

**Üye : Doç. Dr. Mehmet MISIR**



**Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ**

**Enstitü Müdürü**

## ÖNSÖZ

“K.T.Ü. Orman Fakültesi Eğitim ve Araştırma Ormanı Saf Ladin Meşcerelerinin Karbon Depolama Miktarının Belirlenmesi” 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 Doç. Dr. Mehmet MISIR’a teşekkürlerimi sunarım.

Ormancılıkla ilgili her konudaki engin bilgileri ile çalışmama katkıda bulunan Sayın Doç. Dr. Nuray MISIR’a teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışması süresince, laboratuvar çalışmalarında desteklerini gördüğüm meslektaş ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Hayatımın her döneminde maddi ve manevi destekleri ile sürekli yanımda olan aileme şükranlarımı sunarım.

Erhan BÜLBÜL  
Trabzon 2012

## TEZ BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “ K.T.Ü. Orman Fakóltesi Eğitim ve Araştırma Ormanı Saf Ladin Meşcerelerinin Karbon Depolama Miktarının Belirlenmesi ” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Mehmet MISIR ‘ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı deneyleri/analizleri ilgili laboratuarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğim, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya ıkası durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim. 02/02/2012

Erhan BÜLBÜL

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
TEZ BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET .....	VIII
SUMMARY .....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	X
TABLolar DİZİNİ.....	XI
1. GENEL BİLGİLER .....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Sera Gazları.....	4
1.3. Küresel Isınma .....	6
1.3.1. Küresel Isınmanın Sebepleri .....	7
1.4. Küresel İklim Değişikliği.....	9
1.5. Küresel İklim Değişikliği Olgusunun Tarihsel Seyri.....	13
1.5.1. Uluslararası Süreçler .....	14
1.5.1.1. Stockholm Konferansı (1972).....	14
1.5.1.2. Dünya İklim Konferansı (1979).....	15
1.5.1.3. Viyana Anlaşması (1987).....	15
1.5.1.4. Montreal Protokolü (1987).....	15
1.5.1.5. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) (1988) .....	16
1.5.1.6. Rio, BM Çevre ve Kalkınma Konferansı (1992) .....	16
1.5.1.7. İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (1994) .....	17
1.5.1.8. Helsinki Konferansı (1993).....	18
1.5.1.9. Kyoto Protokolü (2005) .....	19
1.5.1.10. Montreal (2005) .....	22
1.5.1.11. ABD, Rusya Federasyonu ve KP .....	22
1.5.2. Türkiye ve Kyoto Protokolü .....	24
1.6. Karbon Yutakları.....	27
1.6.1. Atmosfer.....	28

1.6.2.	Okyanuslar .....	29
1.6.3.	Karasal Ekosistemler .....	30
1.6.3.1.	Ekili Alanlar.....	30
1.6.3.2.	Çayır ve Meralar .....	31
1.6.3.3.	Sulak Alanlar .....	31
1.6.3.4.	Yerleşim Alanları.....	32
1.6.3.5.	Diğer Alanlar .....	32
1.6.3.6.	Ormanlık Alanlar .....	33
1.7.	Orman Alanlarında Sera Gazları Envanteri ve Karbon Stok Değişiminin Belirlenmesi.....	34
1.8.	Ormanların Karbon Depolama Fonksiyonu .....	36
1.9.	Çalışmanın Amacı .....	39
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	41
2.1.	Materyal .....	41
2.1.1.	Araştırma Alanının Tanıtımı.....	41
2.2.	Örnek Alanların Belirlenmesi ve Arazi Çalışmaları.....	44
2.3.	Karbon Depolama Miktarının Belirlenmesine İlişkin Yapılan Çalışmalar .....	47
2.3.1.	Toprak Üstü Karbon Depolamaya İlişkin Yapılan Çalışmalar.....	47
2.3.2.	Tek Ağaca İlişkin Yapılan Çalışmalar.....	47
2.3.3.	Ölü-Diri Örtü ile Ölü Oduna İlişkin Yapılan Çalışmalar .....	50
2.3.4.	Toprak Altı İçin Yapılan Çalışmalar .....	50
2.4.	Laboratuvar Çalışmaları .....	51
2.4.1.	Biyokütle Çalışmaları .....	51
2.4.1.1.	Ağaç İçin Yapılan Çalışmalar.....	51
2.4.1.2.	Ölü-Diri ve Ölü Odun İçin Yapılan Çalışmalar.....	51
2.4.1.3.	Kök İçin Yapılan Çalışmalar .....	52
2.4.2.	Karbon Analiz Çalışmaları .....	52
3.	YÖNTEM .....	57
3.1.	Ağaç Biyokütlesinin Belirlenmesi.....	57
3.1.1.	Gövde Yaş ve Fırın Kuru Ağırlıklarının Belirlenmesi.....	57
3.1.2.	Dal Yaş ve Fırın Kuru Ağırlığının Belirlenmesi.....	58
3.1.3.	İbre Yaş ve Fırın Kuru Ağırlığının Belirlenmesi .....	58
3.1.4.	Kabuk Yaş ve Fırın Kuru Ağırlığının Belirlenmesi.....	58

3.2.	Ölü-Diri Örtü ve Ölü Odun Biyokütlesinin Belirlenmesi.....	59
3.3.	Kök Kütlesinin ve Karbon Eşdeğerinin Hesaplanması .....	60
3.3.1.	Kılcal, İnce ve Kaba Kök Kütlesinin ve Karbon Eşdeğerinin Hesaplanması (kılcal kök: < 2 mm, ince kök: 2-5 mm, kaba kök 5<).....	60
3.4.	Karbon Depolama Denklemlerin Belirlenmesi .....	60
3.5.	Karbon Depolama Denklemlerin Kontrolü .....	61
4.	BULGULAR.....	62
4.1.	Ağaç Biyokütlesine İlişkin Bulgular .....	62
4.2.	Karbon Denklemlerine İlişkin Bulgular .....	62
4.3.	Biyokütle ve Karbon Depolama Denklemlerinin Kontrolüne İlişkin Bulgular...	64
4.4.	Biyokütle ve Karbon Depolama Miktarlarına İlişkin Bulgular .....	64
4.5.	Ladin Meşcerelerinin Karbon Depolama Kapasitesi .....	65
4.6.	Ölü-Diri Örtü ve Ölü Odun Kütlesi ile Karbon Depolamasına İlişkin Bulgular .	66
4.7.	Kök Kütlesi ve Karbon Depolamasına İlişkin Bulgular .....	67
5.	TARTIŞMA VE SONUÇLAR.....	68
6.	KAYNAKLAR .....	71
ÖZGEÇMİŞ		



Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

K.T.Ü ORMAN FAKÜLTESİ EĞİTİM VE ARAŞTIRMA ORMANI SAF LADİN  
MEŞCERELERİNİN KARBON DEPOLAMA MİKTARININ BELİRLENMESİ

Erhan BÜLBÜL

Karadeniz Teknik Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı  
Danışman: Doç. Dr. Mehmet MISIR  
2012, 75 Sayfa

Bu çalışmada, K.T.Ü. Orman Fakültesi Eğitim ve Araştırma Ormanı saf Ladin meşcerelerinin karbon depolama kapasitesi, biyokütle denklemleri geliştirme ve karbon analizi yöntemleriyle belirlenmiştir. Bu amaç için araştırma alanı sınırları içerisindeki meşcerelerden alınan örnek alanlarda yapılan ölçümlerden yararlanılarak saf ladin meşcerelerinin karbon depolama kapasiteleri hesaplanmıştır.

Ormanların ekolojik fonksiyonları arasında yer alan karbon depolama kapasitesinin araştırma ormanı için belirlenip orman amenajman planlarına aktarılması amaçlanmıştır. Ülkemizde halihazırda Sarıçam gibi sınırlı sayıda ağaç türü için her biyokütle bileşeni için ayrı ayrı geliştirilen biyokütle denklemleri, araştırma ormanındaki saf Ladin meşcereleri için oluşturulmuştur. Ayrıca bu meşcerelerde tutulan karbon miktarı da belirlenmiştir. Böylece Türkiye’de ilk kez bir alan ekosistem biyokütlesi bağlamında düşünülerek toprak üstünde gövdesinde, dalında, kabuğunda, ibresinde, diri örtüsünde, ölü örtüsünde, dikili kurusunda, ölü odununda, köklerinde ve toprağında ne kadar karbon tuttuğu belirlenerek bu konudaki diğer ve sonradan gerçekleştirilecek çalışmalara önemli altlık oluşturmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Meşcere, Biyokütle, Karbon Depolama, Ladin

Master Thesis

SUMMARY

ESTIMATION OF CARBON STOCK IN PURE SPRUCE STANDS OF EDUCATION  
AND RESEARCH FOREST, K.T.U.

Erhan BÜLBÜL

Karadeniz Technical University

The Graduate School of Natural and Applied Sciences

Forest Engineer Graduate Program

Supervisor: Assoc. Prof. Mehmet MISIR

2012, 75 Pages

In this study, we estimated carbon (C) stock using developed biomass equation and analyses of carbon in pure spruce stands of Research area. Calculation of carbon stock in field were conducted 59 sample trees in pure stands of eastern Spruce (*Picea orientalis* L.). Equations developed for eastern Spruce and were used to predict carbon storage of whole trees.

The purpose of this study is developing the forest management plans by estimated of carbon stocks in forests. We calculated to biomass and carbon stocks for per component of trees as stem, branch, needle and bark. However we calculated biomass and carbon stocks for death wood, coarse root, fine root and small roots. This study will be important base for another likely studies.

**Key Words:** Stand, Biomass , Carbon Stock, Carbon

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Sera etkisi .....	2
Şekil 2. Türkiye'deki sera gazı emisyonu .....	4
Şekil 3. Sera gazlarındaki artış .....	5
Şekil 4. Küresel sıcaklıktaki artış .....	6
Şekil 5. İnsan kaynaklı sera gazlarının nedenleri .....	7
Şekil 6. 180 milyon yıl önceki ve günümüzdeki karaların dağılımları .....	10
Şekil 7. Son 18.000 yıl içinde görülen ortalama hava sıcaklığı değişimleri .....	10
Şekil 8. Son yıldaki Doğu Avrupa'da görülen ortalama sıcaklık değişimleri .....	11
Şekil 9. Karbonun yıllık seyri .....	12
Şekil 10. Birincil enerji kaynaklı CO <sub>2</sub> emisyonumuzun sektörel dağılımı .....	24
Şekil 11. Ormansızlaşma ve fosil yakıt tüketimlerinin CO <sub>2</sub> emisyonları içindeki payları ..	27
Şekil 12. Emisyon kaynakları ve yutak alanlar arasındaki küresel karbon döngüsü ve son 150 yıl içindeki durum .....	28
Şekil 13. Karbon döngüsü .....	29
Şekil 14. Karbon havuzları ve bilgi kaynaklarının durumu .....	35
Şekil 15. Türkiye ormanlarındaki karbon birikiminin zaman içindeki değişimi .....	38
Şekil 16. Çalışma alanına ait Orman Amenajman Planı meşcere haritası .....	43
Şekil 17. Ormanüstü planlama birimi bakı haritası .....	43
Şekil 18. Ormanüstü planlama birimi eğim haritası .....	44
Şekil 19. Birinci dönem envanterinde alınan örnek alanlar .....	45
Şekil 20. Birinci ve ikinci dönem envanterinde ölçümü yapılan devamlı örnek alanlar .....	46
Şekil 21. Üçüncü dönem envanterinde ölçümü yapılan devamlı örnek alanlar .....	47
Şekil 22. Öğütme işlemi .....	52
Şekil 23. Cihazın genel görünümü .....	53
Şekil 25. GC ayrıştırma kolonunun ve reaktörlerin genel görünümü .....	54
Şekil 26. Analiz edilecek örneklerin hazırlanması .....	55
Şekil 27. Örnek analiz dosyasının görünümü .....	55
Şekil 28. Kromotogram dosyasının görünümü .....	56
Şekil 29. Tek ağaçta depolanan toplam karbon miktarının ağaç bileşenlerine dağılımı .....	69

## TABLULAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Sera gazları ve zaman içindeki değişimleri.....	3
Tablo 2. Birincil enerji kaynaklı kişi başına düşen CO <sub>2</sub> miktarı.....	25
Tablo 3. Orman ekosistemlerindeki karbon havuzları ve temel bileşenleri .....	35
Tablo 4. 1960 - 1995 Yılları arasındaki 35 yıllık dönemde Türkiye ormanlarında karbon birikimi.....	37
Tablo 5. Araştırma alanının alan ve servetin işletme sınıflarına dağılımı.....	42
Tablo 6. Örnek ağaçların çap, boy ve tepe özelliklerine ait değerler .....	48
Tablo 7. Örnek ağaçlardan alınan örneklere ait çap boy değerleri ile yaş ve kuru ağırlıklar.....	59
Tablo 8. Örnek ağaçlardan alınan ağaç bileşenlerine ait yaş ve kuru ağırlıklar .....	62
Tablo 9. Ladin türü için tek ağaç bileşenlerinin yüzde cinsinden karbon içerikleri .....	63
Tablo 10. Ağaç bileşenlerindeki karbon miktarları.....	63
Tablo 11. Tek ağaç bileşenlerine ait karbon depolama denklemleri, denklemlere ilişkin parametrelerin tahmin değerleri ile önemlilik düzeyleri.....	63
Tablo 12. Çap basamaklarında karbon miktarı .....	65
Tablo 13. Karbon depolama miktarları .....	66
Tablo 14. Benzer çalışmalara ilişkin yüzde karbon içeriği değerleri .....	68

# 1. GENEL BİLGİLER

## 1.1. Giriş

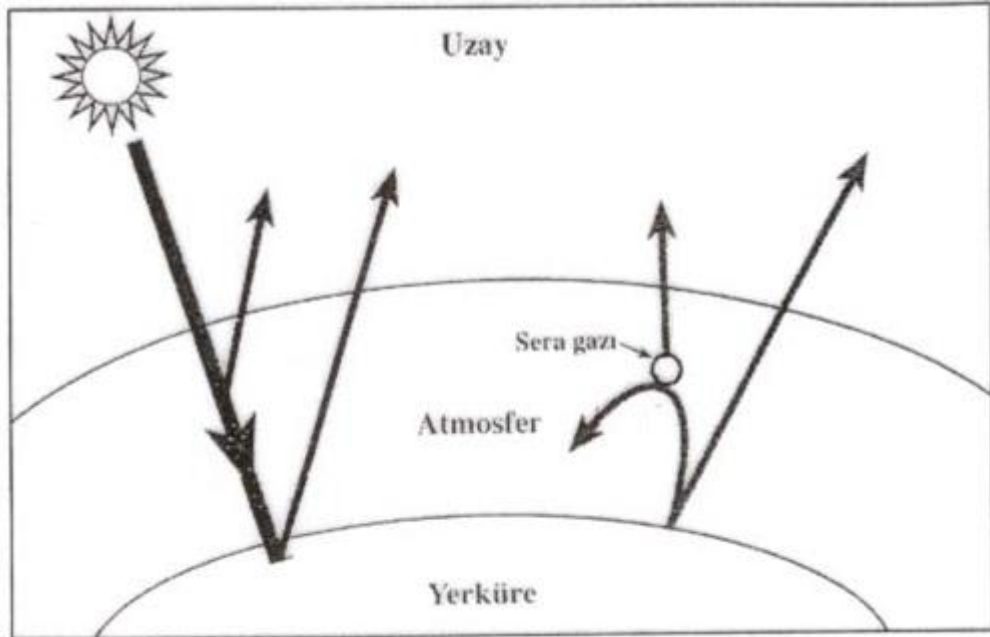
Dünyamız, varoluşundan beri sürekli gelişim ve değişim içerisinde olan dinamik bir yapıya sahiptir. Bu yapıya yön veren ve ivme kazandıran faktör insandır. İnsanın ormanla olan ilişkisi kendi tarihi kadar eskidir. İlkçağlardan günümüze kadar ormanlardan yararlanmıştır. Ormanı kendine barınak olarak seçmiş, meyvesinden, gövdesinden ve diğer her türlü ürününden yararlanmıştır. Başka bir anlatımla, ormanı, kendini korumak, barınmak ve ısınmak için kullanmıştır. Başlangıçta orman ekosisteminin bir ögesi gibi yaşamını sürdürürken, zamanla gelişerek çeşitli araçları kullanmaya başlamış, gereksinimleri artmış ve çeşitlenmiştir. Bu gelişim sürecinde insanın ormanla olan ilişkileri azalmamış, aksine gelişim sürecine bağlı olarak giderek daha da artmıştır.

Dünyada hızla artan nüfus, şehirleşme, kalabalıklaşma, sanayileşme, tüketim alışkanlıkları ve gösteriş etkisi, doğal kaynakların bilinçsizce kullanımını doğurmuştur. Toprak, hava ve su kaynakları kirletilmiş, erozyon, sel, taşkın, çığ, heyelan, asit yağmurları yeryüzündeki canlı hayatı, onun yaşam ortamını ve gıda güvenliğini tehdit eder hale gelmiştir. Görülen bu ormansızlaşma, çölleşme, çoraklaşma, çevre ve genetik kirlenme, nesli yok olan veya azalan flora ve fauna, göçler, açlık ve sefalet gerçekleri, ormanların ekonomik fonksiyonlarının yerine ekolojik fonksiyonların ön plana çıkmasına neden olmuştur. Bunu doğrulayan güncel gelişmelerden biride günümüzde dünyanın hemen her ülkesinde gündemin ilk sırasında yer alan küresel iklim değişikliğidir.

Yeryüzündeki tüm yaşam biçimleri için vazgeçilmez bir ortam olan atmosfer, birçok gazın karışımından oluşmaktadır. Atmosferi oluşturan ana gazlar, azot (% 78.08) ve oksijendir (% 20.95). Daha küçük bir tutara sahip olmakla birlikte, üçüncü önemli gaz karbondioksittir (% 0.93). Atmosferdeki birikimleri çok az olan çok sayıdaki öteki gazlar ise, atmosferin kalan bölümünü oluşturur. (Türkeş vd, 2000)

Dünya, üzerine düşen güneş ışınlarından çok, dünyadan yansıyan güneş ışınlarıyla ısınır. Bu yansıyan ışınlar başta karbondioksit, metan ve su buharı olmak üzere atmosferde bulunan gazlar tarafından tutulur, böylece dünya ısınır. Işınların bu gazlar tarafından tutulmasına sera etkisi denir. Atmosferde bu gazların miktarının artması Yerküre'de ısınmayı artırır.

Güneş enerjisi yeryüzüne kısa dalga boyu radyasyon olarak ulaşır. Gelen radyasyonun bir bölümü, yeryüzünün yüzeyi ve atmosfer tarafından geri yansıtılır. Ama bunun büyük bölümü, atmosferden geçerek yeryüzünü ısıtır. Yeryüzü bu enerjiden, uzun dalga boyu, kızılötesi radyasyonla kurtulur. Gezegenimizin yüzeyi tarafından yukarıya salınan kızılötesi radyasyonun büyük bölümü atmosferdeki su buharı, karbondioksit ve doğal olarak oluşan diğer “sera gazları” tarafından emilir. Bu gazlar enerjinin, yeryüzünden geldiği gibi doğrudan uzaya geçmesini engeller. Birbiriyle etkileşimli birçok süreç (radyasyon, hava akımları, buharlaşma, bulut oluşumu ve yağmur dahil) enerjiyi atmosferin daha üst tabakalarına taşır ve enerji oradan uzaya aktarılır (Şekil 1). Bu daha yavaş ve dolaylı süreç bizim için bir şanstır; çünkü yeryüzünün yüzeyi enerjiyi uzaya hiç engelsiz gönderebilseydi, o zaman yeryüzü soğuk ve yaşamsız bir yer, Mars gibi çıplak ve ıssız bir gezegen olurdu. Atmosferdeki gazların gelen güneş ışınımına karşı geçirgen, buna karşılık geri salınan uzun dalgalı yer ışınımına karşı çok daha az geçirgen olması nedeniyle Yerküre'nin beklenenden daha fazla ısınmasını sağlayan ve ısı dengesini düzenleyen bu doğal süreç sera etkisi olarak adlandırılmaktadır ( URL-1).



Şekil 1. Sera etkisi

Dünya'da başlıca sera etkisine neden olan gazlar %36-70 Su buharı, %9-26 Karbon dioksit, %4-9 Metan ve %3-7 ile Ozon'dur. Sera gazlarının bir kısmı kendi kendine oluşurken, bir kısmı da insanlar tarafından üretilir (URL-2).

Günümüzdeki tehlike, karbondioksit ve diğer sera gazlarının miktarındaki artışın bu doğal sera etkisini şiddetlendirmesinde yatmaktadır. Binlerce yıldır dünyamızdaki karbon kaynakları kararlı kalırken, şimdi modern insanoğlu aktiviteleri, fosil yakıtların kullanımı, ormanların yokoluşu, aşırı tarım yapılması, atmosfere büyük miktarlarda karbondioksit ve diğer sera gazlarının atmosfere salınmasına sebep olmaktadır ( URL-3).

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

Tablo 1. Sera gazları ve zaman içindeki değişimleri

Sera gazları	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CFC <sub>11</sub>
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

Ülkemizdeki sera gazı emisyon miktarlarının 1990-2005 yılları arasındaki değişimi Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Türkiye'deki sera gazı emisyonu (Şahin, 2007)

## 1.2. Sera Gazları

Dünya'nın ısınmasında önemli bir rolü olan CO<sub>2</sub>, güneş ışınlarının yeryüzüne ulaşması sırasında bu ışınlar karşı geçirgendir. Böylece yeryüzüne çarpıp yansydıklarında onları soğurur.

CO<sub>2</sub>'in atmosferdeki kosalrasyonu 18. ve 19. yüzyıllarda 280-290 ppm arasında iken fosil yakıtların kullanılması sonucunda günümüzde yaklaşık 350 ppm'e kadar çıkmıştır. Yapılan ölçümlere göre atmosferdeki CO<sub>2</sub> miktarı 1958'den itibaren %9 artmış ve günümüzdeki artış miktarı yıllık 1 ppm olarak hesaplanmıştır. Dünyada enerji kullanımı sürekli arttığından, kullanılmakta olan teknoloji kısa dönemde değışse bile, karbondioksit artışının durdurulması olası görülmemektedir.

Oranı binlerce yıldan beri değışmemiş olan metan gazı, son birkaç yüzyılda iki katına çıkmış ve 1950'den beri de her yıl %1 artmıştır. Yapılan son ölçümlerde ise metan seviyesinin 1,7 ppm'e vardığı görülmüştür. Bu değışiklik CO<sub>2</sub> seviyesindeki artışa göre az olsa da, metanın CO<sub>2</sub>'den 21 kat daha kalıcı olması nedeniyle en az CO<sub>2</sub> kadar dünyamızı etkilemektedir.

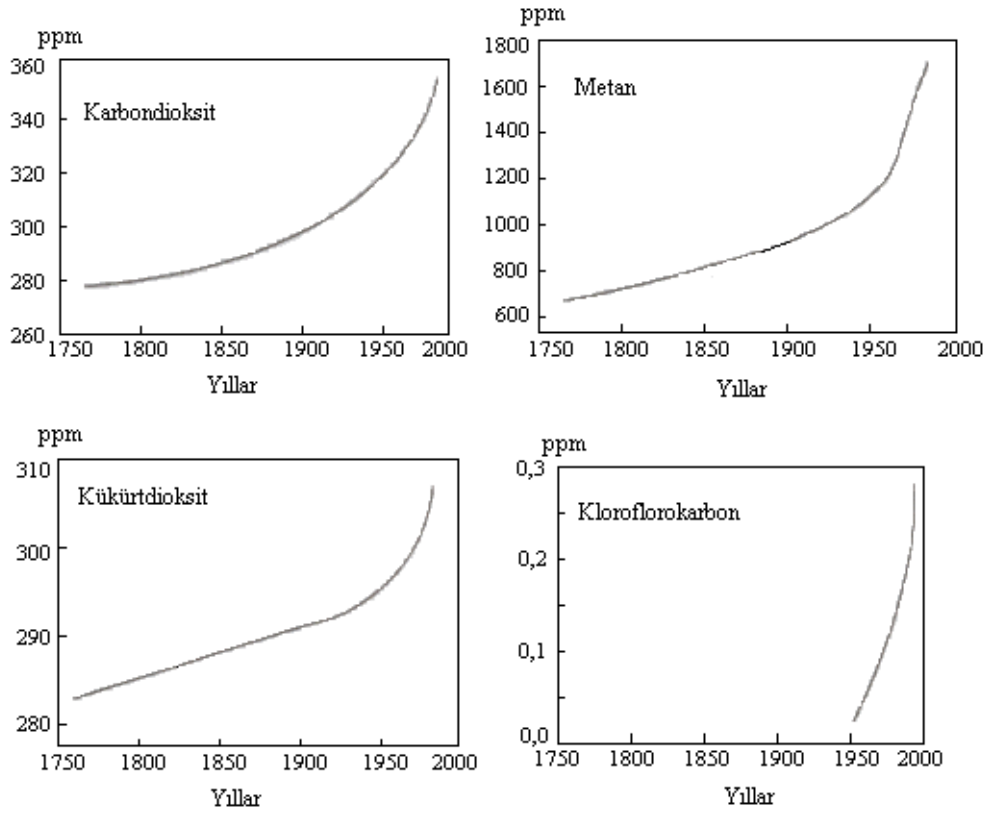
Azot ve oksijen 250°C sıcaklıkta kimyasal reaksiyona giren azotoksitleri meydana getirir. Azotoksit, tarımsal ve endüstriyel etkinlikler ve katı atıklar ile fosil yakıtların



yanması sırasında oluşur. Arabaların egzozundan da çıkmakta olan bu gaz, çevre kirlenmesine neden olmaktadır.

Sera etkisine yol açan gazlardan en önemlilerinden biri de su buharıdır. Fakat troposferdeki yoğunluğunda etkili olan insan kaynakları değil iklim sistemidir. Küresel ısınmayla artan su buharı iklim değişimlerine yol açacaktır.

Kloroflorokarbonlar (CFC) klorin, flüorin, karbon ve çoğunlukla da hidrojenin karışımından oluşur. Bu gazların çoğunluğu 1950'lerin ürünü olup günümüzde buzdolaplarında, klimalarda, sprelerde, yangın söndürücülerde ve plastik üretiminde kullanılmaktadır. Bilim adamları bu gazların ozonu yok ederek önemli iklim ve hava değişikliklerine neden olduklarını kanıtlamışlardır. Bu gazlar; DDT, Dioksin, Cıva, Kurşun, Vinilklorid, PCB'ler, Kükürtdioksit, Sodyumnitrat ve Polimerler'dir (Şekil 3).



