

**KAFKAS ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

ARTVİN ORİJİNLİ KESTANE (*Castanea sativa*), Meşe (*Quercus petrea*) VE SARIÇAM (*Pinus sylvestris*) TÜRLERİ İLE ANKARA ORİJİNLİ KARAÇAM (*Pinus nigra*) VE SARIÇAM (*Pinus sylvestris*) TÜRLERİN ÖLÜ ÖRTÜ AYRIŞMA ORANLARI ÜZERİNDE KİMYASAL BİLEŞENLERİN VE İKLİM ÖZELLİKLERİNİN ETKİSİ

**SÜHEYLA VARAN**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**DANIŞMAN**  
**DOÇ. DR. TEMEL SARIYILDIZ**

**MAYIS-2008**  
**ARTVİN**

**KAFKAS ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

ARTVİN ORİJİNLİ KESTANE (*Castanea sativa*), Meşe (*Quercus petrea*) VE SARIÇAM (*Pinus sylvestris*) TÜRLERİ İLE ANKARA ORİJİNLİ KARAÇAM (*Pinus nigra*) VE SARIÇAM (*Pinus sylvestris*) TÜRLERİN ÖLÜ ÖRTÜ AYRIŞMA ORANLARI ÜZERİNDE KİMYASAL BİLEŞENLERİN VE İKLİM ÖZELLİKLERİNİN ETKİSİ

**SÜHEYLA VARAN**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**DANIŞMAN**  
**DOÇ. TEMEL SARIYILDIZ**

**MAYIS-2008**  
**ARTVİN**

T. C. Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Süheyla VARAN'ın, Doç. Temel SARIYILDIZ'ın danışmanlığında yüksek lisans tezi olarak hazırladığı “**Artvin Orijinli Kestane (*Castanea sativa*), Meşe (*Quercus petraea*) ve Sarıçam (*Pinus sylvestris*) Türleri ile Ankara Orijinli Karaçam (*Pinus nigra*) ve Sarıçam (*Pinus sylvestris*) Türlerinin Ölü Örtü Ayrıştırma Oranları Üzerinde Kimyasal Bileşenlerin ve İklim Özelliklerinin Etkisi**” adlı bu çalışma, yapılan tez savunması sınavı sonunda jüri tarafından Lisansüstü Eğitim Yönetmeliği uyarınca değerlendirilerek oy ..... kabul edilmiştir.

...../...../2008

	<b>Adı ve Soyadı</b>	<b>İmza</b>
<b>Başkan :</b>	.....	.....
<b>Üye :</b>	.....	.....
<b>Üye :</b>	.....	.....

Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun ..../..../200. gün ve ..../..... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

.....  
Enstitü Müdürü

## ÖNSÖZ

Bu çalışma Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Tez çalışmamda en büyük emeği geçen, yoğun çalışmalarından bana zaman ayırarak derin bilgilerinden faydalanma fırsatı veren, öğrencisi olmaktan her zaman gurur duyduğum, değerli bilim adamı, Sayın Doç. Dr. Temel SARIYILDIZ'a en içten teşekkürlerimi sunarım. Çalışmalarım esnasında ve tezin hazırlanması sürecinde yine katkılarını esirgemeyen Sayın Doç. Dr. Aydın TÜFEKÇİOĞLU'na Sayın Arş. Gör. Mehmet KÜÇÜK' e ve beraber bu çıktığımız bu yüksek lisans yolculuğunda bana yardım ve desteklerini eksik etmeyen arkadaşım Ahmet DUMAN'a de teşekkürlerimi sunarım.

Mayıs-2008 .....

## ÖZET

Bu çalışmada, kestane, meşe, sarıçam ve karaçam türlerinin ölü örtülerinin ayrışma oranları üzerinde kimyasal yapılarının ve iklim faktörlerinin etkisi araştırılmıştır. Hazırlanan ölü örtü torbalarına konulan örnekler Artvin ve Ankara da aynı bakıya (kuzey bakı) ve yaklaşık olarak aynı yükseltiye (Artvin de 1200 m, Ankara da 1400 m) bırakılmıştır. Türlerin ayrışma oranları karşılaştırıldığında, her iki ortamda da kestane türü en hızlı ayrışmayı gösterirken, bunu sırasıyla meşe, sarıçam ve karaçam izlemiştir. Türlerin aynı ortamdaki ayrışma farklılıklarını açıklayan en önemli faktör, türlerin başlangıçta içerdikleri lignin miktarı olmuştur ( $R^2=0.98$ ). En az lignin miktarına sahip olan kestane türü (%21) en yüksek ayrışmayı gösterirken, en fazla lignin miktarına sahip olan karaçam (%35) ise en düşük ayrışmayı göstermiştir. Diğer türler ise içerdikleri lignin miktarlarına göre bu iki tür arasında ayrışma göstermiştir. Farklı iki ortamda ayrışan türlerin, ayrışma oranları arasındaki farklılıklar ise türe göre değişiklik göstermiştir. Kestane ve meşe türleri daha sıcak ve daha yağışlı olan Artvin ortamında daha hızlı ayrışırken, karaçam türü daha soğuk ve daha az yağışlı olan Ankara ortamında daha hızlı ayrışmıştır. Sarıçam türü ise her iki ortamda da aynı oranlarda ayrışma göstermiştir. Bütün sonuçlar değerlendirildiğinde, çalışılan türlerin ölü örtülerinin aynı ortamdaki ayrışmaları üzerinde içerdikleri kimyasal yapılarının (özellikle lignin miktarlarının) etkisi önem kazanırken, farklı iklim özellikleri gösteren ortamlardaki ayrışmalarında ise, tür ve türün kendi yetiştiği çevre özelliklerinin (özellikle mikroorganizma ve toprak hayvancıklarının çeşidi, mevcudiyeti ve aktifliği ve bunları etkileyen toprak sıcaklığı ve toprak nem miktarı) daha etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ölü örtü ayrışması, ölü örtü kimyasal bileşenleri, besin elementleri, lignin, Artvin, Ankara, *Castanea sativa*, *Quercus petraea*, *Pinus sylvestris*, *Pinus nigra*

**ABSTRACT**

Effects of initial litter quality variables and climate factors on litter decomposition rates of chestnut, oak, Scots pine and black pine were studied. Litter bags with less than 1-mm mesh size were placed on north aspect and approximately the same altitude in Ankara and in Artvin (1400 m and 1200 m respectively). In each site, chestnut had highest decay rate, followed by oak, Scots pine and black pine. Differences in decomposition rates between tree species under the same climate significantly correlated with initial lignin concentration ( $R^2 = 0.98$ ). Chestnut leaves with lowest lignin concentration (21%) showed highest mass losses while black pine with highest lignin concentration (35%) showed lowest mass losses. Under different climates, differences in mass losses showed variation according to tree species. Chestnut and oak leaves showed higher mass losses in Artvin in which temperature and rainfall were higher than in Ankara, whereas black pine had higher mass losses in Ankara. However, there was no significant difference in mass losses of Scots pine litters between two environments. All results indicate that under the same environments initial litter quality variables (especially lignin) can strongly influence litter decomposition rates. However, under different environmental conditions, litter decomposition rates show variations according to tree species and environmental conditions (especially the nature and abundance of micro- and macro-organisms and soil temperature, soil moisture) in which litter decomposition take place.

Key Words: Litter decomposition, litter quality, nutrients, lignin, Artvin, Ankara, *Castanea sativa*, *Quercus petraea*, *Pinus sylvestris*, *Pinus nigra*

**SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ****1. Simgeler**

<b>°</b>	<b>Derece</b>
<b>ppm</b>	<b>Bir milyondaki bölüm</b>
<b>Pg</b>	<b>Pg = 10<sup>15</sup> gr</b>
<b>k</b>	<b>Ayrışma sabiti</b>
<b>t</b>	<b>Zaman</b>
<b>mm</b>	<b>Milimetre</b>
<b>N</b>	<b>Kuzey</b>
<b>E</b>	<b>Doğu</b>
<b>m</b>	<b>Metre</b>
<b>cm</b>	<b>Santimetre</b>
<b>T</b>	<b>Zaman</b>
<b>y</b>	<b>Yıl</b>

**2. Kısaltmalar**

<b>C</b>	<b>Karbon</b>
<b>P</b>	<b>Fosfor</b>
<b>K</b>	<b>Potasyum</b>
<b>Ca</b>	<b>Kalsiyum</b>
<b>Mg</b>	<b>Magnezyum</b>
<b>Mn</b>	<b>Mangan</b>
<b>N</b>	<b>Azot</b>
<b>GET</b>	<b>Gerçek evapotranspirasyon</b>
<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>Karbondioksit</b>



**İÇİNDEKİLER**

	<b>Sayfa</b>
<b>ÖZET</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>ii</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ</b>	<b>iii-iv</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b>	<b>v</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b>	<b>vi</b>
<b>RESİMLER DİZİNİ</b>	<b>vii</b>
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b>	<b>viii</b>
<b>1. GİRİŞ</b>	<b>1</b>
<b>2. MATERYAL VE METOT</b>	<b>7</b>
<b>2.1.Genel Mevki</b>	<b>7</b>
<b>2.2.İklim</b>	<b>7</b>
<b>2.3.Bitki Örtüsü</b>	<b>10</b>
<b>2.4.Toprak Türü</b>	<b>10</b>
<b>2.5.2.5. Araziden örneklerin alınması, analizi ve         arazi deneyinin kurulması</b>	<b>11</b>
<b>3. BULGULAR</b>	<b>15</b>
<b>3.1. Türlerin Kimyasal Bileşimlerine Ait Bulgular</b>	<b>15</b>
<b>3.2. Türlerin Farklı iki Ortamdaki Ayrışması</b>	<b>16</b>
<b>4. TARTIŞMA VE SONUÇ</b>	<b>22</b>
<b>5. KAYNAKLAR</b>	<b>28</b>
<b>6. ÖZGEÇMİŞ</b>	

**ŞEKİLLER DİZİNİ****Sayfa No**

- Şekil 1.1. Ölü örtü ayrışması üzerinde iklimin, kimyasal bileşenlerin ve toprak organizmalarının etkisi. (1) iklim değişikliğinin direk etkisi, (2) kimyasal bileşenleri değiştirmek suretiyle dolaylı etkisi ve (3) toprak organizmalarının topluluk yapılarını değiştirmek suretiyle dolaylı etkisi gösterilmektedir 6
- Şekil 3.2.1. Farklı iki ortamda ayrışan aynı türlerin 6 ve 12 aylık kütle kayıp oranları. Ortalamaların standart hataları kolonlar üzerinde çubuklar şeklinde verilmiştir. Farklılıkların önem derecesi \* (yıldız) =  $P < 0.01$ , + (artı) =  $P < 0.05$  ve – (eksi) = farklılık yok anlamındadır. 17
- Şekil 3.2.2. Her iki farklı alanda belirlenen kütle kayıpları ile lignin arasındaki doğrusal ilişki 20

