

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

**FARKLI ARAZİ KULLANIM TÜRLERİ VE AĞAÇ YAŞININ
BAZI TOPRAK ÖZELLİKLERİ, KARBON VE AZOT
DEPOLAMASINA ETKİLERİ**

Gamze SAVACI

**Danışman
Jüri Üyesi
Jüri Üyesi
Jüri Üyesi
Jüri Üyesi**

**Prof. Dr. Temel SARIYILDIZ
Prof. Dr. Aydın TÜFEKÇİOĞLU
Prof. Dr. Sezgin AYAN
Prof. Dr. Ömer KARA
Doç. Dr. Ceyhun GÖL**

**DOKTORA TEZİ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

KASTAMONU – 2017

TEZ ONAYI

Gamze SAVACI tarafından hazırlanan "**Farklı Arazi Kullanım Türleri ve Ağaç Yaşının Bazı Toprak Özellikleri, Karbon ve Depolamasına Etkileri**" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde savunulmuş ve ~~oy birliği~~ / oy çokluğu ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Orman Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman

Prof. Dr. Temel SARIYILDI Z
Kastamonu Üniversitesi



Jüri Üyesi

Prof. Dr. Aydın TÜFEKÇİOĞLU
Artvin Çoruh Üniversitesi



Jüri Üyesi

Prof. Dr. Sezgin AYAN
Kastamonu Üniversitesi

.....


Jüri Üyesi

Prof. Dr. Ömer KARA
Karadeniz Teknik Üniversitesi



Jüri Üyesi

Doç. Dr. Ceyhan GÖL
Çankırı Karatekin Üniversitesi



20/04/2017

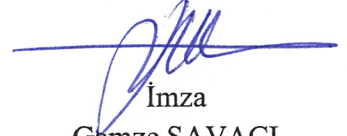
Enstitü Müdürü

Prof. Dr. Temel SARIYILDI Z



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
Gamze SAVACI

ÖZET

Doktora Tezi

FARKLI ARAZİ KULLANIM TÜRLERİ VE AĞAÇ YAŞININ BAZI TOPRAK ÖZELLİKLERİ, KARBON VE AZOT DEPOLAMASINA ETKİLERİ

Gamze SAVACI
Kastamonu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Temel SARIYLDIZ

Karbondioksit (CO₂) en etkili sera gazıdır. Atmosferdeki yüksek CO₂ miktarı, çoğunlukla fosil yakıtların kullanılmasına (yaklaşık %80-85) ve ormanların tahrip edilmesine bağlanmaktadır. Atmosferik karbonun yıllık olarak yaklaşık 2600 milyon ton arttığı tahmin edilmektedir. Aynı zamanda, azot depolama da, fosil yakıtlarının tüketilmesi ve azotlu gübrelerin üretilmesi ve kullanılması gibi insan faaliyetlerinin etkisiyle son 150 yıl içerisinde 10 kattan daha fazla artmıştır. Kullanılabilir azotun artışı, karasal ekosistemde C ve N döngüsünü etkileyebilmektedir. Orman ağaçları, fotosentezle karbonu bağlayan ve fazla karbonu ise biyokütlesinde depolayan CO₂ yutağı olarak rol oynarlar. Ormanların uzun dönemde net CO₂ kaynağı/depolama dinamikleri, genellikle zamanla ağaçların büyümesine, ölmesine ve çürümesine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bununla beraber, orman üzerindeki insan etkileri (örneğin; yönetim, arazi kullanım değişikliği) ormanların CO₂ kaynağı/depolama dinamiklerini bazı faktörlerle (örneğin fosil yakıt salınımları ve biyokütlenin hasadı/kullanımıyla) daha da fazla etkileyebilirler. Bu sebeplerden dolayı, orman ekosistemlerinin, özellikle orman topraklarının karbon ve azot havuzlarının sera gazlarının azaltılmasındaki rolleri ile orman topraklarının organik karbon ve toplam azot depolama kapasiteleri üzerinde etkili faktörler konusunda daha fazla bilgi edinmeye gereksinim bulunmaktadır.

Burada sunulan çalışmanın amacı, Kastamonu yöresinde doğal olarak yetişen Kazdağı göknar (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani* (Steven) Spach) ve sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) türlerinin toprak özellikleri, toprak organik karbon ve toplam azot miktarı ve depolama kapasiteleri ile ölü örtü miktarı, kimyasal bileşimi ve ayrışma seyri üzerinde, ağaç yaşı ve arazi kullanım türünün etkisini ortaya koymaktır. İnebolu ve Ilgaz olmak üzere iki alanda çalışmalar yürütülmüştür. Aynı iklim koşulları altında, İnebolu çalışma alanında yetişen 4 farklı yaşlarda göknar (38, 60, 90 ve 100 yaşlarında) ve 2 farklı yaşta sarıçam (18 ve 30 yaşlarında) meşcereleri ile tarım alanından toprak örnekleme yapılmıştır. Ilgaz çalışma alanında ise 6 farklı yaşta göknar (57, 66, 183, 250, 283 ve 306 yaşlarında) ile mera alanından toprak örnekleme yapılmıştır. Toprak örnekleri, toprak silindirleri kullanılarak 5 farklı derinlik kademesinden (0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm, 15-20 cm ve 20-30 cm) alınmış ve daha sonra da bu örneklerin toprak pH, tekstür, toprak besin elementleri, hacim ağırlığı, organik C ve N miktarları ile toprak organik karbon (TOK) ve toplam azot (TA) depolama kapasiteleri belirlenmiştir. Bu çalışmalara ek olarak, İnebolu çalışma alanına ibre ayrışma deneyi arazide kurularak, farklı yaşlardaki göknar ve sarıçam ibrelerinin ayrışma süreçleri izlenmiştir. İbre ayrışma keseleri kullanılarak gerçekleştirilen ibre ayrışma deneyinde, farklı yaşlardaki göknar ibreleri (38, 60, 90 ve 100 yaşlarında) ve sarıçam ibreleri (18 ve 30 yaşlarında) toplanmış, ibre ayrışma keselerine konulmuş, daha sonra toplandıkları alana

tekrar ayrışma keseleri içinde yerleştirmiş ve her altı ayda bir örnekleme yapılarak, 2 yıl boyunca takip edilmiştir.

Sonuçlar, toprak özelliklerinin, besin elementlerinin, TOK ve TA içeriğinin ve başlangıçtaki ölü örtü miktarının ve biyokimyasal bileşiminin, ağaç yaşı, arazi kullanım durumu ile toprak derinlik kademeleri arasında değiştiğini göstermiştir. Ağaç yaşı ile TOK ve TA depolama kapasiteleri ve ölü örtü ayrışma hızında önemli farklılıklar belirlenmiştir. İnebolu çalışma alanı topraklarında 0-30 cm derinlik göz önüne alındığında, 30 yaşındaki sarıçam ağaçlarında karbon depolanması en düşük belirlenirken ($86,60 \text{ t C ha}^{-1}$), bunu sırasıyla tarım alanı ($93,70 \text{ t C ha}^{-1}$), 90 yaşındaki göknar ağacı ($94,10 \text{ t C ha}^{-1}$), 18 yaşındaki sarıçam ağacı ($115,0 \text{ t C ha}^{-1}$), 60 yaşındaki göknar ağacı ($120,0 \text{ t C ha}^{-1}$), 38 yaşındaki göknar ağacı ($146,10 \text{ t C ha}^{-1}$) ve 100 yaşındaki göknar ağacı ($160,4 \text{ t C ha}^{-1}$) takip etmiştir.-Toplam azot depolama kapasitesi en yüksek 100 yaşındaki göknar ile 18 yaşındaki sarıçam ağaçlarında bulunurken ($8,97 \text{ t N ha}^{-1}$ ve $7,86 \text{ t N ha}^{-1}$), en düşük 30 yaşındaki sarıçam ve 60 yaşlarındaki göknar ağaçlarında ($5,74 \text{ t N ha}^{-1}$ ve $7,04 \text{ t N ha}^{-1}$) belirlenmiştir. Ilgaz çalışma alanında ise; 66 yaşındaki göknar ağaçlarında en düşük karbon depolamasına ($96,46 \text{ t C ha}^{-1}$) sahip olurken, bunu sırasıyla mera ($113,70 \text{ t C ha}^{-1}$), 183 yaşındaki ($145,30 \text{ t C ha}^{-1}$) 250 yaşındaki ($145,40 \text{ t C ha}^{-1}$), 283 yaşındaki ($146,30 \text{ t C ha}^{-1}$), 306 yaşındaki ($160,50 \text{ t C ha}^{-1}$) ve 57 yaşındaki ($166,70 \text{ t C ha}^{-1}$) göknar ağaçları izlemiştir. Toplam azot depolama kapasitesi ise en yüksek mera topraklarında ve 283 yaşındaki göknar ağaçlarında bulunurken ($9,50 \text{ t N ha}^{-1}$ ve $9,07 \text{ t N ha}^{-1}$), en düşük 66 ve 250 yaşlarındaki göknar ağaçlarda ($6,04 \text{ t N ha}^{-1}$ ve $7,29 \text{ t N ha}^{-1}$) belirlenmiştir.

İbre ayrışma deneyi sonuçları incelendiğinde, 60 yaşındaki göknar ibrelerinin kütle kaybı en yüksek belirlenirken (%80,2), bunu sırasıyla 100 yaşındaki (%75,8), 90 yaşındaki (%69,4) ve 38 yaşındaki göknar ibreleri (%67,7) takip etmiştir. 18 yaşındaki sarıçam ibrelerinin ayrışması, 30 yaşındaki sarıçam ibresine nazaran daha hızlı gerçekleşmiştir (%76,7). Farklı yaşlardaki ağaç ibreleri arasındaki ayrışma farklılıkları ile ibrelerin başlangıçta içerdiği C miktarları arasında önemli bir ilişki olduğu tespit edilmiştir (6. ay sonunda $r^2=0.723$, 12. ay sonunda $r^2=0.514$, 18. ay sonunda $r^2=0.946$ ve 24. ay sonunda $r^2=0,895$).

Sonuç olarak, ağaç yaşının ve arazi kullanım değişikliğinin toprak özelliklerini, toprak organik karbon ve toplam azot miktarı ile depolama kapasitelerini, ölü örtü miktarını, kalitesini ve ibre ayrışma dinamiklerini önemli derecede etkileyebileceği bu çalışma ile ortaya konulmuştur. Bu nedenle gelecekteki çalışmalarda ağaç yaşı ile arazi kullanım değişikliklerine bağlı farklılıklar göz önünde tutulmalıdır. Bununla birlikte nihai sonuca ulaşmak için farklı ağaç türlerini kullanarak daha ayrıntılı çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Organik karbon, toplam azot, arazi kullanım türü, ibre ayrışması, ağaç yaşı

2017, 179 sayfa

Bilim Kodu: 1205

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

EFFECTS OF LAND USE TYPE AND TREE AGE ON SOME SOIL PROPERTIES AND ORGANIC CARBON AND TOTAL NITROGEN STOCK CAPACITY

Gamze SAVACI
Kastamonu University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Forest Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Temel SARIYILDIZ

Carbon dioxide is a dominant greenhouse gas. Increased atmospheric CO₂ is attributable mostly to fossil fuel combustion (about 80–85%) and deforestation worldwide. Atmospheric carbon is estimated to be increasing by approximately 2600 million metric tons annually. Nitrogen (N) deposition has also increased more than tenfold since the last 150 years due to the intensification of human activities such as production and application of nitrogenous fertilizer, and fossil fuel combustion. The increasing N availability can impact C and N cycling in terrestrial ecosystems. Forest trees act as a sink for CO₂ by fixing carbon during photosynthesis and storing excess carbon as biomass. The net long-term CO₂ source/sink dynamics of forests change through time as trees grow, die, and decay. In addition, human influences on forests (e.g. management, land use change) can further affect CO₂ source/sink dynamics of forests through such factors as fossil fuel emissions and harvesting/utilization of biomass. For those reasons, it is necessary to gain more knowledge on the role of forest ecosystems especially forest soil carbon and total nitrogen pools for mitigation of greenhouse gases and the factors influencing soil organic carbon and total nitrogen stock capacities.

Main aim of this present study was to investigate the effects of tree age and land-use change on soil properties, soil organic carbon and total nitrogen contents and stock capacities, forest floor litter amount, chemical constituents and litter decomposition dynamics using the most common tree species, fir and Scots pine in Kastamonu Region. The study was carried out at two areas (Inebolu and Ilgaz). Under similar microclimate conditions, in Inebolu area, soil samples and forest floor material were collected from 4 different ages of fir (38, 60, 90 and 100 year-old), 2 different ages of Scots pine (18 and 30 year-old) and one agriculture site, while in Ilgaz area, soil samples were collected from 6 different ages of fir (57, 66, 183, 250, 283 and 306 year-old) and one pasture site. The soil samples were taken from 5 different soil depths (0-5, 5-10, 10-15, 15-20 and 20-30 cm) using soil cores and analyzed for soil pH, texture, soil nutrients, soil bulk density, organic carbon and nitrogen contents and soil organic carbon (SOC) and total nitrogen (TN) stock capacities. In addition, in Inebolu site, the effects of different tree ages on litter decomposition rates of fir and Scots pine were studied using a litter bag method. Fir litters (38, 60, 90 and 100 year olds) and Scots pine litters (18 and 30 year olds) were separately collected and put in the litter bags. The litter bags were then placed on the corresponding sites and sampled every 6 month for 2 years.

The results showed that the soil properties, soil nutrients, SOC and TN contents, initial litter biochemical composition varied between the tree ages and soil depths, but there were significant differences in SOC-and TN-stock capacities and litter decomposition rates among tree ages. When 0-30 cm depth was considered, in Inebolu site, the lowest SOC stock capacity (86,60 t C ha⁻¹) was seen under the 30 yr-old Scots pine trees, followed by the agriculture site (93,70 t C ha⁻¹), 90 yr-old fir trees (94,10 t C ha⁻¹), 18 yr-old Scots pine trees (115,0 t C ha⁻¹), 60 yr-old fir trees (120,0 t C ha⁻¹), 38 yr-old fir trees (146,10 t C ha⁻¹) and the 100 yr-old fir trees (160,4 t C ha⁻¹). Nitrogen stock capacity was the highest for 100 yr-old fir trees and 18 yr-old Scots pine trees (8,97 t N ha⁻¹ and 7,86 t N ha⁻¹ respectively), while it was lowest for 30 yr-old Scots pine and 60 yr-old fir trees (5,74 t N ha⁻¹ and 7,04 t N ha⁻¹ respectively). In Ilgaz site, the 66 yr-old fir trees had the lowest soil carbon stock capacity (96,46 t C ha⁻¹), followed by pasture land (113,70 t C ha⁻¹), 183 yr-old (145,30 t C ha⁻¹), 250 yr-old (145,40 t C ha⁻¹), 283 yr-old (146,30 t C ha⁻¹), 306 yr-old (160,50 t C ha⁻¹) and 57 yr-old (166,70 t C ha⁻¹). Nitrogen stock capacity was highest for pasture soils and 283 yr-old fir trees (9,50 t N ha⁻¹ and 9,07 t N ha⁻¹ respectively), while it was lowest for 66 and 250 yr-old fir trees (6,04 t N ha⁻¹ and 7,29 t N ha⁻¹ respectively).

As for the litter decomposition experiments, after 24 months, 60 year-old fir litters showed the highest mass losses (80,2%), followed by 100 year-old fir litters (75,8%), 90 year-old fir litters (69,4%) and 38 year-old fir litters (67,7%). 18 year-old Scots pine litter decomposed faster than the 30 year old litters (76,7%). Initial carbon concentration explained most of the variation in decomposition rates between the litter ages ($r^2= 0.723$ after 6 months, $r^2= 0.514$ after 12 months, $r^2= 0.946$ after 18 months and $r^2= 0.895$ after 24 months).

In conclusion, the results from this present study illustrate the important point that tree ages and land use changes can strongly influences soil properties, soil organic carbon and total nitrogen contents and stock capacities, quality and litter decomposition dynamics. Therefore, differences in tree age and land use changes should be considered in future studies. However, more detailed studies are needed using different tree species to reach a final conclusion.

Keywords: Organic carbon, total nitrogen, land use type, needle decomposition, tree age

2017, 179 pages

Science Code: 1205

TEŞEKKÜR

"Farklı Arazi Kullanım Türleri ve Ağaç Yaşının Bazı Toprak Özellikleri, Karbon ve Azot Depolamasına Etkileri" adlı bu çalışma Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Anabilim dalında doktora tezi olarak hazırlanmıştır.

Öncelikle çalışmanın her aşamasında sağladığı maddi ve manevi katkılarından dolayı danışman hocam Sayın Prof. Dr. Temel SARIYILDIZ'a teşekkür ederim. Ayrıca tez aşamasında yardımcı olan Sayın Yrd. Doç. Dr. Korhan ENEZ'e, doktora tez jürisinde yer alan ve değerli katkılar sağlayan Sayın Prof. Dr. Aydın TÜFEKÇİOĞLU, Sayın Prof. Dr. Sezgin AYAN, Sayın Prof. Dr. Ömer KARA ve Sayın Doç. Dr. Ceyhun GÖL hocalarıma ayrıca teşekkür ederim.

Arazi çalışmalarının gerçekleştirilmesinde, anakaya tespitinde ve arazinin jeolojik bilgileriyle bana yardımcı olan babam Sayın Tuğgun SAVACI'ya ve arazi işlemleri için gerekli eleman ve araç sağlayan İnebolu İşletme Müdürü Sayın M. Kemal GENÇSOY'a ve Bostan İşletme Şefi Sayın Seçkin BUYRUKÇU Bey'e ve bana arazi hususunda yardımcı olan öğrencilerime de teşekkür ederim.

Laboratuvar çalışmalarının gerçekleştirilmesinde Kastamonu Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvar müdürü Sayın Doç. Dr. Özgür ÖZTÜRK hocama ve toprakların CHN-S elemental analizlerinin yapılmasında yardımcı olan Sayın Biyolog Pınar BALOĞLU ve Uzman Fevziye Işıl KESBİÇ hocalarıma teşekkür ederim. Ayrıca topraklarının XRF analizlerinin yapılmasında yardımcı olan Sayın Uzman Şeydanur KAYA hocama da teşekkürü borç bilirim.

Bu günlere gelmemde her türlü maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen anneme ve kardeşlerime de ayrıca sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma, "**Orman ekosistemlerinde karbon ve azot döngüsü ve depolanmasında arazi kullanımının, meşcere yaşının, ölü örtü ayrışmasının ve toprak özelliklerinin etkisi**" proje başlığı ve KÜ-BAP03/2015-1 proje no ile Kastamonu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı başta BAP Koordinatörlüğü müdürü Sayın Prof. Dr. Mehmet Atıf ÇETİNER hocama ve tüm BAP çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım.

Gamze SAVACI
Kastamonu, Nisan, 2017

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xv
TABLolar DİZİNİ	xvi
GRAFİKLER DİZİNİ	xviii
FOTOĞRAFLAR DİZİNİ	xix
HARİTALAR DİZİNİ	xx
1. GİRİŞ	1
1.1. Karbon (C) ve Azot (N) Döngüsü ve Bu Döngülere Etki Eden Faktörler	13
1.1.1. Karbon Döngüsü	13
1.1.2. Azot Döngüsü	20
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	25
2.1. Toprakta Karbon ve Azot Depolanması.....	25
2.2. Ölü Örtü Miktarı, Kimyasal Yapısı ve Ayrışma Oranı	37
2.2.1. Ölü Örtü Miktarı	37
2.2.2. Ölü Örtü Ayrışmasının Belirlenmesi	41
2.2.3. Ölü Örtünün Kimyasal Yapısı ve Ayrışma Sürecine Etkisi	43
2.2.4. Yetiştirme Ortamı Özelliklerinin Ayrışma Sürecine Etkisi	49
3. MATERYAL VE YÖNTEM	55
3.1. Çalışma Alanlarının Genel Konumu	55
3.2. Çalışma Alanlarının Anakaya ve Genel Toprak Özellikleri	59
3.3. Çalışma Alanlarının İklim Özellikleri	60
3.4. Çalışma Alanlarının Doğal Bitki Örtüsü ve Humus Tipleri.....	68
3.5. Arazide Yapılan Çalışmalar	69
3.5.1. Örnek Alanlarının Seçimi	69
3.5.2. Örnekleme Alanı Ağaç Özelliklerinin Belirlenmesi.....	71
3.5.3. Toprak Örneklerinin Alınması.....	72
3.5.4. Ölü Örtü (L,F,H) Örnekleme	73
3.5.5. Ölü Örtü Ayrışma Deneyi için İbre Örnekleme.....	73
3.6. Laboratuvarda Yapılan Çalışmalar.....	74
3.6.1. Toprak Örneklerinin Analize Hazırlanması.....	74
3.6.2. İbrelerin Kimyasal Analizi ve Ayrışma Deneyinin Kurulması	74
3.6.3. Toprak Örneklerinin Analizi.....	76

3.6.4. İbre Kütle Azalmasının Belirlenmesi	78
3.7. Ofiste Yapılan Çalışmalar	79
3.8. İstatistik Yöntemler	80
4. BULGULAR.....	81
4.1. İnebolu Çalışma Alanına ait Bulgular	81
4.1.1. Ölü Örtü Miktarı	81
4.1.2. Toprak Özellikleri.....	82
4.1.3. Toprak Organik Karbon ve Toplam Azot Miktarı ile Depolama Kapasiteleri	84
4.1.4. İbre Ayrışma Süreci.....	89
4.1.4.1. <i>Farklı yaşlardaki göknar ibrelerinin ayrışması</i>	89
4.1.4.2. <i>Farklı yaşlardaki sarıçam ibrelerinin ayrışması</i>	92
4.1.4.3. <i>Ayrışan ibrelerdeki karbon ve azot miktarının zamana bağlı olarak değişimi</i>	94
4.1.4.4. <i>Ayrışan ibrelerdeki bazı besin elementlerinin zamana bağlı olarak değişimi</i>	96
4.1.4.5. <i>İbrelerin ayrışması üzerinde kimyasal yapısının etkisi</i>	97
4.1.4.6. <i>İbrelerin ayrışması ile toprak karbon depolama arasındaki ilişki</i>	99
4.2.İlgaz Çalışma Alanına ait Bulgular	99
4.2.1. Ölü Örtü Miktarı	99
4.2.2. Toprak Özellikleri.....	100
4.2.3. Toprak Organik Karbon ve Toplam Azot Miktarı ile Depolama Kapasiteleri.....	101
5. TARTIŞMA	107
5.1. Genel Tartışma	107
5.2. Arazi Kullanım Türünün Bazı Toprak Özellikleri, TOK ve TA Miktarı ile Depolama Kapasitesi Üzerindeki Etkisi.....	109
5.3. Ağaç Yaşının Bazı Toprak Özellikleri, TOK ve TA Miktarı ile Depolama Kapasitesi Üzerindeki Etkisi.....	117
5.4. Ağaç Yaşının Ölü Örtü Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	123
5.5. Ağaç Yaşının İbre Kimyasal Yapısı ve Ayrışma Süreci Üzerindeki Etkisi.....	125
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	133
KAYNAKLAR	138
EKLER.....	164
EK 1- Çalışma Alanlarına ait Topraklarının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....	165
EK 2- Farklı Yaşlardaki Göknar İbrelerinin Kütle Kaybı ve Ayrışma Oranları Sabitesi (k) (6. 12. 18. ve 24. aylara ait)	170
EK 3- Farklı Yaşlardaki Sarıçam İbrelerinin Kütle Kaybı ve Ayrışma Oranları Sabitesi (k) (6. 12. 18. ve 24. aylara ait)	174

EK 4- Ayrışma Sürecine Bağlı Olarak Gök nar ve Sarıçam İbrel erin CHN İçeriklerinin Değişimi	178
ÖZGEÇMİŞ	179



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

%	yüzde
°C	santigrat/derece
ADF	Asid Detergent Fibre
AK/AKDO	Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişimi ve Ormancılık
AKT/AÖ	Arazi Kullanım Türü/Arazi Örtüsü
Al	alüminyum
BMİDÇS	Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
C	karbon
C/N	karbon/azot
C ₇ H ₅ O ₃ N ₅	sakkarin asit
Ca	kalsiyum
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
CH ₃ CHOHCOOH	asetik, renksiz organik asit laktik
CH ₄	metan
CHN	Karbon Hidrojen Azot
cm	santimetre
cm ³	santimetreküp
CNH-S	karbon azot hidrojen-kükürt
CO ₂	karbondioksit
COOH ₂	oksalik asit
DMİ	Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
F	Çürüntü tabakası
FAO	Food and Agriculture Organization
g.cm ⁻³	gram/santimetreküp
G38	38 yaşında göknar ağacı
G57	57 yaşında göknar ağacı
G60	60 yaşında göknar ağacı
G66	66 yaşında göknar ağacı
G90	90 yaşında göknar ağacı
G100	100 yaşında göknar ağacı
G183	183 yaşında göknar ağacı
G250	250 yaşında göknar ağacı
G283	283 yaşında göknar ağacı
G306	306 yaşında göknar ağacı
H	Humus tabakası
H ₂ O	su buharı
ha	hektar
HFC _s	hidro-floro-karbonlar
IEA	International Energy Agency
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli)
IUSS	International Union of Soil Sciences
K	potasyum

k	ayırışma sabiti
KDK	Katyon Değişim Kapasitesi
kg	kilogram
KHGM	Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü (mülga)
KMİM	Kastamonu Meteoroloji İl Müdürlüğü
L	Yaprak tabakası
LULUCF	Land Use, Land Use Change and Forestry
m	metre
m ²	metrekare
M	mera alanı
Mg	magnezyum
Mg ha ⁻¹ yr ⁻¹	yılda hektar başına düşen megagram (ton)
mg/g	miligram/gram
ml	mililitre
mm	milimetre
Mn	mangan
MTA	Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
N	azot
N ₂ O	diazot monoksit
Na	sodyum
NH ₄ ⁺	amonyum
NIR	Ulusal Sera Gazları Envanter Raporları
NO ₃ ⁻	nitrat
O ₃	ozon
OGM	Orman Genel Müdürlüğü
P	fosfor
ppm	parts per million (milyonda bir (mikro))
ppb	parts per billion (milyarda bir (nano))
PPD	fenilpropanoid bileşeni
O ₈ P ₂ ⁻⁴	peroxydiphosphate
PE	Potansiyel Evapotransprasyon
PFC _s	perfloro-karbonlar
PgC	Pentagram karbon
pH	Toprak reaksiyonu
RM	Kalan kuru ağırlık yüzdesi
rpm	revolutions per minute/dakikada dönüş sayısı
S	kükürt
S18	18 yaşında sarıçam ağacı
S30	30 yaşında sarıçam ağacı
SF ₆	sülfür hegzaförür
TFA	trifluorasetik asit
TOK/SOC	Toprak Organik Karbon/Soil Organic Carbon
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
t ha ⁻¹	ton/hektar
TA/TN	Toplam Azot/ Total Nitrogen
Tg N yr ⁻¹	trillion grams of nitrogen per year
T1	Birinci noktadaki tarım alanı

T2	İkinci noktadaki tarım alanı
T ₅₀	%50 kütle azalması için gereken tahmini süre
T ₉₅	%95 kütle azalması için gereken tahmini süre
UN	United Nations (Birleşmiş Milletler)
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization-Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Teşkilatı
UNFCCC	The United Nations Framework Convention on Climate Change
WGWRB	Working Group on the World Reference Base For Soil Resources
W ₀	Başlangıçtaki kuru ağırlık
W _t	t zamanda kalan kuru kütleyi
XRF	X-Işını Floresans Spektrometresi



ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. N ₂ O gazının farklı molekölde bulunması ve ekosisteme etkisi	6
Şekil 1.2. Karbon döngüsü	14
Şekil 1.3. Küresel karbon döngüsü	16
Şekil 1.4. Azot döngüsü	20
Şekil 1.5. Küresel azot döngüsü	22



TABLolar DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 3.1. İnebolu çalışma alanındaki türlerin silvikültürel özellikleri.....	57
Tablo 3.2. İlğaz çalışma alanındaki türlerin silvikültürel özellikleri.....	58
Tablo 3.3. İnebolu çalışma alanına enterpole edilmiş bazı iklim verileri (1960-2015 yılları arasına ait 55 yıllık veriler)	62
Tablo 3.4. Thornthwaite yöntemine göre İnebolu çalışma alanın su bilançosu değerleri.....	64
Tablo 3.5. İlğaz çalışma alanına enterpole edilmiş bazı iklim verileri (1960-2015 yılları arasına ait 55 yıllık veriler)	65
Tablo 3.6. Thornthwaite yöntemine göre İlğaz çalışma alanın su bilançosu değerleri.....	67
Tablo 4.1. İnebolu çalışma alanlarının toprak özelliklerinin farklı arazi kullanım türü, ağaç yaşı ve toprak derinlik kademelerine (0-30 cm) göre değişimi.....	82
Tablo 4.2. İnebolu çalışma alanı toprakların (0-30 cm) farklı tür ve yaşa göre besin elementi miktarlarındaki değişimi	83
Tablo 4.3. 0-5 cm toprak derinliğindeki toprak hacim ağırlığı, TOK ve TA miktarları, C:N oranı ile depolama kapasitelerinin ağaç yaşı ve arazi kullanım türüne göre değişimi	84
Tablo 4.4. 5-10 cm toprak derinliğindeki toprak hacim ağırlığı, TOK ve TA miktarları, C:N oranı ile depolama kapasitelerinin ağaç yaşı ve arazi kullanım türüne göre değişimi	85
Tablo 4.5. 10-15 cm toprak derinliğindeki toprak hacim ağırlığı, TOK ve TA miktarları, C:N oranı ile depolama kapasitelerinin ağaç yaşı ve arazi kullanım türüne göre değişimi	85
Tablo 4.6. 15-20 cm toprak derinliğindeki toprak hacim ağırlığı, TOK ve TA miktarları, C:N oranı ile depolama kapasitelerinin ağaç yaşı ve arazi kullanım türüne göre değişimi	86
Tablo 4.7. 20-30 cm toprak derinliğindeki toprak hacim ağırlığı, TOK ve TA miktarları, C:N oranı ile depolama kapasitelerinin ağaç yaşı ve arazi kullanım türüne göre değişimi	87
Tablo 4.8. Göknar ve sarıçam için TOK ve TA depolama kapasitelerinin ANOVA sonuçları	87
Tablo 4.9. Farklı yaşlardaki göknar ibrelerinin zamana bağlı olarak kalan kütle miktarları	91
Tablo 4.10. Göknar ibrelerinin kütle azalması üzerinde yaş-zaman ve her ikisinin etkisi	91
Tablo 4.11. Farklı yaş altında ayrıışan göknar ibrelerinin her 6 aya ait ayrıışma sabiti (k) verileri ile ibrelerin %50 ve %95'ini kaybetmesi için gerekli olan tahmini süre	92
Tablo 4.12. Farklı yaşlardaki sarıçam ibrelerinin zamana bağlı olarak kalan kütle miktarları	93
Tablo 4.13. Sarıçam ibrelerinin kütle azalması üzerinde yaş-zaman ve her ikisinin etkisi	93

Tablo 4.14. Farklı yaş altında ayrışan sarıçam ibrelerinin her 6 aya ait ayrışma sabiti (k) verileri ile ibrelerin %50 ve %95'ini kaybetmesi için gerekli olan tahmini süre	94
Tablo 4.15. Ayrışma sürecine bağlı olarak ibrelerin karbon (C), azot (N) ve C:N oranındaki değişimi.....	95
Tablo 4.16. Ayrışma sürecine bağlı olarak ibrelerin bazı besin elementlerindeki değişimi	97
Tablo 4.17. Başlangıçtaki C, N ve C:N oranları ile 6, 12, 18 ve 24. aylarda belirlenen ayrışma yüzdeleri arasındaki ilişki.	98
Tablo 4.18. İlgez çalışma alanlarının toprak özelliklerinin farklı arazi kullanım türü, ağaç yaşı ve toprak derinlik kademelerine göre değişimi	100
Tablo 4.19. 0-5 cm toprak derinliğindeki toprak hacim ağırlığı, TOK ve TA miktarları, C:N oranı ile depolama kapasitelerinin ağaç yaşı ve arazi kullanım türüne göre değişimi	101
Tablo 4.20. 5-10 cm toprak derinliğindeki toprak hacim ağırlığı, TOK ve TA miktarları, C:N oranı ile depolama kapasitelerinin ağaç yaşı ve arazi kullanım türüne göre değişimi	102
Tablo 4.21. 10-15 cm toprak derinliğindeki toprak hacim ağırlığı, TOK ve TA miktarları, C:N oranı ile depolama kapasitelerinin ağaç yaşı ve arazi kullanım türüne göre değişimi	102
Tablo 4.22. 15-20 cm toprak derinliğindeki toprak hacim ağırlığı, TOK ve TA miktarları, C:N oranı ile depolama kapasitelerinin ağaç yaşı ve arazi kullanım türüne göre değişimi.	103
Tablo 4.23. 20-30 cm toprak derinliğindeki toprak hacim ağırlığı, TOK ve TA miktarları, C:N oranı ile depolama kapasitelerinin ağaç yaşı ve arazi kullanım türüne göre değişimi.	104
Tablo 4.24. Göknar için TOK ve TA depolama kapasitelerinin ANOVA sonuçları..	104
Tablo 5.1. Arazi kullanım türüne göre TOK ve TA konusunda yapılan çalışmalardan derlenen bazı çalışmalar	110
Tablo 5.2. Farklı türler altındaki toprak yüzeyi ölü örtü miktarları konusunda yapılan çalışmalardan derlenen bazı çalışmalar	124
Tablo 5.3. Aynı türün yaşına bağlı olarak ölü örtü kimyasal yapısındaki C ve N miktarındaki farklılıklar.....	127
Tablo 5.4. Ağaç yaşına göre ibrelerin ayrışma sürecindeki farklılıkları konu edinen bazı çalışma sonuçlarının karşılaştırılması	128

GRAFİKLER DİZİNİ

	Sayfa
Grafik 1.1. 2013 yılına ait ilk 20 ülkedeki CO ₂ salınımı	3
Grafik 1.2. Türkiye’de 1971 ile 2013 yılları arasında görülen CO ₂ salınım grafiği	4
Grafik 3.1. İnebolu çalışma alanına ait Thornthwaite su bilançosu grafiği	63
Grafik 3.2. Ilgaz çalışma alanına ait Thornthwaite su bilançosu grafiği	66
Grafik 4.1. Farklı yaşlardaki göknar altındaki ortalama ölü örtü miktarı	81
Grafik 4.2. İki farklı yaştaki sarıçam altındaki ortalama ölü örtü miktarı	82
Grafik 4.3. TOK depolama kapasitesinin farklı ağaç yaşı ve tarım alanına göre değişimi	88
Grafik 4.4. TA-depolama kapasitesinin farklı ağaç yaşı ve tarım alanına göre değişimi	89
Grafik 4.5. Farklı yaşlardaki göknar ibrelerinin ağaç yaşına göre ortalama kütle azalması	90
Grafik 4.6. Farklı yaşlardaki sarıçam ibrelerinin ağaç yaşına göre ortalama kütle azalması	92
Grafik 4.7. Başlangıçtaki C miktarı ile 18. ayda belirlenen ayrışma yüzdeleri arasındaki ilişki grafiği	98
Grafik 4.8. İbre ayrışması (kütle azalması) ile toprak organik karbon depolama kapasitesi arasındaki ilişki	99
Grafik 4.9. Farklı yaşlardaki göknar altında ölü örtü miktarı	100
Grafik 4.10. TOK depolama kapasitesinin farklı ağaç yaşı ve mera alanına göre değişimi	105
Grafik 4.11. TA depolama kapasitesinin farklı ağaç yaşı ve mera alanına göre değişimi	106

FOTOĞRAFLAR DİZİNİ

	Sayfa
Fotoğraf 3.1. İnebolu çalışma alanındaki araziden genel görüntüler	70
Fotoğraf 3.2. Ilgaz çalışma alanındaki araziden genel görüntüler	71
Fotoğraf 3.3. Arazide çelik silindirler yardımıyla farklı toprakderinliklerinden yapılan toprak örneklemeşi	72
Fotoğraf 3.4. 50 cm x 50 cm (0,25 m ²) büyüklüğündeki alandan ölü örtü örnekleri	73
Fotoğraf 3.5. İbre ayrışma keselerinin hazırlanması	75
Fotoğraf 3.6. İbre ayrışma deneyinin aşama aşama gösterimi	76



HARİTALAR DİZİNİ

	Sayfa
Harita 3.1. Çalışma alanlarının Türkiye haritasında konumu	56
Harita 3.2. İnebolu çalışma alanın Google Earth görüntüsü	56
Harita 3.3. Ilgaz çalışma alanın Google Earth görüntüsü	57
Harita 3.4. İnebolu çalışma alanına ait ziraat (Z) ile göknar-sarıçam türlerinin meşcere haritası	58
Harita 3.5. Ilgaz çalışma alanına ait mera ile göknar türlerinin meşcere haritası	59



1. GİRİŞ

Dünyadaki enerji tüketimi; nüfus artışı, kentsel ve sanayi gelişmelerinin sonucuna bağlı olarak hızla artış göstermiştir. Bu nedenlerden dolayı, gereksinimleri karşılamak için kullanılan fosil yakıtlarının aşırı ve bilinçsizce tüketilmesi sonucunda açığa çıkan karbondioksit (CO₂) ve diğer çevreye zararlı gazlar (metan, diazot monoksit, su buharı vd.) çevre kirliliğinin yanı sıra sera etkisi oluşturarak küresel iklim değişikliğine neden olmaktadır (Karayılmazlar, Saraçoğlu, Çabuk ve Kurt, 2011).

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (The United Nations Framework Convention on Climate Change-UNFCCC- BMİDÇS) raporunun 1'inci maddesinde çevreye zararlı bu gazlar “hem doğal, hem de insan kaynaklı olup, atmosferdeki kızıl ötesi radyasyonu emen ve tekrar yayan gaz oluşumları” olarak tanımlanmıştır. Bu tanıma uyan karbondioksit (CO₂), metan (CH₄), diazot monoksit (N₂O), su buharı (H₂O) ve ozon (O₃) atmosferdeki birincil sera gazları olarak kabul edilmektedir. Diğer sera gazları ise hidro-floro-karbonlar (HFC_s), perfloro-karbonlar (PFC_s), sülfür hegzaförür (SF₆)’den oluşmaktadır (United Nations-UN, 1998).

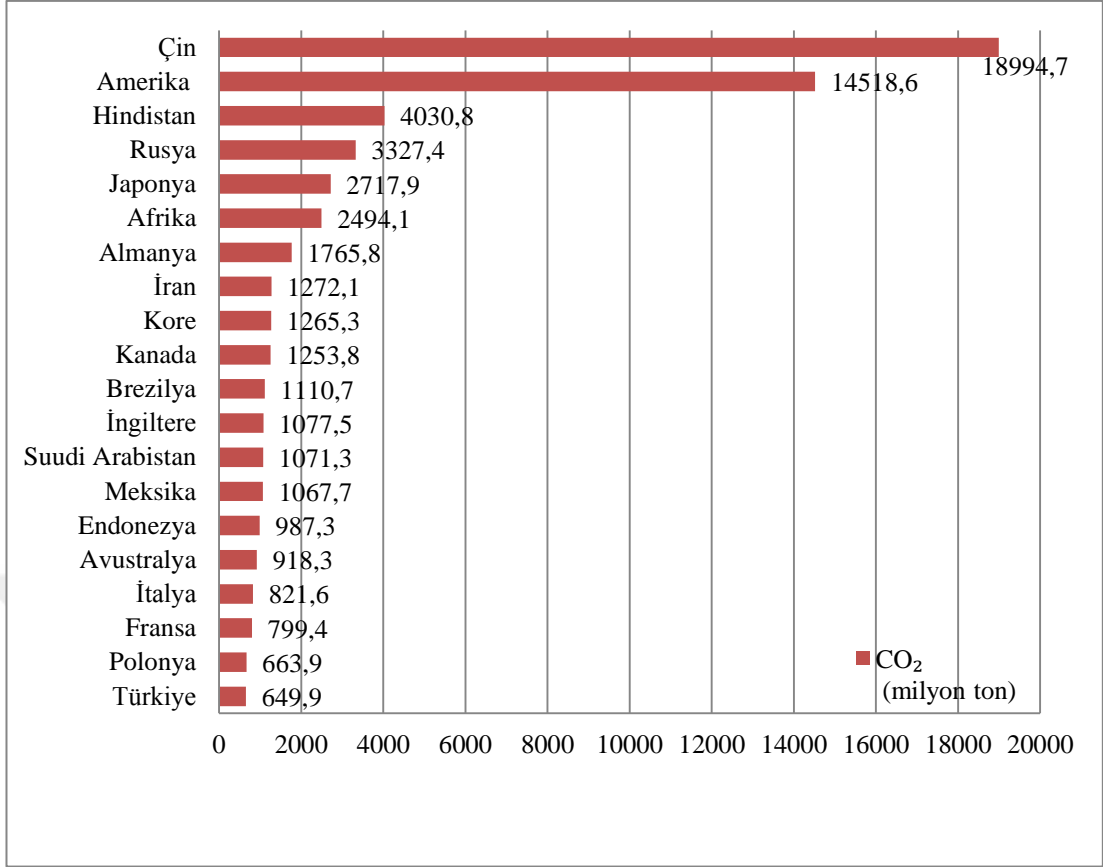
Sera gazları arasında, küresel iklim değişiminde en çok karbondioksitin etkili olduğu birçok çalışmada vurgulanmaktadır (Canadell vd., 2007; Ramanathan ve Carmichael, 2008; Güner ve Turan, 2017). Atmosferdeki CO₂, Güneş’ten gelen kısa dalgalı ışınları geçirmekte, ancak yeryüzünden yansıtılarak geri dönen uzun dalgalı ışınları tutarak yeryüzünün ısınmasına yol açmaktadır. Bununla beraber, karbon ekosistemlerdeki canlıların yapısını oluşturan en önemli elementlerden biridir ve canlılardaki bütün organik bileşiklerin yapısında bulunmaktadır. Atmosferde CO₂, sularda CO₂ ve HCO₃⁻, karalarda ise genellikle kömür, petrol ve kireçtaşının yapısında bulunur. Atmosferdeki CO₂ bitkiler tarafından fotosentezde kullanılarak oksijen ve organik bileşiklere dönüştürülür. Fotosentezle organik besinlerin yapısına geçen karbon, bütün canlılar tarafından enerji ve yapı hammaddesi olarak kullanılır. Solunum ile de CO₂ olarak atmosfere geri verilir. Organik bileşiklerin yapısına katılan karbonun bir kısmı ya mineral olarak toprakta birikir ya da ölü bitki ve

hayvanların organik atıkları halinde toprağa katılır. Toprakta karbon ayrıştırıcılar tarafından (bakteri ve mantarlar) ayrıştırılır veya kömür, petrol gibi fosil yakıtların kullanımı ile tekrar CO₂ olarak atmosfere döner.

Küresel karbon döngüsü konusundaki araştırmalar incelendiğinde (Post vd., 1990; Falkowski vd., 2000; Poulter vd., 2014), karbonun atmosfer, karasal ekosistem ve okyanus olmak üzere 3 başlıca rezervuarda depolandığı görülmektedir. Dünya genelinde 1750-2011 yılları arasında insanoğlunun gereksinimlerini karşılamak için kullanılan fosil yakıtlarının tüketilmesi, inşaat sektörü, arazi kullanım değişikliği gibi durumların sonucunda açığa çıkan CO₂ salınımı 20,35 Gt'dir. CO₂ salınımının %43,24'i atmosferde, %28,83'ü doğal karasal ekosistemlerde ve %27,93'ü okyanus diplerinde birikmektedir (Stocker vd., 2013). Dünya genelinde 2013'teki CO₂ salınımı ise 32,2 Gt CO₂ olup, 2012 yılındaki seviyesine göre %2,2 artmıştır. 2013 yılındaki CO₂ artışı, 2012 yılına kıyasla %0,6 daha yüksek iken; 2000 yılından beri ortalama yıllık artış oranından %2,5 daha düşüktür (International Energy Agency-IEA, 2015).

Atmosferdeki CO₂ miktarı sanayi öncesi dönemle kıyaslandığında, son yüzyılda CO₂ miktarı yaklaşık 280 ppm'dir. 2014 yılında ise 397 ppm olarak ölçülmüştür. 1800'li yıllardaki CO₂ değerlerine kıyasla yaklaşık %40 oranında arttığı ve son 10 yılda ortalama artışın 2 ppm olduğu görülmüştür. CO₂ miktarındaki artışın yanında, atmosferde CH₄ ve N₂O seviyelerinde de önemli oranda artışlar olduğu belirlenmiştir (IEA, 2015).

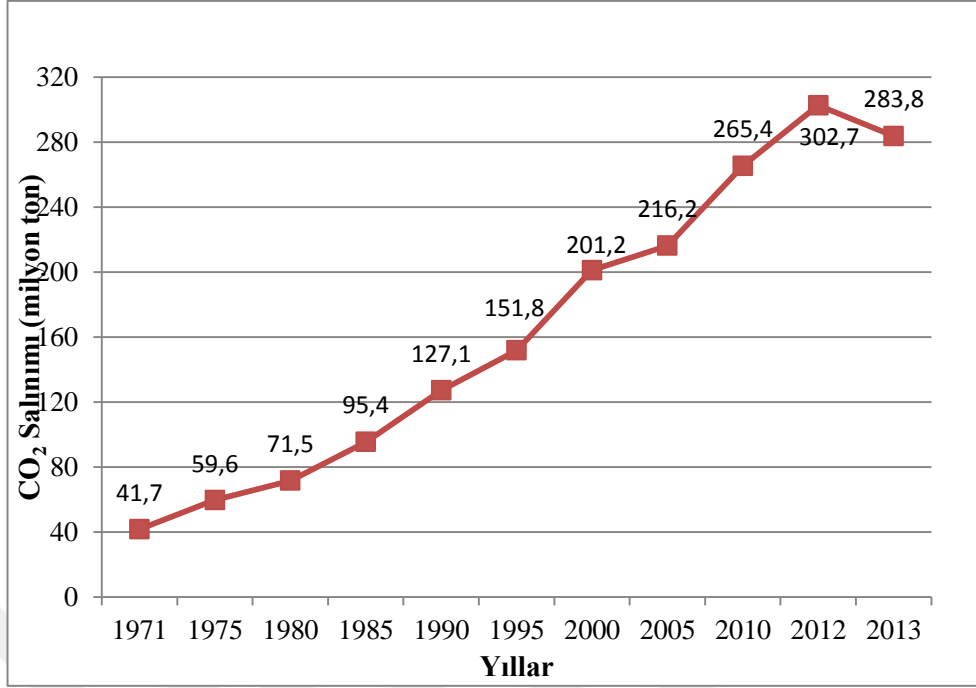
International Energy Agency'ye göre (2015); 2015 yılında dünyada elektrik ve ısı üretimi, fuel, kömür, doğalgaz, petrol rafinerleri, üretim ve tüketim endüstriyeleri, nakliyat, yol, yerleşim ve diğer sektörlerden ortaya çıkan CO₂ salınımlarının toplamı 71 795,2 milyon ton olmuştur. Dünya genelinde en fazla CO₂ salınımlarının olduğu ilk 20 ülke toplam CO₂ salınımlarının yaklaşık %83'ünü oluşturmaktadır (Grafik 1.1.). Buna göre 2013 yılında CO₂ salınımlarında %26'lık pay ile Çin birinci sırada, ABD ise %20,2 ile ikinci sırada, Hindistan %5,6 ile üçüncü sırada yer almaktadır.



Grafik 1.1. 2013 yılına ait ilk 20 ülkedeki CO₂ salınımı (IEA, 2015)

Yirminci sırada yer alan ülkemiz ise 1971 yılından (41,7 milyon ton) 2013 yılına (283,8 milyon ton) kadar sadece fosil yakıtların yakılması (petrol, kömür, doğalgaz, fuel oil, uçak yakıtı) sonucunda CO₂ salınımında yaklaşık %128,3 oranında artışla dünyada %0,8'lik paya sahiptir (Grafik 1.2.) (IEA,2015).

Türkiye'nin Ulusal Sera Gazları Envanter Raporuna (2016) göre, 2014 yılına ait sera gazlarının toplamını %81,7'sini karbondioksit (CO₂), %12,2 metan (CH₄), %5'ni diazot monoksit gazı (N₂O) ve %1,1'ini hidroflorokarbonlar (HFCs) oluşturmaktadır (IEA, 2016).



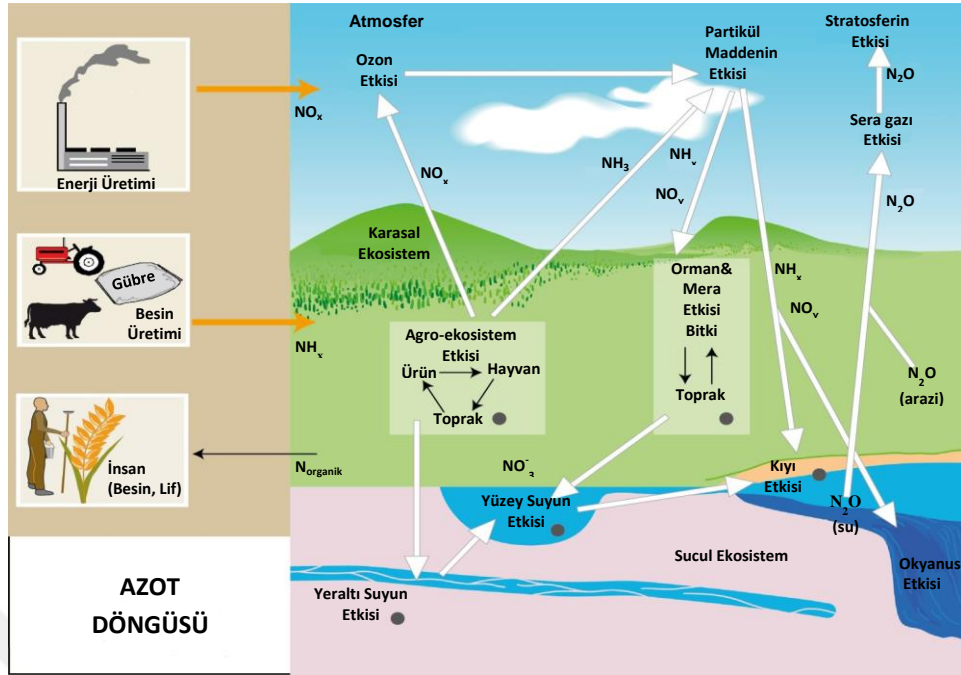
Grafik 1.2. Türkiye’de 1971 ile 2013 yılları arasında görülen CO₂ salınım grafiği (IEA, 2015)

Atmosferde CO₂’den sonra en çok sera etkisi yapan gaz metan (CH₄)’dir. Sanayi devriminin başlangıcından beri miktarı 2011 yılına kadar 722 ppb’den 1803 ppb olmak üzere %150 oranında artmıştır (Dlugokencky ve Tans, 2013). Mevcut metan gazı salınımının neredeyse yarısı fosil yakıtların kullanımından, atık ve artıkların gömülmesinden, hayvan yetiştiriciliği ve pirinç tarımı gibi insan aktivitesi sonucu ortaya çıkmaktadır (Akın, 2006).

Küresel ısınmaya neden olan ve sera gazlarından biri olan atmosferdeki N₂O konsantrasyonu son 30 yılda yaklaşık $0,73 \pm 0,03$ ppb yr⁻¹ artış göstermiştir. 1750 yılından 2011 yılına kadar N₂O gazı 271 ppb’den 324,2 ppb olmak üzere %20 oranında artış göstermiştir (Ciais vd., 2013). Atmosfere N₂O salınımında; topraklarda ve okyanustaki reaktif azotun nitrifikasyonu ve nitrifikasyon reaksiyonları neden olmaktadır. Fosil yakıt tüketimi, azot gübrelere başvurma ve uygulama gibi antropojen faaliyetlerinin yoğunluğundan dolayı son 150 yıl içerisinde azot birikimi 10 kat daha artmıştır (Hobbie, 2008) ve azot depolama miktarının son 10 yıl içerisinde arttığı düşünülmektedir (Galloway vd., 2004). Azot miktarındaki artışın özellikle karasal ekosistemdeki C ve N döngüsünü büyük oranda etkileyebileceği belirtilmektedir (Jiang, Yu, Fang, Cao ve Li, 2010). Antropojenik N₂O salınımları

son 20 yılda hızlı bir biçimde artmaktadır. 2006 yılında tespit edilen rakam 6,9 (2,7 ile 11,1) Tg N (N₂O) yr⁻¹'dir (Ciais vd., 2013). İnsan kaynaklı N₂O salınımda özellikle tarımsal uygulamalarda azot gübreleme yapılması sonucunda yılda 1,7 ile 4,8 Tg N (N₂O) yr⁻¹ değer arasında, fosil yakıtların yakılması ve sanayileşme süreci sırasında yıllık 0,2 ile 1,8 Tg N (N₂O) yr⁻¹ arasında, biyomasın yanması (biyoyakıtlar dahil) sonucunda 0,2 ile 1,0 Tg N (N₂O) yr⁻¹ arasında, araziden atmosfere azot salınımları 0,4 ile 1,3 Tg N (N₂O) yr⁻¹ değerler arasında değiştiği pek çok çalışmada ortaya konulmuştur (Ciais vd., 2013).

N₂O gazının çoğu; karasal ve su ekosistemlerinde nitrifikasyon ve denitrifikasyon gibi biyolojik (mikrobiyal) işlemler sonucu üretilmektedir (Freing, Wallace ve Bange, 2012). Çeşitli moleküler formdaki azot atomunu etkileyen (Şekil 1.1.) atmosferdeki N₂O gazının olumsuz yönde artması sonucunda sera gazı, partikül madde birikimi, ozon etkisi söz konusudur. Ayrıca enerji ve besin üretimi ile reaksiyona girmeyen N₂'den reaktif bir forma dönüştürülmesinden sonra çeşitli rezervuarlarda farklı moleküler formdaki azot atomunun bağlanabileceğini göstermektedir. Bunlar genellikle; NH₃=amonyak; NH_x=amonyak+amonyum; NO₃⁻=nitrat; NO_x= azot oksitler; Noy=Nox ve diğer azot ve oksijen kombinasyonları (N₂O hariç); N₂O=di azot monoksittir. Ayrıca besin üretiminde verimliliği artırmada kullanılan azot içerikli gübrelerin takviyesi, atmosferdeki N₂ gazının %80 oranında arttığını göstermektedir (Syakila ve Kroeze, 2011; Park vd., 2012).



Şekil 1.1. N₂O gazının farklı molekülde bulunması ve ekosisteme etkisi (Ciais vd., 2013'ten değiştirilerek akt. Galloway vd., 2003'e dayanan GEO Yıllığı 2003, BM Çevre Programı (UNEP), 2004 yılı izniyle uyarlanmıştır)

Dünya ülkelerinin çoğunluğunun (194 ülke) imza koyduğu Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS), iklim değişikliği sorununa karşı küresel tepkinin temelini oluşturmak üzere 1992 yılında kabul edilmiştir. Sözleşme 21 Mart 1994 tarihinde yürürlüğe girmiş olup, sözleşmenin nihai amacı; insan kaynaklı atmosferdeki sera gazı birikimlerini, iklim üzerindeki tehlikeyi bir nebze önlemek ya da durdurabilmektir. BMİDÇS bir çerçeve sözleşmesi olduğundan; iklim sisteminin, bütünlüğü başta endüstri ve diğer sektörlerden kaynaklı CO₂ ve öteki sera gazı salınımlarından etkilenebileceği ve bu gazların diğer ülkelerde ortak bir sorun olduğu ortaya konulmuştur (Anonim, 2015).

1997 yılında BMİDÇS kapsamında imzalanan Kyoto Protokolü'ne göre ise; anlaşmaya imza koyan ülkelerin tamamı, kendi ülkelerinin karbon depolama ve küresel periyodik ortalama kotasına göre, CO₂ salınımını azaltmaya yönelik periyodik Kyoto karbon ticaret kota ve hedeflerine sahip olmak zorunluluğunu kabul etmişlerdir. Bu nedenle, karbon depolamasına katkıda bulunan bitki-toprak ekosistemlerinin karbon depolama kapasitelerinin belirlenmesi oldukça önem kazanmıştır (Wilson ve Puri 2001; Li vd., 2015).

Türkiye 2004 yılında BMİDÇS'ne, 2009 yılında ise sera gazı emisyonlarının azaltılması veya sınırlanmasının 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. Kyoto Protokolü'nün kazandırmış olduğu yeniliklerden birisi de kamuoyunda karbon borsası olarak bilinen sera gazları emisyonlarını azaltmayan ülkelerin, emisyonlarını azaltan ülkelere kotalarını satın alabilme durumudur (Tolunay ve Çömez, 2008). 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 hazırlamaya başlamışlardır (Tolunay ve Çömez, 2008). Bu nedenle, farklı ekosistemlerde karbon birikiminin oranı ve miktarı son yılda kapsamlı bir biçimde çalışılmakta ve toprak karbon depolamanın doğru bir biçimde tahmin edebilme gereksinimi gün geçtikçe artmaktadır. Bu planlamada; CO₂ salınım seviyesini azaltmak için her ülkenin periyodik Kyoto karbon ticareti kota ve hedeflerinin adil ve mantıklı olmasını kapsamaktadır (Li vd., 2015).

BMİDÇS ve Kyoto Protokolü'ne imza atan ülkeler, IPCC (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli-Intergovernmental Panel on Climate Change) tarafından belirlenen standart kılavuza göre, LULUCF (Land Use, Land Use Change and Forestry-Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişimi ve Ormancılık-AK/AKDO)'da her ülke ormancılık düzeyine, orman kaynaklarına dayalı envanter kayıtlarına, bilgi ve teknoloji kapasitelerine bağlı olarak; atmosfere salınan sera gazlarının miktarını ya da atmosferden alınan CO₂ miktarlarının hesaplanmasında pek çok yöntemler üretmiştir (Asan, 2012).

2013 yılında yayınlanan IPCC 5. Değerlendirme raporuna göre, insan kaynaklı yıllık sera gazı emisyonları salınımında; elektrik, ısı üretiminden sonra gelen ve %24'lük paya sahip, tarım, ormancılık ve arazi kullanım değişikliği sonucu olduğu görülmektedir. FAO (Gıda ve Tarım Örgütü-Food and Agriculture Organization) değerlerine göre, ormanlık alanlar son on yıl içerisinde her yıl yaklaşık olarak 5,2

milyon ha azalmaktadır (Tolunay, 2015). Arazi kullanım değişikliğine bağlı olarak, yılda yaklaşık 0,9 milyar ton karbon (C) atmosfere salınmaktadır (IPCC, 2013).

Yakın bir tarihte (12 Aralık 2015) düzenlenen ve küresel iklim değişikliğine yönelik 195 ülke temsilcisi tarafından imzalanan BMİDÇS 21 Taraflar Konferansı olarak bilinen Paris İklim Zirvesinde ileriye dönük bazı kararlar alınmıştır. 2020 sonrası küresel iklim değişikliği yönetim rejimi için küresel nitelikteki Paris Anlaşması'nda yer alan konu ile ilgili temel maddelerden bazıları aşağıda verilmiştir;

Paris Antlaşmasının 2'inci maddesinin 1'inci fıkrasında:

“Sözleşmenin uygulanmasına ve hedefine ulaşmakta destek niteliğindeki bu anlaşma iklim değişikliği tehdidine, sürdürülebilir kalkınma ve yoksulluğu ortadan kaldırma çabaları bağlamında küresel yanıtı aşağıdaki yollarla güçlendirmeyi amaçlamaktadır:

- a. Küresel ortalama sıcaklıktaki artışı, sanayi öncesi düzeylerin 1,5°C ila 2°C arasında tutularak bunların iklim değişikliği risk ve etkilerini önemli ölçüde sınırlayacağını kabul etmek,
- b. İklim değişikliğinin olumsuz etkilerine uyum kabiliyetini arttırmak, iklim direncini ve sera gazı düşük emisyonlu büyümeyi gıda üretimini tehdit etmeyecek şekilde güçlendirmek,
- c. Düşük emisyonlu ve iklim yönünden dirençli büyümeyle uyumlu finansman akışını sağlamak.”

Paris Antlaşmasının 5'inci maddesi

Taraflar Sözleşme Madde 4 fıkra 1(d) hükmünde ifade edilen sera gazı yutak ve rezervuarlarını ve bu kapsamda ormanları uygun şekilde muhafaza etmek ve güçlendirmek için harekete geçecektir. 2'inci Taraflar Sözleşme çerçevesinde kararlaştırılmış bulunan mevcut çerçeveyi hayata geçirmek ve sonuç temelli ödemeler gibi yöntemlerle desteklemek için harekete geçmeye

ormansızlaşma ve orman alanlarının bozulmasından kaynaklı emisyonların azaltılmasıyla ilgili eylemler için politika yaklaşımları ve pozitif teşvikler, ormanların korunmasının ve sürdürülebilir yönetiminin ve gelişmekte olan ülkelerde orman karbon stoklarının güçlendirilmesinin oynadığı rol, ormanların bütünsel ve sürdürülebilir yönetimi için ortak azaltım ve uyum yaklaşımları gibi alternatif politika yaklaşımlarıyla birlikte bu yaklaşımlarla ilgili karbon dışı yararların uygun şekilde teşvik edilmesinin önemini teyit ederlerken yönlendirilirler” (URL-3, 2016).

Yukarıdaki anlaşma maddeleri incelendiğinde, küresel iklim değişikliğinin dünyamız ve insanlar için ciddi bir problem oluşturabilecek boyuta ulaşmaya başladığı ya da gerekli tedbirler alınmadığında gelecekte daha da tehlikeli bir boyuta ulaşabileceğini vurgulamış ve bu anlaşmayla büyük bir farkındalık oluşturulmuştur. Bu konuda varılan tüm anlaşmalardan ortaya çıkan en önemli karar ise, atmosferdeki artan karbon miktarını azaltabilecek en önemli kaynağın orman ekosistemleri olduğunun ifade edilmesidir. Bu nedenle, ülkelerin sahip oldukları ormanlarının potansiyel karbon depolama kapasitelerinin belirlenmesi, karbon depolanmasına etki eden faktörlerin ortaya konulması, karbon döngüsünün ve son yıllarda vurgulanan karbon depolamada azot döngüsünün etkisinin belirlenmesi önem kazanmıştır. Bu nedenle, Dünyada bu konuda çalışma sonuçlarına olan ihtiyaç gün geçtikçe artmaktadır. Ülkemizde bu konuda yapılan çalışmaların sayısı oldukça sınırlı olup, ülkemiz için genel ve doğru bir değerlendirme yapılabilmesi için, farklı ekosistemlerden elde edilen verilere ihtiyaç duyulmaktadır.

Ülkemizde bu konuda yapılan çalışmalarda genellikle toprak üstü (Çepel, 2002; Tüfekçioğlu ve Güner, 2008; Durkaya ve Durkaya, 2008; Alptekin, 2013) ve toprak altı biyoküttele (genellikle kök kısmı) depolanan karbon miktarı belirlenmiştir (Tüfekçioğlu ve Küçük, 2010; Güner, Tüfekçioğlu, Duman ve Küçük, 2010; Çömez, 2010). Topraklardaki organik karbon miktarının ortaya konulmasında toprak hacim ağırlığının dikkate alınması önemli bir yer tutmaktadır. Önceki çalışmalarda toplam organik karbon hesaplamasında bunun dikkate alınmadığı görülmektedir. Oysa orman altı toprak özelliklerinin değişmesi, toprakta tutulan organik karbon ve toplam azot miktarlarının hesaplanmasını da değiştirebilecektir. 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).