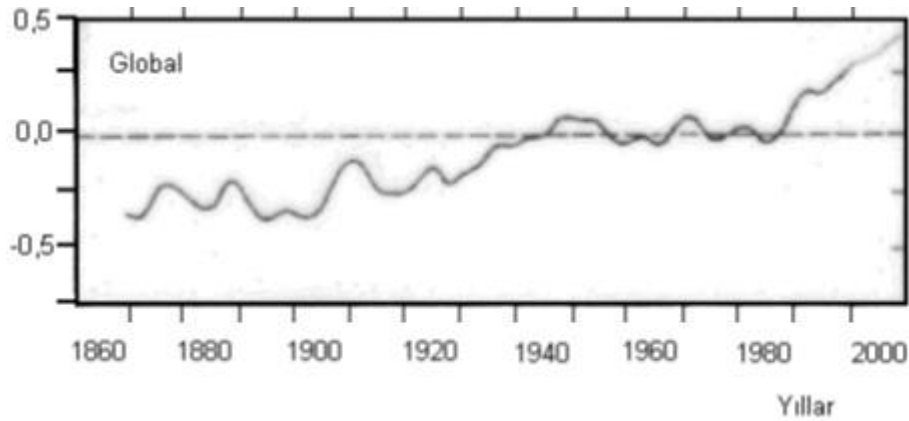
Şekil 3. Sera gazlarındaki artış (WMO Global Warning, 1990)

Ozon tabakasının incilmesi de "Küresel Isınma"yı dolaylı yoldan arttırmaktadır. USNAS'ın 1979'da yayınladığı raporda, ozon tabakasında %5 - arasında bir azalma olduğu gözlemlendiği öne sürülmüştür. Oysa bundan bir yıl önce Kasım 1978'de uzaya fırlatılan

Nimbus-7 uydusundan alınan verilere göre toplam atmosferik ozon seviyesi 1979-1991 yılları arasında orta enlemlerde %3-%5, yukarı enlemlerde %6 ila %8 arasında azalmıştır (Gleason 1993). 1992 yılında Antartika'daki Ozon seviyesi ise 1979'daki seviyesine inmiştir. 1950 ve 60'lı yıllardaki ozon kalınlığı da 1990'lı yıllardan sonra 1/3'üne kadar inmiştir. "The National Research Council" in 1982 Mart raporuna göre CFC salınımı bu şekilde devam ederse 21. yy'nin sonunda stratosferdeki ozon miktarı %5 ile arasında bir değerde azalacaktır.

### 1.3. Küresel Isınma

Sanayi devriminden beri, özellikle fosil yakıtların yakılması, ormansızlaşma ve sanayi süreçleri gibi çeşitli insan etkinlikleriyle atmosfere salınan sera gazlarının atmosferdeki birikimlerindeki hızlı artışa bağlı olarak, şehirleşmenin de katkısıyla doğal sera etkisinin kuvvetlenmesi sonucunda, yeryüzündeki ve atmosferin alt bölümlerindeki (alt troposfer) sıcaklık artışına “küresel ısınma” adı verilir. Yapılan araştırmalar 1860’tan günümüze kadar tutulan kayıtlar, ortalama küresel sıcaklığın 0.5 ila 0.8 derece kadar arttığını göstermektedir (Şekil 4) (Bayar, Behrend 1994).



Şekil 4. Küresel sıcaklıktaki artış (Bayar, Behrend 1994)

Küresel ısınmaya yol açan sera gazları; temel olarak, fosil yakıtların yakılması (enerji ve çevrim), sanayi (enerji ilişkili; kimyasal süreçler ve çimento üretimi, vb. enerji dışı), ulaştırma, arazi kullanımı değişikliği, katı atık yönetimi ve tarımsal (enerji ilişkili;

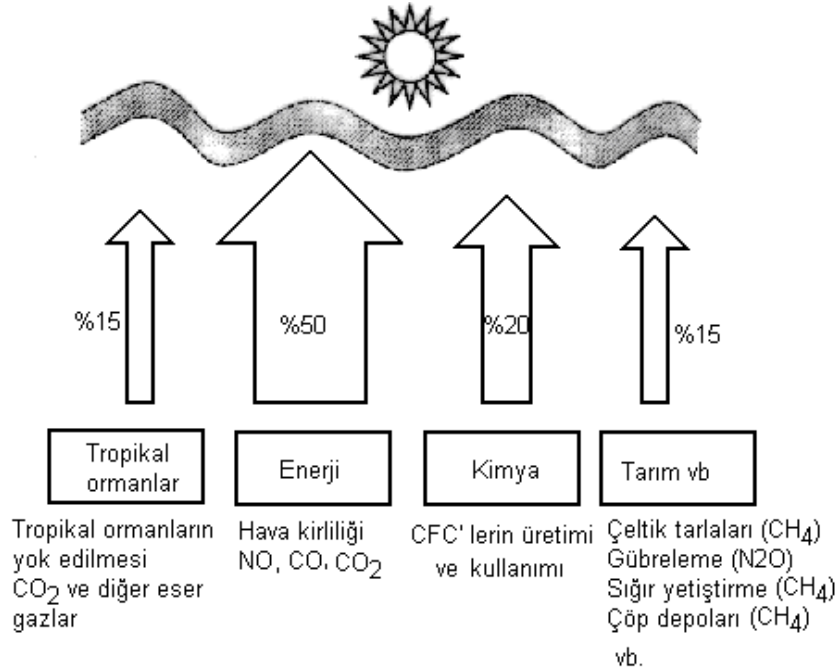
anız yakma, çeltik üretimi, hayvancılık ve gübreleme vb. enerji dışı) etkinliklerden kaynaklanır.

Küresel hesaplamalara göre, atmosfere salınan insan kaynaklı sera gazı emisyonları nedeniyle, küresel karbon dengesi denk kapanmıyor. Küresel karbon döngüsünün normal akışlarına ek olarak, esas olarak arazi kullanımı değişiklikleri ve ormansızlaştırma yoluyla 1.6 milyar ton (Mt) ve fosil yakıt yanmasından 6.3 Mt olmak üzere her yıl toplam 7.9 Mt karbon (C) atmosfere salınır (Sekil 5) (IPCC, 2002).

### 1.3.1. Küresel Isınmanın Sebepleri

Küresel ısınmanın sebeplerine bakıldığında, bunlar genel anlamda doğal nedenler ve yapay nedenler olarak iki ana grup altında toplanmaktadır.

Doğal nedenler, güneşin etkisi, dünyanın presizyon hareketi ve El Nino'nun etkisi olarak sıralanır.



Şekil 5. İnsan kaynaklı sera gazlarının nedenleri (Bayar, Behrend 1994'ten değiştirilerek)

ESA bilim adamlarından Paal Brekke; iklim bilimcilerinin uzun süredir güneş beneklerinin 11 yıllık döngüsel hareketini ve güneş'in yüzyıllık süreçler içinde parlaklık değişimini incelediklerini belirtmiştir. Bunun sonucunda güneş'in manyetik alanı ve protonlar ile elektronlar biçiminde ortaya çıkan güneş rüzgarının, güneş sisteminde kozmik ışımalara karşı bir kalkan görevinde olduğu açıklanmaktadır. Güneş'in değişken aktivitesiyle zayıflayabilen bu kalkan, kozmik ışımları geçirmektedir. Kozmik ışımların fazla olması bulutlanmayı arttırmakta, güneş'ten gelen radyasyon oranını değiştirerek küresel sıcaklık artışına neden olmaktadır.

Güneş'ten gelen ultraviyole ışınım aynı zamanda kimyasal reaksiyonların oluştuğu (ve dolayısıyla atmosferin tamamını etkileyen) ozon tabakası üzerinde değişikliğe yol açacaktır.

Diğer bir doğal sebep ise dünyanın presizyon hareketidir.1930 yılında Sırp bilim adamı Milutin MİLANKOVIÇ dünyanın güneş çevresindeki yörüngesinin her doksan beş bin yılda biraz daha basıklaştığını göstermiştir. Bunun dışında her kırk bir bin yılda dünyanın ekseninde doğrusal bir kayma ve her yirmi üç bin yılda dairesel bir sapma bulunduğunu belirtmiştir. Günümüz bilim adamlarının birçoğu dünyanın bu hareketlerinden dolayı zaman zaman soğuk dönemler yaşadığını ve bu soğuk dönemler içindeyse yüz bin yıllık periyotlarda on bin yıl süreyle sıcak dönemler geçirdiğini bildirmektedir. Bu da dünyanın doğal ısınmasının bir nedenini oluşturmaktadır.

"Güney salınımı sıcak olayı" olarak tanımlanabilecek El Nino hareketi, 1990-1998 yıllarında tropikal doğu Pasifik Okyanusu'nda deniz yüzeyi sıcaklıklarının normalden 2-5° daha yüksek olmasına neden olmuştur. Özellikle 1997 ve 1998 yıllarındaki rekor düzeyde yüzey sıcaklıklarının oluşmasında, 1997-1998 kuvvetli El Nino olaylarının etkisinin önemli olduğu kabul edilmektedir. 1998'deki çok kuvvetli El Nino bu yılın küresel rekor ısınmasına katkıda bulunan ana etmen olarak değerlendirilebilir.

Küresel ısınmanın yapay nedenleri, fosil yakıtlar, sera gazları oluşumu, şehirlerin ısı adası etkisi ve smog olarak sıralanmaktadır.

Kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil yakıtlar dünyanın bugünkü enerji ihtiyacının önemli bir bölümünü sağlamaktadır. Yapılarında karbon ve hidrojen elementlerini bulunduran bu fosil yakıtlar, uzun süreçler içerisinde oluşmakta fakat çok çabuk tüketilmekte ve atmosfere geri salınarak küresel sıcaklık artışına etki etmektedir.

Güneş'ten gelen ışınların bir bölümü ozon tabakası ve atmosferdeki gazlar tarafından soğurulur. Bir kısmı litosferden, bir kısmı ise bulutlardan geriye yansır. Yeryüzüne ulaşan

ışınlar geriye dönerken atmosferdeki su buharı ve diğer gazlar tarafından tutularak dünyayı ısıtmakta olduğundan yüzey ve troposfer, olması gerekenden daha sıcak olur. Bu olay, güneş ışınlarıyla ısınan ama içindeki ısıyı dışarıya bırakmayan seraları andırır; bu nedenle de doğal sera etkisi olarak adlandırılır.

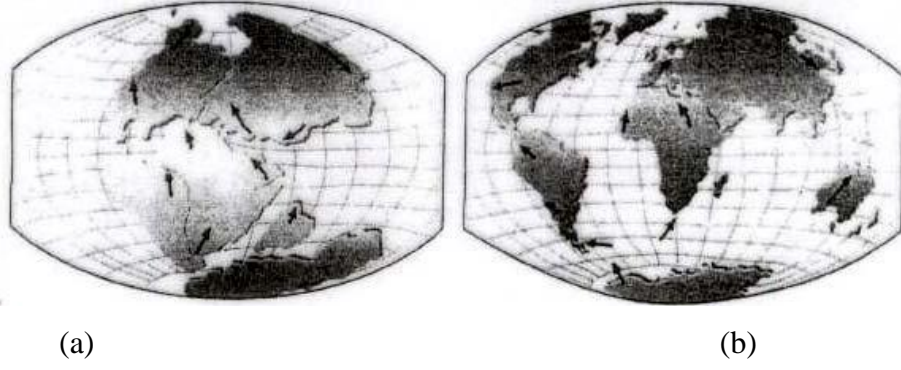
Güneşli ve sıcak günlerde, yoğun nüfuslu ve yüksek binaların sıklıkla görüldüğü kentsel bölgelerin çevrelerine göre daha sıcak olmaları, şehirlerin ısı adası etkisini oluşturur. Bu asfaltlanmış alanlar, bitki topluluklarının köreltilmiş olduğu bölgeler ve siyah yüzeyler "ısı adası etkisi"nin başlıca nedenleridir.

Havaya salınan fazla miktardaki gazlar, atmosferdeki havayı yoğunlaştırır, gaz tabakasını kalınlaştırır. Bu yüzden gelen güneş ışınları daha fazla emilir, daha az yansıtılır ve yapay bir sera etkisi oluşur. Gazlar, özellikle büyük şehirlerde, hava yoğunluğu (smog) oluşturarak etkili olmaktadır.

#### **1.4. Küresel İklim Değişikliği**

Yaklaşık 4,5 milyar yıllık bir yaşa sahip olan dünyamızda, belirli dönemlerde, unsurları arasındaki doğal dengenin çeşitli nedenlerle bozulmasına bağlı olarak iklimde büyük değişimler olmuştur. Ancak, etkileri bilinen iklim değişiklikleri, dördüncü jeolojik zamanda (kuvaterner) olan değişimlerdir. İnsanların tarih sahnesine çıkışına kadar olan süreçte, dünyanın coğrafyası bir çok defa değişmiştir (Şekil 6). Bu değişiklikler; iklim sistemini oluşturan güneş, atmosfer ve yerküre arasındaki ilişkilerin, doğal mekanizmalarla bozulması sonucu ortaya çıkmıştır.

İnsanların tarih sahnesine çıkışından, Sanayi Devrimine kadar olan süreç içerisinde meydana gelen iklim değişimlerini de yine doğal nedenlere bağlamak gerekir. 19.yüzyılın ortalarından itibaren doğal etkenlerle ilişkili olan değişimlere, insan etkilerinin de katkısı olduğu kesindir. Nitekim, insanın tarih sahnesine çıkışından günümüze kadar olan dönemde, yeryüzünün buzullarla kaplandığı "buzul" ve bunların gerilediği buzullar arasındönemlerde yaşanmış doğal ve beşeri çevre büyük ölçüde etkilenmiştir. Örneğin zamanımızdan 20.000 yıl kadar önce kuzey yarım küreyi etkileyen soğuklar, Avrupa kıtasının kuzey kesimlerinin tamamen buzullarla kaplanmasına ve deniz seviyesinden bugünküne göre 125 m alçalmasına neden olmuştur. Denizin alçalması sonucu Sibirya ve Alaska birleşmiş, tek bir kara parçası hâline gelmiştir. Bu ortam değişikliği Asyakıtasından Amerika kıtasına insan ve bitki göçünün gerçekleşmesini sağlamıştır.

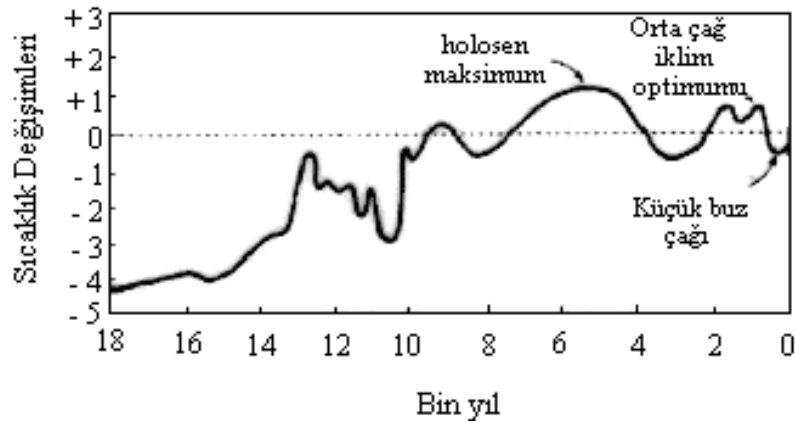


Şekil 6. 180 milyon yıl önceki ve günümüzdeki karaların dağılımları

Bu nedenle ABD yerlilerinin Asya kökenli olduğu iddia edilmektedir. Bu periyot 4000 yılıkadar sürmüştür, daha sonra buzullar çekilmeye ve sıcaklık artmaya başlamıştır (Ahrens D. C. 1994).

Günümüzden 11 bin yıl kadar önce sıcaklık hızlı bir biçimde düşmüş, yine Avrupa'nın kuzeyi ve ABD'nin kuzey doğusu buzullarla kaplanmıştır. Bu buzul ilerlemesinden bin yıl sonra sıcaklık yavaş yavaş yeniden yükselmiş ve günümüzden 8 bin yıl önce dekaraları kaplayan buzullar tamamen ortadan kalkmıştır.

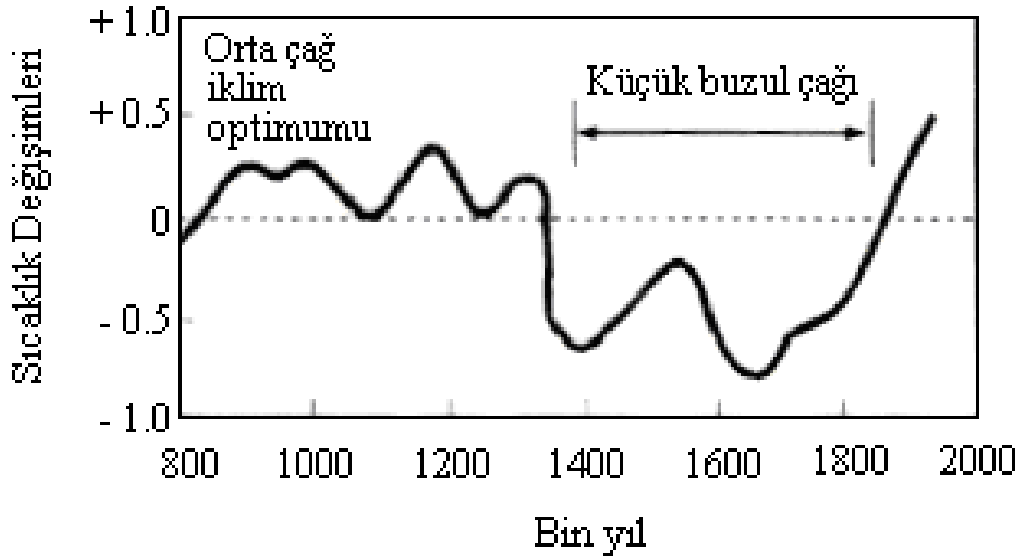
Günümüzden 6000 – 6500 yıl önce küresel ortalama sıcaklık bugünküne göre birderece daha yüksekti. “Orta Holosen Maksimumu” adı verilen bu periyot bitkilerin geliştiği, çeşitli eko sistemlerin olduğu ve dünyanın bugünkü iklim konumuna yaklaştığı bir dönem olmuştur. Bu dönemi izleyen yıllarda genel bir soğuma görülmüş, bunun sonucunda alp buzulları gibi, bazı dağlar üzerinde buzullar oluşmuş ve kuzey yarımküre şimdiki görünümüne ulaşmıştır (Şekil 7).



Şekil 7. Son 18.000 yıl içinde görülen ortalama hava sıcaklığı değişimleri

Son bin yıl içerisinde, kuzey yarım kürede yaşanan iklim koşullarını aşağıdaki şekilde özetlemek mümkündür (Şekil 8).

1. 1200'lü yıllarda, ılıman ama değişken bir iklim tipi etkili olmuştur. Birkaç yüzyıl fırtına, sel, şiddetli yağış ve kuraklık gibi doğal afetler yaşanmıştır.
2. 1400 – 1550 yılları arasında kararlı iklim koşulları etkili olmuştur. 1550'liyılların ortalarından itibaren 300 yıl süren ve "Küçük Buz Çağı" olarak adlandırılan periyot yaşanmıştır. Bu dönemde dağ buzulları gelişerek vadilere doğru sarkmış, sert ve uzun kışlar kısa ve yağışlı yazlar görülmüştür.

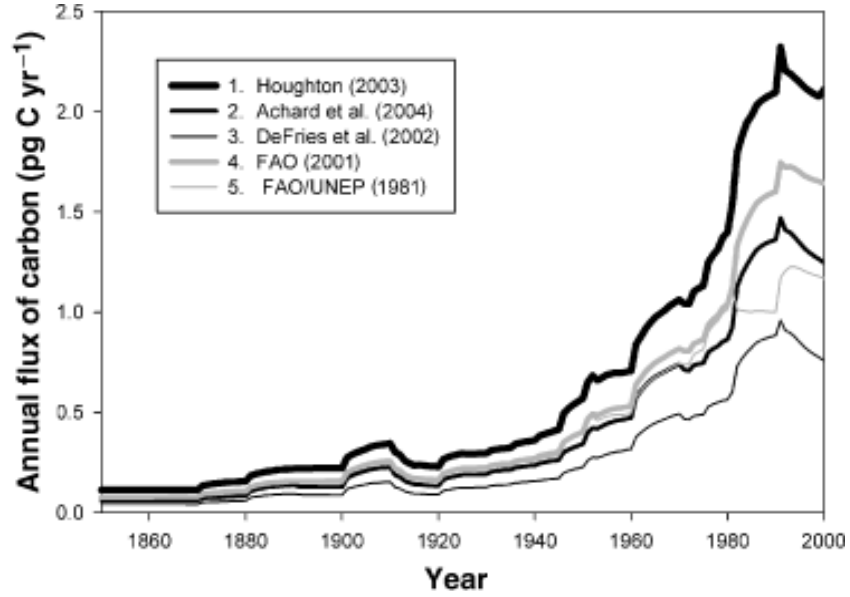


Şekil 8. Son yıldaki Doğu Avrupa'da görülen ortalama sıcaklık değişimleri

3. Bu dönem içinde 1816 yılında görülen anormal iklim koşulları sonucunda Avrupa çok büyük kıtlık yaşamış, açlıktan çok sayıda insan ve hayvan yaşamını yitirmiştir. ABD ve Kanada'da Mayıs-Eylül ayları arasında önemli soğuklar yaşanmış, bu yaz döneminde 1800 kişi donarak ölmüştür. Bunun için bu döneme "yazsız yıl" denmektedir (Ahrens D. C. 1994).
4. 1800'lü yılların sonunda 1900 – 1940 yılları arasında küresel ortalama sıcaklık 0,5 derece kadar artmıştır. Bu artışı 25 yıllık bir soğuma dönemi izlemiştir.
5. 1970, 1980, 1990'larda küresel ortalama sıcaklıklarda bir artış eğilimi gözlenmiş 1990'lı yıllarda, 1978 yılından sonra en sıcak 8 yıl yaşanmıştır.

6. 1998 yılı, hem kuzey hem de güney yarım kürede aletlerle ölçümün başladığı 1860 yılından beri yaşanan en sıcak yıl olmuştur ( Öztürk, 2002).

Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) tarafından ortaklaşa yürütülen Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)'nin 1996 yılında hazırladığı 2. Değerlendirme Raporu'nda küresel iklim değişikliğinin tanımı, “Karşılaştırılabilir bir zaman diliminde gözlenen doğal iklim değişkenlikleri ile, küresel atmosferin doğal yapısını doğrudan ya da dolaylı biçimde bozan insan etkinlikleri sonucunda iklimde oluşan değişikliklerin bütünü” biçiminde yapılmıştır (IPCC 1996). Bu tanımdan da anlaşılacağı üzere, iklimde gözlenen değişimin bir bölümü doğal olaylardan kaynaklanmaktadır. Nitekim dünya ikliminin jeolojik çağlar içinde milyonlarca defa ısınıp soğuduğu bilimsel araştırmalar ile sabittir. Bu nedenle, yapılan tanımda iklim değişiminin bir bölümünü doğal karşılanmakta ve temel nedeni olarak özellikle 1850 yılında başlayan sanayi devriminden sonra atmosfer içinde miktarı giderek yükselen sera gazları ile sonucu ormansızlaşmaya varan arazi kullanım değişikliği gösterilmektedir (Şekil 9).



Şekil 9. Karbonun yıllık seyri (Houghtan, 2003)

Bugün hemen bütün iklim bilimciler tarafından, dünya iklimi sisteminde bir bozulmanın olduğu kabul edilmektedir. Doğal dengenin bozulmasına neden olan insanların, gerekli önlemler alınmadan çeşitli etkinliklerinin devam etmesi hâlinde iklimdeki bu bozulmaların artarak, sonucu çok ürkütücü olan, küresel ısınmaya bağlı iklim



değişikliklerinin yaşanacağı kesin olarak vurgulanmaktadır. Çünkü beşerî nedenlerle, atmosferdeki sera gazı birikimlerindeki ve partiküllerdeki artış, doğal çevrenin tahribi, ozon tabakasındaki incelme, küresel boyutta sıcaklık artışına neden olacaktır.

Gelecekte görülebilecek iklim değişikliği ile ilgili olarak, çeşitli kaynaklarca daha çok sera gazı emisyonlarının dikkate alındığı, senaryolar üretilmektedir. Bunlar çeşitli matematiksel iklim modellerine yüklenmesiyle ortaya çıkan sonuçlar, iklimde başlayan değişikliklerin gelecekte de süreceğini göstermektedir.

Birleşmiş Milletler, Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından ortaya konulan senaryolara göre, küresel sıcaklıkta 2100 yılına kadar ortalama 1 ila 3,5 derecelik bir artışı olacağı bilinmektedir. Bunun anlamı, en iyimser koşullarda her on yılda yaklaşık 0,1 derecelik bir sıcaklık artışı görülecektir. (IPCC, 2001 ) Bunun sonucunda; deniz seviyesinin yükselmesinden, sıcaklık ve yağış rejimlerinin değişmesinden kaynaklanan ve afet boyutlarına ulaşan çok değişik sonuçlar yaşanacaktır. Seller, taşkınlar, kuraklık ve sonuçta çölleşme, fırtınalar, biyolojik kökenli afet niteliğindeki salgınlar, bu sorunlardan bazıları olup, bunlar daha geniş alanlara yayılacak ve çok daha sık görülecektir. (Öztürk, 2002)

Buna göre küresel iklim değişimi denildiğinde kısaca; son 150 yıl içinde atmosferin doğal yapısında fosil yakıt tüketimi ile doğrudan, ya da sonucu ormansızlaşmaya varan arazi kullanım değişikliği ile dolaylı yoldan insan etkisiyle oluşan komplike süreç sonucunda iklimde ortaya çıkan değişimleri anlamamız gerekmektedir. Bu fenomeni önlemek için de ormanları bu düşünce doğrultusunda işletmemiz ve böylece, orman alanlarını genişletmek suretiyle atmosferden emilen CO<sub>2</sub> miktarını giderek arttırmamız öngörülmektedir (ASAN 2005).

### **1.5. Küresel İklim Değişikliği Olgusunun Tarihsel Seyri**

Toplumun ilgisini son 20 yıl içinde çekmeye başlayan artan sera etkisi ve küresel ısınma, yaklaşık 100 yıldır bilinmekte ve incelenmektedir. Atmosferdeki CO<sub>2</sub> birikiminin değişmesine bağlı olarak, iklimin değişebilirliği ilk kez 1896 yılında Nobel ödülü sahibi İsveçli S. Arrhenius tarafından öngörülmüştür. Ancak, ilk kez 1979 yılında Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) öncülüğünde "Birinci Dünya İklim Konferansı" düzenlenmiş; fosil yakıtlardan ve CO<sub>2</sub> birikiminden kaynaklanan küresel iklim değişikliği

vurgulanmıştır. Yapılan ilk ciddi konferans, 5-12 Haziran 1992 tarihindeki Rio Konferansı'dır.

