

**T.C.
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MİNERAL TOPRAKTA DEPOLANAN KARBONA VE AZOTA
AĞAÇ TÜRLERİNİN ETKİSİ**

Cihan TAHMAZ

**Danışman
Jüri Üyesi
Jüri Üyesi**

**Prof. Dr. Temel SARIYILDIZ
Yrd. Doç. Dr. Burak ARICAK
Yrd. Doç. Dr. Mehmet KÜÇÜK**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

KASTAMONU – 2016

TEZ ONAYI

Cihan TAHMAZ tarafından hazırlanan "**Mineral Toprakta Depolanan Karbona Ve Azota Ağaç Türlerinin Etkisi**" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde savunulmuş ve **oy birliği** ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Orman Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman

Prof. Dr. Temel SARIYILDIZ
Kastamonu Üniversitesi

Jüri Üyesi

Yrd. Doç. Dr. Burak ARICAK
Kastamonu Üniversitesi

Jüri Üyesi

Yrd. Doç. Dr. Mehmet KÜÇÜK
Artvin Çoruh Üniversitesi

11/02/2016

Enstitü Müdürü

Prof. Dr. Ömer KÜÇÜK

TAAHHÜTNAME

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildirir ve taahhüt ederim.

İmza

Cihan TAHMAZ



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

MİNERAL TOPRAKTA DEPOLANAN KARBONA VE AZOTA AĞAÇ TÜRLERİNİN ETKİSİ

Cihan TAHMAZ
Kastamonu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Temel SARIYILDIZ

Kastamonu yöresi ormanlarında gerçekleştirilen çalışmada ağaç türünün, meşcere yaşının ve arazi kullanımının orman toprağında karbon ve azot depolamasına olası etkileri yörede en yaygın olarak yetişen 4 ağaç türü; karaçam (*Pinus nigra* Arnold.), kayın (*Fagus orientalis* Lipsky), sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve uludağ göknarı meşcereleri (*Abies nordmanniana* Spach.) kullanılarak araştırılmıştır. Üç ağaç türü (karaçam, sarıçam ve doğu kayını) türler arasındaki toprak karbon ve azot depolanmasındaki farklılıkları tespit etmek için kullanılmıştır. Uludağ göknarı ve genç meşcereleri ile bitişiğindeki açıklık alanlar ise meşcere yaşı ve arazi kullanım farklılığının toprakta karbon ve azot depolamasındaki farklılıkları ortaya koymak için kullanılmıştır. İki farklı derinlik kademesine (0-10 cm ve 10-20 cm) ait mineral toprak örnekleri üzerinde çalışılarak bu toprakların pH, tekstür, hacim ağırlığı, toplam karbon ve azot yüzdeleri belirlenmiştir. Sonrasında, toprak hacmi, hacim ağırlığı ve toplam karbon ve azot yüzdeleri kullanılarak türlerin toplam karbon ve azot depolama kapasiteleri hesaplanmıştır. Sonuçlar incelendiğinde, çalışılan üç ağaç türü toprakları arasında, Uludağ göknarının yaşlı ve genç meşcereleri ile açıklık alan toprakları arasında toplam karbon ve azot yüzdeleri, karbon/azot oranları ve toplam karbon ve azot depolama kapasiteleri bakımından önemli farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Genel olarak, türlerin karbon ve azot depolama kapasiteleri toprağın 0-20 cm derinlik kademesine göre karşılaştırıldığında, en yüksek ortalama karbon depolamasının karaçam altı topraklarında olduğu (79 Mg C ha^{-1}) bunu sırasıyla sarıçam (73 Mg C ha^{-1}) ve kayın (67 Mg C ha^{-1}) topraklarının izlediği, diğer yandan en yüksek ortalama azot depolamasının ise kayın altı topraklarında ($9,57 \text{ Mg N ha}^{-1}$) bunu sırasıyla sarıçam ($5,77 \text{ Mg N ha}^{-1}$) ve karaçam ($4,20 \text{ Mg N ha}^{-1}$) topraklarının takip ettiği tespit edilmiştir. Genç göknar meşcereleri, yaşlı göknar ve otlak alanlarla karşılaştırıldığında daha düşük karbon, fakat daha yüksek azot depoladığı belirlenmiştir. Türlerin toprak karbon ve azot depolama kapasitelerine etkilerine yönelik elde edilen bu sonuçlar Türkiye'nin kuzey batısındaki ormanların karbon ve azot havuzu dağılımı hakkındaki bilgilerimizin gelişmesine katkı sağlayabilecektir.

Anahtar Kelimeler: Karbon depolama, azot depolama, mineral toprak, ağaç türleri.

2016, 69 sayfa
Bilim Kodu: 1205

ABSTRACT

MSc. Thesis

EFFECT OF TREE SPECIES ON CARBON AND NITROGEN STOCKS IN MINERAL SOIL

Cihan TAHMAZ
Kastamonu University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department Of Forest Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Temel SARIYILDIZ

Effects of tree species, stand age and land-use change on soil carbon and nitrogen stock rates were investigated in the northwest of Turkey using 4 common tree species as black pine (*Pinus nigra* Arnold.), scots pine (*Pinus sylvestris* L.), oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) and uludağ fir (*Abies nordmanniana* ssp. *Bornmuelleriana*). Three tree species (black pine, scots pine and oriental beech stands) were used to investigate the differences in soil C and N among tree species. Old and young uludağ fir stands and adjacent grassland were used to study the differences in soil C and N with stand age and land-use change. Mineral soil samples were taken from 0–10 cm and 10–20 cm soil depths, and analyzed for pH, soil texture, bulk density, total soil carbon and total nitrogen. The total soil carbon and total nitrogen pools were then calculated by multiplying soil volume, soil bulk density, and the total soil carbon or total nitrogen content. Results showed that there were significant differences in soil carbon and nitrogen contents, carbon/nitrogen ratios and stock rates among three species, and between old and young fir stands and grassland. In general, when 0-20 cm soil depth was considered, mean soil carbon stock rate was the highest under black pine (79 Mg C ha⁻¹) followed by Scots pine (73 Mg C ha⁻¹) and beech (67 Mg C ha⁻¹), whereas mean soil nitrogen stock rate was the highest under beech (9.57 Mg N ha⁻¹) followed by Scots pine (5.77 Mg N ha⁻¹) and black pine (4.20 Mg N ha⁻¹). Young fir stands showed lower soil carbon stock, but higher soil nitrogen stock rates compared to old fir stands and grassland. These pioneer data from the northeast of Turkey has shown that tree species, stand tree age and land-use change can have significant effects on soil carbon and nitrogen content and stocks rates. Those data can be used to enhance forest management activities, such as selection of tree species for carbon sequestration in plantation systems, design of sustainable agroforestry systems, and improvement of biogeochemical models.

Key Words: Carbon stocks, nitrogen stocks, mineral soil, tree species.

2016, 69 pages

Science Code: 1205

TEŞEKKÜR

Mineral Toprakta Depolanan Karbona Ve Azota Ağaç Türlerinin Etkisi adlı bu çalışma Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Tez çalışmamda her safhasında, yoğun çalışmalarından bana zaman ayırarak yakından ilgilenerek maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, öğrencisi olmaktan her zaman gurur duyduğum değerli hocam Prof. Dr. Temel SARIYILDIZ 'a en içten teşekkür etmeyi kendime büyük bir borç bilirim. Sunulan tez çalışması, Kastamonu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından desteklenmiştir (Proje No: KÜBAP-03/2012-7, 2012). Desteklerinden dolayı Kastamonu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğüne (BAP), Orman Mühendisliği Bölümü öğretim elemanlarına özellikle Araş. Gör. Gamze SAVACI' ya ve Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü'ne teşekkürlerimi sunarım.

Arazi ve laboratuvar çalışmalarına katkı sağlayan Kastamonu Orman İşletme Müdürlüğü personeline ve yüksek lisans arkadaşım Züleyha MARAL'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her döneminde maddi ve manevi destekleri ile sürekli yanımda olan sevgili annem Aysel TAHMAZ ve sevgili babam Cengiz TAHMAZ'a teşekkürlerimi ve şükranlarımı sunarım.

Benden moral ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen sevgili eşim Pınar TAHMAZ'a teşekkürlerimi ve şükranlarımı sunarım.

Cihan TAHMAZ
Kastamonu, Şubat, 2016

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
TABLOLAR DİZİNİ	xii
FOTOĞRAFLAR DİZİNİ	xiii
HARİTALAR DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1. Küresel Karbon Çevrimi	10
1.2. Küresel Azot Çevrimi.....	11
1.3. Orman Topraklarında Karbon Birikimi.....	13
1.4. Orman Topraklarında Karbon Depolanmasına Etki Eden Faktörler.....	18
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	23
2.1. Orman Topraklarındaki Karbon Ve Azot Depolamada Ağaç Tür Farklılığının Etkisi Konusunda Dünyada ve Ülkemizde Yapılan Çalışmalara Genel Bakış	23
3. MATERYAL VE YÖNTEM	33
3.1. Çalışma Alanı Hakkında Bilgi	33
3.2. Arazide Yapılan Çalışmalar	38
3.3. Laboratuvarında Yapılan Çalışmalar.....	41
3.4. Toprak Örnekleri Üzerinde Yapılan Çalışmalar	42
3.5. İstatistik Analizi	44
4. BULGULAR.....	45
4.1. Çalışma Alanının Yaş Ve Organik Horizonlarına Ait Bulgular.....	45
4.2. Çalışma Alanının Toprak Özelliklerine Ait Bulgular	46
4.3. Çalışma Alanının Karbon Ve Azot Miktarlarına Ait Bulgular	47
5. TARTIŞMA	52
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	56

KAYNAKLAR	59
ÖZGEÇMİŞ	69



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

C	Karbon
Cm	Santimetre
CO ₂	Karbondioksit
CH ₄	Metan
N ₂ O	Diazotmonoksit
CFC-11	Kloroflorokarbon-11
CFC-12	Kloroflorokarbon-12
Ç	Çayırılık Alan
Çk	Karaçam
Çs	Sarıçam
D	Doğu
Da	Dekar
E	Batı
F	Çürüntü Tabakası
G	Gökmar
GB	Güneybatı
GD	Güneydoğu
Gg	Genç Gökmar
Gt	Cigaton
Gy	Yaşlı Gökmar
H	Humus
H ₂ O	Su
Ha	Hektar
K	Kuzey
K	Potasyum
KB	Kuzeybatı
KD	Kuzeydoğu
Kg	Kilogram
Kn	Kayın
L	Ölü Örtü
Mg	Magnezyum
M	Metre
Mm	Milimetre
m ³	Metreküp
Mg	Megagram (Ton)
N	Azot
N	Kuzey
NaOH	Sodyum hidroksit
NMVOCs	Metan dışı organik uçucu karbonlar
NO _x	Karbonmonoksit
NO ₂	Azot dioksit
NO ₃	Nitrat

OHo	Hidroksil radikalleri
P	Fosfor
PO ₄	Fosfat
Ppb	Milyarda kısım
Ppm	Milyonda kısım
Ppt	Trilyonda kısım (Bazen “Binde kısım” olarak ifade edilir.)
pH	Ortamın Reaksiyonu
S	Güney
SF ₆	Kükürthekzaflorid
SO ₂	Kükürtdioksit
SO ₃	Kükürtrioksit
SO ₄	Sülfat
S	Kükürt
Tg	Teragram
W	Doğu
%	Yüzde
°C	Santigrad Derece

Kısaltmalar

BM	Birleşmiş Milletler
BMİDÇS	(UNFCCC) Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
ÇOB	Çevre ve Orman Bakanlığı
DOE	Amerikan Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
FA	Fulvik Asit
FAO	Gıda ve Tarım Örgütü
GPG-F	Ormancılık İçin Pratik Rehber
HA	Hacim Ağırlığı
IPCC	Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli
KP	Kyoto Protokolü
LULUCF	Arazi Kullanım, Arazi Kullanım Değeri ve Ormancılık Kılavuzu
NIR	Ulusal Sera Gazları Envanter Raporları
OM	Organik Madde
Ort.	Ortalama
SOM	Toprak Organik Maddesi
TN	Toplam Azot
TTBS	Türkiye Toprak Bilgi Sistemi
Yük.	Yükseklik

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Küresel Sıcaklıktaki Artış	2
Şekil 1.2. Beşeri Faktörlerin Sebep Olduğu Sera Gazlarının Oluşumu	2
Şekil 1.3. Yeryüzünde Depolanan Karbon Miktarı Ve Çevrimi	11
Şekil 1.4. Küresel Azot Çevrimi	13
Şekil 1.5. Orman Topraklarında Gerçekleşen Karbon Girdisi Ve Çıktısı.....	16
Şekil 4.1. Farklı Türler İle Açık Alan Topraklarının Farklı Toprak Derinlik Kademelerine Göre Depoladığı Karbon Miktarı	49
Şekil 4.2. Farklı Türler İle Açık Alan Topraklarının Farklı Toprak Derinlik Kademelerine Göre Depoladığı Azot Miktarı	50
Şekil 4.3. Farklı Türler İle Açık Alan Topraklarının Farklı Toprak Derinlik Kademelerine Göre C/N Oranı	50
Şekil 4.4. Farklı Türler Altındaki Toprakların (0-20 Cm) Karbon Depolama Kapasiteleri ile Toprak Karbon/Azot (C/N) Oranları Arasındaki İlişki	51

TABLolar DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 1.1. Küresel Isınmaya Sebep Olan Sera Gazlarının Etki Oranları Ve Emisyon Kaynakları.....	4
Tablo 1.2. Doğrudan Etki Gösteren Sera Gazlarının Kaynakları, Sanayi Devrimi Öncesi Konsantrasyonları, Değişim Oranları Ve Atmosferdeki Ömürleri	5
Tablo 2.1. İbrelİ Ormanlara Ait Topraklarda Bulunan Organik Karbon Stoğu ..	28
Tablo 2.2. Yapraklı Ormanlara Ait Topraklarda Bulunan Organik Karbon Stoğu	28
Tablo 2.3. İbrelİ Karışık Ormanlara Ait Topraklarda Bulunan Organik Karbon Stoğu	29
Tablo 2.4. İbrelİ - Yapraklı Karışık Ormanlara Ait Topraklarda Bulunan Organik Karbon Stoğu	29
Tablo 2.5. Ağaçlandırma Alanlarına Ait Topraklarda Bulunan Organik Karbon Stoğu	29
Tablo 2.6. Yapraklı Karışık Ormanlara Ait Topraklarda Bulunan Organik Karbon Stoğu	30
Tablo 2.7. Ülkemizde Bulunan Orman Topraklarında Depo Edilebilen Organik Karbon Stoğu	30
Tablo 3.1. 1975-2010 Yıllarına Ait Meteorolojik Veriler.....	36
Tablo 4.1. Çalışılan Türlerin Ortalama Yaş İle Toprak Organik Madde Ve Organik Horizonlarına Ait Bilgiler.....	45
Tablo 4.2. Çalışılan Türlerin Bazı Meşcere Özellikleri İle Mineral Horizonlarına Ait Bazı Bilgiler	46
Tablo 4.3. Farklı Türler Ve Açık Alan Topraklarının Ortalama Karbon, Azot Miktarı, Hacim Ağırlığı, Toprak Karbon Ve Azot Depolama Kapasitesi Ve Karbon/Azot Oranı (C/N)	47

FOTOĞRAFLAR DİZİNİ

	Sayfa
Fotoğraf 3.1. Bozulmuş Toprak Numunelerinin Alındığı Profillerden Biri	39
Fotoğraf 3.2. Açık Alandan Alınan Bozulmuş Toprak Numunelerinin Alındığı Profillerden Biri.....	39
Fotoğraf 3.3. Araziden Alınan Bozulmuş Toprak Numuneleri.....	40
Fotoğraf 3.4. Araziden Alınan Bozulmuş Toprak Numunelerinin Laboratuvarda Ağzları Açılarak Kurumaya Bırakılması.....	40
Fotoğraf 3.5. Araziden Alınan Toprak Numunelerinin Hava Kuru Hale Getirilmesi	41
Fotoğraf 3.6. Hava Kuru Hale Gelen Toprak Numuneleri	41
Fotoğraf 3.7. 2 Mm' lik Elekten Geçirildikten Sonra Analiz İçin Naylon Poşetlere Konulmuş Toprak Numuneleri	42

HARİTALAR DİZİNİ

	Sayfa
Harita 3.1. Çalışma Yapılan Alanın Yaklaşık Olarak Konumu	33
Harita 3.2. Çalışma Yapılan Alana Ait Jeoloji Haritası	37

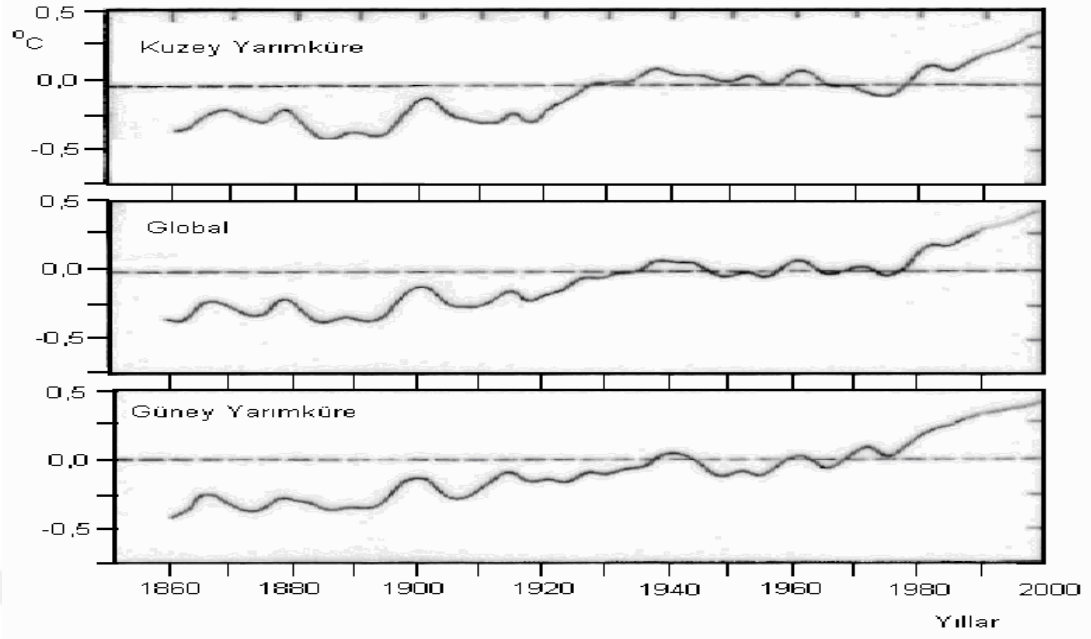


1. GİRİŞ

Küresel ısınma, sera gazı emisyonlarındaki artışlara bağlı olarak küresel ortalama yüzey sıcaklıklarında artışları ifade etmektedir. Küresel ısınmanın en önemli sebebi atmosferde sera etkisi yapan karbondioksit (CO₂) ve metan (CH₄) gibi sera gazı emisyonlarındaki hızlı artıştır (Intergovernmental Panel on Climate Change = Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli [IPCC], 2007). Atmosferdeki gazların gelen güneş ışınımına karşı geçirgen, geri salınan uzun dalgalı yer ışınımına karşı çok daha az geçirgen olması nedeniyle yerkürenin beklenenden daha fazla ısınmasını sağlayan ve ısı dengesini düzenleyen süreç “sera etkisi” olarak adlandırılmaktadır. İnsanların var olmasıyla dünyanın coğrafi özellikleri birkaç defa değişime uğramıştır. Bu doğal dengenin bozulması iklimsel değişiklikleride tetiklemiştir. Bu dengeyi gerekli önlemleri almayıp çeşitli birçok faaliyetinden vazgeçmeyerek bozan insanlar yüzünden dünyamızda küresel ısınmaya bağlı iklim değişikliğinin yaşanacağı iklim bilimciler tarafından her fırsatta dile getirilmektedir (IPCC, 2007). İnsan kaynaklı nedenlerle atmosferdeki sera gazı birikiminin artması, doğal yaşam alanının tahribine, ozon tabakasında incelmeye ve küresel boyutta sıcaklığın artmasını beraberinde getirecektir.

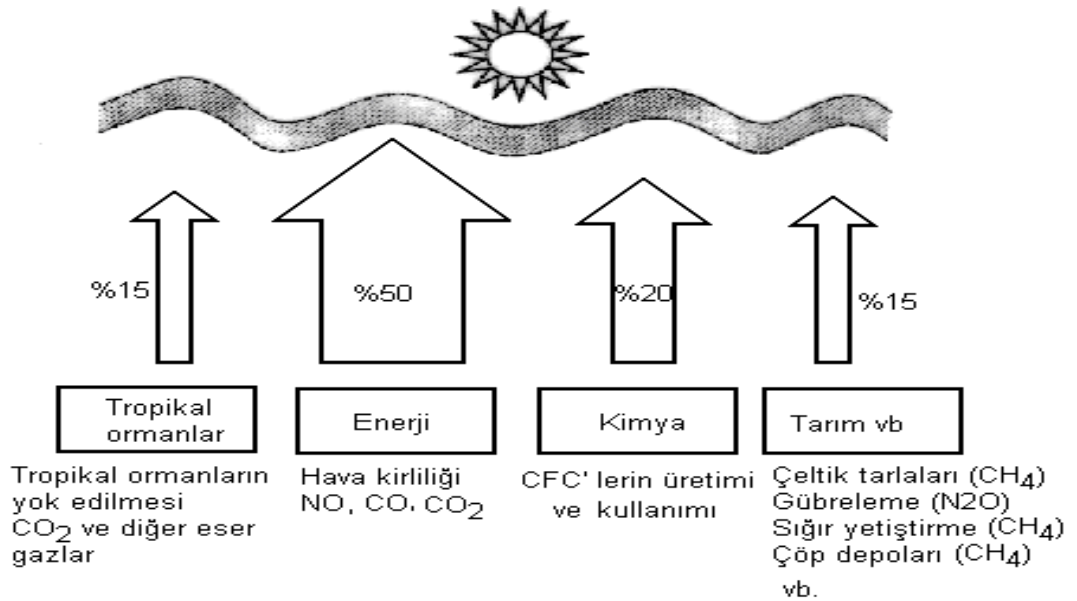
1860 yılından 2000’ li yıllara kadar iklim bilimciler tarafından yapılan çalışmalar ve tutulan kayıtlar incelendiğinde, ortalama küresel sıcaklık değişikliğinin 0,5 °C ile 0,8 °C arttığı görülmektedir (Şekil 1.1) (Bayar ve Behrend, 1994).

Küresel ısınmanın en önemli faktörü olan sera etkisini oluşturan sera gazları; temel olarak, fosil yakıtların yakılması (enerji ve çevrim), ulaştırma, arazi kullanımı değişikliği, sanayi (enerji ilişkili; kimyasal süreçler ve çimento üretimi, vb. enerji dışı), katı atık yönetimi ve tarımsal (enerji ilişkili; anız yakma, çeltik üretimi, hayvancılık ve gübreleme vb. enerji dışı) etkinliklerden kaynaklanır.



Şekil 1.1. Küresel sıcaklıktaki artış (Bayar ve Behrend, 1994)

Yapılan çalışmalara göre küresel karbon döngüsünün denk kapanmamasının nedeni atmosfere salınan beşeri faktörlü sera gazı emisyonları olduğu ortaya çıkmıştır. Küresel karbon döngüsünün normal akışına ilaveten, arazi kullanım değişiklikleri, ormansızlaştırma ve fosil yakıtların yanmasıyla her yıl atmosfere 7,9 milyar ton (Mt) karbon salınmaktadır (Şekil 1.2) (IPCC, 2003).