Toprakta biriken organik karbon miktarının birçok faktöre bağlı olarak değiştiği bilimsel çalışmalarda ortaya konulmuştur. Bu çalışmalarda genel olarak, topraklardaki organik karbon miktarının aşağıda sıralanan faktörler tarafından değiştirildiği ifade edilmektedir;

- toprak türü, mineroloji ve tekstür (Baritz, Seufert, Montanarella ve Van Ranst, 2010; Laganriere, Angers ve Pare, 2010),
- toprak derinliği (Guo ve Gifford, 2002; Lorenz ve Lal, 2005; Augusto vd., 2010; Diaz-Pines, Rubio, Van Miegroet, Montes ve Benito, 2011),
- meşçere sıklığı (Ares, Neill ve Puettmann, 2010; Oubrahim, Boulmane, Bakker, Augusto ve Halim, 2015),
- enlem derecesi (Feller vd., 2001),
- ölü örtü miktarı ve ayrışma hızı (Prietzl ve Bachmann; 2012; Lukić vd., 2015),
- farklı arazi kullanımı (Li vd., 2015; Sariyildiz, Savaci ve Kravkaz, 2016),
- ağaç türü (Prietzl ve Bachmann; 2012; Sariyildiz vd., 2016),
- meşçere tipi (Rothe ve Binkley, 2001; Pretzsch, 2005),
- meşçere yaşı (Tian, Cao, Yang, Shan ve Shi, 2015; Sariyildiz vd., 2016),
- yönetim uygulamaları (Paul Polglase, Nyakuengama ve Khanna, 2002; Schulp, Nabuurs ve Verburg, 2008; Sevgi, Makineci ve Karaoz, 2011),
- ölü örtünün kimyasal yapısı (Walker ve Desanker, 2004; Sevgi vd., 2011),
- toprak reaksiyonu (Finzi, Van Breemen ve Canham, 1998; Laganriere vd., 2010),
- hacim ağırlığı (Xie vd., 2007; Wen-Jie vd., 2011),
- iklim özellikleri (Laganriere vd., 2010; Schrumpf, Schulze, Kaiser ve Schumacher, 2011),
- topraktaki toplam azot miktarı (Chone, Andreux, Correa, Volkaff ve Cerri, 1991; Desjardins, Andreux, Volkaff ve Cerri, 1994),

- gübreleme (Haynes ve Gower, 1995),

Topraklarda organik karbon ve toplam azotun depolamasında etkili olan yukarıda belirtilen faktörlerden özellikle meşcere yaşı, arazi kullanım değişikliği, ölü örtü ayrışması ve toprak derinliğine bağlı olarak nasıl değişim gösterdiğine dair ülkemizde çok az sayıda çalışma bulunmaktadır (Sariyildiz, vd., 2016).

Aynı yaşlı ormanlarda seçme ormanlarına nazaran toprakta biriken organik madde miktarının daha düşük olduğu bildirilmiştir (Tolunay ve Çömez, 2007; Stendahl vd., 2010). Ayrıca ormanların amenajman yöntemleri kullanılarak idare sürelerinin uzatılmasında orman topraklarında depolanan organik karbon miktarını arttırmaktadır (Schulze vd., 1999'a atfen Jandl vd., 2007). Ormanlara uygulanan silvikültürel faaliyetler mikro iklimi etkileyerek değiştirmesinin yanında, yaprakların dökülmesini azaltmakta ve toprakta depolanan karbon miktarını da düşürmektedir (Tolunay ve Çömez, 2007).

Arazi kullanım değişikliğinin, topraktaki organik karbon depolanmasını kontrol eden en önemli faktörlerden birisi olduğu ifade edilmektedir. Çünkü arazi kullanım değişikliği; organik maddenin ayrışma sürecini, yerini ve miktarını önemli derecede etkilemektedir (John, Yamashita, Ludwig ve Flessa, 2005). Ayrıca bitki örtüsünün cinsi, kapalılığı, miktarı ve arazi kullanımı değişikliği topraktaki organik karbonun ve azotun geçişini (Bolin ve Sukumar, 2000) ve toprak solunumunu büyük oranda etkileyerek karbonun ve azotun açığa çıkmasına neden olmaktadır (Post ve Kwon, 2000). Ayrıca yapılan çalışmalar göstermektedir ki; orman ve diğer arazi kullanım şekillerinde, tüm toprak katmanlarındaki organik karbon ile azot arasında sıkı bir ilişki bulunmaktadır (Grünzweig, Sparrow, Yakır ve Chapin, 2004).

Organik madde toprağın en önemli bileşenidir (Sanchez, 1976; Lal ve Kang, 1982; Brown ve Lugo, 1990). Bu bağlamda organik madde; makro ve mikro bitki besin elementlerinin kaynağını, kation değişim kapasitesini, su tutma kapasitesini, toprağın strüktürünü, tekstürünü, verimini, rengini önemli ölçüde etkilemektedir.

Organik madde bakımından zengin topraklarda, toprak sürülmesi işleminin yapılması durumunda toprağın hava kapasitesi artacağından ayrışma artacaktır ve sızıntı sularıyla ayrılmış olan organik maddeler taşınarak alanı terk edecektir. 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).

Arazi kullanım değişikliği, özellikle topraktaki organik karbonun azalmasına ve buna bağlı olarak atmosferdeki CO₂ miktarının artışına neden olmaktadır (IPCC, 1997; Houghton, 1999). Ayrıca bu arazi kullanım değişikliği arazi örtüsünün değişimine de neden olmaktadır (Bolin ve Sukumar, 2000). Böylece arazi kullanım tarihi geçmişini bilmek, karasal karbon depolama ve orman arazi örtüsünün değişimini belirlemede en önemli bir göstergedir.

Ölü örtü içindeki selüloz, hemiselüloz, lignin, protein, tanen, kütin gibi bileşik miktarları da ayrışma süreci üzerinde etkilidir. Lignin maddesi mikroorganizmalar tarafından daha uzun zamanda ayrıştırılabildiğinden yapısında lignin bulunan yapılar daha uzun zamanda ayrışır (Sariyildiz, 2003). Ölü örtü ayrışma hızı ayrışma koşullarına bağlı olarak değişmekte olup, ayrışma hızını belirlemede karbon/azot (C/N) oranı sıklıkla kullanılmaktadır. Bu oranın çok yüksek çıkması ölü örtüdeki ayrışmanın yavaş olduğu, düşük çıkması ise ayrışmanın hızlı gerçekleştiği anlamına gelmektedir. Bu oranın düşük çıkması toprakta depolanan karbon miktarının da fazla olduğu anlamına gelmektedir (Kantarıcı, 2000). Meşcere yaşına bağlı olarak, ağaç türünün ölü örtüsünün kimyasal yapısında meydana gelebilecek olan değişiklikler, ölü örtü ayrışmasını ve toprak organik karbon ve azot depolanmasını da etkileyebilecektir.

Toprak türü, derinliği, taşlılık oranı, toprağın nem oranı, reaksiyon 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 (kararsız) karbon miktarı daha fazladır. Taşlı topraklarda depolanan karbon miktarı da azdır. Buna benzer olarak, bazik topraklarda mikrobiyolojik faaliyetler arttığından organik madde ayrışması daha fazladır. Aynı şekilde havalanmayan durgun su ve taban suyu oluşumunun olduğu topraklarda organik maddeler ayrışmamakta olup karbon birikimi çok az gerçekleşir (Tolunay ve Çömez, 2007).

1.1. Karbon (C) ve Azot (N) Döngüsü ve Bu Döngülere Etki Eden Faktörler

Küresel iklim değişikliğinde oynadığı önemli rolü bakımından aşağıda öncelikle karbon ve azot döngüleri ve bu döngüler üzerinde rol oynayan faktörler üzerinde açıklamalar yapılacaktır.

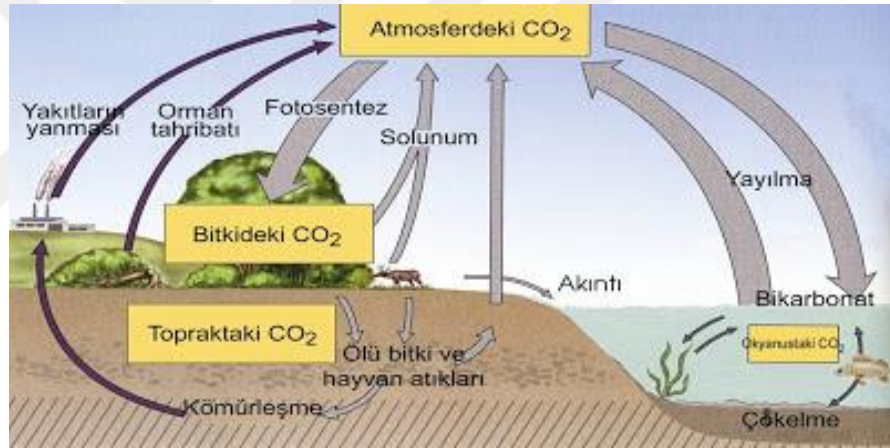
1.1.1. Karbon Döngüsü

Karbon, canlıların yaşamsal faaliyetlerini sürdürebilmesinde (solunum, fotosentez olayları) aktif olarak rol oynayan, canlıların yapısını oluşturan ve tüm organik moleküllerde yer alan önemli bir elementtir. Karbon atmosferde karbondioksit gazı (CO_2), sulara karbondioksit (CO_2) ve bikarbonat (HCO_3) halinde, karada kömür, doğalgaz, petrol ve kireçtaşı halinde bulunur. Karbon döngüsü, karbonun yeryüzündeki dört büyük yutağı olan atmosfer (hava küre), hidrosfer (su küre), litosfer (kara) ve biyosfer (canlılar) arasında düzenli ve bir program dahilinde yer değiştirme olayıdır. Genellikle bitkilerde karbon bünyelerinde ya da toprak üstündeki ölü örtü içerisinde bulunmaktadır. Otçul hayvanlar tarafından yenilen bitkilerdeki karbon solunum yoluyla tekrar atmosfere döner (Tolunay ve Çömez, 2008). Ölü örtünün ayrışmasıyla açığa çıkan karbon atmosfere dönmektedir (Kantarıcı, 2000). Ayrışan ölü örtü özellikle humus yağış ile birlikte toprak içerisine sızar ve toprak canlıları sayesinde toprağa karıştırılır. Sonuç olarak organik karbon toprakta depolanmaktadır (Tolunay ve Çömez, 2008). Derinliğe bağlı olarak organik madde birikimi azalmakta ve ayrıca topraktaki canlıların solunumu, atıkları, ağaç kökleri de organik karbon birikmesinde rol oynamaktadır. Topraktaki organik karbonun parçalanmasında veya ayrıştırılmasında özellikle bakteri ve mantarlar

etkilidir. Bunun yanı sıra toprak canlıların varlığı da organik karbon birikmesinde etkili olduğu bilinmektedir (Tolunay ve Çömez, 2008).

Orman topraklarında biriken karbon toprak içinde de ayrışmaya devam etmektedir. Toprak organik karbonunun ayrıştırılmasında bakteriler ve mantarlar gibi toprak canlılarının önemli rolü bulunmaktadır. Toprak canlıları toprak içindeki organik maddeleri ayrıştırmaktadır ve karbon CO₂ halinde atmosfere geri dönmektedir.

Karbon döngüsü kısaca; atmosferdeki CO₂'in bitkiler tarafından fiksasyonu ya da organik bileşiklerin sentezi için özümlemesi, bitkisel ya da hayvansal atıklarının mikroorganizmalar tarafından ayrıştırılması ve tekrar CO₂'in atmosfere verilmesi sürecidir (Şekil 1.2.).

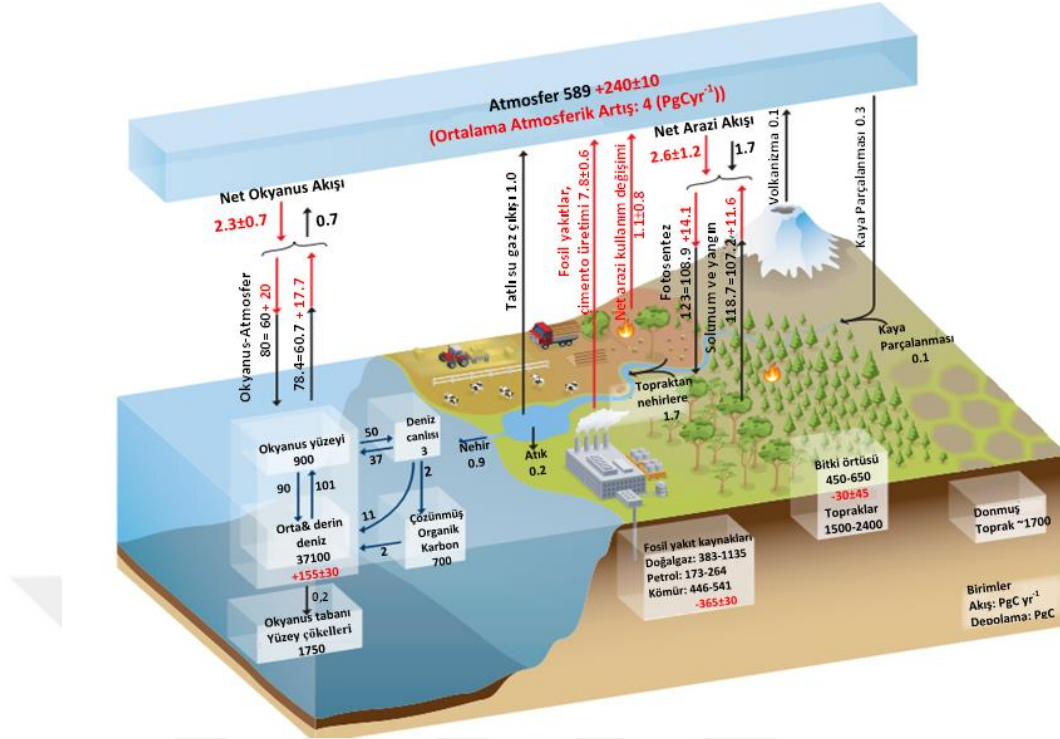


Şekil 1.2. Karbon döngüsü (URL-1, 2016)

Karasal ekosistemde karbon depolamanın önemli bir kısmını teşkil eden özellikle ormanlar C'nun %80'ini bünyesinde barındırmaktadır (Dixon vd., 1994). Bu yüzden orman varlığı C döngüsü açısından başlı başına önemli bir yer tutmaktadır. Özellikle karasal ekosistemlerde, arazi kullanım şekline bağlı olarak farklı kısımlarda organik karbonu toprak altı ve toprak üstü olmak üzere bünyesinde barındırırlar. Orman topraklarının organik madde kaynağını yıllık ibre/yaprak dökümü, doğal dal budanması, bitki kökleri ve toprak canlıları oluşturur (Çepel, 1996). Ormanda toprağın organik maddesini ağaçların yaprak/ibresi, meyve, kabuk, kozalak, meyve, tohum ve tohum karpelleri, dal, gövde gibi kısımları teşkil eder. Bunun yanı sıra

tarım toprağının organik maddesi, tarım bitkilerinin artıklarından oluşmaktadır. Meralarda ise mera bitkileri ve otlatılan hayvanların dışkılarından oluşmaktadır (Kantarıcı, 2000).

Karasal ekosistem karbon rezervuarında 450 ile 650 PgC arasında olmak üzere bitki örtüsünün yapısında (Prentice vd., 2001), topraklarda ve ölü örtü içerisinde 1500 ile 2400 PgC karbon depolanmaktadır (Batjes, 1996). Islak arazi topraklarında depolanan karbon miktarı 300 ile 700 PgC arasında iken (Bridgham, Megonigal, Keller, Bliss ve Trettin, 2006), donmuş topraklarda yaklaşık 1700 PgC'dur (Tarnocai vd., 2009). Karasal ekosistemde karbon sadece bitkilerde değil, aynı zamanda topraklarda da depolanmaktadır. 1 m derinlikteki topraklarda depolanan karbon miktarı yaklaşık olarak 2000 milyar tondur (Janzen, 2004). Bitkiler fotosentez yoluyla bünyelerine atmosferden CO₂'i net olarak 123±8 PgC yr⁻¹ alırlar (Beer vd., 2010). Ototrofik (bitki) ve heterotrofik (toprak mikrobiyal ve hayvanlar) canlılar solunum yoluyla atmosfere CO₂'i 118,7=107,2±11,6 PgC yr⁻¹ verirler. Doğal koşullarda fotosentez ile bağlanan karbon miktarı, solunum yolu ile harcanan karbon miktarından fazladır. Böylece karbon canlılarda bitkisel veya hayvansal kütle olarak bağlanmaktadır. Karasal karbonun önemli bir kısmını, toprakların nehire geçmesi oluşturur ve bu değer 1,7 PgC yr⁻¹'dir (Şekil 1.3.). Karbonun bir kısmı, atmosferdeki CO₂'in sulara çözülmüş halde, tatlı su organik çökellerinde birikmiş olarak (yaklaşık 0,9 PgC yr⁻¹) ya da nehirler tarafından çözülmüş inorganik ve organik karbon ile askıda duran organik karbon olarak kıyı okyanusunda bulunmaktadır (Tranvik vd., 2009). Denizlerde çözülmüş inorganik karbon genellikle karbonik asit, bikarbonat ve karbonat iyonu halinde bulunur ve yaklaşık 38,000 PgC değere sahiptir. Yeryüzündeki tortul kayalarda ve deniz diplerinde oldukça önemli miktarlarda inorganik formda bulunan karbon küresel karbon döngüsü açısından çok önemli değildir (Tolunay ve Çömez, 2008). Okyanuslarda çözülmüş organik karbon yaklaşık 700 PgC'dır (Hansell, Carlson, Repeta ve Schlitzer, 2009). Fitoplanktonlar ve diğer mikroorganizmaların ağırlıklı olduğu deniz canlıları, organik karbon havuzunun küçük bir kısmını teşkil etmektedir ve bu değer yaklaşık 3 PgC'dur (Şekil 1.3.).



Şekil 1.3. Küresel karbon döngüsü (Ciais vd., 2013'ten değiştirilerek)

Dünyada yapılan çalışmalar göstermiştir ki, küresel C döngüsünün önemli bir unsuru olan orman toprakları, küresel toprak organik C havuzunun yaklaşık %70-73 oranında katkı sağlamaktadır (Jobbagy ve Jackson, 2000; Six, Conant, Paul ve Paustian, 2002). Son yıllarda; küresel ısınma tehditi olarak dünyayı saran endişe nedeniyle, atmosferdeki CO₂'inin büyük kısmını depolayan orman topraklarına, ağaç türlerine, yönetim uygulamaları gibi çalışmalara olan ilgi artmıştır (Leuschner, Wulf, Bäuchler ve Hertel, 2013). Çünkü atmosferdeki CO₂'in büyük bir kısmını toprak üstü ve toprak altı biyokütlesi halinde bünyelerine bağlayan ormanlarda karbon birikimi önemli miktarda gerçekleşmektedir. Genellikle ormanlar toprak üstü biyokütle olarak (ağaç dalları, yaprak, gövde, organik madde gibi) ile toprak altı (kök, toprak) gibi kısımlarda organik karbon biriktirirler. Ülkemizde karasal ekosistem topraklarında depolanan C miktarının ortaya konulması amacıyla yapılan çalışmaların sayısı yeterli değildir. Tolunay ve Çömez (2008) bu konularda yetersiz kaldığını ve bunun sebebinin özellikle orman topraklarında yıllık ya da mevsimsel olarak değişen organik karbon miktarının belirlenmesinin zor olmasından kaynaklandığını vurgulamıştır. Yıllık ya da mevsimsel değişimlerin engellenebilmesi ve topraktaki

organik C birikiminin daha net şekilde belirlenmesinde, ölü örtü ayrışmasına dayalı modellere gereksinim bulunmaktadır (Tolunay ve Çömez, 2008).

Orman ekosistemleri; biyokimyasal, ekolojik ve arazi kullanım faktörlerine bağlı olan organik karbon depolamasında en önemli kaynağı oluşturmaktadır (Yang vd., 2005). Genel olarak karasal ekosistemde karbon depolanmasında; orman ağaçlarının önemli bir rol üstlendiği bilinmekte (450 ile 650 PgC yr⁻¹), fakat orman altı topraklarının etkisi göz ardı edilmektedir. Ancak, Şekil 1.3.'te gösterildiği gibi, küresel karbon döngüsünde topraklarda depolanan karbon miktarı 1500 ile 2400 PgC yr⁻¹ arasında olup, topraklarda tutulan karbon değeri, bitki örtüsünden 3 katı kadar fazladır. Orman toprakları, birim alanda 20 ile 100 katı kadar organik C depolamaya sahiptir (Houghton, 1992). Orman topraklarında karbon miktarı, tarım ve mera topraklarına kıyasla daha fazla depolanmaktadır. Arazi kullanıma bağlı olarak topraklarda depolanan C miktarının farklılık göstermesinin sebebi; toprağın fiziksel özellikleri, ağaç yaşı ve bitki örtüsü şekline bağlıdır (Osher, Matson ve Amundson, 2003). Orman topraklarındaki karbon birikimi, yaprak/ibre dökümü ile organik madde girişi ve organik maddenin ayrışması arasındaki ilişki ile ortaya konulmaktadır. Toprak üzerinde biriken ölü örtünün mikroorganizmalar aracılığıyla ayrıştırılması sonucunda CO₂'in bir kısmı atmosfere salınır veya bu ayrışan ölü örtünün humus olarak yağış sularıyla toprağa karışmakta ve bunun sonucunda toprak içerisinde organik karbon birikmektedir (Kantarıcı, 2000). Ayrıca toprak altında yaşayan canlıların ölümü, bitki kökleri, mikroorganizmaların besin kaynağı sırasında açığa çıkan solunum gibi etmenler toprak organik maddesini teşkil etmektedir. Ulusal Sera Gazları Envanter Raporları (NIR)'na göre; atmosfere salınan sera gazlarını bünyesinde depolayan yani en önemli karbon yutak havuzuna sahip olan orman arazileri ile yeşil alanların bulunduğu yerleşim yerlerinde, mera, tarım, sulak alanlar gibi arazilerde, atmosfere salınan toplam CO₂'in yaklaşık %25'ini geri almaktadırlar. Ormanlık alanlardaki 3 karbon havuzuna (ölü odun, toprak üstü ve toprak altı canlılar), diğer 2 karbon havuzunda (ölü örtü ve organik toprak) dahil edilip hesaplanması yapıldığında; 2012 yılından itibaren bu toplam CO₂ miktarının yaklaşık %50 oranında artacağı ifade edilmiştir (Asan, 2012).

Toprak organik maddesinin asıl kaynağını oluşturan ölü örtü ayrışması sonucunda, karbonun bir kısmı stabil organik bileşiklere veya humusa geçer (Aber ve Melillo, 1991). Bu nedenle ölü örtü ayrışması ile toprak organik maddesi arasında sıkı bir ilişki vardır. Ölü örtü ayrışması; oksitlenme ya da humuslaşma yoluyla gerçekleşmektedir (Tolunay, 2007). Ayrışan ölü örtü, bitkilerin büyüme ve gelişmesi için besin element kaynağı girdisi olarak ve topraktaki canlıların enerji kaynağını oluşturmaktadır (Heal, Anderson ve Swift, 1997). 1960'lı yıllardan beri pek çok araştırmacı tarafından, ölü örtü ayrışmasına etki eden faktörleri belirlemek ve ayrışma süreçlerini takip etmek için, ölü örtü ayrışma keseleri yardımıyla arazide veya laboratuvarında ölü örtü ayrışma deneyleri gerçekleştirilmiştir (Sarıyıldız ve Küçük, 2008) ve bu konuda RothC, CENTURY, YASSO gibi çeşitli modellemeler ortaya konulmuştur (Tolunay ve Çömez, 2008; Prescott, 2010).

Ulusal ve uluslararası yapılan çalışmalarda; genel olarak yıllık ve toplam karbonu biriktiren bitkisel kütlelerde yani bitkilerin toprak üstü kısımlarında (dal, gövde, yaprak gibi) karbon miktarının hesaplandığı (Tolunay ve Çömez, 2007), toprak üstü kısımlarında ise ölü örtü ayrışma seyrinin takip edildiği detaylı çalışmalara rastlanırken; toprak altı karbon birikimi ve toprak altı (kök) kısımlarında ayrışma seyri ve ayrışmaya etki eden faktörlerin belirlenmesi konusunda oldukça sınırlı sayıda detaylı çalışmaya rastlanmaktadır (Fujimaki, Takeda ve Wiwatiwitaya, 2008; Acar, 2009).

Toprak üstü biyokütlesinin ölü örtü ayrışmasında ve bitki besin elementi döngüsünde etkili olan faktörlerin ortaya konulduğu çalışmalarda, ölü örtü ayrışmasında 3 temel faktörün; (1) ölü örtü ayrışmasının gerçekleştiği alanın iklim özellikleri (özellikle yağış ve sıcaklık değerleri) (2) ayrışmayı gerçekleştiren toprak canlıların ve mikroorganizmanlarının işlevi, sayısı, aktif olma durumları (biyolojik özellikleri) ve (3) ayrışan ölü örtünün kimyasal yapısındaki bileşenler (karbon, azot, lignin, selüloz hemiselüloz) veya bunların birbirlerine oranlarının (C:N, lignin:N, lignin:hemiselüloz) (Berg vd., 1993; Kurz-Besson vd., 2006; Sarıyıldız, Varan ve Duman, 2008) etkili olduğu görülmektedir. Genel olarak, farklı coğrafik bölgelerde bulunan ölü örtünün ayrışması üzerinde iklim özellikleri etkili olurken, daha sınırlı yerel alanlarda ise ayrışan ölü örtünün kimyasal yapısının etkisi ön plana çıkmaktadır.

Diğer çevre özellikleri ve ayrıştırıcıların aynı olduğu ortamlarda, sıcaklıkta meydana gelebilecek artışla ölü örtü ayrışması arasında pozitif bir ilişki bulunmaktadır (Hobbie, 1996). Vitousek vd. (1994) tarafından yapılan bir çalışmada, hava sıcaklığında meydana gelen 10°C'lik bir artışın ölü örtü ayrışma oranını 4 ile 11 katı arttırdığı rapor edilmiştir.

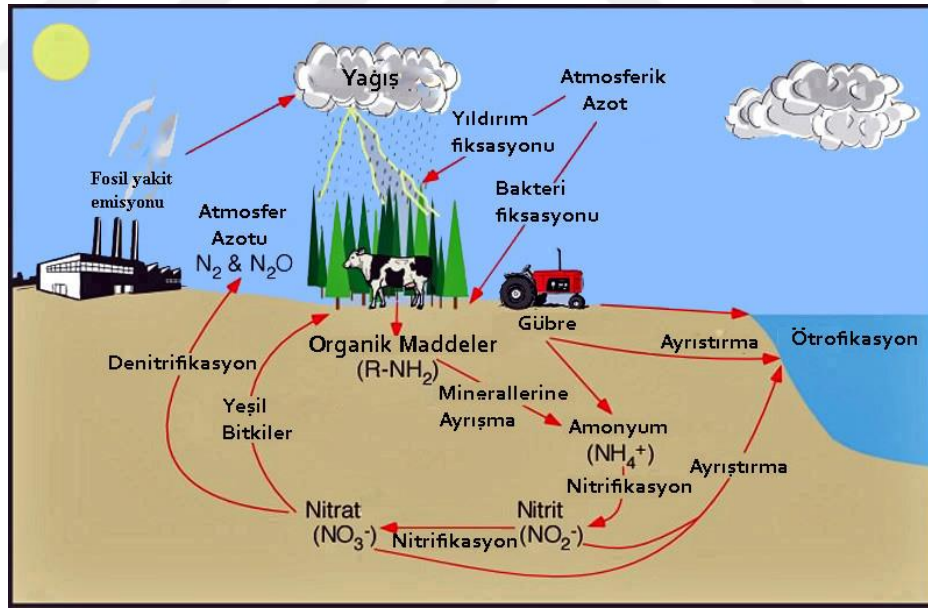
Herhangi bir ağaç türünün yetişme ortamı özelliklerinde meydana gelen değişiklikler, türün ölü örtüsünün kimyasal yapısını değiştirebilmekte ve ayrışma sürecini önemli derecede etkileyebilmektedir (Sariyildiz, 2000; Sariyildiz, Anderson ve Kucuk, 2005). Yetişme ortamı özelliklerinden, toprak özellikleri (Sariyildiz ve Anderson, 2003a), ağacın tepe çatısı (güneş ve gölge yapraklar) (Sariyildiz ve Anderson, 2003b), toprak ve ekolojik özelliklere bağlı olarak iğne yapraklı türlerde ibre yaş sınıfı (Sariyildiz ve Anderson, 2006), topografya (Sariyildiz, Anderson ve Kucuk, 2005) türün ölü örtü kimyasını ve ayrışmasını değiştirmektedir.

Orman ekosistemlerinde meşcerenin saf ya da karışık bulunma durumu da; ölü örtünün ayrışma hızını önemli derecede etkilemektedir (Sariyildiz, Tüfekçioğlu ve Küçük, 2005a; Tolunay ve Çömez, 2008). Ayrıca türler altında yetişen çalı formasyonlarının (örneğin orman gülü) ölü örtü ayrışmasını hızlandırdığı ya da yavaşlattığı bildirilmiştir (Standish, 2004; Sariyildiz ve Küçük, 2009).

Yukarıda sayılan tüm faktörler (türün yetiştiği ortamın eğimi, bakışı, yükseltisi ile meşcere kapalılığı, meşcere sıklığı, yaşı, çap ve boy artımları, saf ve karışık olma durumu vd. özellikler) toprak üstünde biriken ölü örtü miktarı ile toprak altı biriken kök ölü örtü miktarını da etkilemektedir (Sariyildiz, 2015). Bunlara ek olarak, arazi kullanım değişikliği, ormancılık yönetim ve silvikültürel uygulamalar da ölü örtü miktarını ve ayrışma sürecini de önemli derecede etkilemektedir (Tolunay ve Çömez, 2008). Bu etkilenmeler akabinde, topraktaki organik karbon ve toplam azot miktarlarını ve toprakta depolanma kapasitelerini önemli derecede etkileyecektir.

1.1.2. Azot Döngüsü

Azot (N_2) gazı dünyadaki atmosferinin yaklaşık %78,8'ini teşkil etmektedir. Geri kalanını ise kayaçların yapısında (litosfer), suda çözülmüş olarak (hidrosfer) ve canlıların bünyesinde bulunmaktadır. Bu N_2 gazı tüm canlıların yapıtaşını oluşturan protein, aminoasit, nükleikasitler, vitamin, hormon gibi yapılar için gerekli olan bir element kaynağıdır. Canlılar özellikle bitkiler atmosferdeki azot gazını besin maddesi olarak direkt alamazlar ve gerekli olan azotu toprakta bulunan azotlu bileşiklerden elde etmektedirler. Bu azotlu bileşikleri ise nitrat (NO_3^-) ve amonyum (NH_4^+) iyonları halinde kullanabilmektedirler. Azotun bir kısmı toprağa yıldırım düşmesi ya da yağmurla geçerken çoğunluğu bakteriler yardımıyla geçmektedir. Bitkilerin besin maddesi olarak azotu bünyeleri alması sırasında; toprak altında gerçekleşen mineralizasyon, amonifikasyon, fiksasyon, asimilasyon, denitrifikasyon gibi 5 sürecin hepsine azot döngüsü denilmektedir (Şekil 1.4.) (Haktanır ve Arcak, 1997).



Şekil 1.4. Azot döngüsü (URL-2, 2016)

Azot mineralizasyonu: Organik azotun mikroorganizmalar tarafından ayrıştırılarak inorganik azot haline dönüştürülmesidir. Bu dönüştürme sırasında amonyum ve nitrat iyonları olmak üzere iki faktör ortaya çıkmaktadır. Organik bileşiklerin amonyum iyonlarını açığa çıkarmasına **amonifikasyon** denir. Bu amonyum iyonlarının

bakteriler aracılığıyla önce nitrite sonra nitrata dönüştürülmesi olayına nitrifikasyon denilmektedir. Azot mineralizasyonun hızı, ayrışan organik maddelerin C/N oranına bağlıdır. Bu değer 25/1'den büyük ise; mikroorganizmalar azot açığını kapatmak için toprak azotundan faydalanırlar. N-mineralizasyonu toprağın nemine göre değişkenlik göstermektedir (Haktanır ve Arcak, 1997).

Yapılan çalışmalarda ortam pH'ı; nitrifikasyon olayının gerçekleşmesinde etkili olan bakterilerinin yaşam koşullarına büyük oranda etkilidir (Fierer ve Jackson, 2006; Lauber vd., 2008; Griffiths vd., 2011; Seuradje, Oelbermann ve Neufeld, 2017; Hermans vd., 2017). Genellikle hafif asidik, nötr veya hafif alkali topraklarda ideal ortam koşullara sahiptir. Ancak pH'ın 6'ya düşmesi nitrifikasyon sürecini yavaşlatmaktadır.

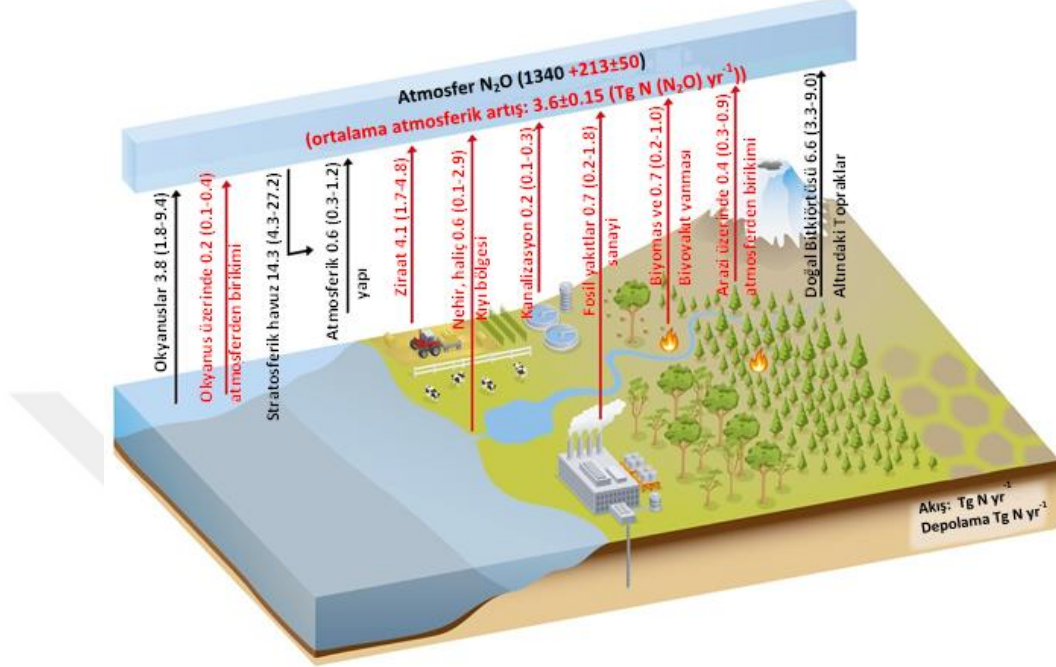
Fiksasyon: Atmosferde bol miktarda bulunan azot gazının amonyum formlarına indirgenerek yararlı azot durumuna geçmesine denmektedir. Bu olay bakteriler, yıldıırım düşmesi, yağışlar gibi durumlar yardımıyla gerçekleşmektedir (Haktanır ve Arcak, 1997).

Asimilasyon: Azotun fiksasyonu ve nitrifikasyonla açığa çıkan NO_3^- ve NH_4^+ bitki kökleri tarafından absorbe edilip, bitki proteinleri, aminoasitlere ve nükleik asitlere bağlanması asimilasyon olarak bilinir. Hayvanlar bitkileri yediğinde bitkisel proteinlerdeki azotu tekrar asimile edip hayvansal bileşiklere çevrilmesidir (Haktanır ve Arcak, 1997).

Denitrifikasyon: Bu aşamada nitrat, nitrite ve daha sonra da azot oksitler aracılığıyla moleküler azota dönüştürülür (Haktanır ve Arcak, 1997).

Küresel azot döngüsünde; atmosferde depolanan azot miktarı $1340 \text{ Tg N yr}^{-1}$ olup, genellikle insan kaynaklı N_2O salınımlarında, tarım uygulamaları sırasında kullanılan gübrelemenin etkisi ($1,7$ ile $4,8 \text{ TgN (N}_2\text{O) yr}^{-1}$), insan atıkları, fosil yakıtların yakılması, sanayileşme, biyoyakıtın yakılması, arazi örtüsündeki azot birikiminin atmosfere gitmesi gibi durumlar sözkonusudur. Ayrıca doğal bitki örtüsü altındaki

topraklarda depolanan azot miktarı ortalama $6,6 \text{ Tg N yr}^{-1}$ 'dir (Şekil 1.5.) (Ciais vd., 2013).



Şekil 1.5. Küresel azot döngüsü (Ciais vd., 2013'ten değiştirilerek)

Yapılan çalışmalar incelendiğinde; aşırı ve bilinçsizce tüketilen fosil yakıtlar, tarım uygulamalarında azot gübrelemelerine başvurma, insan aktivitelerinin yoğunluğu neticesinde son 150 yıl içerisinde azot birikimi 10 kat daha artmıştır (Hobbie, 2008) ve topraklarda azot depolama oranının son 10 yılda arttığı düşünülmektedir. Bu azot miktarındaki artış karasal ekosistemdeki C ve N azot döngüsünü önemli ölçüde etkilemektedir (Jiang vd., 2010).

Doğal orman ve meraların aşırı ve bilinçsizce kullanımı, ormanların traşlanması, tarımsal uygulamaların artması topraktaki organik karbonun kaybolmasına neden olmaktadır (Mann, 1986). Son 200 yılda nüfusun artması sonucunda tarımsal faaliyetleri için arazi kullanımının artması, gübrelemenin yapılmasıyla atmosferdeki CO_2 ve N_2O gazının artması ve bunun akabinde toprakta depolanan C miktarı azalmıştır (Houghton vd., 1983).

Sonuç olarak söylenebilir ki; topraktaki organik C ve toplam N miktarının canlılar açısından özellikle bitkiler için önem arz etmesi, topraktaki C/N oranlarının topraktaki mikroorganizmalarının yaşamsal faaliyetlerini etkilemesi; organik maddenin kimyasal içerikleri, topraktaki depolanmasında pek çok çevresel faktörlerle birlikte iklimik, biyolojik, edafik faktörün de etkili olması gibi durumlar sözkonusudur. Bu ekosistem fonksiyonları ile ilgili olarak orman toprağında C ve N tutumu oldukça önemlidir (Prietzl ve Bachmann, 2012). Özellikle küresel ısınma tehdidi sonucunda, atmosferdeki CO₂'i saklayan yani karbon yutak havuzları olan orman topraklarına olan ilgiyi artırmış ve dünyada pek çok çalışma yapılmaktadır.

Burada sunulan Doktora tezinde; Kastamonu yöresinde doğal olarak yetişen, farklı yaşlardaki göknar (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmüelleriana*) ve sarıçamın (*Pinus sylvestries* L.) toprak özellikleri, toprak organik karbon ve azot miktarı ve depolama kapasiteleri ile ölü örtü miktarı, kimyasal bileşimi ve ibre ayrışma seyri üzerinde, ağaç yaşının ve arazi kullanım türünün etkisi, toprakların hacim ağırlığı değerleri dikkate alınarak ve arazide ibre ayrışma deneyi gerçekleştirilerek belirlenmeye çalışılmıştır.

Çalışmalar iki farklı alanda gerçekleştirilmiştir (İnebolu ve Ilgaz). İnebolu çalışma alanında, 4 farklı yaştaki göknar (38, 60, 90 ve 100 yaşlarında) ve 2 farklı yaştaki sarıçam (18 ve 30 yaşlarında) ile Ilgaz çalışma alanında 6 farklı yaştaki göknar (57, 66, 183, 250, 283 ve 306 yaşlarında) altında deneme alanları alınmış, toprak yüzeyinden ölü örtü (50 cm x 50 cm) ve mineral topraktan çelik silindirler kullanılarak farklı derinlik kademelerinden (0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm, 15-20 cm ve 20-30 cm) toprak örnekleme yapılmıştır. Toprak örnekleme aynı zamanda bu meşcerelere bitişik olarak bulunan tarım (İnebolu çalışma alanı) ve mera (Ilgaz çalışma alanı) alanlarından da yapılmıştır. Araziden alınan toprak örneklerinin pH, tekstür, hacim ağırlığı, besin elementleri, organik karbon ve azot miktarları belirlenmiş, karbon ve azot depolama kapasiteleri hesaplanmıştır. İnebolu çalışma alanında, göknar ve sarıçamın ibrelerinin ayrışma sürecini belirlemek için araziden o yıla ait ibreler farklı yaşlardaki göknar ve sarıçam altından toplanmış, ibre ayrışma keselerine konulmuş ve tekrar toplandıkları yerlere bırakılarak ayrışma süreçleri 6 ayda bir olmak üzere 24 ay boyunca izlenmiştir.

Çalışma alanlarında doğal olarak yetişen ve asli türlerden olan Uludağ Göknaarı'nın (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmuelleriana* (Mattf)) yeni ismi Kazdağı Göknaarı (sin: *Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani* (Steven) Spach) olarak değişmiş olup, bu değişiklik Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler) kitabında belirtilmiştir (Güner, Aslan, Ekim, Vural ve Babaç, 2012). Bu nedenle tezin bundan sonraki bölümlerinde Göknaar isimlendirmesi Kazdağı Göknaarını (sin: *Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani* (Steven) Spach) belirtmek için kullanılacaktır.



2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. Toprakta Karbon ve Azot Depolanması

Toprakta organik karbon ve toplam azot miktarı üzerinde etkili olabilecek faktörler (mevki, iklim özellikleri (yağış, sıcaklık, nem vb.), eğim, bakı, yükselti, ölü örtünün kimyasal bileşimi, C/N oranı, arazi kullanımı, ağaç türleri, toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikler) bir çok Ulusal ve Uluslararası çalışmaya konu edilmiştir (Tolunay ve Çömez, 2007). Aşağıda bu konuda yapılan çalışmalara ait bazı örnekler sunulacaktır.

Brown ve Lugo (1990) Puerto Rico ile Amerika Virgin Adalarında ıslak, nemli ve kurak olmak üzere 3 farklı yaşam zonlarında bulunan farklı yaşlı türleri barındıran yaşlı orman (yaklaşık 100 yaşında), tarım arazisi, mera, ikincil orman topraklarından 0-25 cm ile 25-50 cm derinlik kademesinden alınan toprak örneklerinde toprağın karbon ve azot içeriğini incelemişlerdir. Sonuç olarak, Ormanlardan meraya dönüşmüş araziler, ormandan tarım arazisine dönüşmüş alanlara kıyasla karbon ve azot değerlerinin daha az etkilendiğini, kurak zon ormanlarında azot kazanımının daha hızlı iken, ıslak ve nemli zonalardaki ormanlarda karbon kazanımının daha hızlı olduğunu, toprak işleme süresince toprakta karbon kaybının olduğunu yaptıkları çalışmada bildirmişlerdir.

Dixon vd. (1994) bölgesel ve ulusal orman kaynaklarını yeni çalışmalarla entegre etmek ve incelemek için mevcut ormanlardaki karbon havuzu ve akış tahminlerini kapsamlı bir biçimde ele almışlardır. Bölgeleri 3 farklı enlem derecesine (0-25°, 25°-50°, 50°-75°) göre ayırarak ormanlarda karbon değerlerini tespit etmişlerdir. Sonuçlara göre; orta ve yüksek enlemde bulunan ormanlardaki karbon değeri ($0,7 \pm 0,2 \text{ PgC yr}^{-1}$), düşük enlemde bulunan ormansız alanlardaki karbon değerine ($1,6 \pm 0,4 \text{ PgC yr}^{-1}$) oranla daha düşük çıkmıştır. Küresel çapta orman bitki örtüsü ile topraklarının yaklaşık 1146 PgC içerdiğini ve bunun %37'ini düşük enlemde bulunan ormanlar (0-25°), %14'ünü orta enlemde bulunan ormanlar (25°-50°) ve %49'unu yüksek enlemde bulunan ormanlar (50°-75°) olduğunu belirtmişlerdir.

de Moraes, Volkoff, Cerri ve Bernoux (1996) Brezilya'nın güneybatısında yer alan Amazon Havzasında yer alan iki farklı çalışma alanında; (1) ormanlık alandan 3, 5, 9, 13 ve 20 yıllık meralara dönüşmüş topraklar ile (2) ormandan 5, 9, 20 ve 81 yıllık olan meralara dönüşmüş toprakların organik maddesini, fiziksel ve kimyasal özelliklerini tespit etmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre; özellikle 0-5 cm derinlik kademesindeki mera topraklarında hacim ağırlığının arttığını, ormandan mera arazisine dönüşümü sonucunda ilk alandaki 3 ve 5 yıllık meralarda pH'ın, kation değişim kapasitesinin (KDK) en yüksek oranda olduğunu bildirmişlerdir. Kumlu killi balçık toprak özelliğine sahip olan ikinci deneme alanında karbon içeriği daha düşük iken killi topraklara sahip birinci deneme topraklarında daha yüksek bulmuşlardır. Her iki orman alanlarında N içeriği hemen hemen aynı olup, meraya dönüşmüş 1. deneme alanında C/N oranı orman topraklarına kıyasla mera topraklarında daha yüksek çıkmıştır.

Schauvlieghe ve Lust (1999) Kuzey Belçika'da farklı arazi kullanım şekilleri altında C depolaması ile ilgili yaptıkları çalışma sonuçlarına göre; toplam karbon depolanması en fazla yaşlı dişbudak meşçeresinde, sonra genç dişbudak meşçeresinde ve mera alanlarında bulunmuştur. Özellikle stabil topraklarda yetişen yaşlı meşçerelerde toprak karbonunun önemli derecede yüksek olduğu görülmüştür.

Rhoades, Eckert ve Coleman (2000) Ekvator'un kuzeybatısında yer alan düşük Montane bölgesinde, şeker kamışı yetiştirilmesi ve mera üretimi için orman kesimi yapılan alan ile terk edilmiş tarım arazisi üzerinde ikincil ormanlarının oluştuğu alanlarda arazi kullanım değişimine bağlı olarak toprağın bazı fiziksel özelliklerini ve topraktaki karbon farklılıklarını tespit etmeye çalışmışlardır. Şeker kamışı plantasyonları (50 yaşında), *Setaria sphacelata* türünden oluşan mera (15 yıllık mera), karışık türlerle kaplı mera (15 yıllık mera), çalı formunda bitkiler (5-10 yıllık), ikincil orman (15-20 yaş arası) ve yaşlı ormanlar (50 yaş üzerinde) olarak 6 farklı alanda yapılan çalışmalara göre; ormandan tarım arazisi veya meraya dönüşmüş toprakta fazla miktarda karbon kaybı olduğu tespit edilmiştir. Toprakta karbon miktarı, yaşlı ormanlara göre, şeker kamışı alanlarda, karışık türlerle kaplı meralarda (%14), *Setaria sphacelata* mera alanında daha düşüktür. Ayrıca Ekvator'un kuzeybatısındaki arazilere olan yoğun istek üzerine yaygın bir biçimde

ağaçlandırma ile bertaraf edildiğinde, topraktaki karbon depolamanın artmasına katkıda bulunan tarımsal arazi kullanım seçeneklerinin bulunmasının da etkili olabileceğini ifade edilmiştir.

Wu ve Tiessen (2002) Çin'in Alpin mera topraklarının 8, 16 ve 41 yıldır işlenmesi sonucunda, 8 yıldır işlenen topraklarda toprak organik madde %25, 16 yıldır işlenen topraklarda %39 ve 41 yıldır işlenen topraklarda %55 azaldığını ve işlenmiş toprakların erozyona duyarlı olduğunu belirtmişlerdir. Bunun sonucunda organik madde kaybı, toprak agregatların kolayca ayrılmasına ve ince taneli toprakların erozyonla taşınmasına neden olmaktadır (Celik, 2005).

Klopatek (2002) Washington'un Cascade dağlarında yayılış gösteren farklı yaşlardaki (20 yaşında, 40 yaşında ve 450 ile 550 yaş arasında) Duglas göknarı (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) meşçeresi altındaki topraklarda toplam azot ve karbon depolama kapasitelerini ölçmüştür. Elde edilen sonuçlara göre; 0-20 cm toprak derinliğindeki organik karbon kapasitesi ve toplam azot miktarı en fazla 40 yaşındaki duglas topraklarında depolandığını, en az ise 450-550 yaş arasındaki duglas topraklarında organik karbon depolandığını ve en az toplam azot miktarı 20 yaşındaki duglas meşçeresi altındaki topraklarda olduğunu belirtmiştir. Toplam azot miktarının 40 yaşındaki duglas topraklarında fazla olmasının sebebini, meşçerenin azot bağlayabilen kızılâğacın (*Alnus rubra* Bong.) %33'ünün ortamda bulunmasına bağlamaktadır.

Martens, Reedy ve Lewis (2003) Nebraska'nın güneydoğusundaki arazi kullanım değişimi olan mera yerine 130 yıllık orman, mera yerine kullanılan mısır-bezelye rotasyonlu tarım arazisi ve verimli mera topraklarında toplam organik karbon ve azot içeriğinin artıp artmadığı üzerine inceleme yapmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre; toplam organik karbon en fazla orman topraklarında (%46 oranında) tutulmaktadır. Bunu sırasıyla mera ve tarım arazisi takip etmektedir. Meradan ormana dönüşmüş orman topraklarında karbon depolama %29 oranında artış göstermiştir. Azot içeriği en fazla orman topraklarında görülürken; en az tarım arazisinde olduğu bildirilmiştir.

Desjardins, Barros, Sarrazin, Girardin ve Mariotti (2004) Brezilya'daki Amazon merkezinin kuzeyinde yer alan Manaus bölgesindeki birbirine komşu olan ormandan meraya dönüştürülmüş alanlarda toprağın karbon içeriğini belirlemek için orman ve 4, 8, 15 yıllık meralardan killi toprağa sahip alandan silindir örnekleri almıştır. Diğer deneme alanı ise, Batı Amazonun kuzeyindeki Maraba bölgelerindeki orman ve 3, 9, 15 yıllık meralardan kumlu topraklara sahip olan alandan 3 derinlik kademesinden (0-5 cm, 5-10 cm ve 10-20 cm) silindir örnekleri alınmıştır. Elde edilen sonuçlara göre; killi toprakların üst katmanında C içeriğinin kumlu topraklara göre 3 kat daha fazla olduğunu bulmuşlardır. Ormandan meraya dönüşmüş alanlarda C içeriğinde az oranda artış olduğu ve düşük kil içeriğine sahip olan topraklarda hacim ağırlığının arttığını belirtmişlerdir.

Evrendilek, Celik ve Kilic (2004) Türkiye'nin Akdeniz Bölgesinde bulunan Toros Dağındaki 12 yıl boyunca meranın tarım arazisine dönüştürülmesi sonucunda (eğimi %8 ile %10 arasında) 0-20 cm derinlik kademesinden alınan toprak örneklerinde hacim ağırlığının %10,5 ve toprak erodobilitenin %46,2 arttığını, toprak organik maddenin %48,8, toprak organik karbon içeriğinin %43, yararlanılabilir su kapasitesinin %30,5 ve toplam gözenekliliğin %9,1 oranında azaldığını bildirmiştir. Ayrıca topraktaki organik maddenin artması ile topraklardaki biyoçeşitliliği, iyon değişim kapasitesini, besin tutma kapasitesini, su tutma kapasitesini ve agregatlaşmayı artırmaktadır. Toprak işlenmesi; agregatlaşmayı parçaladığı, toplam toprak gözenekliliği azalttığı ve organik madde mineralizasyonu ve ayrışmasını hızlandırdığını belirtmiştir. 30 yıla kadar ya da sonrasında toprak organik madde seviyesi yavaş yavaş biçimde sabitleştikten sonra, ilk 20 yıl içerisinde bu organik madde kaybı hızlı bir biçimde azalma gösterdiğini belirtmiştir.

Grünzweig vd. (2004) Alaska'da en yoğun ziraatın yapıldığı Tanana Vadisi'nin merkezinde yer alan boreal ormanlardan ziraat alana dönüştürülmüş 4 farklı çalışma alanının (Nenana, Fairbaks, Two Rivers ve Delta Junction) topraklarında arazi değişimine bağlı olarak karbon ve azot değerlerinin nasıl değişeceği üzerine araştırma yapmışlardır. Sonuçlara göre; ilk 20 yıl içerisinde ormansızlaşmadan dolayı topraklarda karbon kaybının fazla görüldüğünü, tarım topraklarında karbon depolamanın orman topraklarına göre %44 oranında daha düşük olduğunu

belirtmişlerdir. Arazi kullanım değişikliği sonucunda topraktaki azot kaybı, karbon depolama kaybına göre daha düşük ve bu değer %34 oranındadır. Orman katmanında daha fazla karbon bulunmasına rağmen, tarım arazisinde C/N oranı en düşük bulmuşlardır. Boreal ormanların sürekli tarım arazisine dönüşmesi sonucunda iklimsel olarak ısınmanın artacağını ve bu da ekosistemde %51 oranında C kaybının yaşanacağını belirtmişlerdir.

Walker ve Desanker (2004) Malavi'nin Miombo ormanlarından tarım arazisine dönüşmüş alanlarda toprak karbonun nasıl etkilendiğini araştırmışlardır. 0-10 cm, 20-40 cm ve 60-100 cm derinlik kademelerinden alınan toprak örneklerinde karbon değerlerinin %1,2-3,7 arasında değiştiğini ve tarım arazisi yüzey topraklarında karbonun %0,35 ile %1,2 arasında azalma gösterdiğini belirtmişlerdir. Tarım toprakları, Miombo orman topraklarına göre %40 oranında daha az karbon içerdiğini ve toprak karbonun tüm arazi tiplerinde logaritmatik olarak derinlikle azalış gösterdiğini tespit etmişlerdir. Kil içeriği ilk 40 cm'deki karbon miktarını olumlu yönde ilişkisi olduğunu ve yüksek oranda kil içeren toprakların karbon seviyesini artırdığını belirtmişlerdir.

Celik (2005) Türkiye'nin Akdeniz bölgesindeki Toros dağlarında 1400 m yükseltide ve birbirine komşu 90 ha'lık orman, 80 ha'lık tarım ve 70 ha'lık mera alanına sahip 3 farklı kullanım arazisinin toprak organik karbon ve diğer toprak özelliklerine etkisini araştırmıştır. En az 60 yıllık geçmişı olan ormanlar, insan müdahalesiyle açmacılık, aşırı otlatma, yakacak odun temini için tarım ve mera olarak değiştirilmiş ve bozulmuştur. Sonuçlara göre 0-10 cm ile 10-20 cm olan iki derinlik kademesinden alınan 64 strüktürü bozulmamış toprak örneklerinden çelik silindir yöntemiyle bulunan hacim ağırlığı orman ve mera topraklarına nazaran tarım topraklarında daha fazla olduğunu saptamıştır. Tarım topraklarında derinlik arttıkça hacim ağırlığının arttığını ve en yüksek değerde olduğunu belirtmiştir. 10-20 cm derinlik kademesinde en düşük hacim ağırlığı mera topraklarında görülmektedir. Orman ve tarım topraklarında iki derinlik kademesinde fazla bir farklılık gözlenmezken, mera topraklarında her iki derinlik kademesinde önemli ölçüde hacim ağırlığının değiştii görülmektedir. Bunun sebebi; toprağın üst katmanında aşırı otlatma sonucunda toprağın sıkışması olayıdır. Meradan tarıma dönüştürülmüş alanlarda toprak organik

madde kaybı, tarım topraklarında en yüksek hacim ağırlığına neden olduğunu belirlemiştir. Meradan tarıma dönüştükten sonra, toprak agregatlaşmanın azalması hacim ağırlığının artışı ile sonuçlanmıştır. Yüksek rakımlı ekosistemlerdeki toprakların fiziksel özelliklerinin arazi kullanım şekline göre 12 yıl içerisinde yaklaşık %49 değerinde toprak organik maddenin azaldığı belirtilmiştir.

Zhou, Liu, Li, Zhang, Tang, Zhou vd. (2006) Çin'in güneyinde korunan yaşlı ormanlarında (>400) 1979 ile 2003 yılları arasında 0-20 cm derinlik kademesinden alınan 230 adet toprak örneklerinde organik karbon değerlerini ve hacim ağırlığını ölçmüşlerdir. Elde edilen sonuçlara göre; 1979 yılından 2003 yılına kadar toprak organik karbon miktarının istatistiksel olarak arttığını ve ortalama hacim ağırlığının yıllık azaldığını hesaplamışlardır. Yaşlı çalı plantasyonlarda organik madde birikimi fazla olduğundan TOK depolama miktarı meşcere yaşına bağlı olarak arttığını belirtmişlerdir.

Topraklar, atmosferde ki karbondan iki katından fazla ihtiva ettiğinden, topraklardaki karbon kaybı; atmosferdeki CO₂ yoğunluğuna önemli bir etkisi olabilmektedir. Arazi kullanım değişikliğinin durdurulması; toprakta karbon kaybının azalmasında önemli bir etken iken; gelişmekte olan ülkelerde insan nüfusunun artışı ve besin ihtiyaçlarının değişmesi veya artması sonucunda tarım arazilerine olan bağımlılık gün geçtikçe artmaktadır (Smith, 2008).

Tolunay ve Çömez (2007) yaptıkları çalışma sonucunda; orman topraklarında daha fazla karbon depolandığını, ormandan tarım arazisine dönüşümünde topraklarda karbon miktarının azaldığını belirtmiştir. Ayrıca Türkiye orman topraklarında ve toprak üstü karbon depolama miktarının ortaya konulması gerektiğini belirtmiştir.

Kiser, Kelly ve Mays (2009) Tennessee merkezindeki Cumberland Platosunda bulunan Camp Brunch havzasında meşe türünün daha baskın olduğu karışık yapraklı ağaç türlerinde meydana gelen 1976-2006 yılları arasındaki toprak organik karbon ve toplam azot değişimlerini incelemişlerdir. Toprağın kimyasal analizleri için 1976 ve 2006 yıllarında 0-10 cm, 10-30 cm ve 30-50 cm derinlik kademesinden toplam 73 toprak örneği almışlardır. Hacim ağırlığı için ise sadece 0-10 cm derinlik

kademesinden çelik silindirlerle toprak örneği almışlardır mineral topraklardaki C yoğunluğu ve içeriğinin 1976'dan 2006 yılına kadar değişmediği ancak toplam azotun %5,8 oranında arttığı ve C/N oranının %4,1 oranında azaldığını bulmuşlardır.

Zengin (2010) yüksek lisans tez çalışmasında Giresun ili Alucra yöresinde saf (Çs) ile karışık (Çs+G) ve (Çs+L) sarıçam meşceleri topraklarında toprağın bazı fiziksel, kimyasal özellikleri üzerine çalışmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre; derinlik arttıkça organik madde miktarının azaldığını, en yüksek organik madde miktarı Çs+G türleri altındaki topraklarda ve gölgeli bakılarda toprak organik madde birikiminin fazla olduğunu belirtmiştir.

Neumann-Cosel, Zimmermann, Hall, Breugel ve Elsenbeer (2011) Panama'da meradan 5-8 ve 12-15 yaşındaki tropikal ikincil ormanlara dönüşmüş alanlardan, halen mera olarak kullanılan ve 100 yaş ve üzeri olan ikincil ormanlardan alınan 0-10 cm ve 10-20 cm derinlik kademelerinden alınan toprak örneklerinde farklı arazi kullanım değişimi sonucunda toprağın organik karbon depolaması ortaya konulmuştur. Sonuçlara göre; 100 yaş üzeri olan ormanlarda karbon depolama değeri en yüksek bulmuşlardır ve genç ikincil ormanlardan daha yüksek değerde olduğunu hesaplamışlardır. Meradan genç ikincil ormanlara dönüşümünde toprak karbon depolamasında etkili olmadığını ortaya koymuşlardır. Ayrıca orman ağaçlarının yaşı arttıkça, 0-10 cm derinlikteki mineral toprakta karbon depolamasının daha fazla olduğunu kanısına varmışlardır.

Wen-Jie vd. (2011) Çin'in kuzeydoğusunda tarım arazisinden melez çamı plantasyonlarına dönüştürülmüş alandan 0-20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm ve 60-80 cm derinlik kademelerinden alınan toprak sonuçlarına göre; 0-20 cm derinlik kademesinde hacim ağırlığının azaldığı toprak organik karbon birikimin önemli derecede olduğunu bulmuşlardır. Ayrıca melez çam plantasyonun gelişimi süresince; toprak azot depolaması ve pH'ında değişim sözkonusu değildir. Tarım arazisinden ormana dönüşümünün toprak yüzeyinde toprak karbon depolamasını artırdığını ve toprak özelliklerini geliştirdiğini saptamışlardır. Koyu kahverengi orman topraklarında önemli bir değişim görülmezken; podzol topraklarda azot tüketimi, toprak asitliliği ve C/N oranı arttığını bulmuşlardır. Toprakta organik karbon birikimi oranı; melez

çamı ormanlarının toplam karbon yutaklarının %39'unu oluşturduğunu söylemişlerdir.

Sevgi vd. (2011) Türkiye'nin İstanbul Belgrad Ormanında 6 farklı ağaç türü sapsız meşe (*Quercus petra* L.), doğu ladini (*Picea orientalis* L.), karaçam (*Pinus nigra* Arnold), Uludağ göknarı (*Abies bornmulleriana* L.), sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Toros sediri (*Cedrus libani* L.) altında ölü örtü ve karbon değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre; türler arasında ölü örtü karbon depolamasında istatistiksel açıdan farklılık gözlemlenmemiştir. Mineral topraktan 3 derinlik kademesinden (0-5 cm, 5-10 cm ve 10-30 cm) alınan silindir örneklerde en yüksek karbon depolaması Toros sediri iken; en düşük karbon depolaması Sapsız meşede görülmüştür. Yapılan hesaplamalarda ağaç türlerinde karbon depolaması küçükten büyüğe doğru sıralandığında sapsız meşe, Uludağ göknarı, doğu ladini, sarıçam, karaçam ve Toros sediri olduğunu belirtmişlerdir.

Armolaitis vd. (2013) güneybatı Litvanya'daki kumlu topraklarda yetişen ve ağaç yaşları 10, 20, 40, 50 ve 60 arasında değişen sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) meşceresinde toprak altı ve toprak üstü olmak üzere C, N, Ca, K, P, Mg, S gibi elementlere bakmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre; 40-65 yaşındaki yaşlı meşcere toprağında organik karbon ile toplam azot değeri en fazla bulmuşlardır. 0-100 cm derinlikteki mineral toprakta karbon havuzunda düşük değer bulmuşlardır.

Braz, Fernandes ve Alleoni (2013) Brezilya'nın güneyinde yer alan Amazon'da ormandan mera alanlarına (8, 13 ve 15 yıllık) dönüşmüş olan topraklarda C değerlerine bakmışlardır. Sonuçlara göre; en fazla karbon depolaması 8 yıllık mera topraklarında olduğunu bulmuşlardır. Buna takriben 13 yıllık mera toprakları, orman toprakları ve 15 yıllık mera topraklarında görülmüştür. Ayrıca ormandan meraya dönüştüğünde toprağın fiziksel özelliklerinin değiştiğini (tane yoğunluğu hariç) ve arazi kullanım değişikliğinin toprağı büyük ölçüde etkilediğini belirtmişlerdir.