### **1.5.1. Uluslararası Süreçler**

#### **1.5.1.1. Stockholm Konferansı (1972)**

5-16 Haziran 1972'de Stockholm'de ilk Birleşmiş Milletler Çevre Konferansı toplandı. Stockholm Konferansı olarak da bilinen bu konferans, İsveç hükümetinin inisiyatifiyle Birleşmiş Milletler Genel Sekreteri Burmalı U Thant' ın (1909-1974) öncülüğünde organize edildi. Birleşmiş Milletler' in çevre ve kalkınma konusunda düzenlediği ilk önemli uluslararası etkinlik olan bu konferansı Kanadalı girişimci ve doğa dostu Maurice Strong yönetti. Konferans n açılış konuşmasını İsveç Başbakanı Olof Palme (1927-1986) yaptı. Konferansa 113 ülke, 19 uluslararası kuruluş ve 400'den fazla sivil toplum örgütü temsilcileri katıldı. Küresel çevre problemlerinin ilk defa uluslararası platformda görüşüldüğü bu konferans sonunda katılımcılar 26 prensip ve bir Eylem Planı üzerinde anlaştılar ve bir deklarasyon yayınladılar. Bu deklarasyondaki iklim açısından en önemli prensipler “dünyadaki doğal kaynakların (hava, su, toprak, bitki ve hayvanlar) ve doğal ekosistemlerin şimdiki ve gelecek nesillerin faydası için korunması” ve “bunun uluslararası düzeyde yapılması gerektiği” ydi. 1974 Ozon Tabakası İnceliyor 1970'lerde Amerikalı kimyager Frank Sherwood Rowland ve Meksikalı kimyager Mario Molina, endüstride refrijeran ve itici gaz olarak kullanılan ve kullanım esnasında da atmosfere salınan insan yapısı kloroflorokarbon'ların (CFC) dünya atmosferine olası etkilerini araştırmaya başladılar. 1974'de yayınladıkları makalede bu kimyasalların stratosferde güneş ışınlarıyla birleşerek çözüldüğünü ve bu çözülme esnasında klor ve klor monoksit atomları salarak atmosferdeki ozon moleküllerini yok ettiğini ortaya koydular. İki kimyager, bu çalışmalarıyla CFC' lerin ozon tabakasının incelmesine yol açtığını ve bu sebeple dünya yüzeyine fazla miktarda tehlikeli UV-B ışınlarının ulaştığını göstermiş oldular. Rowland ve Molina'nın sonuçlarına DuPont gibi birçok kimyasal üreticisi firmanın şiddetle karşı çıkmasına rağmen, 1976'da Amerikan Ulusal Bilim Akademisi bu sonuçları onayladı ve Amerika Birleşik Devletleri, 1978'de CFC içeren püskürteçlerin kullanımını yasakladı. 1995'de de, yani makalelerini yayınladıktan yaklaşık 20 yıl sonra,

Rowland ve Molina, aynı konularda çalışan Hollandalı kimyager Paul J. Crutzen ile birlikte, kimya dalında verilen Nobel Ödülü'nün sahibi oldular.

#### **1.5.1.2. Dünya İklim Konferansı (1979)**

İlk Dünya İklim Konferansı 12-23 Şubat 1979'da Cenevre'de Birleşmiş Milletler'e bağlı dünya Meteoroloji örgütü tarafından organize edildi. Değişik bilim dallarından araştırmacıların katıldığı bu konferansta insan kaynaklı küresel ısınmaya bağlı iklim değişikliği masaya yatırıldı. Bu konferans, iklimle ilgili bilimsel verilerin ve iklim değişikliğinin boyutu ve etkilerinin araştırılmasını amaçlayan Dünya İklim Programı'nın oluşturulmasıyla sonuçlandı.

#### **1.5.1.3. Viyana Anlaşması (1985)**

İngiliz Antarktika Harita/Ölçüm Bilimcileri Farman, Gardiner ve Shanklin Nature dergisinde 1985'de yayınladıkları bir makalede kutuplar üzerinde daha önce belirlenen ozon tabakasındaki incelmelerin tahminlerden çok daha ileri boyutta olduğunu ve Güney Kutbu'nun üzerinde Amerika Birleşik Devletleri'nin yüz ölçümü kadar büyüklükte bir delik açıldığını bildirdiler. Aynı yıl, birçok CFC üreticisi ülkenin de dahil olduğu 20 ülke, ozon tabakasının korunmasını amaçlayan Viyana Anlaşması'nı imzaladı ve ozon tabakasını incelten ve aynı zamanda da küresel ısınmaya da yol açtığı düşünülen CFC'lerin uluslararası platformda denetim ve yönetimi konusunda uluslararası pazarlıklar başladı.

#### **1.5.1.4. Montreal Protokolü (1987)**

Viyana'da başlayan pazarlıklar 1987'de ozon tabakasını tüketen maddelere dair bir uluslararası anlaşma olan Montreal Protokolü'nün imzalanması ile sonuçlandı. Birleşmiş Milletler Genel Sekreteri Kofi Annan tarafından "son zamanların en başarılı uluslararası anlaşması" olarak nitelendirilen Montreal Protokolü, 196 ülke tarafından imzalandı ve 1989'da yürürlüğe girdi. Anlaşma ile önce gelişmiş ülkelerin, daha sonra da gelişmekte olan ülkelerin CFC kullanımını 2030'a kadar tamamen durdurması karara bağlanmış oldu. Gelişmekte olan ülkelerin anlaşma yaptırımlarını yerine getirebilmeleri için gerekli

finansmanı sağlamak amacıyla bir de Çok Taraflı Fon kuruldu. Anlaşmanın yaptırımları sonucunda ozon tabakasının 2050'ye kadar eski haline dönmesi hedeflendi.

#### **1.5.1.5. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) (1988)**

Aralık 1988'de, Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC), dünya Meteoroloji örgütü ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) tarafından kuruldu. İklim konusunda uzman İsveçli meteorolog Bert Bolin'in (1925-2007) başkanlığında toplanan bu panelin görevi, küresel ısınma ve iklim değişikliği konusunda dünya genelinde yürütülen en yeni bilimsel, teknik ve sosyo-ekonomik çalışmaları derleyip incelemek ve ortaya çıkan sonucu küresel kamuoyuna ve uluslararası karar mekanizmalarına iletmektir. IPCC, 1990, 1992, 1995, 2001 ve 2007'de iklim değişikliği ve bunun dünya ve insanlık üzerindeki olası etkileri üzerine raporlar yayımladı. Bu raporların hazırlanmasına 130 ülkeden binlerce araştırmacı katıldı. IPCC, bu kolektif çalışmasıyla 2007'de Nobel Barış Ödülü'nü Amerika Birleşik Devletleri Başkan Yardımcısı Al Gore ile paylaştı. Bu arada Amerikalı İklim Bilimci James Hansen, 1988'de Amerikan Senatosu'na verdiği ifadede, dünyada ilk olarak kendisinin hazırladığı "atmosferik genel dolaşım modeli"nden elde ettiği iklim tahminlerine dayanarak, dünyada insan yapısı iklim değişikliğinin kaçınılmaz olduğunu ve küresel ısınmanın gerçekleşmekte olduğunu bildirdi.

#### **1.5.1.6. Rio, BM Çevre ve Kalkınma Konferansı (1992)**

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 götürecektir 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. Sözleşmenin amacı; iklim değişikliğine neden olan sera gazı emisyonlarının azaltılması ve bu amaçla alınacak tedbirler için gelişme yolundaki ülkelere finansman kaynağı ve teknoloji transferi sağlanmasıdır. İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi 21 Mart 1994 yılında yürürlüğe girmiş ve sözleşmeye 186 ülke ve Avrupa Birliği (AB) 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-4).

#### **1.5.1.7. İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (1994)**

Küresel sorunların çözümü küresel işbirliğini gerektirmektedir. Küresel ısınmanın muhtemel sonuçlarının giderek çevre alanındaki en temel sorunu oluşturmaya başlaması karşısında, 1992 yılında Rio Çevre ve Kalkınma Konferansı'nda kabul edilen ve 50 ülkenin onaylamasını müteakip 21 Mart 1994 tarihinde yürürlüğe giren "İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi" (İDÇS) teşkil edilmiştir. Sözleşmenin amacı, atmosferde tehlikeli bir boyuta varan insan kaynaklı sera gazı emisyonu konsantrasyonunun iklim sistemi üzerindeki olumsuz etkisini önlemek ve belli bir düzeyde tutulmasını sağlamaktır.

Sözleşme iki ek liste içermektedir.

Ek-II: 1992 yılında OECD'ye üye 24 ülke (Almanya, ABD, Fransa, İsviçre, Norveç, Avustralya, Hollanda, İtalya, Portekiz, Avusturya, İngiltere, İzlanda, Türkiye, Belçika, İrlanda, Japonya, Yeni Zelanda, Danimarka, İspanya, Kanada ve Yunanistan) ile Avrupa Birliği'nden oluşan, gelişmekte olan ülkelere teknoloji transferi ve finansman açıdan yardım yapmakla yükümlü ülkeler listesi,

Ek-I: Emisyon kaynaklarını sınırlandırarak, emisyon emen alanları arttırarak, 2000 yılına kadar sera gazı emisyonlarını 1990 yılı seviyesine indirmeyi hedefleyen, EK-II ülkeleri ve pazar ekonomisine geçiş sürecindeki ülkeler (Sözleşmede ekonomileri geçiş sürecinde olan ülkelere sera gazı emisyonlarında farklı baz yıl seçme ayrıcalığı tanınmıştır. Bu ülkeler: Rusya Federasyonu, Hırvatistan, Slovakya, Litvanya, Ukrayna, Macaristan, Letonya, Polonya, Slovenya, Romanya, Bulgaristan, Belarus, Çek Cumhuriyeti, Estonya) listesi

Ek-I Ülkelerinin 1990-2000 yılları arası birincil enerji kaynaklı sera gazı emisyon indirim performansına bakıldığı zaman; AB'ne aday ülkelerin ortalama %35 civarında indirim sağladıkları, Türkiye'nin ise aynı dönem için %65 oranında artış kaydettiği, AB ülkelerinin 1990 yılı değerini korurken, Diğer Ek-I ülkeleri içinde yer alan ABD, Japonya, Kanada, Avustralya ve Norveç ortalama olarak yaklaşık %20 oranında artış kaydettikleri görülmektedir. Sözleşmeye 189 ülke taraf olmuştur.

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-5).

#### **1.5.1.8. Helsinki Konferansı (1993)**

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.

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, yenilebilme 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 (IPPC, 2001).

Bunun yanında toplantı sonucunda ortaya çıkan genel deklarasyon ve bu bağli 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.

#### **1.5.1.9. Kyoto Protokolü (2005)**

Gelişmiş ülkelerin 2000 yılındaki sera gazı emisyonlarını 1990 yılı seviyesinde tutmak için İDÇS'nin yetersiz olduğu kabul edilerek, yükümlülüklerin daha sıkı hale

getirilmesi ve yasal bağlayıcı bir belge olması amacıyla hazırlanan Kyoto Protokolü 16 Mart 1998 ila 15 Mart 1999 tarihleri arasında imzaya açık kalmıştır. Protokole göre; Ek-I listesinde yer alan ülkeler, 2008-2012 birinci taahhüt dönemi sonunda toplam sera gazı emisyonlarını ortalama olarak 1990 yılı seviyesinin en az %5.2 altına indirme yükümlülüğünü kabul etmişlerdir.

Kyoto Protokolü'nün yürürlüğe girmesi iki şarta bağlanmıştır. Birincisi, protokolün 55 ülke tarafından onaylanması, ikincisi ise 1990 yılında hesaplanan toplam CO<sub>2</sub> emisyon miktarının en az %55'inden sorumlu Ek-I ülkelerinin 55 ülke içinde yer alması gerekmektedir. Yüzde 36.1 paya sahip olan Amerika Birleşik Devletleri Protokolü onaylamayacağını açıklaması üzerine gözler %17'lik bir paya sahip olan Rusya Federasyonu üzerine çevrilmiştir. Nitekim, Rusya Federasyonu 18 Kasım 2004 tarihinde onay belgesini Depozitere sunmasını müteakip 16 Şubat 2005 tarihinde Protokol yürürlüğe girmiştir. Bugüne kadar Protokol 141 ülke ile Avrupa Birliği tarafından onaylanarak kabul edilmiştir.

Kyoto Protokolü sözleşmede olduğu gibi iki ek liste içermektedir. 1990 yılına oranla sayısal emisyon azaltım hedeflerinin yer aldığı Ek-B listesi Sözleşmenin Ek-I listesinde yer alan taraf ülkelerden teşekkül etmektedir. Protokole taraf olmayan ancak Ek-I listesinde yer alan Türkiye ve Beyaz Rusya Ek-B listesinde yer almamaktadır. Ek-B ülkeleri Protokol kapsamında sınırlama getirilen altı sera gazı toplam emisyonlarını 2008-2012 döneminde 1990 yılı seviyesinin en az %5.2 altına indireceklerdir. Kyoto Protokolü Ek-B listesine göre, Ek-1 ülkelerinden Türkiye ve Belarus hariç olmak üzere;

- ABD %7 indirim,
- Japonya, Kanada, Polonya ve Macaristan %6 indirim,
- Hırvatistan %5 indirim,
- Rusya Federasyonu, Yeni Zelanda ve Ukrayna %0,
- Norveç %1 artış,
- Avustralya %8 artış,
- İzlanda %10 artış,
- Avrupa Birliği, Diğerleri %8 indirim

hedefleri belirlenmiştir. Gelişme yolundaki ülkeler de gönüllü olarak sayısal sera gazı emisyon azaltım hedefi verebileceklerdir. Ek-B'de yer alan taraf ülkelerin belirlediği sayısal emisyon azaltım oranı hakkında 2005 yılında gösterilebilir bir ilerleme kaydedilmiş olduğu belgelerle sunulacaktır. Bu tarih aynı zamanda ikinci taahhüt döneminin



çalışmalarına başlanacak yıl olarak kabul edilmiştir. Protokolün uygulanmasına yönelik yapılacak ilk değerlendirme, Protokolün yürürlüğe girişini takip eden 2. Taraflar Konferansında yapılması kararlaştırılmıştır.

İklim değişikliğine neden olan sera gazı emisyonlarının nereden ve nasıl meydana geldiğinin küresel etkiler açısından hiçbir önemi bulunmamaktadır. Zira, emisyon kaynaklarına ilişkin alınacak tedbirlerin mekansal bir önemi yoktur. Nihai hedef, insan faaliyetlerinden kaynaklanan sera gazı emisyon indiriminin en az maliyetle gerçekleştirilmesidir. Sera gazı emisyonlarının birim azaltım maliyeti ülkelere göre farklılık göstermektedir. Maliyetinin düşük olduğu ülkelerde indirim gidilmesi daha ekonomik olacaktır. Esneklik mekanizmaları ile Ek-I ülkelerinin bu ucuz maliyetten yararlanmaları söz konusu olacaktır. Protokolde tanımlanan esneklik mekanizmaları ise şunlardır:

a) Emisyon Ticareti (Emission Trading–ET): Kyoto Protokolü'nün 17. Maddesi ile düzenlenmiş olan bu mekanizma, Ek-I ülkeleri arasında emisyon ticaretini mümkün kılmaktadır. Ek-I listesinde yer alan herhangi bir taraf ülke, Ek-B'de belirlenmiş olan emisyon azaltım miktarının bir bölümünün ticaretini yapabilir. Diğer bir ifadeyle taahhüt edilen emisyon miktarından daha fazla azaltım yapan taraf ülke, emisyonundaki bu ilave azaltımı bir başka Ek-I ülkesine satabilir.

b) Ortak Uygulama (Joint Implementation - JI): Protokolün 6. Maddesi ile düzenlenen bu mekanizma Ek-I ülkeleri arasında gerekli şartların sağlanması koşuluyla, insan kaynaklı sera gazı emisyonlarının azaltılmasını veya sera gazlarının yutaklar yoluyla uzaklaştırılmasını amaçlayan projelerden elde edilen "Emisyon Azaltma Kredisi" (Emission Reduction Unit) kazanır ve kazanılan bu krediler toplam hedeften düşülür.

c) Temiz Kalkınma Mekanizması (Clean Development Mechanism -CDM): Ek-I ve Ek-I dışı ülkeler arasında uygulanacak olan bu mekanizma, Protokolün 12. Maddesi ile düzenlenmiştir. Bu mekanizma ile Ek-I Dışı ülkelerin sürdürülebilir kalkınma ilkesi doğrultusunda sera gazı azaltımına katkı sağlamaları amaçlanmaktadır. Ek-I'de yer alan tarafların emisyon azaltım taahhüdünü gerçekleştirmek için Ek-I dışı ülkelerde yapacakları proje faaliyetleri sonucunda "Sertifikalandırılmış Emisyon Azaltım Kredisi" (Certified Emission Reductions) elde edeceklerdir.

Kyoto düzenekleri (Ortak Yürütme, Temiz Kalkınma Düzenegi ve Salım Ticareti), gelişmiş ülkelere, sera gazı salımlarını buna bağlı olarak da iklim değişikliğinin etkilerini

azaltma etkinliklerini en düşük maliyetle yüklenmek için, ulusal sınırlarının dışına çıkma kolaylığı sağlar (Türkeş vd., 2000; Türkeş, 2001b).

KP'nin ve Kyoto düzeneklerinin uygulanmasına ilişkin yasal kuralların çerçevesi, Temmuz 2001'de kabul edilen Bonn Anlaşması ile çizildi (Türkes, 2001c). Bonn Anlaşması'nın içerdiği ana politik uzlaşma konuları ise, Kasım 2001'de Fas'ın Marakes kentinde yapılan Taraflar Konferansı'nın 7. toplantısında (TK-7) kabul edilen Marakes Uzlaşmaları'yla yasal metinlere dönüştürüldü.

#### **1.5.1.10. Montreal (2005)**

İDÇS Taraflar Konferansı'nın 11. (İDÇS/TK-11) ve Kyoto Protokolü'ne taraf ülkelerin toplantısı olarak hizmet eden Taraflar Konferansı'nın birinci (KP/TK-1) toplantıları, 28 Kasım – 10 Aralık 2005 tarihlerinde Kanada'nın Montreal kentinde gerçekleştirildi. Montreal Konferansı, ele alınan başka önemli konuların yanı sıra, İDÇS taraflar konferanslarının önceki toplantılarında alınan kararlar gereğince yapılması çok önceden planlanmış olan ilk KP/TK toplantısı olması açısından da önemli bir konferanstı. Konferansta, 2800'ü hükümet temsilcisi, 5800'den fazlası BM organları ve kuruluşları ile hükümetler arası ve hükümetler dışı kuruluşların temsilcileri ve 817'si kayıtlı medya kuruluşlarının üyelerinden olmak üzere yaklaşık 9,500 katılımcı yer aldı.

Montreal Konferansı, hemen her önemli iklim değişikliği konferansında olduğu gibi, ABD ve bazı gelişmiş ülkelerin tüm olumsuz tavırlarına ve engelleme çabalarına karsın, 10 Aralık 2005 günü, iklim değişikliği ile savaşım konusundaki küresel çabaları kuvvetlendirmeyi amaçlayan çok sayıda kararın kabul edilmesinin ardından tamamlandı (Türkeş, 2006 ).

#### **1.5.1.11. ABD, Rusya Federasyonu ve KP**

KP' nin yürürlüğe girmesi ve yasal olarak bağlayıcı olması için, İDÇS' ye taraf en az 55 ülke tarafından onaylanması koşulu vardır. Ancak, KP' ye taraf olması öngörülen bu 55 ülkenin arasında, gelişmiş ülkelerin 1990 yılı toplam karbondioksit (CO<sub>2</sub>) salımlarının en az % 55'inikarsılayansanayilemiş ülkelerin de yer alması gerekir. ABD Başkanı G. W. Bush, ülkesinin ekonomik çıkarlarına olumsuz bir etkide bulunacağını ileri sürerek, Mart

2001'de KP' ye taraf olmayacağını açıkladı (Türkeş, 2001c, 2003b). Başkan Bush yönetiminin bu olumsuz yaklaşımını sürdürmesi durumunda, özellikle enerji tüketim kalıplarında ulusal düzeyde ciddi değişiklikler yapılmadıkça ve tüm sektörlerde gerekli yasal önlemler alınmadıkça, ABD'nin sera gazı salımlarının gelecek on yıllarda da azalmasının olanaksız olduğu bilinen bir gerçektir. Gerçekten de, ABD, Ek I ülkelerinin 1990 yılı toplam CO<sub>2</sub> salımları açısından % 36.1 gibi çok büyük bir paya sahip olduğu için, Bush yönetiminin bu olumsuz tavrı, KP' nin yürürlüğe girmesinde bir zorluğa ve gecikmeye neden oldu. Yine de, bu gecikmede, 1990 salımlarının % 17.4'üne sahip olan Rusya Federasyonu'nun da uzun bir süre KP' ye taraf olmamasının önemli bir etkisinin olduğunu unutmamak gerekiyor. Ancak, uluslararası toplum, ABD'nin tüm engellemelerine ve KP düzeneklerini kendi lehine çevirme baskısına karşın, KP'nin ABD olmaksızın yürürlüğe girebilmesi için büyük bir çaba ve işbirliği gösterdi. Özetlemek gerekirse, KP' nin Aralık 1997'den 2005 yılı başına kadar yürürlüğe girmemesinde, ABD ve Avustralya'nın yanı sıra, ABD'nin KP' den çekilmesi sonrasında özellikle salım ticareti yoluyla başta ABD olmak üzere bazı sanayileşmiş ülkelere kullanmadığı salım haklarını satarak aynı zamanda bir ekonomik yarar sağlama düşüncesi olanaksızlaşan Rusya Federasyonu'nun da dolaylı ama önemli bir rolü oldu.

KP' ye, 16 Şubat 2005 tarihine kadar -ABD ve Avustralya dışında- 1990 yılı toplam salımlarının % 44.2'sinikarsılayan hemen tüm OECD ve AB ülkeleriyle birlikte toplam 140(38+104) ülke taraf olmuştu. 1990 salımlarının % 17.4'üne sahip olan Rusya Federasyonu, AB'nin de zorlaması sonucunda, Kyoto Protokolü'ne taraf olma isteğine ilişkin onay belgesini, kendi ulusal sürecini tamamlayarak 18 Kasım 2004'te BM Genel Sekreterine resmi olarak sundu.

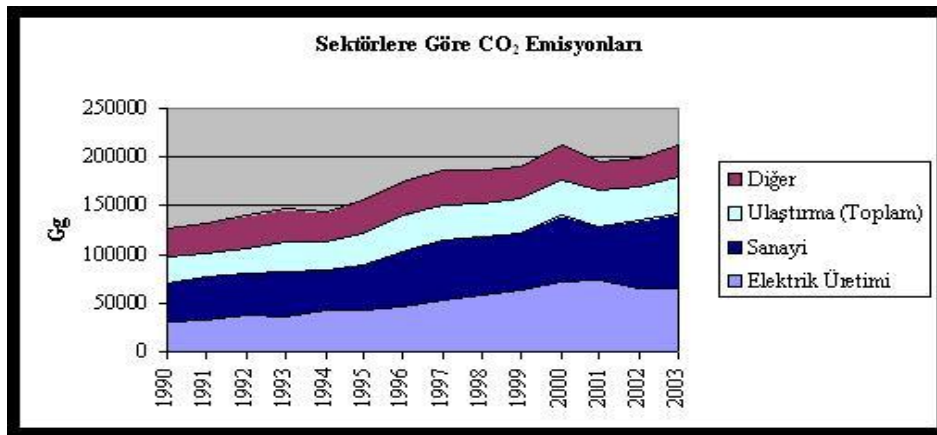
KP' nin ilgili maddesi gereğince, Rusya Federasyonu onay belgesini BM'ye sunduğu tarihten 90 gün sonra, 16 Şubat 2005 tarihinde KP' ye 141. ülke olarak taraf oldu. Bu durumda, ABD (% 36.1) olmaksızın EK-1 ülkelerinin 1990 yılı toplam salımlarının % 61.6 oranına ulaşıldı. Sonuç olarak, ABD ve Avustralya'nın küresel iklim sisteminin korunmasına yönelik olumsuz yaklaşımlarına karşın, uzun bir gecikme döneminden sonra 16 Şubat 2005 tarihinde KP yürürlüğe girmiş oldu ( Türkeş 2006).

### 1.5.2. Türkiye ve Kyoto Protokolü

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 (IPPC, 2001).

2005 yılı itibariyle Kyoto Protokolü’ne imza koymamış olsa da Türkiye, Rio-Helsinki sürecinin içinde yer almış ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı’na uyacağını 1992 yılında bildirmiştir. Ancak, gerek Türkiye’nin Kyoto Protokolü’ne henüz dahil olmaması ve gerekse Çevre ve Orman Bakanlıkları’nın önceden iki ayrı bağımsız birim halinde örgütlenmiş bulunması nedeniyle Türkiye, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi’nin öngördüğü ulusal bildirimini 2006 yılına kadar yapamamıştır. Bu eksiklik, Çevre ve Orman Bakanlığı’nın 2005 yılında başlattığı “Birinci Ulusal Bildirim Hazırlık Çalışmaları (Enabling Activities for the Preparation of Turkey’s Initial National Communication to the UNFCCC)” adlı proje ile giderilmeye çalışılmıştır (Aydın, 2010).

İDÇS ve Kyoto Protokolü ile sera gazı emisyonlarının azaltılması hedeflenmekte ve yükümlülük getirilmekte, buna mukabil, Ülkemizin emisyonlarında 1990 yılına göre artış görülmekte ve yapılan arz-talep projeksiyonlarında artışın devam edeceği görülmektedir (Şekil 10).



Şekil 10. Birincil enerji kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonumuzun sektörel dağılımı (DİE)

Kişi başına düşen CO<sub>2</sub> emisyonu açısından 1990 yılı itibari ile Ek-1 ülkeleri içerisinde en düşük değerlerden birine sahip olan ülkemizden sonraki ülke Portekiz olup, Sözleşme ve Protokole taraf olduğu halde ekonomik gelişme ve gelir seviyesindeki artış ile birlikte sera gazı emisyonları da artmaya devam etmiştir (Tablo 2). Türkiye, OECD üyesi olması sebebiyle başlangıçta sözleşmenin Ek-I ve Ek-II listesinde gelişmiş ülkeler arasında değerlendirilmiştir. Ancak, gelişmiş ülkeler ile karşılaştırma yapıldığında, Türkiye enerji üretimi ve tüketimi bakımından diğer OECD ülkelerinin gerisinde olduğu görülmektedir. Ayrıca sosyo-ekonomik kalkınma düzeyi diğer Ek-II ülkelerinden daha düşüktür. Bu nedenle sözleşmeden doğan yükümlülükleri yerine getirirken bu hususların da göz önünde bulundurulması gerekçesi ile Türkiye, sözleşmede ifade edilen “ortak fakat farklı sorumluluk” yaklaşımına dayanarak, kendisine daha uygun bir konumun sağlanması çerçevesinde eklerden çıkma yönünde çalışmalarını 1995 yılında Berlin’de yapılan ilk Taraflar Konferansından itibaren aralıksız sürdürmüştür.