**RESİMLER DİZİNİ**

	<b>Sayfa No</b>
Resim 2.1. Çalışmanın yapıldığı Ankara Kızılcahamam- Çamlıdere Meteoroloji İstasyonu	8
Resim 2.5.1: Yaprak ve ibrelerden hazırlanıp araziye bırakılan poşetlerin arazideki görünümü	13
Resim 2.5.2. Yaprak ve ibrelerden hazırlanıp araziye bırakılan poşetlerin arazideki görünümü	13

**ÇİZELGELER DİZİNİ**

	<b>Sayfa No</b>
Çizelge 2. 4. 1. Her iki Alana ait bazı iklim özellikleri	9
Çizelge 3.1.1. Türlerin yapraklarının başlangıçta içerdikleri kimyasal bileşenleri. Ortalamanın standart hatası yanında gösterilmiştir. Yatayda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında önemli bir farklılık yoktur.	16
Çizelge 3.2.1: Farklı iki ortamda ayrışan türlerin kalan kütle miktarları, ayrışma sabitesi (k), iki ortam arasındaki fark ve ayrışan materyalin yüzde 95 ini kaybetmesi için gerekli olan tahmini süre (yıl) olarak hesaplanmıştır.	18
Çizelge 3. 2. 2. İki farklı ortamda gerçekleşen türlerin ayrışma oranları ile kimyasal bileşenleri arasındaki doğrusal ilişki.	19
Çizelge 4. 2. 3. İki farklı ortamda bir yıl süren ayrışma deneyinden sonra türlerin yapraklarındaki ölü örtü bileşimlerinde meydana gelen değişimler. Art (+) işareti bileşenin başlangıçtaki miktara göre artış gösterdiğini, eksi (-) işareti ise düşüş gösterdiğini ifade etmektedir.	21

## 1. GİRİŞ

Doğada madde döngülerinin varlığı ve devamı yaşamın varlığı devamı demektir. Canlıların yaşamını sürdürebilmeleri için gerekli olan enerjinin kaynağı, bitkilerin yapmış olduğu fotosentezdir. Bitkiler fotosentezle besin ürettikleri gibi, solunum için elzem olan O<sub>2</sub> ninde döngüsüne katkıda bulunurlar. Bu döngüde tabii ki en önemli yeri ormanlarımız almaktadır. Ancak ağaçların fotosentezle hem kendi besinlerini hem de diğer canlılar için gerekli olan besin ve oksijeni üretirken kendi yaşamı için gerekli olan elementleri de topraktan alması gerekir. Bu elementlerden bazıları bazen çok az miktarda bile olsa bitkinin yaşamını sürdürmesi için olmazsa olmaz olarak ortaya çıkar. Dünyanın yaşı düşünüldüğünde bitkilerin topraktan aldıkları elementleri geri dönüşümsüz olarak yapılarına kattıkları varsayılsaydı, bugün yaşam devam edemezdi. Bu nedenle yaşam döngüsünde ölü artıkların ayrışması çok önemli bir yer tutmaktadır. Ormanlar sadece dünyanın ciğerleri olarak değil buldukları coğrafyanın iklimi, suyu, diğer canlılar için yaşam ortamı ve kaynağı olması açısından oldukça önemli doğal kaynaklarımızdır. Günümüzde ormancılık alanında yapılan çalışmaların amacı daha yüksek verime sahip ağaçlardan oluşan ormanlara sahip olmaktır. Ağaçların istenilen kalitede olması için topraktan makro ve mikro besin elementlerini yeterince alması gereklidir. Orman toprağının makro ve mikro besin elementlerince zenginliği ise topraktaki ölü ağaç ve kökleri ile toprak yüzeyine düşen ölü örtünün ayrışmasına ve humuslaşmasına bağlıdır. Ayrıca ölü örtü ayrışması, orman ekosistem içinde yer alan ağaçların gelişmesi için gerekli olan besin elementlerinin sağlanması, bu besin elementlerinin döngü süreçlerinde bir besin deposu olması yanında, ortamda yaşayan toprak mikro ve makro organizmaları için bir enerji kaynağıdır [1,2].

Şimdiye kadar yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre, ölü örtünün ayrışması ve besin elementlerinin salıverilmesini etkileyen üç ana faktör bulunmaktadır. Bunlar; (1) ölü örtü ayrışmasının gerçekleştiği ortamın iklim özellikleri (özellikle sıcaklık ve yağış), (2) bu ortamda ayrışmayı gerçekleştiren mikroorganizmaların ve toprak canlılarının sayısı, çeşidi ve aktifliği ve (3) ayrışan ölü örtünün kimyasal bileşenleri (özellikle toplam karbon, azot, hemiselüloz, lignin ve besin elementleri

konsantrasyonları yada bunların birbirine olan oranları C:N, lignin:N gibi) [3]. 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. Bununla beraber, yerel alanlardaki topografik yapılanmadan (farklı bakı, yükselti ve eğim) kaynaklanan farklı mikroiklim özellikleri ile farklı toprak özelliklerinin türlerin kimyasal bileşenlerinin konsantrasyonlarını etkilediği ve bu nedenle de ayrışmalarının farklı olduğu bildirilmiştir [4].

Farklı ekosistemlerde ölü örtü ayrışmasının derecesinin izlenebilmesi için 1949 yılında Jeny ve Ark. [5] tarafından kullanılan ölü örtü torbası metodu, teorik ve matematiksel gelişmelere bağlı olarak daha fazla kullanılmaya başlanmıştır. Bu teknikte orman yüzeyine henüz düşmüş yapraklar mikroorganizmalar tarafından ayrıştırılmadan önce toplanıp ilk başta laboratuvar da kimyasal bileşimleri tespit edilmektedir. Daha sonra bunlar 10 x 10 cm boyutunda hazırlanmış ve aralıkları 1 mm den daha küçük olan plastikten yapılmış torbalar içine konulup ilk toplandıkları araziye bırakılmaktadır. Farklı zamanlarda bu torbalar toplanarak hem kütle kayıpları hem de içerdiği kimyasal bileşimler tesbit edilerek ayrışma oranları ve ayrışmada en fazla etkili bileşenin hangisi olduğu kütle kayıp oranları ile kimyasal bileşenler arasındaki istatistikî analizler sonucunda belirlenmeye çalışılmaktadır. Bu çalışmalarda genelde ister yapraklı isterse iğne yapraklı ormanlar olsun ölü örtünün ayrışma oranı belirlenirken ağaçların ölü yaprakları kullanılmıştır. Bunun nedeni çalışma süresi düşünüldüğünde ölü yaprakların ayrışması oranlarını çalışmak, ağacın dallarının, kütük ya da başka bir kısmının ayrışma oranlarını çalışmaktan daha kısa zaman alacağı kanaatidir. Ayrıca, her yıl orman yüzeyine düşen yaprakların ayrışmaları sonucunda toprağa kazandıracığı, bitkiler için gerekli olan besin elementlerinin miktarının bitkinin diğer kısımlarının vereceği miktardan fazla olması ayrışma çalışmalarında ağaçların ölü yapraklarının kullanılmasına olan ilgiyi arttırmıştır.

Arazi şartlarının benzerlerini laboratuvar ortamında hazırlayan araştırmacılar çevresel şartları sabitleyerek laboratuvar ortamında mikroorganizmaların ayrışma üzerine olan etkilerini hızlandırarak sadece türlerin biyokimyasal yapısının ayrışma üzerine olan

etkisini incelemiştir. 1970 li yıllarda kurulan Uluslararası Biyoloji Programı çevresel faktörlerin, ölü örtü kalitesinin ve organizmaların ayrışmanın kontrolünde jeografik değişimlerin etkisi konusunda geniş bilgiler kazandırdı. Bu biyolojik yada çevresel faktörlerin kontrolünün her birinin ilişkili önemi Swift ve Ark. [1] tarafından 1979 yılında yayınlanan “Decomposition Processes in Terrestrial Ecosystem” adlı kitapta geniş bir şekilde verilmiştir. Bu kitapta yazarlar ayrışma oranlarını etkileyen organik materyallerin kimyasal ve fiziksel bileşimlerini ortaya çıkarmada ölü örtü kalitesinin genel kavramını tanıttılar. Genel olarak, geniş alanlar alındığında kütle kaybı modelinin iklimsel değişkenler örneğin sıcaklık ve nemin, bunlarda esas olarak toprak mikroorganizmalarını hem mikrobiyal toplum bileşenleri türünü hem de bunların aktivitelerini etkilemesi bakımından egemen olduğu göze çarpmakta iken, ölü örtü bileşenlerinin yada kalitesinin oldukça geniş alanlarda etkisiz olduğu görülmektedir. Bunun yanında yapılan çalışmalar bir ya da daha küçük alanlarda aynı iklim şartlarına sınırlandırıldığında, ölü örtü kalitesinin çok açık olarak etkisi ortaya çıkmaktadır [1].

Bu konuda devam eden çalışmaların amacı, ölü örtü ayrışma oranının genel tanımlayıcısını hatta daha önemlisi ölü örtünün kimyasal bileşiminden besin elementlerinin salıverilmesi oranını belirleyebilmektir. Bu konuda ortaya konmaya çalışılan birçok denklem de, karbon, azot, lignin ve polifenollerin değişik oranları kullanılarak önerilmiştir. Ölü örtü ayrışmasında en yaygın sınırlayıcı faktörlerden birisi olarak azot gösterilmektedir. Çünkü azot organik karbonu mineralize eden mikrobiyal biokütlenin 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. Bu bitkilerin içerdikleri karbon ve azotun çoğu mikrobiyal saldırıya karşı dayanıksız bileşikler içindedir [6,7,8,9]. Bununla beraber, ilk zamanlarda ve günümüzdeki çalışmalarda [10,11,12,13,14,15] % 20 den daha fazla lignin konsantrasyonuna sahip bitkilerde, lignin miktarının bakteri ve mantarların enzimatik, toprak faunasının beslenme aktivitelerini kısıtlamakta, bu yüzden lignin, ligno-selüloz göstergesi yada lignin:azot oranı ayrışmada daha iyi bir gösterge olduğu gösterilmiştir.