Leuschner vd. (2013) Almanya'nın kuzeybatısında yer alan Prignitz Bölgesinde yetişen 50 ile 189 yaşları arasındaki sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Avrupa kayını (*Fagus sylvatica* L.) ormanlarında karbon, azot, toprak hacim ağırlığı (0-10 cm, 10-

20 cm, 20-40 cm ve 40-60 cm) kation değişim kapasitesi, pH, baz doygunluğu ve diğer besin elementlerini incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre; 0-50 cm derinlik arasında en yüksek C konsantrasyonundan dolayı ilk 100 cm derinlikteki mineral toprakta toplam karbon stoğu kayın ormanlarında %25 daha fazla iken, ilk 5 cm derinlikteki sarıçam meşeresi altındaki organik topraklardaki karbon depolama oranı kayın meşeresi altındaki topraklara nazaran %75 daha fazladır. Meşerede kation değişim kapasitesi ilk 10 cm derinlikte en yüksek değerler kayın meşeresinde bulmuşlardır. Baz doygunluğu sarıçam meşeresi altındaki topraklarda en az görülürken, kayın meşeresi altındaki topraklarda ise en fazla değere sahip olduğunu bulmuşlardır. Sonuç olarak ağaç türlerinin ve ormanın sürdürülebilirliğinin toprakta besin ve karbon depolamasını etkileyen önemli bir faktör olduğunu belirtmişlerdir.

Mubyana-John ve Masamba (2014) Botsvana’da Okavango Deltasında 4 farklı arazi kullanım şekillerinden (ekili alan, nadas, mera ve orman) alınan toprakların pH, tekstür, nem, sülfür, karbon, azot, mikrobiyal populasyonu ve kütlesi tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; ekili arazide pH, nadas alana göre daha yüksek bulunmuştur. Toprak nem içeriği, nadasa bırakılan arazide nem içeriği sürülen araziye göre daha yüksek bulunmuştur. Tüm topraklarda azot düşük değerde bulunmuş ve dere yatağına yakınlık derecesine göre azot değerlerinin arttığını belirtmişlerdir. Mikrobiyal biyomass C ve populasyonu en fazla mera ve ekili alan topraklarında görülürken; en düşük seviye ormanda görüldüğünü belirtmişlerdir.

Li vd. (2015) Çin’in güneybatısındaki Xishuangbanna ulusal tropikal yağmur ormanlarında bulunan birincil yağmur ormanlarından tarım arazisine, ikincil yağmur ormanlarına ve kauçuk plantasyonlarına (*Hevea brasiliensis*) dönüşmüş arazilerde toplam karbon depolama miktarını değerlendirmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre; birincil ormanlardan tarım arazisine dönüşmüş alanın topraklarında toplam karbon miktarında (%10,3) nemli azalma görülürken; birincil ormanlardan doğal ikincil ormanlara (%49,3) ve kauçuk plantasyonlarına (%41,6) dönüşmüş alan topraklarında karbon değerlerinde önemli artış olduğunu bulmuşlardır.

Lukić vd. (2015) Sırbistan'ın güneybatısında Grdelica Gorge alanında erozyon sonucu bozulmuş ağaçlandırma sahalarında kullanılan karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) ve yalancı akasya (*Robinia pseudoacacia* L.) türlerinin toprak özellikleri, erozyon kontrolü ve karbon depolaması üzerine incelemeler yapmışlardır. 10 adet yalancı akasya ve karaçam türlerinin ağaç çapı, göğüs yüksekliği belirlenmiş ve bunun yanı sıra karbon ölçümü için türler altındaki topraklardan farklı derinlik kademelerinden (0-5 cm, 5-10 cm ve 10-20 cm) toprak örnekleme yapılmıştır. Sonuçlara göre; 0-5 cm derinlik katmanında toprak örnekleme yalancı akasya türünde azot içeriği en yüksek oranda gözlenirken, karaçam türünde de karbon birikiminin fazla olduğunu gözlemlemişlerdir.

Oubrahim vd. (2015) Fas'ın kuzeybatısında yer alan yarı kurak iklime sahip bozuk mantar meşesi (*Quercus suber*) ekosisteminde karbon depolama miktarını ölçmüşlerdir. Bu amaçla karbon depolama için toprağın ilk 100 cm'lik kısmı, meşe ağaçları ve alt türleri (yer altı-yer üstü) incelemiştir. Elde edilen sonuçlara göre; meşe ekosisteminde toplam karbon miktarının 65 t/ha ile 237 t/ha arasında değiştiğini ve ilk 100 cm derinlikteki toprakta karbon havuzu miktarının daha fazla bulunduğunu tespit etmişlerdir (%51 oranında). Toprakta organik karbonun %87'den fazlası ilk 40 cm derinlikte görüldüğünü belirlemiştir. Sonuç olarak karbon depolamanın farklı olmasında; meşcere sıklığının en etkili olduğunu belirtmişlerdir.

Sariyildiz, Tahmaz, Kravkaz ve Savaci (2013) Türkiye'nin kuzeybatısında yetişen karaçam (*Pinus nigra* Arnold.), Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky), sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Uludağ göknarı (*Abies nordmanniana* Spach.) 4 doğal tür altındaki topraklar ile bitişindeki mera topraklarından alınan 0-10 cm ve 10-20 cm derinlik kademelerindeki toprak örneklerinin C depolamasını hesaplamışlardır. Elde edilen sonuçlara göre; 0-20 cm derinlikteki ortalama toprakta karbon depolama oranı en fazla karaçamda görülürken; bunu sırasıyla sarıçam, göknar, kayın ve mera izlemiştir. Böylece ağaç türlerinin; topraktaki C depolamada etkili olabileceğini belirtmişlerdir.

Sariyildiz vd. (2016) Türkiye'nin kuzeybatısında yer alan Kastamonu ormanlarında yetişen 4 yaygın türlerden karaçam (*Pinus nigra* Arnold.), sarıçam (*Pinus sylvestris*

L.), Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) ve Uludağ göknarında (*Abies nordmanniana* ssp. *bornmuelleriana*) ağaç türünün, meşcere yaşının ve arazi kullanım değişimine bağlı olarak toprak karbon ve azot miktarına olan etkisini araştırmışlardır. 0-10 cm ve 10-20 cm derinlik kademelerinden alınan toprak örneklerinden elde edilen analizlerde toprağın 0-20 cm derinlik kademesine göre kıyaslandığında en yüksek karbon depolaması karaçam altında olduğunu ve bunu sırasıyla sarıçam, kayın takip etmektedir. Genç ve yaşlı göknar meşcereleri ile yakında bulunan açık alanda ise en yüksek karbon değerleri yaşlı göknar meşcerelerinde bulunmuştur. Azot depolama bakımından en yüksek değer değerinin kayında ve bunu sırasıyla genç göknar, yaşlı göknar, açık alan, sarıçam ve karaçam'dır. Sonuçlara göre; ağaç türü, meşcere yaşı ve arazi kullanım değişiminin toprak karbon-azot içeriği ve depolamasında önemli derecede etki ettiğini belirtmişlerdir.

Tian vd. (2015) Çin'in çöl bölgesindeki Qinghai Tibet platosunda kumul sahası ile 4 farklı yaşta bulunan (3, 12, 27 ve 37 yaşlarında) *Caragana intermedia* plantasyonların toprak altı ve toprak üstü karbon değerlerini hesaplamışlardır. Ağaçlandırmadan sonra topraktaki inorganik ve organik karbon değerlerinin arttığını gözlemlemişlerdir. 12 yaşındaki türden 37 yaşındaki türe doğru karbon içeriğinin hızlı bir biçimde arttığını ve ilk 100 cm derinlikteki 37 yaşındaki türler altındaki toprak organik karbon miktarının kumul sahasına göre 2,5 kat daha fazla biriktiğini gözlemlemişlerdir.

Ülkemizde ormanların başka arazi kullanım tiplerine dönüşmesi sonucunda kümülatif karbon kaybının 3,33 milyon tona ulaştığını (Tolunay, 2015) ve ayrıca ölü örtü, ölü odun topraktaki karbon miktarlarını IPCC (2006)'de belirtilen denkleme göre hesaplamalar en fazla toprakta buna takriben ölü örtü de depolandığını belirtmiştir (Tolunay, 2011).

Tahmaz (2016) yüksek lisans tez çalışmasında Kastamonu'da doğal olarak yetişen ağaç türlerinden karaçam, kayın, sarıçam ve göknarın, meşcere yaşına (genç ve yaşlı göknar meşceresi) ve arazi kullanım şekline (ormanlık alan, açıklık alan) göre toprak organik karbon ve toplam azot depolanma miktarının önemli oranda etkilediğini

ortaya koymuştur. Yapraklı türler altındaki toprakların (kayın); ibreli türler altındaki topraklara (karaçam, sarıçam ve göknar) kıyasla daha az karbon depoladığını, bununla beraber ibreli türlerin ise yapraklı türlere göre daha az azot depoladığını belirlenmiştir. Yaşlı meşcerelerin daha fazla toprak karbonu depoladığını belirtmiştir. Bunun sebebi; yaşlı ormanlara müdahalenin daha az olmasıyla toprak karbonunun zaman içerisinde birikmesi ve bunun da toprak kimyasını değiştirmesi olarak ifade etmiştir.

Karaöz (1991) yaptığı çalışma sonucunda; Belgrad ormanı sarıçam meşceresi altındaki toprakta toplam azot miktarının, diğer ağaç türlerine (kayın, meşe) göre daha yüksek olmasının sebebini; sarıçam altındaki ölü örtünün ayrışmasıyla toprağa karışan organik madde miktarının fazla olmasından kaynaklandığını belirtmiştir. Ayrıca bir ağaç türünde (meşe gibi) potasyum değeri yüksek çıkmışsa; bu durumda ise yaprak ve ölü örtüdeki potasyum konsantrasyonunun yüksek olması ile ölü örtünün hızlı ayrışmasına bağlı olduğunu belirtmiştir.

Tolunay ve Çömez (2008) yaptıkları çalışmada; ülkemiz orman topraklarında yapılmış pek çok çalışmayı derleyerek farklı ağaç türleri ve depolanan karbon miktarlarını hesaplamışlardır. Sonuç olarak ülkemiz topraklarının 1 hektarlık kısmında 78,0 Mg (ton) ve ölü örtülerde 5,8 Mg ve toplam 83,8 Mg organik karbonun depolandığını belirtmişler ve yıllık biriken organik karbonun modellenmesinde gerek ölü örtü ayrışması deneylerini gerekse yaprak dökümü ile alakalı çalışmaların daha kapsamlı ve daha fazla yapılması gerekliliğini vurgulamışlardır.

Stendahl vd. (2010) İsviçre’de yaptıkları çalışmada aynı koşullar altında doğal yayılış gösteren ve ortalama meşcere yaşı 89 olan Norveç ladini (*Picea abies* (L.) Karst.) ile ortalama yaşı 85 olan sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) meşcereleri altındaki topraklardaki organik karbon miktarını tespit etmişlerdir. Sonuçlara bakıldığında; ortalama TOK depolama kapasitesi ladin meşceresinde $5,7 \text{ kg m}^{-2}$ ve sarıçam meşcerelerinde ise $9,2 \text{ kg m}^{-2}$ ’dir. Tüm sıcaklık koşulları altında bile ladin türünde TOK depolama kapasitesi daha fazla olduğu ve yüksek sıcaklıkta ile düşük enlemde TOK depolama kapasitesinin arttığı gözlemlenmiştir.

2.2. Ölü Örtü Miktarı, Kimyasal Yapısı ve Ayrışma Oranı

2.2.1. Ölü Örtü Miktarı

Orman toprak yüzeyindeki ölü örtü miktarı üzerinde; mevkinin, iklimik özelliklerin, topoğrafyanın, yükseltinin, bakımın, ağaç türünün, ağaç yaşının, kapalılık derecesi ve sıklığın, toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin yanı sıra toprakta yaşayan mikroorganizmalar ve toprak canlıların (edafon) da önemli derecede etkisi vardır (Kantarıcı, 2000; Tüfekçioğlu vd., 2005).

Bir ağacın ibre/yaprak döküm miktarı ile kök kütlesi; meşcere verimliliğini önemli derecede etkileyen ekolojik bir etmendir ve özellikle yıllık ibre/yaprak dökümüyle toprak üstünden toprağa geçen bitki besin maddeleri hakkında bilgi vermektedir (Tüfekçioğlu vd., 2005).

Tüfekçioğlu vd. (2005) Artvin'e bağlı Genya Dağı yöresindeki farklı bakılarda yer alan ladin meşcereleri altından belirli aralıklarda kök kütlesi, ibre dökümü ve toprak solunumu örnekleme yapmışlardır. Elde edilen sonuçlarda; yıllık ortalama ibre dökümü; %44'ü ibre, %14'ü dal ve %42'si kozalak ve tohum olarak ve ibre dökümü ile toprağa verilen N, P, K, Ca ve Mg besin elementlerini de ortaya koymuşlardır.

Toprak yüzeyindeki organik madde birikiminin ağacın yaşlanmasına bağlı olarak artış gösterdiği; yani yaşlı ağaçlardan dökülen yaprak, kozalak, dal, ibre gibi miktarı genç ağaçlara göre fazla olduğu bildirilmiştir (Atalay, 2006).

Göknaar ölü örtü ibrelerinin miktarının anakayaya ve özellikle toprak özelliklerine göre değişim gösterdiği, ayrıca göknaar ibresindeki besin element miktarının, ibre yaşına bağlı olarak artış gösterdiği bildirilmiştir (Kantarıcı, 1980).

Makineci (1999) doktora tez çalışmasında İstanbul Üniversitesi Eğitim ve Araştırma Ormanında yetişen 4 farklı türlerden Macar meşesi (*Quercus frainetto* Ten.), adi gürgen (*Carpinus betulus* L.), Anadolu kestane (*Castanea sativa* Miller.) ve gümüşi ihlamur (*Tilia argentea* Desf.) ile 4 farklı alanda (kontrol, kaba temizlik, hafif

ayıklama, şiddetli ayıklama) ve 3 farklı yıllarda (1995, 1996 ve 1997 yılı) bu türler altından 0,25 m²'lik alandan ölü örtü miktarları incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre 1996 yılında bakım kesimi yapılan meşe türünde L+F kısmının, kontrol alanına göre daha az bulunmuş ve bunun sebebini kesim sırasında ağaç sayısının azalmasıyla meşcere kapalılığının kırılması (ışık, sıcaklık, nem) ile ölü örtü ayrışmasının hızlandığı belirtilmiştir. 4 türde de ölü örtü ağırlıkları 6911,33 kg/ha (ıhlamur, kontrol) ile 16345,00 kg/ha (meşe, kontrol) arasında değişmektedir.

Kavvadias vd. (2001) yaptıkları çalışmada Yunanistan'ın kuzeyinde doğal yayılış gösteren iğne yapraklı türlerden Sahil çamı (*Pinus pinaster* Aiton), Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana*) ve Bulgaristan göknarı (*Abies borisii-regis* Matf.) ile yapraklı türlerden Avrupa kayını (*Fagus silvatica* L.) altındaki orman katmanı kuru ağırlıkları (L+F+H) ve ölü örtü miktarlarını (sadece yaprak/ibre) belirlemişlerdir. Ölü örtü miktarı ve besin içeriğinin türler arasında büyük bir farklılık gösterdiğini ve Avrupa kayını>Bulgaristan göknarı>Anadolu karaçam>Sahil çamı olarak sıralama gösterdiğini ve ortalama yıllık ölü örtü miktarının kayında 4000 kg/ha, sahil çamda 1420 kg/ha arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Orman katmanı kuru ağırlığının en fazla Bulgaristan göknarda (82 t/ha) ve en az sahil çamda (32 t/ha) gözlemlenmiştir.

Makineci (2004) İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Araştırma Ormanında yer alan saf macar meşesi (*Quercus frainetto* Ten.) baltalık ormanında, dört farklı derecede yapılan bakım kesimleri (kontrol, kaba temizlik, hafif ayıklama, şiddetli ayıklama) sonrası ve 3 farklı yıllarda (1995, 1996, 1997) ölçümü gerçekleştirilen, orman ekosisteminde meydana gelen değişikliklerin bazı ölü örtü ve üst toprak horizonlarına (L+F+H) etkileri ve değişimini araştırmıştır. Sonuçlara bakıldığında; 1997 yılında toplam ölü örtü ağırlıklarının hafif (10758,00 kg/ha) ve şiddetli (11275,40) ayıklama işleminde azaldığını ve kontrol (16345,00 kg/ha) ve kaba (14176,40 kg/ha) temizlik işlem alanlarında arttığını belirtmiştir ve bu artışı da alanlardaki ağaç sayıları ile açıklamıştır. Bakım kesimleri sonrasında ağaç sayılarının azalmasına bağlı olarak alanlardaki yaprak dökümü miktarının azaldığını belirtmiştir.

Tüfekçioğlu vd. (2005) yürüttükleri çalışmada Artvin-Genya dağı yöresinin bazı doğu ladini meşcerelerindeki kök kütlesi, ibre dökümü miktarına meşcere verimliliğin etkisini araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlara bakıldığında, yıllık ortalama ibre dökümü miktarı 6428 kg/ha olarak bulmuşlardır ve bu miktarının 2837 kg/ha (%44) ibre olarak, 906 kg/ha (%14) dal olarak, geri kalan kısmı ise kozalak ve tohum olarak dökülmüştür. Yıllık toprağa ağaç tepelerinden ve gövdeden geri dönen organik madde miktarların diğer yapılan çalışmalara nazaran daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

Sevgi ve Tecimen (2008) Biga yarımadasında bulunan Kazdağı bölgesinde yaptıkları çalışmada farklı yaşlarda bulunan Anadolu karaçam (*Pinus nigra* Arnold) meşceresi altında 50x50 cm²'lik alandan alınan ölü örtü (L+F+H) miktarının 4 farklı yükselti kademesine (1400-1500 m, 1500-1600 m, 1600-1700 m ve >1700 m) göre ağırlıklarının nasıl değiştini araştırmışlardır. Sonuç olarak, en fazla toplam ölü örtü ağırlığı 4,866 g/m² (>1700 m) ve en az toplam ölü örtü ağırlığı 3,132 g/m² (1600-1700 m) olarak ölçmüşlerdir. Yükseklik kademelerine göre toplam ölü örtü ağırlığının yükseklikle önemsiz bir ilişki gösterdiğini, L+F organik madde içeriğinin yükseklik kademeleri arasında anlamlı bir fark bulunamadığını ve L+F'nin organik madde içeriğindeki yükseklik grupları arasında anlamlı bir fark bulunmadığını belirtmişlerdir. Ayrıca ağaç tepe çatısı altındaki orman katmanındaki birikiminin mikroklimatik özelliklere bağlı olarak iyi bir ayrışmanın olabileceğini vurgulamışlardır.

Göl vd. (2008) Eskişehir Türkmen Dağı, Evkondu Tepesi bölgesinde yapmış oldukları çalışmada 7 farklı deneme sahasında farklı türler altında ölü örtü örnekleme yapımışlardır. Birinci deneme sahasında saf sarıçam orman kuruluşuna (1580 m yükseltide ve kuzey bakılı) sahip alanda ölü örtü miktarını yaklaşık 24,08 ton/ha iken, ikinci deneme sahasında sarıçam+doğu kayını orman kuruluşuna (1575 m yükseltide ve kuzeybatı bakılı) sahip alanda ölü örtü miktarı 18,32 ton/ha iken, üçüncü deneme sahasında saf doğu kayını (1535 m yükseltide ve kuzeydoğu bakılı) orman kuruluşunda 13,16 ton/ha iken, dördüncü deneme sahasında doğu kayını+sarıçam (1520 m yükseltide ve kuzeybatı bakılı) orman kuruluşunda 26,88 ton/ha iken, beşinci deneme sahasında doğu kayını+sarıçam (1460 m yükseltide ve

kuzeydoğu bakılı) orman kuruluşunda 33,08 ton/ha iken, altıncı deneme sahasında karaçam + gürgen + meşe + sarıçam + doğu kayını (1376 m yükseltide ve batı bakılı) orman kuruluşunda 52,24 ton/ha olduğunu ve yedinci deneme sahasında karaçam + sarıçam+gürgen+doğu kayını (1345 m yükseltide ve kuzey bakılı) orman kuruluşunda 25,88 ton/ha olarak belirlemişlerdir. Alanda en yüksek ölü örtü (yaprak+çürüntü+humus) birikimi 6 numaralı örnek alanda 52,24 ton/ha olarak belirlenmiştir.

Sever ve Makineci (2008) İstanbul ili Kemerburgaz'ın Ağaçalı köyü yakınlarındaki kömür ocağı alanlarında gerçekleştirilen bu çalışmada Sahil çamı (*Pinus pinaster* Aiton.) ağaçlandırmalarında 20x20 cm²'lik alandan ölü örtü örnekleme yapılmış ve toplam ölü örtü ağırlığının yaklaşık 17973,2 kg/ha bulunmuştur. Bunun yaklaşık %40,7'sini yaprak kısmı, %51,6'sını çürüntü ve %7,7'sini ise humus (6 adet örnek alanda humus ayrımı yapılamamıştır) kısmı oluşturmaktadır.

Çakıroğlu (2011) yüksek lisans tez çalışmasında Bartın ilinin Arıt yöresinde saf meşcere halinde yetişen kayın ve göknar meşceresi ile göknar-kayın karışık meşceresi altına konulan ölü örtü kaplarına dökülen yıllık toplam ölü örtü miktarını belirlemiştir. Elde edilen sonuçlarda farklı meşcere tiplerine ait yıllık ölü örtü birikimi en fazla kayın meşceresi altında görülürken (4245 kg/ha), bunu takriben göknar-kayın karışık meşceresi (3510 kg/ha) ile göknar meşceresi (2935 kg/ha) takip etmektedir.

Langenbruch (2012) doktora tez çalışmasında, Almanya'nın Thuringia şehrinin Hainich Ulusal Park'ında saf ve karışık meşcere olarak yayılış gösteren ve yaşları 100 ile 200 arasında değişen Avrupa kayını (*Fagus sylvatica* L.), Adi dişbudak (*Fraxinus excelsior* L.) ve ıhlamur (*Tilia cordata* Mill. ve *Tilia platyphyllos* Scop) türlerinin ölü örtü ağırlıklarını ton/ha cinsinden hesaplamışlardır. Çalışma alanlarında ölü örtü miktarının 3,6 t/ha ile 5,3 ton/ha arasında değiştiğini ve L+F organik horizonun en fazla saf kayın meşceresi (2,2 ton/ha) ile kayın+ıhlamur karışık meşceresi (2,2 ton/ha) altında biriktiğini ve en az L+F horizonun saf dişbudak meşceresi (0,6 ton/ha) altında biriktiğini belirtmiştir.

Duyar, Arslan ve Kınış (2014) proje çalışmalarında Bolu Aladağ Uludağ göknarı (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmulleriana* Mattf.) ormanları altındaki dökülen ölü örtü miktarının belirlenmesinde 1,3 m yükseklikte $0,5 \times 0,5 = 0,25 \text{m}^2$ alandan ölü örtü örnekleme (kapanlar kurarak) yapmışlardır. Bu ölü örtü örneklemesinde üç yıldan fazla devam edip 4 mevsim boyunca ölçümler yapmışlar ve 4 farklı yükselti basamaklarına (1200 m, 1400 m, 1550 m ve 1600 m) göre ölü örtü miktarını tespit etmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre örnek alanlarda ölü örtünün ortalama miktarı mevsimsel olarak en fazla kış mevsiminde (5871 g/m^2) ve en fazla ölü örtü miktarını ise 1550 m yükselti basamağında (5033 g/m^2) ölçmüşlerdir. Örnek alanlardan toplanan ölü örtünün yıllık ortalama miktarı 4664 g/m^2 olarak bulmuşlar ve ölü örtü miktarlarının yükselti basamaklarına dağılımında da önemli istatistiksel fark bulunmadığını belirtmişlerdir.

Küçük, Bilgili ve Baysal (2007) yaptıkları çalışmada Türkiye'nin kuzeybatısında yer alan Kastamonu'da yayılış gösteren ve meşcere yaşı ortalama 45 olan Anadolu Karaçam'ı (*Pinus nigra* Arnold) altındaki $30 \times 30 \text{ cm}$ alandan alınan ölü örtü miktarlarını (yaprak ve dal) belirleyerek bu miktarın yüzey yangınlarına etkisi olup olmadığını araştırmışlardır. Ölü örtü yanıcı madde miktarı hat yangınlarında $1,27 \text{ kg/m}^2$ ile $2,45 \text{ kg/m}^2$ arasında, nokta yangınlarında ise $1,57 \text{ kg/m}^2$ ile $2,67 \text{ kg/m}^2$ arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

2.2.2. Ölü Örtü Ayırışmasının Belirlenmesi

Ölü örtünün ayırışmasının farklı ekosistemlerde nasıl olduğunu daha iyi izleyebilmek ve belirlemek için birçok türde ölü örtünün tipini ve durumunu, türler arasında ayırışma hızının kıyaslanması, ayırışma hızının tahmin edilmesi (ayırışma sabiti ve k değeri) ve kütle kaybının ölçülmesi için kurulan ölü örtü kese deneyinin 1960'lı yıllardan itibaren önem kazanmıştır (Prescott, 2010).

Ölü örtü ayırışma sabiti oranı önce Jenny, Gessel ve Bingham (1949) tarafından ortaya konulmuş ve daha sonra Olson (1963) tarafından geliştirilerek ilerideki örtü ayırışması çalışmalarına güçlü bir genel kavram ve çözümsel bir yaklaşım sağlamıştır.

Olson'un aşağıda verilen basit negatif üs modeli günümüzde sıklıkla kullanılmaktadır.

$$\% \text{ Kalan kütle} = 100 e^{-kt} \quad (\text{Formül 1})$$

Bu formülde,

t: zaman

k: ayrışma sabiti oranı

Olson'un bu modeli ilk olarak hızlı bir şekilde azalan bir eğri daha sonra ise aynen yaşlı yaprakların kütle kaybı sırasında yaygın olarak gözlenen bir azalmayı tanımlamaktadır. Ayrışmanın bu özelliği, ilk başta daha kolay ve hızlı ayrışabilen bileşikleri, daha sonra inatçı ve daha az biyolojiksel olarak ayrışma gösteren parçacıkların takip etmesi olarak tanımlanmıştır.

Ölü örtü ayrışma deneyinde, orman yüzeyine bir yıl içerisinde düşmüş yaprak/ibreler toplanmaktadır. Laboratuvara getirilen yaprak/ibrelerin başlangıçtaki kimyasal bileşimleri tespit edilmekte, daha sonra bunlar 20x20 cm boyutunda hazırlanmış ve aralıkları 1 mm'den daha küçük olan fiber glasstan yapılmış keseler içine konulup ilk toplandıkları araziye bırakılmaktadır. Farklı zamanlarda bu keseler toplanarak hem kütle kayıpları hem de içerdiği kimyasal bileşimler tespit edilerek ayrışma oranları ve ayrışmada en fazla etkili bileşenin hangisi olduğu kütle kayıp oranları ile kimyasal bileşenler arasındaki istatistikî analizler sonucunda belirlenmeye çalışılmaktadır (Sariyildiz, 2003).

Sariyildiz (2002b) bu ayrışma ile ilgili çalışmalarda ibre/yaprak kısımlarının ölü örtü ayrışma deneyinde kullanılmasının ideal olduğunu belirtmiştir. Çünkü süre olarak düşünüldüğünde ölü yaprak/ibrelerin ayrışması oranlarını çalışmak, ağacın dallarının, kütük ya da başka bir kısmının ayrışma oranlarını çalışmaktan daha kısa zaman alması, organik karbon birikiminin bu kısımlarda fazla olması ve besin elementi bakımından zengin olmasıdır.

2.2.3. Ölü Örtünün Kimyasal Yapısı ve Ayrışma Sürecine Etkisi

Ölü örtünün ayrışması doğal ekosistemlerin işlevi ve yapısı içinde toprak organizmaları için bir enerji kaynağı ve ekosistem içindeki döngü süreçlerinde bir besin deposu olarak önemli bir rol oynamaktadır (Swift, Heal ve Anderson, 1979). Ölü örtünün ayrışma oranları ve besin elementlerinin salıverilmesi; çevresel şartlar, mikroorganizmaların ve toprak faunasının ayrışma süreci içindeki doğası ve ölü örtünün bileşenleri ya da kalitesi tarafından etkilenmektedir. Ölü örtünün ayrışması humus yada ayrışma ürünleri olarak toprağa karışmasıyla sadece toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini etkilemekle kalmaz hem bitkilerin gelişmesinde ve hemde beslenmesinde de önemli etkisi bulunmaktadır (Kantarıcı, 2000).

Ölü örtü ayrışması ile ilgili birçok çalışma yayınlanmıştır. Bu çalışmalarda ana amaç ölü örtü ayrışma oranının genel tanımlayıcısını hatta daha önemlisi ölü örtünün kimyasal bileşiminden besin elementlerinin salıverilmesi oranını belirlemektir. Birçok tahmin edici denklem çoğunlukla karbon, azot, lignin ve polifenollerin değişik oranları kullanılarak önerilmiştir. Ölü örtü ayrışmasında en yaygın sınırlayıcı faktörlerden birisi olarak azot gösterilmiştir. Çünkü azot organik karbonu mineralize eden mikrobiyal biyokütlenin gelişmesini ve dönüşümünü belirlemektedir. Bu nedenle, karbonun azota oranı %10-15'den daha az lignin içeren odunsu bitkilerin ve yıllık bitkilerin ölü örtülerinde bu denklemler içinde oldukça önemli bir yer tutmaktadır çünkü bu bitkilerin içerdikleri karbon ve azotun çoğu mikrobiyal saldırıya karşı dayanıksız bileşikler içindedir (Berg ve Ekbohm, 1983; Köchy ve Wilson, 1997). Bunun yanında, yapılan diğer çalışmalarda (örneğin, Fogel ve Cromack, 1977; Berg ve Tamm, 1991; Sariyildiz, 2000) %20'den daha fazla lignin konsantrasyonuna sahip bitkilerde, lignin miktarının bakteri ve mantarların enzimatik, toprak faunasının beslenme aktivitelerini kısıtlamakta ve bu yüzden lignin, ligno-selüloz göstergesi ya da lignin:azot oranının ayrışmada daha iyi bir gösterge olduğu ifade edilmiştir. Bunlara ek olarak, Berg vd. (2013) yaptıkları çalışmada mikro besin elementlerin ayrışmada önemli bir yeri olduğunu ve son ayrışma safhasında Mangan (Mn) besin elementinin organik maddede ligninin parçalanmasında önemli rol oynadığını belirtmişlerdir.

Ölü örtünün bileşiminde; lignin ve selüloz önemli bir paya sahipken, bileşim içinde hemiselüloz, proteinler, tanen, kütin, suberin, yağlar, mumlar, kül (mineral maddeler) ve diğer organik bileşikler de bulunmaktadır (Sariyildiz, 2000; Kantarcı, 2000). Ölü örtünün önemli bir bileşeni olan ibrelerin ve yaprakların hücre duvarının bileşenlerine yönelik yapılan kimyasal analiz metotlarının (toplam C ve N miktarı, lignin, selüloz, yarıselüloz ve bunların yan ürünleri) gün geçtikçe gelişmesiyle; daha hızlı analizlerin yapılmasına, ayrışma seyrinin kolayca takip edilmesine ve daha doğru sonuçlara ulaşılmaya imkân sağladığını Sariyildiz (2002) belirtmiştir. Bu yapı maddelerinin bir kısmı ya ayrışma hızını artırmakta ya da yavaşlatmaktadır. Protein, Ca, Mg, $O_8 P_2^{-4}$, K, N, C/N, şekerli maddeler, nişasta, hemiselüloz, pektin, güzel kokulu aromatik maddeler ile suda kolayca çözünebilen maddeler organik maddeler (Çepel, 1996) yanı sıra COOH ve CHO'nun bütün varyantları olan oksalik asit ($COOH_2$), asetik, renksiz organik asit laktik ($CH_3CHOHCOOH$) ve sakkarin asit ($C_7H_5O_3N_5$) gibi yağlı bileşikler (Atalay, 2006) ölü örtünün ayrışma hızını artıran bileşikler iken; lignin, reçine, alkaloidler, glikozitler, yağlar, tanenli maddeler ile içerisinde lignin miktarı fazla bulunan odun dokuları, köklerdeki ksilem, epidermis, yaprak damarları gibi bileşikler de ayrışmayı güçleştiren bileşiklerdir (Çepel, 1996).

Azot bakımından zengin olan ibre/yaprak ölü örtüsünün daha kolay ayrıştığı birçok araştırmada bildirilmiştir (Sariyildiz vd. 2005b). C/N oranı da birçok çalışmada ölü örtü ayrışma hızını belirlemede kullanılan bir orandır. Bu değer $C/N > 30$ olursa ayrışma hızı yavaş, 20-30 arasında olursa ayrışma hızı normal, $C/N < 20$ ise ayrışma hızı hızlı şeklinde ifade edilmektedir (Irmak, 1972; Swift vd., 1979; Çepel, 1996). En düşük C/N oranı (< 20) hızlı ölü örtü ayrışmasını ve organik azot (N) mineralizasyonunu göstermektedir (Rice, Westerman ve Federici, 2004).

Sariyildiz, Anderson ve Kucuk (2005) Artvin yöresinde yetişen doğu ladini ibrelerinin (*Picea orientalis* L.) kimyasal yapısı ve ayrışma oranlarını, diğer ağaç türleri olan kayın (*Fagus orientalis* Lipsky), meşe (*Quercus robur* L.), sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), göknar (*Abies nordmanniana* (Stev.) Matt.), kestane (*Castanea sativa* Mill.) türleriyle karşılaştırmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre; en fazla organik karbon miktarını Kestane>Meşe>Ladin>Sarıçam>Kayın>Göknar şeklinde sıralanmaktadır. Azot miktarı en fazla kestane meşçeresinde olup sırasıyla sarıçam,

gök nar, meşe, ladin ve en az kayın meşceresinde depolanmaktadır. Ayırışma oranın türlerin başlangıçta içerdiği lignin miktarıyla istatistiksel olarak bağlantılı olduğunu ve ayrıca toprak pH değeri ve meşcere altına yerleştirilen ibrelerin yüzde nem miktarıyla ayırışma oranı arasında önemli bir ilişki olduğunu belirtmişlerdir.

Sariyildiz (2003) yaptığı çalışmada Artvin yöresinde yetişen ladin (*Picea orientalis* L.), sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve kestane (*Castanea sativa* Mill.) yapraklarının kimyasal bileşimlerinin (toplam C, N, lignin, selüloz, hemiselüloz) ayırışma oranları üzerine olan etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde, yapılan her örnekleme zamanında (6, 12, 18. ve 24. aylar sonunda) bu üç türde ayırışma oranları arasında önemli derecede farklılıklar olduğu görülmüştür. İlk 6. ay sonunda ayırışma yüzdesi, ladin için %8.87, sarıçam için %16,4 ve kestane için %25,9 olarak bulunmuştur. Bundan sonraki örnekleme lerde de kestanenin daha hızlı bir kütle kaybı gösterdiği bunu sarıçamın ve ladinin izlediği görülmüştür. 24. ay sonundaki ayırışma yüzdesi ladin için %35,9, sarıçam için %51,1 ve kestane için %64,5 olarak bulunmuştur. Bu türlerin yapraklarının içerdiği kimyasal bileşimler ile ayırışma oranları arasındaki korelasyonlara bakıldığında, bu üç türün içerdikleri lignin miktarlarının ($r^2=0.97$) olduğu ve kütle kayıplarını etkileyen en önemli kimyasal bileşim olduğu bulunmuştur. Bu türlerin kimyasal bileşimleri ve ayırışma oranlarındaki farklılıklar bu türlerden oluşan saf ya da karışık orman ekosistemlerindeki besin döngüsü süreçlerinin de birbirinden farklı olacağını ve bu ortamda gelişen türlerin besin elementlerinden yararlanmasını önemli derecede etkileyebileceği belirtilmiştir.

Sariyildiz ve Anderson (2003a) yaptıkları çalışmada 3 farklı toprak tipi üzerinde yayılış gösteren kayın (*Fagus sylvatica* L.) ve meşe (*Quercus robur* L.) ağaçlarının ölü yapraklarının mineral besin elementleri ile potansiyel N mineralizasyonun yanı sıra bu yaprakların ADF, selüloz, klason lignin, ligninin fenilpropanoid bileşenleri, heksoz ve pentoz şeker (genel olarak hemiselülozdan gelen) değerleri tür içinde farklılık gözlemlenmiştir. 12 ay boyunca laboratuvar da ayırışmaya bırakılan ölü örtünün 4, 8. ve 12. aylarda meşe ve kayın yapraklarının kütle azalmasında her bir türün yüksek ve düşük besin maddesi içeren orman materyali üzerinde ayırışmasında önemli derecede farklılıklar olduğu belirlenmiştir. 12. ayda yüksek besin maddesi

(YBM) içeren orman materyali üzerindeki ortalama kütle azalması (meşe %38,7 ve kayın %27,8) düşük besin maddesi (DBM) içeren orman materyali üzerindeki değerden (meşe %30,6 ve kayın %25,5) daha yüksek bulunmuştur. Farklı alanlardan alınan kayın ve meşe yaprakları devamlı olarak farklı yönde sonuç göstererek yaprağın kimyasal yapısı üzerinde alan ilişkisinin etkili olduğunu ve başlangıçtaki klason lignin türler içindeki ve türler arasındaki kütle azalması farklılıklarını açıklayan en önemli kimyasal bileşen olduğunu belirtmişlerdir.

Sariyildiz ve Anderson (2003b) yaptıkları çalışmada kestane (*Castanea sativa* Mill), meşe (*Quercus robur* L.) ve kayın (*Fagus sylvatica* L.) türlerinin yaprakları güneş, gölge ve her ikisi arasında olan orta yaprak türü olarak sınıflandırıldıktan sonra N, asid detergent fibre (ADF), holoselüloz ve lignin miktarları belirlenmiştir. Ek olarak, polisakkarid yapılarının şeker bileşimleri (çoğunlukla hemiselülozdan gelen) trifluorasetik asit (TFA)-hidroliz tekniği ve ligninin fenilpropanoid bileşenleri (PPD) alkalın CuO-oksidasyon tekniğiyle belirlenmiştir. 24. ay sonunda ortalama kütle azalması, kestane için %49,6 iken meşe için %40,4 ve kayın için %24,6 olarak bulunmuştur. Kestane, meşe ve kayının güneş yapraklarının ortalama kütle kaybı, anılan sıralamaya göre %48.6, %38,2 ve %24,6 iken, gölge yaprakları için %51,0, %44,5 ve %28,5 olarak bulunmuştur. Başlangıçta türlerin içerdiği lignin miktarı 6. aydaki örneklemede kütle azalmasıyla negatif bir ilişki göstermekle birlikte, başlangıçta türlerin içerdiği asid detergent fibre miktarı 24. aydaki örneklemede kütle azalmasıyla en yüksek düzeyde bir ilişkisi olduğunu göstermiştir. Bununla beraber, toplam şeker ve PPD konsantrasyonları farklı yaprak sınıfları arasındaki ayrışma oranları farklılıklarını en iyi şekilde yansıttığını ve karbonhidrat ile lignin bileşenlerinin detaylı analizlerinin sonuçları kimyasal yapı özelliklerinin anlaşılmasını geliştirmekle birlikte, uzun dönem devam eden laboratuvar şartları altında gözlenen ayrışmadaki değişimleri fazla açıklanamadığını belirtmişlerdir. Bunun nedenini laboratuvar ortamındaki kültürel şartların, ayrışmayı gerçekleştiren mikroorganizmalarının yapısını etkilemesinden kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Sariyildiz ve Anderson (2005b) yapmış oldukları çalışmada kestane (*Castanea sativa* Mill.), meşe (*Quercus robur*) ve kayın (*Fagus sylvatica*) canlı ve ölü yapraklarının kimyasal yapısı (C, ADF, klason lignin, holo-selüloz, hemiselüloz ligninin

penilpropanoid bileşenler) ve baz doygunluğu ile potansiyel N-mineralizasyonuna göre yüksek verimli topraklar (YVT) ve düşük verimli topraklara (DVT) göre belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlarda; toprak gruplarına göre canlı ve ölü yaprakların kimyasal bileşenleri tür içinde ve türler arasında önemli farklılıklar gösterdiğini (kayın hariç) belirtmişlerdir. Toprak gruplarına bağlı olarak, ligninin PPD ve hemiselülozun şeker bileşenleri de aynı zamanda benzer ilişkiyi göstermiştir. Ağaçların yapraklarını dökmeden önce yapraklardan azotun transferi kayın için toprak azot mineralizasyonu ile negatif bir ilişki gösterirken (DVT üzerinde en yüksek), beklenmedik bir şekilde meşe ve kestanede pozitif yönde bir ilişki (YVT üzerinde en yüksek) bulunmuştur. Gözlenen bu değişiklikler toprak tipine bağlı olarak türün genetik yanıtını yansıtmakta ve bu da tür içinde ve türler arasında kimyasal yapının farklı olmasına neden olmakta ve bununda ilişkili araştırmalarda belirlendiği gibi kimyasal içeriğinin ayrışma oranlarını önemli derecede etkilediğini göstermektedir.

Sarıyıldız (2002a) yaptığı derlemesinde dünyada ölü örtünün ayrışması ile ilgili çalışmaların gün geçtikçe arttığını, irdelenen çalışmalarda ölü örtü ayrışmasına etkili olan faktörlerin genellikle fiziki ortam koşulları, mikroorganizma ve toprak faunasının miktarı, türü, kimyasal yapısı, kalitesi etkili olduğunu belirtmiştir. Ölü örtünün kalitesi ayrışma oranının belirlenmesinde temel bir etken ve ayrışma sürecini düzenleyen mekanizmaların çalışması bitki hücre duvarı içindeki ligno-selüloz karışımının yapısal şekli, kalitesi ve miktarı ile bu bileşenlerin mikrobiyal ayrıştırılması üzerinde daha fazla bilgiye ve anlamaya gereksinim duyulduğunu belirtmiştir.

Sarıyıldız (2002b), yapmış olduğu çalışmada yüksek ve düşük verimli topraklar üzerinde yetişen sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) türünün 1, 2. ve 3. yıllara ait ibrelerde kimyasal bileşikleri (toplam C, N, ADF, lignin, selüloz ve P, K, Ca, Mg ve Mn besin elementleri yanında TFA (trifluoroasetik asit)-karbon hidrat (genelde hemiselülozun şeker bileşikleri) ve ligninin fenilpropanoid ürünleri konsantrasyonları) belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre 2. yıla ait iğne yapraklar düşük verimli toprakta (DVT), kimyasal yapıları, yüksek verimli gübreli topraklardan daha fazla, fakat N, P ve Mg bakımından daha az konsantrasyon göstermiştir. 3. yıl iğne

yapraklarda da bu parametreler bakımından kimyasal yapıları (lignin, ADL, selüloz, hemiselüloz ve ligninin fenilpropanoid ürünleri konsantrasyonları) düşük verimli toprakta daha fazla konsantrasyonlar, yüksek verimli topraklarda daha az konsantrasyonlar göstermiştir. DVT’de yetişen sarıçamın 2. ve 3. yıl iğne yapraklarında daha az besin elementi depolandığı belirlenmiştir. Bu da onun daha yüksek lignin, selüloz, hemiselüloz ve ligninin fenilpropanoid ürünleri konsantrasyonuna sahip olduğunu ifade etmiştir.

Sariyildiz ve Anderson (2006) yaptıkları çalışmada 1, 2. ve 3. yıla ait sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ibrelerinin kimyasal analizleri (toplam C, ADF, lignin, selüloz, ligninin bireysel fenilpropanoid bileşenleri (PPD), hemiselülozun bireysel şeker bileşenleri ile N, P, K, Ca, Mg ve Mn elementleri belirlenmiştir. Toprakların yüksek ve düşük verimliliğine bağlı olarak ibrelerin kimyasal yapılarının tür içindeki farklılıkları ikinci ve üçüncü yıla ait yapraklarda belirlenmiştir. Sonuçlara göre; farklı toprak verimliliği altında, ibre yaş sınıflarının hücre duvarı bileşenlerinin ve besin elementleri miktarlarının önemli farklılıklar gösterebildiği ve bu farklılığında ölü ibrelerin kimyasal yapılarını ve ayrışma oranlarını önemli derecede etkileyebileceği sonucuna varılmıştır.

Sariyildiz (2014) belirtmiş olduğu çalışmasında ölü örtü yaprak/ibrede başlangıçtaki ayrışmasının hızlı olduğu ve sonrasında yavaşladığını belirtmiştir. Bu olayın nedenini bitkinin hücre duvarlarında lignin, selüloz ve hemiselüloz yapılarının bulunmasından kaynaklandığını ve ayrışmadaki bu farklılıklar başlangıçtaki azot, lignin veya polifenol konsantrasyonları ile açıklanabileceğini belirtmiştir.

Sariyildiz (2016b) yaptığı çalışmada kestane, meşe ve kayın ağaç türlerinin güneş ve gölge yapraklarında biyokimyasal yapısındaki farklılığın ölü örtü kütle azalmasında etkili olduğunu ve bu türlerde ayrışma oranını özellikle lignin kimyasal bileşen olduğunu belirtmiştir.

2.2.4. Yetiştirme Ortamı Özelliklerinin Ayrışma Sürecine Etkisi

Sariyıldız vd. (2004) yaptıkları çalışmada Doğu ladinini (*Picea orientalis*) ibrelerinin ayrışma oranları üzerinde bakı ve her bakıdaki yükseltinin (üst, orta ve alt) etkisi iki yıl boyunca çalışılmıştır. Sonuçlara bakıldığında ladin ibrelerinin ayrışma oranlarının üç farklı yükselti ile önemli farklılıklar gösterdiği ve bu farklılığın da, bu alanların farklı iklim faktörlerinin (örneğin sıcaklık, nem) mikroorganizmaların potansiyel ayrıştırmasını etkilemesinden kaynaklanabileceği, bunda bu alanlardaki besin döngüsü sistemini etkileyebileceği sonucuna varılmıştır.

Sariyıldız ve Küçük (2005) yaptıkları çalışmada kayın yaprakları ile ladin ibrelerinin ayrışma oranları üzerinde orman gülü (*Rhododendron ponticum*)'nün etkisini araştırmışlardır. Sonuçlara göre kayın ve ladin ağaçları altında orman gülü bulunan alanlarda yaprak ve ibrelerin ayrışması yavaş olduğunu ve bu da ayrışmaya olumsuz etki yaptığını belirtmişlerdir.

Sariyıldız vd. (2005) yaptıkları çalışmada Kayın (*Fagus orientalis* Lipsky.) ve meşe (*Quercus robur* L.) yaprakları ile göknar (*Abies nordmanniana* Spach.) ve sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ibreleri, toprak özellikleri (kimyasal özellikler) bakımından birbirlerinden farklılık gösteren kuzey ve güney bakıların üç farklı yükseltilerinden (tepe, orta ve alt) toplanan yaprak ve ibrelerin başlangıçta içerdikleri toplam C, N, ADF, lignin ve selüloz miktarları belirlenmiştir. N, ADF ve lignin konsantrasyonlarının ve C:N ve lignin:N oranlarının, farklı bakı ve yükseltilerin toprak özelliklerine bağlı olarak türler içinde ve türler arasında önemli farklılıklar gösterdiği bulunmuştur. İstatistiksel olarak ayrışma oranları üzerinde bakı, tür ve yükseltinin önemli bir etkisinin olduğu bulunmuştur. Meşe yaprakları en yüksek ayrışmayı gösterirken bunu sarıçam, göknar ve kayın izlemiş, kuzey bakıya yerleştirilen yaprak ve ibrelerin güney bakıdakilerden daha hızlı ayrıştığı belirlenmiştir. En üst yükseltiye (tepeye) yerleştirilen yaprak ve ibreler orta ve alt yükseltilere yerleştirilenlerden daha yavaş ayrılmıştır. Her bir bakı ve bakıdaki farklı yükseltiler için, tür içinde ve türler arasındaki ayrışma farklılıkları, başlangıçta türlerin içerdiği lignin miktarıyla önemli bir ilişki göstermiş. Fakat bunun önem düzeyi bakılar ve yükseltiler arasında farklılıklar göstermiştir ve ayrılan materyalin

kimyasal yapısının, mikroorganizma ayrıştırmasının potansiyel oranlarını belirlemekle beraber bu oranların ayrışmanın gerçekleştirildiği alanın hem biyotik hem de abiyotik çevre şartları tarafından önemli derecede etkilendiğini göstermektedir.

Sarıyıldız vd. (2005a) yaptıkları çalışmada Artvin yöresinde doğal yayılış gösteren kayın, ladin, meşe, göknar, kestane, sarıçam ölü örtülerinin (yaprak ve ibrelerinin) ayrışmalarında orman gülünün (*Rhododendron ponticum*) etkisini incelemişler ve sonuçlara göre doğu ladininin, kayınla karışık meşçere oluşturduğunda, ibrelerinin saf meşçerelere göre daha hızlı ayrıştığını ve bununla beraber saf meşçereler altında bulunan *Rhododendron ponticum*'un, ibrelerin ayrışmasını önemli derecede yavaşlattığını belirtmiştir. Bütün sonuçlar değerlendirildiğinde, doğu ladininin ayrışması üzerinde içerdiği kimyasal yapı önemli olmakla birlikte, bulunduğu ortamdaki çevre şartlarının ölü örtü ayrışmasını önemli derecede etkilediği ortaya konulmuştur.

Sarıyıldız vd. (2005b) saf kayın ve ladin meşçerelerinde ve kayın-ladin karışık meşçerelerinde ölü örtü ayrışması deneyi kurmuşlardır. Elde edilen sonuçlara göre; ladin ibreleri, kayın yapraklarına nazaran daha hızlı ayrışmış, bu iki türün başlangıçta içerdiği lignin miktarının bu türlerin ayrışma oranlarını etkileyen en önemli etken olduğu belirtilmiştir. Kayın ve ladin karışık meşçerelerin tesisinin saf ladin meşçerelerindeki ölü örtü ayrışması üzerindeki yavaşlatıcı etkileri gidermede rol oynayabileceği sonucuna varılmıştır.

Sarıyıldız vd. (2008) Artvin (1200 m) ve Ankara (1400 m) yörelerinde yaptıkları çalışmada kestane, meşe, sarıçam ve karaçam türlerinin ölü örtülerinin ayrışma oranları üzerinde kimyasal yapılarının ve iklim faktörlerinin etkisi araştırılmıştır. Ayrışma hızlarına göre kestane>meşe>sarıçam>karaçam şeklinde olup, ayrışma oranları arasındaki farklılıklar ise türe göre değişiklik göstermiş ve değişen iklim şartlarında, türlerin ölü örtü ayrışmalarında meydana gelebilecek farklılıklar üzerinde kimyasal bileşimlerinin (özellikle lignin) önemli bir etkisinin olduğu sonucuna varılmıştır.

Sariyildiz ve Küçük (2008) çalışmalarında Artvin yöresinde farklı bakı (kuzey, güney) ve yükseltide (üst, orta, alt) yayılış gösteren doğal ormanlık alanlarda yaygın olarak yetişen bazı ağaç türlerinin (kayın, meşe, göknar, sarıçam) yaprak ölü örtülerinin ayrışma oranları çalışılarak, ölü örtü ayrışmasında materyalin kimyasal yapısının, ayrışma ortamının mikroiklim şartlarının ve toprak özelliklerinin etkileri ortaya konulmaya çalışılmıştır. Türlerin yaprak/ibre ölü örtüleri bakıya göre karşılaştırıldığında en hızlı ayrışma kuzey bakıda, yükseltiye göre karşılaştırıldığında ise en hızlı ayrışma alt yükseltilerde gerçekleşmiştir. Mikroiklim ve toprak özellikleri, bakıya göre farklılık göstermekle birlikte, ayrışma üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir. Kuzey bakıda, gerçek evapotranspirasyon ayrışmayı sınırlarken, güney bakıda toprak sıcaklığının etkili olduğu bulunmuştur.

Sariyildiz (2008a) çalışmasında ölü örtü ayrışması üzerinde ağaç tepe çatısının (gövdeden uzaklığın) etkisi üç iğne yapraklı tür üzerinde (göknar, ladin ve sarıçam) arazide 4 yıl boyunca incelenmiştir. Ölü örtünün ağaç gövdesinden uzaklaştıkça ayrışma oranının hızlandığı belirlenmiştir. Ağaç gövdesine yakın olan alanlarda orman altı nem oranının azaldığı buna bağlı olarak mikroorganizmaların aktivitesinin azaldığı bulunmuştur.

Sariyildiz (2008b) çalışmasında meşcere boşluk sınıflarının (kapalı meşcere (kontrol), çapı 15 m'den küçük, çapı 15-30 m arasında ve çapı 30 m'den büyük) ölü örtü ayrışma oranları üzerine olan etkisi kayın, meşe ve kestane türleri kullanılarak 4 yıl boyunca ölçüm yapılmış ve sonuçlara göre; mikroiklim ve toprak faktörleri arasındaki farklılıklar ölü örtü ayrışması ile ilişkiye getirildiğinde, meşcere boşluk sınıfları arasındaki toprak sıcaklık değerlerinin ölü örtü ayrışmasında en önemli faktör olduğu bulunmuştur.

Sariyildiz (2008c) derlemesinde ölü örtü ayrışmasında fizikî çevre koşulları (sıcaklık, yağış, toprak canlıları ve mikroorganizmaların çeşidi, sayısı, aktifliği ve kimyasal içerikleri (C, N, lignin vb.) etkilediğini, farklı coğrafik bölgelerde bulunan ölü örtünün ayrışması üzerinde iklim özellikleri (özellikle sıcaklık ve yağış) etkili olurken, daha dar kapsamlı, yerel alanlarda ise ayrışan ölü örtünün kimyasal yapısının etkisi (lignin, N, C:N oranı, lignin:N oranı) olduğunu belirtmiştir.

Sağlam ve Sarıyıldız (2009) yaptıkları çalışmada kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ibre ölü örtülerinin ayrışma oranları üzerinde yangın ve farklı yangın şiddetinin etkisini araştırmışlardır. Sonuçlara bakıldığında, ibrelerin kütle azalmasında alandaki toprak solunum, toprak nemi ile toprak sıcaklığı arasında önemli bir ilişkisi olduğunu ortaya koymuşlardır.

Sarıyıldız ve Küçük (2009) çalışmalarında doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) ve doğu ladini (*Picea orientalis* L.) türlerinin ölü örtü ayrışma oranları üzerinde yükseltinin (1800 m, 1500 m ve 1200 m), meşcere türünün (saf ve karışık meşcereler) ve orman gülünün (*Rhododendron ponticum*) etkisi 4 yıl süren arazi çalışmasıyla ortaya konulmuştur. Bu üç faktör arasında, meşcere türünün ölü örtülerinin ayrışmasında en güçlü etkiye sahip olduğu, bunu orman gülünün etkisi ve yükseltinin izlediği belirlenmiştir.

Sarıyıldız, Acar ve Küçük (2010) yaptıkları çalışmada sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), doğu ladini (*Picea orientalis* L.) ve kızılgağaç (*Alnus glutinosa* L.) türlerinin kılcal (<2 mm) ve ince kökleri (2-5 mm) kuzey ve güney bakıya ve her bir bakının iki farklı yükseltisine (900 m ve 1200 m) ve iki farklı toprak derinlik kademesine (0-10 cm ve 10-20 cm) bırakılarak ayrışma süreçleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; güney bakılardaki kök örnekleri kuzey bakılardaki köklere göre daha hızlı ayrıştığı ve alt yükseltideki kökler üst yükseltiyeye nazaran daha hızlı ayrıştığını ve bunun sonucunda topografyaya bağlı olarak mikroiklim özelliklerinde (hava ve meşcere altı sıcaklık) meydana gelen değişikliklerin kök ayrışmasını etkilediği belirlenmiştir.

Sarıyıldız ve Akkuzu (2011) yaptıkları çalışmada üretim faaliyetlerinin yapıldığı (Saçınka) ve yapılmadığı (Hatilla) alanlardaki Doğu ladini meşcerelerinin yetişme ortamı özellikleri ile *Ips typographus* saldırısına maruz kalması arasındaki ilişkinin ölü örtü ayrışmasına etkisini incelemişlerdir. Sonuç olarak Hatilla'daki Doğu ladini türünde *Ips typographus*'un ölü örtü ayrışma hızı ve kalitesinde önemli bir zararı olduğunu ve ayrışmayı hızlandırdığını, yağışın fazla olduğu ve kumlu topraklara sahip olan bu alanlarda ayrışmanın hızlı olması besin elementlerinin hızlı bir şekilde

topraktan yıkanmasına ve toprakların verimliliğinin azalmasına neden olabileceği sonucuna varmışlardır.

Enez, Arıcak ve Sariyildiz (2015) çalışmalarında üç farklı tür (göknar, sarıçam ve kestane) kullanılarak, bölmeden çıkarma faaliyetlerinin mikrokolojik alanlardaki ölü örtü ayrışmasına olan etkileri araştırılmıştır. Sonuçlara göre ayrışma oranlarının türler arasında ve mikrokolojik alanlar arasında önemli farklılıklar göstermiştir.

Sariyildiz (2015) çalışmasında sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve doğu ladini (*Picea orientalis* L.) ile kızılâğaç (*Alnus glutinosa* L.) türlerinin kılcal (<2mm) ve ince kökleri (2-5 mm) kuzey ve güney bakıya ve her bir bakının farklı iki yükseltisine (alt yükselti-900 m ve üst yükselti-1260 m) ve her bir deneme alanında iki farklı toprak derinlik kademesine (0-10 cm ve 10-20 cm) bırakılarak ayrışma süreçleri iki yıl süreyle incelenmiştir. Güney bakılardaki kök örnekleri kuzey bakılardaki köklere göre daha hızlı ayrıştığını ve her bir bakının alt yükseltisindeki kökler üst yükseltisindeki köklere göre daha hızlı bir ayrışma gösterdiğini belirtmiştir. Toprak derinlik kademesi ve kök çap kalınlığının artmasıyla ayrışma hızının azaldığı belirlenmiştir. Türler arasındaki ayrışma farklılıklarında türlerin başlangıçta içerdiği kimyasal yapısı etkili olurken, kimyasal özellikler sabit tutulduğunda topografyaya bağlı olarak mikroiklim özelliklerinde, özellikle sıcaklıkta (bu çalışmada hava ve meşcere altı sıcaklık) meydana gelen değişikliklerin kök ayrışmasını etkilediği belirlenmiştir.

Sariyildiz (2016a) bildirisinde Türkiye’de yayılış gösteren Uludağ göknarı (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmülleriana*) ibrelerinin ayrışmasında, toprak karbon ve azot depolama kapasitesinde ağaç yaşının etkisi olduğunu belirtmiştir.

Enez, Sariyildiz, Arıcak ve Savacı (2016) yaptıkları çalışmada üç farklı türün (göknar, sarıçam ve kestane) başlangıçta içerdiği kimyasal bileşimi (C, N, selüloz ve lignin) ve odun üretim faaliyetlerinin toprak yüzeyindeki ölü örtü kalınlığına, toprak tekstürüne, ince ve kaba kısmına, ateşte kaybına, hacim ağırlığına, boşluk yüzeyine, toprak sıkışmasına, dispersiyon oranına, toprak C ve N miktarına, pH, toprak nem ve orman yüzeyi ölü örtü nem miktarına etkileri araştırılmıştır. Düşük lignin miktarına

sahip kestane yapraklarının ayrışma dinamiğinin, faaliyet gerçekleşen alanlardaki tepkisinin daha fazla olduğunu göstermektedir. Toprak ve toprak yüzeyi ölü örtü özellikleri arasında ölü örtü ayrışması, orman yüzeyi ölü örtü nem miktarı, toprak nem miktarı, ölü örtü kalınlığı ve toprak N miktarı ile pozitif yönde, toprak sıkışması ile negatif yönde ilişki göstermiştir.

Sariyildiz, Akkuzu, Küçük, Duman ve Aksu (2008) yaptıkları çalışmada *Ips typographus* zararlısının doğu ladinine vermiş olduğu zararın ibre kimyasal yapısının değişmesine ve ayrışmasına olası etkisini incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre, doğu ladinine vermiş olduğu zararın bu ağaç türümüzün ibre kimyasal yapısının değişmesine yol açarak onun ayrışma oranlarını önemli derecede etkilediği belirlenmiştir. Meşcere kapalılığının böcek zararı nedeniyle kırılmasından dolayı meydana gelen mikroiklim özelliklerindeki değişimlerin ölü örtü ayrışmasına olası etkileri de incelenmiş ancak istatistiksel olarak böcek zarar derecesi ile mikroiklim özellikleri arasında önemli farklılıklar belirlenmemiştir.

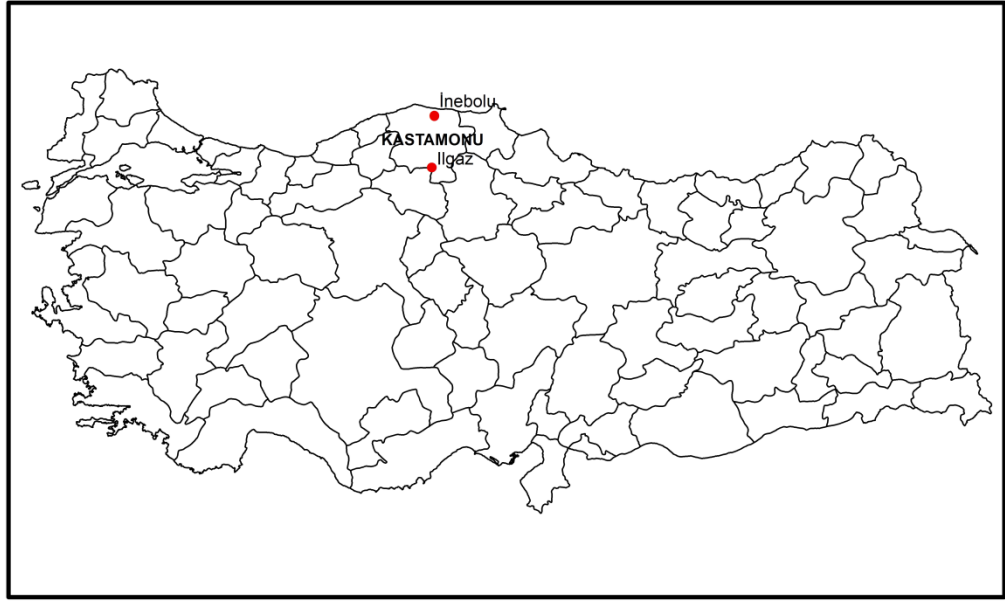
3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Çalışma Alanlarının Genel Konumu

Doktora tezi olarak sunulan araştırmanın arazi çalışmaları, Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü'ne bağlı iki İşletme Müdürlüğü (İnebolu ve Merkez İşletme Müdürlüğü) sınırları içinde yer alan göknar ve sarıçam ormanlarında gerçekleştirilmiştir.

Birinci çalışma alanı, İnebolu İşletme Müdürlüğü'nün 172 ve 173 nolu bölmelerindeki saf göknar ve sarıçam meşcereleridir. Bu alan coğrafi bölge olarak Karadeniz Bölgesi'nin Batı Karadeniz Bölümü'nde $41^{\circ}51'23''$ - $41^{\circ}51'56''$ kuzey enlemleri ile $33^{\circ}45'36''$ - $33^{\circ}45'19''$ doğu boylamları arasında yer almaktadır. Kastamonu iline 80 km uzaklıkta olup, ortalama yükseltisi 1030 m ve bakışı kuzeydoğu bakıdır.