Tablo 2. Birincil enerji kaynaklı kişi başına düşen CO<sub>2</sub> miktarı (ton CO<sub>2</sub>/kişi)

Yıllar	Türkiye (OECD)	Kore (OECD)	Portekiz (OECD)	EK-I Ort.	Ek-II Ort.	OECD Ort.	PEGÜ Ort.	Dünya Ort.
1990	2.29	5.28	4	11.54	12.21	10.57	11.48	3.95
2000	3.02	9.1	5.83	11.12	12.86	11.04	8.14	3.88
2002	2.77	9.48	6.07	11.09	12.8	10.96	8.19	3.89

Fas Marakeşte 2001 yılında gerçekleştirilen 7. Taraflar Konferansı’nda alınan karar ile Türkiye Sözleşmenin Ek-II listesinde çıkarılmış ve taraflar Türkiye’nin Ek-I listesinde yer alan diğer taraflardan farklı bir konumda bulunmasını sağlayacak özgün koşullarını dikkate almaya davet edilmiştir. Geline bu durumdan sonra Türkiye BM İDÇS kapsamında ve sürdürülebilir kalkınma ilkesi doğrultusunda bir yandan kalkınma hedeflerini gerçekleştirirken, diğer yandan iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin azaltılmasına yönelik olarak yürütülen küresel ortak eylemde yerini almak için 24 Mayıs 2004 tarihi itibariyle 189. taraf olarak Sözleşmeye katılmıştır. Bu katılım, çevre yönetimi ve sürdürülebilir kalkınma politikalarının diğer sektörel kalkınma uygulamalarına entegrasyonunu güçlendirecek, ayrıca, hem küresel çevrenin korunması alanındaki

uluslararası çabalara etkin bir şekilde katılmasına hem de Avrupa Birliği'ne üyelik sürecinde halen yürütülmekte olan çalışmalara katkı sağlayacaktır.

Sözleşmeye taraf olma sürecinde, 2001 yılında Başbakanlık Genelgesi ile oluşturulan İklim Değişikliği Koordinasyon Kurulu (İDKK), son gelişmeler de dikkate alınıp yeniden düzenlenerek, Başbakanlık Genelgesi olarak Şubat 2004 tarihinde yayımlandı. Bu Kurul, Bakanımızın başkanlığında, iklim değişikliği konusunda ilgili kamu kurum ve kuruluşlarının müsteşarları ile TOBB Başkanından oluşmaktadır. Ayrıca, Türkiye'nin Ulusal Bildirimini hazırlaması ve yol haritasının belirlenmesi, bununla birlikte çalışmaların süreklilik arz etmesi dikkate alınarak 8 adet çalışma grubu oluşturulup, grup koordinatörleri belirlenerek çalışmalara başlanmıştır.

Çalışma grupları;

- 1- İklim Değişikliğinin Etkilerinin Araştırılması (Koordinatör Kurum: ÇOB-DMİ)
- 2- Sera Gazları Emisyon Envanteri (Koordinatör Kurum: DİE)
- 3- Sanayi, Konut, Atık Yönetimi ve Hizmet Sektörlerinde  
Sera Gazı Azaltımı (Koordinatör Kurum: ETKB-EİEİ)
- 4- Enerji Sektöründe Sera Gazı Azaltımı (ETKB-EİG)
- 5- Ulaştırma Sektöründe Sera Gazı Azaltımı (Koordinatör Kurum: UB-DLH)
- 6- Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılık  
(Koordinatör Kurum: ÇOB-Ar-Ge)
- 7- Politika ve Strateji Belirleme (Koordinatör Kurum: ÇOB-ÇYG)
- 8- Eğitim ve Kamuoyunu Bilinçlendirme (Koordinatör Kurum: ÇOB-ÇYG)

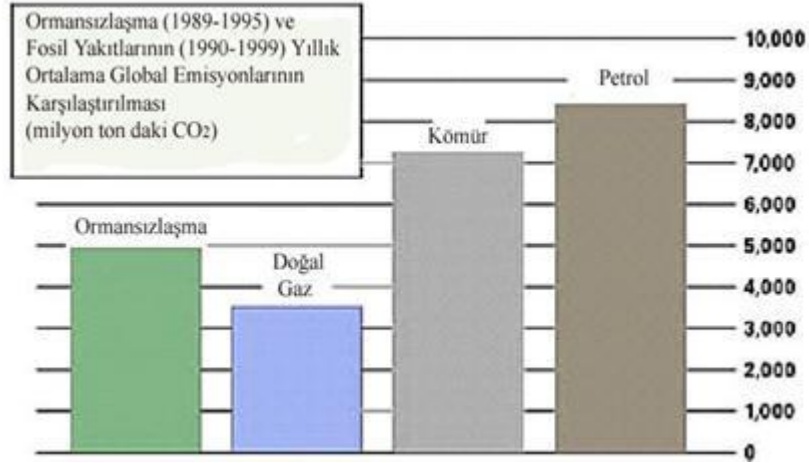
Koordinatör ve Koordinatör Yardımcısı ile Raportörler grupların ilk toplantılarında katılımcılar tarafından belirlenmiş olup, bilgilerin toplanması ve paylaşılmasında bu kişilerin ve katılımcıların önemli rolü olmuştur. Gruplar tarafından hazırlanan raporlar, Ülkemizin Sözleşme gereği UNFCCC Sekreteryasına sunması gereken "Ulusal Bildirim" in hazırlanması çalışmalarına katkı sunmakla birlikte, güncel bilgiler ve yorumları içeren kaynak özelliği taşımaktadır. Söz konusu gruplarla birlikte, GEF' ten sağlanan finansla UNDP ile birlikte Sözleşme kapsamında "Ulusal Bildirim" in hazırlanması projesi başlatılmıştır. (Kadıoğlu, 2005)

24 Mayıs 2004 tarihi itibarıyla taraf olduğumuz Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) kapsamında hazırlanması gereken İklim Değişikliği 1. Ulusal Bildirimi, Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP) katkıları ve Küresel Çevre Fonu (GEF)'nin finansal desteği ile Çevre ve Orman Bakanlığı'nın

koordinasyonunda ilgili bakanlıklar, üniversiteler ve sivil toplum örgütlerinin de katkılarıyla hazırlanmış olup, Başkanlığını Çevre ve Orman Bakanı'nın yaptığı İklim Değişikliği koordinasyon Kurulu tarafından onaylanarak İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Sekreteryası'na sunulmuştur.

### 1.6. Karbon Yutakları

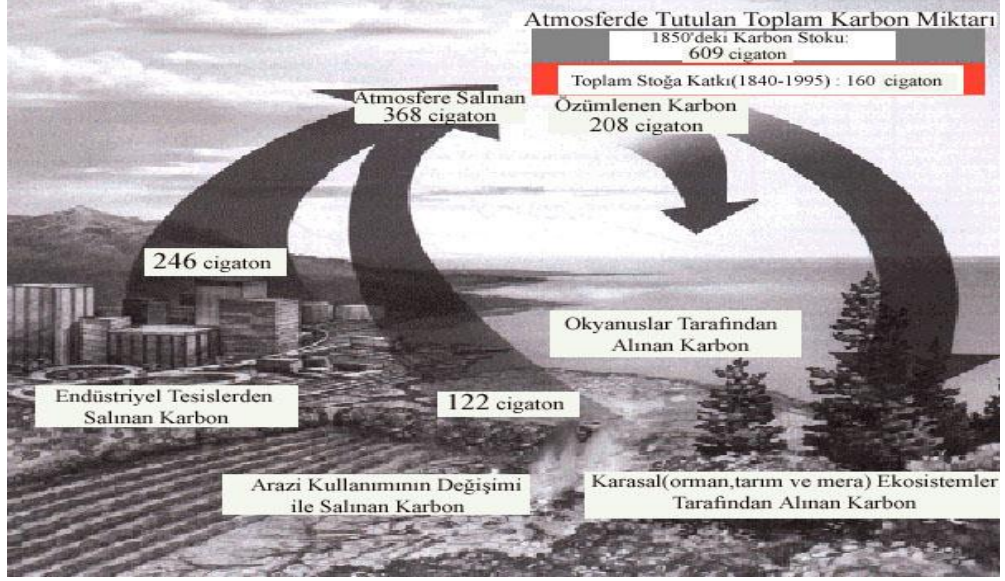
IPCC araştırmalarına göre, fosil yakıtların ve ormansızlaşmanın atmosferdeki CO<sub>2</sub> miktarını arttırma yönündeki payları Şekil 11'de (Schulze et Al 2000), salınan CO<sub>2</sub> nin emildiği yutaklar Şekil 12 (Liosa, 2001) de görünmektedir.



Şekil 11. Ormansızlaşma ve fosil yakıt tüketimlerinin CO<sub>2</sub> emisyonları içindeki payları (Schulze et Al 2000)

Şekil 12'ye göre, 1850-2000 yılları arasındaki 150 yıllık dönemde atmosfer içindeki CO<sub>2</sub> miktarı 160 cıgaton artarak 609 cıgatondan 769 cıgatona yükselmiştir. Atmosfere salınan 368 cıgaton CO<sub>2</sub> nin 208 cıgatonu okyanuslar ve karasal ekosistemlerden oluşan yutaklar tarafından emilmiştir.

Atmosfere salınan CO<sub>2</sub> nin 246 cıgatonu fosil yakıt tüketiminden, 122 cıgatonu, arazi kullanım değişikliğinden kaynaklanmıştır. Şekil 12'de özetlenen bu sonuç nedeniyledir ki, sera gazları ile bağlantılı olarak küresel iklim değişiminin izlenmesi amacıyla IPCC tarafından hazırlanan kılavuzda temel yaklaşım, arazi kullanım değişimi ve ormanlar üzerinde yoğunlaştırılmıştır (IPCC 2004).



Şekil 12. Emisyon kaynakları ve yutak alanlar arasındaki küresel karbon döngüsü ve son 150 yıl içindeki durum (Liosa, 2001)

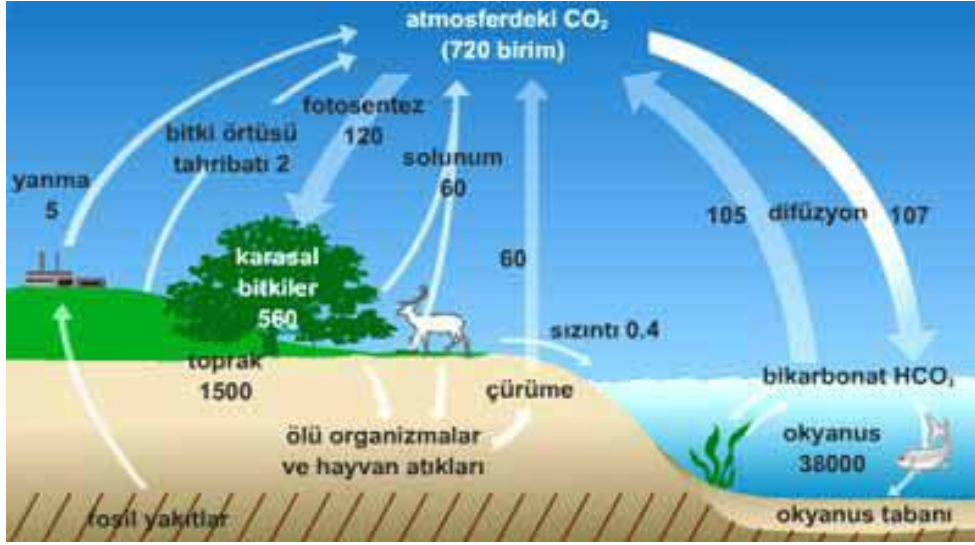
Tüm canlılar, karbon içerikli bileşikler olan organik moleküllerden oluşur. Karbonun değişim havuzu atmosferdir. Karbonun hareket ettiği başlıca 3 depo bulunur:

- 1-Atmosfer,
- 2-Okyanus.
- 3-Biyota denilen karasal organizmalar

### 1.6.1. Atmosfer

Atmosfer, karbon döngüsünde en önemli rolü oynar. Atmosferdeki karbon dioksit karasal besin zincirine fotosentez yoluyla bitkiler aracılığıyla girer. Bitkiler tarafından alınan karbonun bir kısmı solunum yoluyla yeniden atmosfere geri döner (Şekil 13). Kalan karbon, bitki dokularının yapımında kullanılır. Daha sonra otçulların bitkileri yemesiyle besin zincirinde ilerler ya da bir kısmı bitkinin ölmesiyle ayrıştırıcılara geçer. Hayvanlar ve ayrıştırıcılar karbonu solunum yoluyla tekrar karbon dioksit olarak atmosfere salar. Kalan kısım da, ayrılarak toprağın bir parçası olur. Uzun bir zaman sonra, bunların bir kısmı sıkışarak petrol ve kömür gibi fosil yakıtı dönüşür. Okyanuslar, atmosferdeki karbon dioksit seviyesinin belirlenmesinde önemli bir rol oynarlar (Bilim ve Teknik Dergisi, 2005).





Şekil 13. Karbon döngüsü

### 1.6.2. Okyanuslar

Karbon içeren gazlar difüzyon yoluyla okyanus yüzeyi ve atmosfer arasında hareket eder. Su bitkilerinin de fotosentez için sudaki karbon dioksiti kullanmaları gerekir. Okyanus bitkileri de karbonu tıpkı karasal bitkiler gibi depolar. Okyanus hayvanları bu bitkileri yiyerek karbonu depolarlar. Daha sonra, solunum yoluyla karbon dioksiti yeniden suya bırakırlar. Okyanus bitkileri ve hayvanları öldüklerinde suda çürürler (ayrışırlar). Çürüyen bitki ve hayvanlar okyanusun dibine çökerek orada çözünür ya da okyanus dibine yerleşerek tortunun içine gömülürler. Bazı deniz canlıları da karbon gazını okyanus suyundan alır ve kabuklarını yapmak için kullanırlar. Bu canlılar öldüğünde karbon dolu kabukları çözünür ya da okyanus dibine yerleşir. Her ne kadar kayaların oluşumu ve aşınımı uzun bir zaman alsa da, bu süreç karbonu sudan uzaklaştırır. Son olarak, okyanus dibinden yüzeye hareket eden su karbonu taşır. Okyanustaki karbonun bir kısmı da okyanus yüzeyinden atmosfere hareket eder. Karbon, bitkilerin solunması yoluyla yeniden atmosfere geçebilir ya da otçullar tarafından bitkilerin yenmesiyle bir üst beslenme düzeyine geçebilir. Her düzeyde karbonun büyük bir kısmı solunum yoluyla tekrar CO<sub>2</sub> olarak atmosfere geri döner. Atmosferde gaz halinde, hidrosferde ise çözülmüş olarak bulunan CO<sub>2</sub>'in deniz suyundaki çözünürlüğü atmosferdeki diğer gazlara göre oldukça fazladır. Bu yüzden okyanuslar büyük rezerv kaynaklarıdır.

### 1.6.3. Karasal Ekosistemler

Karasal ekosistemlerin iklim değişikliğindeki rolünün kabul edilmesi uluslararası literatüre “Arazi kullanımı, arazi kullanım değişikliği ve ormancılık - Land use, landuse-change and forestry (LULUCF)” kavramının girmesine olanak tanımıştır. Karbonun canlı biyokütle, çürüyen organik madde ve toprak içinde tutulduğu karasal ekolojik sistemler, küresel karbondöngüsünde önemli rol oynar. Karbon doğal olarak bu sistemler ile atmosferarasında fotosentez, solunum, ayrışma ve yanma olayları vasıtasıyla yerdeğişirir. İnsan faaliyetleri ise, bu havuzlardaki karbon stoklarınınindeğişmesine sebep olur.

Halihazırda karasal ekosistemler tarafından yılda 2.3 Gt karbon ya da insankaynaklı emisyonların yaklaşık % 30’unun uzaklaştırıldığı tahmin edilmektedir. Diğer taraftan, arazi kullanımındaki değişiklikten dolayı karasal ekosistemlerin karbon havuzlarından verilen emisyonlar yılda 1.6 Gt karbon ya da insan kaynaklı emisyonların %20’sinden fazlasınıoluşturmaktadır. Ancak, her yıl atmosfere salınan toplam 7.9Gt karbonun 4.6 Gt’luk kısmı karasal ekosistemler ve okyanuslar tarafından tutulduğunda geri kalan 3.3 Gt karbon atmosferde kalmaktadır (IPCC,2000).

Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli tarafından hazırlanan ve sera gazları envanter hesaplarında taraf ülkeler tarafından takip edilmesi tavsiye edilen LULUCF kılavuzunda karasal ekosistemler 6 grup altında ve arazi kullanım sınıfları olarakbelirlenmiştir.(URL-6)

1. Ekili alanlar
2. Çayır ve mera alanları
3. Sulak alanlar
4. Yerleşim alanları
5. Diğer alanlar
6. Orman alanları

#### 1.6.3.1. Ekili Alanlar

Toprakta organik karbonun depolanması toprağın verimliliğini olumlu yönde etkileyerek sürdürülebilir üretim için bir anahtar görevi görür (Bauerand Black, 1994; Lal et al., 1997). Toprak yönetim sistemindeki değişme toprakta depolanan organik C miktarını artırıp azaltabilir. Optimal tarımsal yönetim sistemleri organik karbonun depolanmasını

sağlayarak atmosferdeki yüksek CO<sub>2</sub>'nin yeniden dengelenmesini sağlar (Sampson and Scholes, 2000). Bu optimaltarımsal yönetim sistemleri, minimum toprak işleme veya işlemez tarım, münavebe ve organik atıkların (bitkisel ve hayvansal) kullanımını gerektirir. Yapılan bir çalışma geleneksel sürüm sisteminden sürümsüz tarıma geçmekle, toprağın ilk 8 cm kısmında önemli miktarda karbon depolandığını ve 8-15 cm de ise depolanan karbon miktarındaki artışın daha az olduğunu ortaya koymuştur (Kernand Johnson, 1993). Uygun toprak işlemenin yanında, münavebe sisteminin kullanılması da toprakta depolanan karbon miktarında önemli artışa sebep olur (Machado et al., 2006). Kuru tarım yapılan alanlarda minimum sürüm sistemiyle birlikte uygun münavebe sisteminin kullanılması toprakta depolanan karbon miktarını artırmaktadır (Sainju et al., 2006).

### **1.6.3.2. Çayır ve Meralar**

Çayır ve mera alanları, genellikle kalıcı otların baskın olduğu bitki örtüsüne ve hakim faydalanmanın otlatma olduğu arazi kullanımına sahip olup aynı zamanda orman tanımında kullanılan eşikten daha düşük ağaç örtüsünü de içerebilir.

Mera alanlarındaki karbon, esas olarak köklerde ve topraktaki organik maddelerde birikir. Kılavuz, önceden ve halen çayır ve mera olan araziler ile sonradan bu tip araziye dönüşen alanlardaki canlı biyokütle ve topraktaki karbon depo değişimini, doğal müdahaleler ve bitki örtüsündeki yangınların işletilen otlaklar üzerine etkileriyle birlikte ortaya çıkarmak üzere gerekli metodolojileri tanımlamaktadır.

### **1.6.3.3. Sulak Alanlar**

Su kaynaklarımızın basında sulak alanlar gelir. Sulak alanlar dünya yüzeyinin yaklaşık %6'sını kaplar. 2 Şubat 1971 yılında Dran'ın Ramsar kentinde imzalanan ve sulak alanların korunmasını ve akılcı kullanımını hedefleyen, kısaca Ramsar Sözleşmesi (Özellikle Su Kuşları Yasama Ortamı Olarak Uluslararası Öneme Sahip Sulak Alanların Korunması Sözleşmesi) olarak anılan sözleşmeye göre, sulak alan tanımı oldukça farklı alanları kapsar. Bataklıklar, turbalıklar, taşkın düzlükleri, nehirler, göller, tuzlalar, mangrovarlar, deniz çayırı yatakları, mercanlar, gelgit anında altı metreden derin olmayan

deniz kıyısı alanları gibi kıyı sulak alanları, atık su arıtım gölcükleri ve rezervuarlar gibi insan yapımı sulak alanlar da sulak alan tanımına dahildir. Dünyanın en önemli genetik rezervuarı olan sulak alanlar dünyadaki tüm türlerin %40'ını ve tüm hayvan türlerininse %12'sini barındırmanın yanı sıra taşkın kontrolü, yeraltı sularının beslenmesi, kıyı çizgisinin korunması, fırtınalardan koruma, sediman ve besin depolama, iklim değişikliğinin kontrolü, su arıtımı gibi birçok işlevini; sulak alan ürünleri, dinlenme ve turizm gibi birçok değer taşımaktadırlar. Dünyadaki karbonun %40'ını sulak alanlar muhafaza etmektedir; turbalık ve ormanlık sulak alanlar özellikle karbonun depolanması açısından çok önemlidir. Sulak alanların tarım alanlarına dönüştürülmesi büyük miktarda karbondioksitin açığa çıkmasına neden olur.

#### **1.6.3.4. Yerleşim Alanları**

Bu kategori, ulaştırma alt yapısı ve her boyuttaki insan yerleşimleri dahil imarlı tüm arazileri kapsar. Bu bölümde, yerleşim alanlarındaki tüm ağaçlık alanları, kamusal ve özel bahçeleri ve farklı tür parklarda yetişen ağaçları içerir. Yerleşim alanlarında, ölü organik maddeler ve toprağın genel sera gazı emisyonlarındaki rolü ve büyüklüğüne ilişkin sağlıklı bilgi ve veri olmadığı için sadece canlı biyokütledeki karbon depo değişimleri dikkate alınmaktadır. Bu bölümde yerleşim alanı olarak kalan yerleşim alanlarındaki CO<sub>2</sub> emisyon ve uzaklaştırmaların tahmini için Ek3a.3'te temel bir metot verildiğinden, asıl önemli olan sonradan yerleşim alanına dönüşen orman alanlarındaki karbon depo değişimlerinin ortaya çıkarılmasıdır. Yani iskan arazisinin genişlemesiyle ortadan kalkan canlı biyokütle miktarı ile dönüşümden önceki biyokütle miktarının kıyaslanmasıdır.

#### **1.6.3.5. Diğer Alanlar**

Bu kullanım sınıfına, çıplak toprak, kaya, buz ve diğer 5 kategoriye dahil edilemeyen araziler girmektedir. Bu kategori, tanımlanan toplam arazi alanlarının elde verisi bulunan ülke alanına eşitlenmesi amacıyla eklenmiştir ve genelde işletilmediği kabulüyle bu alanlardaki karbon depo değişimleri ve CO<sub>2</sub> dışı emisyonlarının değerlendirilmeye alınması gerekli tutulmamıştır.

Ancak burada önemli olan sonradan diğer arazi kullanımına dönüşen arazilerdeki karbon değişimleridir. Olasılığı az olmakla birlikte örneğin ormanlar, tahrip edilmesi ve

ardından bozulması sonucu diğer arazi sınıflarına dönüşebilir. Arazi kullanımındaki bu değişiklik, ister insan faaliyetleri ile isterse işletilen araziye etkileyen doğal nedenlerle olsun dönüşüm daha önceden arazide tutulan karbonu serbest bıraktığından CO<sub>2</sub> emisyonunun ve uzaklaştırmaların hesaplanmasını gerektirir.

#### 1.6.3.6. Ormanlık Alanlar

Ormanların hem en büyük karasal karbon deposu olarak, hem de kömür ve petrolden sonra üçüncü en büyük karbon emisyon kaynağı olarak iklim değişikliği 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 bozunumundan kaynaklanan emisyonların yıllık toplam küresel sera gazı emisyonlarının yaklaşık yüzde 20'sini oluşturduğu tahmin edilmektedir<sup>3</sup> –bu aynı zamanda ormansızlaşma sürecinin kontrol altına alınabilmesi veya önlenmesi halinde önlenebilecek emisyon miktarı olarak görülebilir (ÇOB, 2010).

CO<sub>2</sub> sera etkisine neden olan gazların en önemlisi olduğu gibi fotosentezin de ana maddesidir. Bütün bitkiler fotosentez yoluyla havadaki CO<sub>2</sub>' i alarak organik madde üretmek ve bunu daha sonra bünyelerinde gerçekleştirdikleri bir dizi kimyasal reaksiyonla diğer organik maddeler dönüştürerek, yaprak, odun, kabuk, meyve, tohum, çiçek ve eretik yağlar halinde kök, gövde ve tepesinin değişik bölümlerinde biriktirmektedirler. Havadaki CO<sub>2</sub>' 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 CO<sub>2</sub> tüketmektedirler (Asan, 1999).

Yapılan araştırmalar tropik ormanların yeryüzündeki en büyük karbon depoları olduğunu ve toplam karbon birikiminin %80'i bu tropik ormanlarda bulunduğunu göstermektedir. Tropik ormanları %17 ile ılıman zon , %3 ile de boreal orman kuşağı izlemektedir (Asan, 1999).

Orman alanlarının bu bağlamdaki önemli etkisinden ötürüdür ki, bu öngörü 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 deklere ederek, ülkelerinin dünya karbon döngüsüne ve küresel ısınmaya ne yönde etki yaptıklarını standart bir formata göre açıklama zorunluluğu

getirilmiştir. IPCC nin, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC)' ne uygun olarak 2000 Yılında Montreal'de, 2001 Yılında Marakeş'de yaptığı toplantılar sonucu hazırlanan Ulusal Sera Gazları Envanteri Programı (IPCC-NGGIP) çerçevesinde, en son 3-7 kasım 2003 tarihleri arasında Viyana'da yapılan 21. oturumda kabul ettiği esaslara göre hazırlanan bu format, IPCC dokümanları arasında Good Practice Guidance for Land Use, Land Use Change and Forestry (GPG - LULUCF) adı ile anılmaktadır (IPCC 2004). Adı geçen kılavuz da, hem sera gazlarının atmosfere salınan (emisyon) ve hem de atmosferden emilen miktarlarının hesaplanmasında nasıl bir yöntem izleneceği, ilgili ülkelerin ormancılık seviyeleri, orman kaynaklarına ilişkin envanter kayıtları, özgün araştırma verileri ve çağdaş bilgi teknolojisini kullanabilme kapasitelerine göre seçenekli olarak açıklanmaktadır.