Yüzyılımızın en önemli sorunlarından bir tanesi küresel ısınmadır. Dünya sıcaklığının son yüzyılda 0,6 °C arttığı kabul edilmektedir. Bu artışın 21. yüzyılda 1,5 ile 5 °C arasında olacağı tahmin edilmektedir. Fosil yakıtların yakılması (kömür, petrol ve gaz) sonucu jeokimyasal bölmede tutulan önemli miktardaki karbon ortama salıverilmektedir. Topraktaki bölmede tutulan karbon ise, kültivasyon çalışmaları, ormanların ve otlakların yok edilmesi sonucunda doğal olarak ayrışma ile olacak olandan daha fazla oranda karbondioksit olarak atmosfere salıverilmektedir. Bunun sonucu olarak endüstriyel gelişme ve insan nüfus patlamasından önce atmosferdeki karbondioksit seviyesi yaklaşık 270 ppm (bir milyondaki bölümü) iken şu anda 350 ppm üzerine tırmanmakta ve yirmi birinci yüzyılın ortalarına doğru bu miktarın doğal olan geçmişteki miktarının iki katına (500 ile 600 ppm arasında) ulaşabileceği tahmin edilmektedir [16]. Birçok bilim adamı atmosferdeki artan bu karbondioksit miktarının varlığının evrensel olarak ısınma-sera etkisini yükselteceğine inanmaktadır.

Son yıllarda yapılan çalışmalarda Dünya’da meydana gelen bu iklim değişiklerinin, ölü örtü ayrışması üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bunun anlamı; bitki ölü örtüsünün ayrışması küresel karbon bütçesinin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Raich ve Schlesinger (1992) [17] ölü örtü ayrışmasının (buna köklerin ayrışması da dahil) yıllık 68 Pg C yıl<sup>-1</sup> (Pg =10<sup>15</sup>g) olduğunu bildirmiş ve bu rakamın yıllık toplam karbon akışının yaklaşık yüzde 70’inden sorumlu olduğunu ifade etmişlerdir. Bu da demektir ki, bitki ölü örtü ayrışmasını etkileyen faktörlerdeki değişiklik, küresel karbon bütçesinin hesaplanmasında dikkate alınmalıdır.

Deneysel şartlardan diğerleri sabit tutulduğunda, sıcaklıkta meydana gelebilecek artış miktarıyla ölü örtü ayrışması arasında pozitif bir ilişki bulunduğu görülmüştür. Birçok çalışmada yüksek sıcaklıklarda organik karbonun ayrışmasının arttığı rapor edilmiştir. Vitousek ve ark. (1994) [18] tarafından yapılan bir çalışmada, hava sıcaklığında meydana gelen 10 °C’ lik bir artışın ölü örtü ayrışma oranını 4 ile 11 katı arttırdığı rapor edilmiştir. Karatepe (2004) [19] tarafından yapılan bir çalışmada ise nemli ve sıcak koşulların ölü örtünün ayrışmasını hızlandırdığı ve topraktaki total azot ve organik karbon miktarının artışına sebep olduğu ortaya konmuştur. Sarıyıldız ve ark. (2005) [4]



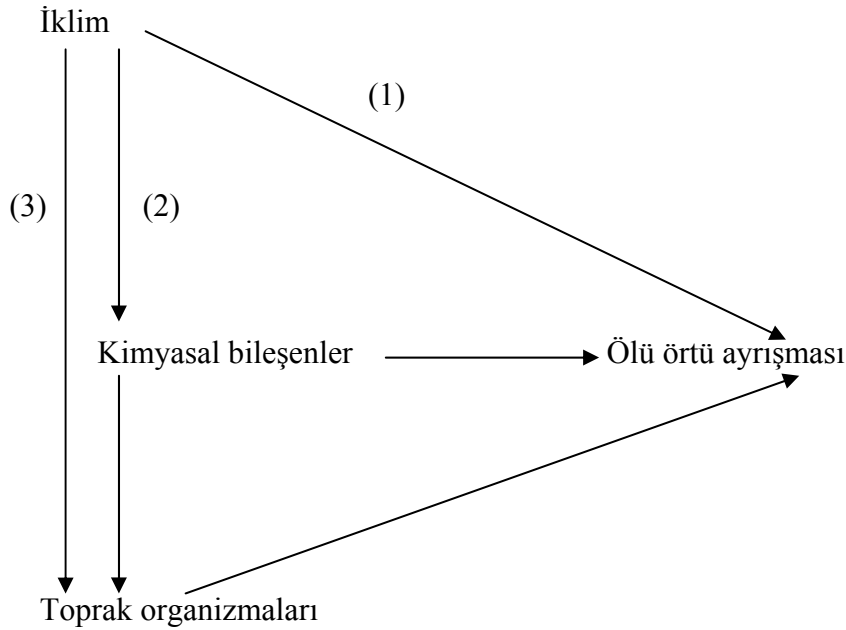
tarafından Artvin yöresi ormanlarında yapılan bir çalışmada, denizden yükseldikçe türlerin ölü örtü ayrışmaları arasında negatif bir ilişki olduğu bildirilmiştir. Bu ilişkide yükselti ile toprak yapısı ve mikroklim özelliklerinde meydana gelen değişimler yanında, bu değişikliklerin türlerin kimyasal bileşenlerinin miktarında meydana getirdiği farklılıktan kaynaklandığı da vurgulanmaktadır.

Karatepe (2004) [19] tarafından Gölcük Çanağında yapılan çalışmada aynı yaş ve aynı kapalılıkta, yetiştirme ortamı bakımından birbirinden farklı dört Karaçam meşçeresinde yapılan çalışmada toprak tipi ve özelliğinden ziyade ölü örtünün ayrışması üzerinde bakı ve arazi yapısının etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Berg ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada (1993) [20] ise standart Sarıçam ibreleri Avrupa'da, subartik bölgeden subtropikal bölge ve Akdeniz bölgesi arasında değişen 39 farklı deneysel alanlara bırakılmıştır. Uzun dönem devam eden deney sonuçları incelendiğinde, değişik alanlara bırakılan sarıçam ibrelerinin ölü örtü ayrışma oranları arasındaki farklılığı yıllık sıcaklık %18, toplam yıllık yağış %30 ve gerçek evapo-transpirasyonun ise %50 oranında açıklamıştır. Geniş kapsamlı olarak düşünülen bu çalışmalar bizlere, ölü örtü ayrışmasında hem sıcaklığı hem de toprak nem kullanılabilirliğini içine alan gerçek evapo-transpirasyonun önemini göstermesi açısından önem kazanmaktadır. Bununla beraber, geri kalan %50 lik ölü örtü ayrışmasında etkili olan diğer faktörler belirsiz olarak kalmıştır. Bu belirsiz olan etkenler, ölü örtünün kimyasal bileşimiyle ayrışmayı gerçekleştiren organizmalar üzerinde iklim faktörlerinin etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Türkiye ormanlarının ölü örtü miktarları, kimyasal özellikleri, besin rezervleri, hidrolojik ve fiziksel özellikleri konularında birçok çalışma bulunmaktadır [21,22,23,24,25]. Bununla beraber, ölü örtünün ayrışma seyri üzerindeki çalışmaların sayısı oldukça azdır [26,27,28]. Küresel ısınma ya da başka etkenler nedeniyle meydana gelebilecek olan iklim değişikliklerinin orman ağaç türlerimizin ölü örtü ayrışmaları üzerine olası etkileri konusunda ise herhangi bir çalışma bulunmamaktadır.

Günümüzde en çok sorulan ve cevabı aranan sorulardan birisi, iklim ölü örtü ayrışması üzerinde nasıl bir etkiye sahip olabilir sorusudur? Bu sorunun cevabını 3 ana başlık altında toplamak mümkündür. Birinci etki, ölü örtü ayrışma oranını direk olarak etkileyen toprak sıcaklığı ve toprak nemindeki değişiklikler vasıtasıyla ölü örtü ayrışması üzerinde etkili olmaktadır. Bu etki özellikle, çok kısa süreli zaman diliminde, biyolojik süreçlerin sıcaklığa ve su kullanılabilirliğine olan yüksek duyarlılığından kaynaklanmaktadır [29] (Şekil 1). İklimin ikinci etkisi, uzun süreli zaman diliminde, iklim dolaylı olarak ölü örtünün kimyasal yapısında meydana getirdiği değişiklik vasıtasıyla ayrışmada etkili olmaktadır. Bu etki, ya topluluk içinde türlerin fenotipik tepkileri ya da bitki toplum yapılarını üzerindeki etkileri yoluyla ölü örtünün kimyasal yapısının sonuçta etkilenmesiyle meydana gelebilmektedir. Üçüncü ve son olarak da, iklim uzun dönem içinde dolaylı olarak ayrışmayı gerçekleştiren ayrıştırıcı ve parçalayıcı toplumların tür çeşitliliğini ve yapısını etkileyerek ölü örtü ayrışmasını etkileyebilmektedir.



Şekil 1.1. Ölü örtü ayrışması üzerinde iklimin, kimyasal bileşenlerin ve toprak organizmalarının etkisi. (1) iklim değişikliğinin direk etkisi, (2) kimyasal bileşenleri değiştirmek suretiyle dolaylı etkisi ve (3) toprak organizmalarının topluluk yapılarını değiştirmek suretiyle dolaylı etkisi gösterilmektedir

Bizim yaptığımız bu çalışmada, iki farklı iklim özellikleri sahip Ankara ve Artvin yörelerinde yetişen bazı türlerin ölü örtü ayrışma seyri, hem kendi ortamlarında hem de iki yöre arasında değiştirilerek arazi ortamında araştırılmıştır. Bulunan ölü örtü ayrışma sonuçları üzerinde ağaç türünün, iklim özelliklerinin ve türlerin kimyasal yapılarının etkileri analiz edilmiştir.

## **2. MATERYAL VE METOT**

Çalışmanın yapıldığı yerler olan Artvin İli Kafkasör bölgesi ile Ankara İli Kızılcahamam- Çamkoru bölgesine ait mevki, iklim, bitki örtüsü ve toprak özellikleri aşağıda belirtilmiştir.

### **2.1. Genel Mevki:**

Çalışmanın yapıldığı yer, Artvin İli Kafkasör mevki (41°51' N, 41°06' E) ile Ankara-Çamlıdere Çam Koru Araştırma Ormanı (40°34' N, 32°31' E) olarak belirlenmiştir.. Artvin çalışma alanının ortalama yükseltisi 1200 m, Ankara'nın ki ise 1400 m dır. Her bir çalışma alanının hakim bakışı kuzey olup ortalama eğim, Artvin de %55, Ankara'da ise %35 dır.