Şekil 1.2. Beşeri faktörlerin sebep olduğu sera gazlarının oluşumu (Bayar ve Behrend, 1994'ten değiştirilerek)

Dünya son bir milyar yıl içinde yaklaşık 250 (iki yüz elli) milyon yıl süren sıcak dönemler ve bunların ardından gelen dört büyük soğuk dönem geçirmiştir. Dünya yaklaşık elli milyon yıl önce soğuk bir döneme daha girmiş, bu dönemde yüz bin yılda bir on bin yıl süreyle görülen sıcak dönemlerin haricinde soğuma eğilimi göstermiştir. Şu an bu sıcak dönemlerden biri yaşanmaktadır. Dört bin yıl önce başlayan sıcaklık düşüşleri sonucunda Dünya' nın soğuma eğiliminin artması beklenmekteydi fakat bu artış son yüz elli yıldır gerçekleşmemiştir (URL-1, 2015).

Güneş gibi doğal etkenlerle büyüyen bu artışın nedeni, özellikle son dönemlerde, büyük ölçüde insan kaynaklı olan sera etkisiyle oluşan küresel ısınmadır (URL-1, 2015). Dünyanın presizyon hareketi, El-Nino etkisi ve güneşin etkisi küresel ısınmanın doğal nedenlerini oluştururken, sera gazlarının oluşumu, şehirlerin ısı odası etkisi, hava yoğunluğu (smog) ve fosil yakıtlar ise küresel ısınmanın yapay nedenlerini oluşturur. Küresel ısınmanın yapay nedenlerinden olan sera etkisi doğal olarak oluşmakta olup iklim üzerinde önemli rol oynamaktadır. Endüstri devrimi ile birlikte, özellikle 2. Dünya Savaşı'ndan sonra, insan aktivitesi sera gazlarının miktarını her geçen yıl arttırarak yüksek oranlara ulaştırmıştır. Bu etkinin yokluğunda Dünya' nın ortalama sıcaklığının $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ olacağı belirtilmektedir. Ancak yaşamsal etkisi olan sera gazlarının miktarının normalin üzerine çıkması ve bu artışın sürmesi de Dünya' nın iklimsel dengelerinin bozulmasına neden olmaktadır. Bu doğal etkiyi arttıran metan, karbondioksit, su buharı, azotoksit ve kloroflorokarbonlar sera gazlarını oluşturmaktadır. Bu bağlamda ozon tabakasının incilmesi de başka bir etkidir (URL-1, 2015).

Sera etkisini oluşturan sera gazları Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)' nin 2001 yılındaki yöntem rehberine göre, iki grupta sınıflandırılmıştır;

a) Doğrudan Sera Gazları: Kloroflorokarbon-11 (CFC-11) ve Kloroflorokarbon-12 (CFC-12), Metan (CH_4), Karbondioksit (CO_2), Diazotmonoksit (N_2O).

b) Dolaylı Sera Gazları: Metan dışı organik uçucu karbonlar (NMVOCs), Karbonmonoksit (CO), Azotoksitler (NO_x), Kükürthekzaflorid (SF₆) ve Kükürtdioksit (SO₂), Hidroksil radikalleri (OH_o).

Nordhaus (1991)'un, küresel ısınmaya neden olan sera gazlarının etki oranları ile bu etki oranlarının emisyon kaynaklarını gösteren araştırması Tablo 1.1 'de verilmektedir.

Tablo 1.1. *Küresel ısınmaya sebep olan sera gazlarının etki oranları ve emisyon kaynakları*

Sera Gazları	Etki Oranları (%)	Emisyon Kaynakları
Karbon dioksit	53,2	En çok fosil yakıtlar
Metan	17,3	Çeşitli biyolojik ve tarımsal faaliyetler
Kloroflorokarbonlar	21,4	Endüstriyel üretim
Azot Oksitleri	8,1	Enerji ve gübre kullanımı
Toplam	100	

İklim sisteminin değişiminde en önemli etkiye sahip olan sera gazları doğrudan etkili olanlardır. Doğrudan etkili olan sera gazlarının oluşum kaynakları; sanayi devrimi öncesi atmosferik konsantrasyonları, yıllık değişim oranları ve atmosferik ömürleri Tablo 1.2' de verilmiştir.

Tablo 1.2 'de de görüldüğü gibi, insan etkileri sonucu atmosfere salınan sera gazları konsantrasyonları, sanayi devrimi öncesi döneme göre önemli oranda artış göstermiştir. Yıllık artış oranı 1.5 ppm ile CO₂, en çok yıllık artış oranına sahip olan sera gazı olmuştur. CFC-11 sera gazının durumu ise diğer sera gazlarından farklılık göstermiştir. Babuş' un 2005 yılında yapmış olduğu çalışmada belirttiği gibi CFC-11 sera gazının salınımı Montreal Protokolü ile denetim altına alınmıştır. Denetim altına alınan CFC-11 sera gazının yıllık salınım miktarında 1.4 ppt oranında bir azalış olmuştur.

Tablo 1.2. Doğrudan Etki Gösteren Sera Gazlarının Kaynakları, Sanayi Devrimi Öncesi Konsantrasyonları, Değişim Oranları ve Atmosferdeki Ömürleri (IPCC,2001; Babuş, 2005)

Başlıca Sera Gazları	Kaynak	Sanayi Devrimi Öncesi Konsantrasyonları (1750)	1998 Yılı Konsantrasyonları	Yıllık Değişim Oranı ^b	Atmosferik Ömrü (yıl)
CO ₂	<ul style="list-style-type: none"> Fosil yakıt kullanımı Ormansızlaşma ve arazi kullanımındaki değişiklikler 	280 ppm	365 ppm	1.5 ppm/yıl ^a	5-200 ^c
CH ₄	<ul style="list-style-type: none"> Pirinç üretimi Biomass (ağaç, atık) yakımı ve çürümesi Doğal gaz salınımı ve boruların çürümesi Sığır ve koyun çiftliklerindeki hayvanların midelerinde oluşan fermentasyon Gübre yığınları, çöp depolama bölgeleri 	700ppb	1745 ppb	7.0 ppb/yıl ^a	12
N ₂ O	<ul style="list-style-type: none"> Tarımda azotlu gübre kullanımı Naylon üretimi Fosil yakıtların kullanımı Termik santraller Otomobil egzozları 	270 ppb	314 ppb	0.8 ppb/yıl	114
CFC-11	<ul style="list-style-type: none"> Buzdolaplarındaki soğutucu maddeler Çözücüler 	0	268 ppt	-1.4 ppt/yıl	45
CFC-23	<ul style="list-style-type: none"> Sprey kutularındaki iticiler Sert ve yumuşak köpük üretimi 	0	143 ppt	0.55 ppt/yıl	260

Sera gazlarının atmosferik konsantrasyonlarındaki artış kadar, bu gazların atmosferde kalma süreleri de oldukça önemlidir. Bunu bir örnekle açıklarsak; Tablo 1.2’de görüldüğü gibi, CO₂’nin atmosferik ömrü 5 ile 200 yıl arasındadır (Türkeş, Sümer ve Çetiner, 2000). Yani şu an CO₂ gazının salınımı tamamen durdurulsa bile, CO₂ atmosferde en az 5, en fazla 200 yıl daha bulunacaktır. Bir başka ifadeyle sera gazlarının atmosfere salınımları, içinde bulunduğumuz yüzyılda tamamen durdurulsa bile, bu sera gazları atmosferik ömürleri süresince, atmosferin sera etkisini kuvvetlendirmeye devam ederek, iklim değişikliği sorununa azalarak neden olmayı sürdürecektir (Babuş, 2005).

Karbondiyoksit (CO₂), metan (CH₄) vb. gibi diğer sera gazlarının atmosferdeki miktarlarının hızla artması, sera gazı emisyonlarının sınırlandırılması yönünde uluslararası boyutta adımlar atılmasını gerektirmiştir. Bunlardan 1992 yılında Rio’da imzalanan Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ile 1997’de imzalanan ve 16 Şubat 2005 tarihinde yürürlüğe giren Kyoto Protokolü olarak bilinen anlaşmalar ön plana çıkmaktadır. UNFCCC (Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi=BMİDÇS) ’nin temel amacı, başta karbondiyoksit (CO₂) olmak üzere sera gazı emisyonlarını 1990 yılındaki ölçüsünde tutmak ve beşeri faktörlü sera gazı emisyonlarının iklim sistemi üzerindeki olumsuz etkisini önlemek veya minimize etmektir. Türkiye, 2004 yılında İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi’ne, 2009 yılında ise sera gazı emisyonlarının azaltılması veya sınırlandırılmasının hukuki açıdan bağlayıcı olmasını sağlayan Kyoto Protokolünü imza atarak kabul etmiştir. Bu bağlamda Kyoto Protokolünü kabul eden ülkelere karbon emisyon ve bağlama değerlerinin belirlenmesi zorunluluğu getirilmiştir. 2009 yılında ülkemizde kabul ederek imzaladığı “Kyoto Protokolü’ne” kazandırmış olduğu yeniliklerden birisi de kamuoyunda karbon borsası olarak bilinen sera gazları emisyonlarını azaltmayan ülkelerin, emisyonlarını azaltan ülkelere kotalarını satın alabilme durumudur. Bu bağlamda Kyoto Protokolü’ ne imza atan Türkiye’ nin de içinde bulunduğu 40 ülke çeşitli sektörlerdeki (Orman, Tarım, Enerji, vb.) sera gazı emisyonları ile bağlanan miktarları hakkında ulusal envanterlerini hazırlamışlardır (United Nations Framework Convention on Climate Change = Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi [UNFCCC], 2008).

Sera gazları ile ilgili olarak envanter düzenleyen ülkeler, Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından hazırlanan Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılık için Pratik Rehber’i (GPG-LULUCF) temel almaktadır (IPCC, 2003). Bu rehbere göre çeşitli sektörler ile arazi kullanımından olan emisyonlar ve değişik arazi kullanımları tarafından depolanan karbon miktarları hesaplanmaktadır. Türkiye tarafından da 1990-2004 yıllarını kapsayan sera gazları envanteri hazırlanmıştır. Bu envantere göre 2004 yılında Türkiye ormanları tarafından 14,5 teragram (Tg) karbon bağlanmıştır. Bu değer yıllık olarak 53,1 teragram (Tg) CO₂’ye eşdeğerdir (Çevre ve Orman Bakanlığı [ÇOB], 2006).

Kyoto Protokolü kapsamında Türkiye tarafından da hazırlanan ulusal sera gazı envanterinde orman ekosistemlerinin bağladıkları yıllık karbon miktarı sadece bitkisel kütle için hesaplanmış olup orman topraklarında biriktirilen karbon miktarı ise “0” olarak kabul edilmiştir (Tolunay ve Çömez, 2008).

Her yıl Birleşmiş Milletler (BM) Sekreteryasına sunulan Ulusal Sera Gazları Envanter Raporlarına (NIR) göre atmosfere salınan sera gazlarının en büyük depolayıcısı orman alanlarıdır. Ayrıca orman alanları, atmosfere salınan giderek gelişen sanayi ve artan araç sayısına bağlı olarak artacağı öngörülen karbondioksidin (CO₂) çeyreğini geri almaktadır (Tolunay ve Çömez, 2008).

Orman topraklarında yıllık olarak biriktirilen karbon miktarının belirlenmesi GPG-LULUCF (Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry= Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılık için Pratik Rehber) 'e göre 2 şekilde yapılabilmektedir. İlk yöntem'e göre iki envanter dönemi arasında topraklarda depolanan karbon miktarı iki envanter arasındaki süreye oranlanarak hesaplanmaktadır. Diğer hesaplama yöntemi ise daha karmaşık olup, çeşitli modelleme çalışmalarını gerektirmektedir. Bu konuda YASSO, CENTURY, RothC, FullCAM gibi, toprak organik karbon miktarını etkileyen süreçleri inceleyerek yıllık bazda topraklarda depolanan karbonu hesaplayan modeller örnek olarak verilebilir. Bu modellerin çoğu yaprak dökümü ve ince kök ayrışması ile toprağa giren organik karbon miktarını ve ölü örtünün ayrışma hızını belirlemeye yöneliktir.

Ancak özellikle ölü örtü ayrışması üzerinde birçok faktör etkili olup bunların ölçülmesi ve modelleme için veri toplanması büyük sorun yaratmaktadır (Sarıyıldız, 2003; Sarıyıldız ve Anderson, 2005; Sarıyıldız ve Küçük, 2008; Sarıyıldız, 2015). Günümüzde orman topraklarında tutulan karbon miktarları ve bu karbon miktarlarının belirlenmesine yönelik kapsamlı bir çalışma olmamakla beraber kesin bir bilgi bulunmamaktadır (Tolunay ve Çömez, 2008).

Karasal vejetasyonlarda toplanan 500 milyar ton civarındaki karbon sadece bitkilerde depolanmamakta olup depolanan karbon miktarının büyük bir kısmı topraklarda depolanmaktadır. Bu miktar bir metre derinlikteki topraklar için yaklaşık olarak 2000 milyar ton olarak belirlenmiştir (Janzen, 2004).

Bu karbonun çoğunluğunun orman topraklarında tutulmasına rağmen, ormanların toplam karbon miktarını belirlerken orman üstü ağaç servetindeki karbon belirlenmekte toprak altı kısım ise bu belirlemeden yararlanılarak tahmini olarak ortaya konulmaktadır. Oysa orman altı toprak özelliklerinin değişmesi, toprakta tutulan karbon miktarının da hesaplanmasını değiştirebilecektir. Ağaç türlerinin de toprak özelliklerini değiştirdiği yönünde literatürde çalışmalar bulunmaktadır.

Son 150 yıl içinde, fosil yakıtlarının tüketilmesi ve azot gübrelere kullanılması gibi insan etkisine dayalı olarak azot depolanmasının 10 katı oranında attığı ve gelecek birkaç on yıl içinde bu oranın daha da artacağı tahmin edilmektedir (Galloway vd., 2004). Azotun bu şekilde kullanılabilirliğinin karasal ekosistemlerde karbon ve azot döngüsünü etkileyeceği düşünülmektedir (Jiang, Yu, Fang, Cao ve Li, 2010). Bu nedenle, herhangi bir ekosistemin karbon ve azot depolama kapasitelerinin hesaplanmasında azot miktarının önemli etkisi bir çok araştırmanın konuları arasına girmiştir. Ormanların karbon ve azot depolama kapasiteleri arasındaki farklılıkların vejetasyon türü, meşçere yaşı ve toprakların fiziksel özellikleri ile yakından ilişkilidir (Osher, Matson ve Amundson, 2003). Ağaç türlerinin de toprak özelliklerini değiştirdiği yönünde literatürde çalışmalar bulunmakla beraber bu çalışmaların sayısı oldukça azdır (Vesterdal, Schmidt, Callesen, Nilsson ve Gundersen, 2008; Eviner ve Chapin, 2003). Farklı ağaç türlerinin ölü örtü kısımlarından toprağa ulaşan karbon girdisi ve organik kimyasal yapılarının farklı olması toprak karbon miktarını etkilemektedir (Eviner ve Chapin, 2003). Ağaç türleri potansiyel olarak toprak karbonu ve kil parçacıkları arasında bağlayıcı bir köprü görevi üstlenmekte, bu da kation kimyasını etkileyerek karbon depolamayı azaltabilmektedir (Mulder ve Keall, 2001). Ek olarak, farklı ağaç türlerinin asidik doku girişlerinden kaynaklanan düşük pH mikrobiyal engellemeye bağlı olarak toprak karbon birikmesini arttırabilir (Beets, Oliver ve Clinton, 2002).

Sera gazlarının azaltılmasında toprak karbon havuzunun rolü üzerine son zamanlarda yapılan çalışmalar, ağaç türlerinin toprak karbon depolanmasındaki etkileri yönünde daha fazla bilgiye ihtiyaç olduğunu ön plana çıkarmıştır. Ulusal sera gazı bütçesi içinde atmosferik karbondioksitin azaltılmasında orman yönetimi uygulamaları, buna ağaç türü değişimi veya meşcere yaşıda dahil bir ölçü olarak kabul edilmektedir. Bununla beraber, ağaç türlerinin toprak karbon ve azot depolanması üzerine etkisini ortaya koyan sayısal veriler halen daha oldukça azdır ve bilgimiz dahilinde bu konuda ülkemizde yapılmış detaylı çok fazla çalışma bulunmamaktadır.

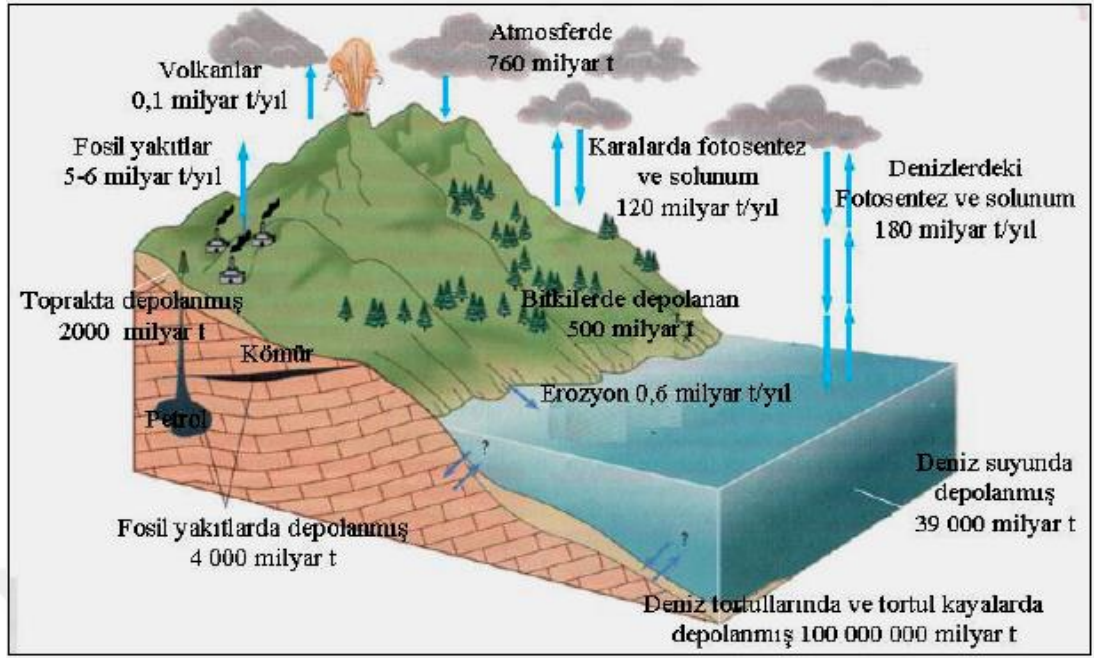
Bu nedenle, Kastamonu yöresi ormanlarında gerçekleştirilen ve yüksek lisans tezi olarak sunulan çalışmamızda, ağaç türünün, meşcere yaşının ve arazi kullanımının orman toprağında karbon ve azot depolamasına olası etkileri yörede en yaygın olarak yetişen 4 ağaç türü; karaçam (*Pinus nigra* Arnold.), kayın (*Fagus orientalis* Lipsky), sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve uludağ göknarı meşcereleri (*Abies nordmanniana* Spach.) kullanılarak araştırılmıştır. Üç ağaç türü (karaçam, sarıçam ve doğu kayını), türler arasındaki toprak karbon ve azot depolanmasındaki farklılıkları tespit etmek için kullanılırken, uludağ göknarı ve genç göknar meşcereleri ile bitişiğindeki açıklık alanlardan ise meşcere yaşı ve arazi kullanım farklılığının toprak karbon ve azot depolamasındaki farklılıkları ortaya koymaya yönelik çalışmalar için yararlanılmıştır.

Yüksek lisans tezi olarak sunulan çalışmaya geçmeden önce konunun daha iyi anlaşılması için öncelikle karbon çevrimi, azot çevrimi, orman topraklarında karbon birikimi, orman topraklarında karbon depolanmasına etki eden faktörler, orman topraklarındaki karbon ve azot miktarı üzerinde ağaç türlerinin etkisi konusunda yapılan çalışmalar hakkında literatür bilgileri derlenmiştir.

Sonrasında araştırma alanına ait genel ve özel mevkii faktörleri açıklanmış, devamında da arazide ve laboratuvarda yapılan çalışmalar ile yapılış şekillerine ait açıklamalarda bulunulmuştur. Çalışma alanlarına ait toprakların fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerine uygulanan bir takım istatistiksel analizler sonucunda elde edilen bulgulara yer verilmiş ve bu bulguların tartışılması yapılmıştır. Son olarakta elde edilen sonuçlara ve bazı önerilere yer verilmiştir.

1.1. Küresel Karbon Çevrimi

Karbon döngüsü, karbonun yeryüzündeki dört büyük yutağı olan atmosfer (hava küre), hidrosfer (su küre), litosfer (kara) ve biyosfer (canlılar) arasında düzenli ve bir program dâhilinde yer değiştirme olayıdır. Karbon atmosferde karbondioksit gazı (CO_2), sularda karbondioksit (CO_2) ve bikarbonat (HCO_3) halinde bulunurken karada kömür, doğalgaz, petrol ve kireçtaşı halinde bulunur. Canlılar da ise canlıların yapısını oluşturan tüm organik moleküllerde yer alır. Atmosferde karbondioksit gazı olarak bulunan karbon, besin zincirine fotosentez yapan canlılar yani bitkiler aracılığıyla dâhil olur. Bitkiler tarafından alınan karbonun bir kısmı solunum ile tekrar atmosfere geri dönerken bir kısımda bitkiler tarafından doku yapımında kullanılarak tutulur. Daha sonra bu bitki dokularının yapısında bulunan karbon otçulların bu bitkileri yemesiyle bitkiyi tüketen canlıya geçerken bir kısımda bitkinin ölmesiyle ayrıştırıcı canlılara geçer. Böylece karbon bitkisel veya hayvansal kütle olarak canlılarda depolanmış olur. Canlılar karbonu solunum ile karbondioksit gazı olarak atmosfere salarken, canlıların ölmesiyle bir kısım karbonda ayrıştırıcılar aracılığıyla ayrışarak toprağın bir parçası haline gelir. Uzun yıllar geçtikten sonra topraktaki karbon petrol, kömür gibi fosil yakıtlara dönüşerek depolanmış olur. Doğal şartlar altında fotosentez ile bitkilerde bağlanan karbon miktarı bitkiler, hayvanlar ve ayrıştırıcılar tarafından solunum ile atmosfere salınan karbon miktarından fazladır. Okyanuslarda atmosferdeki karbondioksit seviyesinin belirlenmesinde etkin ve önemli bir rol oynar. Çünkü deniz ve okyanus gibi içinde yaşam barındıran su kaynaklarındaki karbondioksit miktarı, atmosfere oranla fazladır. Ayrıca atmosfer ve hidrosfer arasındaki karbon alışverişi çok yavaş gerçekleşmektedir. Bu gerçekleşen alışverişte su seviyesinin ilk 100 metresinde meydana gelmektedir. Bu gerçekleşme karalardan erozyonla taşınan organik ve inorganik maddelerin su kaynaklarına akmasıyla olur (Janzen, 2004). Küresel bağlamda karbonun ne şekilde ve miktarda tutulduğu Şekil 1.3.' te ayrıntılı olarak gösterilmiştir.