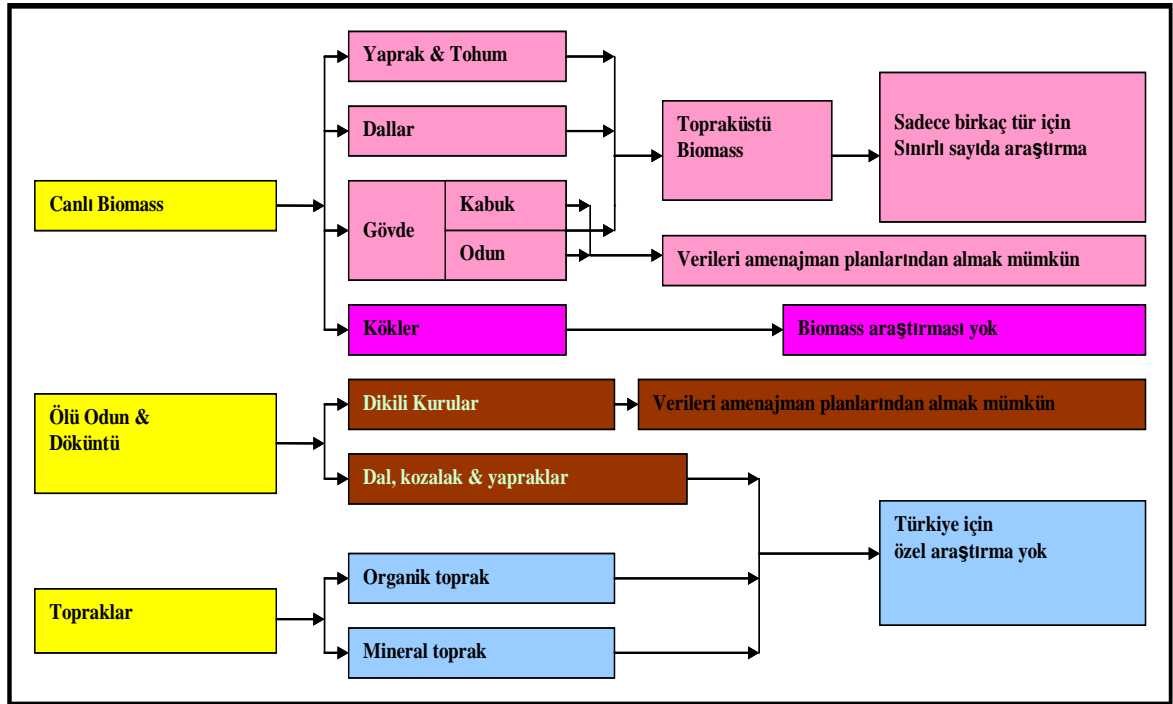
### **1.7. Orman Alanlarında Sera Gazları Envanteri ve Karbon Stok Değişiminin Belirlenmesi**

Karasal ekosistemler içinde atmosferdeki CO<sub>2</sub>'in emildiği en önemli yutak alanlar orman ekosistemleri olduğu için, LULUCF kılavuzunda ormanlara çok büyük önem atfedilmektedir. Kılavuz, emilen CO<sub>2</sub> içindeki karbonun orman ekosistemlerinde biriktiği yerleri “Karbon Havuzları” olarak tanımlamakta ve bu havuzları üç ana ve beş alt kategoriye ayırmaktadır. Karbon havuzlarının orman ekosistemleri içindeki konumları Tablo 3'de kapsamaları gösterilmiştir (IPCC 2004).

Sera gazlarını atmosferden uzaklaştıran yutaklar içerisinde en önemli yeri işgal eden orman ekosistemleri Kılavuzda, karbon birikimi açısından üç ana, beş tali havuz halinde düşünülmekte ve hesaplamalar üç ana havuz (canlı biyokütle, ölü biyokütle ve toprak) üzerinden yürütülmektedir. Ekosistem içindeki toplam karbon değişimi, bu üç havuzdaki değişimlerin toplamı olarak hesaplanmaktadır.

Tablo 3. Orman ekosistemlerindeki karbon havuzları ve temel bileşenleri

Ana Havuzlar	Alt Kategori Havuzlar	Temel Bileşenler
Canlı Biokütle	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 biokütlenin 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 biokütle. Ölü odun; yüzeyde yatan odunu, dikili kuruları, ölü kökleri ve 10 cm çaptan daha kalın (ülkelere göre değişir) kütükleri içermektedir.
	Döküntü (Ölü Örtü)	Mineral veya organik toprağın üstünde; en azından 10 cm çapta bir tabaka (ülkelere göre değişebilir) oluşturabilen tüm ölü odunsu biokütle, döküntü, humus ve fomic tabakadan oluşmaktadır. Canlı çok küçük (kıyıntılar halinde) köklerde bu bölümde sayılmaktadır.
Topraklar	Toprak Organik Maddesi	Minerallerdeki organik karbonu ve organik toprakları içermektedir. Canlı çok küçük kökler toprak organik maddesinden sayılır.



Şekil 14. Karbon havuzları ve bilgi kaynaklarının durumu

## 1.8. Ormanların Karbon Depolama Fonksiyonu

Ormanlar dünya yüzeyinin yaklaşık olarak üçte birini oluşturmakta karasal biyolojik çeşitliliğin dörtte üçünü barındırmaktadır. Ormanlar aynı zamanda karasal karbon havuzlarının yaklaşık yarısını oluşturmakta ve bu nedenle dünya iklimini düzenlemede önemli bir rol oynamaktadır.

Ilıman ve Kuzey ormanlarının kombinasyonundan oluşan tropik ormanlar, bünyelerindeki vejetasyon ve toprakla küresel karbon bütçesinde özel bir önem taşımaktadır. Hükümetler arası iklim değişikliği paneli IPCC, ormancılığın yani ormansızlaşma, orman bozulması ve ormanlardaki diğer değişiklikler esas olarak gelişmekte olan tropikal ülkelerde yıllık küresel sera gazı emisyonlarının %17,4'ünü oluşturduğunu tahmin etmektedir. Bu oran yıllık 5.8 milyar ton CO<sub>2</sub> 'e eşdeğerdir. Bu oran Amerika'nın toplam CO<sub>2</sub>emisyonundan ve ulaşım sektöründen kaynaklanan küresel emisyonlardan daha fazladır. Ormansızlaşmanın çoğuna tarım, kentleşme ve alt yapı gelişmelerinin yayılması neden olmaktadır (URL-7).

Giriş kısmında da anlatıldığı gibi; ormancılıkta çok yönlü yararlanma esastır. Yani sadece maddesel ürünler değil, zamana ve mekana bağlı olarak ondan daha önemli olan ve çoğu kez değeri para ile ölçülemeyen hizmetler ve faydalar da söz konusudur .

1960'lara kadar ormancılık sadece odun üretimi üzerine odaklanmış bir yapı gösterirken bu tarihten sonra ormanların başka daha birçok ürün ve hizmet sunduğu ve planlamada bu unsurlara da yer verilmesi gerektiği üzerinde durulmaya başlanmıştır. Ormanlar; odun ve odun dışı ürünler, rekreasyon ile diğer ürün ve hizmetler yönünden sağladığı faydaların yanı sıra karbon bağlayarak iklim değişimini yavaşlatabilme üzerindeki etkileri önem kazanmış görülmektedir.

Günümüzde ormanların karbon depolama kapasitesinin belirlenmesi giderek daha fazla önem kazanmıştır. Bu ve bunun gibi ormancılık faaliyetlerinin daha pratik ve ucuz maliyetli yapabilmek için uzaktan algılama yöntemlerinin kullanımı çok büyük faydalar sağlamaktadır. Günümüze kadar karbon depolama kapasitesinin belirlenmesi ve ormancılıkta uzaktan algılama yöntemlerinin kullanımıyla ilgili araştırmacılar tarafından çalışmalar yapılmıştır.

Giriş kısmında da anlatıldığı gibi günümüzde ormanların karbon depolama kapasitesinin belirlenmesi giderek önem kazanmıştır. Orman ekosistemi küresel karbon döngüsünde önemli bir rol oynamaktadır. Tüm toprak üstü biyoküttelede karasal organik



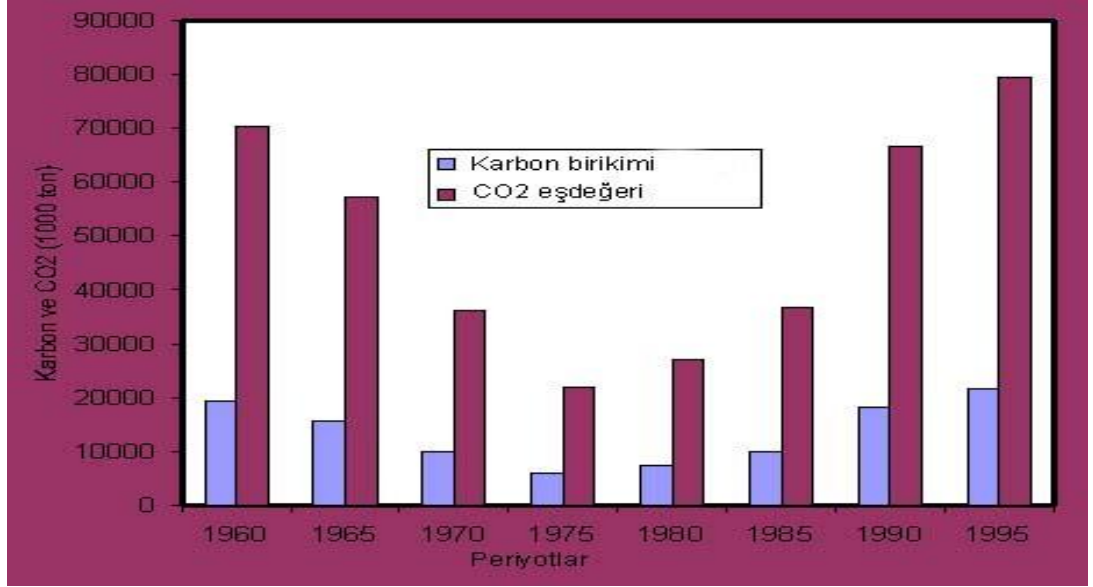
karbonun %80'i ve tüm toprak altı biyokütlede ise karasal organik karbonun %40'ı depolanmaktadır (IPCC, 2001).

Asan vd. (2002) İstanbul korularının karbon birikiminin ortaya konması için yaptıkları çalışmada öncelikle her bir koruda bulunan toplam ağaç serveti ve bu servetin yıllık cari artımı, dikili ve kabuklu gövde hacmi olarak ağaç türleri itibariyle, yapraklı ve ibreli biçimde iki grup halinde hesaplanmıştır. Hesaplanan hacimler için daha önce Asan (1995) tarafından Türkiye ormanları için hesaplanan spesifik katsayılar (yapraklılar için 0.640 ve 1.25; iğne yapraklılar için 0.473 ve 1.20) ile çarpılmak suretiyle önce fırın kuru ağırlığa, sonra da toprak üstü toplam biyokütle ağırlığına dönüştürülmüştür. Tür gruplarına ait toprak üstü biyokütle miktarları belli katsayılarla (yapraklılar için 0.15, ibreliler için 0.20) çarpılarak toprak altı biyokütle miktarı elde edilmiştir. Toplam biyokütle miktarı ise, önce tüm grupların toprak üstü ve altındaki biyokütellerini toplamak, sonra da bu toplamaların genel toplamını almak suretiyle hesaplanmıştır. Toprak üstü ve altındaki toplam genel biyokütlenin hesaplanması için, hesaplanan genel toprak üstü biyokütle ve genel toprak altı biyokütle toplanarak Türkiye' nin üzerinde yer aldığı yarı kurak enlem dereceleri için hesaplanan 0.40 oranı ile çarpılmıştır (Brown, 1997; Asan, 1999). Hesaplanan biyokütle değerlerini tutulan karbon miktarına dönüştürmek için 0.45 katsayısı ile çarpılmıştır. Orman toprağındaki karbon miktarının hesaplanması için yine global oranlardan yararlanılmıştır. Bu amaçla toprak üstü ve altındaki ölü ve canlı toplam biyokütle içindeki karbon miktarı yeni coğrafi bölgeler itibariyle verilen ortalama oranlarla çarpılmıştır (Tablo 4).

Tablo 4. 1960 - 1995 Yılları arasındaki 35 yıllık dönemde Türkiye ormanlarında karbon birikimi (ASAN1999)

Yıllar	Periyodik Biyokütle Büyümesi	Periyodik Biyokütle Azalması	Biyokütle Birikimi (Ton)	Karbon Birikimi x 0,45 (Ton)	CO <sub>2</sub> . Eşdeğeri x3,66 (Ton)
1960	90 750	48 158	42 552	19 148	70 198
1965	92 895	58 168	34 727	15 627	57 289
1970	95 110	73 132	21 978	9 890	36 257
1975	97 415	84 060	13 355	6 010	22 032
1980	99 813	83 481	16 332	7 349	26 899
1985	102 288	79 988	22 300	10 035	36 788
1990	104 831	64 431	40 400	18 180	66 648
1995	107 666	59 441	48 225	21 701	79 557

Bu oran Türkiye ormanlarının da içinde yer aldığı orta enlem derecesi ve yarı kurak zon için 0.58 olarak verilmektedir (Brown, 1997; Asan, 1999). Hesaplanan karbon değerleri toplanarak İstanbul korularındaki karbon depolama kapasitesi hesaplanmıştır (Şekil 15).



Şekil 15. Türkiye ormanlarındaki karbon birikiminin zaman içindeki değişimi (ASAN 1999)

Yang vd. (2008) tarafından yapılan çalışmada sürekli biyokütle büyüme faktörü yöntemi kullanılarak 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.

### 1.9. Çalışmanın Amacı

Dünya üzerinde yaşayan tüm canlı varlıklar açısından artık sonuçları hissedilebilen küresel ısınma gerçeğine karşı tüm otoriteler çözüm arayışları içerisinde. Bundan dolayıdır ki, tüm ilgi küresel ısınmaya sebep olan sera gazları üzerine odaklanmıştır. Bu gazların salınımlarındaki artışın yavaşlatılabilmesi ve salınan gazların depo edilebilmesi için yutak alanlarının belirlenmesi ile bu alanların işletme politikalarının gözden geçirilmesi önemlilik arz etmektedir.

Bu bağlamda ormanların mükemmel bir yutak olduğu aşikardır. Bilindiği üzere, bütün bitkiler fotosentez yoluyla havadaki CO<sub>2</sub>'i alarak organik madde üretmekte ve bunu daha sonrada bünyelerinde gerçekleştirdikleri bir dizi kimyasal reaksiyonla diğer organik maddelere dönüştürmektedir. CO<sub>2</sub> alımının bitkilerde yaprak miktarına bağlı artması ve diğer bitki topluluklarına oranla en fazla yaprak miktarının da ormanlarda bulunması nedeniyle CO<sub>2</sub> tüketimi en fazla ormanlarda meydana gelmektedir.

Ülkemiz imzalamış olduğu anlaşmalar ve sözleşmeler gereği, karbon emisyon miktarını belirlemek ve bildirmek zorunluluğundadır. Kyoto Protokolü gereği 2008-2012 yılları arasında salınan CO<sub>2</sub> miktarının 1990 yılındaki seviyesine indirilmesi gerekmektedir. Ormanlar, dünyadaki karasal ekosistemler içerisinde en fazla miktarda ve en uzun süreli karbon depolama yeteneğine sahip olmasından dolayı, birim alanda depolanan karbon miktarını belirleme zorunluluğu vardır.

İşte bu tez çalışması kapsamında, küresel ısınmanın en önemli nedenlerinden biri olarak kabul edilen ve atmosferdeki oranı giderek artan CO<sub>2</sub> gazı için geniş bir yutak alanı ormanların karbon depolama miktarını belirlenmiş olacaktır.

Ülkemizin en önemli doğal ağaç türlerinden olan Doğu Ladini, Kuzeydoğu Anadolu'nun sahil kesimleri ile Kafkasya'da doğal olarak yayılmaktadır. Ülkemizde Türkiye-Gürcistan sınırından başlar ve batıda Ordu ili yakınlarında Melet Irmağı ile son bulmaktadır. Böyle geniş bir coğrafyada yayılış gösteren bu tür saf meşcerelerin yanı sıra karışık meşcereler de oluşturmaktadır.

Bu tez çalışması ile Karadeniz Bölgesinde yayılış gösteren Doğu Ladini'nin tüm ağaç bileşenleri (gövde odunu, dal odunu, ibre, sürgün, kabuk, kök) ile birlikte karbon depolama miktarları belirlenmiştir. Elde edilen bu değerler meşcere ögeleri ile ilişkilendirilerek, geliştirilecek modeller yardımıyla tek veya çift girişli karbon tabloları üretilebilecektir. Böylece ülkemizdeki doğal türlerimizden biri olan Ladin ağaç türü için

karbon depolama fonksiyonu sayısallaştırılarak, günümüz planlama yaklaşımı olan ETÇAP içerisine entegrasyonu sağlanmış olacaktır.

## **2. YAPILAN ÇALIŞMALAR**

Çalışmanın bu bölümünde, K.T.Ü. Orman Fakültesi Eğitim ve Araştırma Ormanı'ndan elde edilen yersel verilere dayanarak yapılan karbon analizleri, geliştirilen denklemler ve oluşturulan biyokütle tabloları yardımıyla mevcut karbon depolama kapasitesinin hesaplanabilmesi için seçilen materyal ve bu materyal üzerinde uygulanan yöntem tanıtılacaktır.

### **2.1. Materyal**

Bu çalışmada, Trabzon Orman Bölge Müdürlüğü Maçka Orman İşletme Müdürlüğü Eğitim ve Araştırma Ormanı İşletme Şefliği araştırma alanı olarak seçilmiştir. Araştırma alanını kapsayan 1/25000 ölçekli topoğrafik haritalar (Trabzon G-44a4, G-43d1, G42b3, G42c2) ve Orman Amenajman Planı ve haritaları (meşcere haritası, bonitet haritası, yaş sınıfları haritası, yolağı haritası) ile arazi örnekleme alanı envanter karnesi verileri çalışmanın çeşitli aşamalarında kullanılan temel altlıklardır.

#### **2.1.1. Araştırma Alanının Tanıtımı**

Araştırma alanı, 40° 48' 45" - 40° 43' 25" kuzey enlemleri ile 39° 36' 41" - 39° 28' 39" doğu boylamları arasındadır. Araştırma alanının ortalama yükseltisi 1420 m'dir. Denizden 2279.8 m. yükseklikteki Kuzu Korusu Tepesi araştırma alanındaki en yüksek yerdir.

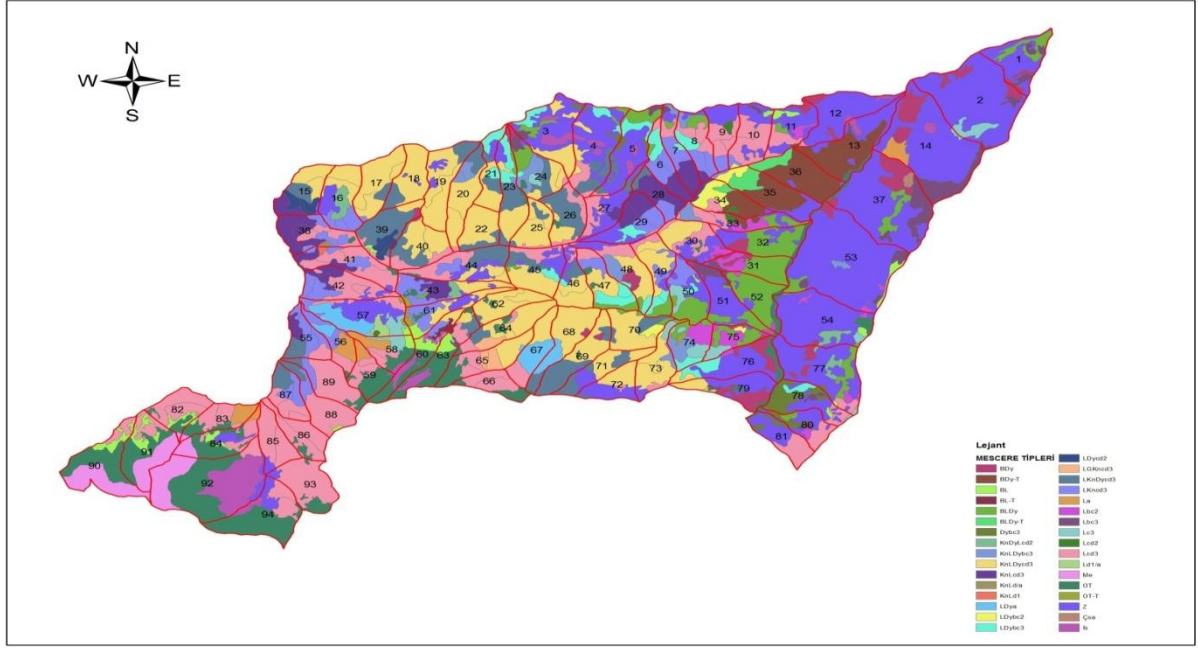
Ormanüstü planlama birimini kapsayan araştırma alanı, 1971 tarihli orman amenajman planında Ladin, Kayın-Ladin ve Kızılağaç işletme sınıfı olmak üzere üç işletme sınıfına ayrılmıştır. 1984 tarihinde yapılan planda, aynı alan Ladin, Kayın, Kızılağaç ve Koruma karakterinde olmak üzere 4 işletme sınıfı mevcuttur. 2008 tarihinde yapılan ve uygulanmakta olan planda ise, Ladin Üretim, Kayın Üretim, Toprak Koruma, Yetiştirme Ortamı Kötü olan Alanlar ve Bilimsel Orman olmak üzere 5 işletme sınıfı mevcuttur. Planlama birimi alanı, 1971 yılı planında 80 bölmeden oluşmakta iken, 1984 tarihli planda bölme sayısı 146'ya çıkarılmıştır. 2008 tarihli plana göre ise çalışma alanı 94

bölmeden oluşmaktadır. Araştırma objesini oluşturan Ormanüstü planlama biriminin alan ve servetin işletme sınıflarına dağılımı 1971, 1984 ve 2008 planlarına göre ayrı ayrı olarak Tablo 5’ de verilmiştir.

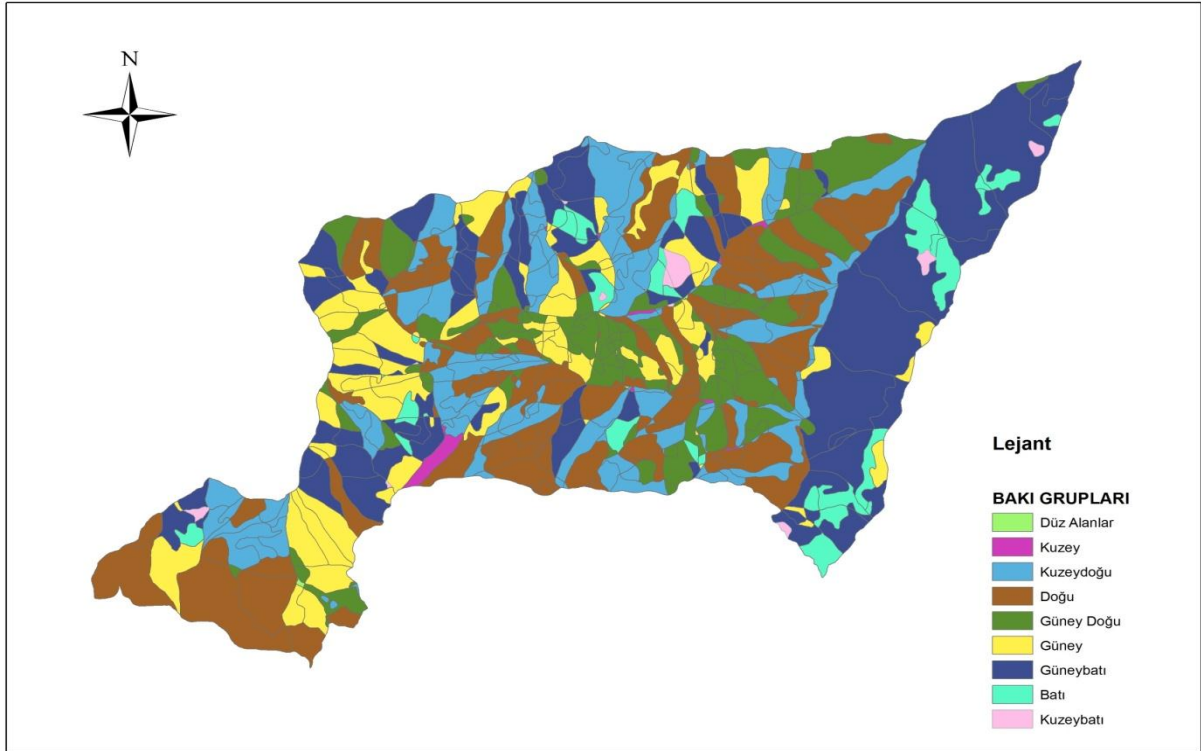
Tablo 5. Araştırma alanının alan ve servetin işletme sınıflarına dağılımı

Plan Yılı	İşletme Sınıfı	Ormanlık Alan (Ha)		Ormansız (Ha)			Toplam Alan (Ha)	T.Servet (m <sup>3</sup> )	T.Artım (m <sup>3</sup> )
		Ağaçlı	Ağaçsız	Tarım	Mera	İskan			
1971	Ladin	2060.0	257.0	1725.0	-	-	4042.0	289594	11602
	Kayın-Ladin	1544.0	31.0	195.5	-	-	1770.5	326574	10274
	Kızılağaç	186.5	1.5	-	-	-	188.0	23527	851
Toplam		3790.5	289.5	1920.5	-	-	-	639695	22727
1984	Ladin	2591.5	146.0	1628.0	263.0	-	4628.5	485665	14153
	Kayın	447.0	7.0	-	-	-	454.0	82475	1076
	Kızılağaç	101.0	2.0	-	-	-	103.0	7920	169
	Koruma	800.5	-	14.5	-	-	815.0	43950	908
Toplam		3940.0	155.0	1642.5	263.0	-	-	620010	16306
2008	Ladin Üretim Ormanı	729.13	298.36	1387.3	114.55	100.2	2629.48	269684	4814
	Kayın Üretim Ormanı	125.2	-	94.31	-	13.03	232.54	37231	642
	Toprak Koruma Ormanı	1204.8	42.22	-	-	-	1247.05	371050	6653
	Yetiştirme Ortamı Kötü Olan Alanlar Ormanı	1346.8	62.06	-	-	-	1408.82	-	-
	Bilimsel Orman	472.14	-	-	-	-	472.14	-	-
Toplam		3878.1	402.64	1481.6	114.55	113.2	5990.48	677965	12109

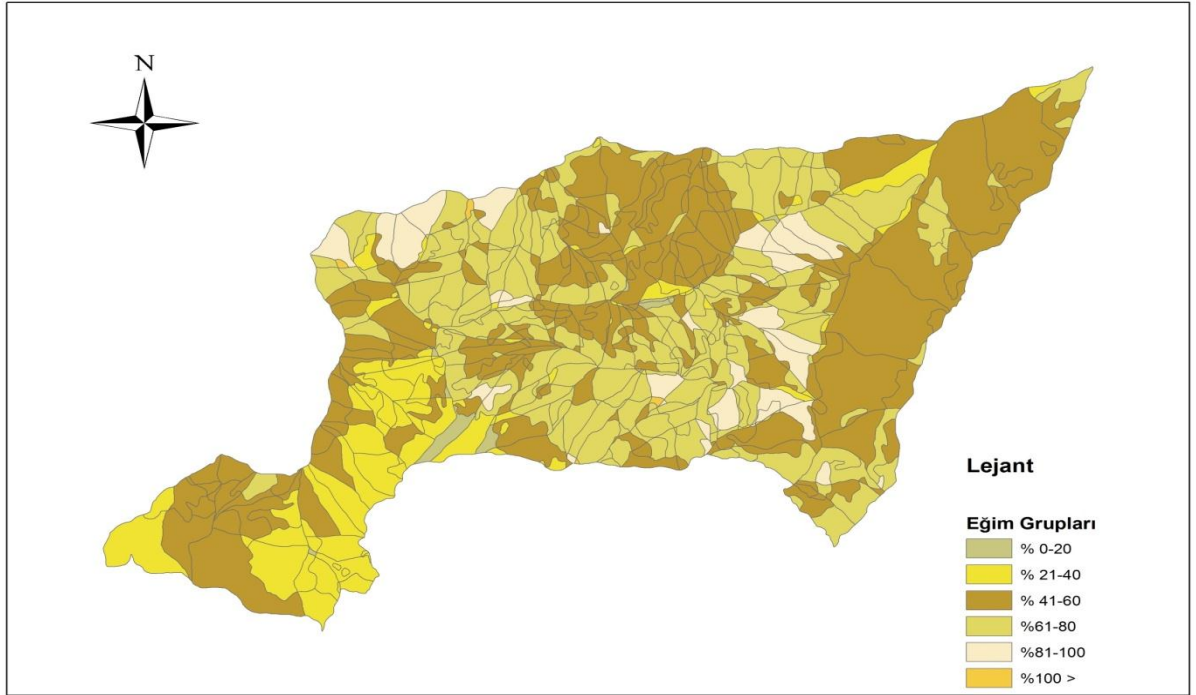
Çalışma alanına ait Orman Amenajman Planı meşcere haritası (2008) Şekil 16’da, eğim ve bakı haritaları ise Şekil 17 ve Şekil 18’de verilmiştir.