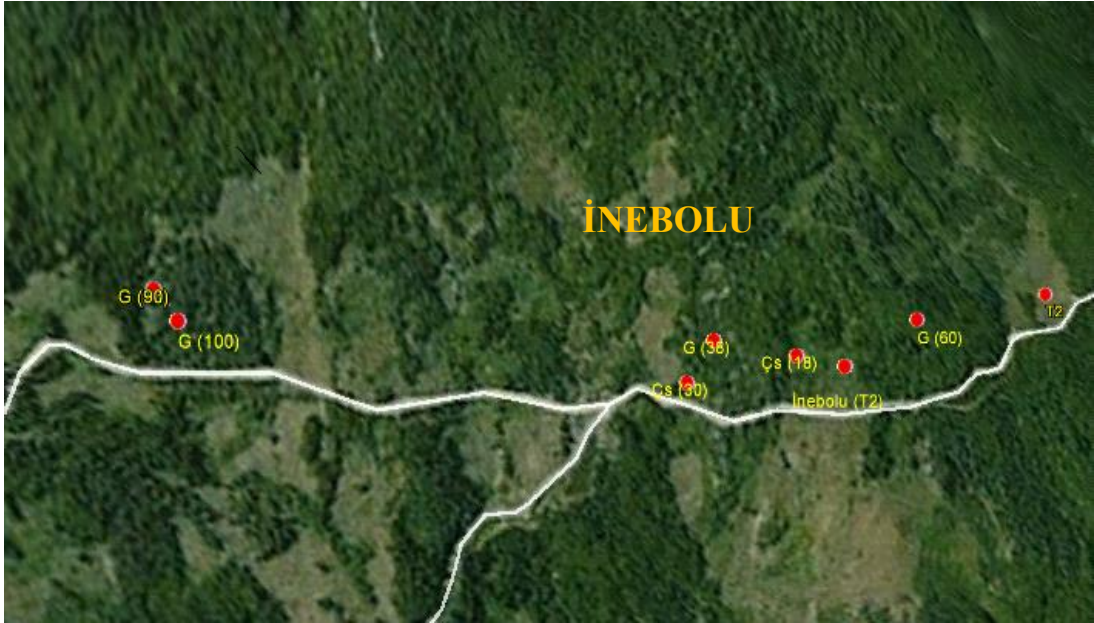
İkinci çalışma alanı ise, Kastamonu Merkez İşletme Müdürlüğüne bağlı Ilgaz çalışma alanında yer alan 161 nolu bölmedeki saf göknar meşcesidir ($41^{\circ}4'8''$ - $41^{\circ}4'13''$ kuzey enlemleri ile $33^{\circ}46'12''$ - $33^{\circ}46'4''$ doğu boylamları arasında). Bu alan Kastamonu iline 50 km uzaklıktadır. Ortalama yükseltisi 1250 m ve bakışı kuzeydoğu bakıdır. Her iki alanda da ortalama eğimi yaklaşık %20-%30 arasında değişmektedir. Çalışma alanlarının Türkiye haritasındaki yeri ve konumu Harita 3.1.'de ve Google Earth'de görüntüsü ise Harita 3.2. ve 3.3.'te gösterilmiştir.



• araştırma_alan_nokta

□ Türkiye İller

Harita 3.1. Çalışma alanlarının Türkiye haritasında konumu



Harita 3.2. İnebolu çalışma alanının Google Earth görüntüsü



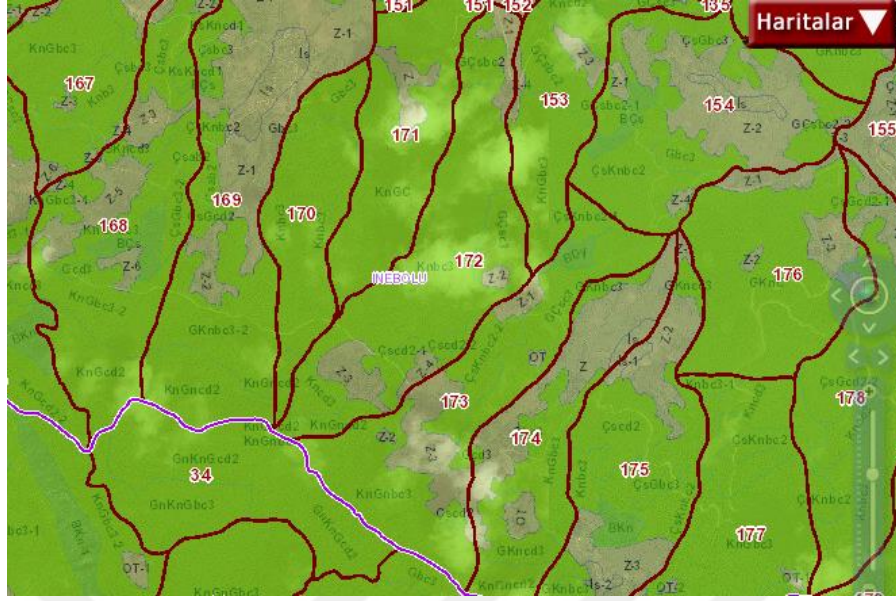
Harita 3.3. Ilgaz çalışma alanının Google Earth görüntüsü

İnebolu çalışma alanındaki sarıçam ve göknar türlerine ait bazı meşcere özellikleri (yaş, çap, kabuk kalınlığı, kapalılık, meşcere tipi) Tablo 3.1.'de belirtilmiştir. 100 yaşındaki göknar en yüksek ortalama çapa (48 cm) ve kabuk kalınlığına (2,0 cm) sahip olurken, 38 yaşındaki göknar en düşük ortalama çap (30,8 cm) ve kabuk kalınlığı (0,5 cm) göstermiştir.

Tablo 3.1. İnebolu çalışma alanındaki türlerin silvikültürel özellikleri

Meşcere Özellikler						
Ağaç Türü	Yaş (yıl)	Ortalama Çap (cm)	Kabuk Kalınlığı (cm)	Kapalılık		Meşcere Tipi
				IUFRO	%	
Göknar	38	30,8	0,5	2	41-70	Gbc2
Göknar	60	41,5	1,8	2	41-70	Gbc2
Göknar	90	47,0	1,9	3	71-100	Gcd3
Göknar	100	48,0	2,0	3	71-100	Gcd3
Sarıçam	18	13,5	0,9	2	41-70	Çscd2-1
Sarıçam	30	31,5	1,0	2	41-70	Çscd2-2

İnebolu çalışma alanına ait 172 ve 173 nolu bölmelerde gerçekleştirilen arazi çalışmalarının meşcere haritasındaki genel görünümü Harita 3.4.'te gösterilmiştir (URL-4, 2016).



Harita 3.4. İnebolu çalışma alanına ait ziraat (Z) ile göknar-sarıçam türlerinin meşcere haritası

Ilgaz çalışma alanından hem toprak hem de ibre örnekleme yapılan göknar türüne ait silvikültürel özellikleri (yaşı, çapı, kabuk kalınlığı, kapalılık, meşcere tipi gibi) Tablo 3.2.'de belirtilmiştir.

Tablo 3.2. Ilgaz çalışma alanındaki türlerin silvikültürel özellikleri

Silvikültürel Özellikler						
Ağaç Türü	Yaş (yıl)	Ortalama Çap (cm)	Kabuk Kalınlığı (cm)	Kapalılık		Meşcere Tipi
				IUFRO	%	
Göknar	57	34,5	1,6	1	11-40	Gcd1
Göknar	66	44,0	1,8	1	11-40	Gcd1
Göknar	183	0,97	3,4	2	41-70	GÇsA
Göknar	250	109	3,9	2	41-70	GÇsA
Göknar	283	127	4,8	2	41-70	GÇsA
Göknar	306	133	5,11	2	41-70	GÇsA

Ayrıca Ilgaz çalışma alanındaki 161 nolu bölgede gerçekleştirilen arazi çalışmalarının meşcere haritasındaki genel görünümü Harita 3.5.'te gösterilmiştir (URL- 4, 2016).



Harita 3.5. Ilgaz çalışma alanına ait mera ile göknar türlerinin meşcere haritası

3.2. Çalışma Alanlarının Anakaya ve Genel Toprak Özellikleri

Çalışma alanlarına ait 1/500000 ölçekli Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) tarafından hazırlanmış jeoloji haritaları incelendiğinde; İnebolu çalışma alanında göknar ağaçlarının yetişme ortamına ait anakayanın genellikle iki farklı kayaç türünden oluştuğu görülmektedir. Yaşlı göknar ağaçlarından oluşan ağaçlarının (ortalama 90 ve 100 yaşlarında) topraklarının daha çok tortul kayalardan gelişmiş, orta-kalın tabakalı, bol eklemli, gri-bej renkli, masif yapılı, Kreatese-Orta Jura dönemine ait olan neritik kireçtaşının (Fosilli CaCO₃) hakim olduğu görülürken; daha genç ağaçlardan oluşan göknar (38 ve 60 yaşlarında) ve sarıçam ağaçları (18 ve 30 yaşlarında) ile yakın çevresindeki tarım alanlarının anakayasası genellikle Triyas-Alt Jura dönemine ait metamorfik kayaç şistlerden (kiltası) oluşmaktadır (Akbaş vd., 2015).

Ilgaz çalışma alanında göknar ağaçlarının anakayasası Triyas-Alt Jura dönemine ait şistlerden, çevresindeki mera alanlarının ise Eosen dönemine ait Neritik kireçtaşlarından oluştuğu görülmektedir (Akbaş vd., 2015).

Çalışma alanlarının toprakları; Toprak Taksonomisi ve FAO/UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization-Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Teşkilatı) sistemlerine göre sınıflandırılmıştır (FAO, 1988; Anonymous, 1999). Uluslararası büyük toprak grup haritasına göre; İnebolu çalışma alanının genç göknar ve sarıçam türleri ile tarım alanı toprakları genellikle asit anamateryaller üzerinde gelişmiş arjilik (killi) B horizonuna sahip ve baz doygunluğu %50'den az özellikler taşımaktadır (Atalay, 2006). Bunun yanı sıra İnebolu çalışma alanının toprakları, World Reference Base For Soil Resources (IUSS, WGWRB) 2014 raporlarına göre 8 toprak sınıflandırmasından biri olan Akrisol toprakları sınıfına dahil olup, genellikle kil bakımından zengin olan alt topraklardır (FAO, 1998). Ilgaz çalışma alanının toprakları ise; Kambisol toprak özelliklerini taşımaktadır (FAO, 2015). Amerika Bileşik Devletleri'nde (ABD) bu topraklara Kahverengi toprak/Kahverengi orman toprakları olarak adlandırılırken, günümüzde bu tip topraklara İnseptisoller olarak adlandırılmıştır (IUSS, 2014). Bu topraklar genellikle; ince toprak parçacıkları, çok ince kum veya balçıklı çok ince kum veya daha ince bünyeli, koyu renkli A horizonundan oluşmaktadır (Atalay, 2006).

Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü'nün (KHGM-mülga) 1/25000 ölçekli toprak haritasına göre; her iki çalışma alanlarının toprakları kahverengi orman toprağı özelliğı taşımaktadır (Anonim, 1990). Bu tür toprakların özellikleri; balçıklı veya ince bünyeli, yüksek baz doygunluğuna sahip (baz doygunluğu %50'den fazla) ve yüksek biyolojik aktiviteli topraklardır.

3.3. Çalışma Alanlarının İklim Özellikleri

İnebolu ile Ilgaz'da yer alan çalışma alanlarında taşınabilir meteorolojik ölçüm istasyonu kurma imkânı olmadığından, İnebolu çalışma alanı için en yakın İnebolu Meteoroloji İstasyonu (64 m), Ilgaz çalışma alanı için Kastamonu Meteoroloji İstasyonu (800 m) iklim verilerinden faydalanılarak çalışma alanlarına entepole edilen ortalama sıcaklık ve yağış değerleri hesaplanmış ve kullanılmıştır. Alanın yağış, iklim sınıfını ve bitki örtüsü tipini saptamak amacıyla, Thornthwaite yönteminden yararlanılmıştır (Thornthwaite, 1948).

Öncelikle 64 m yükseltide İnebolu Meteoroloji İstasyonu verileri, çalışma alanının ortalama yükseltisi olarak kabul edilen 1030 m yükseltiye enterpole edilmiştir.

Yağışın enterpolesi için;

Ph=Po±54h formülünden yararlanılmıştır (Çepel, 1995). (Formül 2)

Ph: Denizden ortalama yüksekliği bilinen ve üzerinde meteoroloji istasyonu bulunmayan yörenin hesaplanacak olan yıllık yağış miktarı (mm)

Po: Denizden yüksekliği belli olan meteoroloji istasyonunun ölçtüğü yıllık yağış miktarı (mm)

54: Her 100 m yükseldikçe kabul edilen yıllık yağış miktarı

h: Meteoroloji istasyonunun denizden yüksekliği ile yağış miktarı bulunacak bölgenin ortalama yüksekliği arasındaki fark (hektometre)

Formüldeki 54 katsayısı, yıllık yağış miktarının her 100 m yükseklik artışına karşı yağışın 54 mm artması esasına dayanır (Barry, 2008). Bu nedenle aylık yağış miktarları hesap edilirken 54 katsayısını 12'ye bölmek gerekir ($54/12=4,5$). Böylece formül aşağıdaki gibidir (Erinç, 1965; Ardel, Kurter ve Dönmez, 1969; Kılınç, Kutbay, Yalçın ve Bilgin, 2006).

Ph=Po±4,5h (Aylık yağış formülü) (Formül 3)

Sıcaklığın enterpolesi için;

Meteoroloji istasyonu bulunmayan yerlerin aylık ortalama sıcaklıkları Lapse-rate esasına göre hesaplanmıştır.

y=a+bx (Formül 4)

y: Aylık ortalama sıcaklığı bulunmak istenen çalışma alanının denizden ortalama yüksekliği (m)

x: Hesaplanmak istenen aya ait aylık ortalama sıcaklık (°C)

a ve b: Her ay için hesaplanmış ve ülkemizin 7 iklim bölgesine ait özel değerler

denkleminde yararlanılarak denizden ortalama yüksekliği bilinen çalışma alanlarının yaklaşık olarak aylık ortalama sıcaklıkları hesaplanmıştır (Çepel, 1995).

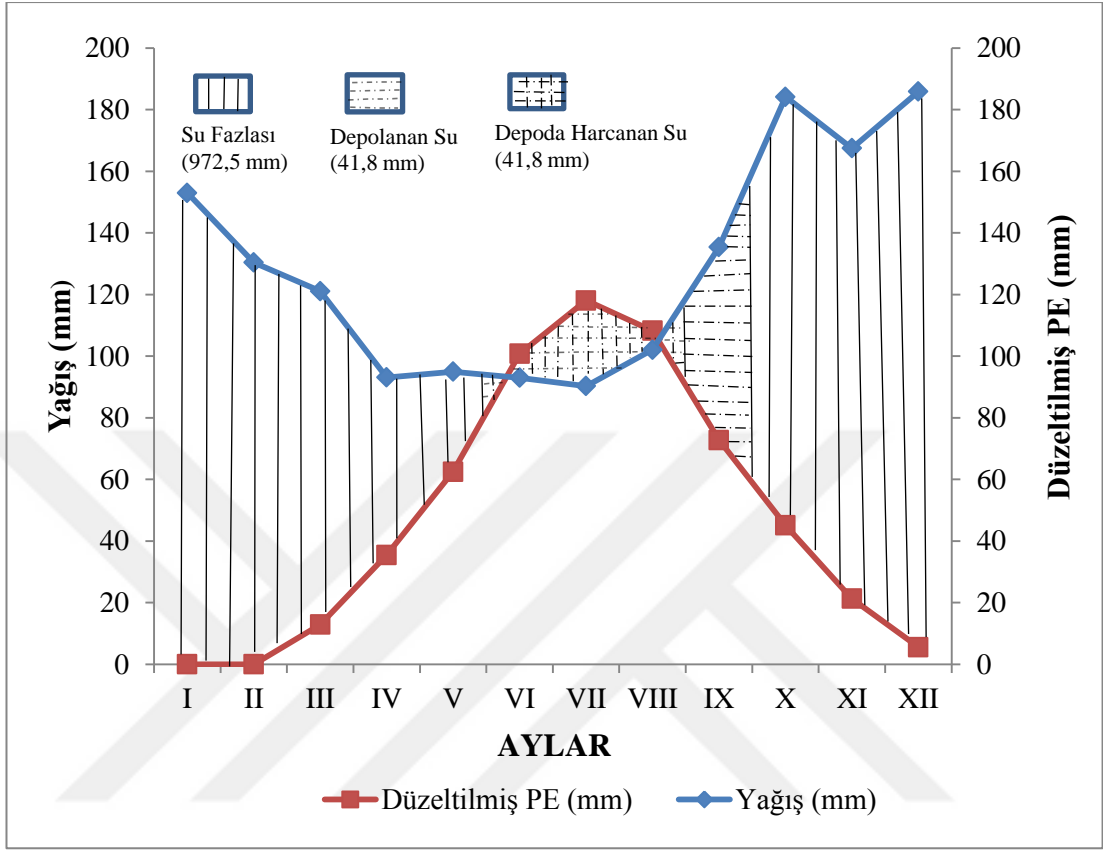
Enterpole değerlendirmeleri de dikkate alınarak yapılan düzenlemeye göre İnebolu çalışma alanının 1960-2015 yılları arasını kapsayan 55 yıllık meteoroloji verilerine göre bölgede yıllık ortalama sıcaklık 9,3°C ve yıllık toplam yağış 1551 mm'dir (DMİ, 2016). Bölge çok nemli, mezotermal iklim özelliğine sahiptir. En yüksek sıcaklık Ağustos ayında 26,6°C'dir. En düşük sıcaklık Şubat ayında 2,7°C'dir. Ortalama 185,9 mm yağış ile en nemli ay Aralık iken; ortalama 90,3 mm yağış ile en kurak ay Temmuz'dur (Tablo 3.3.). Ortalama nem %75,1'dir ve en yüksek nem ilkbahar aylarında %77,2 ve en düşük nem Aralık ayında %7 olarak ölçülmüştür. Çalışma alanında güney ve batı rüzgarları hakimdir ve rüzgarın esme süresine bağlı olarak, hakim rüzgar yönleri Karadeniz'in yer aldığı güney-güneybatı ve batıdadır.

Tablo 3.3. *İnebolu çalışma alanına enterpole edilmiş bazı iklim verileri (1960-2015 yılları arasına ait 55 yıllık veriler)*

Meteorolojik Elemanlar	A Y L A R												Yıllık
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
En Yüksek Sıcaklık (°C)	9,7	9,6	11,0	14,5	18,8	23,5	26,4	26,6	23,3	19,2	15,5	11,9	17,5
En Düşük Sıcaklık (°C)	2,9	2,7	4,0	7,4	11,3	15,1	17,4	17,6	14,5	11,3	7,8	4,9	9,7
Ortalama Sıcaklık (°C)	-2,2	-0,6	2,7	7,1	10,8	16,9	18,7	18,5	14,8	10,4	5,7	1,5	9,3
Ortalama Yağış (mm)	153	130,4	121,1	93,1	95,0	93,0	90,3	102,1	135,4	184,2	167,5	185,9	1551

İnebolu çalışma alanının Thornthwaite yöntemine göre oluşturulan su bilançosu grafiği (Grafik 3.1.) ve su bilançosu tablosuna göre (Tablo 3.4.) çalışma alanı çok

nemli, orta sıcaklıkta (Mezotermal), su noksanı olmayan veya pek az olan, denizel iklimine yakın iklim (**AB'1rb'3**) tipine sahiptir.



Grafik 3.1. İnebolu çalışma alanına ait Thornthwaite su bilançosu grafiği

Tablo 3.4. Thornthwaite yöntemine göre İnebolu çalışma alanının su bilançosu değerleri

İli.....: Kastamonu														
İlçesi.....: İnebolu		Enlemi:41												
Yükselti (m).....: 1030		Boylamı:33												
Ölçme yılları.....: 1960-2015														
Bilanço elemanları		A Y L A R												YILLIK
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Sıcaklık	°C	-2,2	-0,6	2,7	7,1	10,8	16,9	18,7	18,5	14,8	10,4	5,7	1,5	9,3
Sıcaklık indisi	i	0	0	0,39	1,7	3,21	6,32	7,37	7,25	5,17	3,03	1,22	0,16	35,82
Düzeltilmemiş PE	mm	0	0	12,5	32	50	80	93	91	70	47	26	7	
Düzeltilmiş PE	PET	0	0	12,9	35,5	62,5	100,8	118,1	108,3	72,8	45,1	21,3	5,6	582,9
Yağış (mm)	y	153	130,4	121,1	93,1	95	93	90,3	102,1	135,4	184,2	167,5	185,9	1551
Depo Değişikliği	Dd	0	0	0	0	0	-7,8	-27,8	-6,2	62,6	37,4	0	0	
Depolama	D	100	100	100	100	100	92,2	64,4	58,2	100	100	100	100	
Gerçek Evapotranspirasyon	GET	0	0	12,9	35,5	62,5	100,8	118,1	108,3	72,8	45,1	21,3	5,6	582,9
Su Noksanı	Sn	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Su Fazlası	Sf	153	130,4	108,2	57,6	32,5	0	0	0	62,6	101,7	146,2	180,3	972,5
Yüzeysel Akış	Y1	166,7	141,7	119,3	82,9	45,1	16,2	0	0	31,3	82,1	123,9	163,3	972,5
Nemlilik Oranı	Ne	0	0	8,4	1,6	0,5	-0,1	-0,2	-0,1	0,9	139,1	6,9	32,3	
İklim Tipi	AB'1rb'3:Çok nemli, orta sıcaklıkta (Mezotermal), su noksanı olmayan veya pek az olan, denizel iklimine yakın iklim													

İlgaz çalışma alanı içinde, benzer şekilde yağışın enterpolesi için, $Ph=Po\pm 54h$ formülünden yararlanarak, Kastamonu İl Meteoroloji istasyonundan alınan veriler, 1250 m yükseklikteki çalışma alanına enterpole edilmiştir.

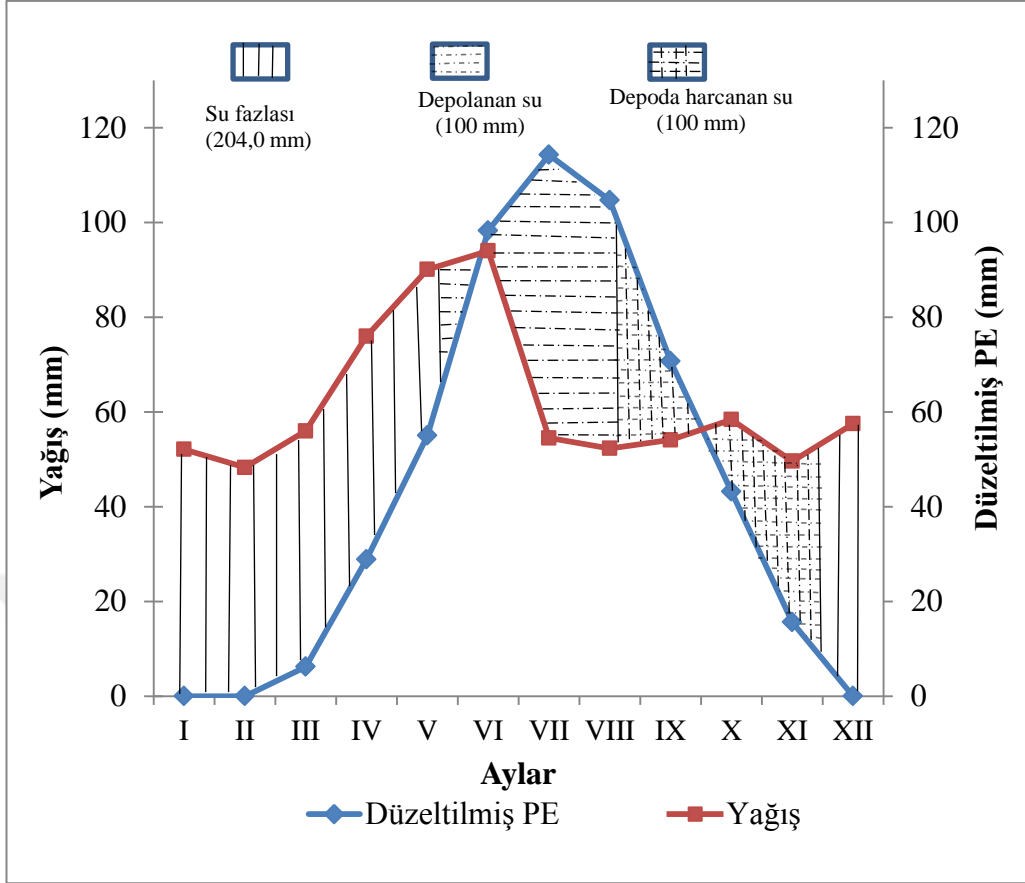
Sıcaklığın enterpolesi içinde, yine $y=a+bx$ formülünden yararlanılmıştır.

İlgaz çalışma alanının (1250 m) 1960-2015 yılları arasını kapsayan 55 yıllık meteoroloji verilerine göre ise; bölgede yıllık ortalama sıcaklık 8,2°C, yıllık toplam yağış 742,9 mm'dir (DMİ, 2016). Bölge nemli, mikrotermal iklim özelliğine sahiptir. En yüksek sıcaklık Ağustos ayında 28°C'dir. En düşük sıcaklık Ocak ayında -4,3'tür. Ortalama 94 mm yağış ile en nemli ay Haziran iken ortalama 48,3 mm yağış ile en kurak ay Şubat'tır (Tablo 3.5.). Ortalama nem %68,9'dur ve en yüksek nem kış aylarında %76,9, en düşük nem Temmuz ayında %59,1 olarak ölçülmüştür. Çalışma alanında kuzey ve güney rüzgarları hakimdir ve rüzgarın esme süresine bağlı olarak, hakim rüzgar yönleri Karadeniz'in yer aldığı kuzey-kuzeydoğu ve güney-güneybatıdadır.

Tablo 3.5. İlgaz çalışma alanına enterpole edilmiş bazı iklim verileri (1960-2015 yılları arasına ait 55 yıllık veriler)

Meteoroloji k Elemanlar	A Y L A R												Yıllık
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
EnYüksek Sıcaklık (°C)	3.1	6.0	11.1	16.5	21.2	24.6	27.8	28.0	23.9	17.9	10.9	4.8	3.1
En Düşük Sıcaklık (°C)	-4.3	-3.5	-0.7	3.6	7.5	10.5	12.5	12.4	9.0	5.3	0.9	-2.2	-4.3
Ortalama Sıcaklık (°C)	-4,2	-2,3	1,4	5,8	9,4	16,1	17,7	17,4	13,8	9,2	4,1	-0,4	8,2
Ortalama Yağış (mm)	52,1	48,3	56,0	76,0	90,1	94,0	54,5	52,3	54,1	58,4	49,6	57,5	742,9

İlgaz çalışma alanının Thornthwaite yöntemine göre oluşturulan su bilançosu grafiği (Grafik 3.2.) ve su bilançosu tablosuna göre (Tablo 3.6.) çalışma alanı nemli iklim, düşük sıcaklıkta (mikrotermal), su noksanı olmayan veya pek az olan, karasal iklimine yakın iklim (**B1C'2rb'1**) tipine sahiptir.



Grafik 3.2. Ilgaz çalışma alanına ait Thornthwaite su bilançosu grafiği

Tablo 3.6. Thornthwaite yöntemine göre Ilgaz çalışma alanın su bilançosu

İli,,, : Kastamonu														
İlçesi,,, : Ilgaz														
Enlemi:41														
Yükselti (m),,: 1250														
Boylamı:33														
Ölçme yılları,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,: 1960-2015														
Bilanço elemanları	A Y L A R													YILLIK
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
Sıcaklık	°C	-4,2	-2,3	1,4	5,8	9,4	16,1	17,7	17,4	13,8	9,2	4,1	-0,4	8,2
Sıcaklık indisi	i	0	0	0,15	1,25	2,60	5,87	6,78	6,61	4,65	2,52	0,74	0	31,17
Düzeltilmemiş PE	mm	0	0	6,0	26,0	44,0	78,0	90,0	88,0	68,0	45,0	19,0	0	
Düzeltilmiş PE	PET	0	0	6,2	28,9	55,0	98,3	114,3	104,7	70,7	43,2	15,6	0	536,9
Yağış	y	52,1	48,3	56,0	76,0	90,1	94,0	54,5	52,3	54,1	58,4	49,6	57,5	742,9
Depo Değişikliği	Dd	0	0	0	0	0	-4,3	-59,8	-35,9	0	15,2	34,0	50,8	
Depolama	D	100	100	100	100	100	95,7	35,9	0	0	15,2	49,2	0	
Gerçek Evapotranspirasyon	GET	0	0	6,2	28,9	55,0	98,3	114,3	104,7	70,7	43,2	15,6	0	536,9
Su Noksanı	Sn	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Su Fazlası	Sf	52,1	48,3	49,8	47,1	0	0	0	0	0	0	0	6,7	204,0
Yüzeysel Akış	Y1	29,4	50,2	49,1	48,4	23,5	0	0	0	0	0	0	3,4	204,0
Nemlilik Oranı	Ne	0	0	8,0	1,6	0,6	0	-0,5	-0,5	-0,2	0,3	2,2	0	
İklim Tipi	B1C'2rb'1: Nemli iklim, düşük sıcaklıkta (Mikrotermal), su noksanı olmayan veya pek az olan, karasal iklimine yakın iklim													

3.4. Çalışma Alanlarının Doğal Bitki Örtüsü ve Humus Tipleri

İnebolu çalışma alanında asli türlerden göknar ve sarıçam yanı sıra arazide yer yer doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) ile tarım alanlarında yabancı erik (*Prunus divaricata* var. *divaricata*), kuşburnu (*Rosa canina* L.) ile otsu bitkilerde mevcuttur. İnebolu çalışma alanında çok nemli iklim özelliğinin varlığı nedeniyle mull humus tipi daha çok görülmektedir. Mull humus formuna sahip alanlarda hem yüzey humusta hemde Ah- horizonunda ayrışma çok hızlı olup, çürüntü tabakasının olmadığı, toprak mikroorganizmalarının özellikle solucanların bol miktarda bulunduğu, toprak reaksiyonunun zayıf asit veya nötre yakın olduğu bir humus formudur (Çepel, 1995; 1996). Ölü örtüdeki yaprak (Leaf=Yaprak), çürüntü (Fermantation=Fermantasyon) ve humus (Humition) belirgin bir şekilde değildir. Bu tip humus tipleri genellikle sarıçam, karaçam, ladin gibi iğne yapraklı orman ağaçları altında, çok iyi biyolojik aktivitenin bulunduğu koşullarda görülmekte olup, ölü örtünün hızlıca ayrışarak ve mineral toprağa karıştığı ifade edilmektedir (Çepel, 1996). Ayrıca bu tip humuslarda C/N oranı 20'den az bir değere sahiptir.

Ilgaz çalışma alanında ise; seçme işletme orman kuruluşuna sahip göknarın hakim olduğu ormanlar yanında saf veya göknarla karışık olarak sarıçam türü alanda bulunmaktadır. Mera alanlarında ise otsu diri örtünün hakim olduğu görülmektedir. Ilgaz çalışma alanında ise mineral toprak üstünde oldukça kalın bir organik madde birikimi görülmektedir. Bu alanlarda da çürüntülü mull humus tipi daha çok hakimdir. Bu humus tipi genellikle OL-OF-OH-Ahe/Ae horizon katmanlarına sahip olup, horizonlar arasında keskin bir geçiş söz konusudur. Mineral toprakta podzolleşme olayı sıklıkla görülür ve elverişsiz biyolojik aktiviteden dolayı üzerindeki organik maddenin ayrışması oldukça yavaştır. Toprak faunası az bulunur ve toprak reaksiyonu şiddetli asidik ve besin elementleri (P, N ve Ca) bakımından fakirdir (Çepel, 1995; 1996).

3.5. Arazide Yapılan Çalışmalar

3.5.1. Örnek Alanlarının Seçimi

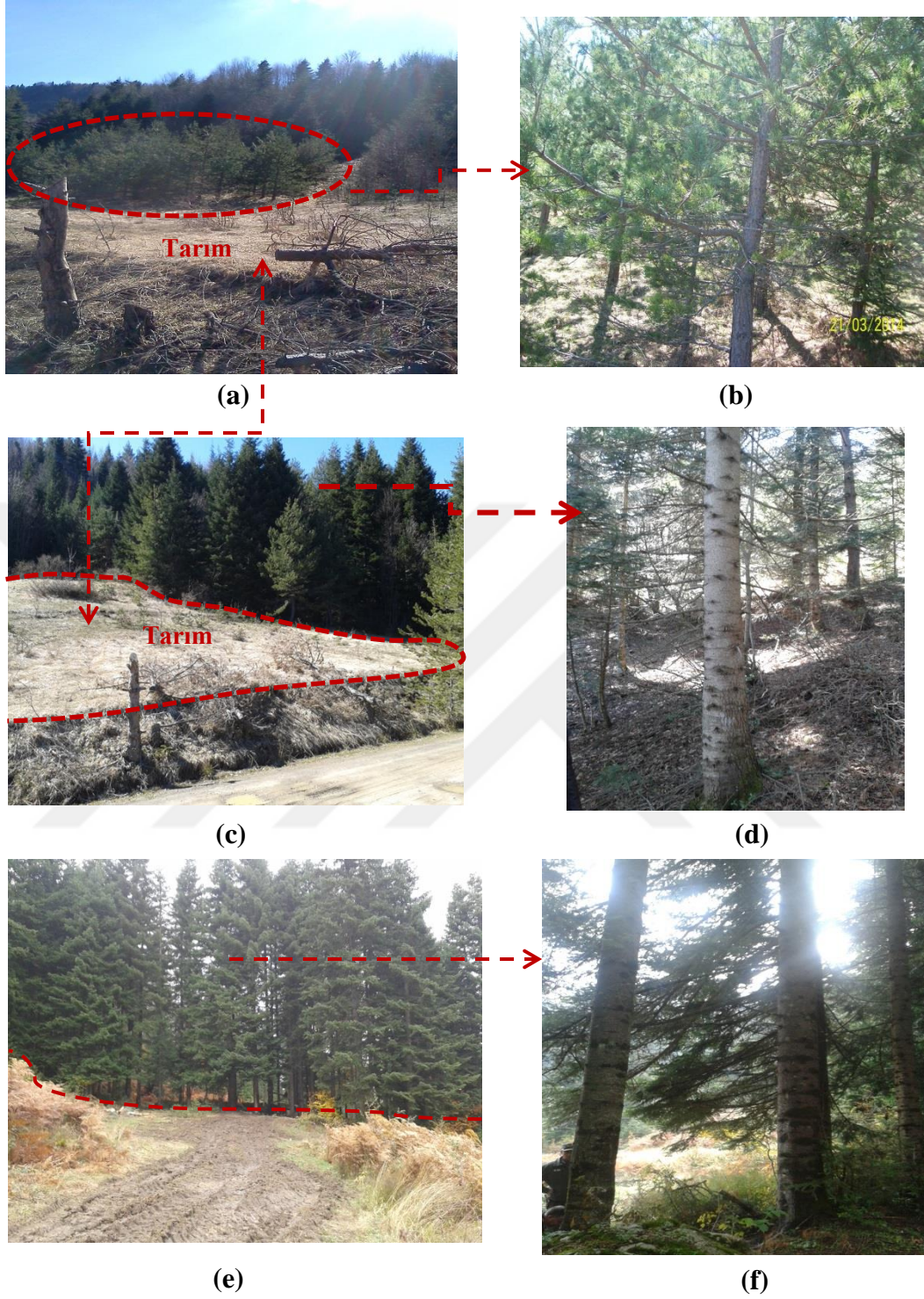
İnebolu ve Ilgaz alanlarında araştıma kapsamında çalışılacak alanların seçiminde her iki bölgenin İşletme müdürlüklerine gidilerek, meşcere haritalarında arazi dönüşümlerinin gerçekleştiği yerler tespit edilmiştir. Daha sonra bu alanlarda farklı yaşta bulunan göknar ve sarıçam ağaçları altında bu çalışmanın gerçekleştirilmesi öngörülmüştür.

Çalışmanın temel amacına uygun olarak İnebolu çalışma alanında farklı yaşlara sahip göknar (38, 60, 90 ve 100 yaşında) ve sarıçam (18 ve 30 yaşında) meşcereleri ile bitişiklerindeki tarım alanlarında örnek alanlar seçilmiştir (Fotoğraf 3.1.). Yerel halk ve İnebolu Orman İşletme Müdürlüğü çalışanları ile yapılan görüşmelerde, ormanlık alandan açılarak tarım alanına dönüştürülen arazinin 40 yıldır köylüler tarafından tarım alanları olarak kullanıldığı ifade edilmiştir.

Ilgaz çalışma alanında seçme işletmesi göknar ormanlarının hakim olduğu alanlarda (Fotoğraf 3.2.) ve bitişikindeki ormandan mera alanına dönüştürülmüş alanlarda çalışma yürütülmüştür (Fotoğraf 3.2.). Bu çalışma alanında örnek alanlar 6 farklı yaşlarda (57, 66, 183, 250, 283 ve 306 yaşında) göknar ağaçlarının yetiştiği yerlerden alınmıştır.

Her iki çalışma alanında da her bir yaşta ağaçlardan ve tarım/mera alanlarından üçer deneme alanı alınmıştır. Böylece toplam deneme alanı sayısı 45 olmuştur [12 farklı yaşlarda sarıçam ve göknar ağaçları+2 tarım+1 mera alanı =15x3 tekrar deneme alanı=45 deneme alanı). Bu deneme alanlarının toprak analizleri için çalışma alanından alınacak olan yerlerin koordinatlarını ve yükseltilerini belirlemede el tipi GPS kullanılmıştır.

Örnek alanlar yol, patika, insan etkisinden uzak, ekolojik olarak homojen, benzer arazi özelliği taşıyan ve 20x20 m=400 m² büyüklüğünde oluşturulan örnek alanlarda koordinatlar ile topoğrafik özellikler (eğim, bakı, yükselti) not edilmiştir.



Fotoğraf 3.1.İnebolu çalışma alanındaki araziden genel görüntüler (a) Genç saf sarıçam ağaçları (b) Arazideki ortalama yaşları 18 ve 30 olan sarıçam ağaçları (c) Tarım arazisinden genel görünüm (d) 60 yaşındaki göknarlardan genel görünüm (e) Yaşlı göknarların (90, 100 yıl) hakim olduğu ağaçlar (f) Ortalama yaşları 90 olan göknar ağaçları



(a)



(b)



(c)



(d)

Fotoğraf 3.2. Ilgaz çalışma alanındaki araziden genel görüntüler (a) 183 yaşındaki göknar ağacı (b) 250 yaşındaki göknar ağacı (c) 306 yaşındaki göknar ağacı (d) Mera alanı

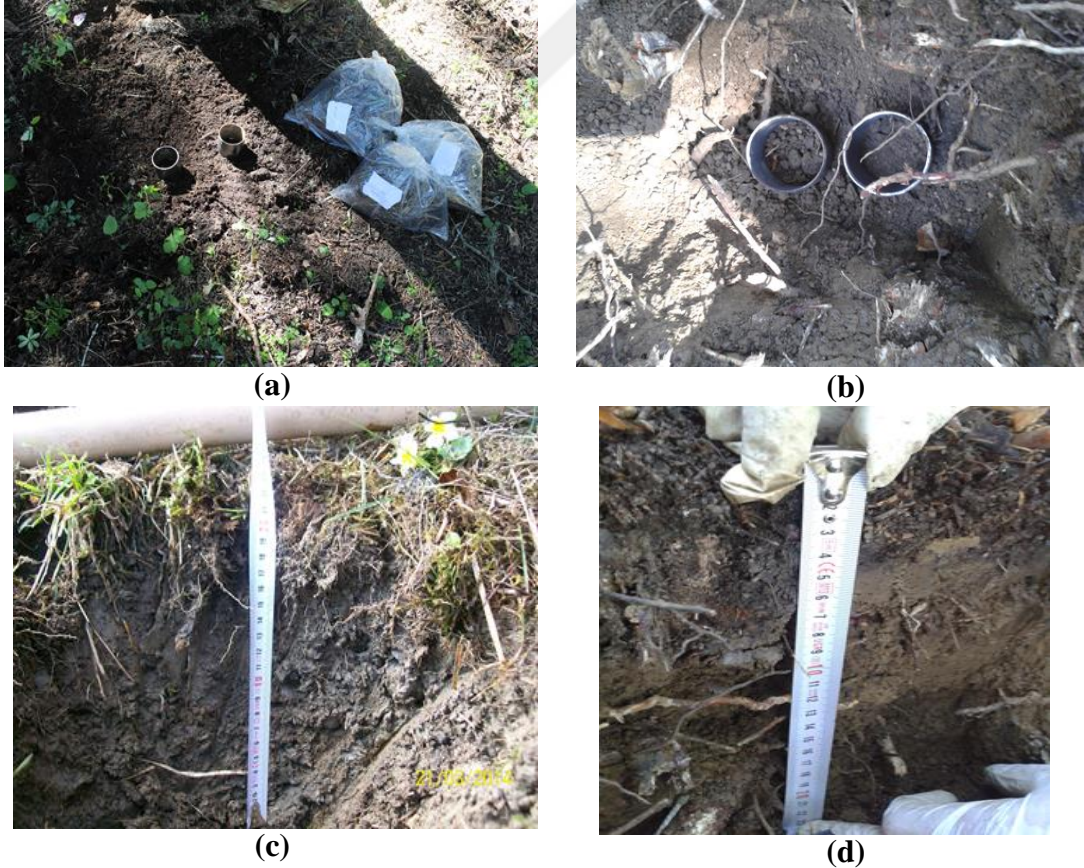
Her iki çalışma alanında, göknar ve sarıçam meşcerelerinde alınan her bir deneme alanında toprak ve ölü örtü örnekleme gerçekleştirilmiş ve deneme alanındaki ağaçların özellikleri tespit edilmiştir. Ek olarak, deneme alanlarının bitişiğindeki tarım veya mera alanlarından toprak örnekleme yapılmıştır.

3.5.2. Örnekleme Alanı Ağaç Özelliklerinin Belirlenmesi

Deneme alanlarından ağaçların ortalama yaşı, çapı ve kabuk kalınlıkları belirlenmiştir. Ortalama ağaç yaşını hesaplamada en az 3 ağaçtan olacak şekilde artım burgusu kullanılmıştır. Yerden göğüs yüksekliğindeki (130 cm) çapını ölçmede çap ölçer ile ağacın kabuk tabakasını belirlemede kabuk kalınlık ölçer kullanılmıştır.

3.5.3. Toprak Örneklerinin Alınması

Tarım alanından ormana (İnebolu) ve ormandan mera alanına (İlgaz) dönüştürülen alanlarda doğal yapısı bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleme yapılmıştır. Ormanlık alandan örnekleme yaparken iki ağaç arasından 3'er tane rastgele olmak üzere toprak örnekleme yapılmıştır. Çelik silindirler yardımıyla (5 cm çapında, 5 cm yüksekliğinde) yapısı bozulmamış toprak örnekleri, 2 tekerrürlü olmak üzere 5 farklı toprak derinlik kademesinden (0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm, 15-20 cm ve 20-30 cm) alınmıştır (Fotoğraf 3.3.a,b,c ve d). Çelik silindirlerle toprak örnekleri alınırken, çakma esnasında içindeki toprağın sıkıştırılmamasına ve silindirin sarsılarak doğal strüktürünün bozulmamasına özen gösterilmiştir (Brown ve Lugo, 1990; Armolaitis vd., 2013). Silindirler istenilen derinliğe kadar çakıldıktan sonra kenarları ve tabanı keskin bir bıçakla fazlalıklardan temizlenmiş, bütün yüzeyleri temizlenmiş ve polietilen torbalara yerleştirilmiştir (Sevim, 1956).



Fotoğraf 3.3. Arazide çelik silindirler yardımıyla farklı toprak derinliklerinden yapılan toprak örnekleme (a) 0-5 cm derinlikten örnekleme-57 yaşındaki göknar alanı (b) 15-20 cm derinlikten yapılan örnekleme-60 yaşındaki göknar alanı

(c) Tarım arazisinde 15-20 cm derinlikten yapılan örnekleme (d) 60 yaşındaki göknar alanında 0-30 cm derinlikteki toprak profili

Yapısı bozulmamış toprak örneklemesine ek olarak, deneme alanları topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemek için 0-30 cm derinlik kademesinden ayrıca doğal yapısı bozulmuş karma toprak örnekleri alınmıştır.

3.5.4. Ölü Örtü (L, F, H) Örneklemesi

Her bir örnek alanında 50 cm x 50 cm (0,25 m²) büyüklüğünde 3 adet rastgele seçilen yerlerde, mineral toprak üzerindeki ölü örtü ibre+çürüntü ve humus (L+F+H) tamamen toplanmış (Fotoğraf 3.4. a ve b) ve laboratuvara getirilmiştir. Araziden alınan ölü örtü yaprak+çürüntü ve humus örnekleri laboratuvara getirilerek etüvlerde 70°C sıcaklıkta sabit ağırlığa ulaşınca kadar kurutulmuştur. Örneklerin yaş ve kuru ağırlıkları arasındaki farktan elde edilen nem değerleri kullanılarak ölü örtü bileşenlerinin kuru ağırlıkları belirlenmiş ve hektara çevirme katsayısı (25) ile çarpılarak t/ha olarak miktarlar hesaplanmıştır (Makineci, 1999; Sevgi vd., 2011).



(a)

(b)

Fotoğraf 3.4. 50 cm x 50 cm (0,25 m²) büyüklüğündeki alandan ölü örtü örnekleri (a) İnebolu çalışma alanından 38 yaşındaki göknar ağaçları altındaki ölü örtü örnekleme (b) mineral toprak yüzeyinden ölü örtünün alınması

3.5.5. Ölü Örtü Ayrışma Deneyi için İbre Örneklemesi

Arazi şartları altında ibre ayrışma deneyini kurabilmenin en önemli önceliklerinden biri, vejetasyon dönemi sonunda toprak yüzeyine dökülen ibrelerin toplanmasıdır

(Swift vd., 1979). Bu amaçla, 2014 yılı Ekim ayı başlarında İnebolu çalışma alanındaki, farklı yaşlardaki saf göknar ve sarıçam meşcerelerinin orman toprağı üzerine düşmüş o yıla ait ibreleri toplanmıştır. Toplama esnasında, o yıla ait ibrelerin toplanılmasına, aşırı renkleşme gösteren ve mantarlar tarafından işgal edilmiş ibrelerin alınmamasına dikkat edilmiştir (Anderson ve Ingram, 1993; Sariyildiz, 2000). Toplanan ibreler kâğıt keselere konulmuş, etiketlenmiş ve laboratuvara götürülmüştür.

3.6. Laboratuvarında Yapılan Çalışmalar

3.6.1. Toprak Örneklerinin Analize Hazırlanması

Araziden getirilen doğal yapısı bozulmuş toprak örnekleri hava kurusu hale getirilmek üzere kurutma kâğıtları üzerine serilmiştir. Hava kurusu hale gelen topraklar usulüne uygun olarak porselen havanlarda ezilmiş, 2 mm'lik eleklerden geçirilmiş, plastik poşetlere konularak analize kadar soğuk bir ortamda muhafaza edilmiştir (Mubyana-John ve Masamba, 2014).

3.6.2. İbrelerin Kimyasal Analizi ve Ayrışma Deneyinin Kurulması

İbreler laboratuvarında ilk önce hava kurusu hale getirildikten sonra, 40°C'ye ayarlanmış fırında 48 saat bırakılarak fırın kurusu hale getirilmişlerdir. Bir miktar ibre örneğı, başlangıçtaki nem miktarları belirlemek amacıyla 85°C'ye ayarlanmış fırına konulmuş ve fırın kurusu hava kurusu farkından yararlanılarak başlangıçta içerdiği yüzde nem miktarı belirlenmiştir. Fırın kurusu haldeki ibrelerin bir kısmı ise yavaş bir şekilde elle kırılmıştır. Daha sonra bunlar plastik poşetlere konularak kimyasal analiz için saklanmıştır. Saklanan bu örnekler daha sonra 85°C'ye ayarlanmış fırında kurutulmuş ve bitki öğütme değirmeninde öğütülerek 1 mm'den daha küçük hale getirilmiştir. Öğütülen örneklerin içerdikleri toplam karbon, azot ve bazı makro ve mikro besin elementleri (fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum, sodyum ve alüminyum vb. konsantrasyonları) belirlenmiştir.

Ölü örtü örneklerinde azot (N) ve karbon (C) miktarı; kuru yakma yöntemine göre Eurovector EA3000-Single CNH-S elementer analiz cihazında tayin edilmiştir (Vesterdal ve Raulund- Rasmussen, 1998).

Spectro markalı Xepos II modeli olan XRF (X-Işını Floresans Spektrometresi) yardımıyla ölü örtü örneklerinde sodyum (Na), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), alüminyum (Al), fosfor (P) ile Potasyum (K) tayin edilmiştir (Cheng vd., 2009).



Fotoğraf 3.5. İbre ayrışma keselerinin hazırlanması

Farklı yaşlardaki göknar ve sarıçam ibrelerinin arazideki ayrışma sürecini belirlemek amacıyla; 20 cm x 20 cm genişliğinde, 0,5 mm'lik gözeneklere sahip, fiber ibre ayrışma keseleri kullanılmıştır (Sariyildiz, 2008a; Sariyildiz vd., 2008). Keseler içerisine 5 gram örnek konulmuştur (Fotoğraf 3.5.). Hazırlanan bu ibre ayrışma keseleri 2014 yılı Kasım ayında araziden ilk olarak toplandıkları farklı yaşlardaki göknar ve sarıçam ağaçlarının mineral toprak yüzeyine küçük demir çubuklarla uçlarından sabitleştirilmiştir (Fotoğraf 3.6.). İki yıllık olarak planlanan ayrışma deneyi için araziye toplam 120 ölü örtü poşeti [6 farklı ağaç yaşı (38, 60, 90 ve 100

yaşında göknar ibreleri ile 18 ve 30 yaşında sarıçam ibreleri) x 4 zaman periyodu (6 ayda bir) x 5 tekrar =120 adet ayrışma kesesi] bırakılmıştır. Her bir alandan 6 ayda bir her bir yağaç yaşı için 5'er poşet tesadüfî olarak seçilerek, toplam 30 poşet [6 farklı ağaç yaşı x 5 tekrar =30 ibre ayrışma kesesi] laboratuvara getirilmiştir.



(a)



(b)



(c)



(d)

Fotoğraf 3.6. İbre ayrışma deneyinin aşama aşama gösterimi

3.6.3. Toprak Örneklerinin Analizi

Araziden getirilen çelik silindir örneklerinin önce yaş ağırlıkları tartılarak belirlendikten sonra, 105°C'de 24 saat etüvde kurutularak fırın kuru ağırlıkları ortaya konulmuştur (Brown ve Lugo, 1990). Toprağın hacim ağırlığı; toprağın fırın kuru ağırlıkların silindir örneğinin hacmine oranı ile hesaplanmıştır (Irmak, 1954; Gülçur, 1974; Blake ve Hartge, 1986).

Hacim ağırlığı (HA) aşağıdaki eşitlikten değerleri hesaplanmıştır (Blake ve Hartge, 1986).

$$HA = Ka / Sh \quad (\text{Formül 5})$$

Burada;

Ka: Toprak örneğinin kuru ağırlığı (g),

Sh: örnek alma silindirisinin hacmi (cm³)'dir.

Daha önce analize hazır hale getirilen toprak örneklerinin ise, toprak pH, tekstür (kum, toz ve kil), toprak organik karbon ve azot miktarı ile bazı besin elementi miktarları (P, K, Ca, Mg, Na, Al) belirlenmiştir.

- Toprak örneklerinin pH'sı 1/2,5 toprak-saf su karışımında dijital pH metre ile ölçülmüştür (Jackson, 1962; T.S.E, 1990; Maddock vd., 2004; Leuschner vd., 2013).
- Mekanik analiz (Tekstür tayini) Bouyoucos'un hidrometre yöntemine göre toprakların tekstür tayini yapılmıştır (Bouyoucus, 1962; Anderson ve Ingram, 1993; Mubyana-John ve Masamba, 2014).
- Toprak makro ve mikro besin elementlerinin (P, K, Ca, Mg, Na, Al gibi konsantrasyonlar) belirlenmesi, Kastamonu Üniversitesi Merkez Laboratuvarında, Spectro markalı Xepos II modeli olan XRF (X-Işını FloresansSpektrometresi) yardımıyla belirlenmiştir (Cheng vd., 2009).
- Toplam organik karbonun ve azotun belirlenmesi, Kastamonu Üniversitesi Merkez Laboratuvarında, kuru yakma yöntemine göre, Eurovector EA3000-Single CNH-S elementer analiz cihazında tayin edilmiştir (Vesterdal ve Raulund- Rasmussen, 1998).

- Topraktaki organik karbon ve toplam azot depolama kapasiteleri, toprak kütlesi, hacim ağırlığı ve toplam karbon veya azot miktarları dikkate alınarak hesaplanmış ve sonuçlar ton (t) ha⁻¹ olarak verilmiştir (Lee vd., 2009). Bu amaçla, her bir derinlik kademesinin toprak kütlesi; hacim ağırlığı ve dönüşüm katsayıları kullanılarak, birimi t ha⁻¹ olarak aşağıdaki Formül 6'ya göre hesaplanmıştır;

$$\text{Toprak Kütlesi (Tki) (t ha}^{-1}\text{)} = (\text{HA} \times \text{Ti} \times 10^4) \quad (\text{Formül 6})$$

Burada, HA: hacim ağırlığını, Tki: i toprak derinliğini (m) ve 10⁴ ise dönüşüm katsayısını (m²/ha) ifade etmektedir.

Toprakta depolanan toplam organik karbon (TOK) veya toplam azot (TA) miktarı ise Formül 7'ye göre hesaplanmıştır.

$$\text{TOK veya TA-depolama kapasitesi (t C ha}^{-1}\text{ veya t N ha}^{-1}\text{): \%TOK veya \%TA} \times \text{Tki} \quad (\text{Formül 7})$$

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

3.6.4. İbre Kütle Azalmasının Belirlenmesi

Araziden toplanan ibre ayrışma keseleri içindeki ibrelerin yaş ağırlıkları belirlendikten sonra, 85°C'lik fırında 2 saat bırakılmıştır. Yaş ağırlık-fırın kurusu ağırlık farkından yararlanarak yüzde nem miktarı hesaplanmıştır (Sariyildiz, 2003; Sariyildiz, Tüfekçioğlu ve Küçük, 2004; Sariyildiz, 2008a; Sariyildiz vd., 2008; Berg vd., 2013; Enez, Arıcak ve Sariyildiz, 2015). Daha sonra, ibrelerin başlangıçtaki ağırlıklarına göre kaybettikleri kütle kaybı hesaplanmıştır (Sariyildiz ve Anderson, 2003a; Sariyildiz vd., 2005a; Enez vd., 2015).

İbre ayrışma keselerindeki örneklerin ağırlık kayıpları aşağıdaki formülle hesaplanmıştır;

$$\%RM = (Wt/W_0) \times 100 \quad (\text{Formül 8})$$

$\%RM$ = Kalan Kuru ağırlık yüzdesi

Wt = Örnekleme dönemindeki ağırlık

W_0 = Başlangıçtaki ağırlık

Ayrışma sabitesi (k) Olson'ın (1963) ayrışma modelinde kullandığı ve günümüzde de yaygın olarak kullanılan $Wt/W_0=e^{-kt}$ formülüne göre hesaplanmıştır. Burada, $Wt=t$ zamanındaki kalan kütleyi, W_0 ise başlangıçtaki kütleyi ifade etmektedir.

Yine Olson (1963) tarafından kullanılan, ayrışan ölü örtünün %50 kütle azalması için gereken tahmini süre $T_{50}=1/k$ ve %95 kütle azalması için gereken tahmini süre $T_{95}=3/k$ formülünden yararlanarak hesaplanmıştır.

3.7. Ofiste Yapılan Çalışmalar

Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) yardımıyla, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA)'nden temin edilen jeolojik haritalar ile Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü (KHGM-mülga)'nden alınan toprak haritaları yardımıyla; çalışma alanlarının anakaya grupları ve toprak özelliği belirlenmiştir. Ayrıca Orman Genel Müdürlüğü (OGM)'nden sayısal olarak alınan meşcere haritası yardımıyla her iki alanın meşcere türü tespit edilmiştir. Çalışma alanlarının iklimini belirlerken; Kastamonu Meteoroloji İl Müdürlüğü (KMİM)'nden temin edilen iklim parametreleri ile çalışma alanlarının iklim değerleri ortaya konulmuştur. İklim tipini belirlemede; Thornthwaite yöntemi kullanılmıştır. Bunun yanısıra meşcere tipini belirlemek için; meşcere haritaları; arazi eğimini, yükseltisini, konumunu ve bakışını belirlemek için ise 1/25.000 ölçekli topografik haritalardan yararlanılmıştır.

3.8. İstatistik Yöntemler

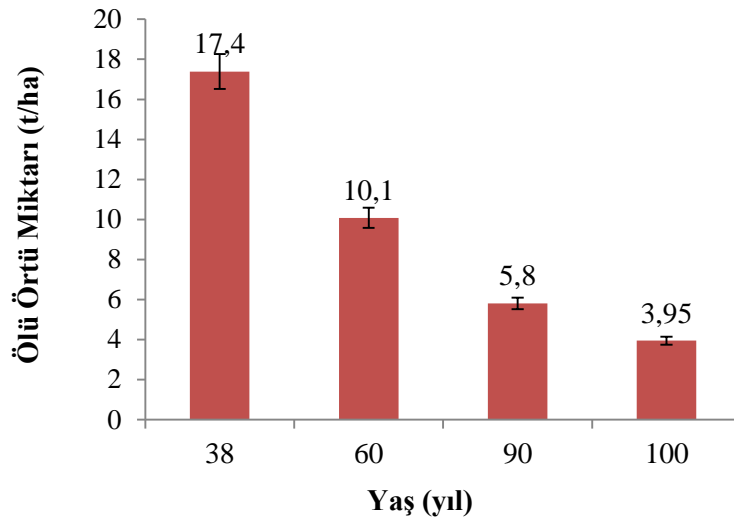
Arazi ve laboratuvarında yapılan çalışmaların sonucunda elde edilen veriler bilgisayarda istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Farklı yaşlardaki ağaçların ölü örtü miktarları, toprak özellikleri, ibre ayrışma süreçleri ile toprak organik karbon ve toplam azot depolama kapasitelerinin karşılaştırılmasında varyans analizi kullanılmıştır. Gökmar ve sarıçam türlerinin karbon ve azot depolama kapasiteleri üzerinde ağaç yaşı ve toprak derinliği ile her ikisinin önem derecesi çift yönlü ANOVA yardımıyla belirlenmiştir. Varyans analizi sonucuna göre karşılaştırılan gruplar arasında farklılıklar olduğunda gruplar arasındaki farklılıklar Tukey's testi ile analiz edilmiştir. İstatistiksel işlemler güncel 17.0 versiyon SPSS programı kullanılmıştır.

4. BULGULAR

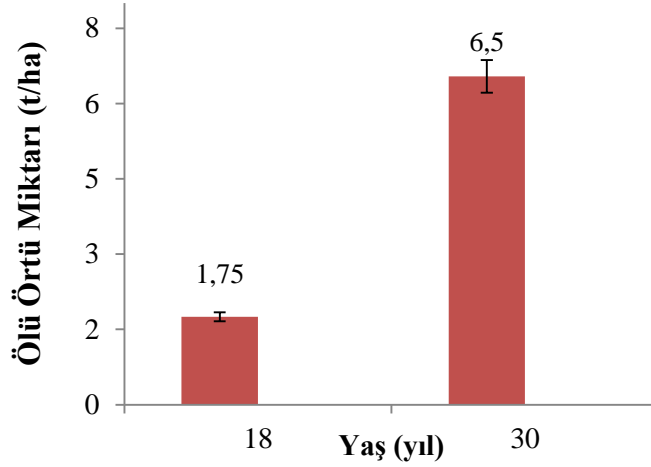
4.1. İnebolu Çalışma Alanına ait Bulgular

4.1.1. Ölü Örtü Miktarı

Göknar ve sarıçamın mineral toprak yüzeyindeki ortalama ölü örtü miktarı (L+F+H) anılan sıralamaya göre Grafik 4.1. ve Grafik 4.2.'de verilmiştir. Grafikler incelendiğinde; göknarda yaşa bağlı olarak, mineral toprak yüzeyinde biriken ölü örtü miktarında azalma, sarıçamda ise yaşa bağlı olarak ölü örtünün artış yönünde olduğu tespit edilmiştir. Ölü örtü miktarı en yüksek (17,4 t/ha) 38 yaşındaki göknar alanında, en düşük ölü örtü miktarı (3,95 t/ha) 100 yaşındaki göknar altında belirlenmiştir. Sarıçam için ise, 30 yaşındaki sarıçam altından ölü örtü miktarı (6,5 t/ha), 18 yaşındaki sarıçam altındaki değerden (1,75 t/ha) daha yüksek bulunmuştur.



Grafik 4.1. Farklı yaşlardaki göknar altındaki ortalama ölü örtü miktarı



Grafik 4.2. İki farklı yaşta sarıçam altındaki ortalama ölü örtü miktarı

4.1.2. Toprak Özellikleri

Farklı yaşlardaki göknar ve sarıçama ait deneme alanları ile bitişiğindeki tarım alanının, pH ve tekstürü (kum, toz, kil miktarları) Tablo 4.1.'de verilmiştir. Toprak pH değeri; en yüksek 90 yaşındaki göknar topraklarında (6,73) ve tarım alanı (6,76) topraklarında, en düşük pH 60 yaşındaki göknar (5,06) topraklarında belirlenmiştir. Farklı yaşlardaki türler ve arazi kullanım türleri arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar bulunmamıştır ($P>0.05$).

En yüksek kil (%54) ve toz miktarı (%38) 60 yaşındaki göknar topraklarında, en yüksek kum miktarı (%84) ise 90 yaşındaki göknar topraklarında tespit edilmiştir. Ayrıca, en düşük kil (%7) ve toz miktarı (%9) 90 yaşındaki göknar topraklarında, en düşük kum miktarı (%8) ise 60 yaşındaki göknar topraklarında belirlenmiştir (Tablo 4.1.).

Tablo 4.1. İnebolu çalışma alanlarının toprak özelliklerinin farklı arazi kullanım türü, ağaç yaşı ve toprak derinlik kademelerine (0-30 cm) göre değişimi

Arazi kullanımı	Yaş	pH	Kil (%)	Toz (%)	Kum (%)	Toprak Türü
Göknar	38	5,68	42c	26c	32b	Kil
	60	5,06	54d	38e	8a	Kil
	90	6,73	7a	9a	84d	Balçıklı kum
	100	6,40	9a	15ab	76d	Kumlu balçık
Sarıçam	18	5,90	36c	33de	31b	Killi balçık
	30	5,77	29b	30d	41c	Killi balçık
Tarım	-	6,76	39c	22bc	39c	Kumlu killi balçık

Farklı yaşlardaki göknar ve sarıçam ait deneme alanları üst topraklarının (0-30 cm) bazı besin elementi konsantrasyonları (P, K, Ca, Mg, Na, Al, Cl, Fe, Mn) Tablo 4.2.'de verilmiştir.

Tablo 4.2. İnebolu çalışma alanı toprakların (0-30 cm) farklı tür ve yaşa göre besin elementi miktarlarındaki değişimi

Tür Adı/Yaş	Derinlik (cm)	Makro Besin Elementleri				Mikro Besin Elementleri				
		Ca (%)	Mg (%)	K (%)	P (%)	Cl (%)	Na (%)	Fe (%)	Mn (%)	Al (%)
G38	0-5	0,40	0,98	1,84	0,09	0,015	1,03	4,19	0,14	8,87
G60		1,07	0,99	1,69	0,11	0,008	1,21	3,98	0,30	7,88
G90		1,34	0,89	1,59	0,12	0,011	0,89	5,90	0,17	8,57
G100		0,43	1,31	1,39	0,08	0,003	1,73	4,38	0,10	10,9
S18		0,54	0,93	1,85	0,07	0,001	1,33	4,21	0,16	8,50
S30		0,28	1,59	2,46	0,05	<0,0002	1,73	4,86	0,11	12,8

Üst topraklarda Na ve Mg değeri en düşük 90 yaşındaki göknar topraklarında (anılan sıralamaya göre %0,89 ve %0,89), en yüksek Na değeri 100 yaşındaki göknar ile 30 yaşındaki sarıçam topraklarında (her ikisinde de %1,73) ve en yüksek Mg değeri 30 yaşındaki sarıçam topraklarında (%1,59) belirlenmiştir (Tablo 4.2.).