### **2.2. İklim:**

İklim özelliklerine bakıldığında; Artvin'de iklim genelde kışları soğuk yazları ise yarı kurak olarak tanımlanmaktadır. Çalışma alanına en yakın, Artvin Meteoroloji İstasyonunun (628 m yükseklikte) 1980-2001 verilerinin [30] enterpole değerlerine göre (Çizelge 1) çalışma alanının yıllık ortalama yağışı 1021 mm, yağışın en yüksek olduğu ay Ocak (136 mm), en düşük olduğu ay Ağustostur (55 mm). Yıllık ortalama sıcaklık 8.9 °C, potansiyel evapotransprasyon 754 mm, gerçek evapotrasprasyon 544 mm, su noksanı 210 ve su fazlası ise 377 mm dır. Ankara'da ki Çam koru araştırma ormanının

bulunduğu yerin iklimi Batı Karadeniz iklimi ile İç Anadolu iklimi tipinin geçiş kısmında yer almaktadır. Alanın iklimi yarı nemli, yazları kurak şeklindedir. Çalışma alanına en yakın, amlıdere Meteoroloji İstasyonunun (1400 m yükseklikte) 1988-1999 verilerine [31] göre (izelge 1) alışma alanının yıllık ortalama yağışı 496 mm, yağışın en yüksek olduğu ay Aralık (64 mm), en düşük olduğu ay Eylül (15.1 mm) dr. Yıllık ortalama sıcaklık 6.7 °C, potansiyel evapotransprasyon 604 mm, gerçek evapotrasprasyon 383 mm, su noksanı 221 ve su fazlası ise 112 mm dır.

Ankara Kızılcahamam-amlıdere mevkiinde en fazla yağış kış aylarında ve en düşük yağış ise yaz ve sonbahar aylarındadır. Fakat kış aylarında aylık ortalama suhuret daima 0<sup>0</sup> in altında olduğundan bu aylar donlu geçmekte dolayısıyla fizyolojik kuraklık mevzi bahis olmaktadır. Yıllık ortalama yağışlı günler sayısı 136,35 dır. Aylık ortalamalara göre en fazla yağışlı gün sayısı 17.87 ile aralık ayında en az yağışlı gün sayısı 3.5 ile ağustos ayındadır.



Resim2.1. Çalışmanın yapıldığı Ankara Kızılcahamam- Çamlıdere Meteroloji İstasyonu

**Çizelge 2. 4. 1. Her iki Alana ait bazı iklim özellikleri**

Ankara-Çamlıdere 1400 m Enlem: 40°34'' N Boylam: 32° 31'' E 1988-1999 ölçme yıllarına ait İklim değerleri	A Y L A R												YILLIK
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
	Sıcaklık (°C)	-4.7	-3.5	1.1	6.8	10.5	14.3	17.5	17.7	13.3	8.6	1.2	-2.6
Potansiyel Evapotranspirasyon (PET)	0.0	0.0	13.3	44.8	73.5	99.3	122	116	76.8	47.5	11.1	0.0	604.2
Yağış	27.5	39.9	45.1	53.2	57.2	51.1	20.2	28.0	15.1	42.4	51.5	64.4	495.6
Gerçek Evapotranspirasyon (GET)	-	-	13.3	44.8	73.5	99.3	55.7	28.0	15.1	42.4	11.1	-	383.2
Su Noksanı	-	-	-	-	-	-	66.6	87.5	61.7	5.1	-	-	220.9
Su Fazlası	27.5	39.9	31.8	8.4	-	-	-	-	-	-	-	4.8	112.3

Artvin-Kafkasör 1200 m Enlem: 41°51'' N Boylam: 41° 06'' E 1980-2001 ölçme yıllarına ait enterpole İklim değerleri	A Y L A R												YILLIK
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
	Sıcaklık	-3.2	-1.7	2.4	7.7	12.5	17.5	20.0	19.9	15.5	10.7	5.2	0.13
Potansiyel Evapotransprasyon	1.1	2.1	17.6	55.1	91.8	123	146	136	94.9	58.5	22.4	6.0	753.8
Yağış	136	101	80	81	83	72	57	55	56	82	104	115	1021
Gerçek Evapotransprasyon	1.1	2.1	17.6	55.1	91.8	123	72.3	46.3	48.1	58.5	22.4	6.0	544.2
Su Noksanı	-	-	-	-	-	-	73.6	89.2	46.8	-	-	-	209.7
Su Fazlası	126.6	91.0	54.0	17.2	-	-	-	-	-	-	-	88.3	377.1

### 2.3. Bitki Örtüsü:

Artvin çalışma alanında, bu yükselti ve bakıda yapraklı-iğne yapraklı karışık orman formasyonu baskın olup, bu karışımda *Quercus* spp., *C. sativa* Mill., *Acer cappadocium* Gleditsch., *Acer campestre* L., *Alnus glutinosa* L., *Carpinus betulus* L., *Fagus Orientalis* Lipsky., *Picea orientalis* L. ve *Pinus sylvestris* L. genelde karışıma katılan türler olarak görülmektedir. Orman altı ise yaygın olarak otlar, eğreltiler ve çalı türleriyle kaplı bulunmaktadır. Çalışma kapsamında yaprak örneği aldığımız kestane ve meşe ağaçlarının yaşı ortalama 70-80, boyları 10-15 m, ibre örneği aldığımız sarıçam ağaçlarının yaşı ortalama 90-100, boyu ise 20-25 m dir. Ankara Çam kuru araştırma ormanında ise hakim ağaç türü saf/ karışık karaçam ve sarıçam olup, orman altında genellikle böğürtlen (*Rubus fruticosus*), titrek kavak (*Populus tremula* ile rosa türleri ve *Dicranum* yosun türleri bulunmaktadır. İbre örneklerinin alındığı karaçam ve sarıçam ağaçlarının yaşı karaçam için 50-60, sarıçam için 55- 58 olup, boyları yaklaşık olarak 50-60 m.dir. Örneklerin alındığı her iki alanda da kapalılık orta derecededir (0.5 ile 0.6).

### 2.4. Toprak Türü:

Artvin çalışma alandaki toprak türü genelde granit ana kayası üzerinde oluşmuş sığ bir kumlu balçık toprak türüdür. Bu alandaki toprak profil örneklerinde Ah ve C horizonu açık bir şekilde belirgin iken B horizonu oluşumu genelde belirgin değildir [4]. Ankara çalışma alandaki toprak türü ise andezit ana kayası ve andezit tufü üzerinde oluşmuş sığ bir kumlu balçık toprak türünde olup, toprak tipi olan esmer orman toprağıdır. Toprak derin, kahve renkli ve hafif asidiktir.

Orman neozoik (tersiyer) zamanın miosen devrinde oluşmuş volkanik bir arazi üzerindedir Anataşı, dış püskürük taşlardan sodyum bakımından zengin feldispatları ihtiva eden ve asit karakterdeki desit, andazit ve andazit tufünden ibarettir. Kesif bir yapıya sahip olan basit ve andazit sodyumlu feldispatları ihtiva ettiğinden bu taşların ayrışma hızı yavaştır.

Toprak genellikle ortaderin, kumlu balçık türünde olup su tutma kapasitesi düşük, dolayısıyla fiziksel özellikleri itibariyle iyi bir özellik göstermemektedir. Toprak ortalama 25 cm derinliğine kadar kuru, 25-45 cm derinliğe kadar serin 45 cm den sonra değişik derecede rutubetlidir. Toprağın kuru kısmında koyu gri ile gri arasında değişmekte , serin kısmında ise daha ziyade açık kahverengindedir. Toprak tipi, esmer orman toprağı ve ranker toprağı tipi ile bu ikisi arasında geçiş tipindedir.

Toprağın kimyasal özelliklerinin belirtilmesinde “Çamkoru araştırma ormanında muhtelif bonitetlerde besin maddelerinin derinliklere göre tespiti ve bunlar arasındaki münasebetlerin araştırılmalarında; bütün bonitetlerde fosfor toprağın üst kısımlarında daha fazla bulunmakta, derine inildikçe fosfor miktarı azalmaktadır. Topraktaki Potasyum miktarı değişik olmakla beraber değerler arasındaki fark büyük değildir. Topraktaki sodyum miktarı diğer elementlere göre azdır, yüksek değerler almamaktadır

## **2.5. Araziden örneklerin alınması, analizi ve arazi deneyinin kurulması**

Çalışmaya başlanılırken Eylül ortalarında her iki çalışma alanından toprak yüzeyine düşmüş yaprak ve ibre örnekleriyle beraber toprak örnekleri alımı gerçekleştirilmiştir. Artvin de kestane ve meşe yaprakları ile sarıçam ibreleri, Ankara da ise karaçam ve yine aynı yörede yetişen sarıçam ibreleri toplanmıştır. Yaprak ve ibrelerin toplanması esnasında, o yıla ait yaprak ve ibrelerin toplanılmasına, aşırı renkleşme gösteren ve mantarlar tarafından işgal edilmiş yaprak ve ibrelerin alınmamasına dikkat edilmiştir [32].

Yaprak ve ibreler laboratuarda ilk önce hava kurusu hale getirildikten sonra, 40 °C'ye ayarlanmış fırında 48 saat bırakılarak fırın kurusu hale getirilmişlerdir. Bir miktar yaprak ve ibre örneği, başlangıçtaki nem miktarları belirlemek için 85 °C'ye ayarlanmış fırına konulmuş ve fırın kurusu hava kurusu farkından yararlanılarak başlangıçta içerdiği yüzde nem miktarı belirlenmiştir. Fırın kurusu haldeki yaprak ve ibrelerin bir kısmı ise yavaş bir şekilde elle kırılmış, yaprak örneklerinin kaba sapsarı ayıklanmıştır. 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, lignin, azot, fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum ve mangan konsantrasyonları belirlenmiştir. Organik karbon, Nelson ve Sommers'in Wet oksidasyon metoduyla (1982) [33], Lignin miktarı, Rowland ve Roberts'in Acid Detergent Fibre metoduyla (1994) [34], besin elementlerinden Azot, Kjeldahl digestion metodu, fosfor molibden blue metodu, kalsiyum, potasyum, magnezyum ve mangan ise atomik absorpsiyon cihazında belirlenmiştir [35]. Bütün kimyasal analizler üç tekrarlı yapılmıştır.