Şekil 1.3. Yeryüzünde depolanmış karbon miktarı ve çevrimi (Botkin ve Keller, 1995 ve Janzen, 2004' ten değiştirilerek)

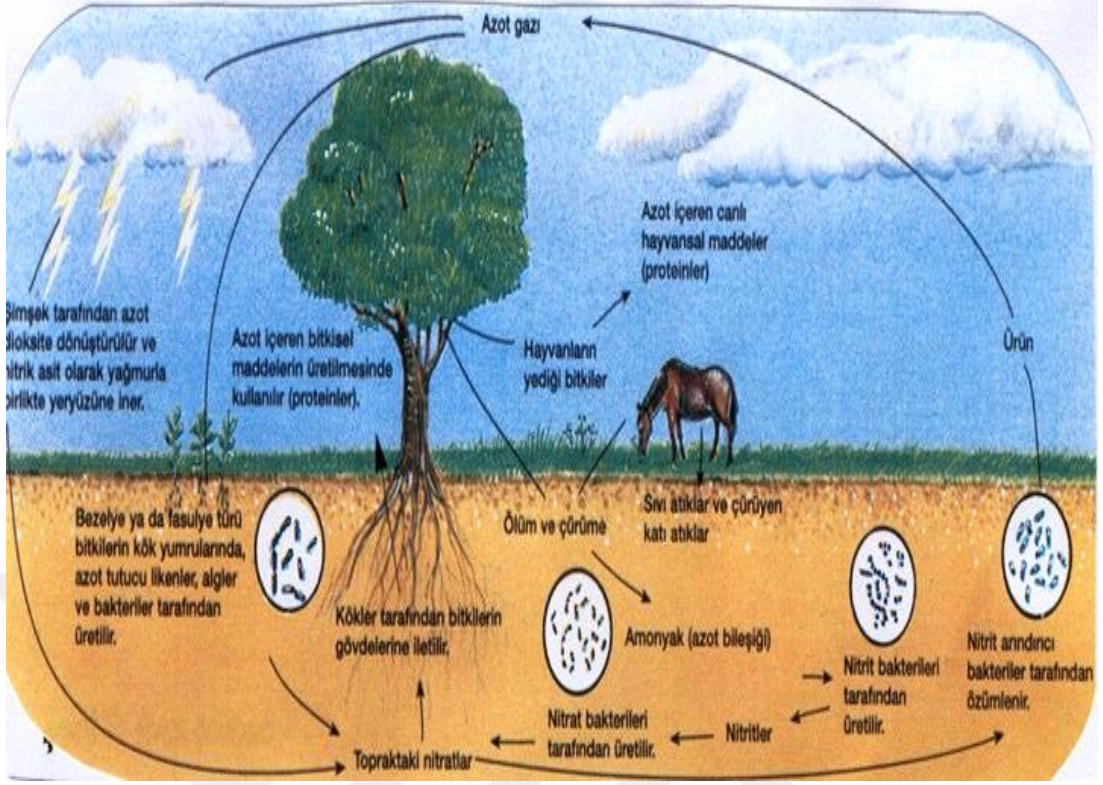
1.2. Azot Çevrimi

Azot, tüm canlıların hücrelerindeki aminoasitlerin, nükleik asitlerin, diğer – amino bileşiklerinin ve bunların oluşturduğu polimerlerin ana maddesidir. Azotun orman ekosistemlerine girişi, ekosistem içerisinde çeşitli unsurlar tarafından tutulması ve kullanılması, daha sonra da sistemi terk ederek döngüsünü tamamlaması, karmaşık ve küresel ölçekte etkiler yaratan süreçleri içermektedir. Orman ekosistemleri karasal ekosistemler içinde bir alt birim olarak yer almakta ve kendi içinde yüksek bir çeşitlilik göstermektedir. Çeşitliliğinin kaynaklarını orman ekosisteminin tüm bileşenleri oluşturmaktadır. Kastedilen canlı ve cansız birimler birbirleri üzerinde etkide bulunmak suretiyle ekosistem içinde cereyan eden bütün döngülerin seyrini ve kaderini etkilemektedir. Ancak, döngünün en önemli ve anlaşılması güç adımları ölü örtü ayrışmasının ve kılcal kök faaliyetlerinin en yoğun bulunduğu üst toprakta cereyan etmektedir. Toprak hem ayrışma süreçlerinin en yoğun olarak cereyan ettiği, hem de bütün madde alışverişinin en yoğun yaşandığı bir ortam olarak üzerinde en fazla durulacak unsuru oluşturmaktadır (Kara, 2002; Schimel ve Mikan, 2005).

Fakat ölü örtüde veya üst toprakta meydana gelen canlı-yerkimyasal (biogeochemical) olaylar zaman ve mekân bakımından çeşitlilik arz etmektedir. Örneğin ılıman kuşakta bir yıl içinde mikrobiyolojik faaliyet düzeyi, ayrışma olayları ve diğer biyolojik ve kimyasal olaylar dalgalı bir seyirde bulunmaktadır (Kara, 2002; Schimel ve Mikan, 2005). Pek çok yetişme ortamı faktöründen etkilenen ve dolayısıyla da madde dönüşümünü en çok etkileyen bileşen olan mikroorganizmaların azot döngüsü üzerindeki rolü ve işlevi özel bir önem taşımaktadır. Azot elementinin yerkürede bulunuşu ve alınabilirliği ile başlayan azot döngüsü; özümleme ile yüksek yapılı proteinler haline getirilmesi, dokuların ölmesi ile ayrıştırılması ve yeniden kullanılması veya sistem dışına çıkması aşamalarını izlemektedir. Atmosferde (havanın %79'u) $3,8 \times 10^{15}$ ton azot (N_2) ve NO_x köklü azotoksitler olarak bulunmaktadır. Mağmatik kayalarda 14×10^{15} ton ve tortul kayalarda ise 4×10^{15} ton azot tutulmaktadır (Blackburn, 1983 akt. Atlas ve Bartha, 1993).

Ölü örtü ve humus da ayrıştırılmamış ancak önemli miktarda azot rezervini oluşturmaktadır. Ölü örtüde, toprakta, anakayada ve havada serbest ve bağlı azotun bulunuş miktarları çok yüksek olabilmesine karşın kullanılabilirliği mikroorganizma faaliyetleri sonucu mümkün olabilmektedir. Kayaçların ve tortul materyallerin fiziksel, kimyasal ve biyolojik kökenli ayrışmalar ile sisteme ihmal edilebilecek düzeyde azot girişi olabilse de bunun yıllık azot döngülerinde bir değer olarak görünmesi mümkün olamamaktadır (Atlas ve Bartha, 1993).

Bunun yerine azotun canlılar tarafından bağlanması ve canlı kökenli artıkların ayrıştırılması ile kısa sürede ve önemli miktarda azotun ekosisteme girmesi gerçekleşebilmektedir (Şekil 1.4).



Şekil 1.4. Küresel azot çevrimi (URL-2, 2015)

1.3. Orman Topraklarında Karbon Birikimi

Karbon karasal ekosistemlerde toprağın yanı sıra ormanlık alanları, çayırları, meraları ve tarımsal alanları içinde barındıran vejetasyonda da depolanmaktadır. Karasal ekosistemlerde depolanan karbonun miktarı ve depolanma süresi birçok faktörden olumlu ve olumsuz olarak etkilenmektedir. Bu faktörler iklim çeşidi, toprağın özellikleri, erozyon durumu, vejetasyon çeşidi, anakaya durumu ve arazi kullanım çeşidi olarak sıralanabilir (Başaran, 2003). Atmosferde karbondioksit gazı olarak tutulan karbonun, organik madde halinde depolanması, bitkilerde fotosentezin gerçekleştiği yaprakların miktarıyla doğru orantılı olarak değişir. Bu sebeple ormanlarda diğer bitki topluluklarına oranla daha fazla bitki bulunması sebebiyle yaprak miktarında çok fazladır. Bu da ormanların fotosentezle birlikte daha fazla karbondioksit tüketmesi anlamına gelir. Bu durum ormanları küresel ısınmanın yavaşlatılmasında önemli bir faktör haline getirmektedir. Ormanlarda depolanan karbon canlı ve cansız biyokütle ile orman ürünlerinde tutulmaktadır (Zengin, 2007).

Küresel ısınmanın engellenebilmesi için en önemli potansiyel ormanlardır. Çünkü ormanların birim alanda bağladıkları karbon miktarı hem çok fazladır hem de depoladıkları karbonu uzun yıllar saklayabilirler. Yeryüzünde en çok karbon depolama kapasitesi tropik ormanlardadır. Tropik ormanlar yeryüzünde tutulan toplam karbonun %80' ini bünyelerinde tutabilirler. Tropik ormanları %17 ile ılıman zon ve % 3 ile boreal ormanlar izlemektedir (Brown, 1997).

Ormanlarda karbon fotosentez ile depolanmaktadır. Fotosentez ile atmosferdeki karbondioksit bitkilerce karbonhidrat şeklinde bağlanmakta olup bunun yanısıra diğer organik bileşiklere de dönüştürülür. Böylece karbon fotosentezle bitkinin organik yapısında tutularak bitkideki canlı organik maddenin yarısını oluşturur. Bitkilerin bünyelerinde barındırdığı karbon, bitkilerin otçullar tarafından yenmesiyle otçullara geçer. Karbonun bir kısmını tutan bitki organlarında ölmesiyle toprak yüzeyinde ölü örtü tabakası oluşur. Bu ölü örtüdeki organik ve inorganik maddeler ayrıştırıcı bakteri ve mantarlar tarafından ayrıştırılarak ölü örtü bünyesinde tutulan karbon karbondioksit şeklinde atmosfere geri salınır. Karbondioksit şeklinde geri salınımı yapılamayan karbon ise ölü örtünün ayrışması sonucu yağışlarla toprağa sızar ve biyolojik faaliyetlerle toprağa karışır (Kantarıcı, 2000). Bu şekilde toprakta depolanan karbon, toprağın derinliğiyle ters orantılı bir şekilde azalma veya artma gösterir. Yani derinlik arttıkça tutulan karbon miktarında azalma görülmekle beraber toprağın üst kesiminde organik madde ve karbon miktarı bakımından zenginlik görülür.

Toprakta bulunan karbonun ayrışmasında ayrıştırıcı bakteri ve mantarların yanında toprakta yaşayan canlılarında önemli bir etkisi vardır. Bu canlılar toprak içinde ölü bitki kökleri gibi bünyesinde karbon bulunan yapıları ayrıştırarak karbonun karbondioksit olarak atmosfere geri dönmesini sağlar. Bu olaya toprak solunumu denir ve topraktan karbon kaybı gerçekleşmiş olur. Fakat topraktan karbon kaybı sadece toprak solunumu olayıyla gerçekleşmez.

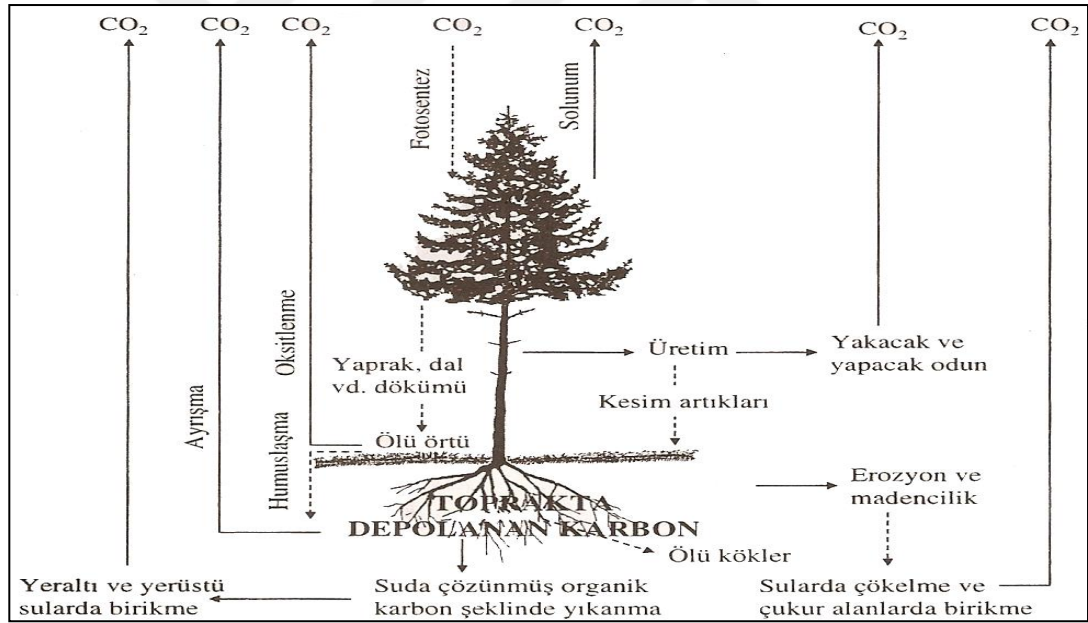
Ayrışma sonucu çözünmüş organik karbon yağışlar neticesinde sızıntı sularıyla yıkanarak taşınmakta ve göl, akarsu, deniz gibi su alanlarında birikmektedir. Bu şekilde de topraktan karbon kaybı yaşanabilmektedir.

Topraklarda depolanmış olan organik karbon, her ne kadar orman ekosistemlerinde çok fazla olmasa da erozyon ile de sistem dışına çıkabilmektedir. Günümüzde orman ekosistemlerinin tahrip edilerek tarım alanlarına dönüştürülmesiyle, ormandaki ölü örtü miktarında azalma yaşanması ve bu ölü örtü miktarındaki azalmaya bağlı olarak topraktaki organik maddenin belirgin ölçüde azaldığı bilinmektedir. Çünkü ormanlık alanlardan tarımsal alanlara dönüştürülen arazilerde toprak işleme yapılması ve bunun sonucunda ölü örtü miktarındaki azalma neticesinde ayrışma daha hızlı gerçekleşmekte bu da toprakta tutulan organik karbonun karbondioksit olarak atmosfere geri dönmesi anlamına gelmektedir. Ayrıca orman ekosistemlerinde tutulan organik karbon miktarı sadece erozyon ve ormanlık alanların tarım alanına dönüştürülmesiyle azalmamakta olup, açık maden işletmeciliğiyle de topraklarımız tahrip olmaktadır. Açık maden işletmeciliği ve erozyon ile topraktaki organik karbon orman ekosistemlerinden uzaklaşmış olsa bile genellikle göl, akarsu, deniz gibi alanlarda depolanır. Böylece toprak organik maddesi ve buna bağlı olarak değişen karbon kolay bir şekilde atmosfere geri dönmez (Lal, 2004).

Toprak organik maddesinin asıl kaynağını oluşturan ölü örtü oksitlenme ve humuslaşma ile ayrılmaktadır. Ölü örtünün oksitlenme ile ayrışması için belli faktörlerin oluşması ve optimum şartların yerne gelmiş olması gerekir. Bu faktörler sıcaklık, hava, nem, besin maddeleri ve pH (ortamın reaksiyonu) olarak sıralanabilir. Bu faktörler optimum şartları sağladığında ölü örtü oksitlenerek bünyesinde tuttuğu karbonu, azotu, fosforu, hidrojeni, kükürtü polimer bileşiklere dönüştürür. Bu şekilde gerçekleşen organik maddenin tamamın ağır ağır yanması olayına oksidatif ayrışma denir (Kantarcı, 2000). Bu ayrışma gerçekleşirken organik maddenin yapısındaki birçok farklı besin maddesinde açığa çıkmaktadır (Schachtschabel, Blume, Brümmer, Hartge ve Schwertmann, 2007). Oksidatif ayrışmanın gerçekleşmesi için tüm faktörlerin optimum şartları sağlaması gerekir aksi takdirde bir faktörün bile optimum şartları sağlamadığı koşullarda oksitlenme gerçekleşmez.

Oksidatif ayrışmanın gerçekleşmediği durumlarda organik madde çürüyerek kokuşur ve giderek humuslaşarak mineralize olur. Bu zincirleme olaylar neticesinde gerçekleşen organik madde ayrışması olayına da humuslaşma veya humifikasyon adı verilir (Kantarcı, 2000).

HumuŖlaŖma olayı üç aŖamada gerekleŖir. İlk olarak bitkisel organlar ölmeden önce veya öldükten hemen sonra yüksek polimer bileŖikler yapı taŖarına parçalanır (Schachtschabel vd., 2007). Bu parçalanma gerekleŖince sonbaharda dökülen yaprakların renkleri deėiŖir. İkinci olarak dökülen ve rengi deėiŖen yapraklar toprak canlıları tarafından parçalanır ve bir kısmı toprak canlıları tarafından yenir. Yenen bu parçalar ayrıştırıcı bakteri ve mantarlar tarafından ayrıştırılmaya baŖlanır. Son olarak parçalara ayrılmıŖ ve kltlmŖ organik parçalar mikroorganizmalar tarafından deėiŖime uğratılır. Bu ayrıŖmada en uzun süren kısımlar selüloz ve lignince zengin olanlardır. Lignin ve selüloz ayrıştırıcılar tarafından ayrıştırılırlar (Sarıyıldız ve Anderson, 2003a, 2003b, 2005, 2006). GerekleŖen bu olaylar neticesinde örüntü tabakası dokusal yapısını yitirmekte olup kolloidal ve amorf karakterli humusu oluŖtururlar (Kantarıcı, 2000) (Ŗekil 1.5).



Ŗekil 1.5. Orman topraklarında gerekleŖen karbon girdisi ve ıktısı (Lal, 2004'ten deėiŖtirilerek)

Organik maddelerin tam olarak ayrıŖmasından sonra genellikle kahverengi siyah renkli, yüksek molekül ağırlığına sahip sekonder oluŖumlu humik maddeler denen organik bileŖikler ortaya çıkar (Berg ve Laskowski, 2005; Sarıyıldız, 2003; Sarıyıldız, Anderson ve Kkk, 2005a; Sarıyıldız, Tüfekçioğlu ve Kkk, 2005b).

Ayrışma sonucu ortaya çıkan humik maddelerin yüzey genişlikleri oldukça fazla olup, su ve besin maddelerini değiştirebilir formda tutabilirler. Bu maddeler ya birbirine yapışmış şekilde ya da kil ve oksitlere bağlanmış halde bulunurlar (Schachtschabel vd., 2007). Humik maddeler üç grupta toplanır. Bunlar fulvik asitler, humik asitler ve huminlerdir. Ölü örtüde ve toprakta bulunan organik maddelerin humik olup olmaması, yapılarında buldukları karbonun kararlı (stabil) veya kararsız (labil) olmasıyla alakalıdır. Karbonun kararlı veya kararsız olması ayrışma süresiyle alakalı bir durumdur. Toprak organik karbonunun ayrışması binlerce yıl sürerse kararlı, birkaç yıl içinde ayrışıyorsa kararsız olarak adlandırılır (Sarıyıldız, 2015; Parton vd., 1987 akt. Zou, Ruan, Fu, Yang ve Sha, 2005).

Toprak ile atmosfer arasında gerçekleşen karbon alışverişini etkileyen en önemli faktör kararsız toprak organik karbonun oksitlenmesidir (Sarıyıldız ve Küçük, 2008; Zou vd., 2005). Humik olmayan maddelerin ayrışması birkaç yıl sürerken, humik maddelerin ayrışması binlerce yılı bulmaktadır. Schachtschabel ve arkadaşlarının 2007 yılında çernozom topraklar üzerinde yapmış oldukları çalışmada humin asitlerinin 4900 yaşında, huminlerin 2900 yaşında, fulvik asitlerin ise 1800 yaşında olduğunu belirlemeleri de humik maddelerin kararlı toprak karbonu olarak sayılmalarını kanıtlar niteliktedir. Yapılan çalışmalar huminlerin ve humik asitlerin suda zor çözündüklerini, fulvik asitlerin ise huminler ve humik asitlere oranla daha kolay çözündüğünü göstermiştir (Sarıyıldız, 2008a, 2008b; Schachtschabel vd., 2007). Fulvik asitlerin diğer humik olan maddelere göre suda daha kolay çözünüyor olması neticesinde, fulvik asitlerin sızıntı suyu ile suda çözülmüş organik karbon şeklinde taşınabilmesi mümkündür (Tolunay ve Çömez, 2008). Sonuç olarak toprak üstü bitki örtüsü ve organik karbon, toprağı erozyondan koruyarak, toprağın su tutma ve besin maddesi kapasitesini artırır. Çeşitli yollarla (fosil yakıtlar ve degradasyonla) topraktan atmosfere salınmış olan karbonun yeniden toprağa kazanılmasında arzu edilen en doğru yol bitkiler tarafından fotosentezle tekrar organik yapıya bağlanmasıdır.

Atmosferdeki CO₂ konsantrasyonundaki bu hızlı artışı engellenerek tekrar eski durumuna getirilmesi lokal ölçekli bir planlamadan ziyade, bölgesel ölçekli küresel arazi kullanım planlamasını gerektirir (Sarıyıldız, 2009; Jacobs ve Graham, 2000).

Bu planlamalar insanların gıda ihtiyacını ve biyolojik çeşitliliği koruyacak şekilde yapılmalıdır. Karasal ekosistemlerde karbon depolanmasını sağlayan arazi kullanım planlaması, arazi kullanım yetenek sınıfına uygun farklı kullanımlardan oluşan kombine bir planlamayı gerektirir. Karbonun toprakta depolanmasının maliyeti düşük ve kısa sürede atmosferdeki yüksek karbondioksiti (CO₂) kontrol altına almak için atılacak en kolay adımdır. Karbonun toprakta depolanmasının yaratacağı maliyet, bazı endüstri kurumları, ülkeler ve sivil toplum örgütleri tarafından karşılanabilmektedir. Bu şekilde üreticiye yapılan ödemeler karbon kredisi olarak adlandırılmakta olup gelişmiş ülkelerde uygulamaya konulmuştur. Uygun arazi yönetim sistemleriyle karbonun toprakta korunması ve muhafazası ile yılda yaklaşık 1 ila 3 gigaton (Gt) karbon (C) depolanabilir (The United States Department Of Energy [DOE], 2000). Bu durum atmosferdeki yüksek CO₂'nin bir kısmının fosil yakıtlar ve arazi kullanımından kaynaklandığını ortaya koymaktadır. Fosil yakıtlar ve arazi kullanımı sonucu, atmosfere salınmış olan CO₂'nin yeniden toprağa bağlanması küresel ısınmanın yavaşlatılıp engellenmesi için bir araç olacaktır (Sarıyıldız, Savacı ve Kravkaz, 2015; Koçyiğit, 2008).

1.4. Orman Topraklarında Karbon Depolanmasına Etki Eden Faktörler

Orman topraklarındaki organik maddelerin içerikleri beşeri faktörlere ve doğal olarak gelişen ekolojik etmenlere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Orman topraklarında karbon depolanmasına etki eden faktörleri mevki özellikleri, yeryüzü şekilleri, ağaç türü, ormanların kuruluş özellikleri, ölü örtüdeki organik madde içerikleri, anakaya ve toprak özellikleri, arazi kullanımı ve arazi kullanımında meydana gelen değişiklikler, ağaçlandırma, amenajman yöntemleri, silvikültürel müdahaleler, yangın, arazi işleme, gübreleme ve kireçleme, erozyon ve küresel ısınma olarak sıralayabiliriz. Orman topraklarının karbon tutmasına etki eden bu faktörler daha çok labil (kararsız) organik karbon miktarıyla ilişkilidir (Tolunay ve Çömez, 2007).

İklim ile bağlantılı olan mevki faktörü, orman toprağının karbon depolaması üzerinde etkilidir. İklimin ılıman ve tropikal iklim kuşağına sahip olması ölü örtünün ve topraktaki organik maddelerin ayrışmasını hızlandırmakta buda toprakta karbon depolanmasını azaltmaktadır (Sarıyıldız ve Anderson, 2005). Fakat soğuk ve nemli iklim koşullarında ayrışma daha az olacaktır ve topraktaki karbon birikimi çok olacaktır (Sarıyıldız, 2015). Janzen 2004 yılında yapmış olduğu bir çalışmada farklı biyomlardaki tahmini karbon miktarlarını belirlemiş ve orman topraklarında tutulan karbon miktarının enlem derecelerine bağlı olarak değişkenlik gösterdiğini belirlemiştir. Buna göre toprak üstündeki biyokütlede biriktirilen karbon miktarının tropikal kuşaktan boreal kuşağa doğru azaldığı görülürken, tropikal ormanlarda toprakta tutulan karbon miktarının ise boreal ormanlardaki topraklara nazaran daha az miktarda olduğu görülmüştür (Lal, 2005).