En yüksek Al (%12,8) ve K değerleri (%2,46) 30 yaşındaki sarıçam topraklarında, en yüksek Fe (%5,90) ve Mn (%0,17) değerleri 90 yaşındaki göknar topraklarında tespit edilmiştir. Ayrıca en düşük Al değeri (%7,88) 60 yaşındaki göknar topraklarında ve en düşük K değeri (%1,39) 100 yaşındaki göknar topraklarında, en düşük Fe (%4,19) değeri 38 yaşındaki göknar topraklarında ve en düşük Mn (%0,10) değeri 100 yaşındaki göknar topraklarında belirlenmiştir (Tablo 4.2.).

En düşük P (%0,05), Cl (<0,0002) ve Ca değerleri (%0,28) 30 yaşındaki sarıçam topraklarında, en yüksek P (%0,12) ve Ca değerleri (%1,34) 90 yaşındaki göknar topraklarında tespit edilmiştir. En düşük Cl değeri (%0,015) ise 38 yaşındaki göknar topraklarında tespit edilmiştir.

4.1.3. Toprak Organik Karbon ve Toplam Azot Miktarı ile Depolama Kapasiteleri

Farklı yaşlardaki göknar ve sarıçam ait deneme alanları ile bitişiğindeki tarım alanının farklı toprak derinlik kademelerine göre hacim ağırlığı (HA), toprak organik karbon (TOK) ve toplam azot (TA) miktarları ve depolama kapasiteleri Tablo 4.3-Tablo 4.7. arasında verilmiştir.

Deneme alanın 0-5 cm toprak derinliğindeki topraklardaki TOK depolama kapasitesi yaklaşık 8 t/ha ile 44 t/ha arasında değişmekte olup, en düşük TOK depolama kapasitesi (8,4 t/ha) ile 30 yaşındaki sarıçam topraklarında, en yüksek TOK depolama kapasitesi (44,2 t/ha) ise 90 yaşındaki göknar topraklarında tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra en düşük TOK depolama kapasitesine sahip olan 30 yaşındaki sarıçam topraklarında da en düşük hacim ağırlığına ($0,60 \text{ g cm}^{-3}$) ulaştığı gözlemlenmektedir. Ayrıca topraklardaki TA depolama kapasitesi yaklaşık 0,6 t/ha ile 2 t/ha arasında değişmektedir. En düşük TA depolama kapasitesi (0,6 t/ha) ile 30 yaşındaki sarıçam topraklarında, en yüksek TA depolama kapasitesi (2,1 t/ha) 100 yaşındaki göknar ile 18 yaşındaki sarıçam topraklarında görülmektedir (Tablo 4.3.).

Tablo 4.3. 0-5 cm toprak derinliğindeki toprak hacim ağırlığı, TOK ve TA miktarları, C:N oranı ile depolama kapasitelerinin ağaç yaşı ve arazi kullanım türüne göre değişimi

0-5 cm toprak derinliği	Yaş	HA (g cm^{-3})	TOK (%)	TA (%)	C:N	TOK depolama kapasitesi (t/ha)	TA depolama kapasitesi (t/ha)
Göknar	38	1,08	5,23	0,26	20:1	28,2	1,40
	60	0,78	10,8	0,51	21:1	42,1	1,99
	90	0,97	9,12	0,39	12:1	44,2	1,89
	100	1,17	6,16	0,36	17:1	36,0	2,1
Sarıçam	18	1,37	4,56	0,31	15:1	31,2	2,1
	30	0,60	2,80	0,20	14:1	8,4	0,6
Tarım	-	1,00	4,52	0,32	14:1	22,6	1,6

Deneme alanın 5-10 cm toprak derinliğindeki topraklardaki TOK depolama kapasitesi yaklaşık 11 t/ha ile 35 t/ha arasında değişmekte olup, en düşük TOK depolama kapasitesi (11,1 t/ha) ile 90 yaşındaki göknar topraklarında, en yüksek TOK depolama kapasitesi (35 t/ha) ise 100 yaşındaki göknar topraklarında tespit

edilmiştir. Ayrıca topraklardaki TA depolama kapasitesi yaklaşık 1 t/ha ile 2 t/ha arasında değişmektedir. En düşük TA depolama kapasitesi (0,90 t/ha) 30 yaşındaki sarıçam topraklarında, en yüksek TA depolama kapasitesi (2,05 t/ha) ile 100 yaşındaki göknar topraklarında görülmüştür (Tablo 4.4.).

Tablo 4.4. 5-10 cm toprak derinliğindeki toprak hacim ağırlığı, TOK ve TA miktarları, C:N oranı ile depolama kapasitelerinin ağaç yaşı ve arazi kullanım türüne göre değişimi

5-10 cm toprak derinliği	Yaş	HA (g cm ⁻³)	TOK (%)	TA (%)	C:N	TOK depolama kapasitesi (t/ha)	TA depolama kapasitesi (t/ha)
Göknar	38	1,02	4,69	0,23	10:1	23,9	1,17
	60	1,49	3,33	0,19	18:1	24,8	1,41
	90	0,74	3,01	0,26	12:1	11,1	0,96
	100	1,52	4,61	0,27	17:1	35,0	2,05
Sarıçam	18	1,48	2,60	0,17	8:1	19,2	1,26
	30	0,84	3,19	0,23	3:1	13,4	0,90
Tarım	-	1,02	2,98	0,23	13:1	15,1	1,0

Deneme alanının 10-15 cm toprak derinliğindeki topraklardaki TOK depolama kapasitesi yaklaşık 7 t/ha ile 28 t/ha arasında değişmekte olup, en düşük TOK depolama kapasitesi (7,2 t/ha) 30 yaşındaki sarıçam topraklarında, en yüksek TOK depolama kapasitesi (28,6 t/ha) ise 100 yaşındaki göknar topraklarında tespit edilmiştir. Ayrıca topraklardaki TA depolama kapasitesi yaklaşık 0,6 t/ha ile 1,9 t/ha arasında değişmektedir. En düşük TA depolama kapasitesi (0,61 t/ha) ile 30 yaşındaki sarıçam topraklarında, en yüksek TA depolama kapasitesi (1,88 t/ha) ile 100 yaşındaki göknar topraklarında görülmüştür (Tablo 4.5.).

Tablo 4.5. 10-15 cm toprak derinliğindeki toprak hacim ağırlığı, TOK ve TA miktarları, C:N oranı ile depolama kapasitelerinin ağaç yaşı ve arazi kullanım türüne göre değişimi

10-15 cm toprak derinliği	Yaş	HA (g cm ⁻³)	TOK (%)	TA (%)	C:N	TOK depolama kapasitesi (t/ha)	TA depolama kapasitesi (t/ha)
Göknar	38	1,22	4,10	0,22	19:1	25,0	1,34
	60	1,04	2,18	0,14	8:1	11,3	0,73
	90	1,6	1,43	0,2	7:1	11,4	1,60
	100	1,57	3,64	0,24	15:1	28,6	1,88
Sarıçam	18	1,35	2,38	0,15	16:1	16,1	1,01
	30	0,72	1,99	0,17	12:1	7,2	0,61
Tarım	-	1,12	2,76	0,23	12:1	15,4	1,17

Deneme alanının 15-20 cm toprak derinliğindeki topraklardaki TOK depolama kapasitesi yaklaşık 6 t/ha ile 27 t/ha arasında değişmekte olup, en düşük TOK depolama kapasitesi (6,7 t/ha) ile 90 yaşındaki göknar topraklarında, en yüksek TOK depolama kapasitesi (27,1 t/ha) ise 38 yaşındaki göknar topraklarında tespit edilmiştir. Ayrıca topraklardaki TA depolama kapasitesi yaklaşık 0,7 t/ha ile 1,7 t/ha arasında değişmektedir. En düşük TA depolama kapasitesi (0,78 t/ha) ile 100 yaşındaki göknar topraklarında, en yüksek TA depolama kapasitesi (1,70 t/ha) ile 18 yaşındaki sarıçam topraklarında görülmüştür (Tablo 4.6.).

Tablo 4.6. 15-20 cm toprak derinliğindeki toprak hacim ağırlığı, TOK ve TA miktarları, C:N oranı ile depolama kapasitelerinin ağaç yaşı ve arazi kullanım türüne göre değişimi

15-20 cm toprak derinliği	Yaş	HA (g cm ⁻³)	TOK (%)	TA (%)	C:N	TOK depolama kapasitesi (t/ha)	TA depolama kapasitesi (t/ha)
Göknar	38	1,17	4,63	0,24	19:1	27,1	1,40
	60	1,36	2,44	0,16	15:1	16,6	1,09
	90	0,77	1,74	0,21	8:1	6,7	0,80
	100	0,78	1,87	0,2	9:1	7,3	0,78
Sarıçam	18	1,48	2,74	0,23	12:1	20,3	1,70
	30	0,80	3,14	0,22	14:1	12,5	0,80
Tarım	-	1,14	2,42	0,22	11:1	13,7	1,28

Deneme alanının 20-30 cm toprak derinliğindeki topraklardaki TOK depolama kapasitesi yaklaşık 20 t/ha ile 53 t/ha arasında değişmekte olup, en düşük TOK depolama kapasitesi (20,7 t/ha) ile 90 yaşındaki göknar topraklarında, en yüksek TOK depolama kapasitesi (53,5 t/ha) ise 100 yaşındaki göknar topraklarında tespit edilmiştir. Ayrıca topraklardaki TA depolama kapasitesi yaklaşık 1,7 t/ha ile 2,8 t/ha arasında değişmektedir. En düşük TA depolama kapasitesi (1,79 t/ha) ile 18 yaşındaki sarıçam topraklarında, en yüksek TA depolama kapasitesi (2,83 t/ha) ile 30 yaşındaki sarıçam topraklarında görülmüştür (Tablo 4.7.).

Tablo 4.7. 20-30 cm toprak derinliğindeki toprak hacim ağırlığı, TOK ve TA miktarları, C:N oranı ile depolama kapasitelerinin ağaç yaşı ve arazi kullanım türüne göre değişimi

20-30 cm toprak derinliği	Yaş	HA (g cm ⁻³)	TOK (%)	TA (%)	C:N	TOK depolama kapasitesi (t/ha)	TA depolama kapasitesi (t/ha)
Gök nar	38	1,10	3,81	0,21	18:1	41,9	2,31
	60	1,14	2,21	0,16	14:1	25,2	1,82
	90	1,13	1,83	0,23	8:1	20,7	2,59
	100	0,94	5,69	0,23	25:1	53,5	2,16
Sarıçam	18	1,28	2,2	0,14	16:1	28,2	1,79
	30	1,29	3,5	0,22	16:1	45,1	2,83
Tarım	-	1,17	2,3	0,2	12:1	26,9	2,34

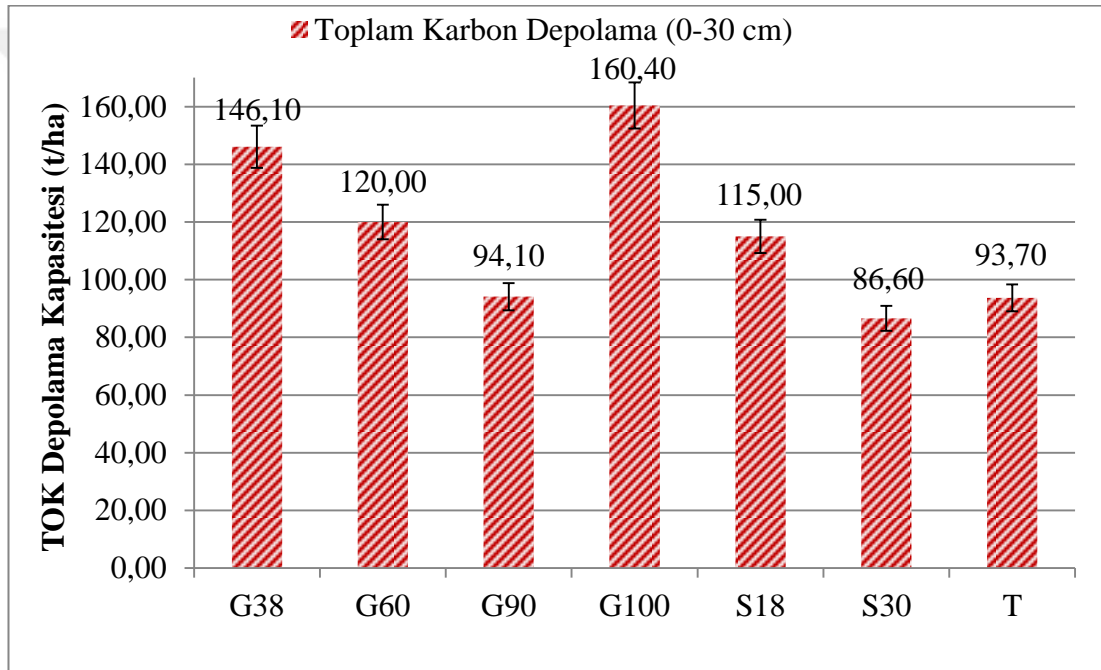
Gök nar ve sarıçam türlerinin karbon ve azot depolama kapasiteleri üzerinde ağaç yaşı ve toprak derinliği ile her ikisinin önem derecesi çift yönlü ANOVA yardımıyla belirlenmiş ve sonuçlar Tablo 4.8.'de verilmiştir. Her iki türde de, toprakta depolanan organik karbon ve azotun ağaç yaşı ve toprak derinliğine bağlı olarak önemli derecede ($P<0.001$) değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Her iki faktörün birlikte yaptığı etkinin de istatistiksel olarak anlamlı çıkması ($P<0.001$), toprak derinlik kademelerinde depolanan karbon ve azotun her zaman aynı sıralamayı göstermediği, ağaç yaşına bağlı olarak farklılıklar oluşturduğu anlamındadır.

Tablo 4.8. Gök nar ve sarıçam için TOK ve TA depolama kapasitelerinin ANOVA sonuçları

	Kaynaklar	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	Kısmi eta karesi
TOK-depolama kapasitesi (Gök nar)	Ağaç yaşı (AY)	1538,941	3	512,980	8,348***	,385
	Toprak Derinliği (TD)	4915,741	4	1228,935	20,000***	,667
	AY x TD	3410,812	12	284,234	4,626***	,581
	Error	2457,882	40	61,447		
TOK-depolama kapasitesi (Sarıçam)	Ağaç yaşı (AY)	243,336	1	243,336	29,377***	,595
	Toprak Derinliği (TD)	2222,098	4	555,525	67,067***	,931
	AY x TD	1221,957	4	305,489	36,881***	,881
	Error	165,663	20	8,283		
TA-depolama kapasitesi (Gök nar)	Ağaç yaşı (AY)	1,202	3	,401	10,622***	,443
	TD	10,052	4	2,513	66,624***	,869
	AY x TD	5,411	12	,451	11,955***	,782
	Error	1,509	40	,038		
TA-depolama kapasitesi (Sarıçam)	Ağaç yaşı (AY)	1,398	1	1,398	5,664*	,221
	TD	5,129	4	1,282	5,194**	,510
	AY x TD	2,119	4	,530	2,146	,300
	Error	4,938	20	,247		

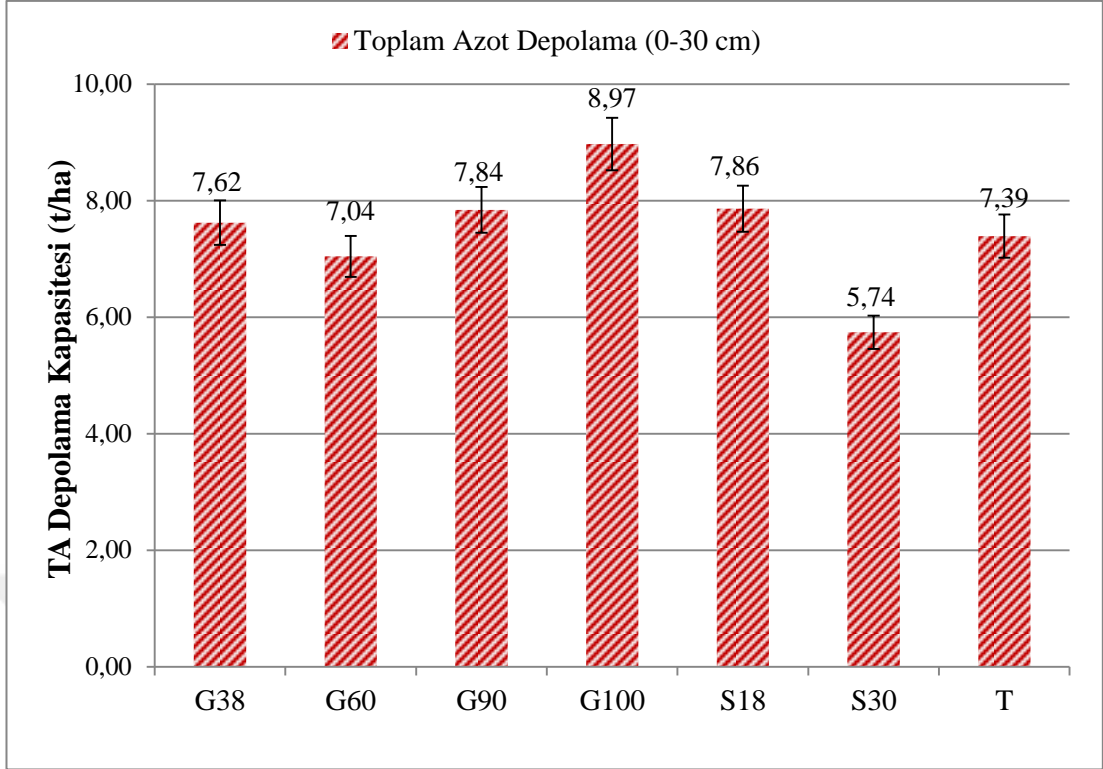
Yıldız sayısı önem derecesini ifade etmektedir: *, $P<0.05$; **, $P<0.01$; ***, $P<0.001$.

Çalışılan tüm derinlik kademeleri dikkate alınarak (0-30 cm) hesaplanan TOK-depolama kapasitesinin farklı ağaç yaşı ve tarım alanına göre değişimi Grafik 4.3.'te verilmiştir. 30 yaşındaki sarıçam topraklarında karbon depolanması en düşük belirlenirken ($86,60 \text{ ton C ha}^{-1}$), bunu sırasıyla tarım alanı ($93,7 \text{ ton C ha}^{-1}$), 90 yaşındaki göknar toprakları ($94,1 \text{ ton C ha}^{-1}$), 18 yaşındaki sarıçam toprakları ($115,0 \text{ ton C ha}^{-1}$), 60 yaşındaki göknar toprakları ($120,0 \text{ ton C ha}^{-1}$), 38 yaşındaki göknar toprakları ($146,1 \text{ ton C ha}^{-1}$) ve 100 yaşındaki göknar toprakları ($160,40 \text{ ton C ha}^{-1}$) takip etmiştir.



Grafik 4.3. TOK depolama kapasitesinin farklı ağaç yaşı ve tarım alanına göre değişimi

Çalışılan tüm derinlik kademeleri dikkate alınarak (0-30 cm) hesaplanan TA-depolama kapasitesinin farklı ağaç yaşı ve tarım alanına göre değişimi Grafik 4.4.'te verilmiştir. Toplam azot depolama kapasitesi en yüksek 100 yaşındaki göknar topraklarında ve 18 yaşındaki sarıçam topraklarında bulunurken ($8,97 \text{ ton N ha}^{-1}$ ve $7,86 \text{ ton N ha}^{-1}$), en düşük 30 yaşındaki sarıçam topraklarında ($5,74 \text{ ton N ha}^{-1}$) ve 60 yaşlarındaki göknar topraklarında ($7,04 \text{ ton N ha}^{-1}$) belirlenmiştir.

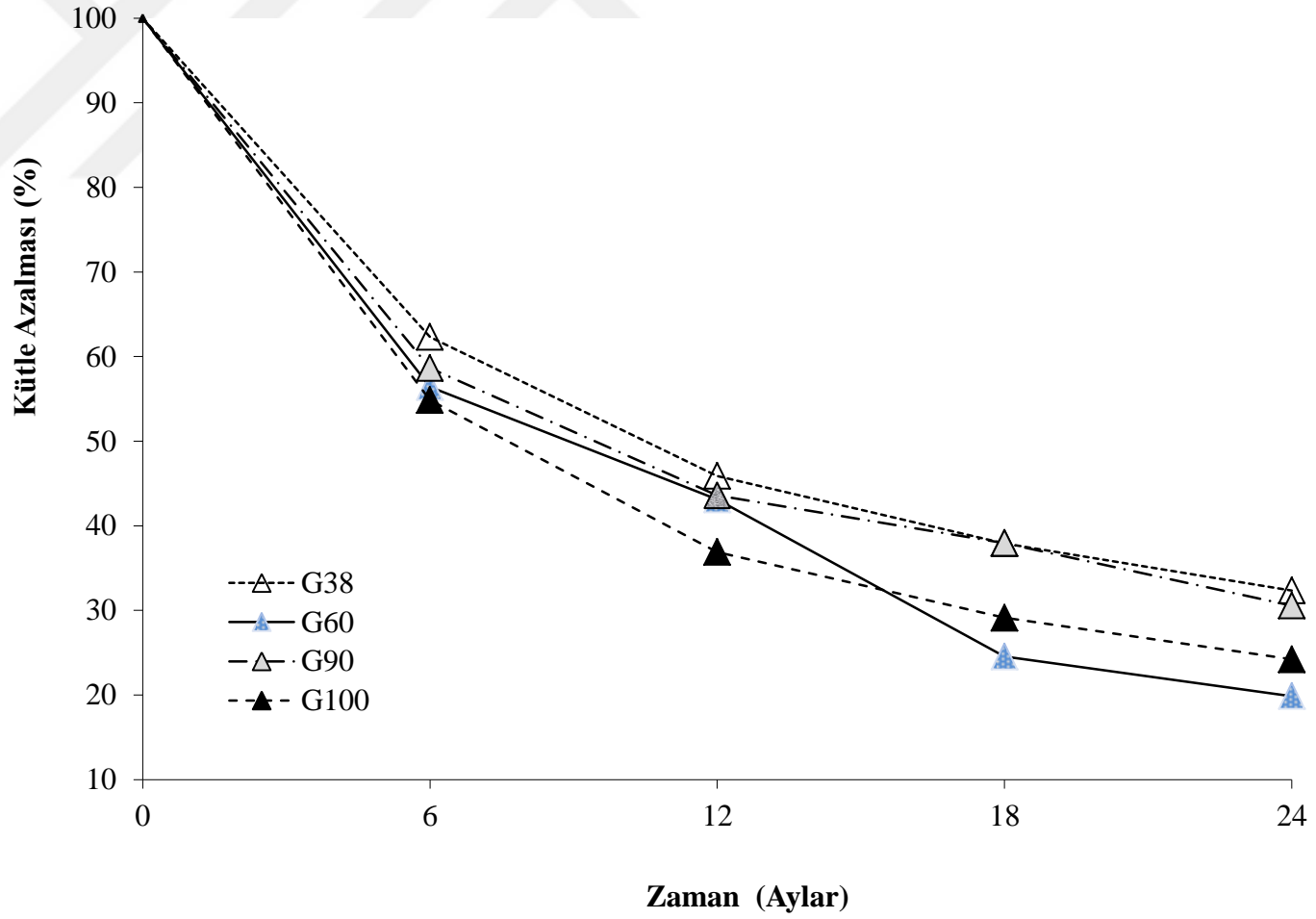


Grafik 4.4. TA-depolama kapasitesinin farklı ağaç yaşı ve tarım alanına göre değişimi

4.1.4. İbre Ayrışma Süreci

4.1.4.1. Farklı yaşlardaki göknar ibrelerinin ayrışması

Farklı yaşlardaki göknar ibrelerinin yine farklı yaşlardaki göknarlarda kütle azalması süreci Grafik 4.5.'te verilmiştir.



Grafik 4.5. Farklı yaşlardaki göknar ibrelerinin ağaç yaşına göre ortalama kütle azalması

Sayısal olarak farklı yaşlardaki göknar ibrelerinin azalan kütle miktarları Tablo 4.9.'da verilmiştir. Kütle azalması üzerinde ağaç yaşı ve zaman sonuçları ayrı ayrı gösterilmiş ve birlikte etkileri istatistiksel olarak Tablo 4.10.'da verilmiştir.

Tablo 4.9. Farklı yaşlardaki göknar ibrelerinin zamana bağlı olarak kalan kütle miktarları

Ağaç Türü/Yaşı	Zaman (Ay)				
	0	6	12	18	24
G38	100	62,3	45,9	37,9	32,4
G60	100	56,4	43,1	24,5	19,9
G90	100	58,6	43,6	38,0	30,6
G100	100	54,9	36,9	29,1	24,2

Tablo 4.10. Göknar ibrelerinin kütle azalması üzerinde yaş -zaman ve her ikisinin etkisi

İki Grup Arası Etki						
Bağımlı Değişken: Göknar ibreleri kütle azalması						
	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Oranı	Önem Düzeyi	Kısmi Eta Karesi
Düzeltilmiş model	11659,536 ^a	15	777,302	24,450	,000	,851
Intercept	282551,615	1	282551,615	8887,712	,000	,993
Ağaç yaşı (AY)	1247,809	3	415,936	13,083	,000	,380
Zaman (Z)	10004,609	3	3334,870	104,899	,000	,831
AYxZ	407,118	9	45,235	1,423	,197	,167
Hata	2034,641	64	31,791			
Toplam	296245,791	80				
Düzeltilmiş Toplam	13694,177	79				

a. $R^2 = ,851$ (Düzeltilmiş $R^2 = ,817$)

Göknar ibrelerinin ayrışma yüzdeleri ağaç yaşı ve zamana bağlı olarak önemli derecede ($P < 0.001$) farklılık göstermiştir. Her iki faktörün birlikte yaptığı etkinin istatistiksel olarak anlamsız çıkması ($P > 0.05$), yaşa göre ibrelerin ayrışmasında meydana gelen farklılıklar zamana bağlı olarak farklılık göstermediği, aynı yönde etki ettiği anlamındadır (Tablo 4.10.).

İki yıl süren ayrışma süreci incelendiğinde (Tablo 4.9. ve Grafik 4.5.), ilk 6 ay ve 12 aylık süre içinde en yüksek ibre ayrışması, 100 yaşındaki göknar ibrelerinde, en düşük ibre ayrışması ise 38 yaşındaki göknar ibrelerinde tespit edilmiştir. İlerleyen sürede, 18 ve 24 aylık zaman içerisinde ise en yüksek ibre ayrışması, 60 yaşındaki

göknar ibrelerinde, en düşük ibre ayrışması yine 38 yaşındaki göknar ibreleri ile 90 yaşındaki göknar ibrelerinde gözlemlenmiştir.

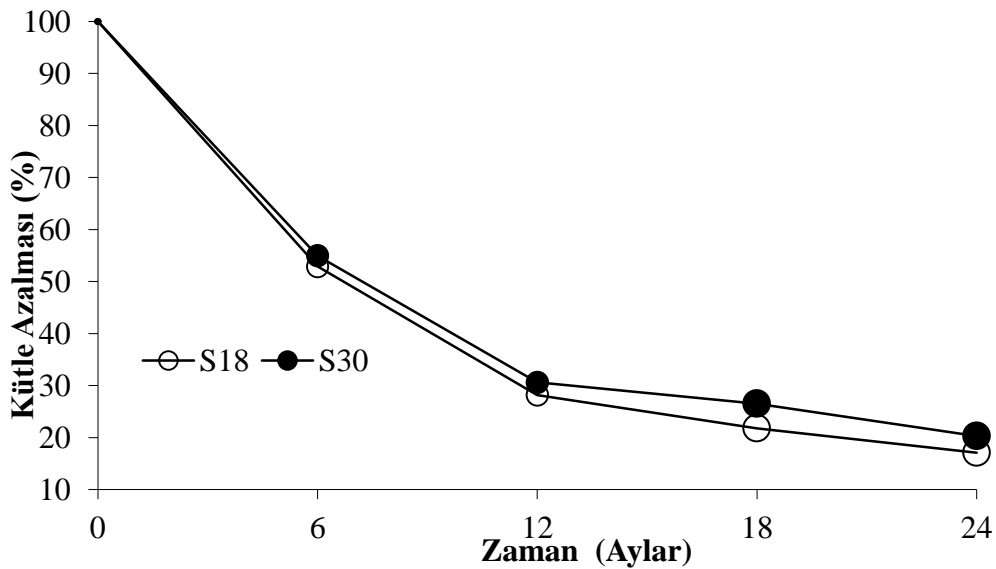
Farklı yaşlardaki göknar ibrelerinin ayrışma sabitesi (k) ve ayrışan materyalin %50 ve %95'ini kaybetmesi için gerekli olan tahmini süre Tablo 4.11.'de verilmiştir. Bu hesaplamalara göre, 100 ve 60 yaşındaki göknar ibreleri 38 ve 90 yaşındaki ibrelerden daha hızlı ayrışma göstermektedir.

Tablo 4.11. Farklı yaş altında ayrışan göknar ibrelerinin her 6 aya ait ayrışma sabiti (k) verileri ile ibrelerin %50 ve %95'ini kaybetmesi için gerekli olan tahmini süre

Yaşı	6.ay	12. ay	18.ay	24.ay	T ₅₀ (yıl)	T ₉₅ (yıl)
38	0,95	0,78	0,66	0,58	1,72	5,17
60	1,15	0,84	0,96	0,84	1,19	3,57
90	1,07	0,84	0,65	0,59	1,69	5,04
100	1,21	1,0	0,83	0,73	1,37	4,11

4.1.4.2. Farklı yaşlardaki sarıçam ibrelerinin ayrışması

Farklı yaşlardaki sarıçam ibrelerinin yine farklı yaşlardaki sarıçamda kütle azalması süreci Grafik 4.6.'da verilmiştir



Grafik 4.6. Farklı yaşlardaki sarıçam ibrelerinin ağaç yaşına göre ortalama kütle azalması

Sayısal olarak farklı yaşlardaki sarıçam ibrelerinin azalan kütle miktarları Tablo 4.12.'de verilmiştir. Kütle azalması üzerinde ağaç yaşı ve zaman sonuçları ayrı ayrı gösterilmiş ve birlikte etkileri istatistiksel olarak Tablo 4.13.'te verilmiştir.

Tablo 4.12. Farklı yaşlardaki sarıçam ibrelerinin zamana bağlı olarak kalan kütle miktarları

Ağaç Türü/Yaşı	Zaman (Ay)				
	0	6	12	18	24
S18	100	52,9	28,2	21,79	17,12
S30	100	55,0	30,6	26,53	20,32

Tablo 4.13. Sarıçam ibrelerinin kütle azalması üzerinde yaş -zaman ve her ikisinin etkisi

İki Grup Arası Etki						
Bağımlı Değişken: Sarıçam ibreleri kütle azalması						
	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Oranı	Önem Düzeyi	Kısmi eta karesi
Düzeltilmiş model	6709,431 ^a	7	958,490	46,776	,000	,911
Intercept	183616,050	1	183616,050	8960,711	,000	,996
Ağaç Yaşı (AY)	103,684	1	103,684	5,060	,031	,137
Zaman (Z)	6594,443	3	2198,148	107,273	,000	,910
AY x Z	11,304	3	3,768	,184	,907	,017
Hata	655,720	32	20,491			
Toplam	190981,200	40				
Düzeltilmiş Toplam	7365,150	39				

a. R²= ,911 (Düzeltilmiş R² = ,891)

Sarıçam ibrelerinin ayrışma yüzdeleri ağaç yaşı ve zamana bağlı olarak önemli derecede (anılan sıralamaya göre P<0.05 ve P<0.001) farklılık göstermiştir. Her iki faktörün birlikte yaptığı etkinin istatistiksel olarak anlamsız çıkması (P>0.05), ağaç yaşına göre ibrelerin ayrışmasında meydana gelen farklılıklar zamana bağlı olarak farklılık göstermediği, aynı yönde etki ettiği anlamındadır (Tablo 4.13.).

İki yıl süren ayrışma süreci incelendiğinde (Tablo 4.12. ve Grafik 4.6.), ilk 6 aydan başlayarak son 24 aya kadar en yüksek ibre ayrışması 18 yaşındaki sarıçam ibrelerinde, en düşük ibre ayrışma ise 30 yaşındaki sarıçam ibrelerinde tespit edilmiştir.

Farklı yaşlardaki sarıçam ibrelerinin ayrışma sabitesi (k) ve ayrışan materyalin %50 ve %95'ini kaybetmesi için gerekli olan tahmini süre Tablo 4.14.'te verilmiştir. Bu hesaplamalara göre, 18 yaşındaki sarıçam ibreleri 30 yaşındaki ibrelerden daha hızlı ayrışma göstermektedir.

Tablo 4.14. *Farklı yaş altında ayrışan sarıçam ibrelerinin her 6 aya ait ayrışma sabiti (k) verileri ile ibrelerin %50 ve %95'ini kaybetmesi için gerekli olan tahmini süre*

Yaş	6	12	18	24	T ₅₀ (yıl)	T ₉₅ (yıl)
18	1,28	1,29	1,03	0,91	1,10	3,30
30	1,20	1,20	0,89	0,80	1,25	3,75

4.1.4.3. *Ayrışan ibrelerdeki karbon ve azot miktarının zamana bağlı olarak değişimi*

Farklı yaşlı meşçereler altında ayrışan göknar ve sarıçam ibrelerinin içerdiği karbon ve azot miktarları ile C:N oranlarının zamana bağlı olarak değişimleri Tablo 4.15.'te verilmiştir.

İnebolu çalışma alanında kurulan ibre ayrışma deneyi sonuçlarına göre; göknar ve sarıçam ibrelerinde toplam azot ve karbon yüzdesi en fazla 6. ay ve 18. ay sonunda görülürken, en az azot yüzdesi 24. ay sonunda ve en az karbon yüzdesi 12. ay sonunda görülmüştür. Ortalama N ve C yüzdelere göre bakıldığında; en fazla N yüzdesi (%3,98) 18. ay sonunda ayrışan 18 yaşındaki sarıçam ibresinde, en az N yüzdesi (%0,66) ise; 24. ay sonunda ayrışan 30 yaşındaki sarıçam ibresinde gözlemlenmiştir. Ortalama C yüzdesi (%64,1) en fazla 6. ay sonunda ayrışan 60 yaşındaki göknar ibresinde, en az C yüzdesi (%48,3) 12. ay sonunda ayrışan 90 yaşındaki göknar ibresindedir. Sonuç olarak azot ile karbon arasında pozitif bir ilişki söz konusudur. Yani azot miktarı arttıkça ibrede depolanan karbon yüzdesi de artmaktadır. Ortalama C:N oranı (80:1) en fazla 24. ay sonunda ayrışan 60 yaşındaki göknar ibresi ile 30 yaşındaki sarıçam ibresindedir. En az C:N oranı (15:1) ise, 18. ay sonunda ayrışan 90 yaşındaki göknar ibrelerinde gözlenmiştir (Tablo 4.15.).

Tablo 4.15. Ayrışma sürecine bağlı olarak ibrelerin karbon (C), azot (N) ve C:N oranındaki değişimi

Yaş	Yaş	C, N ve C:N oranı	Başlangıçta	6. ay	12. ay	18. ay	24. ay	
Sarıçam	S18	C	54,1	61,0	50,2	62,6	51,3	
		N	1,33	3,59	2,02	3,98	0,81	
		C:N	41:1	17:1	25:1	16:1	63:1	
	S30	C	53,1	63,8	49,7	55,6	52,6	
		N	1,19	3,66	1,86	3,29	0,66	
		C:N	45:1	17:1	27:1	17:1	80:1	
Gök nar	G38	C	50,4	59,1	52,9	60,6	54,2	
		N	1,49	3,20	1,90	3,51	0,73	
			C:N	34:1	18:1	28:1	17:1	74:1
	G60	C	53,5	64,1	50,5	61,7	55,0	
N		1,11	3,36	1,81	3,42	0,69		
		C:N	48:1	19:1	28:1	18:1	80:1	
	G90	C	49,7	58,8	48,3	57,5	48,4	
		N	1,00	3,26	2,11	3,87	0,87	
		C:N	50:1	18,1	23:1	15:1	56:1	
	G100	C	53,2	59,2	51,9	61,1	50,3	
		N	1,39	3,21	2,07	3,76	0,80	
		C:N	38:1	18:1	25:1	16:1	63:1	

4.1.4.4. Ayrışan ibrelerdeki bazı besin elementlerinin zamana bağlı olarak değişimi

Farklı yaşlı meşçereler altında ayrışan göknar ve sarıçam ibrelerinin içerdiği bazı besin elementlerinin zamana bağlı olarak değişimi Tablo 4.16.'da verilmiştir.

İnebolu çalışma alanındaki ibre ayrışma deneylerinin 2 yıllık süre zarfında besin element değerlerinin değiştiği Tablo 4.16.'da görülmektedir (38 yaşındaki göknar ağaçları hariç). Genel olarak bakıldığında başlangıçtaki ibrelerden 24. ay sonuna kadar özellikle Al, Ca, Fe, Mg besin element miktarında artış olduğu gözlemlenmiştir. Na konsantrasyonunda ise zamana bağlı olarak azalış göstermiştir. 4 farklı yaştaki göknar ibrelerinde başlangıçtan 24. aya kadar ortalama Ca konsantrasyonlarına bakıldığında tür yaşına bağlı olarak artış gösterdiği görülmektedir. Bu değerler sırasıyla, en az 38 yaşındaki göknar ibrelerinde (2986 ppm) ve buna takriben 60 yaşındaki göknar ibrelerinde (34219 ppm), 90 yaşındaki göknar ibrelerinde (44336 ppm) ve 100 yaşındaki göknar ibrelerinde (43478 ppm) olarak gözlemlenmiştir. Sarıçam ibrelerinde ise bu durum tam tersi olmakla beraber en fazla ortalama Ca konsantrasyonu 18 yaşındaki sarıçam ibrelerinde (27396 ppm), en az ortalama Ca konsantrasyonu ise 30 yaşındaki sarıçam ibrelerinde (25058 ppm) gözlemlenmiştir (Tablo 4.16.).

İnebolu çalışma alanında kurulan ibre ayrışma deneyi sonuçlarına göre; göknar ve sarıçam ibrelerinde besin elementlerinden biri olan başlangıçta mangan en fazla 60 yaşındaki göknar ibrelerinde (3044 ppm) ve buna takriben 38 yaşındaki göknar ibresinde (2339 ppm), 30 yaşındaki sarıçam ibresinde (2292 ppm), 100 yaşındaki göknar ibresinde (2024 ppm), 18 yaşındaki sarıçam ibresinde (804 ppm) ve 90 yaşındaki göknar ibresinde (458 ppm) takip etmiştir. En az Mn besin elementi (355 ppm) 6. ay sonunda ayrışan 90 yaşındaki göknar ibresinde gözlemlenmiştir (Tablo 4.16.).

Tablo 4.16. *Ayrışma sürecine bağlı olarak ibrelerin bazı besin elementlerindeki değişimi*

Ağaç Yaşı	Ayrışma süreci (ay)	Makro Besin Elementleri					Mikro Besin Elementleri			
		Ca (ppm)	Mg (ppm)	K (ppm)	P (ppm)	S (ppm)	Na (ppm)	Mn (ppm)	Al (ppm)	Fe (ppm)
G38	Başlangıç	23630	2185	6065	1871	2073	4620	2339	2781	1068
	6	29860	1785	1099	1847	2034	4645	1532	4074	970
	12	29800	2207	1157	2115	2145	4770	1480	2677	537
	18	34155	2815	685	1658	2280	4780	1814	4205	1003
	24	31870	3591	1686	2028	2512	4735	1792	7204	2245
G60	Başlangıç	20500	1235	6221	1822	2023	4390	3044	1904	421
	6	32075	1832	842	1787	2072	4610	2033	2572	418
	12	35995	2280	1457	1844	2377	4740	1652	1655	435
	18	40700	2744	544	1697	2414	4335	1551	1502	278
	24	41825	2701	986	1906	2148	4225	1838	1744	524
G90	Başlangıç	33080	3034	7184	1780	2120	4520	458	1350	489
	6	42710	1815	1216	1556	1710	4160	355	1980	515
	12	45070	2281	1127	1949	2211	4675	448	2229	655
	18	48470	2377	643	1841	2300	4355	493	2375	797
	24	52350	2405	958	1919	2243	3945	475	2997	1084
G100	Başlangıç	32470	2113	7838	1570	1998	4450	2024	1797	494
	6	37890	1617	1055	1503	1841	4175	1746,5	4169	967
	12	43500	2551	959	1883	2347	4865	1442,5	1825	779
	18	48050	2656	613	1696	2402	4470	1716,5	2123	557
	24	54580	3125	658	1543	2366	3995	1669	2138	665
S18	Başlangıç	16450	2588	7203	2320	2408	5150	804,2	1553	598
	6	28675	2275	1341	1776	2320	4610	806,9	5192	1928
	12	30660	3262	1017	1484	2759	5215	725	4694	1744
	18	31540	3576	1238	1373	2737	4625	951,1	6660	2822
	24	29655	3713	1331	1237	2545	4905	1555,2	8431	3596
S30	Başlangıç	18410	2031	6815	2185	2233	4670	2292	2363	730
	6	20330	1104	1174	1368	1711	3615	1754	3803	1543
	12	27830	2951	1290	1633	2662	4870	1849	4690	1452
	18	28615	3203	1210	1417	2588	5010	2207,5	5821	2011
	24	30105	3265	976	1182	2389	4455	2365,5	4498	1722

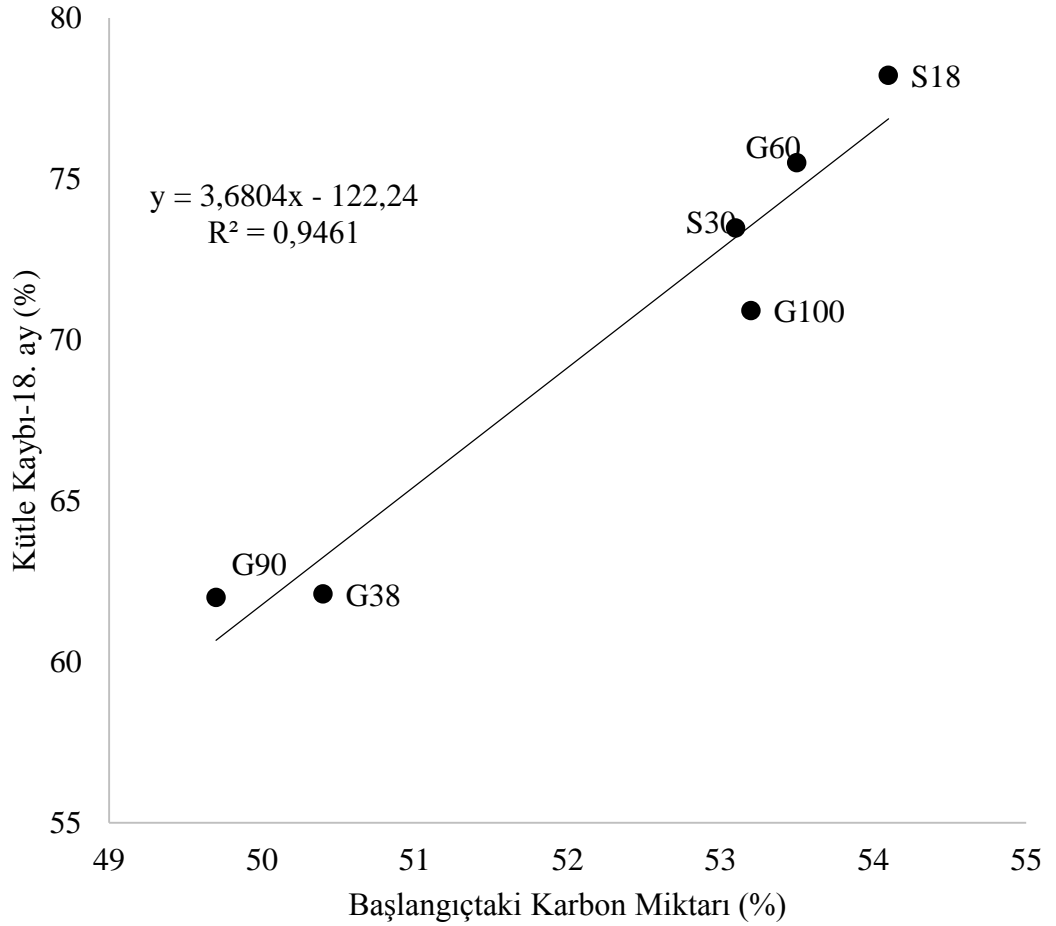
4.1.4.5. İbrelerin ayrışması üzerinde kimyasal etkisi

Farklı yaşlardaki ibrelerin başlangıçta içerdikleri karbon, azot ve C:N oranları ile kütle azalma oranları ilişkiye getirildiğinde (Tablo 4.17.), ibrelerin başlangıçta içerdikleri karbon miktarları ile kütle azalma oranları arasında pozitif yönde önemli bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir. Bu ilişki temsili olarak, en yüksek ilişkiyi gösteren ($r^2=0.946$) 18. aya ait kütle azalma değerleri ile başlangıçtaki karbon miktarı için Grafik 4.7.'de gösterilmiştir.

Tablo 4.17. Başlangıçtaki C, N ve C:N oranları ile 6, 12, 18 ve 24. aylarda belirlenen ayrışma yüzdeleri arasındaki ilişki

Başlangıçtaki	6	12	18	24	Korelasyon
	r ²	r ²	r ²	r ²	
C	0,723	0,514	0,946	0,895	+
N	0,022	0,011	0,0002	0,014	+
C:N	0,064	0,001	0,022	0,057	-

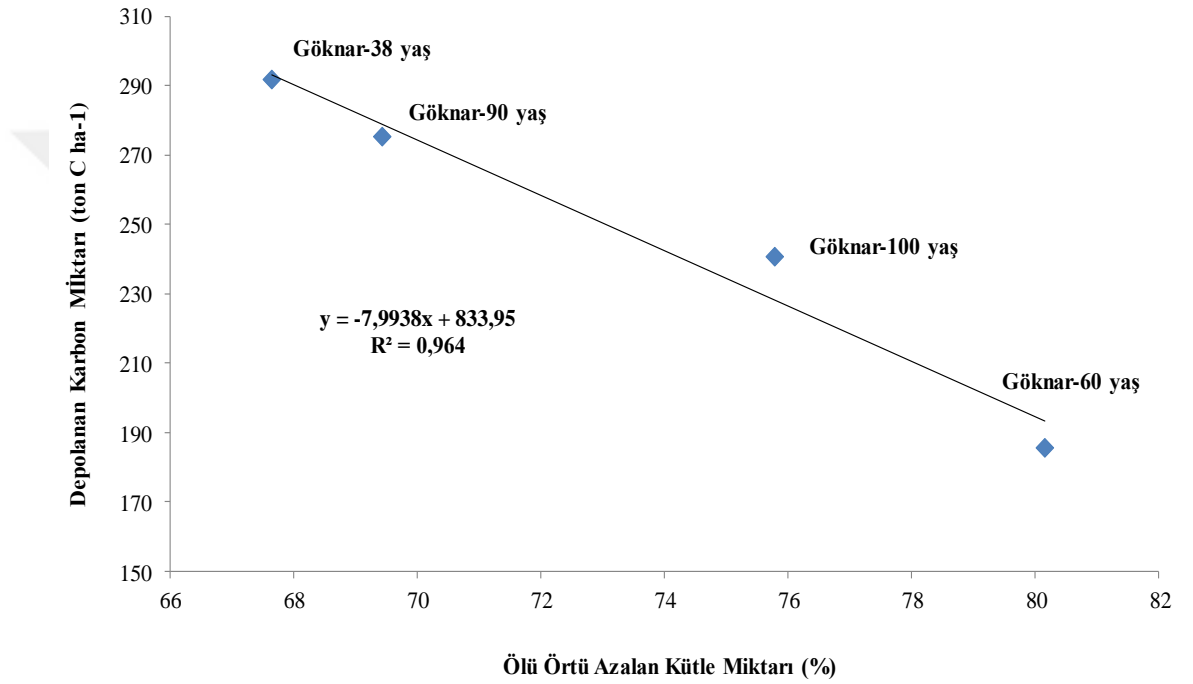
Grafik 4.7. incelendiğinde, başlangıçtaki karbon miktarı fazla olan G60 ve G100 ibrelerinin daha az karbon içeren G38 ve G90 ibrelerine göre ayrışma oranlarının daha fazla olduğu görülmektedir.



Grafik 4.7. Başlangıçtaki C miktarı ile 18. ayda belirlenen ayrışma yüzdeleri arasındaki ilişki grafiği

4.1.4.6. İbrelerin ayrışması ile toprak karbon depolama arasındaki ilişki

Toprakta depolanan organik karbon (0-30 cm) ile toprak yüzeyi ibre ayrışma değerlerini (24 ay sonu) ilişkiye getirdiğimizde, aralarında negatif bir ilişkinin olduğu belirlenmiştir. Yani, ibre ayrışma hızının artması toprakta depolanan toplam organik karbon miktarının azalmasına neden olmaktadır (Grafik 4.8.).

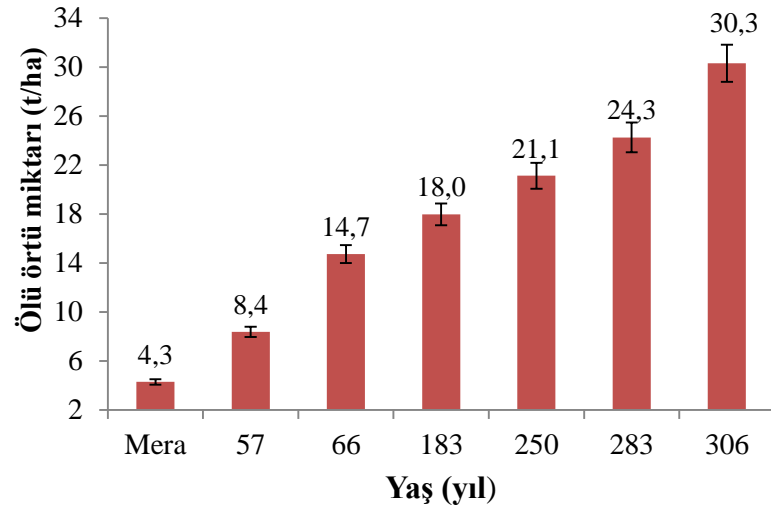


Grafik 4.8. İbre ayrışması (kütle azalması) ile toprak organik karbon depolama kapasitesi arasındaki ilişki

4.2. İlga Çalışma Alanına ait Bulgular

4.2.1. Ölü Örtü Miktarı

Farklı yaşlardaki gökmarın toprak yüzeyindeki ölü miktarının yaş ile birlikte artış gösterdiği tespit edilmiştir (Grafik 4.9.). En yüksek ölü örtü miktarı 306 yaşındaki gökmar altında (30,3 t/ha), en düşük ise 57 yaşındaki gökmar altında (8,4 t/ha) olarak belirlenmiştir. Mera alanı mineral toprak yüzeyindeki ölü örtü miktarı ise 4,3 t/ha olarak belirlenmiştir (Grafik 4.9.).



Grafik 4.9. Farklı yaşlardaki göknar altında ölü örtü miktarı

4.2.2. Toprak Özellikleri

Farklı yaşlardaki göknara ait deneme alanları ile bitişiğindeki mera alanının, toprak pH ve tekstürü (kum, toz, kil miktarları) Tablo 4.18.'de verilmiştir.

Toprak pH değeri en yüksek 57 yaşındaki göknar altı topraklarında, en düşük pH 306 yaşındaki göknar altı topraklarında belirlenmiştir. Bununla beraber, istatistiksel olarak farklı yaşlarda türler ile arazi kullanım türleri arasında önemli farklılıklar bulunmamıştır. 183 yaşındaki göknar toprakları en yüksek kum miktarı (%72) ve en düşük kil miktarına (%8) sahip olurken, 66 yaşındaki göknar toprakları en düşük kum (%57) ve en yüksek kil miktarına (%21) sahiptir. (Tablo 4.18.). En yüksek toz miktarı (%26) 250 yaşındaki göknar topraklarında, en düşük toz (%18) ise 306 yaşındaki göknar topraklarında tespit edilmiştir.

Tablo 4.18. *Ilgaz çalışma alanlarının toprak özelliklerinin farklı arazi kullanım türü, ağaç yaşı ve toprak derinlik kademelerine göre değişimi*

Arazi kullanımı	Yaş	pH	Kil (%)	Toz (%)	Kum (%)	Toprak Türü
Göknar	57	6,43	12b	23a	65b	Kumlu balçık
	66	5,98	21c	22a	57a	Kumlu killi balçık
	183	5,80	8a	20a	72c	Kumlu balçık
	250	6,11	8a	26b	66b	Kumlu balçık
	283	6,38	14b	22a	64b	Kumlu balçık
	306	5,51	13b	18a	69b	Kumlu balçık
Mera	-	5,62	9a	24a	67b	Kumlu balçık

4.2.3. Toprak Organik Karbon ve Toplam Azot Miktarı ile Depolama Kapasiteleri

Farklı yaşlardaki göknara ait deneme alanları ile bitişindeki mera alanının, farklı toprak derinlik kademelerine göre hacim ağırlığı (HA), toprak organik karbon (TOK) ve toplam azot (TA) miktarları ile depolama kapasiteleri Tablo 4.19.-Tablo 4.23. arasında verilmiştir.

Deneme alanın 0-5 cm toprak derinliğindeki topraklardaki organik karbon (TOK) depolama kapasitesi yaklaşık 9 t/ha ile 42 t/ha arasında değişmekte olup, en düşük TOK depolama kapasitesi (9,8 t/ha) ile 250 yaşındaki göknar topraklarında, en yüksek TOK depolama kapasitesi (41,7 t/ha) ise 183 yaşındaki göknar topraklarında tespit edilmiştir. Ayrıca topraklardaki toplam azot (TA) depolama kapasitesi yaklaşık 0,5 t/ha ile 2 t/ha arasında değişmektedir. En düşük TA depolama kapasitesi (0,57 t/ha) ile 250 yaşındaki göknar topraklarında, en yüksek TA depolama kapasitesi (2,04 t/ha) mera topraklarında görülmektedir (Tablo 4.19.).

Tablo 4.19. 0-5 cm toprak derinliğindeki toprak hacim ağırlığı, TOK ve TA miktarları, C:N oranı ile depolama kapasitelerinin ağaç yaşı ve arazi kullanım türüne göre değişimi

0-5 cm toprak derinliği	Yaş	HA (g cm ⁻³)	TOK (%)	TA (%)	C:N	TOK depolama kapasitesi (t/ha)	TA depolama kapasitesi (t/ha)
Göknar	57	0,26	20,4	0,78	26:1	26,5	1,01
	66	0,55	10,03	0,44	23:1	27,5	1,21
	183	0,68	12,29	0,5	25:1	41,7	1,70
	250	0,46	4,3	0,25	17:1	9,8	0,57
	283	0,91	6,95	0,38	18:1	31,6	1,73
	306	0,38	11,6	0,52	22:1	22,0	0,98
Mera	-	0,93	5,96	0,44	14:1	27,7	2,04

Deneme alanın 5-10 cm toprak derinliğindeki topraklardaki TOK depolama kapasitesi yaklaşık 4 t/ha ile 46 t/ha arasında değişmekte olup, en düşük TOK depolama kapasitesi (4,9 t/ha) ile 66 yaşındaki göknar topraklarında, en yüksek TOK depolama kapasitesi (46,8 t/ha) ise 306 yaşındaki göknar topraklarında tespit edilmiştir. Ayrıca topraklardaki TA depolama kapasitesi yaklaşık 0,5 t/ha ile 2 t/ha arasında değişmektedir. En düşük TA depolama kapasitesi (0,57 t/ha) ile 66

yaşındaki göknar topraklarında, en yüksek TA depolama kapasitesi (1,97 t/ha) ile 306 yaşındaki göknar topraklarında görülmüştür (Tablo 4.20.).

Tablo 4.20. 5-10 cm toprak derinliğindeki toprak hacim ağırlığı, TOK ve TA miktarları, C:N oranı ile depolama kapasitelerinin ağaç yaşı ve arazi kullanım türüne göre değişimi

5-10 cm toprak derinliği	Yaş	HA (g cm ⁻³)	TOK (%)	TA (%)	C:N	TOK depolama kapasitesi (t/ha)	TA depolama kapasitesi (t/ha)
Göknar	57	0,44	19,18	0,72	27:1	42,2	1,58
	66	0,57	1,74	0,2	9:1	4,9	0,57
	183	0,71	7,72	0,42	18:1	27,4	1,49
	250	0,34	16,81	0,74	23:1	28,6	1,25
	283	1,04	6,72	0,34	20:1	34,9	1,77
	306	0,68	13,76	0,58	24:1	46,8	1,97
Mera	-	0,85	3,69	0,26	14:1	15,6	1,10

Deneme alanın 10-15 cm toprak derinliğindeki topraklardaki TOK depolama kapasitesi yaklaşık 18 t/ha ile 45 t/ha arasında değişmekte olup, en düşük TOK depolama kapasitesi (18,23 t/ha) ile mera topraklarında, en yüksek TOK depolama kapasitesi (44,51 t/ha) ise 66 yaşındaki göknar topraklarında tespit edilmiştir. Ayrıca topraklardaki TA depolama kapasitesi yaklaşık 1 t/ha ile 2 t/ha arasında değişmektedir. En düşük TA depolama kapasitesi (1,08 t/ha) ile 57 yaşındaki göknar topraklarında, en yüksek TA depolama kapasitesi (2,0 t/ha) ile 306 yaşındaki göknar topraklarında görülmüştür (Tablo 4.21.).

Tablo 4.21. 10-15 cm toprak derinliğindeki toprak hacim ağırlığı, TOK ve TA miktarları, C:N oranı ile depolama kapasitelerinin ağaç yaşı ve arazi kullanım türüne göre değişimi

10-15 cm toprak derinliği	Yaş	HA (g cm ⁻³)	TOK (%)	TA (%)	C:N	TOK depolama kapasitesi (t/ha)	TA depolama kapasitesi (t/ha)
Göknar	57	0,62	7,35	0,35	21:1	22,7	1,08
	66	0,97	9,18	0,39	24:1	44,5	1,89
	183	1,04	6,6	0,36	18:1	34,3	1,87
	250	0,40	14,66	0,66	22:1	29,3	1,32
	283	1,12	4,01	0,27	15:1	22,4	1,51
	306	0,90	9,09	0,45	20:1	40,9	2,00
Mera	-	1,46	2,55	0,25	10:1	18,6	1,83

Deneme alanının 15-20 cm toprak derinliğindeki topraklardaki TOK depolama kapasitesi yaklaşık 5 t/ha ile 47 t/ha arasında değişmekte olup, en düşük TOK depolama kapasitesi (5,8 t/ha) ile 66 yaşındaki göknar topraklarında, en yüksek TOK depolama kapasitesi (46,6 t/ha) ise 250 yaşındaki göknar topraklarında tespit edilmiştir. Bununla beraber en düşük TOK depolama kapasitesine sahip olan türün topraklarında en düşük hacim ağırlığı ($0,37 \text{ g cm}^{-3}$) değerine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca topraklardaki TA depolama kapasitesi yaklaşık 0,4 t/ha ile 2 t/ha arasında değişmektedir. En düşük TA depolama kapasitesi (0,46 t/ha) ile 66 yaşındaki göknar topraklarında, en yüksek TA depolama kapasitesi (2,08 t/ha) ile 250 yaşındaki göknar topraklarında görülmüştür (Tablo 4.22.).

Tablo 4.22. 15-20 cm toprak derinliğindeki toprak hacim ağırlığı, TOK ve TA miktarları, C:N oranı ile depolama kapasitelerinin ağaç yaşı ve arazi kullanım türüne göre değişimi

15-20 cm toprak derinliği	Yaş	HA (g cm^{-3})	TOK (%)	TA (%)	C:N	TOK depolama kapasitesi (t/ha)	TA depolama kapasitesi (t/ha)
Göknar	57	0,76	10,21	0,46	22:1	38,8	1,74
	66	0,37	3,12	0,25	6:1	5,8	0,46
	183	1,26	4,47	0,22	20:1	28,2	1,39
	250	1,04	8,97	0,4	22:1	46,6	2,08
	283	0,98	5,63	0,32	18:1	27,5	1,57
	306	0,92	7,81	0,41	19:1	35,9	1,88
Mera	-	1,2	2,7	0,25	11:1	16,2	1,5

Deneme alanının 20-30 cm toprak derinliğindeki topraklardaki TOK depolama kapasitesi yaklaşık 13 t/ha ile 36 t/ha arasında değişmekte olup, en düşük TOK depolama kapasitesi (13,7 t/ha) ile 66 ve 183 yaşındaki göknar topraklarında, en yüksek TOK depolama kapasitesi (36,5 t/ha) ise 57 yaşındaki göknar topraklarında tespit edilmiştir. Ayrıca topraklardaki TA depolama kapasitesi yaklaşık 1 t/ha ile 3 t/ha arasında değişmektedir. En düşük TA depolama kapasitesi (1,28 t/ha) ile 306 yaşındaki göknar topraklarında, en yüksek TA depolama kapasitesi (3,03 t/ha) ile mera topraklarında görülmüştür (Tablo 4.23.).

Tablo 4.23. 20-30 cm toprak derinliğindeki toprak hacim ağırlığı, TOK ve TA miktarları, C:N oranı ile depolama kapasitelerinin ağaç yaşı ve arazi kullanım türüne göre değişimi

20-30 cm toprak derinliği	Yaş	HA (g cm ⁻³)	TOK (%)	TA (%)	C:N	TOK depolama kapasitesi (t/ha)	TA depolama kapasitesi (t/ha)
Göknar	57	0,81	4,51	0,26	17:1	36,5	2,10
	66	0,83	1,65	0,23	7:1	13,7	1,91
	183	1,06	1,3	0,18	7:1	13,7	1,91
	250	0,8	3,46	0,23	15:1	27,7	1,84
	283	0,71	4,22	0,35	26:1	29,9	2,49
	306	0,58	2,58	0,22	12:1	14,9	1,28
Mera	-	1,38	2,58	0,22	14:1	35,6	3,03

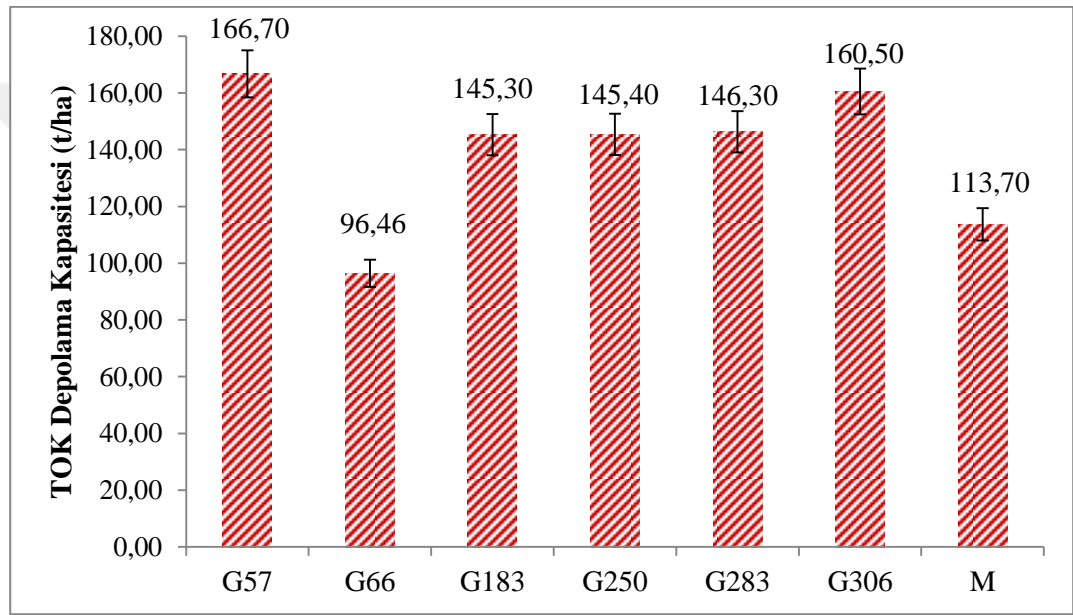
Göknar türünün karbon ve azot depolama kapasiteleri üzerinde ağaç yaşı ve toprak derinliği ile her ikisinin önem derecesi çift yönlü ANOVA yardımıyla belirlenmiş ve sonuçlar Tablo 4.24.'te verilmiştir. Her iki türde de, toprakta depolanan organik karbon ve toplam azotun ağaç yaşı ve toprak derinliğine bağlı olarak önemli derecede ($P<0.001$) değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Her iki faktörün birlikte yaptığı etkinin de istatistiksel olarak anlamlı çıkması ($P<0.001$), toprak derinlik kademelerinde depolanan karbon ve azotun her zaman aynı sıralamayı göstermediği, ağaç yaşına bağlı olarak farklılıklar oluşturduğu anlamındadır.