Yaprak ve ibrelerin arazideki kütle kaybını belirlemek amacıyla, 20 x 20 cm genişliğinde, 1 mm den daha küçük ağ gözüne sahip ölü örtü ayrışma poşetleri hazırlanmıştır. Hazırlanan bu poşetler, eş zamanlı olarak deneyin gerçekleştirileceği hem Artvin hem de Ankara çalışma alanlarındaki mineral toprak üzerine küçük demir çubuklarla uçlarından sabitleştirilmişlerdir. Her bir alandan 6 ayda bir her bir tür için 3'er poşet tesadüfî olarak seçilerek, toplam 30 poşet [5 tür (kestane, meşe, karaçam, sarıçam-artvin, sarıçam-Ankara) X 3 tekrar X iki çalışma alanı (Artvin ve Ankara) = 30 ölü örtü poşeti] laboratuara getirilmiştir. Bunlara ek olarak, poşetlerin konulduğu toprak yüzeyinden toprak örnekleme yapılmıştır. Laboratuara getirilen ölü örtü poşetleri içindeki yaprak ve ibrelerin yaş ağırlıkları belirlendikten sonra, 85 °C'lik fırında 2 saat bırakılmıştır. Yaş ağırlık-fırın kurusu ağırlık farkından yararlanarak yüzde nem miktarı hesaplanmıştır. Daha sonra, yaprak ve ibrelerin başlangıçtaki ağırlıklarına göre kaybettikleri kütle kaybı bulunmuştur. Ayrışma sabitesi (k) Olson'in (1963) [36] ayrışma modelinde kullandığı ve günümüzde de yaygın olarak kullanılan  $W_t / W_0 = e^{-kt}$  formülüne göre hesaplanmıştır. Burada,  $W_t = t$  zamanındaki kalan kütleyi,  $W_0$  ise başlangıçtaki kütleyi ifade etmektedir. Yine Olson tarafından kullanılan, %95 kütle azalması için gerekli olan zaman  $T_{95} = 3/k$  formülünden yararlanarak hesaplanmıştır. Araziden en son alınan yaprak ve ibre örnekleri üzerinde yeniden yukarıda açıklanan analiz metotları kullanılarak lignin ve besin elementleri analizi yapılmış, böylece bunların ayrışma sürecindeki artma ve azalma seyri takip edilmiştir.





Resim 2.5.1: Yaprak ve ibrelerden hazırlanıp araziye bırakılan poşetlerin arazideki görünümü



Resim 2.5.2. Yaprak ve ibrelerden hazırlanıp araziye bırakılan poşetlerin arazideki görünümü

Araziden alınan toprak örnekleri, laboratuarda hava kurusu hale gelinceye kadar kurutulduktan sonra öğütülmüş, 2mm lik elekten geçirilerek analize hazır hale getirilmiştir. Toprak pH'sı 1/2.5 toprak-su karışımında, toprak organik maddesi Kalra ve Maynard (1991) [37] tarafından değiştirilmiş Walkley Black metoduyla, toprak tekstürü (kum, toz ve kil miktarları) Gülçür tarafından geliştirilmiş Bouyoucos'un hidrometre metoduyla (Gülçür, 1974) [38], hacim ağırlığı ise bozulmamış toprak örneklerinde silindir yöntemiyle belirlenmiştir [32]. Yüzde boşluk yüzeyi ise hacim ağırlığı ve özgül ağırlık kullanılarak hesaplanmıştır.

Türlerin başlangıçta ve bir yıl sonunda içerdiği kimyasal bileşiklerinin ortalama değerleri arasında farklılık olup olmadığı, SPSS paket programı (Version 9.0 for Windows) kullanılarak, tek yönlü Varyans Analizi yardımıyla belirlenmiştir. Varyans analizi sonucunu takiben, farklılıkların önem derecesi Tukey testi (HSD) ( $\alpha=0.05$ ) yardımıyla ortaya konulmuştur. Yine aynı şekilde her bir örnekleme zamanındaki kütle kayıpları arasındaki ortalama farklılıkların önemli olup olmadığı tek yönlü Varyans Analizi kullanılarak belirlenmiştir. Kütle kayıpları ile başlangıçta türlerin içerdiği kimyasal bileşenler arasındaki doğrusal ilişkiler yine SPSS programı yardımıyla belirlenmiştir.

### 3. BULGULAR

#### 3.1. Türlerin kimyasal bileşenlerine ait bulgular

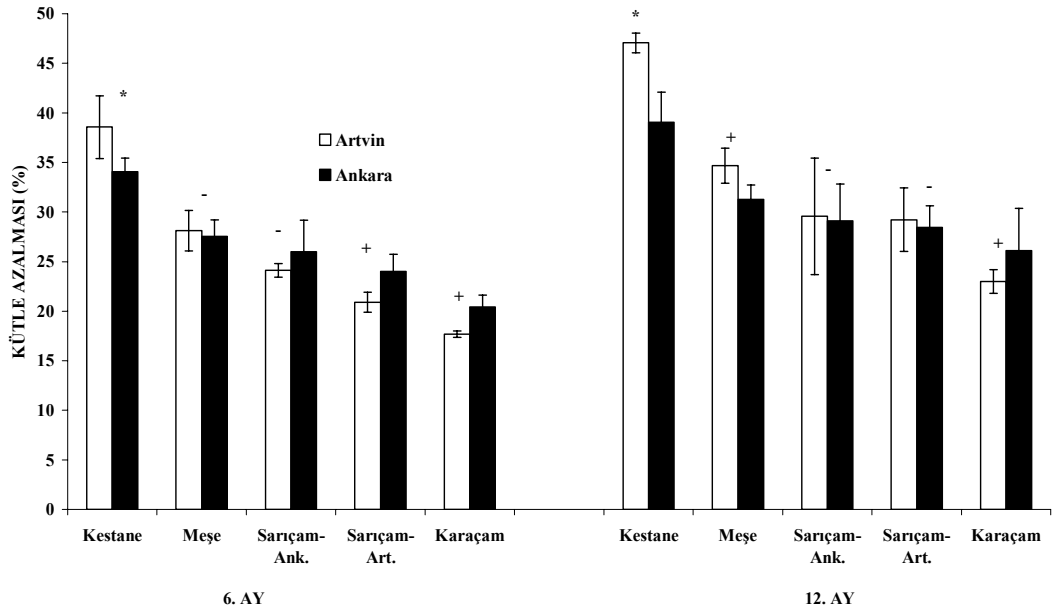
Kestane, meşe, Artvin orijinli sarıçam, Ankara orijinli sarıçam ve karaçam türlerinin başlangıçta içerdikleri toplam karbon (C), lignin ve besin elementleri (N, P, K, Ca, Mg ve Mn) içerikleri ile C:N ve lignin:N oranları Çizelge 3.1.1 de verilmiştir. En yüksek toplam karbon miktarı kestane (%51.6) ve karaçamda (%52.2) bulunmuştur. En yüksek lignin miktarına sahip olan karaçam ibrelerini (%35.2), sırasıyla sarıçam –Ankara (%31.6), sarıçam-Artvin (%30.5), meşe (%26.5) ve kestane (%20.5) türleri izlemiştir. Yapraklı iki tür kestane ve meşe diğer ibreli iki türe göre daha yüksek azot, potasyum, kalsiyum, magnezyum ve mangan konsantrasyonuna sahip olurken (Çizelge 3.1.1), fosfor bakımından türler arasında önemli bir farklılık bulunmamıştır. En yüksek C:N oranı karaçam ibrelerinde bulunurken (97: 1), en düşük oranı ise meşe yaprakları göstermiştir (55: 1). Lignin: N oranı ise en düşük kestane yapraklarında (26: 1), en yüksek ise karaçam ibrelerinde (65: 1) bulunmuştur.

Çizelge 3.1.1. Türlerin yapraklarının başlangıçta içerdikleri kimyasal bileşenleri. Ortalamanın standart hatası yanında gösterilmiştir. Yatayda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında önemli bir farklılık yoktur.

Kimyasal bileşenler	<i>Castanea sativa</i>	<i>Quercus petraea</i>	Ankara orijinli <i>Pinus sylvestris</i>	Artvin orijinli <i>Pinus sylvestris</i>	<i>Pinus nigra</i>
Karbon (C)(%)	51.6 <sup>b</sup> ± 1.12	45.4 <sup>a</sup> ± 1.01	47.2 <sup>a</sup> ± 0.55	46.5 <sup>a</sup> ± 0.34	52.3 <sup>b</sup> ± 0.62
Lignin (%)	20.5 <sup>a</sup> ± 1.18	26.5 <sup>b</sup> ± 1.75	30.5 <sup>c</sup> ± 0.58	31.6 <sup>c</sup> ± 2.51	35.2 <sup>d</sup> ± 0.95
Azot (N) (%)	0.79 <sup>b</sup> ± 0.001	0.83 <sup>b</sup> ± 0.001	0.53 <sup>a</sup> ± 0.001	0.54 <sup>a</sup> ± 0.001	0.54 <sup>a</sup> ± 0.001
Fosfor (%)	0.04 <sup>a</sup> ± 0.007	0.06 <sup>a</sup> ± 0.002	0.02 <sup>a</sup> ± 0.024	0.03 <sup>a</sup> ± 0.015	0.03 <sup>a</sup> ± 0.034
Potasyum (%)	0.31 <sup>b</sup> ± 0.025	0.65 <sup>c</sup> ± 0.018	0.17 <sup>a</sup> ± 0.009	0.14 <sup>a</sup> ± 0.09	0.15 <sup>a</sup> ± 0.017
Kalsiyum (%)	1.44 <sup>c</sup> ± 0.102	1.32 <sup>c</sup> ± 0.188	0.75 <sup>a</sup> ± 0.120	1.18 <sup>b</sup> ± 0.027	0.68 <sup>a</sup> ± 0.069
Magnezyum (%)	0.47 <sup>c</sup> ± 0.037	0.21 <sup>b</sup> ± 0.002	0.10 <sup>a</sup> ± 0.024	0.11 <sup>a</sup> ± 0.010	0.10 <sup>a</sup> ± 0.016
Mangan (%)	0.17 <sup>b</sup> ± 0.054	0.21 <sup>b</sup> ± 0.125	0.05 <sup>a</sup> ± 0.005	0.06 <sup>a</sup> ± 0.009	0.04 <sup>a</sup> ± 0.001
C: N	65 <sup>b</sup>	55 <sup>a</sup>	89 <sup>c</sup>	86 <sup>c</sup>	97 <sup>d</sup>
Lignin: N	26 <sup>a</sup>	32 <sup>b</sup>	58 <sup>c</sup>	59 <sup>c</sup>	65 <sup>d</sup>

### 3.2. Türlerin farklı iki ortamdaki (Ankara ve Artvin) ayrışması

Çalışılan türlerin Artvin ve Ankara ortamında ki ayrışması Şekil 3.2.1 de gösterilmiştir. Bir yıl itibariyle türlerin ayrışma sabiteleri (k), kalan kütle miktarları ile ayrışan kütlelerin yüzde 95'inin ayrışması için gerekli süre (T<sub>95</sub> yıl olarak) Çizelge 3.2.1 de verilmiştir.



Şekil 3.2.1. Farklı iki ortamda ayrışan aynı türlerin 6 ve 12 aylık kütle kayıp oranları. Ortalamaların standart hataları kolonlar üzerinde çubuklar şeklinde verilmiştir. Farklılıkların önem derecesi \* (yıldız) =  $P < 0.01$ , + (artı) =  $P < 0.05$  ve - (eksi) = farklılık yok anlamındadır.