Bir hektarlık alanda toprak üstündeki bitkisel kütle içinde depo edilen karbon miktarı, kuzey enlemlerde yer alan boreal ormanlarda 40 ila 60 ton arasında değişirken, ılıman kuşakta yer alan ormanlarda 60 ila 130 tona çıkabildiği belirlenmiştir. Aynı şekilde bozulmuş tropikal yağmur ormanlarında depo edilen karbon miktarı 120 ila 194 ton arasında iken bozulmayan tropikal yağmur ormanlarında hektarda 250 tona kadar çıkabilmektedir. Karasal ekosistemlerde tutulan karbon miktarının büyük çoğunluğu orman topraklarında depolanmaktadır (Dixon vd.,1994 akt. Lal, 2005). Birim alanda tutulan toprak/bitki karbon stoğu oranı yukarı enlemlerden aşağı enlemlere doğru azalış gösterir. Bundandır ki ülkemizin yer aldığı enlem kuşağında bitkisel kütlede tutulan karbon miktarı toprakta tutulan karbona nazaran oldukça azdır (Lal, 2005).

Orman topraklarında karbon depolanmasına etki eden faktörlerden olan yükselti, iklimsel özelliklere etki ederek topraktaki organik karbon miktarını etkiler. Yükseltinin artmasıyla düşen sıcaklık ve artan yağış miktarı ölü örtünün ayrışma koşullarını etkiler buda toprakta tutulan karbon miktarını değiştirir. Ayrıca eğimli arazilerde erozyon ve toprak kayması yüzünden daha az karbon depolanabilmektedir (Sarıyıldız vd., 2005; Sarıyıldız ve Küçük, 2008).

Ölü örtüde depolanan karbon miktarı değişken iklimsel koşullar nedeniyle kuzey ve güney bakılarda farklılık gösterebilmektedir (Sarıyıldız ve Anderson, 2005; Sarıyıldız, Akkuzu, Küçük, Duman ve Aksu, 2008). Güney bakılara göre daha nemli olan kuzey bakılarda daha fazla karbon depolanabilir.

Bazı orman ağaçları yaprak özellikleri ve kimyasal yapılarındaki maddeler sebebiyle daha erken veya daha yavaş ayrışır. Mesela kayın ağacı yapraklarının geniş olması ve yapısında selüloz ve lignin maddelerini çok barındırması sebebiyle ölü örtülerinde ayrışma çok yavaştır (Kantarıcı, 2000; Sarıyıldız ve Anderson, 2003a). Aynı kayın ağacı orman gülünün yoğun bulunduğu bir alanda yer alıyorsa ham humus miktarı fazla olduğu için ayrışmanın az olmasına bağlı olarak topraktaki organik karbon miktarında az olacaktır (Sarıyıldız ve Küçük, 2009). Ayrıca kök sistemi sığ olan ağaç türlerinin karbon biriktirme miktarı azdır (Sarıyıldız, 2015).

Yaş, sıklık, karışım oranı ve kapalılık gibi orman kuruluş özellikleri toprakta tutulan organik madde miktarını etkilemektedir (Sarıyıldız, 2008b). Örneğin sıcaklığın ve ışık miktarının meşçereye daha az nüfuz ettiği kapalılığın fazla olduğu ormanlarda depo edilen karbon miktarı ayrışmaya bağlı olarak daha fazladır. Aynı şekilde ormanın yaşına göre depolanan karbon miktarında artış olduğu belirlenmiştir (Sarıyıldız vd., 2008). Saf ormanlarda da mikrobiyolojik faaliyetler daha az olacağından karışık ormanlara nazaran ayrışma hızı yavaştır (Sarıyıldız vd., 2005b).

Ölü örtü içindeki selüloz, hemiselüloz, lignin, protein, tanen, kütin gibi bileşik miktarlarında ayrışma üzerinde etkilidir. Lignin maddesi mikroorganizmalar tarafından daha uzun zamanda ayrıştırılabildiğinden yapısında lignin bulunan yapılar daha uzun zamanda ayrışmaya uğrar (Sarıyıldız, 2003). Ölü örtü ayrışma hızı ayrışma koşullarına bağlı olarak değişmekte olup, ayrışma hızı karbon/azot (C/N) oranı ile belirlenmektedir. Bu oranın çok yüksek çıkması ölü örtüdeki ayrışmanın yavaş olduğu, düşük çıkması ise ayrışmanın hızlı gerçekleştiği anlamına gelir. Bu oranın düşük çıkması toprakta depolanan karbon miktarının fazla olduğu anlamına gelmektedir (Kantarıcı, 2000).

Toprak türü, derinliği, taşlılık oranı, toprağın nem oranı, rekasiyon durumu (pH), baz doygunluk oranı, besin maddesi çeşidi, geçirgenliği ve toprağın havalanma durumu gibi toprak özellikleri topraklardaki karbon depolama oranını etkileyen önemli unsurlardır. Örneğin killi topraklarda depolanan labil karbon miktarı daha fazladır. Taşlı topraklarda depolanan karbon miktarıda azdır. Buna benzer olarak bazik topraklarda mikrobiyolojik faaliyetler arttığından organik madde ayrışması daha fazladır. Aynı şekilde havalanmayan durgunsu ve tabansuyu oluşumunun olduğu topraklarda organik maddeler ayrışmamakta olup karbon birikimi çok az gerçekleşir (Tolunay ve Çömez, 2007).

Topraktaki organik karbon miktarını etkileyen önemli unsurlardan biri de arazi kullanımı ve arazi kullanımındaki farklılıklardır. Orman topraklarında tarım topraklarına göre çok daha fazla karbon birikimi olur. Bunun en önemli sebebi bitkisel kütlelerin toprağın işlenmesiyle alandan uzaklaşması, toprağın havalanarak ayrışmanın hızlanması ve karbonun karbondioksit gazı (CO₂) olarak atmosfere geri salınmasıdır (Tolunay ve Çömez, 2007).

Bitki örtüsü bakımından zayıf alanların ağaçlandırılmasıyla topraktaki karbon birikim oranı artırılabilir. Fakat bu ormanlık alanların tıraşlanarak ağaçlandırılmasıyla topraktaki organik karbon miktarının artacağı anlamına gelmemelidir (Tolunay ve Çömez, 2007).

Aynı yaşlı ormanlarda seçme ormanlarına nazaran toprakta biriktirilen organik madde miktarı daha düşük seviyededir. Ayrıca ormanların amenajman yöntemleri kullanılarak idare sürelerinin uzatılmasında orman topraklarında depolanan organik karbon miktarını arttırmaktadır (Schulze vd., 1999 akt. Jandl vd., 2007). Ormanlara uygulanan silvikültürel faaliyetler mikro iklimi etkileyerek değiştirmesinin yanında yaprakların dökülmesini azaltır ve toprakta depolanan karbon miktarınıda düşürür. Topraktaki organik karbonun azalmasının bir diğer etmenide yangınlardır. Orman yangınlarıyla toprak üstündeki bitki kütleleri ve ölü örtü materyali ortadan kaybolur ve buda toprakta bulunan karbon miktarında azalması anlamına gelmektedir (Tolunay ve Çömez, 2007).

Organik madde bakımından zengin topraklarda toprak sürülmesi işleminin yapılması durumunda, toprağın hava kapasitesi artacağından ayrışma artacaktır ve sızıntı sularıyla ayrışmış olan organik maddeler taşınarak alanı terkedecektir. Fakat fakir topraklarda yapılan arazi işlemeyle dikilen fidanların gelişimi artar. Buna bağlı olarak toprağın üstündeki ve altındaki bitkisel kütlelerde artış olur ve toprakta tutulan organik karbon miktarında arttırılabilir (Tolunay ve Çömez, 2007). Topraklarda yapılan kireçleme ve gübreleme işlemi de bitkilerin aldığı besin maddesini arttırdığı için topraktaki organik karbon miktarını arttırabilmekte olup azot gübrelemesi yapılarakta ayrışmanın hızlanmasına sağlanmış olabilecektir (Jandl vd., 2007).

Topraktaki organik karbon birikimini etkileyen faktörlerden biri olan erozyon, toprağın ve ölü örtü miktarının taşınarak azalmasına neden olacağından depolanan karbon miktarında düşüşe neden olacaktır. Dünyada yarım milyar tondan fazla karbon erozyonla taşınarak denizlere veya okyanuslara akmaktadır. Bu da karasal ekosistemde karbon kaybı oluşmasına neden olmaktadır (Botkin ve Keller, 1995).

Toprakta depolanan karbon miktarıyla küresel iklim değişikliği arasında karmaşık bir ilişki mevcuttur (Lal, 2005). Öyle ki küresel iklim değişikliği toprağın altındaki ve üstündeki kütleli miktarı ve yaşayan ayrıştırıcı mikroorganizmaları etkileyebilir (Joyse ve Birdsey, 2000 akt. Lal, 2005). Bununla ilgili olarak araştırmacılar kuzeyde yer alan çok az bozulmuş ormanlardaki toprak üstü bitkisel kütleli miktarında artışın olacağı ve buna bağlı olarak toprakta depolanan organik karbonun azalacağını belirtmektedirler (Morgan, Pitelka ve Shevliakova, 2001 akt. Lal, 2005).

Anlaşılabildiği üzere toprakta depolanan organik karbon miktarına etki eden birçok faktör bulunmaktadır. Bu faktörlerin etkileşimi neticesinde orman ekosistemindeki mevcut topraklardaki karbon stoğu ortaya çıkmaktadır. Bu sebeple ekosistemlerdeki depolanan karbon stoğunu belirlemek oldukça zordur. Lakin bitki köklerindeki ve toprak üstündeki bitkisel yapılarda depolanan karbon miktarları göğüs çapı, hacim ve benzeri değişkenlerin kullanıldığı ampirik formüllerle tahmin yolu hesaplanabilir. Ama toprakta depolanan karbonun ağaç serveti gibi ağaç-meşcere özellikleri gibi değişkenler kullanılarak oluşturulacak matematiksel denklemlerle belirlenmesi bir hayli güçtür (Tolunay ve Çömez, 2007).

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. Orman Topraklarındaki Karbon Ve Azot Depolamada Ağaç Tür Farklılığının Etkisi Konusunda Dünyada Ve Ülkemizde Yapılan Çalışmalara Genel Bakış

Orman toprak özellikleri üzerinde ağaç türlerinin etkisi uzun zamandan beri toprak ve ekolojistler tarafından alışıla gelmektedir (Vesterdal vd., 2008). Bu çalışmalarda genel olarak ilgi toprak verimliliği parametrelerine ve muhtemel çevresel problemlere kaymıştır. Örneğin; azot ve ağır metallerin depolanmasının etkileri gibi. Son zamanlarda, sera gazlarının azaltılmasında toprak karbon havuzunun rolünün artması, ağaç türlerinin bu havuza etkileri konusunda daha fazla bilgiye ihtiyaç olduğunu göstermiştir (Jandl vd., 2007). Ulusal sera gazı bütçesi içinde atmosferik karbondioksitin azaltılmasında orman yönetimi uygulamaları, buna ağaç türlerinin değişimi de dahil, bir ölçü olarak kabul edilmektedir. Bununla beraber, ağaç türlerinin toprak karbon ve azot depolanması üzerine etkisini ortaya koyan sayısal veriler dünyada olduğu kadar ülkemizde de halen daha oldukça azdır.

Toprakların diğer önemli bir fonksiyonu ise azotu toprakta muhafaza etme yeteneğidir. Toprak azot havuzu ve karbon/azot oranları ekosistem işleyişi üzerinde ağaç türlerinin etkilerini değerlendirmede önemli parametrelerdir. Toprak azot havuzu ve karbon/azot oranlarının, toprakların karbon muhafaza potansiyellerin bir göstergesi olarak kullanılması bir çok araştırmacı tarafından belirtilmiştir (Akselsson, Berg, Meentemeyer ve Westling, 2005). Ayrıca, karbon/azot oranları, nitratın yer altı ve yüzey sularına yıkanmasının bir göstergesi olarak tanımlanmaktadır. Toprak karbon/azot oranları ile azot muhafazasındaki değişkenlikler ağaç türlerinin kompozisyonundaki değişimlerle yakından ilişkilidir (Lovett, Weathers ve Arthur, 2002). Bir çok çalışmada, ağaç türlerinin karbon ve azot döngüsüyle ilişkili olarak mikrobiyal süreçler üzerinde etkili olduğunu rapor etmiştir (Menyailo, Hungate ve Zech, 2002).

Toprak karbon ve azot miktarları, topraklardan dışarı çıkan ve topraklara giren miktarlar arasındaki fark tarafından belirlenmektedir. Ağaç türleri toprağa giren ve topraktan çıkan karbon ve azot oranlarını kontrol eden bir çok önemli faktörden birisidir. Farklı ağaç türlerinin etkilerinin karşılaştırıldığı çalışmalar genel olarak farklı yetiştirme ortamları altında yetişen ağaç türlerini temel aldıklarından, ağaç türlerinin tam olarak etkileri toprak özelliklerindeki farklılıklar, örneğin ana materyal yada arazi kullanımı farklılıkları nedeniyle karıştırılmış ve tam olarak anlaşılmamıştır (Binkley, 1995). Bu nedenle, ağaç türlerinin karbon ve azot depolanmasına etkilerinin daha iyi anlaşılması ve ortaya konulması için, yetiştirme ortamı şartlarının mümkün olduğunca aynı olduğu alanlardan elde edilen veriler gerekmektedir. Literatürde bu bağlamda yapılmış fazla çalışma bulunmamaktadır. Bu konuyla ilgili çalışmalar içinde en önemlisi Vesterdal ve arkadaşları tarafından 2008 yılında gerçekleştirilen çalışmadır. Bu çalışmada Avrupa’da yaygın olarak yetişen altı ağaç türü altındaki ölü örtü ve mineral toprakların karbon ve azot miktarları çalışılmıştır. Çalışmada, iklim, ana materyal, zaman, hidroloji ve önceki yıllardaki arazi kullanımının sabit tutulduğu arazi deneme alanlarında yetişen kayın, meşe, ladin, dişbudak, akçaağaç ve ıhlamur ağaçlarının toprak ve ölü örtü karbon ve azot miktarları ile depolama kapasiteleri belirlenmiştir. Çalışma sonuçları incelendiğinde, ağaç türlerinin en önemli etkisinin orman yüzeyi ölü örtülerinde meydana geldiğini, karbon ve azot miktarlarının sıralamasının dişbudak = ıhlamur = akçaağaç < meşe = kayın < ladin şeklinde değiştiğini bildirmişlerdir. Ağaç türlerinin mineral topraktaki etkilerinin ise 30 cm derinlik içinde yapılan toprak örneklerinde ortaya çıktığı görülmüştür. Ölü örtüsünde düşük miktarda karbon ve azot miktarına sahip türlerin mineral toprakta daha fazla karbon ve azota sahip oldukları belirtilmiştir. Çalışılan türlerle yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçların, bu konuda yapılmış olan az sayıdaki çalışmalarla da uygun olduğu araştırmacılar tarafından belirtilmiştir. Örneğin; Avrupa’dan Reich vd., 2005; Kuzey Amerika’dan Dijkstra ve Fitzhugh, 2003; Lovett, Weathers, Arthur ve Schultz, 2004 tarafından yapılan çalışmalar.

Vesterdal ve arkadaşları (2008) ağaç türlerinin farklı olmasından kaynaklanan orman yüzeyi ölü örtü ve mineral topraktaki karbon ve azot miktarı farklılıklarını sebeplerini detaylı olarak incelememekle beraber, bu farklılıkların nedenlerini gözlemsel ve bilgi olarak birkaç faktöre bağlamışlardır. Bu faktörlerden birisi, farklı türler altında gözlemledikleri solucan faaliyetlerinin toprak karbon ve azot dinamiklerini önemli ölçüde değiştirdiğini belirtmişlerdir. İkinci olarak, çözülebilir organik karbonun yıkanması farklı ağaç türleri altında farklı olmasından kaynaklanabileceği. Üçüncü olarak, ağaç türlerinin kök sistemlerinin farklı olmasından kaynaklanan kök ölü örtüsünün toprağa sağladığı karbon ve azot farklılıkları. Dördüncü ve son olarak ise daha önceden orman yüzeyi ölü örtüsünün ve mineral toprağın karbon/azot oranının farklı olmasının farklı türler altında karbon ve azot miktarlarını ve depolanmasını etkileyebileceğini bildirmiştir.

Ülkemizde bu konuda yapılan çalışmaları incelediğimizde, genel olarak çalışmaların toprak karbon miktarlarının belirlenmesinin öncelik kazandığını, azot miktarlarının ise çok fazla incelenmediğini görmekteyiz.

Gökçeoğlu (1988), Ege bölgesindeki otlak alan, çalı ve orman vejetasyonu altında bulunan volkanik toprakta yıllık net mineral azot verimini araştırmıştır. Sonuç olarak yıllık mineral azot veriminin otlak alan ($75 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$) ve çalı alanda $66 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$), yüksek orman alanda ($28 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$) ise düşük olduğunu tespit etmiştir.

Sağlıker (2005), Doğu Akdeniz Bölgesinde iki farklı anamateryalden (marn ve konglomera) oluşan toprak üzerinde yetişen *Olea europaea L.*, *Pinus brutia* Ten. ve *Pistacia terebinthus* subsp. *palaestina L.*'nin yaprak, dal, ölü örtü ve topraklarının C, N, P ve K içerikleri, topraklarının C ve N mineralizasyonu ile humik ve fulvik asit içeriklerinin zamana bağlı değişimleri karşılaştırmalı olarak incelemiştir. Ölçülen özellikler üzerinde anamateryal, bitki, zaman etmenleri ve bunların etkileşimlerinin istatistiksel açıdan değerlendirilmesi sonucunda (TUKEY, $P < 0.05$) üçlü etkileşimlerden sadece toprak azotu önemli bulunmuş olup diğerleri anlamlı bulunmamıştır. Toprakların karbon mineralleşme oranları ile FA/OM (Fulvik Asit/Organik Madde) oranları anamateryal farklılığına göre sadece *Pinus*'ta anlamlı iken bu farklılığın diğer bitkiler için karakteristik olmadığı gözlemiştir.

Ste-Marie ve Houle (2006), Quebec (Kanada)'te yaptıkları çalışmada üç orman (şeker akçaağacı, göknar ve ladin) zeminindeki N dinamiklerini incelemiştir. Net nitrifikasyonun ladin alanında çok düşük, şeker akçaağacı alanındaki humus tabakasında düşük bir pH'a rağmen muhtemelen heterotrofik nitrifikasyon veya aside toleranslı ototrofik nitrifikasyon nedeniyle nitrat birikiminin olduğunu tespit etmişlerdir. Farklı orman alanlarının azot dinamiklerindeki bu farklılığın çok büyük olasılıkla dominant bitki türlerinden kaynaklandığını ve şeker akçaağacı alanlarında inorganik azot dönüşümlerinin yüksek olup bunu göknar ve ladin alanlarının takip ettiğini belirtmişlerdir.

Tripathi ve Singh (2009), toprak kullanımındaki değişimlerin kuru tropikal orman bölgelerinde toprak azotuna çarpıcı etkisi olabileceğini göstererek, Hindistan'da belirli dönemlerde dökülen ormanların çayırlara, tarlalara ve maden artıklarına dönüşmesini takip ederek net azot mineralizasyonunda % 33, % 46 ve % 70 oranında azalma gözlemledi.

Küçük (2013), Artvin ili Seyitler mevkiinde bitki örtüsünün, eğimin ve bakının toprak özellikleri, toprak solunumu ve azot mineralleşmesi üzerine etkilerini araştırmış olup çalışması sonucunda mera alanlarındaki mikroorganizma faaliyetlerinin meşe alanlarına göre daha yüksek olduğunu belirlemiştir. Ayrıca toprak özellikleri, solunum ve mineralizasyon üzerinde eğim, bakı ve bitki örtüsü farklılığının etkisini belirlemiş olup özellikle nem ve pH değişiminin azot mineralleşmesinde belirleyici bir faktör olduğu belirtmiştir. Aynı zamanda yapmış olduğu çalışmalar neticesinde bitki örtüsü farklılığının organik madde üzerindeki etkisini önemsiz bulmuş olup bakı farklılığının ise organik madde üzerindeki etkisinin önemli olduğunu belirtmiştir. Ayrıca toprak derinliğinin artmasıyla azot içeriğinde azalmalar olduğunu belirlemiştir. Bitki örtüsü organik madde üzerinde önemsiz iken azot içeriği bakımından önem taşıdığına çalışmasında belirlemiştir. Bitki örtüsü farklılığının C/N oranı üzerinde etkisinin önemli düzeyde olduğunda çalışmaları sonucunda belirlemiş olup C/N oranının gölgeli bakılarda güneşli bakılara göre daha düşük olduğunda çalışma sonuçları arasında yer almıştır.

Çömez (2010), kapalılık ve gelişim çağları bakımından farklı yapılara sahip sarıçam meşcerelerinde, ağaç kütlesi, diri örtü, ölü odun, ölü örtü ve topraktaki karbon stokları ile ağaç kütlesinde yıllık olarak biriken karbon miktarlarını incelemiştir. Çalışmasının sonucu olarak meşcere tipleri arasında, ağaç kütlesi, diri örtü ve ölü örtüde depolanan karbon stokları bakımından önemli farklılıklar olduğunu belirlemiştir. Ancak ölü odun ve toprakta depolanan karbon miktarlarında meşcere tiplerine göre önemli bir fark olmadığını çalışması sonucunda belirtmiştir.

Orman topraklarında depolanan karbon miktarı ile ilgili Türkiye’ de yapılan kapsamlı bir çalışma bulunmadığını söylemek yanlış olmamakla beraber, yukarıda bahsedildiği gibi aynı yetişme ortamı altında türlerin toprak karbon ve azot miktarlarına veya depolama kapasitelerine etkisini detaylı olarak inceleyen bir çalışmada bulunmamaktadır. Uzun yıllardır çeşitli araştırmacılar tarafından ülkemizdeki toprakların karbon içerikleri incelenmiştir. Bu çalışmalarda bir metre (1 m) derinliğe kadar toprak çukurları açılarak, derinlik veya horizonlara göre hacim silindirleri ile toprak örneklerinin alınmış ve Walkley-Black yöntemi ile toprakların organik karbon içerikleri belirlenmiştir. Çeşitli araştırmacılar tarafından verilen topraklardaki organik karbon değerleri birim alan için (1 ha) yeniden hesaplanmıştır.

Yapılan bu çalışmalardan ulaşabildiklerimize ait sonuçlar Tablo 4-10’ da sunulmuştur. Yapılan bu çalışmalar sonucunda Türkiye’de değişik ormanlarda açılan 1159 adet toprak çukurunda topraktaki organik karbon stoğunun 0,8-448 t/ha arasında değiştiği, ağırlıklı ortalamanın ise 77,8 t/ha olduğu görülmektedir (Tablo 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7). Özellikle yapraklı ormanlarımız ve ağaçlandırma alanlarımızla ilgili veri daha da azdır. Ancak kaba bir hespla 21,2 milyon ha orman alanımız olduğu ve 1 ha orman alanında topraklarda ortalama 77,8 ton karbon depolandığından hareketle orman topraklarımızda 1,65 milyar ton karbonun depolanmış olduğu söylenebilir.