Şekil 16. Çalışma alanına ait Orman Amenajman Planı meşcere haritası (2008)



Şekil 17. Ormanüstü planlama birimi bakı haritası (2010)



Şekil 18. Ormanüstü planlama birimi eğim haritası (2010)

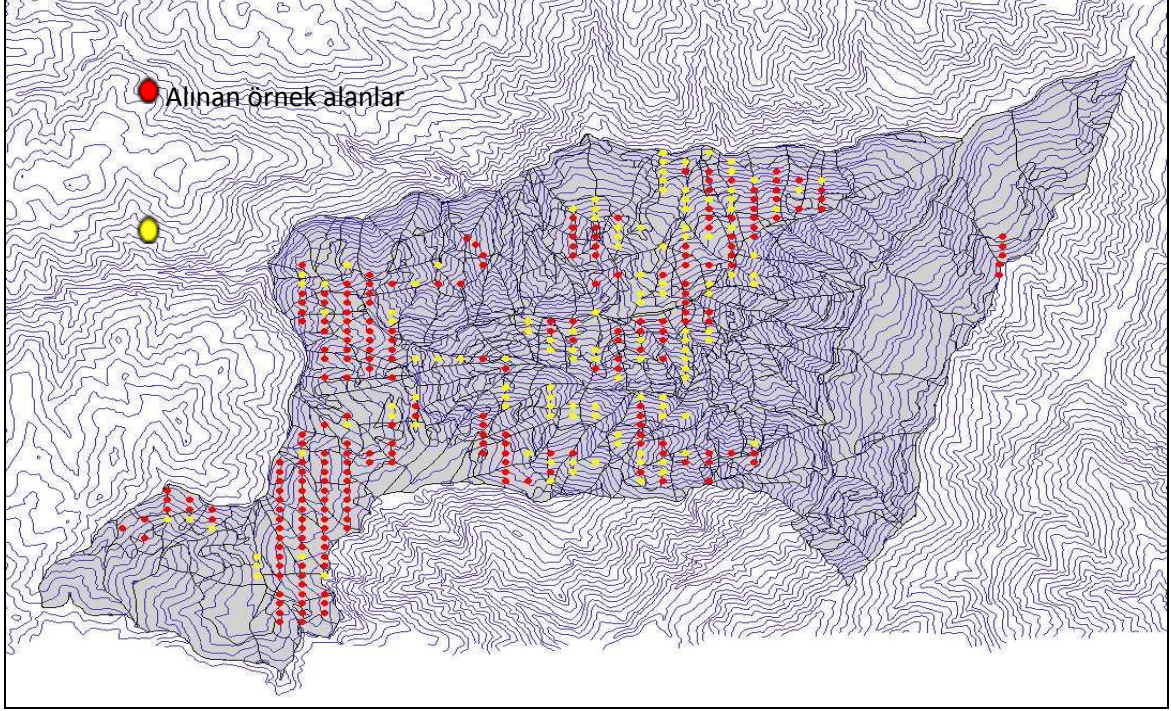
Çalışma alanını oluşturan Ormanüstü Planlama Birimi, KTÜ Orman Fakültesi Dekanlığının 10.01.1985 tarihli istek yazısı ve Orman Genel Müdürlüğünün 22.02.1085 tarih ve A.5.Tk.-70/3 sayılı olurları ile K.T.Ü. Orman Fakültesi'nin yararlanması amacıyla "Eğitim-Araştırma ve Uygulama Ormanı" olarak ayrılması kabul edilmiştir. Ancak bu konuda 1991 yılına kadar herhangi bir gelişme olmamıştır. Konu 1991 yılında yeniden ele alınmış ve Orman Genel Müdürlüğünün 08.05.1991 tarih ve APK.1.Tk.-70 sayılı yazılarıyla Bakanlık olurlarına sunulmuş ve Bakan imzası ile tekrar yürürlüğe konulmuştur. Yine aynı kararlar, Trabzon Orman Bölge Müdürlüğü Maçka Orman İşletme Müdürlüğüne bağlı "Eğitim-Araştırma ve Uygulama İşletme Şefliği" kurularak, ormanın üretim, koruma ve işletmecilik hizmetleri bu şefliğe bırakılmıştır.

## 2.2. Örnek Alanların Belirlenmesi ve Arazi Çalışmaları

Çalışma alanının, KTÜ Orman Fakültesi Eğitim ve Araştırma Ormanı olarak ayrılmasından sonra ilk envanter çalışması 1997 yılında gerçekleştirilmiştir. Sayısal ortamda, 300x150 metre (doğu-batı yönünde 300 metre, kuzey-güney yönünde 150 metre) aralık mesafe ile örnek alanların yerleri belirlenmiştir. Bu örnek alanlar da kendi aralarında

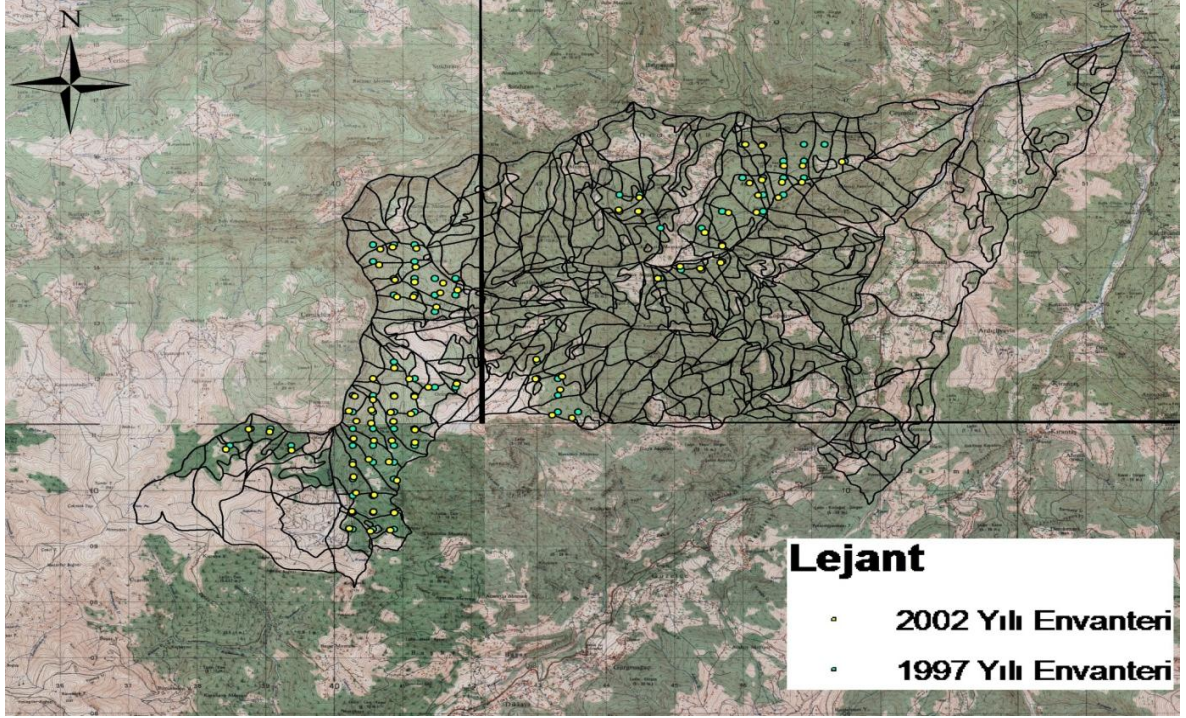


kuzey-güney yönünde 300x300 aralık mesafe ile geçici ve devamlı olarak ikiye ayrılmıştır. Açıklık ve tarım alanlarına isabet eden noktalar çıkarıldıktan sonra 149 adedi geçici, 84 adedi de devamlı olmak üzere toplam 233 adet örnek alan ölçülmüştür (Şekil 19).



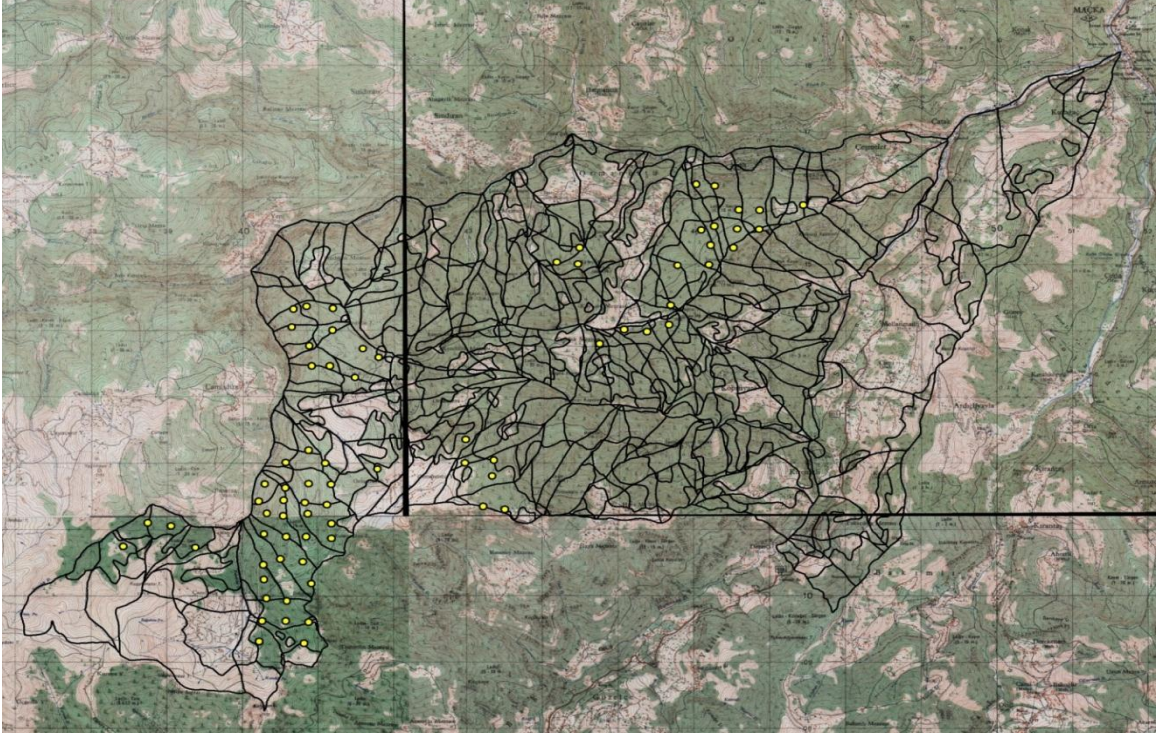
Şekil 19. Birinci dönem (1997) envanterinde alınan örnek alanlar

1997 yılında ilk ölçümleri yapılan örnek alanların 2002 yılında ikinci dönem ölçümleri yapılmıştır. Bu envanter çalışması sırasında 1997 yılında alınan 84 adet örnek alandan 79 adedi tekrar ölçülmüştür. Geri kalan 5 adet örnek alan ise çeşitli nedenlerle ikinci dönem ölçümleri yapılamamıştır. 1997 yılındaki ilk envanter çalışmasında örnek alanlarının yeri haritadaki koordinatlarına göre tespit edilmiştir. 2002 yılında ise bu noktalara ilişkin koordinat verileri GPS aleti yardımıyla alınmış ve harita üzerindeki yerleri bu yeni koordinat bilgilerine göre yeniden düzenlenmiş ve veri tabanına aktarılmıştır. İkinci dönem ölçümlerinde ağaçların sadece çap ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Birinci ve ikinci dönem envanteri devamlı örnek alanları Şekil 20’de gösterilmiştir.



Şekil 20. Birinci ve ikinci dönem envanterinde ölçümü yapılan devamlı örnek alanlar

Söz konusu örnek alanlara ilişkin üçüncü dönem ölçümleri, bu tez çalışması kapsamında 2010 yılında gerçekleştirilmiştir. Hassasiyeti daha yüksek GPS cihazları yardımı ile koordinatları belli olan noktalara gidilmiş, ağaçlar kırmızı boya ile yeniden numaralandırılmış ve bir önceki envantere çapı 8 cm'nin altında olduğu için ölçülmeyen bireyler (ingrowth=recruitment) son dönem ölçümleriyle birlikte envantere dâhil edilmiştir. Arazi çalışmalarında göğüs çapı, boy, çift kabuk kalınlığı, yaş, son 10 yıllık halka genişliği, tepe başlangıç yüksekliği gibi meşcere ölçümleri yenilenmiş olup, bunların yanı sıra karbon analizi çalışmalarında kullanılmak üzere ölü-diri örtü ve ölü odun örnekleri alınmıştır. 2002 yılında 79 adet olan örnek alanlardan, 2010 yılında 74 adetinde ölçüm yapılmıştır (Şekil 21). 5 adet örnekleme alanı çeşitli nedenlerle tahrip olduğu için üçüncü dönem envanterinde ölçümleri yapılamamıştır.



Şekil 21. Üçüncü dönem envanterinde ölçümü yapılan devamlı örnek alanlar (2010)

### **2.3. Karbon Depolama Miktarının Belirlenmesine İlişkin Yapılan Çalışmalar**

#### **2.3.1. Toprak Üstü Karbon Depolamaya İlişkin Yapılan Çalışmalar**

Saf Ladin meşcerelerinin toprak üstü karbon depolama miktarının hesaplanabilmesi için; ağaç, ölü- diri örtü ve ölü odundan oluşan tüm bileşenlerin öncelikle biyokütleleri belirlenmiştir. Bu amaçla 3. dönem ölçümleri yapılan örnek alanlar içinden, her yaş sınıfı ve her yetiştirme ortamı verim gücünden toplam 59 adet örnek alanda gerekli ölçümler yapılmıştır.

#### **2.3.2. Tek Ağaca İlişkin Yapılan Çalışmalar**

K.T.Ü. Orman Fakültesi Eğitim ve Araştırma Ormanı'ndaki saf Doğu Ladini meşcerelerinin karbon depolama kapasitelerinin belirlenmesi amacıyla, yukarıda açıklandığı şekilde belirlenen her örnek alanda bir adet olmak üzere toplam 59 adet örnek ağaç seçilmiştir. Örnek ağaçların seçiminde; ağaçların farklı çap ve boy basamaklarında

olacak şekilde, canlı, tepesi sağlam, tek gövdeli ve sağlıklı olmasına özen gösterilmiştir. Örnek ağaçların her çap basamağında ve aynı çap basamağının farklı boy basamaklarında olabildiğince eşit sayıda olmasına dikkat edilmiştir. Örnek ağaçların çap, boy, tepe özellikleri Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Örnek ağaçların çap, boy ve tepe özelliklerine ait değerler

Ağaç No	Çap (d <sub>0,3</sub> ) (cm)	Çap(d <sub>1,3</sub> ) (cm)	Boy (m)	Tepe Çapı (cm)	Tepe Boyu (m)
1	12,0	11,0	9,0	3,4	0,3
2	26,9	18,7	10,5	5,4	4,0
3	14,4	12,4	7,4	-	-
4	21,9	18,1	11,8	-	-
5	8,3	6,0	3,8	2,1	1,0
6	9,0	6,4	6,2	1,8	0,5
7	10,5	8,3	8,7	1,5	2,2
8	7,3	6,5	5,7	-	-
9	21,0	20,4	9,8	3,1	1,1
10	25,0	19,0	12,0	4,2	1,6
11	31,0	25,5	20,5	4,2	7,3
12	47,0	34,5	21,7	7,1	9,6
13	25,8	23,3	19,4	3,0	11,2
14	36,0	32,0	22,0	5,2	11,4
15	30,2	22,9	21,1	4,2	12,7
16	31,8	23,0	19,3	4,9	11,0
17	34,5	31,5	16,7	7,2	3,1
18	22,0	23,6	14,5	7,5	2,6
19	78,5	67,0	31,5	7,4	6,9
20	60,0	58,5	27,5	8,0	3,4
21	51,5	45,0	31,3	5,2	7,2
22	56,5	45,7	32,2	6,0	17,1
23	38,0	37,0	19,5	6,0	3,2
24	48,0	37,5	20,1	7,5	7,1
25	38,0	33,5	21,0	8,2	5,9
26	49,8	37,3	17,6	4,5	2,3
27	58,9	45,5	23,0	4,4	11,2
28	51,1	43,0	24,3	5,0	12,1
29	45,0	34,8	19,7	5,0	5,4
30	50,3	43,9	23,1	4,8	6,0
31	51,3	36,2	24,8	3,5	13,0
32	61,5	47,3	23,1	5,7	3,7
33	49,5	44,0	21,0	3,2	8,1
34	57,0	49,1	29,1	11,3	8,8
35	30,8	27,1	20,8	4,1	6,5

Tablo 6'nın devamı

Ağaç No	Çap (d <sub>0,3</sub> ) (cm)	Çap(d <sub>1,3</sub> ) (cm)	Boy (m)	Tepe Çapı (cm)	Tepe Boyu (m)
36	17,7	17,3	18,1	2,5	5,1
37	27,2	25,9	22,2	5,2	9,9
38	81,2	74,3	31,0	8,5	20,8
39	62,4	52,0	27,7	3,7	16,5
40	60,1	48,5	31,6	5,2	15,9
41	25,7	24,0	25,3	5,1	9,8
42	36,4	35,2	25,6	6,5	9,8
43	50,5	40,4	24,0	2,6	12,5
44	24,1	20,3	17,6	9,2	7,3
45	18,0	16,8	15,0	8,3	7,0
46	18,5	15,8	19,2	4,5	6,0
47	16,5	14,9	15,1	3,8	7,7
48	16,1	13,7	13,6	2,5	4,7
49	15,3	13,8	12,0	5,7	6,3
50	33,8	31,3	22,0	6,0	16,0
51	19,0	14,5	10,0	5,8	5,9
52	17,5	16,2	15,4	6,0	5,2
53	17,9	16,6	15,4	7,6	6,1
54	21,8	19,7	15,0	5,5	8,0
55	20,7	18,0	17,9	6,0	9,1
56	31,4	28,7	24,1	5,0	9,6
57	26,2	24,8	20,5	5,5	12,3
58	16,4	15,8	15,0	3,4	8,1
59	8,2	7,2	7,8	2,0	3,0

Örnek ağaçlar 0.30 cm yükseklikten kesilerek, her 2 m'de bir gövde çapları ölçülmüştür. Ağaç gövdesinin 2-4 m yüksekliğindeki bir yerden de örnek bir enine kesit kabuklu olarak alınmış ve arazide yaş ağırlığı ölçülmüştür. Her bir örnek ağacın boyu, tepe başlangıç yüksekliği ve gövde üzerindeki tüm canlı dalların çapları ve boyları ölçülmüştür. Bu dallar içerisinde ağacın gelişimini ve tepe yapısını temsil edebilecek nitelikteki bir adet örnek dal belirlenerek kesilmiştir. Dal üzerindeki tüm ibreler temizlenerek, dal ve ibre yaş ağırlıkları ayrı ayrı 0,01 gr hassasiyetli tartıda tartılarak poşetlenmiş ve numaralandırılmıştır.

### 2.3.3. Ölü-Diri Örtü ile Ölü Oduna İlişkin Yapılan Çalışmalar

Orman tabanındaki ölü örtü miktarlarının belirlenmesi için örnekleme alanlarında tahrip edilmemiş ve yeri rastgele yöntemle belirlenen 4 noktada 25 x 25 cm boyutlarındaki karelerle ölü örtü organik maddesi mineral toprağa kadar toplanıp, tartılarak laboratuvarlara taşınmıştır.

Örnek alanlardaki çalı ve otsu türlerin depoladığı karbonun belirlenmesi için her örnek alan içinde yeri rasgele yöntemle belirlenen noktalarda 1 adet 1x1 m boyutlarında örnekleme kareleri oluşturulmuştur. Oluşturulan bu kareler içindeki diri örtünün örtme dereceleri belirlendikten sonra, bu diri örtünün tamamı motorlu testere veya makasla toprak seviyesinden kesilerek toplanmış, dal, yaprak ve otsu tabaka olarak bileşenlerine ayrılarak tartılmıştır.

Seçilen örnek alanlardaki ölü odun yoğunluğu belirlenmiş ve yeri rasgele yöntemle belirlenen noktalarda 1 adet 1x1 m boyutlarında ölü odun örnekleme yapılmıştır. Alınan ölü odun örnekleri arazide yaş halde tartılmıştır.

Ölü-diri ve ölü odun örnekleme toplam 28 adet örnek alanda gerçekleştirilmiştir. Buna göre 112 (28x4) adet örnek alanda ölü örtü, 28 adet örnek alanda diri örtü ve ölü odun örnekleme yapılmıştır.

### 2.3.4. Toprak Altı İçin Yapılan Çalışmalar

Her bir deneme alanında ağaç kesilen noktalardan uzak ve doğallığı bozulmamış yeri rastgele yöntemle belirlenen 4 noktada 6.4 cm çapında ve 30 cm boyunda çelik boru kullanılmıştır (4 nokta x 33örnekleme = 99 örnek). Alınan her bir silindir örneği naylon torbalara koyularak poşetlenmiş ve numaralandırılmıştır.

Toprak altı biyokütle miktarının hesaplanabilmesi için; kök örnekleme yapılmıştır. Kökler kılcal (0–2 mm), ince (2–5 mm) ve kaba kök (5–10 mm) diye üç sınıfa ayrılmıştır.

## **2.4. Laboratuvar Çalışmaları**

### **2.4.1. Biyokütle Çalışmaları**

#### **2.4.1.1. Ağaç İçin Yapılan Çalışmalar**

Arazi çalışmaları sırasında alınan tüm örnekler gerekli ölçüm ve analizlerin yapılabilmesi amacıyla K.T.Ü. Orman Fakültesi Orman Hasılatı Laboratuvarı' na getirilmiştir.

Laboratuvara getirilen gövde ve dal odunu örneklerinin yaş haldeki hacimlendirilmeleri yapılmış olup, bu örneklerin ait oldukları ağaçların hacimlendirilmeleri de yapılmıştır. Daha sonra gövde, dal, kabuk ve ibre örnekleri kuru ağırlıklarının belirlenebilmesi için, kurutma fırınında  $105\pm 3$  °C'de değişmez ağırlığa gelmesi için gövde ve dal örnekleri 96 saat süre ile, ibre örnekleri ise 24 saat süre ile bekletilerek kurutulmuş ve örneklere ait kuru ağırlık değerleri 0,01 gr hassasiyetli tartıda ölçülüp kaydedilmiştir.

Fırın kurusu haline gelen gövde kesitlerinin önce kabuklu ağırlığı ölçülmüş ve hacimlendirilmesi yapılmış, daha sonra kabuk soyularak tekrar hacimlendirilmiş ve kabuk kuru ağırlığı ölçülmüştür. Kurutulan ibreler ise sürgünlerinden ayrılarak yaprak ve sürgün olmak üzere ayrı ayrı ağırlıkları ölçülmüştür. Dal odunları da yine aynı yöntemle fırın kurusu hale getirilmiş, tartılarak hacimlendirilmiştir.

#### **2.4.1.2. Ölü-Diri ve Ölü Odun İçin Yapılan Çalışmalar**

Laboratuvara getirilen ölü örtüler,  $105\pm 3$  °C'de 24 saat süre ile bekletilerek kurutma fırınında kurutulmuş ve değişmez ağırlığa gelen bu örneklere ait kuru ağırlık değerleri 0,01 gr hassasiyetli tartıda ölçülüp kaydedilmiştir.

Diri örtüler ise dal ve yaprak olarak ikiye ayrılmıştır ve hacimlendirilmiştir. Ardından dallar  $105\pm 3$  °C'de 96 saat süre ile, yapraklar ise aynı sıcaklıkta 24 saat süre ile kurutma fırınında değişmez ağırlığa getirilmiştir. Kurutulan bu örnekler ayrı ayrı 0,01 gr hassasiyetli tartıda ölçülüp ağırlık değerleri kaydedilmiş ve sonrasında kuru hacimlendirmeleri yapılmıştır.

Ölü odunlar ise laboratuvarında yaş olarak hacimlendirmesi yapıldıktan sonra  $105\pm 3^{\circ}\text{C}$ 'de 96 saat süre ile kurutma fırınında bekletilmiştir. Kurutulan ölü odunlar ardından 0,01 gr hassasiyetli tartıda ölçülüp ağırlık değerleri kaydedilmiş ve kuru hacimlendirmeleri yapılmıştır.

#### 2.4.1.3. Kök İçin Yapılan Çalışmalar

Çelik silindirler kullanılarak alınan kök örnekleri 24 saat suda beklendikten sonra yıkanarak topraklarından ve varsa ölü örtü parçalarından arındırılmıştır. Ayıklanan kökler kılcal (0–2 mm), ince (2–5 mm) ve kaba kök (5–10 mm) diye üç sınıfa ayrılarak, kurutma fırınında  $70^{\circ}\text{C}$ ' de 24 saat süreyle kurutulmuş ve 0,01 gr hassasiyetindeki terazide tartılmıştır.

Tüm köklerin bütün ağırlık ve hacim verileri elde edilerek tartım ve hacimlendirme işlemleri sonlandırılmıştır.

#### 2.4.2. Karbon Analiz Çalışmaları

Gerekli ölçümler tamamlandıktan sonra gövde, dal, kabuk, sürgün, diri- ölü örtü, ölü odun ve kök örnekleri parçalanarak öğütmeye uygun hale getirilmiş ve bu örnekler K.T.Ü. Orman Fakültesi Kağıt Laboratuvarı' nda öğütülerek toz haline getirilmiştir (Şekil 22).