İlk 6 aylık sürede, Artvin ortamında kestane yapraklarının ayrışması (%39) Ankara ortamından önemli derecede ( $p < 0.01$ ) daha yüksek bulunurken (%34), karaçam ve sıraralamaya göre %18 ve %21) Ankara ortamından (anılan sıralamaya göre % 20 ve % 25) Artvin orijinli sarıçam ibrelerinin Artvin ortamında ayrışması (anılan sıralamaya göre %18 ve %21) Ankara ortamından (anılan sıralamaya göre % 20 ve % 25) önemli derecede ( $p < 0.05$ ) daha düşük bulunmuştur. Meşe ve Ankara orijinli sarıçam ise her iki ortamda da aynı oranda ayrışma göstermiştir ( $p > 0.05$ ). Bir yılın sonunda ise yapraklı iki türün (kestane ve meşe) Artvin ortamında ayrışması (anılan sıralamaya göre %47 ve %34), Ankara ortamından (anılan sıralamaya göre %39 ve %31) önemli derecede ( $p < 0.01$ ) hızlı olurken, ibreli türlerden karaçamın Ankara ortamındaki ayrışması (%26) Artvin ortamından (%23) önemli derecede yüksek olmuştur ( $p < 0.01$ ). Her iki orijinli sarıçam ibreleri ise bir yıl sonundaki ayrışma değerleri bakımından Ankara ve Artvin ortamları arasında önemli bir farklılık göstermemiştir ( $p < 0.05$ ). Genel olarak, farklı ortamlarda ayrışmanın gerçekleşmesi kestane, meşe ve karaçam türlerinin ayrışma hızını etkilerken, sarıçam türü bu farklılıktan etkilenmemiştir. Bu farklılıktan en yüksek

düzeyde kestane etkilenirken (aradaki farklılık %8) bunu hemen hemen aynı yüzdeyle meşe (farklılık %3.4) ve karaçam takip etmiştir (farklılık %3.1). Ortam farklılıkları, bu türlerin tahmini olarak hesaplanan yüzde 95 kütle azalması için gerekli sürelerinin de farklı olmasına neden olmuştur. Örneğin kestane için bu süre yıl olarak Artvin ortamında 4.7 olarak bulunurken, Ankara ortamında bu süre artarak 6.1 e çıkmaktadır.

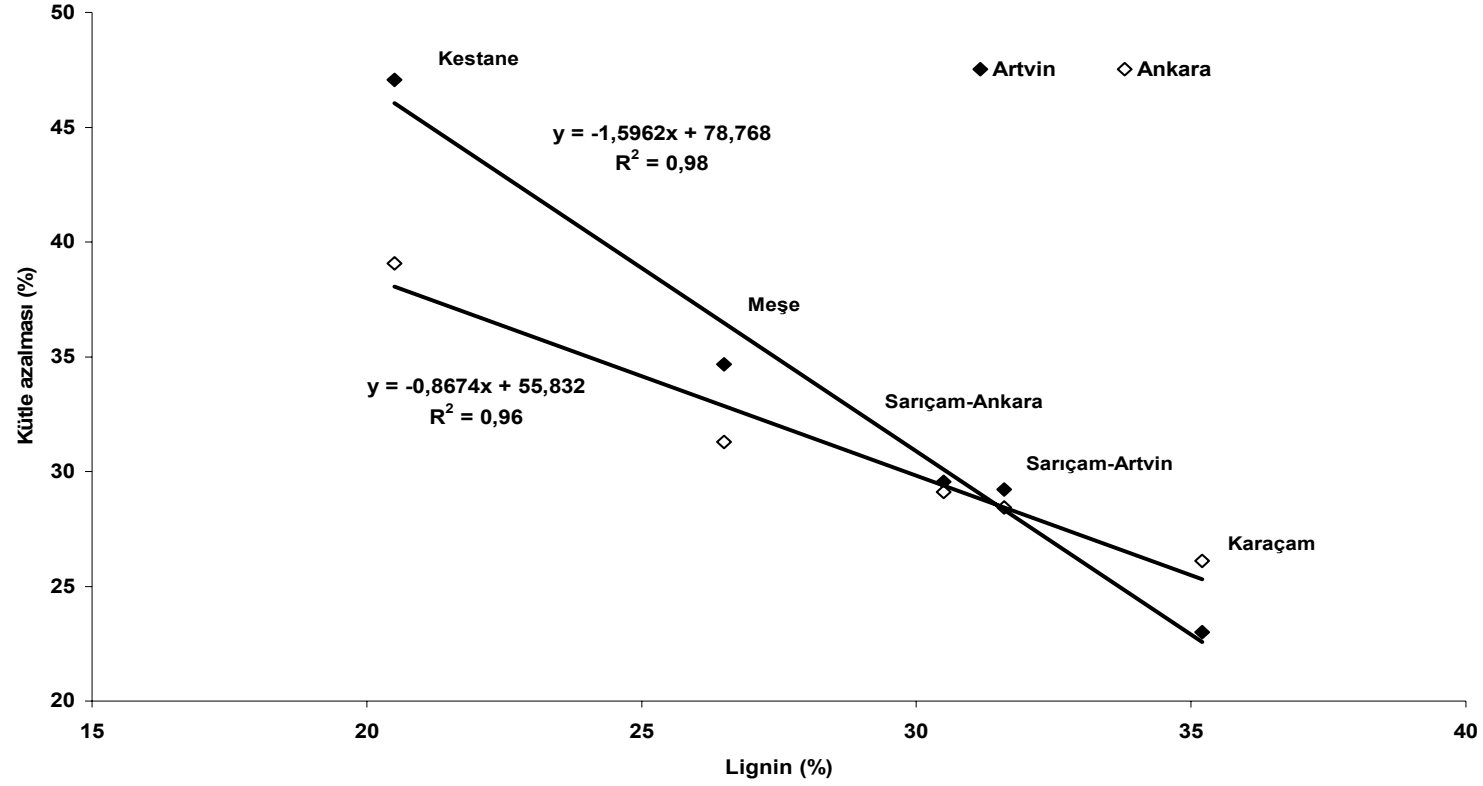
Çizelge 3.2.1: Farklı iki ortamda ayrışan türlerin kalan kütle miktarları, ayrışma sabitesi (k), iki ortam arasındaki fark ve ayrışan materyalin yüzde 95 ini kaybetmesi için gerekli olan tahmini süre (yıl) olarak hesaplanmıştır.

Tür	Ayrışmanın gerçekleştiği yer	k	Kalan Kütle (%)	Ayrışma alanları arasındaki farklılık (%)	T <sub>95</sub> (y)
<i>Castanea sativa</i>	Artvin	-0.636 ± 0.019	52.9 ± 1.00	8.0	4.72
	Ankara	-0.496 ± 0.050	60.9 ± 3.02		6.05
<i>Quercus petraea</i>	Artvin	-0.426 ± 0.027	65.3 ± 1.76	3.4	7.04
	Ankara	-0.375 ± 0.021	68.7 ± 1.46		8.00
Ankara orijinli <i>Pinus sylvestris</i>	Artvin	-0.353 ± 0.083	70.4 ± 5.87	1.7	8.50
	Ankara	-0.375 ± 0.021	68.7 ± 1.46		8.70
Artvin orijinli <i>Pinus sylvestris</i>	Artvin	-0.346 ± 0.046	70.8 ± 3.20	0.8	8.67
	Ankara	-0.335 ± 0.030	71.6 ± 2.17		8.96
<i>Pinus nigra</i>	Artvin	-0.261 ± 0.016	77.0 ± 1.20	3.1	11.5
	Ankara	-0.304 ± 0.058	73.9 ± 4.25		9.87

Türlerin ayrışması kendi aralarında karşılaştırıldığında ise her iki ortamda da kestane türünün en yüksek ayrışmayı gösterdiği, bunu sırasıyla meşe, Ankara orijinli sarıçam, Artvin orijinli sarıçam ve karaçam türlerinin izlediği görülmüştür (Şekil 3.2.1). Türlerin başlangıçta içerdikleri kimyasal bileşikler ile ayrışma oranları arasında önemli bir ilişki olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3.2.2). Bu kimyasal bileşenlerden, türlerin içerdiği lignin miktarı ayrışma oranları ile en yüksek ilişkiyi göstermiştir (Şekil 3.2.2). En az lignin miktarına sahip olan kestane en yüksek ayrışmayı gösterirken, en fazla lignin içeren karaçam ise en düşük ayrışmayı göstermiştir. Bununla beraber, kimyasal bileşenlerle ayrışma arasındaki ilişki her iki ortamda da benzer değerleri göstermiştir (Çizelge 3.2.2). Bununla beraber, ayrışan yaprak ve ibrelerin yılsonunda içerdikleri kimyasal bileşenlerinden bazılarının miktarları iki ortam arasında önemli farklılıklar göstermiştir (Çizelge 3.2.3.).

Çizelge 3. 2. 2. İki farklı ortamda gerçekleşen türlerin ayrışma oranları ile kimyasal bileşenleri arasındaki doğrusal ilişki.

Kimyasal bileşenler	R <sup>2</sup>	
	Ankara	Artvin
Lignin (%)	0.96	0.98
Azot (N) (%)	0.55	0.60
Fosfor (%)	0.16	0.20
Potasyum (%)	0.14	0.18
Kalsiyum (%)	0.61	0.69
Magnezyum (%)	0.91	0.94
Mangan (%)	0.47	0.53
C: N	0.49	0.57
Lignin: N	0.79	0.83



Şekil 3.2.2. Her iki farklı alanda belirlenen kütle kayıpları ile lignin arasındaki doğrusal ilişki



Çizelge 4. 2. 3. İki farklı ortamda bir yıl süren ayrışma deneyinden sonra türlerin yapraklarındaki ölü örtü bileşimlerinde meydana gelen değişimler. Art (+) işareti bileşenin başlangıçtaki miktara göre artış gösterdiğini, eksi (-) işareti ise düşüş gösterdiğini ifade etmektedir.