Tablo 2.1. İbrelî ormanlara ait topraklarda bulunan organik karbon stoğu (t/ha)

Ağaç Türü	Profil Adeti	Minimum (t/ha)	Maksimum (t/ha)	Ağırlıklı Ort. (t/ha)	Kaynaklar
Sarıçam	288	18,3	448	78	Çepel ve ark. 1977, Tolunay 1992-1997-2004, Çelik 2006, Güner 2006
Karaçam	219	6,7	296,5	71,6	Kantarıcı 1979a, Eruz 1984, Sevgi 2003, Özkan 2003, Karatepe 2004, Çelik 2006
Sedir	70	12,6	273,1	85,7	Özkan 2003, Başaran ve ark. 2007
Ardıç	63	0,8	245,9	64,4	Özkan 2003, Çelik 2006, Başaran ve ark. 2007
Ladin	58	2	283,2	82	Kalay 1989, Altun 1995
Uludağ Göknarı	35	65,5	196,2	101,8	Kantarıcı 1978, Kantarıcı1979b
Kızılcım	16	29,6	160,5	77,1	Duran 1991, Çelik 2006
Toros Göknarı	2	68,4	96,8	82,6	Özkan 2003
TOPLAM	751	0,8	448	77,1	

Tablo 2.2. Yapraklı ormanlara ait topraklarda bulunan organik karbon stoğu (t/ha)

Ağaç Türü	Profil Adeti	Minimum (t/ha)	Maksimum (t/ha)	Ağırlıklı Ort. (t/ha)	Kaynaklar
Meşe	97	5,1	279,1	82,3	Kantarıcı 1974, Özhan 1977, Kantarıcı 1979a, Eruz 1980, Kantarıcı 1983, Karaöz 1988, Sevgi 1993, Makineci 1999, Kara 2002, Özkan 2003, Çelik 2006, Başaran ve ark. 2007
Kayın	42	27,8	227,3	77,9	Özhan 1977, Kantarıcı 1979a, Eruz 1980, Karaöz 1988, Sevgi 1993, Kara 2002
Maki-Funda vb.	33	2	424	78,3	Özkan 2003, Başaran ve ark. 2007
Alıç	3	22,5	34,4	26,9	Özkan 2003
Gürgen	1	115,1	115,1	115,1	Makineci 1999
Ihlamur	1	113,3	113,3	113,1	Makineci 1999
Kestane	1	85,9	85,9	85,9	Makineci 1999
Sığla	1	126,6	126,6	126,6	Duran 1991
TOPLAM	179	2	424	80,2	

Tablo 2.3. İbrelî karışık ormanlara ait topraklarda bulunan organik karbon stoğu (t/ha)

Ağaç Türü	Profil Adeti	Minimum (t/ha)	Maksimum (t/ha)	Ağırlıklı Ort. (t/ha)	Kaynaklar
Sedir-Ardıç	34	13,9	119,4	71,5	Özkan 2003, Başaran ve ark. 2007
Karaçam Ardıç	20	2,5	106,5	40,5	Özkan 2003, Çelik 2006
Gök nar-Ardıç	12	12,8	180,6	92,8	Özkan 2003
Sedir-Karaçam	8	18,5	82,1	50,8	Özkan 2003
Gök nar-Karaçam	6	28	93,2	62,9	Özkan 2003
Karaçam-Kızılçam	6	20,5	147,4	64,5	Çelik 2006
Kızılçam-Ardıç	5	14,9	60,4	38,8	Çelik 2006
Ladin-Gök nar	4	9	82	42,4	Altun 1995
Sarıçam-Karaçam	2	63,9	82,9	73,4	Çelik 2006
TOPLAM	97	2,5	180,6	62,2	

Tablo 2.4. İbrelî - yapraklı karışık ormanlara ait topraklarda bulunan organik karbon stoğu (t/ha)

Ağaç Türü	Profil Adeti	Minimum (t/ha)	Maksimum (t/ha)	Ağırlıklı Ort. (t/ha)	Kaynaklar
Karaçam-Meşe	17	10,3	116,1	52,6	Özkan 2003, Çelik 2006
Ladin-Kayın	6	7	87	40	Altun 1995
Meşe-Ardıç	5	22	48,6	44,7	Özkan 2003, Çelik 2006
Kızılçam-Maki	3	86,4	110,6	100,8	Duran 1991
Sığıla-Meşe-Kızılçam	2	302,4	374,3	338,3	Duran 1991
TOPLAM	33	7	374,3	70,8	

Tablo 2.5. Ağaçlandırma alanlarına ait topraklarda bulunan organik karbon stoğu (t/ha)

Ağaç Türü	Profil Adeti	Minimum (t/ha)	Maksimum (t/ha)	Ağırlıklı Ort. (t/ha)	Kaynaklar
Sarıçam	14			108,4	Karaöz 1988
Karaçam	44	9,3	174,6	65,1	Kantarcı 1979a, Karaöz 1988, Akbin 1994, Kara 2002, Karatepe 2004
FıstıkÇamı	12	11,4	100,5	63,9	Karakan 1996, Kambak 1996
Kızılçam	11	74,4	316	149,1	Aydın 1996, Ölçücüoğlu 1997
Sahil Çamı	4	66,2	144,3	106	Kantarcı 1983
TOPLAM	85	9,3	316	84,9	

Tablo 2.6. *Yapraklı karışık ormanlara ait topraklarda bulunan organik karbon stoğu (t/ha)*

Ağaç Türü	Profil Adeti	Minimum (t/ha)	Maksimum (t/ha)	Ağırlıklı Ort. (t/ha)	Kaynaklar
Meşe-Kayın	13	96,1	234,4	157,3	Özhan 1977, Kantarcı 1979
Sığıla-Meşe	1	214,7	214,7	214,7	Duran 1991
TOPLAM	14	96,1	234,4	161,4	

Tablo 2.7. *Ülkemizde bulunan orman topraklarında depo edilebilen organik karbon stoğu (t/ha)*

Ağaç Türü	Profil Adeti	Minimum (t/ha)	Maksimum (t/ha)	Ağırlıklı Ort. (t/ha)
İbrelî	751	0,8	448	77,1
Yapraklı	179	2	424	80,2
İbrelî Karışık	97	2,5	180,6	62,2
İbrelî-Yapraklı Karışık	33	7	374,3	70,8
Yapraklı Karışık	14	96,1	234,4	161,4
İbrelî Ağaçlandırma	85	9,3	316	84,9
TOPLAM	1159	0,8	448	77,8

Yıllık olarak biriktirilen karbon miktarının belirlenmesi ise ayrı bir sorundur ve bu konuda halen metodoloji belirsizdir. Bu konuda kullanılan yöntemlerden birisi aynı alanda farklı zamanlarda belirlenmiş olan toprak organik karbon stoklarının karşılaştırılmasıdır (Lal, 2005). Bu konuda ülkemizde 1 m toprak derinliği ve 10 yıllık bir dönem için yapılmış tek bir çalışma mevcuttur.

Buna göre Bolu Aladağ'daki 2001 yılında 32 yaşında olan Sarıçam ormanlarında 1991-2001 yılları arasında yıllık ortalama topraklarda 0,65 t/ha kadar karbon biriktirildiği hesaplanmıştır (Tolunay, 2004). Küresel ölçekte ise orman topraklarının ortalama olarak yılda 0,4 t/ha karbon biriktirdikleri belirtilmektedir (Lal, 2005). Bu ortalama değere göre ülkemiz orman topraklarında yıllık 8,48 milyon ton karbon biriktirilebileceği sonucuna ulaşılır. 2004 yılı için ormanlarımızda bitkisel kütlede depolanan karbon miktarının 14,48 milyon ton olarak hesaplandığı dikkate alındığında, orman topraklarının karbon depolama üzerindeki etkilerinin önemi daha anlaşılacaktır. Ancak üzerinde durulması gereken konu orman toprakları karbon için bir depo olabildiği gibi aynı zamanda emisyon kaynağı da olabildiğidir.

Başka bir deyişle orman topraklarından, arazi kullanımındaki değişiklikler, amenajman yöntemleri, silvikültürel uygulamalar ve iklim özelliklerine bağlı olarak karbon depolanması yerine, organik maddenin hızlı ayrışması sonucunda atmosfere karbondioksit gazı (CO₂) olarak verilebilmektedir.

Atmosferdeki karbondioksit (CO₂) ve diğer sera gazlarının artması ve bunun yol açtığı iklim değişikliğinin dünyayı bekleyen en büyük tehlikelerden biri olduğu açıktır. Orman ekosistemleri atmosferdeki karbondioksitin (CO₂) azaltılması yönünde en önemli araçtır. Ormanlarda karbon hem bitkiler tarafından, hem de topraklar tarafından depolanabilmektedir.

Küresel iklim değişikliğinin engellenebilmesi için yapılabilecek çok şey vardır. Bunların başında sera gazı emisyonlarının azaltılması gelmektedir. Ancak yakın bir gelecekte bu mümkün görünmemektedir. Karbondioksitin (CO₂) azaltılması için diğer bir yaklaşım, enerji ihtiyacının karşılanması için fosil yakıtlar yerine bitkisel kütlenin kullanımınıdır. Karbonun depolandığı alanlarda daha fazla karbon biriktirilmesini sağlamak da diğer bir yaklaşımdır. Böylece karbon depolayan kaynakların, özellikle orman ekosistemlerinin önemi artmakta, yapacak ve yakacak orman ürünlerine talep her geçen gün yükselmektedir. Bu sebeple ülkemiz ormancılığının bu yönde politikalar geliştirmesi gereklidir. Ayrıca amenajman ve silvikültürel uygulamalarda ormanların karbon biriktirme potansiyelleri dikkate alınmalıdır.

Orman topraklarında daha fazla karbon bağlanabilmesi için bozuk orman alanlarının verimli hale getirilmesi, tıraşlama kesimlerinden kaçınılması, karışık ormanlar kurulması, silvikültürel müdahalelerin mutedil yapılması ve bu müdahalelerde toprağı korumaya dikkat edilmesi, orman olmayan alanların ağaçlandırılması, toprak erozyonunun engellenmesi, orman arazilerinin yapılaşma, kaçak kesimler ve otlatma ile zarar görmesinin önlenmesi gerekmektedir. Ayrıca ülkemiz orman ekosistemlerinde toprak ve bitkisel kütleye depolanan karbon miktarının ortaya konulabilmesi için araştırmalar yapılmalıdır.

Özellikle tüm ülke toprakları için bir “Türkiye Toprak Bilgi Sistemi (TTBS)” oluşturulmasına gereksinim bulunmaktadır. Bu bilgi sisteminde günümüze kadar yapılmış topraklarla ilgili araştırma sonuçları yer almalıdır. Ek olarak ülkemiz topraklarının toprak tekstürü, tipi, derinliği, taşlılığı, pH’sı, organik madde ve besin maddesi durumlarını içeren haritaların da üretilmesi gerekmektedir. Bunun için ICP-Forests (Orman Ekosistemlerinin İzlenmesi Programı) ormanları olarak adlandırılan ve ülke çapında 16x16 km’lik bir ağ üzerinde sistematik örnekleme dayanan program temel olarak alınabilir (Tolunay, 2007). Ülkemiz ormanlarında yaklaşık 800 kadar olan bu örnek alanlardan 10 veya 20 yıllık periyotlarla örnek alınarak, orman topraklarında yıllık ne kadar karbon biriktirildiği, stok değişiminden hesaplanabilecektir. Bu izleme ağı genişletilerek diğer arazi kullanımları (tarım, mera vb.) içinde benzer bir tahminde bulunmak mümkündür.

Karasal ekosistemde karbonun depolanması, atmosferdeki karbondioksit (CO₂) artısını engellemek için en iyi ve düşük maliyetli bir yoldur. Karbonun topraklarda depolanması aynı zamanda toprağın verimliliği açısından da önemlidir.

Topraklardaki mevcut organik karbonun korunup sürekliliğinin sağlanması, bitki örtüsü ve mevcut organik ve inorganik karbonun korunmasını gerektirir. Bu amaca yönelik yapılacak bir çalışmanın toprağa ve çevreye olumlu yararları olacaktır. Toprakta karbon depolanmasının çevrede yaratacağı olumlu etkilerin yanında, bazı ülkelerde enerji üreten firmalar üreticilerin topraklarında depoladıkları karbona karşılık karbon kredisi sağlamaktadırlar (Marland, Fruit ve Sedjo, 2001). Bu bağlamda, organik maddenin yapı taşı olan karbonun korunup muhafaza edilmesi organik maddenin iyi bir yönetimini gerektirir.

Bostan Orman İşletme Şefliği toplam alanı Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü'nün hazırladığı plana göre 8297,5 ha'dır. Bu alanın 5125 hektarı verimli orman alanı, 639 hektarı verimsiz orman alanı, 2533 hektarı ise açıklık alanıdır.

Tez çalışmasının amacına uygun olarak gerekli arazi ölçümleri ve toprak ve ölü örtü örnekleme için deneme sahası olarak Bostan Orman İşletme Şefliği'nin 21, 22 ve 23 numaralı bölmeleri seçilmiştir. Bu bölmelerdeki meşcereler, yaşları 40 ile 150 yaş arasında değişen geniş ve iğne yapraklı ağaçlardan oluşmaktadır. Gerekli ölçümler ve örnekleme çalışmaları karaçam, kayın, sarıçam, uludağ göknarı (yaşlı) ve uludağ göknarı (genç) meşcereleri ile bitişiğindeki açıklık alanda gerçekleştirilmiştir. Gökmar meşcerelerinden aldığımız örneklerde göknar türünün seçme işletme sınıfına göre işletilmekte olduğu ve bu meşcerelerde yaşlı ve genç kavramının çap kademesine göre sınıflandırıldığını bildiğimiz halde yaşlı ve genç meşcere demekteki amacımız çalışma alanında aynı tür meşcereler altındaki topraklarda depolanan karbona ve azota yaş faktörünün etkisini belirlemeye yönelik olduğundan yaşlı ve genç meşcereler demekteyiz. Türler arasında birlikteliği sağlamak için yaklaşık 70-90 yaşlarında, homojen toprak özellikleri gösteren ve ormanın orta kısımlarında yer alan meşcere alanlarında çalışılmıştır. Bunlara ek olarak, genç ve yaşlı meşcereler arasındaki farklılığı ortaya koyabilmek için, çalışma alanında bulunan yaş ortalama 45 olan genç uludağ göknarı alanlarından da ayrıca örnekleme ve ölçüm yapılmıştır.

Sarıçam, uludağ göknarı (yaşlı) ve uludağ göknarı (genç) türlerine ait ölçümler ve örneklerin alınması 21 numaralı bölmede gerçekleştirilmiştir. Örneklerin alındığı meşcereler karışık meşcereler olup, meşcerelerin karışım oranı %50 sarıçam, %50 uludağ göknarıdır. Meşcerelerdeki ağaçların ortalama boyları 20-30 metredir. Meşcerelerde diri örtü ve ölü örtü problemi bulunmamakta olup, meşcereler "2" kapalılığa sahiptir.

Karaçam ve kayın türlerine ait ölçümler ve örneklerin alınması 22 numaralı bölmede gerçekleştirilmiştir. Kayın örneklerin alındığı meşcerelerde karışık meşcere olup, meşcerenin karışım oranı % 40 sarıçam, % 30 göknar ve %30 kayındır. Meşceredeki ağaçların ortalama boyları 20-30 metredir. Meşcerede diri örtü ve ölü örtü problemi bulunmamakta olup, meşcere "2" kapalılığa sahiptir.

Karaçam örneklerin alındığı meşcere karışık meşcere olup, meşcerenin karışım oranı % 70 karaçam, % 30 kayındır. Meşceredeki ağaçların ortalama boyları 20-30 metredir. Meşcerede diri örtü ve ölü örtü problemi bulunmamakta olup, meşcere “2” kapalılığa sahiptir.

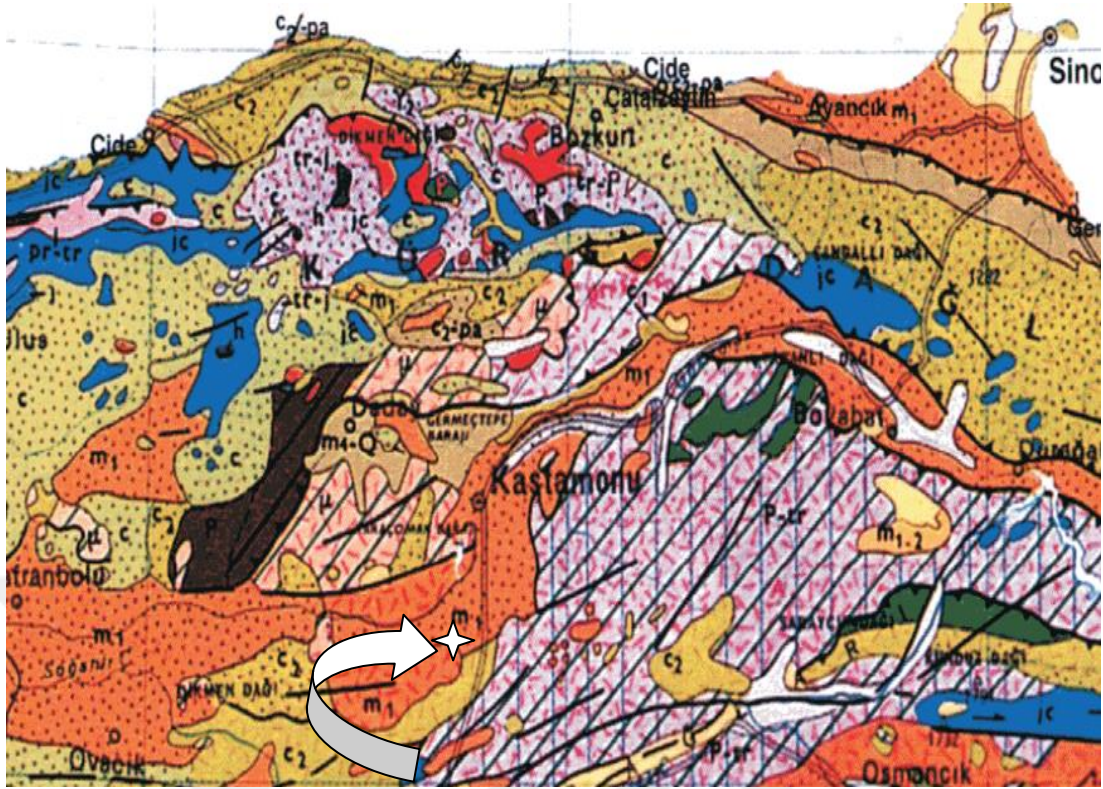
Açıklık alana ait örnekleme 23 numaralı bölmede gerçekleştirilmiştir. Örneklerin alındığı alan otlatma, hayvan baskısı vb. durumlara maruz kalmamıştır. Alanda diri ve ölü çok az bulunmakta olup, mevcut alan orman toprağıdır.

Çalışma alanlarının ortalama yüksekliği yaklaşık 1400 metre olup, hakim bakı kuzey batıdır. Çalışma alanında genel olarak karasal iklim görülmekte olup, kışlar uzun, soğuk ve karlı, yazlar ise kısa ve ılıktır. Mevsimsel ve günlük sıcaklıklar arasında önemli farklar bulunmakta olup, yağış genellikle düşüktür.

1975-2010 yılları arasındaki meteorolojik verilere göre (Kastamonu Meteoroloji verileri, 800 m yükseklikte) ortalama yağış yıllık 490 mm dir. Ortalama aylık sıcaklıklar Temmuz 20.2 °C ile Ocak -0.8 °C arasında değişiklik göstermektedir (Tablo 3.1). Çalışma alanına ait jeoloji haritası incelendiğinde alanın anakayasının üst kratese-eosen zamanında oluşmuş (Harita 3.2) farklı boyutlardaki granit/kuars anakayasından oluştuğu görülmektedir.

Tablo 3.1. 1975-2010 yıllarına ait meteorolojik veriler

Meteorolojik Veriler	AYLAR												Yıllık
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Ortalama Sıcaklık	-0,8	0,6	4,3	9,5	13,8	17,4	20,2	19,8	15,5	10,4	4,5	0,6	9,6
Ortalama Yüksek Sıcaklık	11,0	14,3	21,4	25,6	28,6	32,0	34,3	34,5	31,5	26,7	18,2	12,6	24,2
Ortalama Düşük Sıcaklık	-12,7	-12,3	-8,3	-3,0	0,8	4,9	8,3	7,8	3,2	-1,1	-5,7	-10,4	-2,4
Ortalama Yağış Miktarı	30,9	25,8	32,1	56,3	71,1	61,6	37,2	33,6	32,3	38,4	32,3	37,6	489,0
Günlük En Çok Yağış Miktarı	10,3	8,8	10,5	15,7	18,8	18,5	15,2	16,6	14,2	16,5	10,8	13,0	18,8
Ortalama Bağıl Nem	75,5	70,7	66,5	65,5	65,1	63,1	59,8	60,8	64,9	71,0	75,6	77,6	68,0
En Düşük Bağıl Nem	41,5	35,3	25,7	25,7	27,0	26,3	25,1	23,8	25,7	28,0	37,6	41,9	23,8
Karla Örtülü Gün	15,6	10,4	5,3	2,0							2,7	10,0	46,0
Donlu Günler Sayısı	25,3	22,0	16,8	4,2	1,7					3,4	13,2	21,8	109,0
Sisli Günler Sayısı	6,4	2,3	1,6	1,3	1,9	1,0	3,0	1,0	3,0	2,4	4,5	7,6	35,9
En Hızlı Rüzgar Yönü ve Hızı	GB B 4,3	GB 4,8	GB B 5,4	GB B 5,4	GB B 4,6	GB B 4,5	KB B 4,3	K 4,0	GB B 4,1	GB B 3,9	GB 4,0	GB 4,3	GB B 5,4
Ortalama Rüzgar Hızı	1,0	1,2	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,2	1,0	1,0	1,0	1,2



Stratigrafi / Stratigraphy

Q	Q Kuvaterner / Quaternary
m ₄ -Q	m ₄ -Q Pliyo - Kuvaterner / Plio - Quaternary
m ₄	m ₄ Pliyosen / Pliocene
m ₃₋₄	m ₃₋₄ Neojen / Neogene
m ₃	m ₃ Miyosen / Miocene
m ₂₋₃	m ₂₋₃ Oligo / Miyosen / Oligo - Miocene
m ₂	m ₂ Oligosen / Oligocene
m ₁₋₂	m ₁₋₂ Eosen - Oligosen (Teke Toroslarında ve GD'de Miyosen dahil) Eocene - Oligocene (In Teke Taurus and SE, Miocene included)
pa-m ₂	pa-m ₂ Paleojen / Paleogene
m ₁	m ₁ Eosen / Eocene
pa-m ₁	pa-m ₁ Paleosen - Eosen / Paleocene - Eocene
pa	pa Paleosen / Paleocene
T	T Tersiyer / Tertiary
M-m ₂	M-m ₂ Mesozoyik - Oligosen (Yerel Alt Miyosen dahil) Mesozoic - Oligocene (Locally Lower Miocene included)
c ₂ -m ₁	c ₂ -m ₁ Üst Kretase-Eosen (Eosen çoğunlukla İlerdiyen - Kuliziyen) / Upper Cretaceous-Eocene (Eocene mainly Ilerdian-Cuisian)
c ₂ -pa	c ₂ -pa Üst Kretase - Paleosen / Upper Cretaceous - Paleocene
C ₂	C ₂ Üst Kretase / Upper Cretaceous
c	c Kretase / Cretaceous
C ₁	C ₁ Alt Kretase / Lower Cretaceous
Jc	Jc Jura - Kretase / Jurassic - Cretaceous
j	j Jura / Jurassic
tr-j	tr-j Triyas - Jura / Triassic - Jurassic
tr	tr Triyas / Triassic
M	M Mesozoyik / Mesozoic
PM	PM Paleozoyik - Mesozoyik (Mesozoyik genellikle Triyas) / Paleozoic - Mesozoic (Mesozoic mainly Triassic)
P-tr	P-tr Paleozoyik - Triyas / Paleozoic - Triassic
pr-tr	pr-tr Permo - Triyas / Permo - Triassic

pr-h	pr
h	d
sd	s
o	
k	
p	
Pε	
veya/ or	
μ	

pr	Permiyen / Permian
pr-h	Permo - Karbonifer / Permo - Carboniferous
h	Karbonifer / Carboniferous
d	Devoniyen / Devonian
sd	Silüriyen / Devoniyen / Silurian - Devonian
s	Silüriyen / Silurian
o	Ordovisiyen / Ordovician
k	Kambriyen / Cambrian
p	Paleozoyik / Paleozoic
Pε	Prekambriyen veya yaşı bilinmeyen /
veya/ or	Precambrian or age unknown
μ	

Magmatitler / Magmatics

Asit ve ortaç intruzifler / Acidic and intermediate intrusives	
γ ₃	γ ₃ Mesozoyik - Miyosen (Çoğunlukla Tersiyer) / Mesozoic - Miocene (mainly Tertiary)
γ ₂	γ ₂ Paleozoyik - Orta Jura / Paleozoic - Middle J. / Paleozoic - Middle Jurassic
γ ₁	γ ₁ Paleozoyik veya daha eski / Paleozoic or older

Bazit ve Ultrabazitler / Basic and Ultrabasic
Peridotit, piroksenit, gabro, diyabaz v.b. / Peridotite, pyroxenite, gabbro, diabase etc.