Tablo 4.24. Göknar için TOK ve TA depolama kapasitelerinin ANOVA sonuçları

	Kaynaklar	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	Kısmi eta karesi
TOK- depolama kapasitesi	Ağaç Yaşı (AY)	2721,339	5	544,268	3,642**	,233
	Toprak Derinliği (TD)	380,744	4	95,186	,637*	,041
	AY x TD	12762,006	20	638,100	4,270***	,587
	Error	8965,533	60	149,426		
TA- depolama kapasitesi	Ağaç Yaşı (AY)	3,271	5	,654	4,541**	,275
	Toprak Derinliği (TD)	4,723	4	1,181	8,197***	,353
	AY x TD	12,141	20	,607	4,214***	,584
	Error	8,643	60	,144		

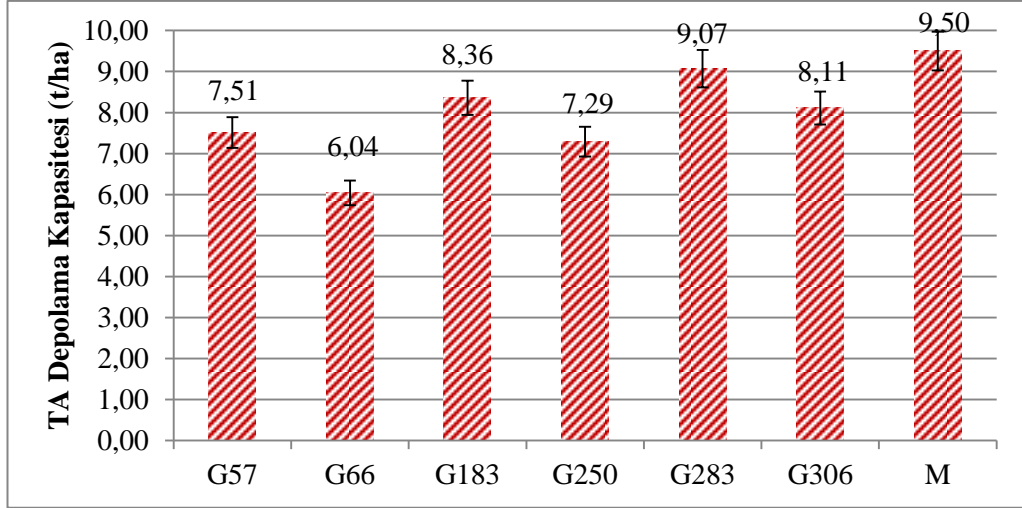
Yıldız sayısı önem derecesini ifade etmektedir: *, $P<0.05$; **, $P<0.01$; ***, $P<0.001$.

Çalışılan tüm derinlik kademeleri dikkate alınarak (0-30 cm) hesaplanan TOK-depolama kapasitesinin farklı ağaç yaşları ve mera alanına göre değişimi Grafik 4.10.'da verilmiştir. 66 yaşındaki göknar topraklarında karbon depolanması en düşük belirlenirken ($96,46 \text{ t C ha}^{-1}$), bunu sırasıyla mera toprakları ($113,7 \text{ t C ha}^{-1}$), 183 yaşındaki göknar toprakları ($145,3 \text{ t C ha}^{-1}$), 250 yaşındaki göknar toprakları ($145,4 \text{ t C ha}^{-1}$), 283 yaşındaki göknar toprakları ($146,3 \text{ t C ha}^{-1}$), 306 yaşındaki göknar toprakları ($160,5 \text{ t C ha}^{-1}$) ve 57 yaşındaki göknar toprakları ($166,7 \text{ t C ha}^{-1}$) takip etmiştir.



Grafik 4.10. TOK depolama kapasitesinin farklı ağaç yaşı ve mera alanına göre değişimi

Çalışılan tüm derinlik kademeleri dikkate alınarak (0-30 cm) hesaplanan TA depolama kapasitesinin farklı ağaç yaşı ve mera alanına göre değişimi Grafik 4.11.'de verilmiştir. Toplam azot depolama kapasitesi en yüksek 306 yaşındaki göknar topraklarında bulunurken ($16,0 \text{ t N ha}^{-1}$) ve bunu sırasıyla 183 yaşındaki göknar ile mera toprakları (her ikisinde de $15,9 \text{ t N ha}^{-1}$), 306 yaşındaki göknar toprakları ($15,4 \text{ t N ha}^{-1}$), 57 yaşındaki göknar toprakları ($14,3 \text{ t N ha}^{-1}$), 250 yaşındaki göknar toprakları ($13,4 \text{ t N ha}^{-1}$) ve 66 yaşındaki göknar toprakları ($10,1 \text{ t N ha}^{-1}$) takip etmektedir.



Grafik 4.11. TA depolama kapasitesinin farklı ağaç yaşı ve mera alanına göre değişimi

5. TARTIŞMA

5.1. Genel Tartışma

Ağaç yaşı ve arazi kullanım durumunun (orman-mera-tarım) toprak özellikleri, toprak organik karbon ve azot miktarı ile depolama kapasitesi, ölü örtü miktarı, ölü örtü kimyasal bileşimi ve ayrışma seyri üzerindeki etkisinin araştırıldığı çalışma sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde ağaç yaşının ve arazi kullanım durumunun çalışılan tüm bu özellikler üzerinde önemli derecede etkili olduğu tespit edilmiştir. Bununla beraber, özellikle ağaç yaşına bağlı olarak bu özelliklerde meydana gelen değişimler, her zaman doğrusal bir artma veya azalma yönünde olmayıp, ağaç yaşına, ağaç türüne, türün bulunduğu yerin topografyasına ve iklim özelliklerine bağlı olarak, yetiştiği ortamı özelliklerinin de meydana geldiği düşünülen farklılıklar nedeniyle, yaşa bağlı olarak artma-azalma şeklinde dalgalanmalar gösterebildiği görülmektedir. Örneğin, İnebolu çalışma alanında (1030 m yükseltide), mineral toprak yüzeyi üzerinde biriken ölü örtü miktarında, göknar için yaşa bağlı olarak (38, 60, 90 ve 100 yaş) azalma belirlenirken (Grafik 4.1.), aynı çalışma alanında sarıçam için (18 ve 30 yaş) artma belirlenmiştir (Grafik 4.2.). Ilgaz çalışma alanında ise (1250 m yükseltide) göknarın yaşa bağlı olarak (57, 66, 183, 250, 283 ve 306 yaş) mineral toprak yüzeyi üzerinde biriken ölü örtü miktarında doğrusal olarak bir artma olduğu tespit edilmiştir (Grafik 4.9.).

Diğer bir örnek, İnebolu çalışma alanında, göknar için en yüksek TOK depolama kapasitesi en yaşlı yaşta (100 yaşında) belirlenirken, genç yaşta (38 yaşında) önce artma, daha sonra azalma (60 ve 90 yaşında) ve 100 yaşında ise tekrar bir artma göstermiştir (Grafik 4.3.). Sarıçamda ise genç yaşta (18 yaşında) en yüksek belirlenen TOK depolama kapasitesi 30 yaşında bir azalma göstermiştir. Benzer şekilde, göknar için Ilgaz çalışma alanında, en yüksek TOK depolama kapasitesi en genç yaşta (57 yaşında) belirlenirken, ilerleyen yaşta (66 yaşında) önce azalma, daha sonra yaşa bağlı olarak artma (183 yaşında, 250 yaşında, 283 yaşında ve 306 yaşında) göstermiştir (Grafik 4.10.). Toplam azot depolama kapasitesi, İnebolu çalışma alanında göknar için ileri yaşlarda en yüksek değerlere sahip olurken (Grafik

4.4), sarıçam için ileri yaşlarda en düşük değerlere sahiptir. Ilgaz çalışma alanında ise göknar için TOK depolama kapasitesinde gözlenen duruma benzer şekilde yaşa bağlı olarak artma ve azalma yönünde dalgalanmalar göstermiştir (Grafik 4.11.).

İnebolu çalışma alanında, ormanlık alanlara bitişik tarımsal amaçlı kullanılan arazilerdeki ortalama toprak organik karbon depolama kapasitesi ($93,70 \text{ t C ha}^{-1}$), genel toplamda (0-30 cm toprak derinliği) (Grafik 4.3.), farklı yaşlarda göknar ağaçlarından daha düşük çıkmıştır ve 30 yaşındaki sarıçam ağaçları altındaki topraklardan daha düşük çıkmamıştır. Toprak azot depolama kapasitesi bakımından ise tarım alanının, genç göknar (60 yaş) ve sarıçam (30 yaş) ağaçları altındaki topraklardan daha yüksek olduğu görülmüştür (Grafik 4.4.).

Ilgaz çalışma alanında ise mera alanı topraklarının, ortalama organik karbon değeri ($113,70 \text{ t C ha}^{-1}$), benzer şekilde 60 yaşındaki göknar ağacı altındaki topraktaki değerden ($96,46 \text{ t C ha}^{-1}$) daha yüksek belirlenirken, diğer farklı yaşlı göknar altındaki topraklardan daha düşük bulunmuştur (Grafik 4.10.). Yine İnebolu tarım alanına benzer şekilde mera alanı toprakları da toprak azot depolama kapasitesi bakımından genç göknar ağaçlarına göre daha yüksek değerleri göstermiştir (Grafik 4.11.). Her iki çalışma alanında, tarım ve mera arazilerindeki yüksek organik karbon ve toplam azot depolama kapasitelerindeki yüksek değerlerin, bitişikteki ormanlardan gelen ölü örtünün bu alanlarda birikmesinden, tarım alanlarında legüme türü ürünlerin kullanılmasından, mera alanlarında hayvan otlatması sırasında toprağa geçen hayvan sıvı/katı dışkılarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Her iki çalışma alanında da, farklı yaşlardaki ağaçlar ve arazi kullanımları arasında toprak pH ve tekstür (kum, toz ve kil miktarları) bakımından istatistiksel olarak önemli farklılıklar bulunmamakla beraber ($P>0.05$), İnebolu çalışma alanında yaşlı göknar ağaçları altındaki topraklarda daha yüksek pH ve kum miktarına sahip oldukları görülmektedir. Sadece, İnebolu çalışma alanı topraklarında belirlenen toprak makro ve mikro besin elementleri bakımından, daha yaşlı (90 ve 100 yaşındaki) göknar topraklarında Ca, Mg, P, Cl, Na, Fe ve Al en yüksek değerlerde belirlenirken, daha genç (38 ve 60 yaşındaki) göknar ağaçlarında K ve Mn en yüksek değerlerde tespit edilmiştir (Tablo 4.2.).

Ağaç yaşına bağlı olarak doğrusal bir ilişkinin her zaman var olmadığı, iki yıl süren ayrışma süreci incelendiğinde de açık olarak görülmektedir (Tablo 4.9. ve Grafik 4.5.). 100 ve 60 yaşındaki göknar ibreleri 38 ve 90 yaşındaki ibrelerden daha hızlı ayrışma göstermektedir. Bununla beraber, 18 yaşındaki sarıçam ibreleri 30 yaşındaki ibrelerden daha hızlı ayrışma göstermiştir (Tablo 4.14.). Her iki türünde belirlenen farklı yaşlara ait ibrelerinin başlangıçta içerdikleri karbon ve azot miktarları ve C:N oranları ile ayrışma yüzdelerini ilişkiye getirildiğinde, ibrelerin başlangıçta içerdikleri karbon miktarları ile ayrışma yüzdeleri arasında önemli bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.17.). Yani, başlangıçta daha fazla karbon içeren 100 ve 60 yaşındaki göknar ibreleri, daha düşük karbon miktarına sahip olan 38 ve 90 yaşındaki ibrelerden daha hızlı ayrılmıştır.

Toprakta depolanan organik karbon (0-30 cm) ile toprak yüzeyi ibre ayrışma değerlerini (24. ay sonu) ilişkiye getirdiğimizde, aralarında negatif bir ilişkinin olduğu belirlenmiştir. Yani, ibre ayrışma hızının artması toprakta depolanan toplam organik karbon miktarının azalmasına neden olmaktadır (Grafik 4.8.).

İlerleyen tartışma bölümlerinde, yukarıda genel olarak tartışılan çalışma sonuçları, birkaç ana başlık altında bu konuda yapılmış çalışmalarla karşılaştırılarak irdelenmeye çalışılacaktır.

5.2. Arazi Kullanım Türünün Bazı Toprak Özellikleri, TOK ve TA Miktarı ile Depolama Kapasitesi Üzerindeki Etkisi

Arazi kullanım durumunun toprak özellikleri ve TOK ve TA depolama kapasiteleri üzerindeki etkisi birçok araştırmaya konu edilmiştir. Farklı veya benzer ağaç türlerinin kullanılarak gerçekleştirilen ulusal ve uluslararası çalışmalardan bazılarının sonuçları Tablo 5.1.'de karşılaştırma amacıyla verilmiştir. İnebolu çalışma alanında, göknar altındaki toprakların ortalama TOK depolama kapasitelerinin 0-30 cm toprak derinliği dikkate alındığında 94,10 t/ha ile 160,4 t/ha arasında, İlgez çalışma alanında ise bu değerlerin 96,46 t/ha ile 166,70 t/ha arasında değiştiği görülmektedir. Sarıçam

türü için ise bu değerler ortalama 86,60 t/ha ile 115,0 t/ha arasında değişmektedir. Ülkemizde, göknar (*A. bornmuelleriana*) türü üzerinde Kantarcı (1979) tarafından gerçekleştirilen çalışmada ortalama TOK değerinin 65,5 t/ha ile 196,2 t/ha arasında değiştiği, sarıçam için ise Çepel vd. (1977), Tolunay (1992; 1997, 2004) ve Güner (2006) tarafından 18,3 ile 448 t/ha arasında olduğu bildirilmiştir.

Sevgi vd. (2011) tarafından 50 yaşındaki göknar (*A. bornmuelleriana*) ve sarıçam türleri üzerinde gerçekleştirilen çalışmada, 0-30 cm toprak derinliği için ortalama TOK depolama kapasitesi anılan sıralamaya göre 79 t/ha ve 95 t/ha olarak bildirmiştir. Sariyildiz vd. (2016) tarafından Kastamonu’da aynı göknar türü kullanılarak gerçekleştirilen farklı bir çalışmada ortalama 82 ve 45 yaşlarındaki göknar ağaçlarının, 0-20 cm toprak derinliği için ortalama TOK depolama kapasitesi anılan sıralamaya göre 70,9 t/ha ve 61,3 t/ha olarak belirlenmiştir. Aynı çalışmada (Sariyildiz vd., 2016) ortalama 75 yaşındaki sarıçam topraklarının 0-20 cm derinlik kademesinde depoladığı TOK ortalama 72,9 t/ha olarak belirlenmiştir. Bu değerler ile toprak hacim ağırlığını ve toprak kütlelerini dikkate alarak hesaplanan farklı yaşlardaki göknar ve sarıçam türleri topraklarının TOK depolama kapasiteleri karşılaştırıldığında, bu çalışmaya ait değerlerin daha yüksek olduğu görülmektedir.

Tablo 5.1. Arazi kullanım türüne göre TOK ve TA konusunda yapılan çalışmalardan derlenen bazı çalışmalar

Arazi Kullanım Türü	Yaş/Yıl	Derinlik cm	Tür	Ağırlıklı Ortalama TOK	TA	Kaynaklar
Orman İnebolu Tarım	38	0-30	<i>Abies nordmanniana</i> subsp. <i>equi-trojani</i> <i>Pinus sylvestris</i> L.	146,10 t/ha	7,62 t/ha	Doktora tez değerleri
	60			120,00 t/ha	7,04 t/ha	
	90			94,10 t/ha	7,84 t/ha	
	100			160,40 t/ha	8,97 t/ha	
	18			115,00 t/ha	7,86 t/ha	
	30			86,60 t/ha	5,74 t/ha	
	-			93,70 t/ha	7,39 t/ha	
Orman İlgaz Mera	57	0-30	<i>Abies nordmanniana</i> subsp. <i>equi-trojani</i>	166,70 t/ha	7,51 t/ha	Doktora tez değerleri
	66			96,46 t/ha	6,04 t/ha	
	183			145,30 t/ha	8,36 t/ha	
	250			145,40 t/ha	7,29 t/ha	
	283			146,30 t/ha	9,07 t/ha	
	306			160,50 t/ha	8,11 t/ha	
	-			113,70 t/ha	9,50 t/ha	
Bozuk orman--Fas	63	0-100	<i>Q. suber</i> L.	121 (65-237)	-	Oubrahim vd., 2015
B. Orman Sırbistan	58-60	0-20	<i>P. nigra</i> Arnold <i>R.pseudoacacia</i>	24,6±13,7	0,130±0,04	Lukic vd., 2015
				24,6±5,6	0,156±0,02	

Tablo 5.1 'in devamı

Orman-Çin Tarım İkincil orman Kauçuk plant.	>200 4-5 30 30	0-120	<i>P. pinnata</i> <i>T. myriocarpa</i> <i>S. rediculata</i>	157,8±8,9 141,5±4,1 235,5±8,4 223,4±15	-	Li vd., 2015
Orman Plantasyon	3 12 27 37	0-100	<i>Caragana intermedia</i>	12,715 t/ha 20,793 t/ha 23,111 t/ha 27,652 t/ha	0,15 g/kg 0,33 g/kg 0,42 g/kg 0,68 g/kg	Tian vd., 2015
Orman- Kastamonu Genç gökknar Mera	85 77 75 82 45 -	0-20	<i>P. nigra</i> Arnold. <i>F. orientalis</i> Lipsky. <i>Pinus sylvestris</i> L. <i>A.nordmanniana</i> ssp. <i>bornmuelleriana</i>	78,8 t/ha 67,0 t/ha 72,9 t/ha 70,9 t/ha 61,3 t/ha 64,6 t/ha	4,20 t/ha 9,57 t/ha 5,77 t/ha 5,93 t/ha 6,82 t/ha 5,81 t/ha	Sariyildiz vd., 2016
Orman Nebraska Mera Tarım	130 - -	0-33	<i>Prunus serotina</i> <i>Robinia pseudoacacia</i> <i>Fraxinus</i> spp.	49,83 g/kg 33,83 g/kg 16,67 g/kg	4,31 g/kg 3,56 g/kg 1,73 g/kg	Martens vd., 2003
Orman Tarım Mera- Malawi	- - -	0-150	-	32,684 t/ha 10,799 t/ha 23,882 t/ha	0,845 t/ha 1,557 t/ha 1,349 t/ha	Walker ve Desanker, 2004
Orman Mera- Brezilya	- -	0-10	-	16,94 mg/ha 8,42 mg/ha	2,10 g/kg 1,20 g/kg	Maddock vd., 2004
Orman İstanbul	50	0-30	<i>Quercus petrea</i> <i>Picea orientalis</i> <i>Pinus nigra</i> <i>A.bornmuelleriana</i> <i>Pinus sylvestris</i> <i>Cedrus libani</i>	67 t/ha 86 t/ha 103 t/ha 79 t/ha 95 t/ha 115 t/ha	-	Sevgi vd., 2011
Orman Panama Mera	5-8 12-15 100	0-20	-	47,84 t/ha 49,80 t/ha 58,43 t/ha 46,96 t/ha	-	Neumann- Cosel vd., 2011
Orman Mera Mera Mera- Amazon	8 13 15	0-20	-	31,2 t/ha 37,4 t/ha 33,5 t/ha 30,7 t/ha	-	Braz vd., 2013
Asli orman Ağaç plant. İkincil orm Tarım Mera- Amazon	>100 10-20 ->20	0-20	-	22,2±2,0 20,5±8,5 26,6±2,7	1,8±0,2 1,6±0,5 1,5±0,5 2,3±0,3	McGrath vd., 2001

Tablo 5.1 'in devamı

Orman Mera Tarım PuertoRico	30 12 15	0-18	-	23,3±3,7 21,6±0,8 21,8±2,7	2,3±0,1 1,8±0,03 1,9±0,2	Lugo vd., 1986
Orman Tarım Mera İkincil ormandan tarıma İkincil Ormandan meraya	-	0-80	-	236,8 t/ha 212,1 t/ha 224,05 t/ha 231,6 t/ha 233,7 t/ha	-	Fearnside ve Barbosa, 1998
Orman Çalılık Tarım İspanya	<60	0-30	<i>P. halepensis</i> Mill.	72,5 t/ha 64,7 t/ha 51,8 t/ha	-	Miralles vd., 2009
Orman			<i>A.bornmuelleriana</i>	101,8 (65,5- 196,2) t/ha	-	Kantarcı 1979
Orman	-	-	<i>Pinus sylvestris</i> L.	78,0 (18,3- 448,0) t/ha	-	Çepel vd., 1977, 2006; Tolunay, 1992, 1997; 2004; Güner, 2006
Orman Litvanya	100	0-100	<i>Pinus sylvestris</i> L.	44 t/ha	2,283 t/ha	Armolaitis vd., 2013
Mera Orman Asli orman	10 20 30 80	0-10	<i>Tabebuia heterephylla</i> <i>Prestoea montana</i>	23,7(4,2) g/g 26,7(2,8) 28,7(3,5) 25,2(2,1) 30,4(2,9) 32,4(5,7)	0,9 (0,1) 1,1 (0,2) 1,3 (0,1) 1,0 (0,1) 1,4 (0,3) 1,3 (0,1)	Marin- Spiotta vd., 2009
Orman	20 40 450-550	0-20	<i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mirb).	157,0 t/ha 174,5 t/ha 97,4 t/ha	3,5 t/ha 7,5 t/ha 3,8 t/ha	Klopatek, 2002

İnebolu çalışma alanında, genel olarak arazinin tarım veya ormanlık alan olarak kullanımının toprak organik karbon ve toplam azot depolama kapasitesi üzerine etkisine yönelik çalışma sonuçları incelendiğinde, tarım alanının organik karbon ve toplam azot depolama kapasitelerinin ormanlık alanlardan daha düşük olduğu (Tablo 5.1.), fakat aralarındaki farkın diğer çalışmalarda belirtilen değerlerden oldukça düşük olduğu görülmektedir. Hatta tarım alanı topraklarının, 30 yaşındaki sarıçam topraklarından daha yüksek değerde karbon depoladığı belirlenmiştir. Benzer

şekilde, İlgaç çalışma alanında da mera alanı topraklarının 66 yaşındaki göknar topraklarından daha fazla organik karbonu toprakta depolamaktadır. Tarım ve mera alanında depolanan ortalama toplam azot miktarı ise ormanlık toprağına göre daha fazla veya aynı değerde belirlenmiştir.

Genel olarak incelenen literatürdeki ulusal ve uluslararası çalışmalarda, toprak organik karbon depolamanın en fazla orman topraklarında olduğu görülmektedir. Örneğin, Walker ve Desanker (2004) tarafından yapılan çalışmada, orman alanındaki TOK depolama (32,7 t/ha) mera (23,9 t/ha) ve tarım (10,8 t/ha) alanlarından yüksek iken toplam azot depolama bunun tam tersi mera (1.35 t/ha) ve tarım alanlarında (1,56 t/ha) orman alanına göre (0.845 t/ha) daha yüksek belirlenmiştir. Bununla beraber, orman-tarım-mera toprakları arasında TOK depolama bakımından önemli bir farkın bulunmadığı çalışmalarda literatürde yer almaktadır (Tablo 5.1.) (örneğin, McGrath vd., 2001; Neumann-Cosel vd., 2011; Braz vd., 2013). McGrath vd. (2001) tarafından gerçekleştirilen çalışma sonuçlarında, mera alanlarının toplam azot depolamasının (2,3±0,3) orman alanlarından (1,8±0,2) daha fazla olduğu bildirilmiştir. Lugo vd. (1986), Maddock vd. (2004) ise çalışmalarında orman alanlarının mera ve tarım alanlarından daha fazla toplam azot depolamasına sahip olduğunu bulmuştur (Tablo 5.1.).

Orman toprağının daha fazla organik karbon tutma kapasitesine sahip olmasının en önemli sebepleri arasında; arazinin ormandan tarıma dönüştürülmesi durumunda örtünün ortadan kalkması ile toprak organik madde kaynağının azalması, toprakta depolanan karbon miktarının azalması, toprakların işlenmesi ile organik maddenin daha da hızlı ayrışması ve erozyon riskinin artması ile organik madde miktarınca zengin üst toprakların taşınması olduğu ifade edilmektedir. Organik madde bakımından zengin topraklarda toprak sürülmesi işleminin yapılması durumunda, toprağın hava kapasitesi artacağından ayrışma artacaktır ve sızıntı sularıyla ayrılmış olan organik maddeler taşınarak alanı terk edebilecektir. Fakat fakir topraklarda yapılan arazi işlemeyle dikilen fidanların gelişimi artmaktadır. Buna bağlı olarak toprağın üstündeki ve altındaki bitkisel kütlelerde artış olmakta ve toprakta tutulan organik karbon miktarıda arttırılabilir (Tolunay ve Çömez, 2007). Vejetasyon ve organik karbon toprağın erozyona karşı dirençli olmasını sağlayarak, toprağın su

tutma kapasitesini ve besin maddesini artırmaktadır. Topraklarda işleme süresi ve sıklığının artmasıyla organik karbon daha da azalmaktadır. Topraklardaki bazı mikroorganizmalar salgıları ve filamentleri ile toprak taneciklerinin daha iri kırıntılar halinde bağlanmasına neden olurlar. Bu parçacıklara “agregat” adı verilir. Agregatlar, toprak yaşamı ve fiziksel koşulları açısından çok önemlidir. Şöyle ki, toprağın erozyondan korunması, toprak neminin korunması ve kimyasal reaksiyonların niteliklerine kadar birçok toprak olayında etkili olmaktadır. Mann (1986) tarafından yapılan bir çalışmada ormanların ve meraların tarıma alanına dönüştürülmesi ile toprak organik karbon miktarının %20 oranında azalma gösterdiği belirlenmiştir. Yapılan başka bir çalışmada, doğal bir ekosistemin tarım arazisine dönüştürülmesi ile organik karbon miktarının yaklaşık %50-60 oranında azaldığı tespit edilmiştir (Buyanovsky, Kucera ve Wagner, 1987; Sotomayor ve Rice, 1999; Koçyiğit ve Rice, 2004). Hermle, Anken, Leifeld ve Weiskopf (2008) tarafından yapılan çalışmada bir mera alanında tarım yapılmaya başlandığında organik karbon miktarında ilk 7 yılda ani bir düşme olduğu, 12 yıl sonra toprakta yeniden bir denge olduğu tespit edilmiştir. Potter ve Derner (2006) tarım yapılan bir alanın otlığa dönüştürülmesiyle üst kısımlarda organik karbon miktarının arttığını, alt kısımlarda ilk 30 yılda önemsiz bir artış olduğunu, topraktaki organik karbon miktarının ilk 20 yılda en düşük seviyeye düştüğünü, aynı toprakta organik karbon miktarını en yüksek seviyeye çıkması için ise yaklaşık yüzyıl gibi bir zamana ihtiyaç olduğunu tespit etmişlerdir.

Yapılan pek çok çalışmada ormanlardan meraya dönüşmüş araziler, ormandan tarım arazisine dönüşmüş alanlara kıyasla karbon ve azot değerlerinin daha az etkilendiğini (Brown ve Lugo, 1990; Rhoades vd., 2000), ormandan meraya dönüşmüş alanlarda bazı toprak özelliklerinin (özellikle hacim ağırlığı, pH, KDK, tekstür) yüksek değerlere sahip olduğunu ve değiştiğini (de Moraes vd., 1996; Braz vd., 2013) belirtmiştir. Bunun sebebi ise; toprak organik madde kaynağı olan ölü örtü ormanlık alanlarda daha yoğun, tarım ve otlak alanlarında ise daha zayıftır. Orman ekosisteminde toprakta daha fazla karbon depolanmasının nedeni ölü örtü bakımından daha zengin olmasıdır. Tarım alanlarında daha az karbon depolanmasının nedeni ise, bitkisel materyalin uzaklaştırılması ve devamlı toprak işleme ile toprağın havalanması nedeniyle organik maddenin daha fazla ayrışması

dolayısıyla depolanan karbonun atmosfere salınmasıdır. Ilgaz çalışma alanında, toprak organik karbon depolama kapasiteleri mera alanına kıyasla orman toprakları altında daha fazla tespit edilmiştir. Martens vd. (2003) ve Tolunay ve Çömez (2007) tarafından yapılan çalışmalarda da toprak organik karbon ve azot miktarının orman topraklarında daha fazla depolandığını belirtilmiştir. Ilgaz çalışma alanı mera topraklarında belirlenen C/N oranı (14:1) bitişindeki farklı yaşlı göknar topraklarına göre çok düşük değere sahiptir. Benzer şekilde Parfitt vd., (1997), orman topraklarına kıyasla mera topraklarında düşük C/N oranı elde etmişlerdir. Bunun sebebini ise; alanda mera bitkilerinden oluşan ve simbiyotik fiksasyondan ortaya çıkan azot girdilerinin olmasındandır.

Ormanlar, karasal ekosistemlerde vejetasyondaki karbonun %80-%90'ı, topraktaki karbonun da %30-40'ını depolamaktadır (Landsberg ve Gower, 1997). Bu nedenle orman ekosistemleri karbon depolama kapasiteleri bakımından önem arz etmekte, ormanlık arazilerin artırılması karbon depolanmasını arttırmak, atmosferdeki CO₂ konsantrasyonlarını azaltmak için etkili bir yol olarak görülmektedir. Arazi kullanımında meydana gelen değişimler, toprak organik karbon miktarının azalmasındaki en önemli nedenlerden sayılmaktadır (Tolunay ve Çömez, 2008; Sariyıldız vd., 2016). Ormandan meraya dönüşmüş alanlarda toplam organik karbon depolama kapasitesi düşüktür. Bazı bilimsel çalışmalarda ormandan meraya dönüşmüş alanlarda organik C miktarının arttığı (Feigl, Melillo ve Cerri, 1995; Neill vd., 1997a) görüşü savunulurken; tam aksini gösteren sonuçların da olduğu (Veldkamp, 1994; Rhoades vd., 2000) görülmektedir. Bunun dışında; bazı çalışmalarda da bu değişimin hiçbir şekilde etkilemediği ortaya konulmuştur (Hughes vd., 2000; Nepstad, Moutinho ve Markewitz, 2001). Desjardins vd. (2004) ile Walker ve Desanker (2004) bunun sebebini killi toprakların üst katmanında karbon içeriğinin kumlu topraklara nazaran 3 kat daha fazla olmasına ve mera alanlarında düşük kil içeriğine sahip olan topraklarda hacim ağırlığının artmasına bağlamıştır. Ilgaz çalışma alanında mera alanına kıyasla farklı yaşlı göknar topraklarında hacim ağırlığının düşük, kil içeriğinin fazla olduğu, en yüksek karbon depolamanın olduğu gözlemlenmiştir. Toprak türü, derinliği, taşlılık oranı, toprağın nem oranı, reaksiyon 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 (kararlı) karbon miktarı daha fazladır. Taşlı topraklarda depolanan karbon miktarı da azdır. Buna benzer olarak bazik topraklarda mikrobiyolojik faaliyetler arttığından organik madde ayrışması daha fazladır. Aynı şekilde havalanmayan durgun su ve taban suyu oluşumunun olduğu topraklarda organik maddeler ayrışmamakta olup karbon birikimi çok az gerçekleşir (Tolunay ve Çömez, 2007). Çalışmamız sonuçlarında da özellikle toprak derinliğine ve ağaç yaşına bağlı olarak toprak özelliklerindeki (özellikle toprak tekstürü ve hacim ağırlığı) farklılıkların toprakta organik karbon ve toplam azot depolanmasının farklılıklar göstermesinde önemli rol oynamıştır.

Hacim ağırlığı; toprakta besin depolanmasında, su geçişi ve havalanması esnasında önemli bir fiziksel parametredir (Wen-Jie vd., 2011). Orman altı topraklarda hacim ağırlığının diğer arazi kullanım türlerine göre düşük olmasının sebebini; Kara ve Bolat (2008) yaptıkları çalışmada, orman topraklarındaki organik madde içeriği ve kök yayılışının yüksek olmasından kaynaklandığını belirtmişlerdir. Yani arazi kullanım türü değiştikçe, hacim ağırlığı değişmektedir. Bu bağlamda derinlik arttıkça topraklardaki hacim ağırlığının arttığı, organik karbon birikiminin azaldığı bu çalışmada ortaya konulmuştur. Şunu söyleyebiliriz ki toprak hacim ağırlığının, organik C birikiminde önemli ve güçlü bir ilişkisi olduğu ortaya çıkmaktadır. Kara ve Bolat (2008) orman topraklarında C içeriğinin yüksek olmasını; orman alanlarının sürekli bitki örtüsü ile kaplı olması, ölü örtünün bulunmasına bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Tarım alanlarda C içeriğinin düşük olması; alanda bitki örtüsünün sürekli bulunmayışı, tarımsal faaliyetler sonucu toprağın sürekli işlenmesi, karıştırılması sonucunda organik madde hızlıca ayrışır ve yağışlarla birlikte yıkanma söz konusudur (Kara ve Bolat, 2008). Bunun yanısıra toprakta organik C depolama tahmini genellikle bazı yapılan çalışmalarda hacim ağırlığı değerleri kullanılarak hesaplanmıştır (Paul vd., 2002; Laganier vd., 2010). Ayrıca İlgez çalışmada arazi kullanım değişikliğinin olduğu ormandan meraya dönüştürülmüş alanlarda hacim ağırlığı değerleri yüksek bulunmuştur. Yapılan birçok çalışmada da ormandan meraya dönüştürülmüş alanlarda hacim ağırlığının yüksek değere sahip olduğu (McGrath vd., 2001) ve bu dönüşüm sırasında toprak sıkışmasına neden olduğunu belirtmişlerdir (Eden vd., 1991; Kauffman, Cummings ve Ward, 1998).

Mera alanı topraklarında (0-30 cm derinlik kademesine kadar) hacim ağırlığının diğer arazi kullanım türlerine nazaran daha yüksek değerlere sahip olduğu gözlemlenmiştir. Celik (2005) benzer şekilde çalışmasında mera alanları topraklarının üst katmanında aşırı otlatma sonucunda toprağın sıkışması olayının sözkonusu olabileceğini söylemiştir. Yapılan çalışma sonuçlarında her iki alanda da hacim ağırlıkları özellikle arazi kullanım türüne göre ormanda diğer alanlara nazaran daha düşük bulunmuştur. Benzer bir şekilde Kara ve Bolat (2008) çalışmalarında orman altı topraklarda hacim ağırlığının $0,96 (\pm 0,03) \text{ gr/cm}^3$ şeklinde ve en düşük değere sahip olduğunu ortaya koymuşlardır. Bu tezde elde edilen sonuçların aksine toprak türü, hacim ağırlığı gibi özellikle C depolamasında Walker ve Desanker (2004) yaptıkları çalışmada istatistiksel olarak toprak özelliklerinin etkisi yani toprak tekstürü, hacim ağırlığı gibi özellikler kontrol edildiğinde; organik karbon depolamada etkili olmadığı ancak arazi kullanım türünün topraktaki C miktarını etkilemede baskın halde olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca Walker ve Desanker (2004) topraktaki C birikiminin derinliğe bağlı olarak hızlı bir biçimde azalma gösterdiğini ve 60 cm derinlikten sonra C ve N miktarının çok az olduğunu ifade etmişlerdir.

Topraktaki N ve C değerleri tarım ve mera alanlara kıyasla ormanda bulunan 100 yaşındaki göknar türü altındaki topraklarda daha yüksek bulunmuş ($8,97 \text{ t/ha N}$ ile $160,4 \text{ t/ha C}$) ve istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur. Benzer araştırmalar yapan araştırmacılar toplam N değeri ile organik C arasında sıkı bir ilişki söz konusu olduğunu (Manu, Bationo ve Geiger, 1991; Walker ve Desanker, 2004; Xiao-gang vd., 2007; Ashagrie vd., 2007; Kara ve Bolat, 2008; Sariyildiz vd., 2016) ve bu ilişkinin pozitif yönde olduğunu belirtmişlerdir. Yani orman altı topraklarda organik C bakımından zengin iken aynı zamanda toplam N içerikleri de zengindir. Sonuç olarak; farklı arazi kullanım türü toplam N miktarını önemli derecede etkilemektedir.

5.3. Ağaç Yaşının Bazı Toprak Özellikleri, TOK ve TA Miktarı ile Depolama Kapasitesi Üzerindeki Etkisi

Ağaç yaşının toprak özellikleri ile TOK ve TA depolama kapasiteleri üzerindeki etkilerini detaylı olarak araştıran bir doktora tezi çalışmasına ülkemizde rastlanmamakla beraber, uluslararası çalışmalarda, yaşa ve toprak derinliğine bağlı

olarak TOK ve TA depolama kapasitelerindeki farklılıkları ortaya koyan bazı çalışmalar bulunmaktadır (Tablo 5.1.).

Burada sunulan çalışmanın sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde, ağaç yaşının çalışılan toprak özelliklerinin çoğunluğu bakımından göknar ve sarıçam topraklarında önemli derecede farklılıklar göstermesine sebep olduğu tespit edilmiştir. Toprak pH değerleri göknar ağaçlarında (özellikle 90 ve 100 yaşındaki göknar topraklarında) yaşa bağlı olarak artış gösterirken, sarıçam ağaçlarında ise bir değişiklik tespit edilmemiştir. Yaşlı ağaçlarda pH değerinin yüksek olmasının nedeni hem pedojenik hem de besin emilimin büyük etkisi olmaktadır (de Moraes vd., 1996). Perin, Cereta ve Klamt (2003)'a göre değişebilir Alüminyum (Al)'un çökmesinden dolayı Hidrojen+Alüminyum (H+Al)'un azalmasına neden olan karbonat girişinin baş göstermesiyle pH değeri artmaktadır. Genel olarak, her iki ağaç türü içinde yaşa bağlı olarak yüzde kum miktarında bir artış, yüzde kil ve toz miktarlarında ise bir azalma olduğu belirlenmiştir. Organik madde miktarı yaşa bağlı olarak bir azalma yönünde iken; hacim ağırlığı yaşa bağlı olarak bir artış göstermiştir.

Bununla beraber, özellikle ağaç yaşına bağlı olarak TOK ve TA miktarı ve depolama kapasiteleri üzerinde meydana gelen değişimler, her zaman doğrusal bir artma veya azalma yönünde olmayıp, ağaç yaşına bağlı olarak meydana gelen meşcere kapalılığı, meşcere sıklığı, ölü örtü birikimi, türün bulunduğu yerin topografyası, denize uzaklığı ve mikroiklim özelliklerinden kaynaklanan yetiştiği ortam özelliklerinin meydana geldiği düşünülen farklılıklar nedeniyle artma-azalma şeklinde dalgalanmalar gösterebildiği görülmektedir. İnebolu çalışma alanındaki en yaşlı olan 100 yaşındaki göknar topraklarında (160,4 t/ha) ve Ilgaz çalışma alanındaki en genç olan 57 yaşındaki göknar topraklarında (166,70 t/ha) daha fazla TOK depolandığı görülmüştür (Grafik 4.3. ve Grafik 4.10.). Sarıçam türlerinde ise en genç olan 18 yaşındaki sarıçam topraklarında (115,0 t/ha) TOK depolaması yaşlı sarıçam (30 yaşında) topraklarından daha fazladır (86,60 t/ha). Benzer şekilde ağaç yaşına bağlı olarak TOK depolama kapasitesinde artma-azalma şeklinde dalgalanmalar olduğu bazı çalışmalarda da ortaya konulmuştur. McGrath vd. (2001) yaptıkları çalışmada, 3 farklı yaştaki meşcerelerde (5-18 yaş arası, 12-15 yaş arası ve

100 yaşında) 0-20 cm toprak derinliği için TOK depolama kapasitesi anılan sıralamaya göre 22,2±2,0 t/ha, 20,5±8,5 t/ha ve 26,6±2,7 t/ha olarak belirtmişlerdir (Tablo 5.1.). Marin-Spiotta vd. (2009) yürüttükleri çalışmada, 4 farklı yaştaki meşcereler (10, 20, 30 ve 80 yaşlarda) için 0-10 cm toprak derinliği için TOK depolama kapasitesini sırasıyla 26.7 (2.8) g/g, 28.7(3.5) g/g, 25.2(2.1) g/g ve 30.4(2.9) g/g şeklinde yaşa bağlı olarak dalgalanma şeklinde olduğunu belirlemiştir (Tablo 5.1.). Aynı şekilde Klopatek (2002) tarafından 20, 40 ve 450-550 yaşlarındaki Duglos göknarı (*P. menziesii* (Mirb.) Franco) meşceresinde gerçekleştirilen çalışmada, 0-20 cm toprak derinliği için ortalama TA depolama kapasitesi anılan sıralamaya göre 3,5 t/ha, 7,5 t/ha ve 3,8 t/ha olarak bildirmiştir. Toplam azot miktarının 40 yaşındaki göknar topraklarında fazla olmasının sebebini, meşcere içerisinde azot bağlayıcı kızılğacın (*Alnus rubra* Bong.) %33'ünün ortamda bulunmasına bağlamaktadır ve toplam azot depolamanın yaşa bağlı olarak artmazalma eğilimi göstermiştir (Tablo 5.1.).

Bununla beraber, birçok çalışmada da toprakta depolanan organik C miktarının ağaç yaşına bağlı olarak doğrusal bir artış gösterdiği bulunmuştur. Tian vd., (2015) tarafından Çin'de gerçekleştirdikleri çalışmada, farklı yaşlardaki çalı plantasyonlarında (3, 12, 27 ve 37 yaşlarında) organik karbon depolama kapasitelerinin ağaç yaşının ilerlemesiyle artış gösterdiğini ve 0-100 cm toprak derinliği için ortalama TOK depolama kapasitesi anılan sıralamaya göre 12,715 t/ha, 20,793 t/ha, 23,111 t/ha ve 27,652 t/ha olarak bildirmiştir. Aynı şekilde Sariyildiz vd. (2016) yaptıkları çalışmada 45 yaşındaki genç göknar ile 82 yaşındaki yaşlı göknar ağaçlarında TOK depolama kapasitesinin yaşa bağlı olarak artış gösterdiğini ve 0-20 cm derinliği için ortalama TOK değerleri sırasıyla 61,3 t/ha ve 70,9 t/ha olarak belirlenmiştir. Aynı göknar türünün kullanıldığı çalışmamızda elde edilen TOK depolama kapasitesine ait değerler, Sariyildiz vd. (2016) yaptığı çalışma sonuçlarından daha yüksek değerler göstermiştir. Bunun sebepleri arasında, çalışma alanlarının farklı olması yanında toprak organik karbon analiz yöntemlerinin de etkisinin olabileceğini düşünülebilir. Burada sunulan Doktora tez çalışmasında organik karbon miktarı Eurovector elemental analiz ile yapılırken, Sariyildiz vd. (2016) çalışmalarında ise Leco kuru yakma elemental analiz yardımıyla belirlenmiştir. Sonuç olarak, kullanılan analiz cihazlarının da toprak organik

karbonunun belirlenmesinde değişkenlik gösterebileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Orman ağaçlarının yaşına bağlı olarak, topraktaki organik C miktarında ve depolama kapasitesinde değişiklik olduğu ve genel olarak bu değişikliğin artış doğrultusunda olduğu birçok bilimsel çalışmalarla ortaya koymuşlardır (Lugo vd., 1986; Brown ve Lugo, 1990; Erickson, Keller ve Davidson, 2001; Rhoades vd., 2000). Bununla beraber, bazı araştırmacılar ağaç yaşı ile toprak C'nu arasında bir ilişki olmadığını savunmuşlardır (Hughes, Kauffman ve Jaramillo, 1999; de Camargo vd., 1999; Feldpausch vd., 2004; Schedlbauer ve Kavanagh, 2008; Marin- Spiotta vd., 2009; Neumann-Cosel vd., 2011). Bunun nedenleri arasında; toprakta organik C depolama üzerinde arazi kullanım türünün, kil içeriği, topografya, iklim koşulları, arazi kullanım/arazi örtüsü değişikliği, ormancılık yönetim uygulamaları, seçilen örnekleme alanları gibi durumların etkili olduğunu ifade etmişlerdir (Neill vd., 1997a; Parfitt vd., 1997; Fearnside ve Barbosa, 1998; Jobbagy ve Jackson, 2000; de Koning, Veldkamp ve Lopez-Ulloa, 2003; Osher vd., 2003; Desjerdans vd. 2004, Heim vd., 2009).

İlgaz çalışma alanında TOK miktarında olduğu gibi topraklarda depolanan azot miktarları da yaşa bağlı olarak artma-azalma şeklinde dalgalanma göstermiştir (Grafik 4.11.). İnebolu çalışma alanında ise genç göknar (38 ve 60 yaşlarında) ve sarıçam (18 yaşında) ağaçları topraklarının daha yaşlı göknar (90 ve 100 yaşlarında) ve sarıçam (30 yaşında) ağaçları topraklarına göre daha düşük TA depolama kapasitesine sahip oldukları görülmüştür (Grafik 4.4.). Benzer sonuçlar, birçok araştırmacı tarafından da bulunmuştur (McGrath vd., 2001; Marin Spiotta vd., 2009; Sariyildiz vd., 2016) (Tablo 5.1.). Ağaç yaşının özellikle topraktaki N birikiminde önemli bir etkisi olduğunu ifade eden Tian vd. (2015), çalışmasında ağaç yaşına bağlı olarak toplam azot depolamanın doğrusal bir şekilde arttığını belirtmiştir (Tablo 5.1.). Klopatek (2002) çalışmasında ağaç yaşına bağlı olarak toplam azot miktarının artma- azalma şeklinde bir dalgalanma gösterdiğini belirtmiştir.

Toprak özelliklerinde ağaç yaşına bağlı olarak meydana gelen değişikliklerin ortaya konulması yanında, toprak özelliklerinde derinlik kademelerine bağlı olarak da,

özellikle TOK ve TA depolama kapasitesinde önemli bir farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Toprak derinliği özellikle hacim ağırlığını ve topraktaki toplam organik karbonu belirlemede önemli bir rol oynamaktadır. Genellikle orman topraklarında ölü örtü ile toprak katmanının üstündeki organik madde fazla bulunmaktadır (Murty vd., 2002). Bu durumu Augusto vd. (2010) ile Diaz-Pines vd. (2011) çalışmalarında benzer şekilde ifade etmişlerdir. Ayrıca topraktaki karbon miktarının; toprak türüne göre değişkenlik gösterebileceğini birçok çalışmada ortaya konulmuştur (Batjes, 1996; Droogers ve Bouma, 1997; Bouma, Batjes ve Groot, 1998; Baritz vd., 2010). Topraktaki C miktarı; özellikle toprak türünün killi ya da kil+toz içeriğiyle olumlu bir yönde korelasyon olacağını yani toprak tekstürüne bağlı olarak C değerinin değişebileceği ifade edilmiştir (Birch ve Friend, 1956; Sanchez, 1976; Foster, 1981; Parton, Schimel, Cole ve Ojima, 1987; Jobbagy ve Jackson, 2000; Bird vd., 2000; Feller vd., 2001). Karbon miktarının artışı; kil oranının artmasıyla doğru orantılıdır. Bunun sebebi; karbonun kilin yüzeyindeki küçük gözeneklerde tutulmasıdır (Paul, 1984). Grünzweig vd. (2004) ile Brown ve Lugo (1990) ise mineral topraktaki C miktarının değişkenliğine; kil içeriği ve pH'ın etkisi olmadığını savunmuşlardır. Görünüşe göre; kumlu topraklarda organik C çok aktif olmayıp (Richter vd., 1995) kil içeriği zengin topraklara kıyasla daha düşük stabil haldedir (Six vd., 2002). Ayrıca topraktaki C, N ve P konsantrasyonları kil içeriğiyle güçlü bir bağlantısı vardır (McGrath vd., 2001). Neill vd. (1997b) ve doğal orman topraklarındaki en yüksek orandaki net N mineralizasyonun; ince tekstürlü topraklarda ve organik maddenin yüksek konsantrasyonlu olmasına bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Yapılan analizler sonucunda karbon miktarının, genellikle mineral toprak derinliğinin artmasıyla azaldığı ortaya konulmuştur. Durán Zuazo vd. (2014) yaptıkları çalışmada sarıçam altındaki topraklarda organik karbon miktarının derinliğe bağlı olarak azaldığını belirtmişlerdir. İğne yapraklı türlerin topraklarında C ve N depolamasının fazla olmasının sebebi; Sarıçam ve halep çamı türleri altında çok fazla ibrelerin (ölü örtü) dökülmesinden ve birikiminden kaynaklandığı ifade edilmiştir (Johnson ve Curtis, 2001).

Orman topraklarındaki organik karbon ve azot depolaması toprak yüzeyinde ve toprak içinde bulunan organik madde miktarı ile yakından ilişkilidir. Orman ekosistemlerindeki organik maddelerin miktarı ve biyokimyasal 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 kullanım türü 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). Çalışmamıza konu olan ağaç yaşının TOK ve TA miktarındaki etkileri konusunda yapılan çalışmalar karşılaştırma yapılabilmesi açısından oldukça yetersizdir. Bununla beraber, literatürde meşcere silvikültürel özelliklerinin (özellikle yaş, sıklık, karışım oranı ve kapalılık gibi orman kuruluş özellikleri) toprakta tutulan organik madde miktarını etkilediği yönünde çalışmalar bulunmaktadır (Sariyildiz, 2008b). Örneğin sıcaklığın ve ışık miktarının meşcereye 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 (Sariyildiz, Akkuzu, Küçük, Duman ve Aksu, 2008). Saf ormanlarda da mikrobiyolojik faaliyetler daha az olacağından karışık ormanlara nazaran ayrışma hızı yavaştır (Sariyildiz, Tüfekcioglu ve Küçük, 2005b). Yaşa bağlı olarak meşcere kapalılığındaki açıklıklar, toprak yüzeyinin su ve rüzgar erozyonuna açık hale gelmesine neden olabilmektedir. Özellikle ormanlık alanların eğimli ve fazla yağış alan üst rakımlarda yayılış yaptığı düşünüldüğünde bu etkinin organik madde taşınmasına neden olabileceği sonucu ortaya çıkmaktadır. 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).

5.4. Ağaç Yaşının Ölü Örtü Miktarı Üzerindeki Etkisi

İnebolu çalışma alanında, toprak yüzeyindeki ölü örtü miktarında genç göknar ağaçları altından yaşlı göknar ağaçlar altına doğru gidildiğinde bir azalmanın olduğu görülmüştür (Grafik 4.1.). İki farklı yaşta sarıçam altında ise toprak yüzeyi ölü örtü miktarı yaş ile artış göstermiştir (Grafik 4.2.). Bununla beraber sarıçam için, toprak yüzeyi ölü örtü miktarı yaşa bağlı olarak artar şeklinde bir genellemenin yapılabilmesi için; daha farklı yaşlardan ölü örtü örnekleme yapılması gerekmektedir. İnebolu çalışma alanında daha farklı yaşlarda sarıçam ağaçları olmadığı için sadece iki farklı yaştaki ölü örtü miktarlarını karşılaştırma durumunda kalmıştır. Ilgaz çalışma alanında ise sarıçamda olduğu gibi ağaç yaşına bağlı olarak göknar ağaçlar altında ölü örtü miktarı da artış göstermiştir (Grafik 4.9.). Her iki türün toprak yüzeyindeki ölü örtü miktarlarının sayısal değerleri literatürde verilen değerler arasındadır (Tablo 5.2.). Toprak yüzeyi ölü örtü miktarındaki farklılığın sebebi birçok nedenden kaynaklanmış olabilir. Bunlar arasında, (1) kısa veya uzun dönem iklimsel sapmalar, örneğin sıcaklık, yağış, fırtına, kırağı vb. (Bray ve Gorham, 1964; Hennessey vd., 1992), (2) çevresel faktörlerdeki kronik ya da aşırı değişimler, örneğin, hava kirleticilerinin veya deniz suyunun ağaçlar üzerine çökmesi (Pedersen ve Bille-Hansen, 1999), (3) yetişme ortamından kaynaklanan farklılıklar (bakı, yükselti, toprak özellikleri (Mork, 1942; Albrektsen, 1988), (4) yönetim uygulamaları ve meşcere durumu (silvikültürel müdahaleler, aralama, sıklık, yaş, hastalık vb.) (Mork,1942; Bonnevie-Svendsen ve Gjems, 1957; Carey ve Farrell, 1978; Holstener-Jürgensen vd., 1979; Miller, 1984; Gholz vd., 1985; Albrektsen, 1988; Hennessey vd., 1992), (5) tür farklılığı (Bonnevie-Svendsen ve Gjems, 1957) sayılabilmektedir. Burada sunulan çalışmamız, tüm bu nedenleri araştırmak amacıyla gerçekleştirilmemiştir. Bu nedenle, farklı yaşlar altındaki ölü örtü miktarındaki değişikliğe neden olan faktörlerin ayrıntılı olarak gelecekte çalışılması gerekmektedir. Bununla beraber, her iki çalışma alanında da, farklı yaşlardaki ağaçların oluşturduğu kapalılığın, yaşa bağlı olarak ibre miktarındaki üretimin ve meşcere altı mikroiklim özelliklerindeki farklılıktan kaynaklanan ibre ayrışma sürecinin toprak üstü ölü örtü miktarı üzerinde etkili olduğunu ifade edebiliriz. Binkley (1986) çalışmasında meşcerede erken yaşlarda, toprak yüzeyinde bulunan ölü örtü miktarının çoğundan ibre dökümünün etkili olduğunu, ilerleyen yaşlarda ise

dal ve sürgünlerin daha baskın olduğunu bildirmiştir. Toprak yüzeyine dökülen ölü örtü miktarını belirlemek amacıyla ağaçlar altına konulan tuzaklara düşen ölü örtü çeşidi konusunda gerçekleştirilen çalışmalarda, en küçük meşcere açıklığının bile toprak üstüne düşen daha kalın sürgün ve dal miktarında etkili olduğunu göstermektedir (Flower-Ellis ve Olson, 1978). Ölü örtü kalınlığı genellikle sıcaklığın azalmasıyla artarken; yüksek kesimlerde biyokütle veriminin azalmasıyla düşmektedir (Çepel vd., 1977).

Tablo 5.2. Farklı türler altındaki toprak yüzeyi ölü örtü miktarları konusunda yapılan çalışmalardan derlenen bazı çalışmalar

Ağaç Türü	Yaş /Yıl	Ölü Örtü Miktarı/Ağırlıkları	Kaynaklar
<i>Abies nordmanniana</i> subsp. <i>equi-trojani</i>	38 60 90 100	17,4 t/ha 10,1 t/ha 5,8 t/ha 3,95 t/ha	Doktora tez değerleri
<i>Pinus sylvestris</i> L. İnebolu	18 30	1,75 t/ha 6,5 t/ha	
<i>Abies nordmanniana</i> subsp. <i>equi-trojani</i> <i>Ilgaz</i>	57 66 183 250 283 306	8,4 t/ha 14,7 t/ha 18,0 t/ha 21,1 t/ha 24,3 t/ha 30,3 t/ha	Doktora tez değerleri
<i>Pinus nigra</i> Arnold. Kastamonu	45	Ölü örtü yanıcı madde miktarı: 1,27-2,45 kg/m ² Nokta yangınlar: 1,57-2,67 kg/m ²	Küçük vd., 2007
<i>Abies nordmanniana</i> subsp. <i>bormmulleriana</i> Mattf. Bolu Aladağ		Yıllık Ort. Miktarı: 4664 g/m ² Kış mevsiminde miktar: 5871 g/m ² 1550 m yükseltide: 5033 g/m ²	Duyar vd., 2014
<i>Fagus sylvatica</i> L. <i>Fraxinus excelsior</i> L. <i>Tilia cordata</i> Mill. Almanya	100- 200	Ortalama: 3,6-5,3 t/ha Saf kayın meşç: 2,2 t/ha Kayın+Ihlamur: 2,2 t/ha Saf dişbudak meşç: 0,6 t/ha	Langenbruch, 2012
<i>Fagus orientalis</i> Lipsky <i>Abies nordmanniana</i> subsp. <i>bormmulleriana</i> Mattf. Bartın-Arıt bölgesi		Kayın meşç: 4245 kg/ha Gök nar+kayın meşç: 3510 kg/ha Gök nar meşç: 2935 kg/ha	Çakıroğlu, 2011
<i>Pinus pinaster</i> Aiton. İstanbul-Kömür ocağı		17973,2 kg/ha	Sever ve Makineci, 2008
<i>Pinus sylvestris</i> L. <i>Fagus sylvatica</i> L. <i>Pinus nigra</i> Arnold. <i>Carpinus betulus</i> L. <i>Quercus</i> spp. Eskişehir-Türkmen Dağı		Saf sarıçam: 24,08 t/ha Sarıçam+doğu kayın: 18,32 t/ha Doğu kayını: 13,16 t/ha Doğu kayını+sarıçam: 26,88 t/ha Doğu kayını+sarıçam: 33,08 t/ha Karaçam+gürgen+meşe+sarıçam+d oğu kayını: 52,24 t/ha Karaçam+sarıçam+gürgen+doğu kayını: 25,88 t/ha	Göl vd., 2008
<i>Pinus nigra</i> Arnold. Biga yarımadası-Kazdağı		3,132-4,866 g/m ²	Sevgi ve Tecimen, 2008

Tablo 5.2.'nin devamı

<i>Picea orientalis</i> (L.) Link Artvin-Genya Dağı		Yıllık miktar: 6428 kg/ha İbre miktarı: 2837 kg/ha Dal miktarı: 906 kg/ha Kozalak ve tohum miktarı: 2685 kg/ha	Tüfekçioğlu vd., 2005
<i>Quercus frainetto</i> Ten. İstanbul-Araştırma ormanı		1997 yılı hafif ayıklama: 10,758 t/ha 1997 yılı şiddetli ayıklama: 11,2754 t/ha Kontrol: 16,345 t/ha Kaba temizlik: 14,1764 t/ha	Makineci, 2004
<i>Pinus pinaster</i> Aiton. <i>Pinus nigra</i> Arnold. <i>Abies borisii-regis</i> , Mattf. <i>Fagus sylvatica</i> L. Yunanistan	25 40 170 91- 103	Kayın: 68,13 t/ha Bulgaristan göknarı: 47,75 t/ha Anadolu karaçamı: 31,21 t/ha Sahil çamı: 22,0 t/ha	Kavvadias vd., 2001
<i>Quercus frainetto</i> Ten. <i>Carpinus betulus</i> L. <i>Castanea sativa</i> Miller <i>Tilia argentea</i> Desf. İstanbul-Araştırma ormanı		6911,33 kg/ha (ıhlamur, kontrol) ile 16345,0 kg/ha (meşe, kontrol) arasında ölü örtü miktarı değişmekte	Makineci, 1999

5.5. Ağaç Yaşının İbre Kimyasal Yapısı ve Ayrışma Süreci Üzerindeki Etkisi

Ölü örtünün ayrışma seyri üzerine yapılan çalışmalarda, çevre şartları (sıcaklık, nem, yağış, pH ve besin elementleri) (Berg vd., 1993; Couteaux vd., 1995), mikroorganizmaların ve toprak faunasının çeşitliliği ve sayısı (Chadwick vd., 1998; Cox vd., 2001) yanında ayrışan materyalin bileşenlerinin (örneğin, karbon, azot, lignin, hemiselüloz miktarları veya bunların birbirlerine oranları; C:N veya lignin:N gibi) (Heal vd., 1997; Sariyıldız, 2000) önemli derecede etkili olduğu bildirilmiştir. Bu çalışmalarda çevre şartlarının aynı olduğu alanlarda, ayrışan materyallerin kimyasal yapısının önem kazandığı, çevresel şartlarının önemli derecede değişiklik gösterdiği yerlerde ise özellikle ayrışmayı gerçekleştiren mikroorganizmaların işlevleri ve çeşitliliği de etkilendiğinden, çevresel şartların, ayrışma üzerinde daha etkili olduğu vurgulanmaktadır.

Farklı yaşlardaki türlerin orman katmanında besin elementi içeriği, pH, nem tutma açısından farklılık göstermektedir (Vance ve Chapin, 2001) ve bunların hepsi orman katmanındaki ölü örtü besin elementi dinamiklerini ve ayrışma hızını etkilemektedir (Laganiere vd., 2010).

Yapılan çalışmalarda türler arasında ayrışma hızındaki değişikliğin çoğunlukla ayrışmanın ilk safhasında başlangıçtaki N konsantrasyonu ile pozitif ilişkisi olduğu ve başlangıçtaki lignin konsantrasyonu ile negatif ilişkisi olduğu belirtilmiştir (Meentemeyer 1978; Melillo vd., 1982; Taylor vd., 1989; Aerts, 1997).

Burada sunulan çalışma sonuçlarında ise, aynı yetiştirme ortamında gelişen farklı yaşlardaki göknar ve sarıçam ağaçlarının ibrelerinin başlangıçta içerdiği kimyasal bileşimleri bakımından önemli derecede farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir (bakınız C ve N için Tablo 4.15. besin elementleri için Tablo 4.16.). Farklı yaşlardaki ağaçların ölü örtüsünün (yaprak veya ibrelerin) kimyasal yapılarının, özellikle C ve N miktarlarının, farklı olduğu birkaç araştırmacı tarafından da ortaya konulmuştur. Bu çalışmalardan bazıları Tablo 5.3.'te verilmiştir. Bu farklılığın ana sebebi, ağacın yaşına bağlı yetiştiği çevre şartlarında meydana gelen değişikliklere, özellikle toprak özelliklerinde meydana gelen değişikliklere bağlanabilir. Sariyildiz ve Anderson (2003a, 2005b) farklı topraklarda yetişen kayın, kestane ve meşe türlerinin kimyasal bileşimlerinde meydana gelen değişimlerin toprak baz doygunluğu ve N-mineralizasyon potansiyeli ile yakından bir ilişkisi olduğunu tespit etmişlerdir. Benzer şekilde, Sariyildiz vd. (2005) yılında farklı bakı ve yükseltilerde yetişen kayın, meşe, göknar ve sarıçamın ibrelerinin başlangıçtaki kimyasal yapılarının farklı olduğunu ve bu farklılığın toprak kimyasal özelliklerindeki farklılıklarla ilişkisi olduğunu bildirmişlerdir. Burada sunulan çalışmamızın başlangıçtaki temel amacı farklı ağaç yaşı-ibre kimyasal yapısı-toprak kimyasal özellikleri arasındaki ilişki olmadığından, farklı yaşlardaki göknar ve sarıçam türlerinin topraklarının tüm kimyasal özellikleri burada analiz edilmemiştir. Bununla beraber, çalışmamızın sonuçlarından, yaşa bağlı olarak türün ölü örtü miktarındaki, kimyasal bileşimindeki, ayrışma sürecindeki ve mikroiklim özelliklerindeki değişikliklerden dolayı toprak kimyasal özelliklerinin de farklı olabileceği ve bu nedenle ağaç ibrelerinin yaşa bağlı olarak kimyasal bileşimindeki farklılıklarda bu değişikliklerin etkili olduğunu söylemek mümkündür. Bununla beraber, daha genel sonuçlar için gelecekte bu konuda çalışmalar yapılması gerekmektedir.