Şekil 22. Öğütme işlemi

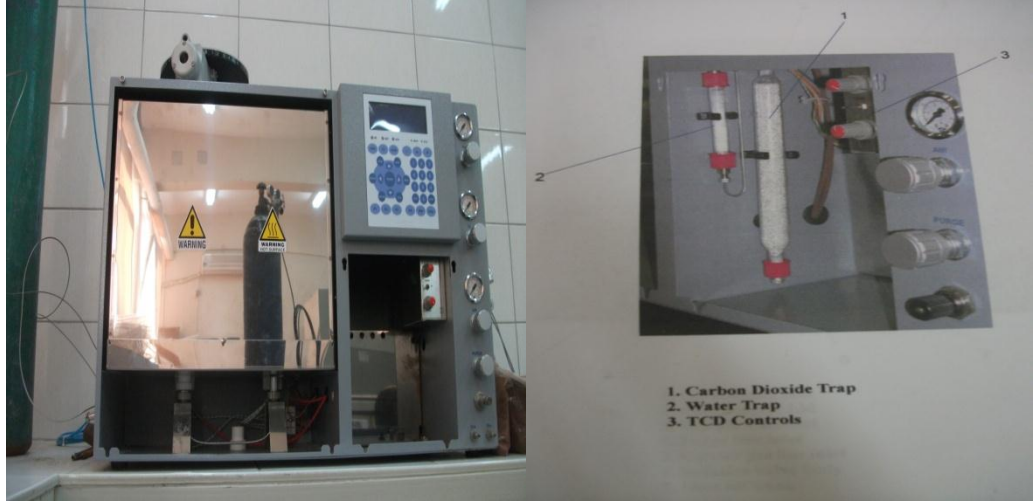


Öğütme işleminin tamamlanmasından sonra ekosistem biyokütlesini oluşturan ağaç, diri- ölü örtü, ölü odun ve kök bileşenlerinde bulunan karbon miktarlarının belirlenmesi işlemine geçilmiştir. Bunun için COSTECH marka CHNS-O Elementel Analiz Cihazı'ndan yararlanılmıştır (Şekil 23). Cihaz atmosferik azot, % 99,999 saflıkta helyum ve oksijen gazları katalizörlüğünde; N, CN, CHN, CNS, CHNS gibi farklı konfigürasyonlarda analizler yapmaktadır. Seçilen konfigürasyona göre analiz süresi 4 dakikadan 30 dakikaya kadar değişebilmektedir. Çalışmada temel amaç örneklerin içerdiği karbon miktarının belirlenmesi olduğundan, CN konfigürasyonu kullanılmıştır.

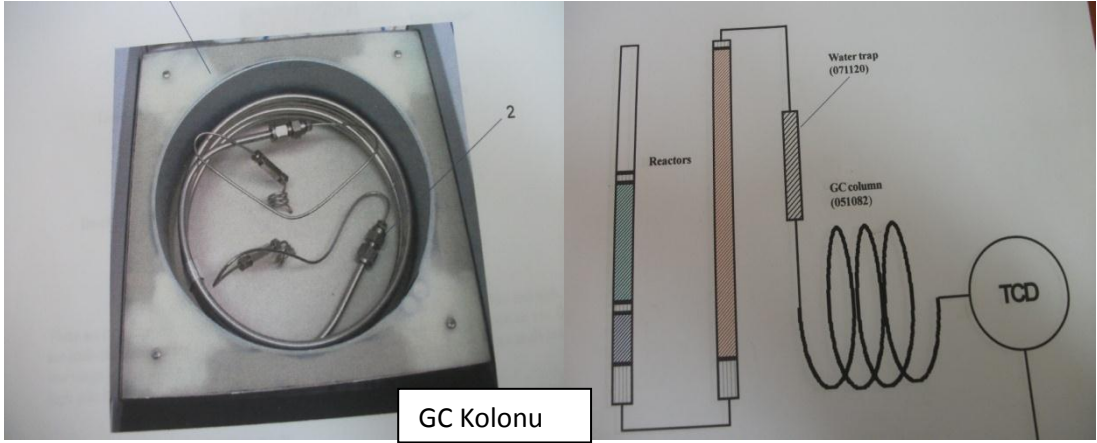


Şekil 23. Cihazın genel görünümü

Sağ ve sol fırın olarak iki kısımdan oluşan cihaz kuru yakma yöntemine göre çalışmaktadır. Yüksek sıcaklıkta (1030 °C'de) yakmanın gerçekleştirildiği sağ fırında indirgeme reaktörleri bulunmakta, sol fırında ise yanma sonucu oluşan dumanda istenilen elementlerin miktarının belirlendiği GC (gaschromatography) ayırıştırma kolunu bulunmaktadır (Şekil 24, 25).



Şekil 24. Sağ ve sol firına ait görüntüler



Şekil 25. GC ayrıştırma kolonunun ve reaktörlerin genel görünümü

CHNS-O Elementel Analiz Cihazı, belli bir kütledeki örneğin içerdiği karbon ve azot elementlerinin miktarını belirlemektedir. Yukarıda açıklandığı şekilde hacimlendirmesi yapıp, biyokütleri belirlenen ve öğütme işlemleri tamamlanan örnekler; 0,5 - 1,0 - 1,5 mg ağırlığında, her örnekten üç tekrarlı olacak şekilde otomatik örnekleyci üzerine yerleştirilmiştir (Şekil 26).



Şekil 26. Analiz edilecek örneklerin hazırlanması

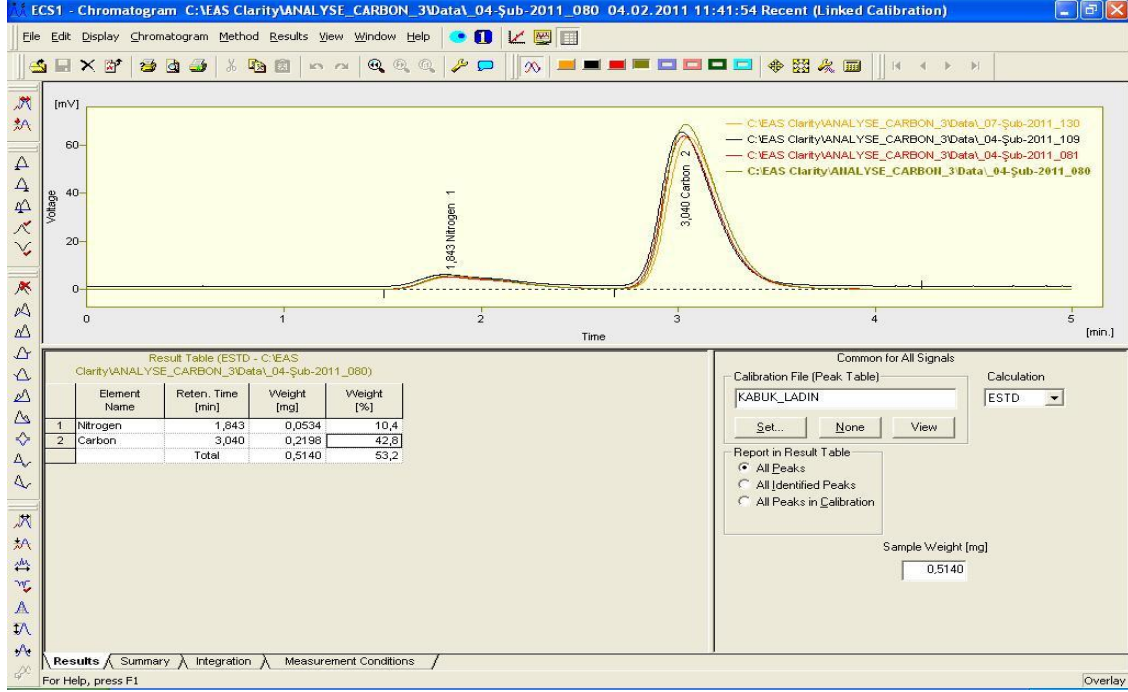
Bilgisayar yazılımında örneklere ilişkin veriler ilgili tablolara aktarıldıktan sonra analiz işlemlerine başlanmıştır (Şekil 27).

Row No.	Sts.	Run	Sample ID	Sample	Weight [mg]	File Name	EA Sample Type	Lvl	Report Style	EA Standard Name	Nil
4	✓	✓		maccka ladin1 notu agac dal odunu1	0,5300	%q_...	Unknow				
5	✓	✓		maccka ladin1 notu agac dal odunu2	0,7600	%q_...	Unknow				
6	✓	✓		maccka ladin1 notu agac dal odunu3	1,1390	%q_...	Unknow				
7	✓	✓		maccka ladin2 notu agac dal odunu1	0,4580	%q_...	Unknow				
8	✓	✓		maccka ladin2 notu agac dal odunu2	0,8960	%q_...	Unknow				
9	✓	✓		maccka ladin2 notu agac dal odunu3	1,0280	%q_...	Unknow				
10	✓	✓		maccka ladin3 notu agac dal odunu1	0,4180	%q_...	Unknow				
11	✓	✓		maccka ladin3 notu agac dal odunu2	0,7910	%q_...	Unknow				
12	✓	✓		maccka ladin3 notu agac dal odunu3	1,1180	%q_...	Unknow				
13	✓	✓		maccka ladin4 notu agac dal odunu1	0,8490	%q_...	Unknow				
14	✓	✓		maccka ladin4 notu agac dal odunu2	0,9440	%q_...	Unknow				
15	✓	✓		maccka ladin4 notu agac dal odunu3	1,2050	%q_...	Unknow				
16	✓	✓		maccka ladin5 notu agac dal odunu1	0,4710	%q_...	Unknow				
17	✓	✓		maccka ladin5 notu agac dal odunu2	0,8730	%q_...	Unknow				
18	✓	✓		maccka ladin5 notu agac dal odunu3	1,2000	%q_...	Unknow				
19	✓	✓		maccka ladin7 notu agac dal odunu1	0,6930	%q_...	Unknow				

Şekil 27. Örnek analiz dosyasının görünümü

Örneklerin sıra ile yanması sağlanmış ve içerdikleri karbon miktarı belirlenmiştir. Analiz sonuçları ağırlık (mg) ve yüzde cinsinden iki şekilde elde edilmiştir. Analiz

işlemlerinde, süreç bilgisayar yazılımı yardımıyla kromotogramlar üzerinden anında takip edilmiştir (Şekil 28).



Şekil 28. Kromotogram dosyasının görünümü

### **3. YÖNTEM**

Ormanların küresel ısınma üzerindeki etkileri, ormanlardaki karbon birikimi araştırmaları ile ortaya konmaktadır. Orman ekosistemlerinde yer alan bir ağacın karbon birikimini belirlemek için, öncelikle o ağacın biyokütlesinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu nedenle, çalışmada kullanılan yöntem biyokütlenin belirlenmesi ve bu biyokütlenin içindeki karbon miktarının belirlenmesi şeklinde iki bölüm altında açıklanacaktır.

#### **3.1. Ağaç Biyokütlesinin Belirlenmesi**

Bu çalışmada tüm örnek ağaçların biyokütle bileşenlerinin ( gövde, dal, yaprak, kabuk, sürgün) ayrı ayrı ölçümleri yapılarak ağaç biyokütlesi bulunmuştur. Bunun için her bir ağacın her bir bileşeninin fırın kuru ağırlığı belirlenmelidir.

##### **3.1.1. Gövde Yaş ve Fırın Kuru Ağırlıklarının Belirlenmesi**

Gövde yaş ve fırın kuru ağırlıklarının belirlenebilmesi için bir önceki bölümde de belirtildiği gibi her bir örnek ağaç üzerinde yapılan seksiyon ölçümleri kullanılarak her bir ağacın hacmi bulunur. Örnek ağaçların 2-4 m arasındaki bölümlerinden alınan enine kesitlerin hacimleri bulunup yaş ağırlıkları tartılır. Bu örnek enine kesitlerin kuru ağırlıklarının belirlenebilmesi için, kurutma fırınında  $105 \pm 3$  °C'de değişmez ağırlığa gelmesi için 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) yapılmış, 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 ile hesaplanan gövdenin toplam hacmi, tüm örnek ağaçlarda gövdenin 2- 4 m arasındaki bölümünden alınan örnek enine kesitin hacmine oranlanmıştır. Bulunan bu oran ile örnek enine kesitin yaş ağırlığı çarpılarak örnek ağacın

gövde yaş ağırlığı, fırın kurusu ağırlığı çarpılarak örnek ağacın gövde fırın kurusu ağırlığı bulunmuştur.

### **3.1.2. Dal Yaş ve Fırın Kurusu 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 adeti örnek dal olarak seçilerek ibrelerden temizlenmiş ve tartılarak yaş ağırlığı ve hacmi hesaplanmıştır.

İbrelerden temizlenen dal örneği fırına konularak ( $105 \pm 3$  °C'de 96 saat) fırın kurusu 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.

### **3.1.3. İbre Yaş ve Fırın Kurusu Ağırlığının Belirlenmesi**

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

### **3.1.4. Kabuk Yaş ve Fırın Kurusu 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 7’de verilmiştir.

Tablo 7. Örnek ağaçlardan alınan örneklere ait çap boy değerleri ile yaş ve kuru ağırlıklar

	Ağaç Sayısı	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Çap (cm)	59	6	74.3	28.4949	15.39147
Boy (m)	59	3.8	32.2	18.8356	7.09684
Yaş Gövde Karbon (gr)	59	74	8194.6	1619.907	1654.361
Kuru Gövde Karbon (gr)	59	25	7574	947.3475	1264.918
Yaş Dal (gr)	59	78	5780	697.7	1031.898
Kuru Dal (gr)	59	34	2780	339.8593	473.7926
Kuru Kabuk (gr)	59	10	521.5	98.4441	117.7268
Yaş İbre (gr)	59	174	3440	1065.198	720.3932
Kuru İbre (gr)	59	48.4	780	287.2593	167.6322
Kuru Sürgün (gr)	59	29.7	805	184.5085	138.5929

### 3.2. Ölü-Diri Örtü ve Ölü Odun Biyokütlesinin Belirlenmesi

Ölü-diri örtü ve ölü odun (dikili ve devrik ölü ağaçlar, gövde ve dal parçaları) biyokütlesi için; örnek alanlarda çapı 2 cm’nin üzerinde olan dikili veya yerde yatık halde bulunan tüm ölü gövde, gövde parçası ve dal parçaları ölçülmüş olup, 2 cm’nin altındaki odun artıkları ölü örtü içinde değerlendirilmiştir. Her örnek alanda 4 adet uydu alanlı küme örnekleme biçiminde 25x 25 cm’lik metal çerçeveler kullanılarak ölü örtü örnekleri alınmıştır. Ayrıca örnek alan içinde var olan diri örtü için 1x1 m boyutlarında alt örnekler alınmıştır. Bu alan içerisindeki tüm diri örtü türleri belirlenerek bunların her birine ait taç kısımlarının toprak yüzeyini örtme yüzdeleri belirlenmiş ve her türü temsil edecek bir örnek seçilmiştir. Bu örneklerin dip çapı ve boyu ölçülerek kayıt altına alınmış, kesilip ağırlıkları ayrı ayrı tartılarak poşetlenmiş ve numaralandırılmıştır. Laboratuara getirilen örneklerin hacimlendirmeleri yapılarak kurutma fırınlarında kurutulduktan sonra tekrar tartılmıştır. Örneklerin kuru ağırlıkları ait oldukları ölü ya da diri örtü ve ölü odunun hacmi ile ilişkiye getirilmiştir. Böylece her ögenin biyokütlesi bulunmuş, ögenin örneklendiği alan ile de ilişkiye getirilerek hektardaki ölü ve diri örtü ile ölü odun biyokütlesi bulunmuştur.

### 3.3. Kök Kütlesinin ve Karbon Eşdeğerinin Hesaplanması

#### 3.3.1. Kılcal, İnce ve Kaba Kök Kütlesinin ve Karbon Eşdeğerinin Hesaplanması (kılcal kök: < 2 mm, ince kök: 2-5 mm, kaba kök 5<)

Kök kütlesinin hesaplanması amacıyla değişik yaş ve bonitetteki saf ladin ve ladin-sarıçam, ladin-kayın; ladin-gökmar, ladin-karaçam planlama birimlerinin her deneme alanından da rasgele olarak örneklerin alımında 6.4 cm çapında ve 30 cm boyunda çelik boru kullanılmıştır. Araştırmalara göre 0-30 cm derinlik kademesi mevcut kök kütlesinin % 70-85 lik bir kısmını temsil edebilmektedir (Eissenstat ve Yanai, 1997; Tüfekçioğlu ve Ark. 2003). Örnekler bir gün suda bekletildikten sonra leğenlerde yıkanıp 0.2mm'lik elek üzerinden süzülerek kökler topraktan arındırılacaktır. Böylece topraktan arındırılan kökler 0-2, 2-5 ve 5< mm çap sınıflarına göre ayrılarak 65 °C de 24 saat süre ile kurutulacak ve 0.001 gr hassasiyetteki terazide tartılarak gerekli dönüşümler yapıldıktan sonra hektardaki kök biyokütlesi belirlenecektir (Bohm, 1977; Harris et al., 1977; Tüfekçioğlu ve Ark., 1999; 2000; 2003, 2004). Kurutulan örnekler, tartıldıktan sonra 1mm'lik elekten geçirilinceye kadar öğütme değirmeninde öğütülmüştür. Öğütülen örneklerde karbon analizi yapılacak ve kök kütlesinin karşılık geldiği karbon miktarı belirlenmiştir. İnce, kılcal ve kaba kök yüzdesi elde edilmiş ve bu yüzde değer aynı meşçere tipi ve aynı bonitetteki diğer deneme alanlarına uygulanmıştır.

### 3.4. Karbon Depolama Denklemlerin Belirlenmesi

Karbon depolama denklemlerinin geliştirilmesinde Regresyon Analizi yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemin amacı, örnek ağaçlarda yapılan ölçümlere göre tüm ağaç ve ağaç bileşenleri ile ölü-diri örtü ve ölü odun ve toprak tutulan karbonu göğüs çapı ve boy gibi kolay ölçülebilen parametreler ile tahmin etmektir.

Bu projede, ağacın gövde, dal, ibre ve kabuğundan oluşan, tek ağaç biyokütlesinin hesaplanmasında bağımsız değişken olarak sadece çap kullanılmıştır. Ağaç boyunun modele dahil edilmesi modelin başarısını arttırmakla birlikte, ölçümü çok zaman almakta ve çoğu kez güvenilirlik düzeyi düşük ölçümler yapılmaktadır (Nogueira vd., 2008). Bu çalışmada da kullanılabilirliğe önem verilerek sadece çapı bağımsız değişken olarak kullanan diğer bir ifade ile tek girişli karbon depolama denklemleri geliştirilmiştir.



Ağaç bileşenlerine ait karbon depolama denklemlerinin oluşturulmasında “ Aşamalı Regresyon Analizi” Yönteminden yararlanılmıştır. Hesaplanan tek ağacın depoladığı karbon miktarı, ağaçların göğüs çapı (d1.3) ile göğüs çapından çeşitli değişkenler ( $d^2$ ,  $\ln d$ ,  $\ln^2 d$ ,  $\ln^4 d$ ,  $1/d$ ,  $1/d^2$ , ...) türetilerek analize sokulmuştur. Yapılan Aşamalı Regresyon Analizi sonucunda bağımlı değişkenlerle (gövde, dal, kabuk, ibre, sürgünde depolanan karbon miktarı) en anlamlı bağımsız değişkenler saptanarak her bir biyokütle bileşeni ve toplam ağaç biyokütlesi için karbon depolama denklemleri geliştirilmiştir.

### 3.5. Karbon Depolama Denklemlerinin Kontrolü

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).

Denklem geliştirmek amacıyla kullanılan veri toplam verinin yaklaşık % 80’ini (47 adet) oluştururken, geri kalan yaklaşık %20’lik (12 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 denklemler örneklerin normal dağılım göstermesi halinde Student’in Eşleştirilmiş t-testi ile normal dağılım göstermemesi halinde is Wilcoxon Testi ile kontrol edilmektedir. Bu projede kontrol için seçilen örneklerin depoladıkları karbon miktarları normal dağılım gösterdiği için Eşlendirilmiş t-testi kullanılmıştır.

$$t = \frac{\bar{d}}{S_{\bar{d}}}$$

Burada  $\bar{d}$ : bağımsız örnekler için bağımlı değişkenin ölçülen değeri ( $y_i$ ) ile regresyon denkleminde tahmin edilen ( $\hat{y}_i$ ) değerleri arasındaki farkların ortalamasını  $S_{\bar{d}}$ : farkların standart hatasını göstermektedir.

## 4. BULGULAR

### 4.1. Ağaç Biyokütlesine İlişkin Bulgular

Yöntem kısmında ayrıntılı olarak açıklanan; orman alanlarında depolanan karbonu bulabilmek için böylesi temel bir araştırmada öncelikle ekosistemde karbonun depolandığı bileşenlerin biyokütlelerini bulmak gerekir. Ancak bundan sonraki çalışmalarda ise özellikle ağaçta depolanan karbon miktarı için ağaç biyokütlesini bilmeye gerek kalmayacaktır. Çünkü bu çalışma ile geliştirilen karbon depolama denklemleri ile ağacın göğüs çapını bilmek yetecektir.

59 örnek ağaçta yapılan ölçümlere ve laboratuarda yapılan analizlere göre her bir ağacın gövde, dal, ibre, kabuk ve sürgün biyokütleleri Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8. Örnek ağaçlardan alınan ağaç bileşenlerine ait yaş ve kuru ağırlıklar

	Ağaç Sayısı	Minumum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Çap (cm)	59	6	74.3	28.4949	15.39147
Boy (m)	59	3.8	32.2	18.8356	7.09684
Yaş gövde karbon (gr)	59	74	8194.6	1619.907	1654.361
Kuru gövde karbon (gr)	59	25	7574	947.3475	1264.918
Yaş dal (gr)	59	78	5780	697.7	1031.898
Kuru dal (gr)	59	34	2780	339.8593	473.7926
Kuru kabuk (gr)	59	10	521.5	98.4441	117.7268
Yaş ibre(gr)	59	174	3440	1065.198	720.3932
Kuru ibre (gr)	59	48.4	780	287.2593	167.6322
Kuru sürgün (gr)	59	29.7	805	184.5085	138.5929

### 4.2. Karbon Denklemlerine İlişkin Bulgular

Elementel analiz cihazında gerçekleştirilen karbon analizleri sonucunda her örnek ağaçtaki tüm bileşenler (gövde, kabuk, dal, ibre, sürgün) içerdikleri karbon miktarları hazırlanan örnekte ağırlık (mg) ve yüzde (%) değerler elde edilmiştir (Tablo 9).

Tablo 9. Ladin türü için tek ağaç bileşenlerinin yüzde cinsinden karbon içerikleri

Biyokütle Bileşeni	Karbon İçeriği (%)			
	En düşük	En yüksek	Ortalama	SD
Gövde Odunu	27.1	41.5	34.3	2.3
Dal Odunu	32.4	42.5	37.5	2.7
İbre	43.3	50.3	46.8	1.7
Kabuk	35.7	52.8	44.3	2.8
Sürgün	46.4	60.7	53.6	1.7
Tüm Ağaç	30.4	42.8	37.4	2.4

Tablo 9'daki yüzde (%) değerler kullanılarak Tablo 10'da verilen kuru ağırlık içerisindeki karbon miktarları hesaplanmıştır (Tablo 10).

Tablo 10. Ağaç bileşenlerindeki karbon miktarları (kg)

	Ağaç sayısı	Minumum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Gövde	59	0.09	921.51	133.3058	168.6335
Kabuk	59	0.49	139.23	22.0429	27.12702
Dal	59	0.04	27.87	3.8503	5.42934
İbre	59	0.22	101.24	7.4656	14.036344
Sürgün	59	0.08	29.29	3.5822	5.36791
Toplam	59	1.77	1127.56	170.2459	208.2287

Tek ağaç bileşenlerine ait karbon depolama denklemleri, denklemlere ilişkin parametrelerin tahmin değerleri ile önemlilik düzeyleri Tablo 11'de verilmiştir.

Tablo 11. Tek ağaç bileşenlerine ait karbon depolama denklemleri, denklemlere ilişkin parametrelerin tahmin değerleri ile önemlilik düzeyleri

Biyokütle Bileşeni	Model	Katsayılar		R <sup>2</sup>	S <sub>y.x</sub>	Önem Düzeyi
		b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>			
Gövde Odunu	Y= b <sub>0</sub> x d <sup>b<sub>1</sub></sup>	0.007	2.799	0.913	0.520	P<0.001
Dal odunu	Y= b <sub>0</sub> x d <sup>b<sub>1</sub></sup>	0.001	2.287	0.827	0.630	P<0.001
İbre	Y= b <sub>0</sub> x d <sup>b<sub>1</sub></sup>	0.100	1.237	0.751	0.521	P<0.001
Sürgün	Y= b <sub>0</sub> x d <sup>b<sub>1</sub></sup>	0.040	1.880	0.830	0.520	P<0.001
Kabuk	Y= b <sub>0</sub> x d <sup>b<sub>1</sub></sup>	0.090	2.208	0.951	0.300	P<0.001
Tüm Ağaç	Y= b <sub>0</sub> x d <sup>b<sub>1</sub></sup>	0.033	2.430	0.964	0.283	P<0.001

Burada  $Y$ ,  $i$ -yinci ağacın tüm ağaçtaki karbon depolamasını ve  $d$ ise göğüs çapını göstermektedir.

Geliştirilen karbon depolama denklemlerinin hata terimleri arasında bir ilişki bulunmamaktadır. Diğer bir ifade ile tüm biyokütle denklemlerinin hataları rastgele bir dağılım göstermektedir.

#### **4.3. Biyokütle ve Karbon Depolama Denklemlerinin Kontrolüne İlişkin Bulgular**

Ladin biyokütle tablosunun düzenlenmesinde ve karbon depolama kapasitesinin belirlenmesinde kullanılmasına karar verilen denklemlerin genelbazda uygulanabilirliğinin denetimi için 18 adet kontrol örneği kullanılarak, her bir bileşen için ayrı ayrı olmak üzere normal dağılımlı toplumlarda eşlendirilmiş örneklerin karşılaştırılmasında eşlendirilmiş-testi sonuçlarına göre geliştirilen karbon depolama denklemlerinin 0.05 önem düzeyinde Maçka yöresinde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

#### **4.4. Biyokütle ve Karbon Depolama Miktarlarına İlişkin Bulgular**

Geliştirilen karbon depolama modelleri kullanılarak örnek ağaçların alındığı en düşük çap değerinden en yüksek çap değerine kadar olan çaplarda, tek ağaca ilişkin toplam biyokütle içerisindeki karbon miktarları hesaplanmış ve Tablo 12' de verilmiştir.