Volkanitler / Volcanics

Karasal volkanitler / Subaerial volcanics
Tuf (Piroklastik) + Karasal Volkanitler / Tuffs (Pyroclastics) + Subaerial volcanics
Sediment arakatılı denizaltı volkanitleri / Submarine volcanism with sedimentary interca

Ayrılanmamış Kayalar / Undifferentiated roc
Yaşı ve litolojisi belirlenmemiş magmatitler / Age and lithology undetermined magmatics

Harita 3.2. Çalışma yapılan alana ait jeoloji haritası

3.2. Arazide Yapılan Çalışmalar

Bostan Orman İşletme Şefliğinin 21, 22 ve 23 nolu bölmelerinde bulunan karaçam, kayın, sarıçam, uludağ göknarı ve uludağ göknarı (genç) meşçereleri ile bitişindeki açıklık alanda alınan deneme alanlarında ölü örtü ve mineral toprakta örnekleme ve ölçümler gerçekleştirilmiştir. Bunlara ek olarak, türlere ait meşçerelerin genel özellikleri belirlemek amacıyla çeşitli ölçümler yapılmıştır.

Deneme alanlarında örnekleme ve ölçüm çalışmaları ağırlıklı olarak 2012 sonbahar ile 2013 ilkbahar dönemlerinde yapılmıştır. Bunlara ek olarak, 2014 yılı ilkbahar ve sonbahar aylarında araziye tekrar gidilerek ek bazı meşçere özellikleri belirlenmiş, ölü örtü kalınlık ölçümleri tekrarlanmış ve bazı analizler için toprak örnekleme yeniden gerçekleştirilmiştir. İlgili bölmelerde ilk olarak, her bir ağaç türü için 20 x 20 m genişliğinde üçer adet deneme alanı alınmıştır. Her bir deneme alanının 3 farklı kısmında organik ve mineral toprak horizonlarından ölü örtü ve toprak örnekleme yapılmıştır (Fotoğraf 3.1, 3.2). Böylelikle, toplamda alınan meşçere deneme parseli sayısı 36 adet olmuştur [6 farklı alan (4 ağaç türü + göknar-genç meşçeresi + çayırılık alan) X 3 adet deneme parseli X 2 farklı çalışma bölgesi = 36]. Toprak örnekleri her bir deneme parselinde iki farklı toprak derinlik kademesinden alındığı için (0-10 cm ve 10-20 cm), toprak örnekleme sayısı toplam 72 adet olmuştur (36 deneme parseli x 2 toprak derinlik kademesi= 72).

Çalışma sahasına 2012 yılının sonbaharında ilk olarak gidildiğinde, sınırları belirlenen her bir deneme parselinde açılan toprak profilinin 0-10 cm ile 10-20 cm derinlik kademelerinden küçük bir kürek yardımıyla yapısı bozulmuş toprak örnekleri alınmıştır. Buna ek olarak, toprak hacim ağırlığını belirlemek amacıyla, mineral toprak kısımlarından iç çapı 5 cm olan silindirler kullanılarak, yine iki farklı toprak derinlik kademesinden, toprağın yapısını bozmadan ahşap takozlar kullanılarak silindirler toprağa çakılmış ve toprak yapısını bozmadan alttan bir kürek yardımıyla çıkartılarak, silindir yüzeyine taşan kısımları temizlenerek, kapakları kapatılıp, poşetleme ve etiketleme yapılarak laboratuvara götürülmüştür (Fotoğraf 3.3, 3.4).

Örnekleme iki ağacın ortasından, arazi yüzümüze dik bir şekilde toprak profili açılması ve toprak numunelerinin alınması esasları göz önüne alınarak gerçekleştirilmiştir. Her bir deneme parseli içindeki ağaçların çap, boy ile 3-4 hakim ağacın yaşı ölçümleri ile organik horizon (L, F, H) kalınlıklarının belirlenmesi 2013 yılı bahar ayında gerçekleştirilmiştir. Çap ölçer yardımıyla ağaçların çapları, dijital boy ölçer kullanılarak boyları ölçülmüş olup, yaş ise artım burgusu yardımıyla ölçülmüştür. Toprak üstünde bulunan organik horizonun ölü örtü (L), çürüntü tabakası (F) ve humus (H) kalınlıkları cetvel yardımıyla ölçülmüştür.



Fotoğraf 3.1. Bozulmuş toprak numunelerinin alındığı profillerden biri



Fotoğraf 3.2. Açıklık alandan alınan bozulmuş toprak numunelerinin alındığı profillerden biri



Fotoğraf 3.3. Araziden alınan bozulmuş toprak numuneleri



Fotoğraf 3.4. Araziden alınan bozulmuş toprak numunelerinin laboratuvarında ağızları açılarak kurumaya bırakılması

Deneme alanlarında toprak örneklemesinin yanında, 2014 yılı ilkbahar aylarında tekrar aynı alanlara gidilerek bazı meşcere özelliklerinin ve toprak yüzeyindeki organik horizonun kalınlık ölçümü yapılmıştır. Organik horizonlarda örnekleme, ölü örtü (L), çürüntü tabakası (F) ve Humus (H) kısımlarından, mineral toprak horizonlarında örnekleme ise 0-10 cm ile 10-20 cm derinlik tabakalarından yapılmıştır.

3.3. Laboratuvarda Yapılan Çalışmalar

Toprak örnekleri laboratuvarda kâğıt üzerine serilerek hava kurusu hale gelinceye kadar bekletilmiştir (Fotoğraf 3.5). Hava kurusu hale gelen toprak örnekleri (Fotoğraf 3.6), porselen havanda öğütülerek 2 mm'lik elekten geçirildikten sonra naylon torbalara doldurularak (Fotoğraf 3.7) analize kadar buzdolabında muhafaza edilmiştir.



Fotoğraf 3.5. Araziden alınan toprak numunelerinin hava kurusu hale getirilmesi



Fotoğraf 3.6. Hava kurusu hale gelen toprak numuneleri



Fotoğraf 3.7. 2 mm'lik elekten geçirildikten sonra analiz için naylon poşetlere konulmuş toprak numuneleri

3.4. Toprak Örnekleri Üzerinde Yapılan Çalışmalar

Analize hazır toprak örneklerinin pH, su ile doymuşluk, toplam tuz, organik madde, fosfor, potasyum analizleri Kastamonu İl Özel İdaresi Laboratuvarında yaptırılmıştır.

Toprak tekstür analizleri Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi laboratuvarında hidrometre yöntemine göre yapılmıştır. Ağır bünyeli topraklar örneklerinden 50 gram, kumlu toprak örneklerinden 100gram alınarak 400 ml lik beherlere konulmuştur. Üzerine 200ml saf su ve 100ml %8 NaOH çözeltisi eklenerek 24 saat süre ile dispersleşmeye bırakılmıştır. Daha sonra süspansiyon mekanik karıştırıcıya alınarak 5 dakika boyunca karıştırılmıştır. Mekanik karıştırıcıda bir pipetten saf su püskürtülerek silindire aktarılan süspansiyonun üzeri 1000ml olacak şekilde saf su ile tamamlandıktan sonra el karıştırıcısı silindir içerisinde aşağı yukarı 15-20 kez hareket ettirilmiştir. Köpürmeyi önlemek için bir kaç damla amil alkol eklenmiştir. İlk okuma 4'48'', ikinci okuma 120' sonunda yapılmıştır.

Her iki okuma yapılırken süspansiyonun sıcaklıkları da belirlenmiştir. Okunan hidrometer değerleri üzerinde gerekli sıcaklık düzeltmeleri yapılarak ilk okuma (toz+kil) ikinci okumada (kil) ve bunların yardımı ile de kum ve toz fraksiyonlarının miktarı % olarak hesaplanmıştır. Tekstür sınıfları Tammerup'un tekstür üçgenine göre isimlendirilmiştir (Gülçur, 1974).

Laboratuvara getirilen ve hazırlanan silindir örnekleri, 24 saat süreyle 105 °C' deki etüvde bekletildikten sonra aşağıdaki eşitlikten hacim ağırlığı (HA) (Mg m^{-3}) değerleri hesaplanmıştır (Tompson, 1952).

$$HA = Ka / Sh \quad (3.1)$$

Burada; Ka: Toprak örneğinin kuru ağırlığı (gr), Sh: Örnek alma silindirinin hacmi (m^3)' dir.

Toplam karbon miktarı (organik ve inorganik) Leco kuru yakma element analiz makinesi yardımıyla INRA-Rennes/Fransa laboratuvarlarında belirlenmiştir (Allen, 1989). Toprak örneklerinin hiçbiri karbonat içermediği için toplam karbon değerleri organik karbon miktarı olarak alınmıştır. Toplam azot ise Kjeldal metodu ile INRA-Rennes/Fransa laboratuvarlarında belirlenmiştir (Allen, 1989).

Topraktaki toplam karbon veya azot miktarları toprak kütlesi, hacim ağırlığı ve toplam karbon veya azot miktarları dikkate alınarak hesaplanmış ve sonuçlar Mg ha^{-1} olarak verilmiştir (Lee vd., 2009). Her bir derinlik kademesinin toprak kütlesi; hacim ağırlığı ve dönüşüm katsayıları kullanılarak, birimi Mg ha^{-1} olarak aşağıdaki Formül (3.2)'ye göre hesaplanmıştır;

$$\text{Toprak Kütlesi (TK)} (\text{Mg ha}^{-1}) = (HA \times Ti \times 10^4) \quad (3.2)$$

Burada, HA: hacim ağırlığını, Ti: i toprak derinliğini (m) ve 10^4 ise dönüşüm katsayısını (m^2 / ha) ifade etmektedir. Toprakta depolanan toplam organik karbon (TOC) veya toplam azot (TN) miktarı ise Formül (3.3)'e göre hesaplanmıştır.

$$\text{TOC veya TN-depolama} (\text{Mg C ha}^{-1} \text{ veya Mg N ha}^{-1}) : \% \text{ TOC veya \% TN} \times \text{TKi} (\text{Mg ha}^{-1}) \quad (3.3)$$

Bu formülde verilen TKi, i toprak derinliğinde kuru toprağın kütlesini ifade etmektedir.

3.5. İstatistik Analizi

Farklı türler altından alınan toprak örneklerinin belirlenen kimyasal ve fiziksel özellikleri, özellikle de karbon ve azot miktarları ile karbon ve azot depolama kapasiteleri arasında önemli bir farklılığın olup olmadığı üzerine SPSS programı (11. Versiyon) kullanılarak Varyans Analizi (ANOVA) uygulanmıştır. ANOVA sonuçları doğrultusunda, farklılığın önem derecesi Tukey's testi yardımıyla belirlenmiştir.



4. BULGULAR

4.1. Çalışma Alanının Yaş Ve Organik Horizonlarına Ait Bulgular

Yüksek lisans tezinde çalışılan 4 farklı ağaç türlerinin ortalama yaşları, çapları ve boyları büyükten küçüğe doğru şu şekilde değişmiştir. Ortalama yaşları; karaçam 85, göknar 82, kayın 77, sarıçam 75 ve genç göknar 45. Boyları; karaçam 28, kayın 27, göknar 26, sarıçam 24 ve genç göknar 21. Çapları; göknar 58, karaçam 56, kayın 54, sarıçam 50 ve genç göknar 36. Tüm türlerde kapalılık “2” olarak belirlenmiştir (Tablo 4.1). Türler altında alınan deneme alanlarının topraklarının organik madde miktarı en yüksek karaçam (%4.93) meşçeresinde, en düşük ise açık alanda (%2.70) belirlenmiştir (Tablo 4.1). Karaçam ve sarıçam meşçereleri altındaki toprakların organik madde miktarları ile kayın, göknar ve genç göknar meşçereleri ile açık alan topraklarının organik madde miktarları arasında önemli derecede ($p<0.05$) farklılık olduğu görülmüştür. Organik horizonlar bakımından, kayın meşçerelerinin en kalın organik horizonlara sahip iken (L=1.80 cm, F=3.75 cm, H=2.89 cm), genç göknar meşçereleri en düşük organik horizonla sahip olarak belirlenmiştir (L=1.13 cm, F=2.56 cm, H=0.75 cm) (Tablo 4.1).

Tablo 4.1. Çalışılan türlerin ortalama yaş ile toprak organik madde ve organik horizonlarına ait bilgiler

Türler	Yaş (Yıl)	Boy (M)	Çap (Cm)	Kapalılık	Organik Madde (%)	L (Cm)	F (Cm)	H (Cm)
Karaçam	85	28	56	2	4.93c	1.59b	3.35b	1.21b
Kayın	77	27	54	2	3.69b	1.80c	3.75c	2.89c
Sarıçam	75	24	50	2	4.17c	1.48b	3.12b	1.15b
Göknar(Yaşlı)	82	26	58	2	3.56b	1.27a	2.90a	0.80a
Göknar(Genç)	45	21	36	2	3.16b	1.13a	2.56a	0.75a
Açıklık Alan	-	-	-	-	2.70a	-	-	-

4.2. Çalışma Alanının Toprak Özelliklerine Ait Bulgular

Farklı türlerin altındaki toprakların bazı özelliklerine ait bilgiler Tablo 4.2' de verilmiştir. İstatistiksel olarak bakıldığında toprakların özelliklerinden pH, tuz, tektür özellikleri bakımından türler arasında önemli farklılıkların olmadığı, fosfor ve potasyum miktarları ve su ile doymuşluk bakımından türler arasında önemli farklılıklar ($p < 0.05$) olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.2).

Buna göre en düşük fosfor miktarının sarıçam meşcerelerinde (0,254 kg/ha), en yüksek fosfor miktarının ise kayın meşcerelerinde (0,380 kg/ha) olduğu, en yüksek potasyum miktarının yaşlı göknar meşcerelerinde (8,99 kg/ha), en düşük potasyum miktarının ise kayın meşcerelerinde (3,81 kg/ha) olduğu, su ile doymuşluk bakımından ise en yüksek değer kayın meşcerelerinde (%81) olduğu, su ile doymuşluk bakımından en düşük değer ise karaçam meşcerelerinde (%65) olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4.2. Çalışılan türlerin bazı meşcere özellikleri ile mineral horizonlarına ait bazı bilgiler

Türler	pH	Tuz	Fosfor (Kg/Ha)	Potasyum (Kg/Ha)	Suyla Doymuşluk (%)	Tekstür (%)			Toprak Bünyesi
						Kum (%)	Toz (%)	Kil (%)	
Karaçam	5.4	0.006	0,283a	5,71c	65a	61	19	20	
Kayın	5.7	0.011	0,380c	3,81a	81c	59	23	18	Kumlu
Sarıçam	5.5	0.008	0,254a	5,13c	70b	63	21	16	killi
Göknar(Yaşlı)	5.9	0.015	0,339b	8,99d	69a	66	19	15	balçık
Göknar(Genç)	6.0	0.010	0,354b	3,99a	74b	64	19	17	
Açıklık Alan	6.1	0.007	0,325b	4,27b	69a	67	17	16	

4.3. Çalışma Alanının Karbon Ve Azot Miktarlarına Ait Bulgular

Çalışılan türlerin ve açık alan topraklarının iki farklı derinlik kademesine ait (0-10 ve 10-20 cm ortalama karbon, azot miktarı, hacim ağırlığı, toprak karbon ve azot depolama kapasitesi ve karbon/azot oranı (C/N) Tablo 4.3' de verilmiştir. Toprak hacim ağırlığı değerleri her bir tür için artan toprak derinliği ile bağlantılı olarak artış göstermiştir. En düşük ortalama hacim ağırlığı değeri karaçam meşcereleri altındaki topraklarda belirlenirken (1.24 Mg m^{-3}), en yüksek hacim ağırlığı değeri açık alan topraklarında belirlenmiştir (1.59 Mg m^{-3}).

Tablo 4.3. Farklı türler ve açık alan topraklarının ortalama karbon, azot miktarı, hacim ağırlığı, toprak karbon ve azot depolama kapasitesi ve karbon/azot oranı (C/N) (Tukey's testine göre her bir tür için aynı derinlik kademesine ait kolonlar arasında aynı harf ile ifade edilmeyen değerler arasında önemli farklılıklar ($P<0.05$) bulunmaktadır.)

Türler	Derinlik Kademesi (cm)	Toplam Karbon (%)	Toplam Azot (%)	Hacim Ağırlığı (Mg m^{-3})	Toprak Karbon-Depolama (Mg C ha^{-1})	Toprak-Azot Depolama (Mg N ha^{-1})	C/N
Karaçam	0-10	4.13e	0,20a	1.18a	48,3e	2,37a	20.4d
	10-20	2.33d	0,11a	1.31a	30,6de	1,83a	16.7d
	0-20	3.23e	0,15a	1.24a	78,8d	4,20a	18.8d
Sarıçam	0-10	3.67d	0,25bc	1.21a	44,5d	2,98b	14.9c
	10-20	2.01c	0,20bc	1.42c	28,5cd	2,79bc	10.2c
	0-20	2.84d	0,22b	1.31bc	72,9c	5,77b	12.6c
Gök nar Yaşlı	0-10	3.54c	0,27c	1.22a	43,0cd	3,32b	12.9b
	10-20	2.06c	0,19b	1.35ab	27,9bc	2,60bc	10.7c
	0-20	2.80d	0,23b	1.29ab	70,9c	5,93b	12.0c
Gök nar Genç	0-10	3.14b	0,31d	1.22a	38,1b	3,80c	8.9a
	10-20	1.71a	0,22c	1.35ab	23,2a	3,02c	10.2c
	0-20	2.42b	0,27c	1.29ab	61,3a	6,82c	9.5b
Kayın	0-10	3.18b	0,44e	1.29b	41,1c	5,19d	7.9a
	10-20	1.85b	0,33d	1.40bc	25,9b	4,38d	5.9a
	0-20	2.51c	0,39d	1.35c	67,0b	9,57d	7.0a
Açık Alan	0-10	2.33a	0,22ab	1.45c	33,7a	3,26b	11.7b
	10-20	1.79ab	0,13a	1.73d	30,9e	2,55b	9.1b
	0-20	2.06a	0,17a	1.59d	64,6ab	5,81b	10.6b

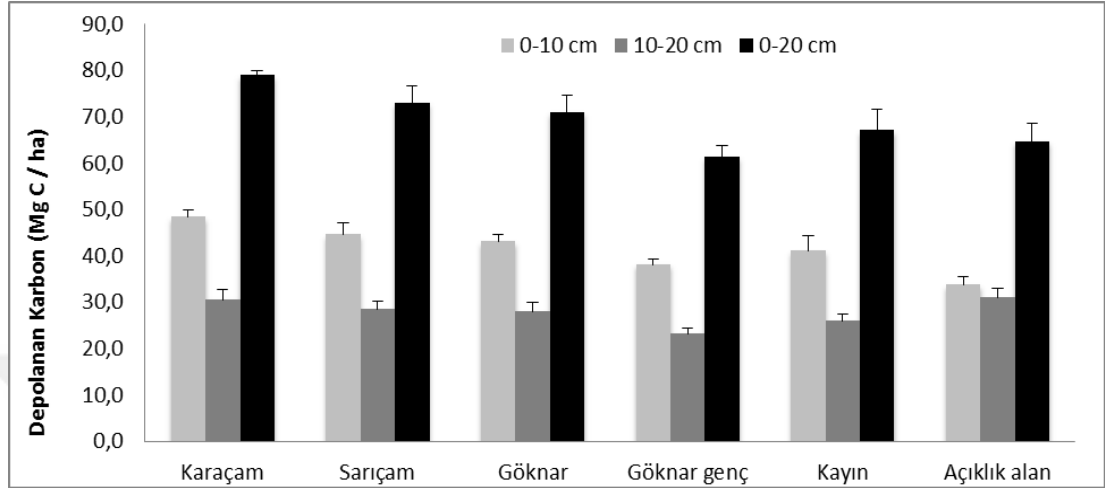
Çalışılan tüm deneme alanlarının 0-10 cm toprak derinlik kademelerinde, toplam karbon miktarı en yüksek karaçam meşcerelerinde (%4.13) bulunmuş olup bunu sırasıyla sarıçam (3.67%), göknar (3.54%), kayın (3.18%), genç göknar (3.14%) ve açık alan (2.33%) takip etmiştir. Toprak organik karbon miktarı toprak derinliği ile azalma göstermiştir (Tablo 14). 10-20 cm derinlik kademesinde de karaçam en yüksek toplam karbon miktarına sahip olurken (%2.33), açık alan (%1.79) ve genç göknar meşcereleri (%1.71) en düşük toplam karbon miktarına sahip olmuştur.

Genel olarak tüm toprak derinlik kademesi (0-20 cm) değerlendirildiğinde, en yüksek toplam karbon miktarı karaçam meşcereleri topraklarında belirlenirken (%3.23), en düşük miktar açık alan topraklarında (%2.06) belirlenmiştir.

Türler altında 0-10 cm derinlik kademesinde belirlenen toprak karbon miktarına göre karşılaştırıldığında, toplam azot miktarı en düşük karaçam meşcerelerinde (%0.20) en yüksek ise kayın meşcerelerinde (%0.44) belirlenmiştir. Toplam azot miktarında toprak derinlik kademesine göre azalma göstermiştir (Tablo 4.3). 10-20 cm derinlik kademesinde de karaçam en düşük toplam azot miktarına (%0.11) sahip olurken, kayın ise yine en yüksek miktarı (%0.33) göstermiştir. Tüm toprak derinliği değerlendirildiğinde de kayın en yüksek toplam azota (%0.39) sahip olurken, karaçam en düşük miktara sahip (%0.15) olmuştur.

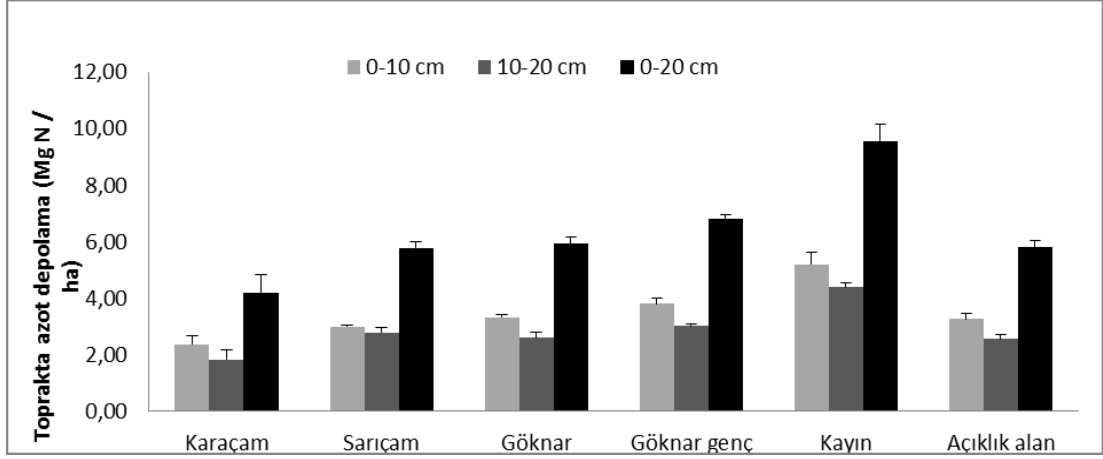
Türler altında depolanan karbon ve azot miktarları bakımından değerlendirme yapıldığında, 0-10 cm toprak derinlik kademesinde en yüksek karbon depolamasının karaçam meşcereleri altında olduğu ($48,3 \text{ Mg C ha}^{-1}$) bunu sırasıyla sarıçam ($44,5 \text{ Mg C ha}^{-1}$), göknar ($43,0 \text{ Mg C ha}^{-1}$), kayın ($41,1 \text{ Mg C ha}^{-1}$), genç göknar ($38,1 \text{ Mg C ha}^{-1}$) ve açık alanın takip ettiği ($33,7 \text{ Mg C ha}^{-1}$) görülmüştür (Tablo 4.3, Şekil 4.1). Depolanan karbon miktarı toprak derinliği ile azalma göstermekle beraber, 10-20 cm toprak derinliğinde de karaçam altındaki topraklar en yüksek karbon depolamasını ($30,6 \text{ Mg C ha}^{-1}$), kayın ($25,9 \text{ Mg C ha}^{-1}$) ve açık alan ($23,2 \text{ Mg C ha}^{-1}$) toprakları ise en düşük karbon depolamasına sahip olmuştur.