		Lignin	Azot (N)	Fosfor	Potasyum	Kalsiyum	Magnezyum	Mangan	Lignin:N
<i>C. sativa</i>	Ankara	27.3 (6.8) <sup>+</sup>	0.86 (0.07) <sup>+</sup>	0.052 (0.013) <sup>+</sup>	0.133 (0.18) <sup>-</sup>	1.56 (0.12) <sup>+</sup>	0.32 (0.15) <sup>-</sup>	0.26 (0.10) <sup>+</sup>	31.7 (5.7) <sup>+</sup>
	Artvin	32.8 (12.3) <sup>+</sup>	0.96 (0.17) <sup>+</sup>	0.051 (0.012) <sup>+</sup>	0.193 (0.12) <sup>-</sup>	2.10 (0.66) <sup>+</sup>	0.29 (0.18) <sup>-</sup>	0.33 (0.17) <sup>+</sup>	34.2 (8.2) <sup>+</sup>
<i>Q. petrea</i>	Ankara	35.2 (8.7) <sup>+</sup>	0.95 (0.12) <sup>+</sup>	0.052 (0.004) <sup>-</sup>	0.232 (0.42) <sup>-</sup>	1.71 (0.39) <sup>+</sup>	0.22 (0.02) <sup>+</sup>	0.16 (0.05) <sup>-</sup>	37.1 (5.1) <sup>+</sup>
	Artvin	40.2 (13.7) <sup>+</sup>	1.02 (0.19) <sup>+</sup>	0.061 (0.005) <sup>+</sup>	0.237 (0.42) <sup>-</sup>	1.77 (0.45) <sup>+</sup>	0.18 (0.03) <sup>-</sup>	0.22 (0.01) <sup>+</sup>	39.4 (7.4) <sup>+</sup>
Ankara orijinli	Ankara	42.1 (11.6) <sup>+</sup>	0.73 (0.20) <sup>+</sup>	0.035 (0.019) <sup>+</sup>	0.114 (0.06) <sup>-</sup>	0.80 (0.05) <sup>+</sup>	0.12 (0.02) <sup>+</sup>	0.05 (0.00)	57.7 (0.3) <sup>-</sup>
<i>P. sylvestris</i>	Artvin	40.2 (9.7) <sup>+</sup>	0.95 (0.42) <sup>+</sup>	0.033 (0.017) <sup>+</sup>	0.080 (0.09) <sup>-</sup>	1.36 (0.61) <sup>+</sup>	0.12 (0.03) <sup>+</sup>	0.26 (0.20) <sup>+</sup>	42.3 (15.7) <sup>-</sup>
Artvin orijinli	Ankara	43.5 (11.9) <sup>+</sup>	0.69 (0.15) <sup>+</sup>	0.022 (0.009) <sup>-</sup>	0.055 (0.08) <sup>-</sup>	0.82 (0.36) <sup>-</sup>	0.09 (0.02) <sup>-</sup>	0.05 (0.01) <sup>-</sup>	63.0 (4.0) <sup>+</sup>
<i>P. sylvestris</i>	Artvin	41.2 (9.6) <sup>+</sup>	0.72 (0.18) <sup>+</sup>	0.028 (0.003) <sup>-</sup>	0.077 (0.06) <sup>-</sup>	1.30 (0.12) <sup>+</sup>	0.04 (0.33) <sup>+</sup>	0.05 (0.01) <sup>-</sup>	57.2 (1.8) <sup>-</sup>
<i>P. nigra</i>	Ankara	52.1 (16.9) <sup>+</sup>	0.60 (0.06) <sup>+</sup>	0.018 (0.001) <sup>-</sup>	0.068 (0.08) <sup>-</sup>	0.86 (0.18) <sup>+</sup>	0.12 (0.02) <sup>+</sup>	0.04 (0.00)	86.8 (21.8) <sup>+</sup>
	Artvin	47.3 (12.1) <sup>+</sup>	0.66 (0.12) <sup>+</sup>	0.035 (0.007) <sup>+</sup>	0.040 (0.11) <sup>-</sup>	0.95 (0.27) <sup>+</sup>	0.12 (0.02) <sup>+</sup>	0.04 (0.00)	71.7 (6.2) <sup>+</sup>

Her iki ortamda da lignin, azot, fosfor ve manganez konsantrasyonları ile lignin: N oranlarında bir artış olurken, potasyum ve manganez konsantrasyonlarında bir azalma olmuştur. Kalsiyum hariç, diğer besin elementlerindeki (azot, fosfor, potasyum, magnezyum ve manganez), artış ya da azalış iki farklı ortam arasında önemli bir farklılık göstermemiştir. Lignin ve kalsiyum konsantrasyonları ile lignin: N oranındaki değişim ise ağaç türüne göre farklılık göstermiştir. Örneğin, kestane ve meşe türlerinde lignin miktarı Artvin ortamında daha yüksek bir artış gösterirken ( $p<0.01$ ), bunun tam tersi karaçam da Ankara ortamında daha yüksek bir lignin artışı göstermiş ( $p<0.01$ ), fakat Artvin ve Ankara orijinli sarıçam türünde ise ligninin artış miktarları her iki ortam arasında önemli bir farklılık göstermemiştir ( $p>0.05$ ) (Çizelge 3.2.3).

Farklı ortamlarda ayrılan aynı türün ayrışma oranları üzerinde en önemli etkiye sahip olduğu bildirilen iklim faktörleri (özellikle sıcaklık ve yağış), Ankara ve Artvin ortamında ayrışma seyrini takip ettiğimiz bütün türlerin ayrışma farklılıklarını açıklamada belirleyici bir faktör olmamıştır. Bireysel tür olarak değerlendirdiğimizde, kestane ve meşe Ankara ortamına göre daha sıcak ve yağışlı olan Artvin ortamında daha hızlı ayrılmıştır. Fakat karaçamın ayrışmasında Artvin deki bu yüksek sıcaklık ve yağış etkili olmazken, aksine karaçamın ayrışmasının yavaşlamasına neden olmuştur. Sarıçam ise orijinine bakılmaksızın bu sıcaklık ve yağış farklılıklarından etkilenmemiştir.

#### **4. TARTIŞMA VE SONUÇ**

Bu çalışmada, türlerin aynı ortam şartları altında ayrışmaları durumunda başlangıçta içerdikleri kimyasal bileşenlerinin (özellikle lignin miktarının) ayrışma oranlarını etkilediği belirlenirken, farklı iklim özelliklerine sahip alanlarda ayrışmaları durumunda ise ayrışma oranları arasındaki farklılıkların türe bağlı olarak değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir.

Ölü örtü ayrışmasında en yaygın sınırlayıcı faktörlerden birisi olarak çoğunlukla ölü örtünün içerdiği azot konsantrasyonunun olduğu birçok çalışmada belirtilmiştir. Azot organik karbonu mineralize eden mikrobiyal biokütlenin gelişmesini ve dönüşümünü önemli derecede sınırlandırmaktadır. Karbonun azota oranı, genelde yüzde 10-15 den

daha az lignin içeren odunsu ve tek yıllık bitkilerin ölü örtülerinin ayrışma oranlarını belirlemede önemli bir yer tutmuştur. Çünkü bu bitkilerin içerdikleri karbon ve azotun çoğu mikrobiyal saldırıya karşı dayanıksız bileşikler içermektedir [6,8]. Bununla beraber, diğer çalışmalarda [10,15] % 20 den daha fazla lignin konsantrasyonuna sahip ölü örtüde, lignin miktarının bakteri ve mantarların enzimatik, toprak faunasının beslenme aktivitelerini kısıtlamakta, bu yüzden lignin yada lignin:azot oranının ayrışmada daha iyi bir gösterge olduğunu bildirmiştir. Burada sunduğumuz çalışmamızda, türlerin başlangıçta içerdikleri lignin miktarı %21 (kestane) ile %35 (karaçam) arasında değişiklik göstermiştir. Bu nedenle, türlerin aynı ortamdaki ayrışma farklılıklarını açıklayan en önemli faktör, türlerin başlangıçta içerdikleri lignin miktarı olmuştur. Bu sonuç, daha önceki çalışmaların ortaya koyduğu “ayrışan ölü örtünün içerdiği lignin miktarı %20 den daha fazla ise bu miktar ölü örtü ayrışmasını sınırlandıran en önemli faktördür” ifadesini destekler yöndedir. Ligninin ayrışma üzerinde bu kadar önemli rol oynamasının nedenleri arasında, yapı itibariyle ligninin ayrışmaya karşı çok dirençli olması, çoğu mikroorganizmaların lignini ayrıştırarak enzimatik yapıdan yoksun olması yanında, fazla miktardaki ligninin ayrışmaya karşı daha az dirençli olan selüloz, hemiselüloz gibi kimyasal yapıları bir örtü gibi sararak ayrışmalarını engellemesi sayılabilir [7]. Bu nedenle, fazla miktarda lignin içeren ölü örtünün ayrışması ancak lignini ayrıştıran özel mikroorganizmaların (özellikle beyaz ve kahverengi çürükçül mantarların) ortamda bulunmasıyla mümkün olabilmektedir [20]. Bunların ortamda bulunabilmesi de her şeyden önce bunların yetişmelerini mümkün kılacak çevre özelliklerinin optimumda olmasıyla mümkün olabilmektedir.

Bu nedenledir ki en fazla lignin içeren karaçam ibreleri, Artvin iklimine göre daha soğuk ve az yağışlı olmasına rağmen kendi yetiştirme ortamı olan Ankara’da daha hızlı bir ayrışma göstermiştir. Bu ortama adapte olan ve ortamdaki fazla miktarda lignin içeren ölü örtüyü ayrıştırmada başarılı olan mikroorganizmaların ayrışmanın daha hızlı olmasına neden olduğunu düşünmekteyiz. Bu nedenle, bu tür çalışmalarda, ayrışmada etkili olan mikroorganizmaların türlerini ve farklı ortamlar arasındaki değişimlerini, ölü örtü ayrışmasına etki eden faktörleri tam olarak anlamak için daha detaylı olarak araştırmamız gerekmektedir.