Tablo 12. ap basamaklarında karbon miktarı

ap(cm)	Karbon (kg)	ap(cm)	Karbon (kg)	ap(cm)	Karbon (kg)
6	2.56	28	108.32	50	443.28
7	3.73	29	117.96	51	465.13
8	5.16	30	128.09	52	487.61
9	6.87	31	138.72	53	510.71
10	8.87	32	149.84	54	534.45
11	11.18	33	161.48	55	558.82
12	13.82	34	173.63	56	583.83
13	16.78	35	186.30	57	609.49
14	20.10	36	199.50	58	635.81
15	23.76	37	213.24	59	662.78
16	27.80	38	227.52	60	690.41
17	32.21	39	242.35	61	718.71
18	37.01	40	257.73	62	747.68
19	42.21	41	273.66	63	777.33
20	47.82	42	290.17	64	807.65
21	53.84	43	307.25	65	838.66
22	60.28	44	324.90	66	870.37
23	67.16	45	343.14	67	902.76
24	74.47	46	361.97	68	935.86
25	82.24	47	381.39	69	969.66
26	90.47	48	401.41	70	1004.17
27	99.16	49	422.04		

#### 4.5. Ladin Meşcerelerinin Karbon Depolama Kapasitesi

Ladin meşcerelerinde yer alan bir Ladin ağacında depolanan karbon miktarı 1.08 kg ile 3355.6 kg arasında değişmektedir. Bu miktarın yüzde cinsinden bileşenlere göre dağılımı ise Tablo 13’de verilmiştir.

Tablo 13. Karbon depolama miktarları

Ö.A No:	TOPRAK ALTI KARBON (kg)				TOPRAK ÜSTÜ KARBON (kg)					TOPLAM KARBON
	0-2 (mm)	2-5 (mm)	5< (mm)	TOPLAM	DİRİ ÖRTÜ	ÖLÜ ÖRTÜ	ÖLÜ ODUN	TÜM AĞAÇ	TOPLAM TÜ	
1136	4977.4	3013.8	10291.8	18283.0	63.0	15340.8	197.3	87888.0	103489.2	121772.2
1158	3111.6	2043.1	4473.9	9628.6	62.0	21410.1	354.8	167347.3	189174.2	198802.8
1159	3300.4	2802.3	14002.8	20105.5	295,8	10069.3	823.1	96967.9	108156.1	128261.6
1160	2286.9	1058.8	1927.0	5272.8	29.2	11651.0	165.3	113849.7	125695.2	130968.0
1180	2876.5	1077.6	6995.8	10949.8	52.2	16005.6	58.9	121276.9	137393.6	148343.4
1181	3664.1	3830.1	510.7	8004.9	181,2	5008.0	159.4	122571.1	127919.7	135924.6
1182	1528.2	1410.2	8868.0	11806.3	499.1	6673.3	730,95	98964.2	106867.6	118673.9
1202	902.4	472.0	3604.7	4979.0	56.6	10609.6	39.6	134554.3	145260.1	150239.1
1204	3149.1	1439.0	7250.6	11838.7	94.0	7560.0	408.8	93642.6	101705.4	113544.0
1224	1431.9	2565.3	2986.2	6983.4	18.8	16666.7	98.5	99239.3	116023.3	123006.7
1225	5792.1	350.6	4763.7	10906.4	112.0	10154.7	151.4	119798.5	130216.5	141122.9
1246	2446.9	1274.8	9928.1	13649.7	100.3	16879.1	104.6	60005.2	77089.2	90738.8
1248	674.9	554.6	0.0	1229.5	96.0	6517.3	253.2	108762.2	115628.7	116858.2
1268	491.7	649.1	4738.8	5879.6	37.1	14040.3	403.7	80985.8	95466.9	101346.4
1270	1771.6	549.2	3991.3	6312.1	43.1	11508.0	85.3	142929.6	154566.0	160878.1

#### 4.6. Ölü-Diri Örtü ve Ölü Odun Kütlesi ile Karbon Depolamasına İlişkin Bulgular

59 örnek alanda ölü-diri örtü ile ölü odun örneklemelerinin yapılması son derece zor olması nedeni ile 30 adet örnek alanda bu işlemler yürütülmüştür. 30 örnek alanın tamamında orman gülü ile çoban püskülünden oluşan diri örtü bulunurken, 30 örnek alandan sadece 20 adetinde ölü odun bulunduğu belirlenmiştir. Diri örtü kütlesi belirlenirken, yaprak ve dal kütlesi ayrı ayrı değerlendirilmiştir. 30 örnek alandan elde edilen veriler değerlendirildiğinde en küçük dal kütlesi 5 kg/ha iken en yüksek dal kütlesi 142 kg/ha olarak elde edilmiştir. Yaprak kütlesi olarak ise en küçük 1 kg/ha ile en yüksek 63 kg/ha olarak belirlenmiştir.

30 örnek alanından sadece 20'sinde bulunan ölü odun kütle olarak değerlendirildiğinde, en küçük 0,42 kg/ha ile en yüksek 28,8 kg/ha arasında olduğu bulunmuştur.

Ölü örtü kütlesini ve içerdiği karbonu belirlemek için yine 30 adet örnek alanında çalışmalar yapılmıştır. Bu deneme alanlarında tahrip edilmemiş rastgele bir noktada 25x25

cm boyutlarında 4 adet alınan örnekleme noktalarındaki tüm ölü örtü toplanarak arazide tartılmış ve tümü laboratuara getirilerek kurutma fırınında kurtularak tekrar tartılmıştır. Bu işlemler sonucunda ölü örtü kütlesinin 19,8 ton/ha ile 33,8 ton/ha arasında değiştiği belirlenmiştir.

Toprak üstü biyokütleyi oluşturan bu başlık altındaki bileşenlerin ne kadar karbon depoladığını bulmak için örneklerin öğütülmesi sonucunda üç farklı ağırlıkta alınan alt örneklerde C analizi COSTECH marka Elementel Analiz Cihazında yapılmıştır. Yapılan karbon analizleri sonucunda diri örtü kütlesinin % 35'i ile %42'si kadar karbon depoladıkları, ölü odunda depolanan karbonun ise kütlesinin %33'ü ile %45'i kadar olduğu ve ölü örtüde biriken karbon miktarının ise kütlesinin %40'ı ile %52'si kadar olduğu belirlenmiştir.

#### **4.7. Kök Kütlesi ve Karbon Depolamasına İlişkin Bulgular**

Ladin kök kütlesi 1900 kg/ha ile 16500 kg/ha arasında değişmektedir. Kökler 2 mm'nin altı kılcal kök, 2-5 mm arası ince kök 5 mm'nin üstü kalın kök olacak şekilde üç sınıfa ayrıldığında, kılcal kök kütlesinin 570 kg/ha ile 4670 kg/ha arasında değiştiğini, incekök kütlesinin 872 kg/ha ile 9560 kg/ha arasında değiştiği ve kalın kök kütlesinin 1360 kg/ha ile 13190 kg/ha arasında değiştiği sonucuna varılmıştır. Yaş sınıflarına göre değişimin nasıl olduğu araştırılmış ise de çalışma alanında genç meşcerelerin bulunmayışı genç meşcerelerdeki durum hakkında bilgi edinilmemesine neden olmuştur. Değerlendirmeler orta yaş ve yaşlı meşcereler için yapılabilmektedir. Orta yaşlı ve yaşlı Ladin meşcerelerinin kök kütlelerinin yaşa göre değişmediği sonucuna varılmıştır.

Köklerdeki tutulan karbon miktarı ise kılcal köklerde %43 ile %55 arasında, ince köklerde % 36 ile %51 arasında değişirken, kalın köklerde bu oran daha da düşerek %32 ile %47 arasında değişmiştir.

## 5.TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Ladin karbon depolama denklemlerinin geliştirilmesi için Regresyon Analizi yardımıyla tek ağaç bileşenlerinin kuru ağırlıkları ile göğüs çapı ( $d_{1.3}$ ) ve göğüs çapından türetilmiş çeşitli bağımsız değişkenler ( $d^2$ ,  $\ln d$ ,  $\ln^2 d$ ,...) ilişkiye getirilmiş ve  $y = b_0 d^{b_1}$  şeklindeki denklem en başarılı denklem olarak bulunmuştur.

Bu tez çalışması sonucunda, tek ağaç bileşenleri içerisinde en yüksek oranda sürgünde ve daha sonrasında sırasıyla ibrede, kabukta, dal odununda ve en az miktarda da gövdede karbonun depolandığı belirlenmiştir (Tablo 14). Tolunay (2009) tarafından sarıçam genç meşcerelerinde yapılan çalışmada tek ağaç bileşenlerine ilişkin karbon içerikleri sırasıyla dalda % 54.7, kabukta %53.5, ibrede % 53.02 ve gövdede ise % 51,2 oranında bulunmuştur. Yavuz ve diğ. (2010) tarafından Sarıçam türünde yapılan çalışmada ise en fazla karbon ibrelerde birikirken, oldukça az düzeyde karbon kabukta birikmektedir. Laiho ve Laine (1997) sarıçamda yaptıkları çalışmada, ibrede % 53.8, kabukta % 53.2, dal odununda % 53.1, gövde odununda ise % 51.8 oranında karbon bulunduğunu belirlemişlerdir. Benzer çalışmalara ilişkin değerler Tablo 14’de verilmiştir.

Tablo 14. Benzer çalışmalara ilişkin yüzde karbon içeriği değerleri

	Ağaç Türü	İbre (%)	Dal (%)	Gövde (%)	Kabuk (%)
Peichl (2006)	<i>Pinusstrobus</i>	51.0	49.0	47.0	46.0
Yavuz ve diğ. (2010)	<i>Pinussylvestris</i>	53.4	39.4	20.8	5.6
Tolunay (2009)	<i>Pinussylvestris</i>	53.02	54.7	51,2	53.5
Ritson (2002)	<i>Pinuspinaster</i>	-	56.6	49.7	-
Laiho ve Laine (1997)	<i>Pinussylvestris</i>	53.8	53.1	51.8	53.2
Bülbül (2012)	<i>Piceaorientalis</i>	46.8	37.5	34.3	44.3

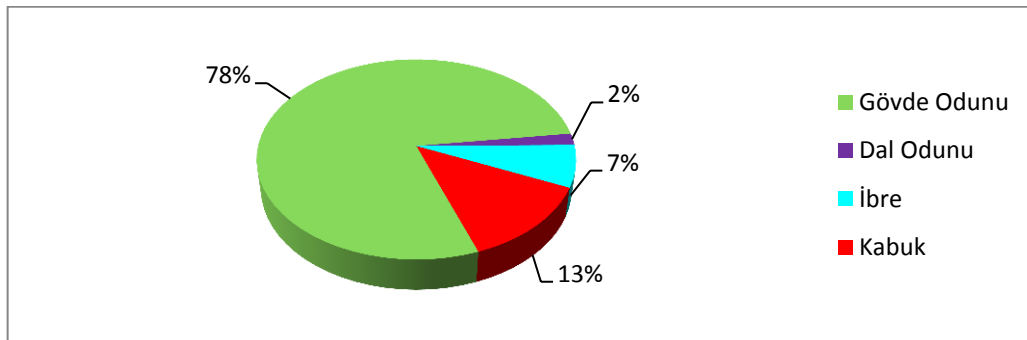
Mund (2002),tarafından Norveç Ladini’nde yapılan çalışmada,depolanan toplam karbonun %27,2’si yapraklarda ve gövdenin üst kısımlarında olduğu saptanmış ve de kabuk kuru ağırlığının karbon içeriğinin %47 ile%56 arasında değiştiği belirlenmiştir.



Tüfekçioğlu (2010), Murgul Yalancı Akasya ağaçlandırmalarında yaptığı çalışmada, kılçak kök biyokütlesinin %41'i, ince kök biyokütlesinin %39,6 ve kalın kök biyokütlesinin de %39,6'sının karbon olduğunu saptamıştır.

Ağaç bileşenlerindeki (dal, sürgün ve ibre) karbon miktarı tepe üzerinde örnekleme yapıldığı yere göre değişmektedir. Bert ve Danjon (2006), yaptıkları çalışmada karbon miktarı ile dal çapı arasında negatif bir ilişki olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar *Pinuspinaster* türü için yapmış oldukları çalışmada dalda ve gövdede depolanan karbon miktarı ile örnekleme yapıldığı yer arasında ilişki olduğunu, ancak diğer bileşenlerde depolanan karbon miktarı ile örnekleme yapıldığı yer arasında ilişki bildirmenmektedirler.

Ağaç biyokütlesi içerisinde en büyük bölümü gövde odunu oluşturmaktadır. Bu nedenle, ağaçta depolanan toplam karbon miktarının da en büyük kısmını gövde odunu oluşturmaktadır. Yapılan bu tez çalışması da bu düşüncüyü doğrular niteliktedir. Şöyle ki, bir Ladin ağacında depolanan toplam karbon miktarının % 78.5'i gövde odununda bulunmaktadır (Şekil 29). Yapılan benzer çalışmalarda da aynı durum söz konusudur. Sarıçam türünün ülke genelindeki büyümesini ve karbon depolamasını araştıran Yavuz ve diğ., (2010) ile Bolu'daki genç meşcerelerinin karbon depolamasını çalışan Tolunay (2009) oranları sırasıyla tarafından yapılan çalışmalarda, sarıçam türü için bu değer % 62. 2 ve %70.2 olarak elde edilmiştir. Danimarka'da yapılan bir çalışmada ise *Piceaabies* ağaç türünde toplam toprak üstü karbon miktarının % 68.8- % 72.1'inin gövde odununda olduğu belirtilmektedir (Skovsgaard et al., 2006). Finlandiya'da *Pinussylvestris* ağaç türünde yapılan diğer bir çalışmada ise gövde odununda depolanan karbon miktarının toplam toprak üstü karbon miktarının % 45.4 – % 73.1'i arasında olduğu belirlenmiştir (Laiho and Laine., 1997).



Şekil 29. Tek ağaçta depolanan toplam karbon miktarının ağaç bileşenlerine dağılımı

Lamlom ve Savidge (2003), tarafından Kuzey Amerika'da 41 ağaç türü için yapılan çalışmada, gövde odunu karbon içeriği ibreli ağaç türlerinde % 46.27 ile % 49.97, yapraklı ağaç türlerinde ise % 47.21 ile % 55.2 arasında olduğu belirlenmiştir. İbreli ve yapraklı ağaç türlerinde gövde odunundaki karbon içeriği arasındaki bu fark, olarak lignin içeriğinin ibreli ağaç türlerinde yapraklı ağaç türlerine göre daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır.

Tek ağaç bileşenlerinin ve toplam biyokütlenin karbon içerikleri ile ağaç çapı arasında ilişkiler bu çalışma kapsamında belirlenmiş sonuçlar Tablo 12'de verilmiştir. En yüksek belirtme katsayısı ( $R^2$ ) tüm ağaç biyokütlesi içerisindeki karbon miktarını veren modelde elde edilmiştir (% 96.4). Tek ağaç bileşenlerine bakıldığında ise göğüs çapına göre kabuktaki karbon miktarını tahmin eden model en yüksek belirtme katsayısına sahiptir (%95.1). En düşük belirtme katsayısı ise ibrelerdeki karbon miktarının belirlendiği modelde elde edilmiştir (% 75.1). Ülkemizde genç sarıçam meşcerelerinde yapılan çalışmada (Tolunay, 2009) da en yüksek belirtme katsayısı değerine toprak üstü tüm ağaç biyokütlesi içerisinde depolanan karbon miktarını ağaç çapına göre veren model sahiptir.

Çalışma sonucunda toprak üstü tüm ağaç biyokütlesinin içerdiği karbon miktarına ilişkin bulgular, LULUCF kılavuzunda verilen biyokütle dönüştürme faktörü katsayısı yarımıyla elde edilen veriler ile karşılaştırılmıştır. Bu amaçla araştırma alanından rastgele seçilen meşcerelerin karbon depolama miktarları her iki yöntemle hesaplanmıştır. Yapılan karşılaştırma sonucunda biyokütle dönüştürme katsayısı kullanılarak elde edilen değerler ile geliştirilen karbon depolama modelinden elde edilen değerler arasında istatistiksel anlamda fark olduğu ( $p>0.05$ ) belirlenmiştir.

Ladin meşcerelerinde yer alan ağaçların gövdelerinde depolanan karbon miktarı 33 ton/ha ile 167 ton/ha, dallarında depolanan karbon miktarının 0,9 ton/ha ile 5,2 ton/ha, ibrelerinde depolanan karbon miktarının 1.1 ton/ha ile 5,3 ton/ha arasında değiştiği sonucuna varılmıştır.

Çalışma kapsamında çeşitli bağımsız değişkenler kullanılarak elde edilen karbon depolama denklemlerinin her biri, denklemlerden bağımsız bir veri grubu ile (kontrol verileri) denetlenmiş ve 0.05 önem düzeyi ile seçilen tüm karbon depolama denklemlerinin örnek ağaçların seçildiği bölge için uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

## 6.KAYNAKLAR

- Ahrens, D.C., 1994. Meteorology Today, An Introduction to Weather, Climate and The Environment, Fifth Edition, West Publishing Company, USA.
- Asan, Ü., 1999. Global İklim Değişimi ve Türkiye Ormanlarında Karbon Birikimi, İÜ Orman Fakültesi Dergisi, Seri B,45,1-2, 23-38
- Asan, Ü., 2005. Küresel Isınmanın Önlenmesinde Ormanların Rolü ve Önemi. Türk Ormancılığında, Uluslar arası Süreçte Acil Eyleme Dönüştürülmesi Gereken Konular, Mevzuat ve Yapılanmaya Yansımaları Sempozyumu, Aralık 2005, Bildiriler Kitabı: 231-241.
- 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, İstanbul, Bildiriler Kitabı:194-202.
- Aydın, Ç., 2010. Artvin Orman Bölge Müdürlüğü Borçka Orman İşletme Müdürlüğü Sarıçam Biyokütle Tabloları, Yüksek Lisans Tezi, 55 sayfa, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Bayar, A. B. ve Bahrend. H., 1994 Küresel Çevre Problemleri, Özkan Matbaası, Ankara.
- Bauer,A. and Black, A.L., 1994. Quantification of the effect of soil organic matter content on soil productivity. Soil Scie. Soc. Am. J. 58,185-193.
- Bilimve Teknik Dergisi, Ağustos 2005
- Brown, S., 2002. Measuring Carbon in Forests: Current Status and Future Challenges, Environmental Pollution, 116, 363–372.
- Broadmeadow, M. J. and Matthews, R. W., 2003. Forests, Carbon and Climate Change: the UK Contribution. Forestry Commission Information Note 48. Edinburgh.
- Çevre ve Orman Bakanlığı, 2000. Orman Fonksiyonlarının Belirlenmesi ve Haritalandırılması ile ilgili El Kitabı Çevre ve Orman Bakanlığı Araştırma ve Geliştirme Dairesi 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.

- Çevre ve Orman Bakanlığı., 2010. İklim Değişikliği Müzakereleri Kılavuzu - Türkiye, S. Cerit Mazlum, S. Cevheri ve B. Ubay (ed.). Ankara: İklim Değişikliği ile Mücadele için Kapasitelerin Artırılması Projesi (ÇOB, DPT, TÜSİAD ve UNDP).
- Eissenstat, D.M. and Yanai R.D.,1997. The ecology of root life span. P. 1-60, in Advances in Ecological Research, M Begon and AH Fitter (Eds.). Academic Press, San Diego, California, USA.
- Houghton, R. A., 2005, Aboveground forest biomass and the global carbon balance, Global Change Biol., 11,6, 945 – 958.
- IPCC, 2000. Special Report on Land Use, Land Use-Change and Forestry,
- IPCC, 2001. Climate Change 2001: Working Group I: The Scientific Basis. Cambridge University Press, New York.
- IPCC,1996. Houghton, J.T.; Meira Filho, L.G.; Callander, B.A.; Harris, N.; Kattenberg, A., and Maskell, K., ed., Climate Change 1995: The Science of Climate Change, Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press.
- IPCC., 2002. Presentations by the IPCC Working Groups for the IPCC Third Assessment Report:IPCC Synthesis Report Part II (Habiba Gitay). Intergovernmental Panel on ClimateChange (IPCC).
- IPCC, 2004 Good Practice Guidance for Land Use, Land Use Change and Forestry.
- Kadioğlu, S., 2005. İklim Degisikligi ve Türkiye. Çevre ve Orman Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Kern, J.S., and Johnson, M.G., 1993. Conservation tillage impact on national soil and atmospheric carbon levels. Soil Sci. Soc. Am. J., 57,200-210.
- Laiho, R. and Laine, J., 1997. Tree Stand Biomass and Carbon Content in an Age Sequence of Drained Pine Mires in Southern Finland. Forest Ecology and Management, 93, 161- 169.
- Liosa, S. 2001. Climate Change and Carbon Cycle. Forestry, Climate Change & Development Opportunities Seminar.
- Machado, S., Rhinhart, K., and Petrie, S. 2006. Long-term cropping system effects on carbon sequestration in eastern Oregon. J. Environ. Qual. 35, 1548-1553.

- Mund, M., Kummerow, M., Hein, G.A. and Schulze, D., 2002. Growth and carbon stocks of a spruce forest chronosequence in central Europe, forest Ecology and management.
- Nogueira, E.M., Fearnside, P.M., Nelson, B.W., Barbosa, R.I. ve Keizer, E.W.H., 2008. Estimates of forest biomass in the Brazilian Amazon: New allometric equations and adjustments to biomass from wood-volume inventories, Forest Ecology and Management, 256, 1853-1867.
- Sahin, M., 2007. "Sera Gazı Emisyonları ve Azatlım Politikaları, Temiz Enerji Teknolojileri Konferansı, İstanbul Sampson, R.N. and Scholes, R.J., 2000. Additional human-induced activities. In: Land use, land-use change, and forestry: A special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Edited R.T. Watson et al. IPCC.
- Sainju, U.M., Lenssen, A., Caesar-Thonthat, T. and Waddell, J., 2006. Carbon sequestration in dryland soils and plant residue as influenced by tillage and crop rotation. J. Environ. Qual. 35, 1342-1347.
- Schulze, E. ; Wirth, D.C. ; Heimann, M. 2000: Climate Change: Managing Forests After Kyoto. 289, 2058-2059.
- Öztürk, K., 2002. Küresel İklim Değişiklikleri ve Türkiye'ye Olası Etkileri, G.Ü. Gazi Eğitim Fakültesi Derg, 22,1, 47-65, Ankara.
- Tüfekçioğlu, A. 2002. Yüksek, T. ve Kalay, H. Z., 2003. Gümüşhane İli Torul İlçesi Yalancı Akasya Ağaçlandırmalarının Biyokütle ve Bazı Toprak Özellikleri Yönünden İncelenmesi. Gümüşhane ve Yöresinin Kalkınması Sempozyumu. 23-25 Ekim, 2002, Gümüşhane, Bildiriler Kitabı.
- Tüfekçioğlu, A., Raich J.W., Isenhardt T.M. and Schultz R.C., 2003. Biomass, carbon and nitrogen dynamics of multi-species riparian buffers within an agricultural watershed in Iowa, USA. Agrofor. Sys., 57, 187-198.
- Türkes, M., 2000. 'Küresel iklim değişikliği ve olası etkileri', Çevre Bakanlığı, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları (13 Nisan 2000, İstanbul Sanayi Odası), 7-24, ÇKÖK Gn. Md., Ankara
- Türkes, M., Sümer, U. M. ve Çetiner, G, 2000. Kyoto Protokolü Esneklik Mekanizmaları (Flexibility Mechanisms Under the Kyoto Protocol), Tesisat Dergisi 52: 84-107.
- Türkes, M. 2006. Küresel iklimin geleceği ve Kyoto Protokolü. Jeopolitik 29: 99-107.
- Türkes, M., 2001b. Küresel iklimin korunması, İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Türkiye. Tesisat Mühendisliği 61, 14-29.

- Türkes M. 2001c. Bonn Anlaşması ve küresel ısınmanın önlenmesindeki rolü. TMMOB Türkiye III. Enerji Sempozyumu: “Küresellesmenin” Enerji Sektöründe Yapısal Değişim Programı ve Ulusal Enerji Politikaları, Aralık, Ankara, Bildiriler Kitabı, 339-353.
- Türkes, M. 2003a. Küresel iklim değişikliği ve gelecekteki iklimimiz. 23 Mart Dünya Meteoroloji Günü Kutlaması Gelecekteki İklimimiz Paneli. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Mart, Ankara, Bildiriler Kitabı,12-37.
- Türkes, M. 2003b. Sera gazı salımlarının azaltılması için sürdürülebilir teknolojik ve davranışsal seçenekler. TMMOB Çevre Mühendisleri Odası, V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi: Çevre Bilim ve Teknoloji Küresellesmenin Yansımaları. Bildiriler Kitabı, 267-285, Mart,Ankara.
- Türkes, M. 2006. Kyoto Protokolü’nün bir geleceği var mı? Cumhuriyet Bilim ve Teknik 995, 20.
- UNESCO. 1980. The Carbon Budget of the Oceans. UNESCO Report of SCOR Working Group 62. 16 pp. UNESCO, Paris.
- URL-1 <http://www.kuresel-isinma.org/kuresel-isinma/sera-etkisi-nedir.html>.16 Ocak 2011
- URL-2 [http://tr.wikipedia.org/wiki/Sera\\_gazlar%C4%B1](http://tr.wikipedia.org/wiki/Sera_gazlar%C4%B1) . 24 Nisan 2011
- URL-3 [http://tr.wikipedia.org/wiki/Sera\\_etkisi](http://tr.wikipedia.org/wiki/Sera_etkisi) . 24 Nisan 2011
- URL-4 <http://web.ogm.gov.tr/diger/SOYKriterleri/Dokumanlar/R%C4%B00%20Zirvesi> 16 Şubat 2011
- URL-5 [http://www.dsi.gov.tr/iklim/sozlesmeler/cerceve\\_sozlesme\\_kyoto/iklim\\_degisikligi\\_cerceve\\_sozlesmesi\\_ve\\_turkiye.pdf](http://www.dsi.gov.tr/iklim/sozlesmeler/cerceve_sozlesme_kyoto/iklim_degisikligi_cerceve_sozlesmesi_ve_turkiye.pdf). 21 Mart 2011
- URL-6 <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf.htm> 10 Kasım 2011
- URL-7 [http://web.ogm.gov.tr/diger/iklim/Dokumanlar/orman\\_iklimc.pdf](http://web.ogm.gov.tr/diger/iklim/Dokumanlar/orman_iklimc.pdf). 26 Ocak 2011.
- WMO, 1990. Global Warming, WMO, No.741 Geneva.
- Yang, K, and 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 slyvestris L.) Meşcereleri İçin Mekanistik Büyüme Modellerinin Geliştirilmesi, Biyokütle ve Karbon Depolama Miktarlarının Belirlenmesi, TÜBİTAK Projesi, Trabzon.

Vanclay, J.K., 1994. Modelling Forest Growth and Yield, Applications to Mixed Tropical Forests, CAB International, Wallingford UK, 312 s.

## ÖZGEÇMİŞ

17.07.1986 yılında Trabzon'da doğdu. İlköğrenimini Kanuni İlköğretim Okulu'nda, ortaöğrenimini Trabzon Lisesi'nde tamamladı. 2004 yılında K.T.Ü Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü'nde başladığı lisans eğitimini 2010 yılında tamamladı. 2010 bahar döneminde Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı. Halen öğrenimine devam etmekte olup iyi derecede İngilizce bilmektedir.