Tüm toprak derinliği dikkate alındığında (0-20 cm) en yüksek karbon depolamasına karaçam meşcerelerinin ($78,8 \text{ Mg C ha}^{-1}$), en düşük depolamaya ise genç göknar meşcerelerinin ($61,3 \text{ Mg C ha}^{-1}$) sahip olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.1).



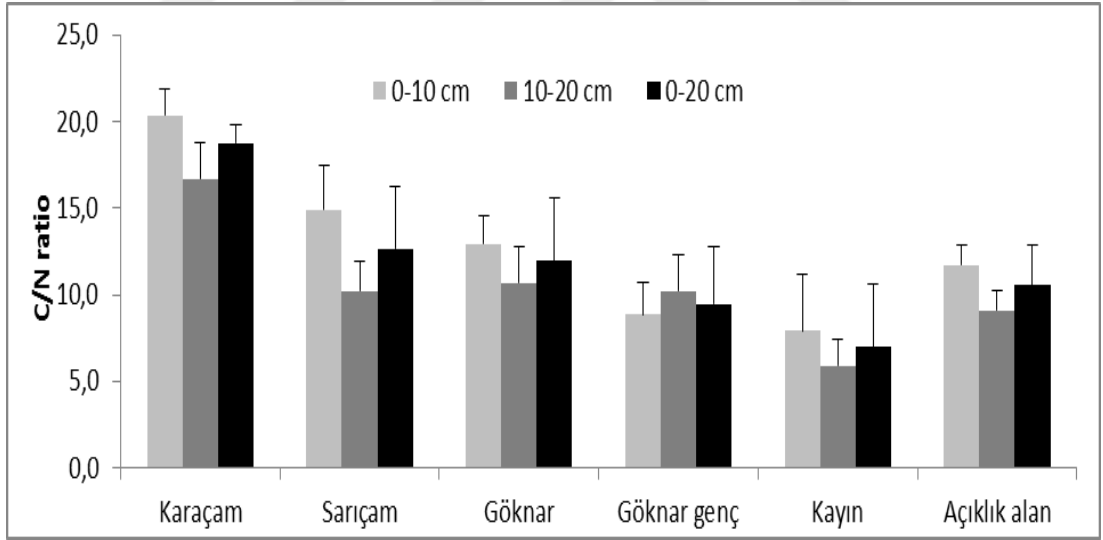
Şekil 4.1. Farklı türler ile açık alan topraklarının farklı toprak derinlik kademelerine göre depoladığı karbon miktarı

Farklı türler altındaki toprakların 0-10 cm toprak derinlik kademelerinde depolanan toplam azot miktarları karşılaştırıldığında ise, en yüksek depolamanın kayın topraklarında ($5,19 \text{ Mg N ha}^{-1}$) en düşük depolamanın ise karaçam topraklarında ($2,37 \text{ Mg N ha}^{-1}$) olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.3, Şekil 4.2). 10-20 cm derinlik kademesinde de kayın en yüksek değeri gösterirken ($4,38 \text{ Mg N ha}^{-1}$), yine karaçam en düşük değeri ($1,83 \text{ Mg N ha}^{-1}$) göstermiştir. Tüm toprak derinlik kademesi (0-20 cm) düşünüldüğünde, en yüksek değeri kayın ($9,57 \text{ Mg N ha}^{-1}$) gösterirken bunu sırasıyla genç göknar ($6,82 \text{ Mg N ha}^{-1}$), göknar ($5,93 \text{ Mg N ha}^{-1}$), açık alan ($5,81 \text{ Mg N ha}^{-1}$), sarıçam ($5,77 \text{ Mg N ha}^{-1}$) ve karaçam ($4,20 \text{ Mg N ha}^{-1}$) takip etmiştir (Şekil 4.2).



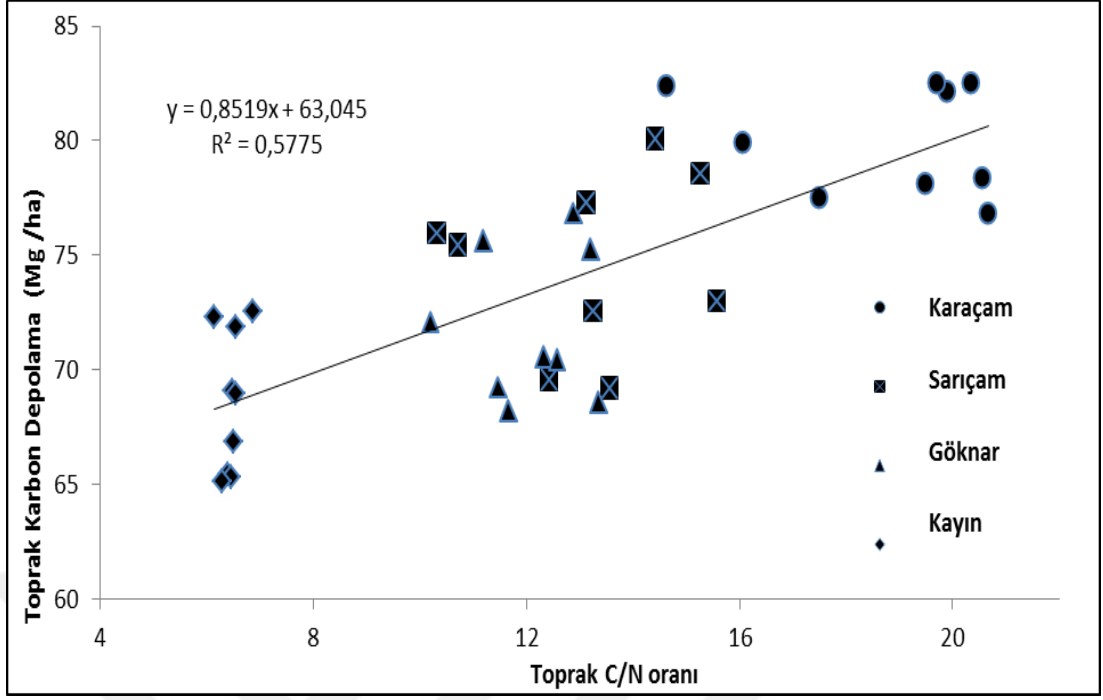
Şekil 4.2. Farklı türler ile açık alan topraklarının farklı toprak derinlik kademelerine göre depoladığı azot miktarı

Genel olarak C/N oranına bakıldığında, kayın meşcereleri topraklarının en yüksek C/N oranına sahip olduğu, karaçam meşcerelerinin ise en düşük C/N oranına sahip olduğu görülmektedir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Farklı türler ile açık alan topraklarının farklı toprak derinlik kademelerine göre C/N oranı

Farklı türler altındaki toprakların karbon depolama kapasiteleri ile toprak karbon/azot (C/N) oranları arasında pozitif bir ilişkinin olduğu belirlenmiştir. Yani türün altındaki toprak C/N oranının yükselmesi toprak karbon depolama miktarının yükselmesine neden olmaktadır (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Farklı türler altındaki toprakların (0-20 cm) karbon depolama kapasiteleri ile toprak karbon/azot (C/N) oranları arasındaki ilişki

5. TARTIŞMA

Tez çalışması sonunda elde edilen sonuçlara göre ağaç türleri (karaçam, kayın, sarıçam ve göknar), meşcere yaşı (genç ve yaşlı göknar meşceresi) ve arazi kullanım şekli (ormanlık alan, açıklık alan) toprakta karbon ve azot depolanma miktarını önemli derecede etkilemektedir. Yapraklı türler altındaki toprakların (bu çalışmada kayın temsil etmekte) ibreli türler altındaki topraklardan (karaçam, sarıçam ve göknar temsil etmekte) daha az karbon depoladığı, bununla beraber ibreli türlerin ise yapraklı türlere göre daha az azot depoladığı belirlenmiştir (Tablo 4.3). İbreli türler arasında da depolanan karbon ve azot miktarları bakımından çok önemli farklılıklar olduğu görülmüştür. Karaçam en yüksek karbon depolamasını yaparken bunu sarıçam ve göknar takip etmiştir. Depolanan azot miktarı bakımından ise karaçam en düşük depolamayı gösterirken sarıçam ve göknar aynı miktarda fakat karaçamdan daha fazla azot depolaması göstermiştir. Bu çalışmada elde ettiğimiz sonuçlar, yani, ibreliler altında yapraklılardan daha fazla miktarda karbon birikmesi, bu konuda yapılan diğer çalışmalardan elde edilen sonuçlarla benzerlik göstermektedir (Augusto, Ranger, Binkley ve Rothe, 2002).

Diğer çalışmalarda da karbon ve azot depolamasının türler arasında değişiklik gösterdiği belirtilmiştir. Bununla beraber, toprak karbon depolaması üzerinde ağaç türlerinin spesifik olarak nasıl bir etkisinin olduğu yönünde ortak bir görüş bulunmamakta olup, birçok çalışma farklı etkilerin olduğunu göstermiştir (Vesterdal ve Raulund-Rasmussen, 1998; Jandl vd., 2007). Bu çalışmada türler arasında belirlenen karbon ve azot depolama farklılıkları türlerin ölü örtülerinin kimyasal kalitesi ve miktarı bakımından gösterdikleri farklılıklara bağlanabilir. Çünkü bazı türler diğer türlerden daha fazla ve daha farklı kimyasal yapıda ölü örtü üretebilmekte ve bunun sonucunda bu farklılıklar ölü örtünün ayrışmasını ve ayrışma sonucu toprağa giren ve depolanan karbon miktarını etkilemektedir (Sarıyıldız ve Anderson, 2003). Genel olarak, kayın türü ölü örtüsü karaçam, sarıçam ve göknar türlerine göre ayrışmaya karşı daha dirençli kimyasal yapılar içermektedir (Sarıyıldız vd., 2005).

Özellikle kayın ölü örtüsünün yüksek miktarda lignin içermesi zaman içinde orman yüzeyinde ölü örtünün birikmesine ve asit bileşiklerinin oluşmasına neden olmaktadır (Sarıyıldız ve Küçük, 2008).

Diğer ağaç türlerine göre kayın ölü örtüsünün ayrışmasının yavaş olması, ibrelili türlerle karşılaştırıldığında kayın meşcereleri altında daha fazla karbonun orman yüzeyinde birikmesine neden olmaktadır (Sarıyıldız ve Küçük, 2008). Bu asidik ortamlarda, fauna daha az aktif olup, mineral toprağa doğru humusun karışımında bir azalma olmakta ve böylece daha fazla materyalin orman yüzeyinde birikmesi söz konusu olmaktadır (Thuille ve Schulze, 2006). Öte yandan, yapraklı türler (kayın yaprak ve ölü örtüsü) iğne yapraklıların ibre ve ölü örtülerinden daha fazla azot içermektedir (Sarıyıldız ve Anderson, 2005). Yüksek miktardaki azot içeriğine sahip olan kayın meşcere ölü örtüsü, ayrıştığında toprağa daha fazla azotun ulaşmasına ve böylelikle mineral toprakta daha fazla azot depolanmasına neden olmuştur. Daha az azot içeren ibrelili türler altında ise kayına göre daha az azot depolanmasının olması bu açıklamayı destekler niteliktedir.

Akselsson ve arkadaşlarının 2005 yılında yapmış oldukları çalışmada, önerilen mineral toprağın C/N oranı ile mineral toprağın potansiyel karbon depolama kapasitesi arasındaki pozitif ilişki bizim çalışmamızda da iyi bir gösterge oranı olarak ilişki göstermiştir.

Çömez (2010) gerçekleştirmiş olduğu çalışma sonucunda ormanlarda ki toplam karbon stoğunda meşcerelerin yapısına göre önemli farklar olduğunu belirlemiştir. Belirlemiş olduğu bu sonuçlar ile bizim yaptığımız çalışmada elde ettiğimiz sonuçlar arasında benzerlik olduğu görülmektedir.

Küçük (2013) yapmış olduğu çalışmada toprak derinliğinin artmasıyla azot içeriğinde azalmalar olduğunu belirlemiştir. Bizim yapmış olduğumuz çalışma sonucunda da aynı şekilde toprak derinliği arttıkça karbon ve azotta azalmalar görülmüştür.

Ayrıca toprak derinliğinin artmasıyla azot içeriğinde azalmalar olduğunu belirlemiştir. Bitki örtüsü organik madde üzerinde önemsiz iken azot içeriği bakımından önem taşıdığına çalışmada belirlemiştir. Bitki örtüsü farklılığının C/N oranı üzerinde etkisinin önemli düzeyde olduğunda çalışmaları sonucunda belirlemiş olup C/N oranının gölgeli bakılarda güneşli bakılara göre daha düşük olduğunda çalışma sonuçları arasında yer almıştır

Yapmış olduğumuz çalışma sonuçları, meşcere ortalama yaşının karbon ve azot depolama kapasitesi üzerinde etkili olabileceğini göstermiştir.

Genel olarak kabul edilen, yaşlı meşcerelerin daha fazla toprak karbonu depolayacağıdır. Çünkü yaşlı ormanlara müdahale daha az olduğundan toprak karbonu zaman içerisinde birikir ve yıllar içinde toprak kimyasını değiştirir.

Yapılan çalışmada, genç göknar meşcereleri (45 yaşında) daha yaşlı göknar meşcerelerine göre (82 yaşında) daha az karbon depolamasına rağmen daha fazla azot depolaması gerçekleştirdiği belirlenmiştir. Binkley ve Valentine 1991 yılında gerçekleştirdikleri çalışmalarında bir ağaç türünün gerçekte toprak kimyasını değiştirebilmesi için yaklaşık 50 yıllık bir süreye ihtiyaç olduğunu ifade etmişlerdir.

Hagen-Thorn ve arkadaşlarının 2004 yılında yaptıkları bir çalışmada 40 yaşın altındaki meşcerelerde, türler arasında toprak organik karbon miktarları bakımından farklılık bulamazken, Oostr ve arkadaşlarının 2006 yılında yaptıkları çalışmalarda 60 yaşından büyük meşcerelerde türler arasında önemli farklılıklar olduğunu bildirmişlerdir.

Burada sunulan çalışma sonuçları mineral karbon ve azot depolama miktarları arazi kullanım çeşidine (orman veya açıklık çayırılık alan) göre de farklılıklar göstermiştir.

Açık alan topraklarında karbon depolaması ibrelili veya geniş yapraklı yaşlı meşcerelere göre daha az karbon depolaması gösterirken, genç meşcerelere (genç göknar meşceresi) göre ise daha fazla depolama yapmıştır. Toprakta azot depolaması bakımından ise türlere göre farklılıklar görülmüştür.

Açıklık alandaki azot depolanması karaçamdan daha yüksek, kayından daha düşük, sarıçam ile göknar meşcerelerine göre ise önemli bir farklılık göstermemiştir. Toprak karbon depolama miktarları bakımından meşcereler ile açıklık alanlar arasındaki farklılıklar, ormanlık alandan açıklık alana yada diğer kullanımlara dönüştürülen yerlerin önemli miktarda karasal karbonun kaybına neden olduğu hipotezini destekler yöndedir. Bu kayıplar bir alanın sürdürülebilir olma potansiyelini azaltmaktadır. Ormanlar bir birim alanda ziraat alanlarından 20 ile 200 katı kadar daha fazla karbon biyokütlesine sahiptirler. Bu nedenle, ormanların açıklık alanlara, otlak alanlarına veya tarım alanlarına dönüştürülmesi veya dönüşmesi genel olarak alandaki karbon miktarının azalmasına neden olur (Houghton, 1991).



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sonuç olarak, toprakta karbon depolanması sadece küresel karbon döngüsünde açısından önemli olmayıp, aynı zamanda orman verimliliğini de etkilemektedir. Çünkü toprak karbonu heterotrofik toprak organizmalarının aktivitesini sağlayan besinlerin döngüsünü için temel bir enerji kaynağıdır ve toprakta karbon depolanmasının devam ettirilmesi ormanların üretkenliğinin sürdürülmesi için hayatidir. Buna ek olarak, toprak karbonu toprak organik maddesinin temel bileşenlerinden olup, önemli miktarda su ve azot içermektedir. Bunların hepsi ise, atmosfer ve biyosfer arasında değişerek Dünya'nın kimyasal atmosferini, enerjisini, su bilançosunu ve iklimini değiştirir. Bu nedenle, orman topraklarının karbon depolamasını etkileyen faktörleri anlamaya yönelik çalışmalar, orman ürünlerinden su kaynaklarına ve sera gazı azalmasına kadar değişen ekosistem servislerindeki değişimleri anlamada hayati öneme sahiptir. Bu nedenle, ağaç türlerinin toprak karbon depolaması üzerine olası etkilerini daha iyi anlamak orman yönetim aktivitelerini geliştirebilecek, örneğin ağaçlandırma sahalarında karbon tutulumuna yönelik tür seçimi, sürdürülebilir agroforestry sistemlerinin dizaynı, veya biyojeokimyasal modellerin geliştirilmesi gibi. Ayrıca toprak karbon stoğu üzerinde meşcerenin özellikleri ve meşcere farklılıklarından başka, toprak özellikleri, ölü örtü ayrışma hızı, iklim özellikleri gibi çok sayıda faktör etkili olduğu için, uzun süre gerektiren daha kapsamlı modelleme çalışmalarına ihtiyaç vardır. Aynı şekilde orman topraklarının haritalarının yapılması ve ulusal toprak veri tabanı oluşturulması ile orman topraklarımızın depoladığı karbon miktarının belirlenmesi mümkün olabilecektir. Bu sebeplerle, burada sunulan çalışmaların sonuçlarının bu konuda uygulamacılara yararlı olacağını düşünmekteyim.

Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlara baktığımız zaman kayın meşcereleri altındaki topraklarda depolanan azot miktarı en fazla iken depolanan karbon miktarı en azdır. Sonuç olarak C/N oranı diğer meşcere tiplerine ve açıklık alandaki örneklemelere göre en düşük seviyededir. Bu sonuca göre ayrışma faaliyetinin en iyi kayın ormanlarında olduğu gibi bir sonuç görülmektedir fakat kayın ağacı yapraklarındaki kimyasal yapıların ayrışmayı yavaşlattığıda bilinmektedir.

Biz yapmış olduğumuz çalışmalarda kapalılığı sabit tutmuştuk fakat Küçük (2013) yapmış olduğu çalışmada meşcere kapalılığının ayrışma üzerinde ve C/N oranında önemli bir faktör olduğunu belirlemiştir. Bu yüzden kapalılık oranındaki bir değişimin bizim çalıştığımız ağaç türleri altındaki topraklarda nasıl bir ilişki göstereceği araştırmacılara yeni bir çalışma konusu oluşturabilir.

Yapmış olduğumuz çalışmada toprak derinlik kademesi olarak 0-10 cm ve 10-20 cm derinlik kademeleri seçilmiş olup değerlerimiz alınan bu örnekler doğrultusunda belirlenmiştir. Küçük (2013) yapmış olduğu çalışma sonucunda toprak derinliğinin artmasıyla azot içeriğinde ve C/N oranında azalmalar olduğunu belirlemiştir. Bu bağlamda araştırmacılar tarafından yapılacak başka bir çalışmada toprak derinlik kademeleri 0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm ve 15-20 cm olarak belirlendiğinde elde edilecek sonuçlar çalışmamız ile ilişkilendirilebilir ve ortaya çıkan benzerlik ve farklılıklar yeni bir çalışmaya ışık tutabilir. Aynı şekilde araştırmacılar tarafından yapılabilecek başka bir çalışmada toprak örnekleme sayıları ve örnekleme yapılacak ağaç türlerinin miktarı artırılarak elde edilen sonuçlar farklı istatistiksel analizlere imkân sağlayabilir.

Yapmış olduğumuz çalışmada yaş faktörünü göknar meşcereleri üzerinde araştırma fırsatı bulduk çünkü örnekleme yaptığımız alanlarda sabit tuttuğumuz parametrelere göre diğer türlerin genç meşcereleri bulunmamaktaydı. Araştırmacılar tarafından yapılabilecek başka çalışmalarda diğer türlerde yaş faktörünü etken tutarak güzel sonuçlar elde edilebilir ve bizim sonuçlarımızla ilişkilendirilebilir.

Burada sunulan çalışma ve elde edilen sonuçlara göre uygulayıcılara verebileceğimiz naçizane birkaç önerimiz bulunmaktadır. Öncelikle sadece bizim yapmış olduğumuz çalışmanın sonuçlarına bakılarak, yapılacak ormancılık faaliyetlerinin orman verimliliğine göre mi yoksa karbon depolamaya göre mi yapılacağına karar vermek tam anlamıyla doğru bir karar olmayacaktır. Fakat ormanda yapılan kesimlerin, karbon stoğunu azalttığı açıktır.

Bu sebeple bakım amacıyla yapılan kesimlerde şiddetli müdahalelerden kaçınılması, bakımların dönüş sürelerinin uzatılması, gençleştirme amacıyla yapılan kesimlerde ise kapalılığın mümkün olduğunca az kırılması, ışık kesimlerinde kalın çaplı ağaçların az miktarda, gençliğin ışık ihtiyacı oldukça çıkarılarak, sahalarda daha uzun süre tutulması, idare sürelerinin uzatılması, zorunluluk olmadıkça toprak işlemeden uzak durulması, tıraşlama kesimlerden kaçınılması, gençleştirme çalışmalarında saf meşcereler yerine karışık meşcereler oluşturulması ormanlarda karbon birikiminin artırılması açısından uygun yaklaşımlardır.



KAYNAKLAR

- Akbin, N. (1994). İzmit yöresindeki bazı karaçam ormanlarında toprakların kimyasal özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. İstanbul.
- Akselsson, C., Berg, B., Meentemeyer, V., & Westling, O. (2005). Carbon sequestration rates in organic layers of boreal and temperate forest soils Sweden as a case study. *Global Ecology and Biogeography*, 14, 77–84.
- Allen, S.E. (1989). Chemical Analysis of Ecological Materials. *Blackwell Scientific Publications*. Oxford.
- Altun, L. (1995). Maçka (Trabzon) Orman İşletmesi Ormanüstü serisinde orman yetiştirme ortamı birimlerinin ayrılması ve haritalanması üzerine araştırmalar. Doktora Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Trabzon.
- Atlas, R.M., & Bartha, R. (1993). *Microbial Ecology Fundamentals and Applications*, Third Edition. California: The Benjamin/Cummings Publishing Company Incorporated.
- Augusto, L., Ranger, L., Binkley, D., & Rothe, A. (2002). Impact of several common tree species of European temperate forests on soil fertility. *Annals of Forest Science*, 59, 233–253.
- Aydın, V. (1996). Elmalı Baraj Havzasında Kızılcı (Pinus brutia Ten) ormanının toprak özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. İstanbul.
- Babuş, D. (2005). Küresel Isınma Sorununun Uluslararası Çevre Politikası İçerisinde İrdelenmesi ve Türkiye'nin Yeri. Yüksek Lisans Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana.
- Başaran, M. (2003). Türkiye'nin Organik Karbon Stoğu. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 31-36.
- Başaran, M. A., Başaran, S., Kaçar, S., Baş, N., Tolunay, D., Makineci, E., vd. (2007). *Sedir Araştırma Ormanında aktüel durumun coğrafi bilgi sistemi tabanlı sayısal haritalarla ortaya konulması*. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından desteklenen (ARA 6) 19.6302/2001–2007 no.lu proje.
- Bayar, A.B., & Bahrend, H. (1994). *Küresel Çevre Problemleri*. Ankara: Özkan Matbaası.