Tablo 5.3. Aynı türün yaşına bağlı olarak ölü örtü kimyasal yapısındaki C ve N miktarındaki farklılıklar

Ağaç Türü	Yaş/ Yıl	Başlangıçtaki C (%)	Başlangıçtaki N (%)	Kaynaklar
<i>Abies nordmanniana</i> subsp. <i>equi-trojani</i> İnebolu	38	50,4	1,49	Doktora tez değerleri
	60	53,5	1,11	
	90	49,7	1,00	
	100	53,2	1,39	
<i>Pinus sylvestris</i> L.	18	54,1	1,33	
	30	53,1	1,19	
<i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mirb.) Franco-Amerika	20	54,3	1,75	Klopatek, 2002
	40	75,3	3,78	
	450-550	31,8	1,14	
<i>Pinus massoniana</i> Çin	20	56,3	0,98	Xiao vd., 2014
	30	56,5	0,74	
	46	57,2	0,85	
<i>K. obovata</i> Çin	12	45,3	1,06	Ting ve Yong, 2014
	24	44,5	0,91	
	48	43,2	0,72	
	>48	43,3	0,70	
<i>Fagus sylvatica</i> L. Fransa	15	48,2	1,20	Trap vd., 2013
	65	41,7	0,96	
	95	47,1	0,93	
	130	47,1	0,88	
<i>Pinus sylvestris</i> İsviçre	5-10		-	Berg ve Staaf, 1980b
	20-25		4,4 mg/g	
	60		5,0 mg/g	
	120		4,1 mg/g	

Arazi ortamında gerçekleştirilen ibre ayrışma deneyi sonuçları, farklı yaşlardaki göknar ve sarıçam ibrelerinin ayrışmasının önemli derecede ($P < 0.001$) farklı olduğunu göstermiştir. Zaman faktöründe farklı yaşlardaki ibrelerin ayrışma farklılıkları üzerinde önemli olduğu belirlenmiştir. Her iki faktörün (zaman ve ağaç yaşı) birlikte yaptığı etkinin istatistiksel olarak anlamsız çıkması ($P > 0.05$), yaşa göre ibrelerinin ayrışmasında meydana gelen değişikliklerin zamana bağlı olarak farklılık göstermediği, aynı yönde etki ettiği anlamını taşımıştır (Tablo 4.10. ve Tablo 4.13.). Çalışmamızda kullandığımız göknar ve sarıçam türlerinin ayrışma hızları (k ayrışma sabiti) ve kalan kütle miktarları, aynı türlerin kullanarak gerçekleştirildiği önceki çalışmalarla karşılaştırıldığında (Tablo 5.4.) ibre hızının diğer çalışmalardan daha fazla olduğu görülmektedir. Bunun nedeni, ayrışma deneyinin gerçekleştirildiği İnebolu çalışma alanının iklim özelliklerinin daha iyi olmasına ve denizin iklimi yumuşatıcı etkisine bağlanabilir. Bununla beraber, ibrelerin ayrışması yaşa bağlı olarak doğrusal bir ilişki göstermemiştir. Genel olarak, 100 ve 60 yaşındaki göknar ibreleri 38 ve 90 yaşındaki ibrelerden daha hızlı ayrışma gösterirken, 18 yaşındaki

sarıçam ibreleri 30 yaşındaki ibrelerden daha hızlı ayrışma göstermiştir. Tablo 5.4.'de benzer konulardaki çalışmalara ait örnekler incelendiğinde, yaşa bağlı olarak türün ayrışma hızı veya kalan kütle değerleri arasında önemli sayılabilecek farklılıkların olmadığını söyleyebiliriz. Bunun sebebinin çalışılan türlerin araştırılan yaşlarının daha genç yaşta olmasına bağlanabilir. Bununla beraber, benzer çalışmada, Berg ve Staaf (1980b) sarıçam için (5-10, 20-25, 60 ve 120 yaşlar) 36 ay sonunda, yaşlı sarıçam altında kalan kütle miktarının genç ağaçlardan (%47 ve %46) yaşlı ağaçlara (%41,9) gidildikçe azaldığını bildirmiştir (Tablo 5.4.).

Tablo 5.4. Ağaç yaşına göre ölü örtünün ayrışma sürecindeki farklılıkları konu edinen bazı çalışma sonuçlarının karşılaştırılması

Ağaç Türü	Yaş/ Yıl	Süre	k sabiti	Ort. Kalan Kütle (%)	Kaynaklar
<i>Abies nordmanniana</i> subsp. <i>equi-trojani</i> İnebolu <i>Pinus sylvestris</i> L.	38	12 ay	0,78	45,9	Doktora tez değerleri
	60		0,84	43,1	
	90		0,84	43,6	
	100		1,00	36,9	
	18		1,29	28,2	
<i>Abies nordmanniana</i> subsp. <i>equi-trojani</i> İnebolu <i>Pinus sylvestris</i> L.	38	18 ay	0,66	37,9	Doktora tez değerleri
	60		0,96	24,5	
	90		0,65	38,0	
	100		0,83	29,1	
	18		1,03	21,8	
<i>Abies nordmanniana</i> subsp. <i>equi-trojani</i> İnebolu <i>Pinus sylvestris</i> L.	38	24 ay	0,58	32,4	Doktora tez değerleri
	60		0,84	19,9	
	90		0,59	30,6	
	100		0,73	24,2	
	18		0,91	17,1	
<i>P. sylvestris</i> L.-Ankara orjin Ankara <i>P. sylvestris</i> L.-Ankara orjin Artvin <i>P. sylvestris</i> L.-Artvin orjin Artvin <i>P. sylvestris</i> L.-Artvin orjin Ankara	90-100	12 ay	0,38	68,7	Sarıyıldız vd., 2008
			0,35	70,4	
			0,35	70,8	
			0,35	70,8	
			0,34	71,6	
<i>A.nordmanniana</i> subsp. <i>equi-trojani</i> Kontrol: Sürütme yolu: Üretim atıkları Mineral toprak üstü: <i>Pinus sylvestris</i> L. Kontrol: Sürütme yolu: Üretim atıkları Mineral toprak üstü:	120-130	18 ay	0,43	53,1	Enez vd., 2015
			0,39	51,9	
			0,47	51,8	
	100-110		0,45	56,0	
			0,35	46,5	
			0,37	50,4	
	0,37	43,2			
	0,32	49,1			

Tablo 5.4. 'ün devamı

<i>Pinus sylvestris</i> L.	50-70	24 ay	-	48,9	Sarıyıldız, 2003
<i>A.nordmanniana</i> spp. <i>nordmanniana</i>	90-100	24 ay	0,39	45,6	Sarıyıldız ve Küçük, 2008
<i>P.sylvestris</i> L.	90-100		0,44	41,8	
<i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mirb.) Franco-Amerika	20 40 450-550	12 ay	-	-	Klopatek, 2002
<i>Pinus massoniana</i> Çin	20 30 46	18 ay	0,29 0,33 0,30	64,9 61,1 64,5	Xiao vd., 2014
<i>K. obovata</i> Çin	12 24 48 >48	12 ay	0,013 0,013 0,013 0,013	47,9 46,9 47,4 47,3	Ting ve Yong, 2014
<i>Fagus sylvatica</i> L. Fransa	15 65 95 130	12 ay	-	-	Trap vd., 2013
<i>Abies alba</i> <i>Pinus sylvestris</i> Polonya	-	24 ay	0,30 0,31	-	Hobbie vd., 2006
<i>Pinus sylvestris</i> İsviçre	5-10 20-25 60 120	36 ay	-	47,0 46,6 41,9	Berg ve Staaf, 1980b

Burada sunulan çalışmamızda, farklı yaştaki ağaçlar altında ayrışma ortamının çevre özellikleri bakımından benzer olduğunu varsayarak, her iki türünde belirlenen yaşlara ait ibrelerinin başlangıçta içerdikleri karbon ve azot miktarları ve C:N oranları ile ayrışma yüzdelerini ilişkiye getirildiğinde, ibrelerin başlangıçta içerdikleri karbon miktarları ile ayrışma yüzdeleri arasında önemli bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.17.). Yani başlangıçta daha fazla karbon içeren 100 ve 60 yaşındaki göknar ibreleri, daha düşük karbon miktarına sahip olan 38 ve 90 yaşındaki ibrelerden daha hızlı ayrışmıştır.

Bitkilerde karbon geniş çeşitlilikte bulunmaktadır. Karbonun bazıları (basit şeker) kolayca bitkiden taşınır ve solunumla dışarı verilebilir. Bazıları ise artık taşınamayacak durumda bulunan yapısal bileşiklere dönüştürülür (örneğin lignin, selüloz, hemiselüloz). Bu taşınamayan bileşikler sonunda ya mevsimsel yaprak dökümü ya da bitkinin tamamıyla ölmesiyle ölü örtünün bir parçası haline gelirler. Bu ölü örtü mikroorganizmalar tarafından ayrıştırılır ve karbondioksit olarak salıverilir ya da

daha karışık organik bileşikler biçimine ve sonuçta humusa dönüştürülür.

Buradaki çalışmamızda ibre ayrışmasının ibrelerin başlangıçtaki toplam karbon miktarı ile önemli bir ilişki gösterdiği belirlenmiştir. Bununla beraber, çalışmada ibre ayrışma deney ibrelerinin (başlangıç, 6. ay, 12. ay, 18. ay ve 24. ay olmak üzere) lignin, selüloz, hemiselüloz, gibi analizleri henüz yapılmamıştır. İbre ayrışması üzerine yapılan diğer çalışmalar incelendiğinde, toplam karbonu oluşturan lignin, selüloz ve hemiselülozun başlangıçtaki ve ayrışma sürecindeki yüzdelerinin ayrışma üzerinde çok önemli olduğu bildirilmiştir (Berg ve Staaf, 1980b; Heal vd., 1997; Sariyildiz, 2000; Sariyildiz and Anderson 2005a; Hobbie vd., 2006; Sariyildiz ve Küçük, 2008; Yue vd., 2016). Özellikle ligninin inatçı bir madde olması nedeniyle mikroorganizmalar tarafından daha uzun zamanda ayrıştırılabildiğinden, yapısında fazla miktarda lignin bulunan organik maddeler daha uzun zamanda ayrışmaktadır (Sariyildiz, 2003). Ayrışma sürecinde, başlangıçtaki ayrışma hızı, suda çözünen besin ve karbonhidratların yapısı ve ayrışmanın gerçekleştiği ortamın iklim özellikleri ile güçlü bir ilişkisi gösterirken, ilerleyen zamana bağlı olarak ayrışma hızı sonlara doğru ayrılan ölü örtünün lignin konsantrasyonu ile yakından ilişki göstermektedir (Berg ve Staaf, 1980a; Berg, 2000).

İbre ayrışma süreçleri ile istatistiksel bir ilişki göstermemekle beraber, daha hızlı bir şekilde ayrılan 60 yaşındaki göknar ibrelerinde, daha yüksek oranda protein olduğu tespit edilmiştir. Çepel (1996) ölü örtüde ayrışmayı hızlandıran bileşiklerde proteinin etkisi olduğunu belirtmiştir. Ayrıca, Berg vd. (2013) çalışmasında mikro besin elementlerinden mangan (Mn) konsantrasyonunun organik maddede lignin parçalanmasında önemli rol oynadığını bildirmiştir. 60 yaşındaki göknar ibrelerinde toplam Mn konsantrasyonunun (%0,184) en yüksek olduğu görülmektedir (Tablo 4.16.). Bazı çalışmalarda da besin elementlerden Mn ve Ca konsantrasyonlarının ölü örtü ayrışma hızında etkili olduğu belirtilmiştir (Berg, 2000; Hobbie vd., 2006). İbrelili türler için, başlangıçta ibrelerde bulunan K konsantrasyonunun diğer element konsantrasyonlarına nazaran başlangıçtaki ölü örtü kütle kaybını daha fazla etkilediği bildirilmiştir (Staaf ve Berg, 1977). Karaöz (1991) ölü örtüdeki potasyum konsantrasyonu ile ölü örtünün hızlı arasında bir ilişki olduğunu bildirmiştir. Bu çalışmada, ayrışması hızlı olan 100 yaşındaki göknar ibrelerinin daha yüksek

potasyum içerdiği tespit edilmiştir (7838 ppm). Genel olarak, başlangıçta besin elementi bakımından zengin olan ağaç yaprak ve ibrelerinde ayrışmanın hızlı olduğu söylenebilir. Bu durumun aksine, besin elementi bakımından fakir olan meşcerelerin, ibrelerinin ayrışma hızının daha fazla olduğunu gösteren çalışmalarda mevcuttur (Aerts, 1997; Pandey vd., 2007). Xiao vd., (2014) Çin’de yaptıkları çalışmada da benzer sonuçlar bulmuş ve bunun sebebini farklı yaşlardaki çam meşcereleri altındaki toprak besin elementlerinin değişkenlik göstermesine bağlanılmıştır. Ölü örtüde yapısal olarak daha az bağlanan bu besin elementlerinden potasyum, kalsiyum, fosfor konsantrasyonları, çevrenin fiziksel koşullarının değişmesine bağlı olarak, artma eğilimi göstermektedir (Berg ve Staaf, 1980a).

Ölü örtü ayrışmasında; iklim (Meentemeyer, 1978; Aerts, 1997), ölü örtünün toplandığı mikroçevre (Hornsby vd., 1995), ölü örtünün kimyasal bileşeni (Pereira vd., 1998; Lill ve Marquis, 2001), ayrıştırıcıların topluluk yapısı ve miktarı (Seastedt ve Crossley, 1984) etkilidir.

Toprak yüzeyi ibre ayrışma değerleri (24. ay sonu) ile toprakta depolanan organik karbonu (0-30 cm) ilişkiye getirdiğimizde, aralarında negatif bir ilişkinin olduğu görülmüştür. Yani ibre ayrışma hızının artması toprakta depolanan toplam organik karbon miktarının azalmasına neden olmaktadır (Grafik 4.8.). 60 ve 100 yaşındaki ağaçların ibrelerinin ibre ayrışması hızlı ancak bu yaşta ağaçlar altındaki toprak organik karbon depolama kapasitelerinin daha düşük olduğu görülmektedir (Grafik 4.8.). Genelde ölü örtü ve humusun ayrışmasının daha hızlı olması toprağa daha çok baz katyon girdisinin olmasına, fakat orman katmanında organik karbon depolama kapasitesinin azalmasına, dolayısıyla bu azalmaya bağlı olarak toprakta depolanan karbon miktarının daha düşük olmasına neden olabileceği bildirilmiştir (Prietz ve Bachmann, 2012).

Ölü örtü ayrışması ve karbon akışı üzerinde en etkili uzun vadeli iklim değişiklikleridir. Bu değişim sadece sıcaklık değişimine bağlı olmayıp, mevsimsel yağışlarının değişmesi daha fazla etkili olabilmektedir (Klopatek, 2008). İnebolu çalışma alanında ölü örtü ayrışmasının hızlı olmasını benzer şekilde Fogel ve Cromack (1977) yaptıkları çalışmada bunun sebebini aşırı sıcaklık farklılıklarının

(özellikle su-toprak rejimini etkilediğinden) iğne yapraklı türlerde kütle azalma hızını önemli derecede etkilediğini belirtmişlerdir.



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Orman ekosistemlerinde (bu çalışmada göknar ve sarıçam türleri için) toprak özellikleri, toprak organik karbon (TOK) ve toplam azot (TA) miktarı ile depolama kapasiteleri ile ölü örtü miktarı, kimyasal bileşimi ve ayrışma seyri üzerinde, ağaç yaşı ve arazi kullanım türünün etkisini araştıran tez sonuçlarına göre;

- Ağaç yaşına bağlı olarak toprak özellikleri önemli derecede farklılıklar göstermiştir. Özellikle yaşlı ağaçlarda toprak reaksiyonun yüksek olmasında hem pedojenik hem de besin emilimi etkisinin olduğu yönünde belirtiler bulunmaktadır. Genel olarak, yaşa bağlı olarak yüzde kum miktarında bir artış, yüzde kil ve toz miktarlarında ise bir azalma tespit edilmiştir. Benzer şekilde, organik madde miktarı yaşa bağlı olarak azalma yönünde iken; hacim ağırlığı yaşa bağlı olarak bir artış göstermiştir. Toprak özelliklerinde ağaç yaşına bağlı olarak meydana gelen değişiklikler yanında, toprak derinlik kademelerine bağlı olarak da, özellikle TOK ve TA depolama kapasitesinde (özellikle hacim ağırlığının etkisi) önemli bir farklılığın olduğu ortaya konulmuştur.
- Arazi kullanım türüne göre ise genel olarak toprak özellikleri arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar bulunmamıştır ($P>0.05$). Bununla beraber, özellikle ormanlık alan topraklarının hacim ağırlığı değerleri tarım ve mera alanları topraklarına göre daha düşüktür. Bunun en önemli nedenleri arasında; orman toprağı yüzeyine her yıl eklenen ölü örtünün bulunması sebebiyle toprak organik madde kaynağının her zaman beslenmesi yanında orman ağaçlarının geniş bir kök yayılışa sahip olması, toprak strüktür yapısının iyi olması sayılabilir.
- Arazi kullanım türüne göre (orman-tarım-mera) TOK ve TA miktarı ile depolama kapasitelerindeki değişimler değerlendirildiğinde; tarım alanlarının TOK ve TA depolama kapasitelerinin ormanlık alanlardan daha düşük olduğu, fakat aralarındaki değer farkının bu konuda yapılmış daha önceki çalışmalarda belirtilen değer farklılıklarından daha düşük olduğu görülmektedir. Tarım

alanlarındaki düşük değerlerin bulunmasının en önemli nedenleri arasında; tarım alanlarında bitkisel materyalin uzaklaştırılması ve devamlı toprak işleme ile toprağın havalanması nedeniyle organik maddenin daha fazla ayrışması dolayısıyla depolanan karbonun atmosfere salınması olduğu genel olarak kabul görmektedir. Bunun yanında toprak işlenmesi agregatlaşmayı parçalamakta, toplam toprak gözenekliliği azaltmakta ve organik madde mineralizasyonu ve ayrışmasını hızlandırmaktadır. Bununla beraber, çalışmamızda görüldüğü gibi tarım alanlarının ormanlık alanlara yakın olması durumunda, çevresel şartlarında etkisiyle (rüzgar, yağış vd.) orman alanlarında gelen organik madde ile beslenmesi toprak organik karbon ve toplam azot miktarları bakımından olması gereken değer farkını azaltmaktadır.

- İnebolu çalışma alanın arazi kullanım türüne göre, tarım alandan (93,70 t/ha) ormanlık alanlara (120,36 t/ha) dönüştürülmesinde TOK depolama kapasitesi yaklaşık %28 oranında artmakta, TN depolama kapasitesi ise %1,6 oranında artış göstermektedir. İlgez çalışma alanında ise, ormanlık alanlardan (143,44 t/ha) mera alanlara (113,70 t/ha) dönüştürülmesinde TOK depolama kapasitesi yaklaşık %30 oranında azalmakta iken, TN depolama kapasitesi %18 olarak artış göstermektedir.
- Tarım alanlarına benzer şekilde, mera alanlarında da TOK depolama kapasitesi orman toprakları altında daha fazla tespit edilmiştir. Fakat, mera topraklarında TA depolama kapasitesinin orman topraklarına göre daha yüksek olduğu bulunmuştur. Bunun nedeni mera alanlarında yetişen ve simbiyotik fiksasyona sahip mera bitkilerinin toprağa sağladığı azot girdisinden kaynaklandığı düşünülmektedir.
- Topraktaki TA miktarına; gübreleme teknikleri, ürün hasadı, atmosferde gaz halinde N kaybı, toprak erozyonu gibi özelliklerin etkili olduğu bilinmektedir. Bunun sonucunda toprak altındaki N bağlayıcı canlıların biyolojik aktivitelerini olumsuz yönde etkilemektedir. Buna bağlı olarak toprak altı süreçleri ve biyolojik canlılar arasındaki etkileşimler araştırılmalıdır.

- Ağaç yaşına bağlı olarak, TOK ve TA miktarları ile depolama kapasiteleri önemli farklılıklar göstermiştir. Fakat bu farklılıklar doğrusal olarak bir artma veya azalma yönünde olmayıp, daha çok yaşa bağlı olarak artma-azalma şeklinde dalgalı veya zikzaklı bir şekildedir. Bunun en önemli nedenleri arasında yaşa bağlı olarak yetiştirme ortamı şartlarında meydana gelen değişiklikler; örneğin meşcere kapalılığı, meşcere sıklığı, ölü örtü birikimi, mikroiklim özellikleri sayılabilir.
- Toprak hacim ağırlığı ve toprak kütlesini dikkate alınarak belirlenen hem ormanlık alan hemde tarım-mera alanlarındaki TOK ve TA değerler, genel olarak bu konuda yapılan çalışmalardaki değerlerden yüksek bulunmuştur. Çalışmamızda, organik karbon ve toplam azot miktarları KÜ Merkez Laboratuvarında bulunan Eurovector cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar, herhangi bir alandaki TOK ve TA miktarı ile depolama kapasitelerini belirlemede uygulanan metot ve kullanılan analiz cihazının değişiklikleri ortaya koymada ve yorumlamada göz önünde bulundurulması gerektiğini göstermektedir.
- İki farklı çalışma alanında belirlenen ağaç yaşına bağlı olarak toprak yüzeyindeki ölü örtü miktarındaki değişim sonuçları incelendiğinde, 4 farklı yaşta yer aldığı İnebolu çalışma alanında en genç göknar ağaçlarından (38 yaşında) en yaşlı (100 yaşında) göknar ağaçlarına doğru toprak yüzeyindeki ölü örtü miktarında bir azalmanın olduğu belirlenirken, 6 farklı yaşta bulunduğu Ilgaz çalışma alanında ise bunun tam tersi olarak en genç göknar ağaçlarından (57 yaşında) en yaşlı (306 yaşında) göknar ağaçlarına doğru ölü örtü miktarında artış belirlenmiştir. İki farklı yaşta çalışıldığı İnebolu çalışma alanında sarıçam altında ise toprak yüzeyi ölü örtü miktarı yaş ile artış göstermiştir. Bu farklılıkların nedenleri arasında, farklı yaşlardaki ağaçların oluşturduğu kapalılığın, yaşa bağlı olarak ibre miktarındaki üretimin ve meşcere altı mikroiklim özelliklerindeki değişimden kaynaklanan ibre ayrışma sürecinin farklı olması sayılabilir.
- İbre ayrışma süreci ağaç yaşına bağlı olarak önemli farklılık göstermekle beraber, ağaç yaşı ile ayrışma süreci ilişkisinin doğrusal olmadığı, örneğin 60 ve

100 yaşındaki göknar ibrelerinin her bir örnekleme zamanında (6 ayda bir) 38 ve 90 yaşındaki göknar ibrelerinden daha hızlı ayrıştığı görülmüştür.

- Farklı yaşlardaki ibrelerin kimyasal yapıları analiz edildiğinde aralarında önemli derecede farklılıklar oldukları belirlenmiştir. Bu farklılıklar arasında, özellikle ibrelerin başlangıçta içerdiği karbon miktarları ile ayrışma sreeri arasında önemli bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Yaşa bağlı olarak ibrelerin kimyasal yapılarıdaki farklılıkların ayrışma üzerindeki etkisi yanında, ayrışmanın gerçekleştiği farklı yaşlardaki ağaç alanlarının mikroiklim özelliklerindeki farklılıklarında ayrışma sürecinde etkili olduğu söylenebilir. Fakat, burada sunulan çalışmamızda bu etkiler daha detaylı olarak çalışılmamıştır.
- Ülkemizde doğal olarak yetişen türlere, farklı yaşlara ve arazi kullanım değişimine bağlı olarak l örtü ayrışma çalışmalarının daha kapsamlı ve uzun vadeli çalışılması gerekmektedir.
- Son dönemde imzalanan Paris Anlaşmasına göre ülkemizde ormanların toprak altı ve toprak üstünde tutmuş olduğu karbon değerlerinin daha rasyonel değerlendirilmesi, ekonomik boyutta tahmin edilmesinde gerekli formül ve denklemlerin ortaya konulması, karbon piyasalarından yararlanma imkanlarının ortaya konulması için bu konudaki çalışmalara öncelik verilmelidir.
- Bu amaçla, ülkemiz orman ekosistemlerinde meydana gelebilecek değişimlerin (küresel iklim değişikliği, ormansızlaşma, erozyon, sediment, hasat vb.) topraktaki C ve N miktarına etkisi, ibre ayrışmasına ve besin döngüsüne etkisi daha detaylı araştırılmalıdır.
- Ormanların sürdürülebilirliği ve korunması için gereken uygulamalar topraktaki organik C ve toplam N havuzunu etkilemektedir. Bunun için alanda varsa erozyonun azaltılması, toprak verimliliğinin artırılmasına yönelik faaliyetlerin uygulanması, arazi kullanım değişikliğinin en aza indirilmesi, silvikültürel müdahaleler ve hasat sonrası üretim atıklarının, organik maddenin bırakılması, korunması gibi önlemler alınmalıdır.

- Orman amenajman planlarında, üretim fonksiyonlarından sonra öncelikli olarak ekosistemi korumaya yönelik fonksiyonların önem kazandığı ve bunun sonucunda korumaya yönelik orman sahalarında artış olduğu görülmektedir. Böylece amenajman planlarında özellikle ormancılık yönetim uygulamalarında karbon rezervuarına dahil olan hidrolojik, biyolojik ve toprak kaynaklarının korunması gibi ekolojik faktörler de göz önünde bulundurulmalıdır.



KAYNAKLAR

- Aber, J. D., & Melillo, J. M. (1991). *Terrestrial ecosystems*. Saunders College Publishing, Philadelphia.
- Acar, M. (2009). Kök ayrışma seyri üzerinde ağaç türü, bakı ve yükseltinin etkisi. Yüksek Lisans Tezi, *Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Artvin.
- Aerts, R. (1997). Climate, leaf litter chemistry and leaf litter decomposition in terrestrial ecosystems: a triangular relationship. *Oikos*, 79, 439–449.
- Akbaş, B., Akdeniz, N., Aksay, A., Altun, İ., Balcı, V., Bilginer, E., vd. (2015). Türkiye Jeoloji Haritası Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayını, Ankara, Türkiye.
- Akın, G. (2006). Küresel ısınma, nedenleri ve sonuçları, *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 46(2), 29-43.
- Albrektson, A. (1988). Needle litterfall in stands of *Pinus sylvestris* L. in Sweden, in relation to site quality, stand age and latitude. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 3(1-4), 333-342.
- Alptekin, B. L. (2013). Torosların iç kısmında kermes meşesi ağırlıklı makilik alanların toprak üstü biokütle ve karbon depolama kapasitesi. Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı*, Isparta.
- Anderson, J. M., & Ingram, J. S. I. (Eds.). (1993). *Tropical soil biology and fertility, A handbook for methods*. CAB International: Oxon.
- Anonim, (1990). Topraksu Genel Müdürlüğü, Türkiye Geliştirilmiş Toprak Haritası Sınıf ve Haritaları, Ankara.
- Anonim, (2015). Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, <http://iklim.cob.gov.tr/iklim/AnaSayfa/BMIDCS.aspx?sflang=tr> Erişim tarihi: 04/02/2016.
- Anonymous, (1999). Keys to Soil Taxonomy. USDA. SMSS. Technical Monograph No:19.
- Ardel, A., Kurter, A., & Dönmez, Y. (1969). *Klimatoloji tatbikatı*. İstanbul Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi Coğrafya Enstitüsü Yayını, Yayın No: 4, İstanbul.
- Ares, A., Neill, A.R., & Puettmann, K. J. (2010). Understory abundance, species diversity and functional attribute response to thinning in coniferous stands.

Forest Ecology and Management, 260, 1104-1113. doi: 10.1016/j.foreco.2010.06.023

- Armolaitis, K., Kabasinskiene, I. V., Stupak, I., Kukkola, M., Miksys, V., & Wojcik, J. (2013). Carbon and nutrients of scots pine stands on sandy soils in Lithuania in relation to bioenergy sustainability. *Biomass and Bioenergy*, 54, 250-259. doi:10.1016/j.biombioe.2013.03.034
- Asan, Ü. (2012). Türkiye ormanlarındaki yıllık karbon stok değişimi trendinin irdelenmesi ve 2023 yılındaki durumun kestirilmesi. *KSÜ Doğa Bil. Der., Özel Sayı*, 109-120.
- Ashagrie, Y., Zech, W., Guggenberger, G., & Mamo, T. (2007). Soil aggregation, and total and particulate organic matter following conversion of native forests to continuous cultivation in Ethiopia. *Soil Till. Res.*, 94, 101-108.
- Atalay, İ. (2006). *Toprak oluşumu, sınıflandırılması ve coğrafyası*. 3. Baskı, Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Genel Müdürlüğü Yayını.
- Augusto, L., Bakker, M. R., Morel, C., Meredieu, C., Trichet, P., Badeau, V., vd. (2010). Is “grey literature” a reliable source of data to characterise 134 *iForest*, 9, 125-137. Carbon stocks of degraded Mediterranean cork oak forests rise in soils at the scale of a region? A case study in a maritime pine forest in southwestern France. *European Journal of Soil Science* 61, 807-822. - doi: 10.1111/j.1365-2389.2010.01286.x
- Baritz, R., Seufert, G., Montanarella, L., & Van Ranst, E. (2010). Carbon concentrations and stocks in forest soils of Europe. *Forest Ecology and Management*, 260, 262-277. doi: 10.1016/j.foreco.2010.03.025
- Barry, R. G. (2008). *Mountain weather and climate*. Third Edition, Cambridge University Press. 978-0-521-86295-0
- Batjes, N. H. (1996). Total carbon and nitrogen in the soils of the world. *European Journal of Soil Science*, 47, 151-163. doi: 10.1111/j.1365-2389.1996.tb01386.x
- Beer, C. vd., (2010). Terrestrial gross carbon dioxide uptake: Global distribution and covariation with climate. *Science*, 329, 834-838.
- Berg, B., & Staaf, H. (1980a). Decomposition rate and chemical changes of Scots pine needle litter. II. Influence of chemical composition. - In: Persson, T. (ed.). Structure and Function of Northern Coniferous Forests. -*An Ecosystem Study. Ecol. Bull.* (Stockholm), 32, 373-390.
- Berg, B., & Staaf, H. (1980b). Decomposition rate and chemical changes of Scots pine needle litter. I. Influence of stand age. *Ecological Bulletins*, 363-372.

- Berg, B., & Ekbohm, G. (1983). Nitrogen immobilization in decomposing needle litter at variable carbon: nitrogen ratios. *Ecology*, 64(1), 63-67.
- Berg, B., & Tamm, C. O. (1991). Decomposition and nutrient dynamics of litter in long-term optimum nutrition experiments: I. Organic Matter Decomposition in *Picea abies* Needle Litter. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 6(1-4), 305-321.
- Berg, B., McClaugherty, C., & Johansson, M. B. (1993). Litter mass-loss rates in late stages of decomposition at some climatically and nutritionally different pine sites. Long-term decomposition in a Scots pine forest. *VIII. Canadian Journal of Botany*, 71(5), 680-692.
- Berg, B. (2000). Litter decomposition and organic matter turnover in northern forest soils. - *For. Ecol. Manage.*, 133,13-22.
- Berg, B., Erhagen, B., Johansson, M., Vesterdal, L., Faituri, M., Sanborn, P., & Nilsson, M. (2013). Manganese Dynamics in decomposing needle and leaf litter a synthesis. *Canadian Journal of Forest Research.*, 43(12),1127-1136. doi:10.1139/cjfr-2013-0097
- Binkley, D. (1986). *Forest Nutrition Management*. Wiley, New York.
- Birch, H.F., & Friend, M.T. (1956). The organic matter and nitrogen status of east African soils. *J. Soil Sci.*, 7, 156–167.
- Bird, M. I., Veenendaal, E. M., Moyo, C., Lloyd, J. W., & Frost, P. G. W. (2000). Effect of fire and soil texture on soil carbon in a sub-humid savanna (Matopos Zimbabwe). *Geoderma*, 94, 71–90.
- Blake, G. R. & Hartge, K. H. (1986). Bulk density. In:Page, A. L., Miller, R.H., Keeney, D.H. (Eds.) *Methods of soil analysis. Part I. Physical and mineralogical methods*, second ed. *Am. Soc. Agron.*, Madison. *Agronomy*, 363-375.
- Bocock, K. L., & Gilbert, O. J. W. (1957). The disappearance of leaf litter under different woodland conditions. *Plant and Soil*, 9(2), 179-185.
- Bolin, B., & Sukumar, R. (2000). Global perspective. In: Watson, R. T., Noble, I. R., Bolin, B., Ravindranath, N. H., Verardo, D. J., & Dokken, D. J. (Eds.), *Land use, Land-use Change, and Forestry*. Special Report of the IPCC. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 23–51.
- Bonnevie-Svendsen, C., & Gjems, O. (1957). Amount and chemical composition of the litter from larch, beech, Norway spruce and Scots pine stands and its effect on the soil. *Meddelelser fra det norske skogforsøksvesen*, 14, 111-174.
- Botkin, D., & Keller, E. (1995). *Environmental Science. Earth As a Living Planet: John Willey and Sons Inc.*, 550-571, Newyork.

- Bouma, J., Batjes, N. H., & Groot, J. J. R. (1998). Exploring land quality effects on world food supply. *Geoderma*, 86, 43-59. doi: 10.1016/S0016-7061(98)00034-2
- Bouyoucos, G. J. (1962). Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils. *Agron. J.*, 54, 595-622.
- Bray, J. R., & Gorham, E. (1964). Litter production in forests of the world. *Advances in ecological research*, 2, 101-157.
- Braz, A. M. de S., Fernande, A. R., & Alleoni, L. R. F. (2013). Soil attributes after the conversion from forest to pasture in Amazon. *Land Degradation and Development* 24, 33-38. doi:10.1002/ldr.1100
- Bridgham, S. D., Megonigal, J. P., Keller, J. K., Bliss, N. B. & Trettin, C. (2006). The carbon balance of North American wetlands. *Wetlands*, 26, 889–916.
- Brown, S., & Lugo, A. E. (1990). Effects of forest clearing and succession on the carbon and nitrogen content of soils in Puerto Rico and US Virgin Islands. *Plant and Soil*, 124(1), 53-64.
- Buyanovsky, G. A., Kucera, C. L., & Wagner, G. H. (1987). Comparative analyses of carbon dynamics in native and cultivated ecosystems. *Ecology*, 68(6), 2023-2031.
- Canadell, J., Le Quere, C., Raupacha, M., Fielde, C., Buitenhuis, E., Ciais, F. vd. (2007). Contributions to accelerating atmospheric CO₂ growth from economic activity, carbon intensity, and efficiency of natural sinks, in: *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(47), 18866-18870.
- Carey, M. L., & Farrell, E. P. (1978). Production, accumulation and nutrient content of Sitka spruce litterfall. *Irish Forestry*.
- Celik, İ. (2005). Land-use effects on organic matter and physical properties of soil in a southern Mediterranean highland of Turkey. *Soil & Tillage Research*, 83, 270-277.
- Chadwick, D. R., Ineson, P., Woods, C., & Pearce, T. G. (1998). Decomposition of *Pinus sylvestris* litter in litter bags: influence of underlying native litter layer. *Soil Biology and Biochemistry*, 30(1), 47-55.
- Cheng, C. H., Jien, S. H., Tsai, H., Chang, Y. H., Chen, Y. C., & Hseu, Z. Y. (2009). Geochemical element differentiation in serpentine soils from the ophiolite complexes, eastern Taiwan. *Soil science*, 174(5), 283-291.
- Choné, T., Andreux, F., Correa, J. C., Volkoff, B., & Cerri, C. C. (1991). Changes in organic matter in an oxisol from the central Amazonian forest during eight years as pasture, determined by ¹³C isotopic composition. In: Berthelin J.

- (ed.) Diversity of environmental biogeochemistry. La Haye: Elsevier, 1991, (6), 397-405. (Developments in Geochemistry; 6). ISBN 0-444-88900-0
- Ciais, P., Sabine, C., Bala, G., Bopp, L., Brovkin, V., Canadell, J., vd. (2013). Carbon and other biogeochemical cycles. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Couteaux, M. M., Bottner, P., & Berg, B. (1995). Litter decomposition, climate and litter quality. *Trends in Ecology & Evolution*, 10(2), 63-66.
- Cox, P., Wilkinson, S. P., & Anderson, J. M. (2001). Effects of fungal inocula on the decomposition of lignin and structural polysaccharides in *Pinus sylvestris* litter. *Biology and Fertility of Soils*, 33(3), 246-251.
- Çakıroğlu, K., (2011). Bartın İli Arıt Yöresindeki Kayın, Gökmar, Gökmar-Kayın Meşcerelerindeki Ölü Örtü Ayrışması ve Yıllık Yaprak Dökülmesinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, *Bartın Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü*, 79s., Bartın.
- Çepel, N., Dünder, M., & Günel, A. (1977). *Türkiye'nin Önemli Yetiştirme Bölgelerinde Saf Sarıçam Ormanlarının Gelişimi ile Bazı Edafik ve Fizyografik Etkiler Arasındaki İlişkiler*. TÜBİTAK yayınları no:354, TOAG Seri no:65, Ankara.
- Çepel, N. (1995). *Orman Ekolojisi Ders Kitabı*. İstanbul Üniversitesi, Yayın No. 3886, Sosyal B. M. Y. O. Yayın No. 433. ISBN 975-404-398-1, İstanbul.
- Çepel, N. (1996). *Toprak İlmi Ders Kitabı -Orman topraklarının karakteristikleri, toprakların oluşumu, özellikleri ve ekolojik bakımdan değerlendirilmesi*. İstanbul Üniversitesi Yayın No, 3945, Orman Fakültesi Yayın No, 438, İstanbul.
- Çepel, N. (2002). Ekolojik Sorunlar ve Çözüm Önerileri. Tübitak Yayınları, No: 180. Ankara.
- Çömez, A. (2010). Sündiken dağlarında sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) meşcerelerinde karbon birikiminin belirlenmesi. Doktora Tezi, *İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*. İstanbul.
- de Camargo, P. B., Trumbore, S. E., Martinelli, L. A., Davidson, E. A., Nepstad, D. C., & Victoria, R.L. (1999). Soil carbon dynamics in regrowing forests of eastern Amazonia. *Glob. Change Biol.* 5, 693-702.

- de Koning, G. H. J., Veldkamp, E., & Lopez-Ulloa, M. (2003). Quantification of carbon sequestration in soils following pasture to forest conversion in Northwestern Ecuador. *Global Biogeochem. Cy.*, 17(4), 1098.
- de Moraes, J. F. L., Volkoff, B., Cerri, C. C., & Bernoux, M. (1996). Soil properties under Amazon forest and changes due to pasture installation in Rondonia, Brazil. *Geoderma* 70, 63-81.
- Desjardins, T., Andreux, F., Volkoff, B., & Cerri, C. C. (1994). Organic carbon and ¹³C contents in soils and soil size-fractions, and their changes due to deforestation and pasture installation in eastern Amazonia. *Geoderma*, 61(1-2), 103-118.
- Desjardins, T., Barros, E., Sarrazin, M., Girardin, C., & Mariotti, A. (2004). Effects of forest conversion to pasture on soil carbon content and dynamics in Brazilian Amazonia. *Agriculture Ecosystems and Environment* 103, 365-373.
- Diaz-Pinés, E., Rubio, A., Van Miegroet, H., Montes, F., & Benito, M. (2011). Does tree species composition control soil organic carbon pool in Mediterranean mountain forests? *Forest Ecology and Management*, 262, 1895-1904. doi:10.1016/j.for eco.2011.02.004
- Dixon, R. K., Brown, S., Houghton, R. A., Solomon, A. M., Trexler, M. C., & Wisniewski, J. (1994). Carbon pools and flux of global forest ecosystems. *Science*, 263(5144), 185-190. doi:10.5053/ekoloji.2011.812
- Dlugokencky, E., & Tans, P. P. (2013). Globally averaged marine surface annual mean data, NOAA/ESRL. www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/ Erişim tarihi: 06/01/2017.
- DMİ, (2016). Devlet Meteoroloji İşleri Gn. Md., Kastamonu Meteoroloji İl Müdürlüğü, Kastamonu ve İnebolu Meteoroloji İstasyonu Verileri, 1960-2015. Kastamonu.
- Droogers, P., & Bouma, J. (1997). Soil survey input in exploratory modelling of sustainable management practice. *Soil Science Society of America Journal*, 61, 1704-1710. doi: 10.2136/sssaj1997.03615995006100060023x
- Durán Zuazo, V. H., Rodriguez Pleguezuelo, C. R., Cuadros Tavira, S., & Francia Martínez, J. R. (2014). Linking soil organic carbon stocks to land-use types in a mediterranean agroforestry landscape. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 16(3), 667-679.
- Durkaya, B., & Durkaya, A. (2008). Türkiye toprak üstü tek ağaç ve meşçere biyokütle tabloları. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 10 (13): 1-10.
- Duyar, A., Arslan, M., & Kınış, S. (2014). Bolu, Uludağ göknarı ormanlarında ölü örtü ve topraktaki karbon ile eklem bacaklıların incelenmesi. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Batı Karadeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü,

Proje Sonuç Raporu, s.45, <http://yayin.ogm.gov.tr/yaydepo/714.pdf> Erişim tarihi: 25/02/2017.

- Eden, M. J., Furley, P. A., McGregor, D. F. M., Milliken, W., & Ratter, J. A. (1991). Effect of forest clearance and burning on soil properties in northern Roraima, Brazil. *Forest Ecology and Management*, 38(3-4), 283-290.
- Enez, K., Arıcak, B., & Sariyıldız, T. (2015). Effects of harvesting activities on litter decomposition rates of scots pine, trojan fir, and sweet chestnut. *Şumarski list*. 139(7-8), 361-367.
- Enez, K., Sariyıldız, T., Arıcak, B., & Savacı, G. (2016). Initial litter quality variables and disturbed site characteristics by forest harvesting practices influence litter decomposition rates of scots pine, trojan fir and sweet chestnut in northwest of Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 25(11), 4732-4741.
- Erickson, H., Keller, M., & Davidson, E. A. (2001). Nitrogen oxide fluxes and nitrogen cycling during postagricultural succession and forest fertilization in the humid tropics. *Ecosystems*, 4, 64-84.
- Erinç, S. (1965). Klimatoloji ve metotları. *İ.Ü. Coğrafya Enstitüsü Yayını*, Yayın No:35, 2. Baskı, İstanbul.
- Evrendilek, F., Celik, I., & Kilic, S. (2004). Changes in soil organic carbon and other physical soil properties along adjacent Mediterranean forest, grassland and cropland ecosystems in Turkey. *Journal of Arid Environments*, 59, 743-752.
- Falkowski, P., Scholes, R. J., Boyle, E. E. A., Canadell, J., Canfield, D., Elser, J., vd. (2000). The global carbon cycle: a test of our knowledge of earth as a system. *Science*, 290(5490), 291-296.
- FAO, (1988). Soil Map of the World. Food and Agriculture Organization of the United Nations, World Soil Resources Report 60, Rome.
- FAO,. (1998). World Reference Base for Soil Resources, by ISSS–ISRIC–FAO.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), (2015). Major soil groups of the world (FGGD) (GeoLayer). (Latest update: 04 Jun 2015) Accessed (5 Oct 2015), 05/10/2015 tarihinde <http://data.fao.org/ref/6fd05da0-853c-11db-b9b2-000d939bc5d8.html?version=1.0> adresinden alınmıştır.
- Fearnside, P. M., & Barbosa, R. I. (1998). Soil carbon changes from conversion of forest to pasture in Brazilian Amozania. *Forest Ecol. Manage.*, 108, 147-166.
- Feigl, B.J., Melillo, J., & Cerri, C. C. (1995). Changes in the origin and quality of soil organic matter after pasture introduction in Rondonia (Brazil). *Plant Soil*, 175:21–9.

- Feldpausch, T. R., Rondon, M. A., Fernandes, E. C. M., Riha, S. J., & Wandelli, E. (2004). Carbon and nutrient accumulation in secondary forests regenerating on pastures in central Amazonia. *Ecol. Apl.*, 14(4), 164-176.
- Feller, C., Albrecht, A., Blanchart, E., Cabidoche, Y. M., Chevallier, T., Hartmann, C., Eschenbrenner, V., LarreLarrouy, M. C., & Ndandou, J.F. (2001). Soil organic carbon sequestration in tropical areas. General considerations and analysis of some edaphic determinants for lesser antilles soils. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, 61, 19–32.
- Fierer, N., & Jackson, R. B. (2006). The diversity and biogeography of soil bacterial communities. *Proc Natl Acad Sci.*, 103, 626–631.
- Finzi, A. C., Van Breemen, N., & Canham, C. D. (1998). Canopy tree–soil interactions within temperate forests: species effects on soil carbon and nitrogen. *Ecological applications*, 8(2), 440-446.
- Flower-Ellis, J. G. K., & Olsson, L. (1978). Litterfall in an age series of scots pine stands and its variation by components during the years 1973-1976. *Swedish Coniferous Project, Technical Report*, 15, 1-62.
- Fogel, R., & Cromack Jr. K. (1977). Effect of habitat and substrate quality on Douglas fir litter decomposition in western Oregon. *Canadian Journal of Botany*, 55(12), 1632-1640.
- Foster, H. L. (1981). The basic factors which determine inherent soil fertility in Uganda. *J. Soil Sci.*, 32, 149–160.
- Freing, A., Wallace, D. W. R. & Bange, H. W. (2012). Global oceanic production of nitrous oxide. *Philos. Trans. R. Soc.*, B(367), 1245–1255.
- Fujimaki, R., Takeda, H., & Wiwatiwitaya, D. (2008). Fine root decomposition in tropical dry evergreen and dry deciduous forests in Thailand. *Journal of Forest Research*, 13(6), 338-346.
- Galloway, J. N., Aber, J. D., Erisman, J. W., Seitzinger, S. P., Howarth, R. W., Cowling, E. B., & Cosby, B. J. (2003). The nitrogen cascade. *BioScience*, 53, 341–356.
- Galloway, J. N., Dentener, F. J., Capone, D. G., Boyer, E. W., Howarth, R. W., Seitzinger, S. P., vd. (2004). Nitrogen cycles: Past, present and future. *Biogeochemistry*, 70, 153–226. doi:10.1007/s10533-004-0370-0
- Gholz, H. L., Perry, C. S., Cropper, W. P., & Hendry, L. C. (1985). Litterfall, decomposition, and nitrogen and phosphorus dynamics in a chronosequence of slash pine (*Pinus elliottii*) plantations. *Forest Science*, 31(2), 463-478.

- Göl, C., Çelik, N., Çakır, M., & Gül, E. (2008). Türkmen Dağı (Evkondu Tepe) Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) ormanlarının bazı yetişme ortamı özellikleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, A(1), 48-60.
- Griffiths, R. I., Thomson, B. C., James, P., Bell, T., Bailey, M., & Whiteley, A. S. (2011). The bacterial biogeography of British soils. *Environ. Microbiol.*, 13, 1642–1654. <https://doi.org/10.1111/j.1462-2920.2011.02480.x>
- Grünzweig, J. M., Sparrow, S. D., Yakır, D., & Chapin, F. S. (2004). Impact of agricultural land-use change on carbon storage in Boreal Alaska. *Global Change Biology* 10(4), 452-472. doi:10.1111/j.1529-8817.2003.00738.x
- Guo, L. B., & Gifford, R. M. (2002). Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis. *Global change biology*, 8(4), 345-360.
- Gülçur, F. (1974). Toprağın fiziksel ve kimyasal analiz metodları. *İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları*, İ.Ü. Yayın No: 1970, O.F. Yayın No: 201, Kutulmuş Matbaası, İstanbul.
- Güner, Ş. T. (2006). Türkmen Dağı (Eskişehir, Kütahya) Sarıçam (*Pinus sylvestris ssp. hamata*) ormanlarının yükseltiyeye bağlı büyüme beslenme ilişkilerinin Belirlenmesi." Doktora tezi, yayınlanmamış, Eskişehir.
- Güner, S., Tüfekçioğlu, A., Duman, A., & Küçük, M. (2010). Murgul yalancı akasya ağaçlandırmalarının ve bitişindeki otlak alanların toprak üstü biyokütle, kök kütlesi, kök üretimi ve karbon depolama yönlerinden karşılaştırılması.
- Güner, A., Aslan, S., Ekim, T., Vural, M., & Babaç, M. T. (edlr.) (2012). Türkiye bitkileri listesi (Damarlı bitkiler). *Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını*. 1. Basım, İstanbul.
- Güner, E. D., & Turan, E. S. (2017). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Küresel İklim Değişikliği Üzerine Etkisi. Artvin Çoruh Üniversitesi, Doğal Afetler Uygulama ve Araştırma Merkezi, *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 48-55.
- Haktanır, K. & Arcak, S. (1997). *Toprak Biyolojisi (Toprak Ekosistemine Giriş) Ders Kitabı*. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları, Yayın No:1486.
- Hansell, D. A., Carlson, C. A., Repeta, D. J., & Schlitzer, R. (2009). Dissolved organic matter in the ocean: A controversy stimulates new insights. *Oceanography*, 22, 202–211.
- Haynes, B. E., & Gower, S. T. (1995). Belowground carbon allocation in unfertilized and fertilized red pine plantations in northern Wisconsin. *Tree Physiology*, 15(5), 317-325.
- Heal, O. W., Anderson, J. M., Swift, M. J. (1997). Plant litter quality and decomposition: an historical overview. In: Cadisch, G., Giller, K. E., (Eds.)

Driven by nature: plant litter quality and decomposition. Wallingford, UK: CAB International. pp 3–45.

- Heim, A., Wehrli, L., Eugster, W., Schmidt, M. W. L. (2009). Effects of sampling design on the probability to detect soil carbon stock changes at the Swiss CarboEurope site Lageren. *Geoderma*, 149, 347-354.
- Hennessey, T. C., Dougherty, P. M., Cregg, B. M., & Wittwer, R. F. (1992). Annual variation in needle fall of a loblolly pine stand in relation to climate and stand density. *Forest Ecology and Management*, 51(4), 329-338.
- Hermans, S. M., Buckley, H. L., Case, B. S., Curran-Cournane, F., Taylor, M., & Lear, G. (2017). Bacteria as emerging indicators of soil condition. *Applied and Environmental Microbiology*, 83(1), e02826-16.
- Hermle, S., Anken, T., Leifeld, J., & Weiskopf, P. (2008). The effect of the tillage system on soil organic carbon content under moist, cold-temperate conditions. *Soil & Tillage Research*, 1(98), 94-105.
- Hobbie, S. E. (1996). Temperature and plant species control over litter decomposition in Alaskan tundra. *Ecological Monographs*, 66(4), 503-522.
- Hobbie, S. E., Reich, P. B., Oleksyn, J., Ogdahl, M., Zytkowski, R., Hale, C., & Karolewski, P. (2006). Tree species effects on decomposition and forest floor dynamics in a common garden. *Ecology*, 87(9), 2288-2297.
- Hobbie, S. E. (2008). Nitrogen effects on decomposition: A five-year experiment in eight temperate sites. *Ecology*, 89(9), 2633-2644.
- Holstener-Joergensen, H., Veracion, V. P., & Yao, C. E. (1979). Litter fall studies in an irrigation trial in Norway spruce (Denmark). *Forstlige Forsoegsraesen i Danmark*.
- Hornsby, A. G., Wauchope, R. D., & Herner, A. (1995). Pesticide properties in the environment (Vol. 1). Springer Science & Business Media.
- Houghton, R. A., Hobbie, J. E., Melillo, J. M., Moore, B., Peterson, B. J., Shaver, G. R., & Woodwell, G. M. (1983). Changes in the carbon content of terrestrial biota and soils between 1860 and 1980: A net release of CO₂ to the atmosphere. *Ecological monographs*, 53(3), 235-262.
- Houghton, R. A. (1992). Tropical deforestation and atmospheric carbon dioxide. In: "Tropical Forests and Climate" (Myers, N., ed). Springer Science+Business Media BV, The Netherlands, pp. 99-118.
- Houghton, R. A. (1999). The annual net flux of carbon to the atmosphere from changes in land use 1850-1990. *Tellus*, 51B, 298-313.

- Hughes, R. F., Kauffman, J. B., & Jaramillo, V. J. (1999). Biomass carbon and nutrient dynamics of secondary forests in a humid tropical region of Mexico. *Ecology*, 80, 1892-1907.
- Hughes, R. F., Kauffman, J. B., & Jaramillo, V. J. (2000). Ecosystem-scale impacts of deforestation and land use in a humid tropical region of Mexico. *Eco Appl.*, 10, 515-527.
- IEA (2015). CO₂ emissions from fuel combustion-highlights. *IEA, Paris*. <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/CO2EmissionsFromFuelCombustionHighlights2015.pdf>
- IEA (2016). Energy Policies of IEA Countries (TURKEY). *IEA, Paris*. <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/EnergyPoliciesofIEACountriesTurkey.pdf>
- IPCC, (1997). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Vol 3: Greenhouse Gas Inventory Reference Manual (eds. Houghton, J. T., Meira Filho, L. G., Lim, B., Treanton, K., Mamatyl Bonduki, Y., Griggs, D. J., Callander, B. A.), Intergovernmental Panel on Climate Change, Meteorological Office, Bracknell, UK.
- IPCC, (2006). IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories, prepared by the national greenhouse gas inventories programme: Annex:2 Summary of Equations. http://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_14_An2_SumEua.pdf 02/01/2016 tarihinde adresinden alınmıştır.
- IPCC, (2013). Summary for Policymakers. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T. F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_SPM_FINAL.pdf 30/11/2016 tarihinde adresinden alınmıştır.
- Irmak, A. (1954). Arazide ve laboratuvarında toprağın araştırılması metodları. *İst. Üniv. Yay.* No:559, Orman Fakültesi Yay No:27, Halk Matbaası, İstanbul.
- Irmak, A. (1972). Toprak ilmi, *İst. Üniv. Orman Fak. Yay.* No:184, İstanbul.
- IUSS Working Group. (2014). World reference base for soil resources 2014 international soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. *FAO, Rome*. 03/11/2016 tarihinde <http://www.fao.org/3/a-i3794e.pdf> adresinden alınmıştır.
- Jackson, M. L. (1962). *Soil chemical analysis, constable and company Ltd.* London, England.

- Jandl, R., Lindner, M., Vesterdal, L., Bauwens, B., Baritz, R., Hagedorn, F., ... & Byrne, K. A. (2007). How strongly can forest management influence soil carbon sequestration? *Geoderma*, 137(3), 253-268.
- Janzen, H. H. (2004). Carbon cycling in earth systems-a soil science perspective. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 104,399-417.
- Jenny, H., Gessel, S. P., & Bingham, F. T. (1949). Comparative study of decomposition rates of organic matter in temperate and tropical regions. *Soil Science*, 68(6), 419-432.
- 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.
- Jobbagy, E. G., & Jackson, R. B. (2000). The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation. *Ecol. Appl.*, 10(2), 423-436.
- John, B., Yamashita, T., Ludwig, B., & Flessa, H. (2005). Storage of organic carbon in aggregate and density fractions of silty soils under different types of land use. *Geoderma*, 128, 63-79. doi: 10.1016/j.geoderma.2004.12.013
- Johnson, D. W., & Curtis, P. S. (2001). Effects of forest management on soil C and N storage: meta analysis. *Forest Ecology and Management*, 140(2), 227-238.
- Kantarcı, M. D. (1979). Aladağ kütlesinin (Bolu) kuzey aklanındaki Uludağ göknarı ormanlarındaki yükselti-iklim basamaklarına göre bazı ölü örtü toprak özelliklerinin analitik olarak araştırılması, *İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları*, Yayın No:2634.
- Kantarcı, M. (1980). Aladağ kütlesinin (Bolu) kuzey yamacında Uludağ göknarı ibrelerindeki mineral madde miktarlarının yükselti-iklim kuşaklarına göre değişimi. *İstanbul Ün. Orman Fak. Der.*, A(2/30), 135-152, İstanbul.
- Kantarcı, M. (2000). Toprak İlmi. *İstanbul Ün. Orman Fak. Yayınları No:462, s:420*, İstanbul.
- Kara, O., & Bolat, I. (2008). The effects of different land uses on soil microbial biomass carbon and nitrogen in Bartın province. *Turk J. Agric. F.*, 32, 281-288.
- Karaöz, M. Ö. (1991). Belgrad ormanı'nda bazı iğne yapraklı ve geniş yapraklı orman ekosistemlerine ait toprak özelliklerinin bir metre küp hacimdeki değerlere göre karşılaştırılması. *İstanbul Ün. Orman Fak. Der.*, A(1/41), 60-66, İstanbul.

- Karayılmazlar, S., Saraçoğlu, N., Cabuk, Y., & Kurt, R. (2011). Utilizations of biomass as an energy source in Turkey. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 13(19), 63-75.
- Kauffman, J. B., Cummings, D. L., & Ward, D. E. (1998). Fire in the Brazilian Amazon 2. Biomass, nutrient pools and losses in cattle pastures. *Oecologia*, 113(3), 415-427.
- Kavvadias, V. A., Alifragis, D., Tsiontsis, A., Brofas, G., & Stamatelos, G. (2001). Litterfall, litter accumulation and litter decomposition rates in four forest ecosystems in northern Greece. *Forest Ecology and Management*, 144(1), 113-127.
- Kılınç, M., Kutbay, H. G., Yalçın, E., & Bilgin, A. (2006). Bitki ekolojisi ve bitki sosyolojisi uygulamaları. *Palme Yayınları*:394, Palme Yayıncılık ISBN:975-8982-98-2 Ankara.
- Kiser, L.C., Kelly, J.M., & Mays, P.A. (2009). Changes in forest soil carbon and nitrogen after a thirty-year interval. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 73:647-653.
- Klopatek, J. M. (2002). Belowground carbon pools and processes in different age stands of Douglas-fir. *Tree Physiology*, 22(2-3), 197-204.
- Klopatek, J. M. (2008). Litter decomposition contrasts in second-and old-growth Douglas-fir forests of the Pacific Northwest, USA. *Plant Ecology*, 196(1), 123-133.
- Koçyiğit, R., & Rice, C. W. (2004). Carbon dynamics in tallgrass prairie and wheat ecosystems. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 28(3), 141-153.
- Köchy, M., & Wilson, S. D. (1997). Litter decomposition and nitrogen dynamics in aspen forest and mixed-grass prairie. *Ecology*, 78(3), 732-739.
- Kurz-Besson, C., Couteaux, M., Berg, B., Remacle, J., Ribeiro, C., Romanya, J., & Thiery, J.M. (2006). A climate response function explaining most of the variation of the forest floor needle mass and the needle decomposition in pine forest across Europe. *Plant and Soil*, 285, 97-114.
- Küçük, O., Bilgili, E., & Baysal, İ. (2007). Fire development from a point source in surface fuels of a mature Anatolian black pine stand. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 31(4), 263-273.
- Laganiere, J., Angers, D. A., & Pare, D. (2010). Carbon accumulation in agricultural soils after afforestation: a meta-analysis. *Global change biology*, 16(1), 439-453.
- Lal, R. & Kang, B. T. (1982). Management of organic matter in soils of the tropics and subtropics. *In Non-symbiotic Nitrogen Fixation and Organic Matter in*

the Tropics, Symposium Papers 1, pp 115–141. *Twelfth International Congress of Soil Science*, New Delhi, India.

- Landsberg, J. J., & Gower, S. T. (1997). *Applications of physiological ecology to forest management*. Academic Press.
- Langenbruch, C. (2012). Effects of nutrient cycling through litter of different broadleaved deciduous tree species on soil biochemical properties and the dynamics of carbon and nitrogen in soil. PhD Thesis, *Georg-August-University of Göttingen, Centre of Biodiversity and sustainable land use.*, s.93, Germany.
- Lauber, C. L., Strickland, M. S., Bradford, M. A., & Fierer, N. (2008). The influence of soil properties on the structure of bacterial and fungal communities across land-use types. *Soil Biol Biochem.*, 40, 2407–2415.
- Lee, J., Hopmans, J. W., Rolston, D. E., Baer, S. G., & Six, J. (2009). Determining soil carbon stock changes: simple bulk density corrections fail. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 134(3), 251-256.
- Leuschner, C., Wulf, M., Bauchler, P., & Hertel, D. (2013). Soil C and nutrient stores under Scots pine afforestations compared to ancient beech forests in the German Pleistocene: The role of tree species and forest history. *Forest Ecology and Management*, 310, 405-415, <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2013.08.043>
- Li, Y., Xia, Y., Lei, Y., Deng, Y., Chen, H., Sha, L., Cao, M., & Deng, X. (2015). Estimating changes in soil organic carbon storage due to land use changes using a modified calculation method. *iForest*, 8, 45-52.
- Lill, J. T., & Marquis, R. J. (2001). The effects of leaf quality on herbivore performance and attack from natural enemies. *Oecologia*, 126(3), 418-428.
- Lorenz, K., & Lal, R. (2005). The depth distribution of soil organic carbon in relation to land use and management and the potential of carbon sequestration in subsoil horizons. *Advances in agronomy*, 88, 35-66.
- Lugo, A. E., Sanchez, M. J., & Brown, S. (1986). Land use and organic carbon content of some subtropical soils. *Plant and soil*, 96(2), 185-196.
- Lukić, S., Pantić, D., Simić, S. B., Borota, D., Tubić, B., Djukić, M., & Djunisijević-Bojović, D. (2015). Effects of black locust and black pine on extremely degraded sites 60 years after afforestation-a case study of the Grdelica Gorge (southeastern Serbia). *iForest-Biogeosciences and Forestry*, 9(2), 235.
- Maddock, J. E., Dos Santos, M. B., De Sá, S. R. A., & Pedro, L. D. A. (2004). Soil respiration and carbon storage of an Acrisol under forest and different cultivations in Rio de Janeiro State, Brazil. In *Tropical Agriculture in*

Transition-Opportunities for Mitigating Greenhouse Gas Emissions? (pp. 175-182), Springer Netherlands.