- Beets, P.N., Oliver, G.R., & Clinton, P.W. (2002): Soil carbon protection in podocarp/ hardwood forest, and effects of conversion to pasture and exotic pine forest. *Environmental Pollution*, 116, 63–73.
- Berg, B., & Laskowski, R. (2005). *Litter Decomposition: a Guide to Carbon and Nutrient Turnover*, Academic Press, USA, 0-12-013938-5.
- Binkley, D., & Valentine, D. (1991). Fifty-year biogeochemical effects of green white pine, and Norway spruce in a replicated experiment. *Forest Ecology and Management*, 40, 13–25.
- Binkley, D. (1995). The influence of tree species on forest soils: processes and patterns. Proceedings of the Trees and Soil Workshop. *Agronomy Society of New Zealand, Lincoln University*, 1–33.
- Blackburn, T.H., & Henriksen, K. (1983). Nitrogen cyclng in different types of sediment from Danish waters. *Institute for Ecology and Genetics, University of Aarhus*, 477-493.
- Botkin, D., & Keller, E. (1995). *Environmental Science Earth As a Living Planet*, John Wiley&Sons, Incorporated.
- Brown, S. (1997). Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests. *A Primer. FAO Forestry*, 134, Rome.
- Çelik, N. (2006). Sündiken dağları kütlesinin yetiştirme ortamı özellikleri ve sınıflandırılması. Doktora Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. İstanbul.
- Çepel, N., Dündar, M., & Günel, A. (1977). Türkiye'nin önemli yetiştirme bölgelerinde saf sarıçam ormanlarının gelişimi ile bazı edafik ve fizyografik etmenler arasındaki ilişkiler. *TÜBİTAK, Tarım ve Ormancılık Araştırma Grubu, Proje No: TOAG 154, Tübitak Yayınları No: 354, TOAG Seri No: 65*, Ankara.
- ÇOB (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.
- Çömez, A. (2010). Sündiken dağlarında sarıçam meşcerelerinde karbon birikiminin belirlenmesi. Doktora Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. İstanbul.
- Dijkstra, F.A., & Fitzhugh, R.D. (2003). Aluminum solubility and mobility in relation to organic carbon in surface soils affected by six tree species of the northeastern United States. *Geoderma*, 114(1–2), 33–47.

- Dixon, R.K., Brown, S., Houghton, R.A., Solomon, A.M., Trexler, M.C., & Wisniewski, J. (1994). Carbon pools and fluxes of global forest ecosystems. *Science*, 22, 185–190.
- DOE (United States Department of Energy). (2000). Carbon Sequestration Research and Development. *DOE/SC/FE-1*, Washington, D.C.
- Duran, A. (1991). Reşadiye (Datça) Yarımadası'nda ofiolit anakayasından oluşmuş toprakların özelliklerinin yeryüzü şekli ve bitki örtüsüne göre değişimi üzerine incelemeler. Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Eruz, E. (1980). Belgrad ormanı'ndaki meşe ve kayın ekosistemlerinin bazı önemli kimyasal ve fiziksel toprak özelliklerine ilişkin araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Yayın No 2641. Orman Fakültesi Yayın No:280 Matbaa Teknisyenleri Basımevi*, İstanbul.
- Eruz, E. (1984). Balıkesir Orman Başmüdürlüğü bölgesindeki saf karaçam meşcerelerinin boy gelişimi ile bazı edafik ve fizyografik özellikler arasındaki ilişkiler. *İstanbul Üniversitesi Yayın No:3244. Orman Fakültesi Yayın No:368 Matbaa Teknisyenleri Basımevi*, İstanbul.
- Eviner, V.T., & Chapin, III F.S. (2003). Functional matrix: a conceptual framework for predicting multiple plant effects on ecosystem processes. *Annual Review of Ecology Evolution*, 34, 455–85.
- Galloway, J.N., Dentener, F.J., Capone, D.G., Boyer, E.W., Howarth, R.W., Seitzinger, S.P., et al. (2004). Nitrogen cycles: past, present, and future. *Biogeochemistry*, 70, 153–226.
- Gökçeoğlu, M. (1988). Nitrogen Mineralization in Volcanic Soil Under Grassland, Scrub and Forest Vegetation in Aegean Region of Turkey, *Oecologia*, 77, 242-249.
- Gülçur, F. (1974). *Toprağın Fiziksel Ve Kimyasal Analiz Metodları*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın No. 1970. Orman Fakültesi Yayın No: 201 Kutulmuş Matbaası, İstanbul.
- Güner, Ş.T. (2006). Türkmen Dağı (Eskişehir, Kütahya) Sarıçam (*Pinus sylvestris* ssp. *hamata*) ormanlarının yükseltiye bağlı büyüme beslenme ilişkilerinin belirlenmesi. Doktora Tezi, *Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*. Eskişehir.
- Hagen-Thorn, A., Callesen, I., Armolaitis, K., & Nihlgard, B. (2004). The impact of six European tree species on the chemistry of mineral topsoil in forest plantations on former agricultural land. *Forest Ecology and Management*, 195, 373–384.

- Houghton, R.A. (1991). Tropical deforestation and atmospheric carbon dioxide. *Climatic Change*, 19, 99-118.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2001). Climate Change 2001: The scientific basis. *Cambridge University Press*, Cambridge, England.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2003). Good practice guidance for land use, land-use change and forestry. *Institute for Global Environmental Strategies (IGES)*, Hayama, Japan.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2007). Climate Change 2007: *Synthesis Report*.
- Jacobs, G. K., & Graham, R.L. (2000). Carbon sequestration and bioenergy feedstock production seminar. *Oak Ridge National Laboratory*, Oak Ridge, TN.
- Jandl, R., Lindner, M., Vesterdal, L., Bauwens, B., Baritz, R., Hagedorn, F., et al. (2007). How strongly can forest management influence soil carbon sequestration?, *Geoderma*, 137, 253-268.
- Janzen, H.H. (2004). Carbon cycling in earth systems-a soil science perspective, Agriculture. *Ecosystems and Environment*, 104, 399-417.
- Jiang, C.M., Yu, G.R., Fang, H.J., Cao, G.M., & Li, Y.N. (2010). Short-term effect of increasing nitrogen deposition on CO₂, CH₄ and N₂O fluxes in an alpine meadow on the Qinghai-Tibetan Plateau, China. *Atmospheric Environment*, 44, 2920-2926.
- Joyce, L.A., & Birdsey, R. (2000). The impact of climate change on America's forests. A technical document supporting the 2000 USDA Forest Service RPA Assessment. *USDA Forest Service No. RMRS-GTR 59*, 134 .
- Kalay, Z. (1989). Trabzon Orman Bölge Müdürlüğü mntıkasında saf doğu ladini (dorukağaç) (*Picea orientalis* (L.) Link) büklerinin gelişimi ile bazı toprak özelliklerinin ve fizyografik etmenler arasındaki ilişkilerin genel olarak araştırılması. Doçentlik Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi*. Trabzon.
- Kambak, A. (1996). Elmalı Baraj Havzasında fıstık çamı (*Pinus pinea* L) ormanlarının toprak özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. İstanbul.
- Kantarcı, M.D. (1974). Trakya'da bir orman köyü çevresinde, ormanın mera ve tarlaya dönüştürülmesi ile orman toprağının bazı özelliklerinde meydana gelen değişiklikler. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi Seri A, Cilt 14, Sayı 1*,191-217.

- Kantarcı, M.D. (1979a). Ilıman iklim koşullarında silikat anataşından oluşan toprakların yıkanma ve birikme horizonlarının analitik olarak incelenmesi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi Seri A, Cilt 29, Sayı 1*, 14-53.
- Kantarcı, M.D. (1979b). Aladağ Kütlesinin (Bolu) kuzey aklanındaki uludağ göknarı ormanlarında yükselti-iklim kuşaklarına göre bazı ölü örtü ve toprak özelliklerinin analitik olarak araştırılması. *İstanbul Üniversitesi Yayın N:2634, Orman Fakültesi Yayın No:274*, İstanbul.
- Kantarcı, M.D. (1983). Kerpe Tur-71/521 ağaçlandırma alanında uygulanan arazi hazırlığı ve toprak işleme yöntemlerinin toprak özellikleri ve sahil çamı fidanlarının gelişimi üzerine etkileri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi Seri A, Cilt 33, Sayı 2*, 104-140.
- Kantarcı, M.D. (2000). *Toprak İlimi*. 2. Baskı, İ.Ü. Yayın No. 4261, Orman Fakültesi Yayın No. 462, (XII + 420), Çantay Basımevi, İstanbul, ISBN: 975-505-588-7.
- Kara, Ö. (2002). Kuzey Trakya dağlık yetişme ortamı bölgesinde kayın, meşe, karaçam ormanlarındaki toprak mikrofunguslarının mevsimsel değişimi. Doktora Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. İstanbul.
- Karaöz, M.Ö. (1988). Belgrad Ormanı'nda bazı iğne yapraklı ve geniş yapraklı ormanekosistemlerinin önemli edafik özellikleri ile bitkisel kütle karakteristikleri bakımından karşılaştırılması. Doktora Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. İstanbul.
- Karakan, B. (1996). Gelibolu Yarımadası'nda fıstık çamı (*Pinus pinea* L.) ağaçlandırma alanlarında toprak özellikleri ve boylanmaya etkisi. Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. İstanbul.
- Karatepe, Y. (2004). Gölcük (Isparta)'te karaçam (*Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* (Lamb) Holmboe) meşcerelerinin topraklarındaki toplam azot ve organik karbon ile ölü örtülerindeki toplam azot ve organik madde miktarlarının araştırılması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, Sayı 2*, 1-16.
- Koçyiğit, R. (2008). Karasal ekosistemlerde karbon yönetimi ve önemi. *Gazi Osmanpaşa Üniversitesi. Ziraat Fakültesi Dergisi, 2008, 25 (1)*, 81-85. Tokat.
- Küçük, M. (2013). Farklı eğim ve bakı gruplarında bulunan meşe meşcerelerinde ve mera alanlarında azot mineralizasyonu ve toprak solunumunun belirlenmesi. Doktora Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Trabzon.
- Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science*, 304,1623-1627.

- Lal, R. (2005). Forest soils and carbon sequestration. *Forest Ecology and Management*, 220, 242-258.
- Lee, J., Hopmans, J.W., Van Kessel, C., King, A.P., Evatt, K.J., Louie, D., et al. (2009). Tillage and seasonal emissions of CO₂, N₂O and NO across a seed bed and at the field scale in a Mediterranean climate. *Agriculture Ecosystems Environment*, 129, 378–390.
- Lovett, G.M., Weathers, K.C., & Arthur, M.A. (2002). Control of nitrogen loss from forested watersheds by soil carbon: nitrogen ratio and tree species composition. *Ecosystems*, 5, 712–718.
- Lovett, G.M., Weathers, K.C., Arthur, M.A., & Schultz, J.C. (2004). Nitrogen cycling in a northern hardwood forest: do species matter?. *Biogeochemistry*, 67(3), 289-308.
- Makineci, E. (1999). İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Araştırma Ormanındaki baltalıkların koruya dönüştürülmesi işlemlerinin ölü örtü ve topraktaki azot değişimine etkileri. Doktora Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. İstanbul.
- Marland, G., Fruit, K., & Sedjo, R. (2001). Accounting for sequestered carbon: the question of permanence. *Environmental Science Policy*, 4, 259-268.
- Menyailo, O.V., Hungate, B.A., & Zech, W. (2002). The effect of single tree species on soil microbial activities related to C and N cycling in the Siberian artificial afforestation experiment. *Plant Soil*, 242, 183–196.
- Morgan, M.G., Pitelka, L.F., & Shevliakova, E. (2001). Elicitation of expert judgments of climate change impacts on forest ecosystems. *Climatic Change*, 49, 279–307.
- Mulder, C.P.H., & Keall, S. (2001). Burrowing seabirds and reptiles: impacts on seeds, seedlings and soils in an island forest in New Zealand. *Oecologia*, 127, 350–360.
- Nordhaus, W. D. (1991). To Slow or Not to Slow: The Economics of the Greenhouse Effect. *The Economics Journal*, 101, 920-937.
- Osher, L.J., Matson, P.A., & Amundson, R. (2003). Effect of land use change on soil carbon in Hawaii. *Biogeochemistry*, 65, 213–232.
- Oostra, S., Majdi, H., & Olsson, M. (2006). Impact of tree species on soil carbon stocks and soil acidity in southern Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 21, 364–371.

- Ölçücüoğlu, L. (1997). Gelibolu Yarımadası'nda Kızılçam (Pinus brutia Ten.) ağaçlandırma alanlarında toprak özellikleri ve boylanmaya etkisi. Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. İstanbul.
- Özhan, S. (1977). Belgrad Ormanı Ortadere Yağış Havzasında ölü örtünün hidrolojik bakımdan önemli özelliklerinin bazı yöresel etkenlere göre değişimi. *İstanbul Üniversitesi Yayın N: 2330, Orman Fakültesi Yayın No: 235 Çelikkilt Matbaası*, İstanbul.
- Özkan, K. (2003). Beyşehir Gölü Havzasının yetiştirme ortamı özellikleri ve sınıflandırılması. Doktora Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. İstanbul.
- Parton, W.J., Schimel, D.S., Cole, C.V., & Ojima, D. (1987). Analysis of factorscontrolling soil organic matter levels in the Great Plains grasslands. *Soil Science Society of America Journal*, 51, 1173–117
- Reich, P.B., Oleksyn, J., Modrzynski, J., Mrozinski, P., Hobbie, S.E., Eissenstat, D.M., et al. (2005). Linking litter calcium, earthworms and soil properties: a common garden test with 14 tree species. *Ecology Letters*, 8, 811–818.
- Sağlıker, A. (2005). Doğu Akdeniz Bölgesinde İki Farklı Anamateryalden Oluşan Toprak Üzerinde Yetişen Olea Europaea L., Pinus Brutia Ten., Pistacia Terebinthus L.'un Bazı Ekolojik Özelliklerinin Mevsimsel Değişimlerinin Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi. Doktora Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana.
- Sarıyıldız, T., & Anderson, J.M. (2003a). Decomposition of sun and shade leaves from three deciduous tree species: as affected by their chemical composition. *Biology and Fertility of Soils*, 37, 137-146.
- Sarıyıldız, T., & Anderson, J.M. (2003b). Interactions between litter quality, decomposition and soil fertility: a laboratory study. *Soil Biology and Biochemistry*, 35, 391-399.
- Sarıyıldız, T. (2003). Litter decomposition of Picea orientalis, Pinus sylvestris and Castanea sativa trees grown in Artvin in relation to their initial litter quality variables. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 27, 237-243.
- Sarıyıldız, T., & Anderson, J.M. (2005). Variation in the chemical composition of green leaves and leaf litters from three deciduous tree species growing on different soil types. *Forest Ecology and Management*, 210 (1-3), 303-319.
- Sarıyıldız, T., & Anderson, J.M., & Küçük, M. (2005a). Effects of tree species and topography on soil chemistry, litter quality and decomposition in Northeast Turkey. *Soil Biology and Biochemistry*, 37 (9), 1695-1706.

- Sarıyıldız, T., Tüfekçioğlu, A., & Küçük, M. (2005b). Comparison of Decomposition Rates of Beech (*Fagus orientalis* Lipsky) and Spruce (*Picea orientalis* (L.) Link) Litter in Pure and Mixed Stands of Both Species in Artvin, Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 29, 429-438.
- Sarıyıldız, T., & Anderson, J.M. (2006). Intra-specific variation in cell wall constituents of needle age classes of *Pinus sylvestris* in relation to soil fertility status in Southwest England. *Silva Fennica*, 40 (1), 15-26.
- Sarıyıldız, T., Akkuzu, E., Küçük, M., Duman, A., & Aksu, Y. (2008). Effects of *Ips typographus* (L.) damage on litter quality and decomposition rates of Oriental Spruce (*Picea Orientalis* (L.) Link.) in Hatila Valley National Park, Turkey. *European Journal of Forest Research*, 127 (5), 429-440.
- Sarıyıldız, T., & Küçük, M. (2008). Litter Mass Loss Rates in Deciduous and Coniferous Trees in Artvin, Northeast Turkey: Relationships With Litter Quality, Microclimate and Soil Characteristics. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 32 (6), 547-559.
- Sarıyıldız, T. (2008a). Effects of tree canopy on long-term litter decomposition rates of fir, spruce and pine species in northeast Turkey. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 23 (4), 330-338.
- Sarıyıldız, T. (2008b). Effects of Gap Size on Long-Term Litter Decomposition Rates of Beech, Oak and Chestnut Species in a high-elevation of northeast Turkey. *Ecosystems*, 11 (6), 841-853.
- Sarıyıldız, T., & Küçük, M. (2009). Influence of slope position, stand type and rhododendron (*Rhododendron ponticum*) on litter decomposition rates of Oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky.) and spruce (*Picea orientalis* (L.) Link). *European Journal of Forest Research*, 128 (4), 351-360.
- Sarıyıldız, T. (2015). Effects of tree species and topography on fine and small root decomposition rates of three common tree species (*Alnus glutinosa*, *Picea orientalis* and *Pinus sylvestris*) in Turkey. *Forest Ecology and Management*, 335, 71-86 .
- Sarıyıldız, T., Savacı, G., & Kravkaz, İ.S. (2015). Effects of Tree Species, Stand Age and Land-Use Change on Soil Carbon and Nitrogen Stock Rates in Northwest of Turkey. *Forest - Biogeosciences and Forestry*, early view, 6; doi: 10.3832/ifor1567-008.
- Schachtschabel, P., Blume, H.P., Brümmer, G., Hartge, K.H., & Schwertmann, U. (2007). Scheffer/Schachtschabel *Toprak Bilimi*, yeniden ele alınarak hazırlanmış 12. baskı, Çeviri: H. Özbek, Z. Kaya, M. Gök, H. Kaptan, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No:73, Ders Kitapları yayını No: A-16, Adana.

- Schulze, E.D., Lloyd, J., Kelliher, F.M., Wirth, C., Rebmann, C., Lühker, B., et al. (1999). Productivity of forests in the Eurosiberian boreal region and their potential to act as a carbon sink –a synthesis. *Global Change Biology*, 5,703-722.
- Schimel, J.P. & Mikan, C. (2005). Changing microbial substrate use in arctic tundra soils through a freeze-thaw cycle. *Soil Biology & Biochemistry*, 37, 1411-1418.
- Sevgi, O. (1993). Demirköy granit arazisinde orman altında ve ormandan açılmış alanlarda toprak özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. İstanbul.
- Sevgi, O. (2003). Bayramiç İşletmesinde (Kaz Dağları) Karaçam'ın (*Pinus nigra* Arnold.) yükseltiyeye göre beslenme büyüme ilişkileri. Doktora Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. İstanbul.
- Ste-Marie, C., & Houle, D. (2006). Forest Floor Gross and Net Nitrogen Mineralization in Three Forest Types in Quebec, Canada, *Soil Biology and Biochemistry*, 38, 2135-2143.
- Thuille, A., & Schulze, E.D. (2006). Carbon dynamics in successional and afforested spruce stands in Thuringia and the Alps. *Global Change Biology*, 12, 325–342.
- Tolunay, D. (1992). Aladağ (Bolu) Kartalkaya bölgesinde büyük saha siperinde yetiştirilmiş sarıçam meşcerelerinin toprak özellikleri üzerine araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. İstanbul.
- Tolunay, D. (1997). Aladağ'da (Bolu) sıklık çağındaki Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) meşcerelerinde bakımların madde dolaşımına etkileri. Doktora Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. İstanbul.
- Tolunay, D. (2004). *Aladağ'da (Bolu) genç sarıçam meşcerelerinde bakım kesimlerinin ölü örtü ve toprak özelliklerine etkisinin belirlenmesi üzerine araştırmalar (10. yıl sonuçları)*. İstanbul Üniversitesi Araştırma Fonu Tarafından Desteklenen Proje, No. 1606/30042001.
- Tolunay, D. (2007). Toprak fonksiyonları ve bu fonksiyonlar üzerindeki tehditler. *Ölçü Mühendislikte, Mimarlıkta ve Planlamada*, 80-88.
- Tolunay, D., & Çömez, A., (2007), Orman topraklarında karbon depolanması ve Türkiye'deki durum. *Küresel İklim Değişimi ve Su Sorunlarının Çözümünde Ormanlar Sempozyumu*, 97/107, İstanbul.
- Tolunay, D., & Çömez, A. (2008). Türkiye Ormanlarında Toprak ve Ölü Örtüde Depolanmış Organik Karbon Miktarları. *Hava Kirliliği ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu*, 750-765, Hatay.

- Tompson, L.M. (1952). *Soil and Soil Fertility*. New York: McGraw Hill Book Company Incorporated.
- Tripathi, N., & Singh, R.S. (2009). Influence of Different Land Uses on Soil Nitrogen Transformations After Conversion From an Indian Dry Tropical Forest. *Catena*, 77, 216-223.
- Türkeş, M., Sümer, U. M., & Çetiner, G. (2000). .Küresel iklim değişikliği ve olası etkileri. *Çevre Bakanlığı, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları*, Ankara.
- UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change). (2008). National Inventory Submissions 2007.
- URL-1. Küresel Isınma Ve Sebepleri, 22/04/2015 tarihinde <http://www.kuresel-isinma.org/bilgiler/item/192-kuresel-isinma-nedir-sebepleri-nelerdir.html> adresinden alınmıştır.
- URL-2. Madde Döngüleri, 13/12/2015 tarihinde <http://slideplayer.biz.tr/slide/2766253/> adresinden alınmıştır.
- Vesterdal, L., & Raulund-Rasmussen, K. (1998). Forest floor chemistry under seven tree species along a soil fertility gradient. *Canadian Journal of Forest Research*, 28, 1636–1647.
- Vesterdal L, Schmidt IK, Callesen I, Nilsson LO., & Gundersen P. (2008). Carbon and nitrogen in forest floor and mineral soil under six common European tree species. *Forest Ecology and Management*, 255, 35–48.
- Zengin, H. (2007). Küresel İklim Değişiminin Geciktirilmesinde Karasal Ekosistemlerin Ve Özellikle Ormanların Rolü Ve Önemi Ile Türkiye'deki Durum. *Küresel İklim Değişimi ve Su Sorunları Çözümünde Ormanlar Sempozyumu*, 39-46, İstanbul.
- Zou, X. M., Ruan, H.H., Fu, Y., Yang, X.D., & Sha, L.Q. (2005). Estimating soil labile organic carbon and potential turnover rates using a sequential fumigation–incubation incubation procedure. *Soil Biology & Biochemistry*, 37, 1923–1928.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Cihan TAHMAZ
Doğum Yeri ve Yılı : Karabük / 11.10.1988
Medeni Hali : Evli
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : cihantahmaz@ogm.gov.tr



Eğitim Durumu

Lise : Safranbolu Yabancı Dil Ağırlıklı Lise (2002-2006)
Lisans : Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi (2006-2010)

Mesleki Deneyim

İş Yeri : Orman Genel Müdürlüğü / Kastamonu Orman Bölge
Müdürlüğü / Ayancık Orman İşletme Müdürlüğü (2013-Halen)