- Makineci, E. (1999). Araştırma Ormanındaki Baltalıkların Koruya Dönüştürülmesi İşlemlerinin Ölü Örtü ve Topraktaki Azot Değişimine Etkileri. Doktora Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. İstanbul.
- Makineci, E. (2004). Meşe (*Quercus frainetto* Ten.) baltalık ormanında bakım kesimlerinin ölü örtü ve üst toprakların bazı özelliklerine etkileri. *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, A(54)-1, 55-78.
- Mann, L. K. (1986). Changes in soil carbon storage after cultivation. *Soil Science*, 142(5), 279-288.
- Manu, A., Bationo A., & Geiger, S. C. (1991). Fertility status of selected millet producing soils of West Africa with emphasis on phosphorus. *Soil Science*. 152(5), 315–320.
- Marin-Spiotta, E., Silver, W. L., Swanston, C. W., & Ostertag, R. (2009). Soil organic matter dynamics during 80 years of reforestation of tropical pastures. *Glob. Change Biol.*, 15, 1584-1597.
- Martens, D. A., Reedy, T. E., & Lewis D. T. (2003). Soil organic carbon content and composition of 130-year crop, pasture and forest land-use managements, *Global Change Biology*, 10, 65-78. doi:10.1046/j.1529-8817.2003.00722.x
- McGrath, D. A., Smith, C. K., Gholz, H. L., & de Assis Oliveira, F. (2001). Effects of land-use change on soil nutrient dynamics in Amazonia. *Ecosystems*, 4(7), 625-645.
- Meentemeyer, V. (1978). Macroclimate and lignin control of litter decomposition rates. *Ecology*, 59, 465–472.
- Melillo, J. M., J. D. Aber, & J. F. Muratore. (1982). Nitrogen and lignin control of hardwood leaf litter decomposition dynamics. *Ecology*, 63, 621–626.
- Miller, H. G. (1984). Dynamics of nutrient cycling in plantation ecosystems. Nutrition of plantation forests/edited by GD Bowen, EKS Nambiar.
- Minderman, G. (1968). Addition, decomposition and accumulation of organic matter in forests. *The Journal of Ecology*, 355-362.
- Miralles, I., Ortega, R., Almendros, G., Sánchez-Marañón, M., & Soriano, M. (2009). Soil quality and organic carbon ratios in mountain agroecosystems of South-east Spain. *Geoderma*, 150(1), 120-128.
- Mork, E. (1942). Om strøfallet i vare skoger. *Medd Nor Skogforskves*, 29, 297-365.

- Mubyana-John, T., & Masamba, W. R. L. (2014). Soil Microbial Biomass Carbon, Nitrogen and Sulphur as Affected By Different Land Uses in Seronga, Okavango Delta, Botswana. *British Journal of Environment & Climate Change*, 3(4), 628-639.
- Murty, D., Kirschbaum, M. U., Mcmurtrie, R. E., & Mcgilvray, H. (2002). Does conversion of forest to agricultural land change soil carbon and nitrogen? A review of the literature. *Global Change Biology*, 8(2), 105-123.
- Neill, C., Melillo, J. M., Steudler, P. A., Cerri, C. C., de Moraes, J. F. L., Piccolo, M. C., & Brito, M. (1997a). Soil carbon and nitrogen stocks following forest clearing for pasture in the southwestern Brazilian Amazon. *Eco Appl.*, 7(4), 1216–25.
- Neill, C., Piccolo, M. C., Cerri, C. C., Steudler, P. A., Melillo, J. M., & Brito, M. (1997b). Net nitrogen mineralization and net nitrification rates in soils following deforestation for pasture across the southwestern Brazilian Amazon Basin landscape. *Oecologia*, 110, 243–52.
- Nepstad, D. C., Moutinho, P. R., & Markewitz, D. (2001). The recovery of biomass, nutrient stocks, and deep soil functions in secondary forests. In: McClain, M. E., Victoris, R. L., Richey, J. E., (editors), *The Biogeochemistry of the Amazon Basin*. New York: Oxford University Press. Forthcoming.
- Neumann-Cosel, L., Zimmermann, B., Hall, J. S., van Breugel, M., & Elsenbeer, H. (2011). Soil carbon dynamics under young tropical secondary forests on former pastures-A case study from Panama. *Forest Ecology and Management*, 261(10), 1625-1633.
- Olson, J. S. (1963). Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. *Ecology*, 14, 322-331.
- Osher, L. J., Matson, P. A., & Amundson, R. (2003). Effect of land- use change on soil carbon in Hawaii. *Biogeochemistry*, 65, 213-232.
- Oubrahim, H., Boulmane, M., Bakker, M. R., Augusto, L., & Halim, M. (2015). Carbon storage in degraded cork oak (*Quercus suber*) forests on flat lowlands in Morocco. *iForest-Biogeosciences and Forestry*, 9(1), 125.
- Pandey, R. R., Sharma, G., Tripathi, S. K., & Singh, A. K. (2007). Litterfall, litter decomposition and nutrient dynamics in a subtropical natural oak forest and managed plantation in northeastern India. *Forest Ecology and Management*, 240(1), 96-104.
- Parfitt, R. L., Theng, B. K. G., Whitton, J. S., & Shepherd, T. G. (1997). Effects of clay minerals and land use on organic matter pools. *Geoderma*, 75, 1-12.
- Park, S., Croteau, P., Boering, K. A., Etheridge, D. M., Ferretti, D., Fraser, P. J., Kim, K-R., Krummel, P. B., Langenfelds, R. L., van Ommen, T. D., Steele,

- L. P. & Trudinger, C. M. (2012). Trends and seasonal cycles in the isotopic composition of nitrous oxide since 1940. *Nature Geosci.*, 5, 261–265.
- Parton, W. J., Schimel, D. S., Cole, C. V. & Ojima, D. S. (1987). Analysis of factors controlling soil organic matter levels in Great Plains grasslands. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 51, 1173- 1179.
- Paul, E. A. (1984). Dynamics of soil organic matter. *Plant Soil*, 76, 275–285.
- Paul, K. I., Polglase, P. J., Nyakuengama, J. G., Khanna, P. K. (2002). Change in soil carbon following afforestation. *Forest Ecol. Manage.*, 168, 241-257.
- Pedersen, L. B., & Bille-Hansen, J. (1999). A comparison of litterfall and element fluxes in even aged Norway spruce, sitka spruce and beech stands in Denmark. *Forest ecology and management*, 114(1), 55-70.
- Perin, E., Cereta, C. A., & Klamt, E. (2003). Time of agricultural use and chemical properties of two Ferralsols in the Planalto Medio region of the State of Rio Grande do Sul, Brazil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, *Vic,osa* 27, 665–674 (in Portuguese, with abstract in English).
- Post, W. M., Peng, T. H., Emanuel, W. R., King, A. W., Dale, V. H., & De Angelis, D. L. (1990). The global carbon cycle. *American scientist*, 78(4), 310-326.
- Post, W. M., & Kwon, K. C. (2000). Soil carbon sequestration and land-use change: processes and potential. *Global Change Biology*, 6, 317-327. doi: 10.1046/j.1365-2486.2000.00308.x
- Potter, K. N., & Derner, J. D. (2006). Soil carbon pools in central Texas: Prairies, restored grasslands, and croplands. *Journal of soil and water conservation*, 61(3), 124-128.
- Poulter, B., Frank, D., Ciais, P., Myneni, R. B., Andela, N., Bi, J., vd. (2014). Contribution of semi-arid ecosystems to interannual variability of the global carbon cycle. *Nature*, 509(7502), 600-603.
- Prentice, I. C., vd., (2001). The carbon cycle and atmospheric carbon dioxide. In: *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [J. T. Houghton, Y. Ding, D. J. Griggs, M. Noquer, P. J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell and C. A. Johnson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 183–237.
- Pereira, A. P., Graca, M. A., & Molles, M. (1998). Leaf litter decomposition in relation to litter physico-chemical properties, fungal biomass, arthropod colonization, and geographical origin of plant species. *Pedobiologia*, 42(4), 316-327.

- Prescott, C. E. (2010). Litter decomposition: what controls it and how can we alter it to sequester more carbon in forest soils? *Biogeochemistry*, 101(1-3), 133-149.
- Pretzsch, H. (2005). Diversity and productivity in forests: evidence from long-term experimental plots. In *Forest diversity and function* (pp. 41-64). Springer Berlin Heidelberg.
- Prietzl, J., & Bachmann, S. (2012). Changes in soil organic C and N stocks after forest transformation from Norway spruce and Scots pine into Douglas fir, Douglas fir/spruce, or European beech stands at different sites in Southern Germany. *Forest ecology and management*, 269, 134-148.
- Ramanathan, V., & Carmichael, G. (2008). Global and regional climate changes due to black carbon. *Nature geoscience*, 1(4), 221-227.
- Rhoades, C. C., Eckert, G. E., & Coleman, D. C. (2000). Soil carbon differences among forest, agriculture and secondary vegetation in lower Montane Ecuador. *Ecological Applications*, 10-2, 497-505.
- Rice, S. K., Westerman, B., & Federici, R. (2004). Impacts of exotic, nitrogen-fixing black locust (*Robinia pseudoacacia*) on nitrogen-cycling in a pine-oak ecosystem. *Plant Ecology*, 174, 97-107. doi: 10.1023/B:VEGE.0000046049.21900.5a
- Richter, D. D., Markewitz, D., Wells, C. G., Allen, H. L., Dunscombe, J. K., Harrison, K., Heine, P. R., Stuanes, A., Urrego, B., Bonani, G. (1995). Carbon cycling in a loblolly pine forest: implications for missing carbon sink and for the concept of soil. In: McFee, W., Kelly, J. M. (Eds.). Carbon forms and functions in forest soils. *Soil Sci. Soc. America*, Madison, WI, 233-251.
- Rothe, A., & Binkley, D. (2001). Nutritional interactions in mixed species forests: a synthesis. *Canadian Journal of Forest Research*, 31(11), 1855-1870.
- Sağlam, B. & Sarıyıldız, T. (2010). Kızılcım (*Pinus brutia* Ten.) ibre ölü örtüsünün ayrışmasında yangının etkisi. *1. Orman yangınları ile mücadele sempozyumu*, Tebliğler, 462-469, Antalya.
- Sanchez, P. A. (1976). *Properties and management of soils in the tropics*. John Wiley and Sons: New York, 618 p.
- Sarıyıldız, T. (2000). Biochemical and Environmental Controls of Litter Decomposition. PhD thesis.
- Sarıyıldız, T. (2002a). Ölü örtünün ayrışmasının önemi ve ölü örtü ayrışmasında ölü örtü bileşenlerinin etkisi konusunda yapılan çalışmalara genel bir bakış. *II Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 15-18 Mayıs, Cilt No:II*, 809-819, Artvin.

- Sariyıldız, T. (2002b). Yüksek verimli ve düşük verimli topraklar üzerinde yetişen sarıçamın (*Pinus sylvestris*) iğne yaprak yaş sınıflarının kimyasal bileşimindeki değişimler. II. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, Cilt II, 718-730, Artvin.
- Sariyıldız, 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 J. Agric. For.*, 27, 237- 243.
- Sariyıldız, T., & Anderson, J. M. (2003a). Interactions between litter quality, decomposition and soil fertility: a laboratory study. *Soil Biol. Biochem.*, 35, 391-399.
- Sariyıldız, T., & Anderson, J. M. (2003b). Decomposition of sun and shade leaves from three deciduous tree species, as affected by their chemical composition. *Biology and Fertility of Soils*, 37(3), 137-146.
- Sariyıldız, T., Tüfekçioğlu, A., & Küçük, M. (2004). Effect of aspect and slope position on decomposition of *Picea orientalis* needle litter growing in Artvin Region, Turkey. *International Soil Congress (ISC) on "Natural Resource Management for Sustainable Development, Proceedings*, L1-L10, 45-53, Erzurum, Turkey.
- Sariyıldız, T., Anderson, J.M. & Kucuk, M. (2005). Effects of tree species and topography on soil chemistry, litter quality and decomposition in Northeast Turkey. *Soil Biology and Biochemistry*, 37(9), 1695-1706.
- Sariyıldız, T., & Küçük, M. (2005). Kayın (*Fagus orientalis* Lipsky) yapraklarının ve ladin (*Picea orientalis* L.) ibrelerinin ayrışma oranları üzerinde orman gülünün (*Rhododendron ponticum* L.) etkisi. *Gazi Üni. Orman Fakültesi Dergisi*, 5(1), 55-69.
- Sariyıldız, T., & Anderson, J. M. (2005a). Effects of tree species and topography on soil chemistry, litter quality, and decomposition in Northeast Turkey. *Soil Biol. Biochem.*, 37(9), 1695-1706.
- Sariyıldız, T. & Anderson, J. M. (2005b). 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.
- Sariyıldız, T., Tüfekçioğlu, A., & Küçük, M. (2005a). Doğu ladinini (*Picea orientalis* (L.) Link) ibrelerinin ayrışmasında kimyasal yapının, tür karışımının ve orman gülünün (*Rhododendron ponticum* L.) etkisi. *Ladin Sempozyumu*, 130-141, Trabzon.
- Sariyıldız, T., Tüfekcioglu, 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.

- Sariyildiz, 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.
- Sariyildiz, T. (2008a). Effects of tree canopy on litter decomposition rates of *Abies nordmanniana*, *Picea orientalis* and *Pinus sylvestris*. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 23(4), 330-338. doi: 10.1080/02827580802275816
- Sariyildiz, 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.
- Sariyıldız, T. (2008c). Barajların neden olabileceği iklim değişikliğinin çevre ormanlarının ölü örtü ayrışmasına ve besin döngüsüne olası etkilerinin irdelenmesi. *Baraj Havzalarında Ormancılık, I. Ulusal Sempozyumu*, Sempozyum Bildirileri, 309-318, Kahramanmaraş.
- Sariyildiz, 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.
- Sariyıldız, T., Varan, S., & Duman, A. (2008). Ölü örtü ayrışma oranları üzerinde kimyasal bileşenlerin ve yetiştirme ortamı özelliklerinin etkisi: Artvin ve Ankara yöresine ait örnek bir çalışma. *Kastamonu Üni. Orman Fakültesi Dergisi*, 8(2), 109-119.
- Sariyildiz, 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.
- Sariyıldız, 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.
- Sariyıldız, T., Acar, M., & Küçük, M. (2010). Kök ayrışma seyri üzerinde ağaç türünün ve topografyanın etkisi. *III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi*, Cilt IV, 1056-1066, Artvin.
- Sariyıldız, T., & Akkuzu, E. (2011). Effects of stand characteristics on the susceptibility of oriental spruce to attack by *Ips typographus*. In *Proceedings of the Biennial International Symposium, Forest and Sustainable Development, Braşov, Romania, 15-16th October 2010* (pp. 205-210). Transilvania University Press.

- Sariyildiz, T., Tahmaz, C., Kravkaz, I.S., & Savaci, G. (2013). Effect of tree species on forest soil carbon stocks in mineral soil. *International Caucasian Forestry Symposium, 24-26 October*, pp:1017, Artvin.
- Sariyildiz, T. (2014). Biochemical and environmental controls of litter decomposition. *Forest Research: Open Access, 3(2)*, p:1-2, ISSN:2168-9776 FOR
- Sariyildiz, 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.
- Sariyildiz, T., Savaci, G., & Kravkaz, I. S. (2016). Effects of tree species, stand age and land-use change on soil carbon and nitrogen stock rates in northwestern Turkey. *iForest-Biogeosciences and Forestry, 9(1)*, 165. doi:10.3832/ifor1567-008 [online 2015.06.18].
- Sariyıldız, T. (2016a). Litter Decomposition Dynamics and Carbon and Nitrogen Stock Potential of Fir Species in Turkey. "IUFRO, The 15th International Conference on Ecology and Silviculture of Fir", 21-24 September, 2016, University of Hokkaido, Sapporo, Japan.
- Sariyıldız, T. (2016b). Geniş yapraklı üç ağaç türünün güneş, orta ve gölge yaprak kategorilerinin anatomik ve morfolojik şekillerinin ve biyokimyasal oranlarının türler-arası ve tür-içi değişimi. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 16 (1)*, 190-215.
- Schauvlieghe, M., & Lust, N. (1999). Carbon accumulation and allocation after afforestation of a pasture with pine oak (*Quercus palustris*) and ash (*Fraxinus excelsior*), *Silva Gandevensis, 64*, 72-81.
- Schedlbauer, J. L., & Kavanagh, K. L. (2008). Soil carbon dynamics in a chronosequence of secondary forests in northeastern Costa Rica. *Forest. Ecol. Manage., 255*, 1326-1335.
- Schrumpf, M., Schulze, E. D., Kaiser, K., & Schumacher, J. (2011). How accurately can soil organic carbon stocks and stock changes be quantified by soil inventories? *Biogeosciences Discussions, 8(1)*, 723-769.
- Schulp, C. J., Nabuurs, G. J., & Verburg, P. H. (2008). Future carbon sequestration in Europe-effects of land use change. *Agriculture, Ecosystems & Environment, 127(3)*, 251-264.
- Schulze, E. D., Lloyd, J., Kelliher, F. M., Wirth, C., Rebmann, C., Lühker, B., vd., (1999). Productivity of forests in the Eurosiberian boreal region and their potential to act as a carbon sink-a synthesis. *Global Change Biology, 5(6)*, 703-722.

- Seastedt, T. R., & Crossley, D. A. (1984). The influence of arthropods on ecosystems. *Bioscience*, 34(3), 157-161.
- Seuradje, B. J., Oelbermann, M., & Neufeld, J. D. (2017). Depth-dependent influence of different land-use systems on bacterial biogeography. *FEMS Microbiology Ecology*, 93(2), fiw239.
- Sever, H. & Makineci, E. (2008). Aaçlı-İstanbul maden sahalarında Sahil amı (*Pinus pinaster* Aiton.) aaçlandırmalarında bazı ölü örtü ve toprak özellikleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, A(2), 136-146.
- Sevgi, O., & Tecimen H. B. (2008). Changes in Austrian pine forest floor properties in relation with altitude in mountainous areas. *Journal of Forest Science*, 54(7), 306-313.
- Sevgi, O., Makineci, E., & Karaoz, O. (2011). The forest and mineral soil carbon pools of six different forest tree species. *Ekoloji*, 20(81),8-14. doi:10.5053/ekoloji.2011.812
- Sevim, M., (1956). Belgrad Ormanı Bazı Meşcerelerinde Üst Toprağın Fizik ve Şimik Özellikleri Üzerine Araştırmalar, *İ.Ü. Orman Fak. Derg.*, 6(1), 114-126. İstanbul.
- Six, J., Conant, R. T., Paul, E. A., & Paustian, K. (2002). Stabilization mechanisms of soil organic matter: implications for C-saturation of soils. *Plant Soi* , 241, 155-176.
- Smith, P. (2008). Land use change and soil organic carbon dynamics. *Nutrient Cycle in Agroecosystems*, 81(2),169-178. doi:10.1007/s10705-007-9138-y
- Sotomayor, D., & Rice, C. W. (1999). Soil air carbon dioxide and nitrous oxide concentrations in profiles under tallgrass prairie and cultivation. *Journal of environmental quality*, 28(3), 784-793.
- Staaf, H., & Berg, B. (1977). Mobilization of plant nutrients in a Scots pine forest mor in central Sweden. *Silva Fennica*, 11, 210-217.
- Standish, R. J. (2004). Impact of an invasive clonal herb on epigaeic invertebrates in forest remnants in New Zealand. *Biological Conservation*, 116, 49–58.
- Stendahl, J., Johansson, M. B., Eriksson, E., Nilsson, A., & Langvall, O. (2010). Soil organic carbon in Swedish spruce and pine forests-differences in stock levels and regional patterns. *Silva Fennica*, 44(1), 5-21.
- Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G-K., Tignor, M. M. B., Allen, S. K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., Midgley, P. M., & Working Group I Technical Support Unit (2013). Climate change 2013, the physical science basis, contribution of Working Group I to the fourth assessment report of the

intergovernmental panel on climate change, summary for policymakers.
URL: [http:// www.climatechange2013.org](http://www.climatechange2013.org)

- Swift, M. J., Heal, O. W., & Anderson, J. M. (1979). *Decomposition in terrestrial ecosystems*, 5, Univ of California Press.
- Syakila, A., & Kroeze C. (2011). The global N₂O budget revisited. *Greenh. Gas Measure. Manage.*, 1, 17–26.
- T.S.E. (1990). Topraklar-Toprak Reaksiyonu (pH) Tayini. Soils-Determination of Soil pH. TS 8332/Nisan 1990.
- Tahmaz, C. (2016). Mineral toprak ve orman yüzeyindeki (ölü örtü) depolanan karbona ağaç türlerinin etkisi. Yüksek Lisans Tezi, *Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Kastamonu.
- Tarnocai, C., Canadell, J. G., Schuur, E. A. G., Kuhry, P., Mazhitova, G. & Zimov, S. (2009). Soil organic carbon pools in the northern circumpolar permafrost region. *Global Biogeochem. Cycles*, 23, Gb2023.
- Taylor, B. R., Parkinson, D., & Parsons, W. F. (1989). Nitrogen and lignin content as predictors of litter decay rates: a microcosm test. *Ecology*, 70(1), 97-104.
- Thorntwaite, C. W. (1948). An approach towards a rational classification of climate. *Geographical Review*, 38, 55-94.
- Tian, Y., Cao, J., Yang, X., Shan, N., & Shi, Z. (2015). Patterns of carbon allocation in a chronosequence of *Caragana intermedia* plantations in the Qinghai-Tibet Plateau. *iForest Biogeosciences and Forestry*, (early view), e1-e9. doi:10.3832/ifor1193-007 [online 2015.04.08].
- Ting, L., & Yong, Y. (2014). Dynamics of decomposition and nutrient release of leaf litter in *Kandelia obovata mangrove* forests with different ages in Jiulongjiang Estuary, China. *Ecological Engineering*, 73, 454-460.
- Tolunay, D. (1992). Aladağ (Bolu) Kartalkaya bölgesinde Büyüksaha siperinde yetiştirilmiş sarıçam meşcerelerinin toprak özellikleri üzerine araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi, *İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*. 142 s., 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*, (1606/30042001).

- Tolunay, D., & Çömez, A. (2007). Orman topraklarında karbon depolanması ve Türkiye'deki durum. *Küresel İklim Değişimi ve Su Sorunlarının Çözümünde Ormanlar Sempozyumu*, 13-14 Aralık, İstanbul.
- Tolunay, D., & Çömez, A. (2008). Türkiye ormanlarında toprak ve ölü örtüde depolanmış organik karbon miktarları, *Hava Kirliliği ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu*, 22-25 Ekim, pp: 750-765, Hatay.
- Tolunay, D. (2011). Total carbon stock and carbon accumulation in living tree biomass in forest ecosystems of Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 35(3), 265-279.
- Tolunay, D. (2015). Türkiye'de ormansızlaşma ile kaybedilen karbon miktarları. *6. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu*, 7-9 Ekim, pp: 441-452, İzmir.
- Tranvik, L. J., vd. (2009). Lakes and reservoirs as regulators of carbon cycling and climate. *Limnol. Oceanogr.*, 54, 2298-2314.
- Trap, J., Hättenschwiler, S., Gattin, I., & Aubert, M. (2013). Forest ageing: an unexpected driver of beech leaf litter quality variability in European forests with strong consequences on soil processes. *Forest Ecology and Management*, 302, 338-345.
- Tüfekçioğlu, A., Sarıyıldız, T., Güner, S., & Küçük, M. (2005). Artvin Genya Dağı Doğu Ladini Meşcerelerinde Kök Kütlesi, yıllık İbre Dökümü ve Toprak Solunumu Miktarlarının Değişimleri. *Ladin Sempozyumu*, I. Cilt, 123-129, Trabzon.
- Tüfekçioğlu, A., & Güner, S. (2008). Artvin-Murgul yalancı akasya ağaçlandırmalarının odun üretimi, biyokütle, karbon depolama, toprak ıslahı ve erozyonu önleme yönlerinden araştırılması.
- Tüfekçioğlu, A., & Küçük, M. (2010). Saf sarıçam meşcerelerinde kök kütlesi, kök üretimi ve kök karbon depolama miktarlarının yaş sınıflarına göre değişimi. *III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi*, 20-22 Mayıs 2010, s.1030-1037. Artvin.
- UN, (1998). <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf> Erişim 23/12/2015 tarihinde United Nations, 1998 kyoto protocol to the united nations framework convention on climate change, Annex A, *Greenhouse Gases*, Pg:20.
- URL-1 (2016). Karbon döngüsü, <https://kadirhoca.com/11/konu-anlatimlari-11/madde-donguleri-karbon-dongusu-nedir-ozellikleri/> 20/10/2016 tarihinde erişilmiştir.
- URL-2 (2016). Azot döngüsü, <http://www.kozanbilgi.net/azot-dongusu.html> 20/10/2016 tarihinde erişilmiştir.

- URL-3 (2016). Paris Anlaşması, http://iklimadaleti.org/i/upload/Paris_Anlasmasi-ISBN-978-605-83799-1-6.pdf 27/12/2016 tarihinde erişilmiştir.
- URL-4 (2016). <http://www.ogm.gov.tr/sayfalar/ormanharitasi.aspx> 05/11/2016 tarihinde erişilmiştir.
- Vance, E. D., & Chapin Iii, F. S. (2001). Substrate limitations to microbial activity in taiga forest floors. *Soil Biology and Biochemistry*, 33(2), 173-188.
- Veldkamp, E. (1994). Organic carbon turnover in 3 tropical soils under pasture after deforestation. *Soil Sci Soc Am J.*, 58, 175– 80.
- Vesterdal, L., & Raulund-Rasmussen, K. (1998). Forest floor chemistry under seven tree species along a soil fertility gradient. *Canadian journal of forest research*, 28(11), 1636-1647.
- Vitousek, P. M., Turner, D. R., Parton, W. J., & Sanford, R. L. (1994). Litter decomposition on the Mauna Loa environmental matrix, Hawai'i: patterns, mechanisms, and models. *Ecology*, 75(2), 418-429.
- Walker, S. M., & Desanker, P. V. (2004). The impact of land use on soil carbon in Miombo woodlands of Malawi, *Forest Ecology and Management*, 203(1), 345-360. doi:10.1016/j.foreco.2004.08.004
- Wen-Jie, W., Ling, Q., Yuan-Gang, Z., Dong-Xue, S., Jing, A., Hong-Yan, W., vd. (2011). Changes in soil organic carbon, nitrogen, pH and bulk density with the development of larch (*Larix gmelinii*) plantations in China. *Global Change Biology*, 17, 2657–2676. doi:10.1111/j.1365-2486.2011.02447.x
- Wilson, B., & Puri, G. (2001). A comparison of pinewood and moorland soils in the Abernethy Forest Reserve, Scotland. *Global Ecology and Biogeography*, 10(3), 291-303.
- Wu, R., & Tiessen, H. (2002). Effect of land use on soil degradation in Alpine grassland soil, China. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 66, 1648-1655.
- Xiao-gang, L., Li, F. M., Zed, R., & Zheng-yan, Z. (2007). Soil management changes organic carbon pools in alpine pastureland soils. *Soil and Tillage Research*, 93(1), 186-196.
- Xiao, W., Ge, X., Zeng, L., Huang, Z., Lei, J., Zhou, B., & Li, M. (2014). Rates of litter decomposition and soil respiration in relation to soil temperature and water in different-aged *Pinus massoniana* forests in the three gorges reservoir area, China. *PloS one*, 9(7), e101890.
- Xie, Z., Zhu, J., Liu, G., Cadisch, G., Hasegawa, T., Chen, C., Sun, H., Tang, H. & Zeng, Q. (2007). Soil organic carbon stocks in China and changes from 1980s to 2000s. *Global Change Biology*, 13(9), 1989-2007.

Yang, Y. S., Guo, J., Chen, G., Xie, J., Gao, R., Li, Z., & Jin, Z. (2005). Carbon and nitrogen pools in Chinese fir and evergreen broadleaved forests and changes associated with felling and burning in mid-subtropical China. *Forest Ecology and Management*, 216(1), 216-226.

Yue, K., Peng, C., Yang, W., Peng, Y., Zhang, C., Huang, C., & Wu, F. (2016). Degradation of lignin and cellulose during foliar litter decomposition in an alpine forest river. *Ecosphere*, 7(10), 1-11.

Zengin, N. (2010). Giresun ili Alusra yöresi saf ve karışık sarıçam meşcerelerinde bazı toprak özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Artvin.

Zhou, G., Liu, S., Li, Z., Zhang, D., Tang, X., Zhou, C., Yan, vd. (2006). Old-growth forests can accumulate carbon in soils. *Science*, 314, 1417.



EKLER

EK 1. Çalışma Alanlarına ait Topraklarının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Derinlik	AKT/AÖ	Hacim ağırlığı Ortalama	pH	Kil %	Toz %	Kum %	Toprak Türü	Max. Su Tutma Kapasitesi
0-5 cm	Tarım (İ2)	1,36	4,91	41,62	28,39	29,99	Kil	35,3
0-5 cm	Tarım (İ2)		5,14	41,62	28,39	29,99	Kil	21,6
5-10 cm	Tarım (İ2)	1,72	4,87	41,62	28,39	29,99	Kil	19,1
5-10 cm	Tarım (İ2)		4,86	41,62	28,39	29,99	Kil	30,4
10-15 cm	Tarım (İ2)	1,68	4,75	41,62	28,39	29,99	Kil	20,0
10-15 cm	Tarım (İ2)		4,86	41,62	28,39	29,99	Kil	17,5
15-20 cm	Tarım (İ2)	1,82	4,87	41,62	28,39	29,99	Kil	18,2
15-20 cm	Tarım (İ2)		4,74	41,62	28,39	29,99	Kil	20,5
20-30 cm	Tarım (İ2)	1,20	5,00	41,62	28,39	29,99	Kil	33,7
20-30 cm	Tarım (İ2)		5,03	41,62	28,39	29,99	Kil	35,2
0-5 cm	Tarım (İ1)	1,22	6,49	35,52	16,81	47,67	Kumlu Kil	23,3
0-5 cm	Tarım (İ1)		6,48	35,52	16,81	47,67	Kumlu Kil	23,6
5-10 cm	Tarım (İ1)	1,64	6,40	35,52	16,81	47,67	Kumlu Kil	24,4
5-10 cm	Tarım (İ1)		6,56	35,52	16,81	47,67	Kumlu Kil	18,6
10-15 cm	Tarım (İ1)	1,51	6,60	35,52	16,81	47,67	Kumlu Kil	19,9
10-15 cm	Tarım (İ1)		6,65	35,52	16,81	47,67	Kumlu Kil	27,4
15-20 cm	Tarım (İ1)	2,06	6,65	35,52	16,81	47,67	Kumlu Kil	20,3
15-20 cm	Tarım (İ1)		6,64	35,52	16,81	47,67	Kumlu Kil	30,8
20-30 cm	Tarım (İ1)	1,33	6,67	35,52	16,81	47,67	Kumlu Kil	48,8
20-30 cm	Tarım (İ1)		6,91	35,52	16,81	47,67	Kumlu Kil	41,7
0-5 cm	Mera(I)	0,93	5,89	8,95	24,48	66,57	Kumlu Balçık	19,0
0-5 cm	Mera(I)		5,80	8,95	24,48	66,57	Kumlu Balçık	14,0
5-10 cm	Mera(I)	0,85	5,60	8,95	24,48	66,57	Kumlu Balçık	11,3
5-10 cm	Mera(I)		5,70	8,95	24,48	66,57	Kumlu Balçık	11,3
10-15 cm	Mera(I)	1,46	5,27	8,95	24,48	66,57	Kumlu Balçık	12,4

EK 1'in devamı

10-15 cm	Mera(I)		5,30	8,95	24,48	66,57	Kumlu Balçık	16,3
15-20 cm	Mera(I)	1,20	4,30	8,95	24,48	66,57	Kumlu Balçık	22,6
15-20 cm	Mera(I)		5,46	8,95	24,48	66,57	Kumlu Balçık	9,2
20-30 cm	Mera(I)	1,38	5,27	8,95	24,48	66,57	Kumlu Balçık	15,0
20-30 cm	Mera(I)		5,18	8,95	24,48	66,57	Kumlu Balçık	35,5
0-5 cm	Göknar (İ38)	1,08	5,06	42,03	25,84	32,13	Kil	20,3
0-5 cm	Göknar (İ38)		5,41	42,03	25,84	32,13	Kil	17,5
5-10 cm	Göknar (İ38)	1,02	5,05	42,03	25,84	32,13	Kil	13,0
5-10 cm	Göknar (İ38)		5,25	42,03	25,84	32,13	Kil	16,9
10-15 cm	Göknar (İ38)	1,22	5,31	42,03	25,84	32,13	Kil	14,8
10-15 cm	Göknar (İ38)		5,03	42,03	25,84	32,13	Kil	17,4
15-20 cm	Göknar (İ38)	1,17	5,27	42,03	25,84	32,13	Kil	8,2
15-20 cm	Göknar (İ38)		4,98	42,03	25,84	32,13	Kil	7,3
20-30 cm	Göknar (İ38)	1,10	5,13	42,03	25,84	32,13	Kil	24,2
20-30 cm	Göknar (İ38)		5,14	42,03	25,84	32,13	Kil	19,8
0-5 cm	Göknar (İ57)	0,26	5,31	11,94	23,46	64,6	Kumlu Balçık	10,2
0-5 cm	Göknar (İ57)		4,83	11,94	23,46	64,6	Kumlu Balçık	12,0
5-10 cm	Göknar (İ57)	0,44	6,33	11,94	23,46	64,6	Kumlu Balçık	16,8
5-10 cm	Göknar (İ57)		5,82	11,94	23,46	64,6	Kumlu Balçık	23,1
10-15 cm	Göknar (İ57)	0,62	6,24	11,94	23,46	64,6	Kumlu Balçık	8,0
10-15 cm	Göknar (İ57)		6,32	11,94	23,46	64,6	Kumlu Balçık	13,6
15-20 cm	Göknar (İ57)	0,76	6,02	11,94	23,46	64,6	Kumlu Balçık	16,3
15-20 cm	Göknar (İ57)		5,96	11,94	23,46	64,6	Kumlu Balçık	7,0
20-30 cm	Göknar (İ57)	0,81	5,33	11,94	23,46	64,6	Kumlu Balçık	10,3
20-30 cm	Göknar (İ57)		5,75	11,94	23,46	64,6	Kumlu Balçık	44,5
0-5 cm	Göknar (İ60)	0,78	5,86	53,7	38,01	8,29	Kil	12,7
0-5 cm	Göknar (İ60)		5,51	53,7	38,01	8,29	Kil	18,6
5-10 cm	Göknar (İ60)	1,49	4,91	53,7	38,01	8,29	Kil	9,7
5-10 cm	Göknar (İ60)		4,85	53,7	38,01	8,29	Kil	16,9
10-15 cm	Göknar (İ60)	1,04	5,14	53,7	38,01	8,29	Kil	18,0
10-15 cm	Göknar (İ60)		5,02	53,7	38,01	8,29	Kil	9,2

EK 1'in devamı

15-20 cm	Gök nar (İ60)	1,36	5,07	53,7	38,01	8,29	Kil	10,9
15-20 cm	Gök nar (İ60)		5,05	53,7	38,01	8,29	Kil	18,6
20-30 cm	Gök nar (İ60)	1,14	5,16	53,7	38,01	8,29	Kil	34,1
20-30 cm	Gök nar (İ60)		5,01	53,7	38,01	8,29	Kil	43,5
0-5 cm	Gök nar (I66)	0,55	5,70	20,92	21,91	57,17	Kumlu Killi Balçık	9,8
0-5 cm	Gök nar (I66)		5,49	20,92	21,91	57,17	Kumlu Killi Balçık	19,8
5-10 cm	Gök nar (I66)	0,57	5,29	20,92	21,91	57,17	Kumlu Killi Balçık	8,7
5-10 cm	Gök nar (I66)		5,58	20,92	21,91	57,17	Kumlu Killi Balçık	4,8
10-15 cm	Gök nar (I66)	0,97	5,68	20,92	21,91	57,17	Kumlu Killi Balçık	8,5
10-15 cm	Gök nar (I66)		5,60	20,92	21,91	57,17	Kumlu Killi Balçık	23,0
15-20 cm	Gök nar (I66)	0,37	5,87	20,92	21,91	57,17	Kumlu Killi Balçık	3,1
15-20 cm	Gök nar (I66)		5,82	20,92	21,91	57,17	Kumlu Killi Balçık	4,5
20-30 cm	Gök nar (I66)	0,83	5,41	20,92	21,91	57,17	Kumlu Killi Balçık	29,3
20-30 cm	Gök nar (I66)		5,36	20,92	21,91	57,17	Kumlu Killi Balçık	21,3
0-5 cm	Gök nar (İ90)	0,97	5,48	7,16	8,78	84,06	Balçıklı kum	50,2
0-5 cm	Gök nar (İ90)		5,71	7,16	8,78	84,06	Balçıklı kum	58,0
5-10 cm	Gök nar (İ90)	0,74	6,35	7,16	8,78	84,06	Balçıklı kum	89,0
5-10 cm	Gök nar (İ90)		6,10	7,16	8,78	84,06	Balçıklı kum	67,0
10-15 cm	Gök nar (İ90)	1,60	6,08	7,16	8,78	84,06	Balçıklı kum	51,0
10-15 cm	Gök nar (İ90)		6,32	7,16	8,78	84,06	Balçıklı kum	58,6
15-20 cm	Gök nar (İ90)	0,77	6,12	7,16	8,78	84,06	Balçıklı kum	52,3
15-20 cm	Gök nar (İ90)		6,52	7,16	8,78	84,06	Balçıklı kum	55,7
20-30 cm	Gök nar (İ90)	1,13	5,58	7,16	8,78	84,06	Balçıklı kum	42,9
20-30 cm	Gök nar (İ90)		5,59	7,16	8,78	84,06	Balçıklı kum	39,3
0-5 cm	Gök nar (İ100)	1,17	5,14	8,61	14,99	76,4	Kumlu Balçık	24,4
0-5 cm	Gök nar (İ100)		5,35	8,61	14,99	76,4	Kumlu Balçık	37,7
5-10 cm	Gök nar (İ100)	1,52	4,58	8,61	14,99	76,4	Kumlu Balçık	55,6
5-10 cm	Gök nar (İ100)		5,25	8,61	14,99	76,4	Kumlu Balçık	45,5
10-15 cm	Gök nar (İ100)	1,57	4,73	8,61	14,99	76,4	Kumlu Balçık	40,5
10-15 cm	Gök nar (İ100)		5,11	8,61	14,99	76,4	Kumlu Balçık	49,0
15-20 cm	Gök nar (İ100)	0,78	5,01	8,61	14,99	76,4	Kumlu Balçık	48,6

EK 1'in devamı

15-20 cm	Gök nar (İ100)		5,05	8,61	14,99	76,4	Kumlu Balçık	48,9
20-30 cm	Gök nar (İ100)	0,94	4,85	8,61	14,99	76,4	Kumlu Balçık	41,9
20-30 cm	Gök nar (İ100)		4,94	8,61	14,99	76,4	Kumlu Balçık	29,5
0-5 cm	Gök nar (I183)	0,68	6,34	7,75	20,23	72,02	Kumlu Balçık	7,5
0-5 cm	Gök nar (I183)		6,48	7,75	20,23	72,02	Kumlu Balçık	30,7
5-10 cm	Gök nar (I183)	0,71	5,71	7,75	20,23	72,02	Kumlu Balçık	5,7
5-10 cm	Gök nar (I183)		6,40	7,75	20,23	72,02	Kumlu Balçık	21,3
10-15 cm	Gök nar (I183)	1,04	6,56	7,75	20,23	72,02	Kumlu Balçık	2,7
10-15 cm	Gök nar (I183)		6,57	7,75	20,23	72,02	Kumlu Balçık	22,6
15-20 cm	Gök nar (I183)	1,26	6,17	7,75	20,23	72,02	Kumlu Balçık	9,2
15-20 cm	Gök nar (I183)		6,34	7,75	20,23	72,02	Kumlu Balçık	15,8
20-30 cm	Gök nar (I183)	1,06	4,86	7,75	20,23	72,02	Kumlu Balçık	13,1
20-30 cm	Gök nar (I183)		5,67	7,75	20,23	72,02	Kumlu Balçık	10,8
0-5 cm	Gök nar (I250)	0,46	6,22	7,52	26,48	66	Kumlu Balçık	10,5
0-5 cm	Gök nar (I250)		5,53	7,52	26,48	66	Kumlu Balçık	2,9
5-10 cm	Gök nar (I250)	0,34	6,01	7,52	26,48	66	Kumlu Balçık	18,3
5-10 cm	Gök nar (I250)		5,90	7,52	26,48	66	Kumlu Balçık	18,8
10-15 cm	Gök nar (I250)	0,40	5,81	7,52	26,48	66	Kumlu Balçık	20,2
10-15 cm	Gök nar (I250)		6,13	7,52	26,48	66	Kumlu Balçık	11,2
15-20 cm	Gök nar (I250)	1,04	5,96	7,52	26,48	66	Kumlu Balçık	31,4
15-20 cm	Gök nar (I250)		5,82	7,52	26,48	66	Kumlu Balçık	60,6
20-30 cm	Gök nar (I250)	0,80	5,42	7,52	26,48	66	Kumlu Balçık	22,7
20-30 cm	Gök nar (I250)		4,95	7,52	26,48	66	Kumlu Balçık	24,2
0-5 cm	Gök nar (I283)	0,91	6,14	14,26	21,54	64,2	Kumlu Balçık	7,7
0-5 cm	Gök nar (I283)		6,25	14,26	21,54	64,2	Kumlu Balçık	7,9
5-10 cm	Gök nar (I283)	1,04	5,95	14,26	21,54	64,2	Kumlu Balçık	11,2
5-10 cm	Gök nar (I283)		6,59	14,26	21,54	64,2	Kumlu Balçık	5,9
10-15 cm	Gök nar (I283)	1,12	6,23	14,26	21,54	64,2	Kumlu Balçık	9,5
10-15 cm	Gök nar (I283)		6,03	14,26	21,54	64,2	Kumlu Balçık	8,2
15-20 cm	Gök nar (I283)	0,98	6,14	14,26	21,54	64,2	Kumlu Balçık	7,0
15-20 cm	Gök nar (I283)		5,81	14,26	21,54	64,2	Kumlu Balçık	5,7

EK 1'in devamı

20-30 cm	Gök nar (I283)	0,71	6,04	14,26	21,54	64,2	Kumlu Balçık	19,5
20-30 cm	Gök nar (I283)		5,93	14,26	21,54	64,2	Kumlu Balçık	24,9
0-5 cm	Gök nar (I306)	0,38	5,49	12,65	18,1	69,25	Kumlu Balçık	2,6
0-5 cm	Gök nar (I306)		5,52	12,65	18,1	69,25	Kumlu Balçık	5,8
5-10 cm	Gök nar (I306)	0,68	5,58	12,65	18,1	69,25	Kumlu Balçık	15,1
5-10 cm	Gök nar (I306)		5,17	12,65	18,1	69,25	Kumlu Balçık	4,6
10-15 cm	Gök nar (I306)	0,90	5,46	12,65	18,1	69,25	Kumlu Balçık	5,6
10-15 cm	Gök nar (I306)		5,34	12,65	18,1	69,25	Kumlu Balçık	8,6
15-20 cm	Gök nar (I306)	0,82	5,45	12,65	18,1	69,25	Kumlu Balçık	9,3
15-20 cm	Gök nar (I306)		5,28	12,65	18,1	69,25	Kumlu Balçık	6,5
20-30 cm	Gök nar (I306)	0,58	5,12	12,65	18,1	69,25	Kumlu Balçık	12,8
20-30 cm	Gök nar (I306)		4,88	12,65	18,1	69,25	Kumlu Balçık	12,0
0-5 cm	Sarıçam (I18)	1,37	5,80	35,64	33,12	31,24	Killi Balçık	20,9
0-5 cm	Sarıçam (I18)		5,60	35,64	33,12	31,24	Killi Balçık	14,5
5-10 cm	Sarıçam (I18)	1,48	5,46	35,64	33,12	31,24	Killi Balçık	15,8
5-10 cm	Sarıçam (I18)		5,60	35,64	33,12	31,24	Killi Balçık	19,2
10-15 cm	Sarıçam (I18)	1,35	5,39	35,64	33,12	31,24	Killi Balçık	17,1
10-15 cm	Sarıçam (I18)		5,43	35,64	33,12	31,24	Killi Balçık	21,2
15-20 cm	Sarıçam (I18)	1,48	5,55	35,64	33,12	31,24	Killi Balçık	18,7
15-20 cm	Sarıçam (I18)		5,65	35,64	33,12	31,24	Killi Balçık	16,5
20-30 cm	Sarıçam (I18)	1,28	5,88	35,64	33,12	31,24	Killi Balçık	46,3
20-30 cm	Sarıçam (I18)		5,47	35,64	33,12	31,24	Killi Balçık	11,5
0-5 cm	Sarıçam (I30)	0,60	5,50	28,8	30,45	40,75	Killi Balçık	15,6
0-5 cm	Sarıçam (I30)		5,89	28,8	30,45	40,75	Killi Balçık	23,0
5-10 cm	Sarıçam (I30)	0,84	6,05	28,8	30,45	40,75	Killi Balçık	26,8
5-10 cm	Sarıçam (I30)		5,71	28,8	30,45	40,75	Killi Balçık	17,2
10-15 cm	Sarıçam (I30)	0,72	5,91	28,8	30,45	40,75	Killi Balçık	17,0
10-15 cm	Sarıçam (I30)		5,62	28,8	30,45	40,75	Killi Balçık	18,9
15-20 cm	Sarıçam (I30)	0,80	5,47	28,8	30,45	40,75	Killi Balçık	14,7
15-20 cm	Sarıçam (I30)		5,47	28,8	30,45	40,75	Killi Balçık	20,2
20-30 cm	Sarıçam (I30)	1,29	5,48	28,8	30,45	40,75	Killi Balçık	14,0
20-30 cm	Sarıçam (I30)		5,38	28,8	30,45	40,75	Killi Balçık	25,6

**EK 2. Farklı Yaşlardaki Gökna İbelerinin Kütle Kaybı ve Ayrışma Oranları Sabitesi (k)
(6.Ay Sonraki Gökna İbelerinin Ayrışma Verileri)**

	Başlangıç ağırlığı (nem düşüldüğündeki miktar (gr))- ilkgerçek ağırlık	İlk 6 Ay Sonraki Ağırlık (gr)	nem miktarına göre düşülecek ağırlık (gr)	Altı ay sonraki kalan asıl gerçek ağırlık (gr)	Kütle azalması (%)	Kalan kütle (%)	k sabiti	k ortalaması	Ortalama kütle kaybı (%)	Ortalama kalan kütle (%)	Standart Hata-KA	k stndrt hata
G38	5,00	3,53	0,32	3,21	35,84	64,16	-0,888	-0,95	37,69	62,31	1,94	0,06
	5,00	3,54	0,32	3,22	35,66	64,34	-0,882					
	5,00	3,3	0,30	3,00	40,02	59,98	-1,022					
	5,00	3,42	0,31	3,11	37,84	62,16	-0,951					
	5,00	3,35	0,31	3,04	39,11	60,89	-0,992					
G60	5,00	3,18	0,29	2,89	42,20	57,80	-1,096	-1,15	43,58	56,42	1,83	0,07
	5,00	3,19	0,29	2,90	42,02	57,98	-1,090					
	5,00	3,09	0,28	2,81	43,84	56,16	-1,154					
	5,00	3,12	0,28	2,84	43,29	56,71	-1,135					
	5,00	2,94	0,27	2,67	46,56	53,44	-1,253					
G90	5,00	3,4	0,31	3,09	38,20	61,80	-0,963	-1,07	41,37	58,63	2,14	0,07
	5,00	3,1	0,28	2,82	43,66	56,34	-1,147					
	5,00	3,27	0,30	2,97	40,57	59,43	-1,041					
	5,00	3,22	0,29	2,93	41,47	58,53	-1,071					
	5,00	3,14	0,29	2,85	42,93	57,07	-1,122					
G100	5,00	2,59	0,24	2,35	52,93	47,07	-1,507	-1,21	45,15	54,85	4,37	0,17
	5,00	3,15	0,29	2,86	42,75	57,25	-1,115					
	5,00	3,09	0,28	2,81	43,84	56,16	-1,154					
	5,00	3,15	0,29	2,86	42,75	57,25	-1,115					
	5,00	3,11	0,28	2,83	43,47	56,53	-1,141					

EK 2'nin devamı (12. Ay Sonraki Göknaar İbrelerrinin Ayrırırma Verileri)

	Başlangıç ağırlığı (nem düşüldüğündeki miktar (gr))- ilkgerçek ağırlık	İlk 12 Ay Sonraki Ağırlık (gr)	nem miktarına göre düşülecek ağırlık (gr)	12 ay sonraki kalan asıl gerçek ağırlık (gr)	Kütle azalması (%)	Kalan kütle (%)	k sabiti	k ortalaması	Ortalama kütle kaybı (%)	Ortalama kalan kütle (%)	Standart Hata-KA	k stndrt hata
G38	5,00	2,32	0,21	2,11	57,83	42,17	-0,86	-0,782	54,1	45,9	4,84	0,11
	5,00	2,17	0,20	1,97	60,56	39,44	-0,93					
	5,00	2,67	0,24	2,43	51,47	48,53	-0,72					
	5,00	2,77	0,25	2,52	49,65	50,35	-0,69					
	5,00	2,71	0,25	2,46	50,74	49,26	-0,71					
G60	5,00	2,31	0,21	2,10	58,01	41,99	-0,87	-0,843	56,9	43,1	3,40	0,08
	5,00	2,43	0,22	2,21	55,83	44,17	-0,82					
	5,00	2,59	0,24	2,35	52,93	47,07	-0,75					
	5,00	2,09	0,19	1,90	62,01	37,99	-0,97					
	5,00	2,45	0,22	2,23	55,47	44,53	-0,81					
G90	5,00	2,19	0,00	2,19	56,20	43,80	-0,83	-0,840	56,4	43,6	6,78	0,17
	5,00	2,47	0,00	2,47	50,60	49,40	-0,71					
	5,00	2,45	0,00	2,45	51,00	49,00	-0,71					
	5,00	1,63	0,00	1,63	67,40	32,60	-1,12					
	5,00	2,17	0,00	2,17	56,60	43,40	-0,83					
G100	5,00	1,66	0,15	1,51	69,83	30,17	-1,20	-1,006	63,1	36,9	5,69	0,16
	5,00	2,12	0,19	1,93	61,47	38,53	-0,95					
	5,00	1,75	0,16	1,59	68,19	31,81	-1,15					
	5,00	2,37	0,22	2,15	56,92	43,08	-0,84					
	5,00	2,26	0,21	2,05	58,92	41,08	-0,89					

EK 2'nin devamı (18. Ay Sonraki Göknaar İbrelerrinin Ayrırırma Verileri)

	Başlangıç ağırlığı (nem düşüldüğündeki miktar (gr))- ilkgerçek ağırlık	İlk 18 Ay Sonraki Ağırlık (gr)	nem miktarına göre düşülecek ağırlık (gr)	18 ay sonraki kalan asıl gerçek ağırlık (gr)	Kütle azalması (%)	Kalan kütle (%)	k sabiti	k ortalaması	Ortalama kütle kaybı (%)	Ortalama kalan kütle (%)	Standart Hata-KA	k stndrt hata
G38	5,00	1,7	0,16	1,54	69,10	30,90	-0,783	-0,66	62,09	37,91	6,81	0,12
	5,00	1,69	0,15	1,54	69,28	30,72	-0,787					
	5,00	2,43	0,22	2,21	55,83	44,17	-0,545					
	5,00	2,45	0,22	2,23	55,47	44,53	-0,539					
	5,00	2,16	0,20	1,96	60,74	39,26	-0,623					
G60	5,00	1,76	0,16	1,60	68,01	31,99	-0,760	-0,96	75,46	24,54	6,16	0,18
	5,00	1,48	0,14	1,34	73,10	26,90	-0,875					
	5,00	1,44	0,13	1,31	73,83	26,17	-0,894					
	5,00	0,85	0,08	0,77	84,55	15,45	-1,245					
	5,00	1,22	0,11	1,11	77,83	22,17	-1,004					
G90	5,00	1,92	0,18	1,74	65,10	34,90	-0,702	-0,65	62,05	37,95	3,08	0,05
	5,00	2,22	0,20	2,02	59,65	40,35	-0,605					
	5,00	2,28	0,21	2,07	58,56	41,44	-0,587					
	5,00	1,91	0,17	1,74	65,28	34,72	-0,705					
	5,00	2,11	0,19	1,92	61,65	38,35	-0,639					
G100	5,00	1,31	0,12	1,19	76,19	23,81	-0,957	-0,83	70,88	29,12	6,21	0,14
	5,00	1,39	0,13	1,26	74,74	25,26	-0,917					
	5,00	1,96	0,18	1,78	64,38	35,62	-0,688					
	5,00	1,99	0,18	1,81	63,83	36,17	-0,678					
	5,00	1,36	0,12	1,24	75,28	24,72	-0,932					

EK 2'nin devamı (24. Ay Sonraki Göknaar İbrelerrinin Ayrırırma Verileri)

	Başlangıç ağırlığı (nem düşüldüğündeki miktar (gr))- ilkgerçek ağırlık	İlk 24 Ay Sonraki Ağırlık (gr)	nem miktarına göre düşülecek ağırlık (gr)	24 ay sonraki kalan asıl gerçek ağırlık (gr)	Kütle azalması (%)	Kalan kütle (%)	k sabiti	k ortalaması	Ortalama kütle kaybı (%)	Ortalama kalan kütle (%)	Standart Hata-KA	k stndrt hata
G38	5,00	1,52	0,14	1,38	72,37	27,63	-0,643	-0,58	67,65	32,35	8,88	0,16
	5,00	1,04	0,09	0,95	81,10	18,90	-0,833					
	5,00	2,15	0,20	1,95	60,92	39,08	-0,470					
	5,00	2,14	0,20	1,94	61,10	38,90	-0,472					
	5,00	2,05	0,19	1,86	62,74	37,26	-0,494					
G60	5,00	1,66	0,15	1,51	69,83	30,17	-0,599	-0,84	80,15	19,85	7,92	0,21
	5,00	1,1	0,10	1,00	80,01	19,99	-0,805					
	5,00	1,35	0,12	1,23	75,46	24,54	-0,702					
	5,00	0,78	0,07	0,71	85,82	14,18	-0,977					
	5,00	0,57	0,05	0,52	89,64	10,36	-1,134					
G90	5,00	1,56	0,14	1,42	71,65	28,35	-0,630	-0,59	69,43	30,57	2,11	0,03
	5,00	1,85	0,17	1,68	66,37	33,63	-0,545					
	5,00	1,68	0,15	1,53	69,46	30,54	-0,593					
	5,00	1,73	0,16	1,57	68,56	31,44	-0,578					
	5,00	1,59	0,15	1,44	71,10	28,90	-0,621					
G100	5,00	0,9	0,08	0,82	83,64	16,36	-0,905	-0,73	75,79	24,21	6,76	0,14
	5,00	1,37	0,12	1,25	75,10	24,90	-0,695					
	5,00	1,78	0,16	1,62	67,65	32,35	-0,564					
	5,00	1,59	0,15	1,44	71,10	28,90	-0,621					
	5,00	1,02	0,09	0,93	81,46	18,54	-0,843					

EK 3. Farklı Yaşlardaki Sarıçam İbrelere Kütlesel Kaybı ve Ayrışma Oranları Sabitesi (k)
(6. Ay Sonraki Sarıçam İbrelere Kütlesel Verileri)

	Başlangıç ağırlığı (nem düşüldüğündeki miktar (gr))-ilkgerçek ağırlık	İlk 6 Ay Sonraki Ağırlık (gr)	nem miktarına göre düşülecek ağırlık (gr)	Altı ay sonraki kalan asıl gerçek ağırlık (gr)	Kütlesel azalması (%)	Kalan kütle (%)	k sabiti	k ortalaması	Ortalama kütle kaybı (%)	Ortalama kalan kütle (%)	Standart Hata-KA	k standart hata
S18	5,00	3,29	0,42	2,87	42,66	57,34	-1,112	-1,28	47,12	52,88	2,79	0,10
	5,00	2,99	0,38	2,61	47,88	52,12	-1,303					
	5,00	2,86	0,37	2,49	50,15	49,85	-1,392					
	5,00	2,97	0,38	2,59	48,23	51,77	-1,317					
	5,00	3,06	0,39	2,67	46,66	53,34	-1,257					
S30	5,00	3,16	0,41	2,75	44,92	55,08	-1,193	-1,20	45,03	54,97	1,37	0,05
	5,00	3,2	0,41	2,79	44,22	55,78	-1,168					
	5,00	3,17	0,41	2,76	44,75	55,25	-1,186					
	5,00	3,02	0,39	2,63	47,36	52,64	-1,283					
	5,00	3,22	0,41	2,81	43,88	56,12	-1,155					

EK 3'ün devamı (12. Ay Sonraki Sarıçam İbrelerinin Ayrışma Verileri)

	Başlangıç ağırlığı (nem düşüldüğündeki miktar (gr))-ilkgerçek ağırlık	İlk 12 Ay Sonraki Ağırlık (gr)	nem miktarına göre düşülecek ağırlık (gr)	12 ay sonraki kalan asıl gerçek ağırlık (gr)	Kütle azalması (%)	Kalan kütle (%)	k sabiti	k ortalaması	Ortalama kütle kaybı (%)	Ortalama kalan kütle (%)	Standart Hata-KA	k stndrt hata
S18	5,00	1,09	0,14	0,95	81,00	19,00	-1,661	-1,29	71,76	28,24	6,35	0,24
	5,00	1,64	0,21	1,43	71,41	28,59	-1,252					
	5,00	1,46	0,19	1,27	74,55	25,45	-1,369					
	5,00	1,95	0,25	1,70	66,01	33,99	-1,079					
	5,00	1,96	0,25	1,71	65,84	34,16	-1,074					
S30	5,00	1,96	0,25	1,71	65,84	34,16	-1,074	-1,20	69,39	30,61	5,47	0,21
	5,00	1,85	0,24	1,61	67,75	32,25	-1,132					
	5,00	1,87	0,24	1,63	67,41	32,59	-1,121					
	5,00	1,9	0,24	1,66	66,88	33,12	-1,105					
	5,00	1,2	0,15	1,05	79,08	20,92	-1,565					

EK 3'ün devamı (18. Ay Sonraki Sarıçam İbrelerinin Ayrışma Verileri)

	Başlangıç ağırlığı (nem düşüldüğündeki miktar (gr))-ilkgerçek ağırlık	İlk 18 Ay Sonraki Ağırlık (gr)	nem miktarına göre düşülecek ağırlık (gr)	18 ay sonraki kalan asıl gerçek ağırlık (gr)	Kütle azalması (%)	Kalan kütle (%)	k sabiti	k ortalaması	Ortalama kütle kaybı (%)	Ortalama kalan kütle (%)	Standart Hata-KA	k stndrt hata
S18	5,00	0,93	0,12	0,81	83,79	16,21	-1,213	-1,03	78,21	21,79	4,12	0,13
	5,00	1,58	0,20	1,38	72,46	27,54	-0,860					
	5,00	1,31	0,17	1,14	77,17	22,83	-0,985					
	5,00	1,27	0,16	1,11	77,86	22,14	-1,005					
	5,00	1,16	0,15	1,01	79,78	20,22	-1,066					
S30	5,00	1,65	0,21	1,44	71,24	28,76	-0,831	-0,89	73,47	26,53	2,24	0,06
	5,00	1,52	0,20	1,32	73,51	26,49	-0,886					
	5,00	1,42	0,18	1,24	75,25	24,75	-0,931					
	5,00	1,65	0,21	1,44	71,24	28,76	-0,831					
	5,00	1,37	0,18	1,19	76,12	23,88	-0,955					

EK 3'ün devamı (24. Ay Sonraki Sarıçam İbrelerinin Ayrışma Verileri)

	Başlangıç ağırlığı (nem düşüldüğündeki miktar (gr))-ilkgerçek ağırlık	İlk 24 Ay Sonraki Ağırlık (gr)	nem miktarına göre düşülecek ağırlık (gr)	24 ay sonraki kalan asıl gerçek ağırlık (gr)	Kütle azalması (%)	Kalan kütle (%)	k sabiti	k ortalaması	Ortalama kütle kaybı (%)	Ortalama kalan kütle (%)	Standart Hata-KA	k stndrt hata
S18	5,00	0,59	0,08	0,51	89,72	10,28	-1,137	-0,91	82,88	17,12	5,85	0,18
	5,00	1,41	0,18	1,23	75,42	24,58	-0,702					
	5,00	1,15	0,15	1,00	79,96	20,04	-0,804					
	5,00	1,06	0,14	0,92	81,52	18,48	-0,844					
	5,00	0,7	0,09	0,61	87,80	12,20	-1,052					
S30	5,00	1,24	0,16	1,08	78,39	21,61	-0,766	-0,80	79,68	20,32	3,59	0,09
	5,00	1,15	0,15	1,00	79,96	20,04	-0,804					
	5,00	0,85	0,11	0,74	85,18	14,82	-0,955					
	5,00	1,42	0,18	1,24	75,25	24,75	-0,698					
	5,00	1,17	0,15	1,02	79,61	20,39	-0,795					

EK 4. Ayrışma Sürecine Bağlı Olarak Gök nar ve Sarıçam İbrel erin CHN İçeriklerinin Değişimi

Tür / Besin Elementi	Başlangıç	6. ay (1. Tekrar)	6. ay (2. Tekrar)	12 ay (1. Tekrar)	12. ay (2. Tekrar)	18. ay (1. Tekrar)	18. ay (2. Tekrar)	24. ay (1. Tekrar)	24. ay (2. Tekrar)
G38- C (%)	50,42	58,683	59,519	50,10	55,67	60,429	60,856	56,826	51,647
G38- N (%)	1,49	3,011	3,398	1,61	2,19	3,707	3,312	0,708	0,748
G38- H (%)	6,91	7,174	7,355	6,38	7,19	6,907	6,835	6,230	5,844
G60- C (%)	53,50	65,916	62,199	48,17	52,83	62,272	61,137	56,317	53,618
G60- N (%)	1,11	3,347	3,372	1,73	1,88	3,442	3,402	0,747	0,624
G60- H (%)	7,29	7,965	7,260	6,06	6,90	7,242	7,192	6,197	5,591
G90- C (%)	49,67	58,675	58,856	48,27	48,27	59,783	55,225	46,679	50,155
G90- N (%)	1,00	3,238	3,284	2,02	2,20	3,977	3,755	0,847	0,882
G90- H (%)	6,57	7,046	7,259	6,12	6,21	6,910	6,323	5,508	5,944
G100- C (%)	53,24	59,486	58,843	52,83	50,94	60,913	61,360	49,959	50,683
G100- N (%)	1,39	3,179	3,235	1,80	2,33	3,869	3,655	0,846	0,750
G100- H (%)	7,33	7,155	6,806	6,56	6,71	7,046	7,196	5,689	5,731
S18- C (%)	54,08	61,543	60,395	49,32	51,08	62,726	62,486	50,768	51,812
S18- N (%)	1,33	3,592	3,588	1,83	2,20	4,306	3,644	0,693	0,916
S18- H (%)	7,46	7,623	7,571	6,35	6,51	7,271	7,271	5,757	5,900
S30 C (%)	53,14	61,039	66,542	53,06	46,40	54,482	56,715	53,048	52,125
S30 N (%)	1,19	3,655	3,661	2,01	1,71	3,325	3,246	0,668	0,641
S30 H (%)	7,42	7,554	8,111	6,78	5,73	6,333	6,761	6,043	5,695

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Gamze SAVACI
Doğum Yeri ve Yılı : Yozgat-01/07/1987
Medeni Hali : Bekar
Yabancı Dili : Orta
E-posta : gsavaci@kastamonu.edu.tr



Eğitim Durumu

Lise :Yozgat Atatürk Lisesi (YDAL)
Lisans :Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi-Orman Mühendisliği
Yüksek Lisans :Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi-Orman Mühendisliği
Ana Bilim Dalı

Mesleki Deneyim

İş Yeri : Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi
(Araştırma Görevlisi, 2010-2011)
İş Yeri : Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi
(Araştırma Görevlisi, 2011- Halen devam ediyor)

YAYINLAR

3 adet SCI indeksli yayın, 5 adet uluslararası alan indeksli yayınlar, 8 tane KÜBAP projeleri ve 1 tane araştırma projelerinde yardımcı araştırmacı olarak, ulusal ve uluslararası konferanslarda 15 adet poster bildiri ve 16 adet sözlü bildiri, TÜBİTAK destekli 9 bilimsel eğitime katılım