Çalışmamızda kullanılan, yapraklı iki türümüz olan ve en düşük lignin miktarlarını içeren kestane ve meşe ise sıcaklık ve yağışın daha fazla olduğu Artvin ortamında daha hızlı ayrışma göstermiştir. Karaçam ve yapraklı türlerin içerdiği lignin miktarları arasında lignin içeren sarıçam ise her iki ortamda da aynı oranda ayrışmıştır. Birçok çalışmada yüksek sıcaklıklarda organik karbonun ayrışmasının arttığı rapor edilmiştir. Vitousek ve ark. (1994) [18] tarafından yapılan bir çalışmada, hava sıcaklığında meydana gelen 10 °C lik bir artışın ölü örtü ayrışma oranını 4 ile 11 katı arttırdığı rapor edilmiştir. Artvin yöresinde (Sariyildiz ve Ark. 2005) [4] tarafından yapılan ölü örtü ayrışması çalışmalarında, yükselti ile türlerin ölü örtü ayrışmaları arasında negatif bir ilişki olduğu ve bu ilişkide sıcaklığın yükselti ile azalması yanında, yükselti ile toprak yapısı ve mikroiklim özelliklerinde meydana gelen değişimlerin rol oynadığı tespit edilmiştir. Küresel ısınma ile yağış miktarlarında da önemli değişikliklerin olduğu tahmin edilmekle birlikte bu değişikliğin miktarı ve coğrafik dağılımı konularında oldukça fazla belirsizlikler bulunmaktadır. Berg ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada (1993) [6] standart Sarıçam ibreleri Avrupa'da, subartik bölgeden subtropikal bölge ve Akdeniz bölgesi arasında değişen 39 farklı deneysel alanlara bırakılmıştır. Uzun dönem devam eden deney sonuçları incelendiğinde, değişik alanlara bırakılan sarıçam ibreleri arasındaki farklılığı yıllık sıcaklık %18, toplam yıllık yağış %30 ve gerçek evapo-transpirasyonun ise %50 oranında açıklamıştır. Geniş kapsamlı olarak düşünülen bu çalışma bizlere, ölü örtü ayrışmasında hem sıcaklığı hem de toprak nem kullanılabilirliğini içine alan gerçek evapo-transpirasyonun önemini göstermesi açısından önem kazanmaktadır. Burada sunduğumuz çalışmamızda ise, iklim özellikleri bakımından iki alan arasında önemli farklılıklar olmasına rağmen, örneğin yıllık sıcaklık farkı 2.2 °C ve yağış farkı 526 mm olmasına rağmen, bütün türler düşünüldüğünde iklim özellikleri ile ayrışma arasında doğrusal bir ilişki belirlenememiştir. Farklı ortamlar arasındaki ölü örtü ayrışmasındaki farklılıklarda ölü örtünün kimyasal bileşimi ve ortamda ayrışmayı gerçekleştiren organizmaların önemli bir etkisinin olduğu sonucuna varılmıştır.

Ölü örtü ayrışması sırasında ilk önce parçalayıcılar ayrışan ölü örtüyü fiziksel olarak küçük parçalara ayırırken, ayrıştırıcılar ise kimyasal olarak ölü örtüyü inorganik moleküllere transfer ederler. Örneğin amonyum, fosfat, su ve karbondioksit gibi. İklim

değişikliği, bu toprak organizmalarının yapısını ve çokluğunu etkileyerek, ölü örtü ayrışma oranını, dolaylı olarak değiştirebilir. Ölü örtünün içerdiği bazı özel kimyasal yapıları ayrıştırmak için, ortamda bu yapıyı ayrıştıracak özel mikroorganizmaların olması gerekmektedir. Örneğin saprofitik mantarlar (fungi) özellikle selülitik ve lignilitik yapıları ayrıştırmada uzmanlaşmışlardır. Yüksek rakımlarda meydana gelen toprak sıcaklık ve nem artışları genel olarak mantar biyokütlelerinin artmasına neden olmaktadır, fakat bu artışın aynı zamanda bu özel mantarların ortamdaki sayılarının azalmasına da neden olduğu bildirilmiştir [39]. Cole ve ark. (2002) [40] tarafından turba alanlarında yapılan bir çalışmada, ortalama aylık sıcaklıktaki 2.5 °C lik bir artışın yüksek rakımlarda ölü örtü ayrışmasında önemli rol oynayan toprak faunasından enchytraeid varlığını %43, karbon salıverilmesini ise %11 arttırabileceğini belirtmişlerdir. Başka bir çalışmada Ruess ve ark (1999) [41] fundalık alanlarda, ısınma karşısında nematot nüfus yoğunluğunun iki katı arttığı ve mikrobiyal biyokütle karbonun ve aktif mantar biyokütlesinin toprakta yükseldiğini göstermiştir. Bu konuda verilecek örneklerin sayıları arttırılabilir. Özet olarak bu konudaki çalışmalar bizlere sıcaklık artışıyla birlikte ayrıştırıcı ve parçalayıcı sayılarında önemli değişikliklerin olduğunu göstermektedir. Bu değişiklikler bazı alanlarda ölü örtü ayrışmasını arttırıcı yönde rol oynarken bazı alanlarda ise bunu sınırlamaktadır.

Bu sunulan çalışmamızda iklimin ölü örtü ayrışması üzerinde direk olarak bir etkisi olmamakla beraber, iklim özellikleri uzun bir zaman süresinde ölü örtünün kimyasını değiştirerek bu etkisini dolaylı olarak da gösterebileceği de unutulmamalıdır. Tropik, Akdeniz ve sıcak iklim alanlarında ölü örtü ayrışmasını etkileyen faktörlerin analizini içeren çalışmasında Aerts (1997) [42] gerçek evapo-transpirasyonun (GET) etkisinin sadece direk olarak değil, aynı zamanda ölü örtünün lignin:azot oranını değiştirerek ölü örtü ayrışmasını etkilediğini ortaya koymuştur. İklim ve ölü örtü kimyasal bileşenleri arasındaki bu ilişki diğer çalışmalarda da ortaya konulmuştur. Örneğin, Berg ve Ark. (1995) [43] yaptığı bir çalışmada kuzeyden güneye doğru ölü örtünün azot ve fosfor konsantrasyonlarının arttığını bildirmiştir. Sunulan çalışmamızda da istatistiksel olarak önemli olmasa da daha sıcak olan Artvin ortamında yetişen sarıçam ibrelerinin Ankara orijinli sarıçam ibrelerinden daha yüksek lignin miktarı gösterdiği belirlenmiştir. Dorrepaal ve ark. (2005) [44] subartik alanlarda ölü örtünün azot konsantrasyonunun soğuk ve ılık-sıcak alanlardan daha düşük olduğunu saptamıştır.

Bununla beraber, fosfor konsantrasyonu ise soğuk-sıcak bölgelerde diğer bölgelerden daha düşük bulunmuştur. Aerts (2006) [29] artan sıcaklığın ölü örtü kimyası üzerine olan etkisinin iki nedenden kaynaklandığını ifade etmiştir. Bunların birincisi; ortamdaki bitki türlerinin ölü örtü kimyasındaki kısa ve orta süredeki değişimleri (fenotipik tepkimeler), ikincisi ise bitki topluluğundaki tür yapılarının değişmesi sonucu ölü örtü kimyasındaki uzun süredeki değişimleridir.

Fenotipik tepkimeler konusunda yapılan çalışmalarda ortaya çıkan sonuçlar birbirlerinden farklılıklar göstermektedir. Örneğin, Hobbie ve Chapin (1998) [45] tarafından Alaska'da tundra alanlarındaki 3.5 yıl süren ısınma araştırmalarından sonra çalı türünün (tussock) yeşil yapraklarının azot miktarlarının değişmediğini belirlemiştir. Aynı türün kuru ve nemli alanlarında yaptığı 2 yıllık çalışmasında da Welker (2005) [46] yine yaprakların azot miktarında herhangi bir değişikliğe rastlamamıştır. Bununla beraber, Richardson ve ark. (2002) [47] tarafından 9 yıl süren ve İsveç'in kuzey bölgesindeki subartik bodur çalı fundalıklarındaki ısınmanın etkileri konulu çalışmasında sıcaklığın yeşil yaprakların kimyasında önemli değişimlere neden olduğunu göstermiştir. Yalnız, bu değişim türler bakımından farklılık göstermiştir. Örneğin, *Vaccinium myrtillus* L. Türündeki azot miktarı ısınma ile artış gösterirken, *V. Uliginosum* L. ve *V. Vitis-idea* L. türlerinde ise azalma göstermiştir. Bu şekilde türlerin, sıcaklık artmalarına karşı gösterdiği fenotipik tepkiler birbirlerinden farklılık göstermektedir. Türlerin ısınmaya karşı gösterdikleri fenotipik tepkiler yanında iklimdeki ısınma aynı zamanda vejetasyondaki tür bileşimini de etkileyebilmektedir. Ortamdaki türlerin etkileşimi nedeniyle, ısı değişimlerine bağlı bu tür değişimleri zaman içinde ölü örtü üretimini, ölü örtü kimyasını ve ölü örtü ayrışmasını etkileyecektir [48]. İsveç'in kuzey bölgesindeki subartik bodur çalı fundalıklarındaki 5 yıllık deneysel ısınma çalışmasında Press ve ark (1998) [49] ısınmanın *V. Uliginosum* biyokütlesini %125, toplam çalı biyokütlesini ise %16 arttırdığını bildirmiştir. Tezat olarak, liken biyokütlesi ise ısınma karşısında %44 azalmıştır. Bu çalışmalar bize ısınma aynı zamanda ortamdaki bazı türlerin artmasına bazı türlerin ise ortamdan uzaklaşmasına neden olduğunu göstermektedir. Bilinen bir gerçek ise, türlerin yalnız başına gösterdikleri ölü örtülerinin ayrışma oranlarının başka bir tür ile beraber bulunduğu arttığı ya da azaldığına dair birçok çalışma bulunmasıdır [50]. Örneğin, Verhoeven ve Toth (1995) [51] ortamın ısınmasına bağlı olarak *Sphagnum* türü yosunlarının

çokluğundaki değişimin, o ortamda bulunan damarlı bitki türlerinin ölü örtü ayrışmalarını önemli derecede sınırladığını bildirmiştir. Burada sunduğumuz çalışmada, her iki ortamda bulunan orman altı otsu, odunsu ve çalı formasyonlarının çalıştığımız türlerin ayrışmasına olan etkileri araştırılmamıştır. Bununla beraber, bu konuda yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre bu faktörlerinde daha sonra bu konuda yapılacak çalışmalarda dikkate alınması gerektiğini düşünmekteyiz.

Birçok çalışmada, ayrışan ölü örtünün düşük nem miktarı ve ayrışmanın gerçekleştiği yerin düşük toprak pH değerlerinin, ayrışmayı gerçekleştiren toprak mikro ve makro canlılarının çeşitliliğini ve faaliyetlerini negatif yönde etkileyerek ayrışmanın yavaşlamasına neden olduğu bildirilmektedir [52,53]. Bunun yanında, orman altı odunsu türlerinin, örneğin orman altında bulunan *Rhododendron ponticum*'un oluşturduğu aşırı kapalılığın, orman yüzeyine ulaşan ışığın, sıcaklığın, yağışın ve rüzgârın sınırlandırmasına neden olabilmektedir [54]. *Rhododendron ponticum*'un bulunduğu alandaki toprakların pH değerlerinin düşük olmasına ise, *Rhododendron ponticum*'un yapraklarının ve gövdesinin içerdiği yüksek miktardaki organik asidin (fenolik ve hidroksialkanoik) neden olduğu ifade edilmektedir [55].

Sariyildiz ve Küçük (2005) [30] kayın ve ladin ölü örtülerinin ayrışma hızının *Rhododendron ponticum*'un bulunduğu alanlarda daha yavaş olduğunu rapor etmiştir. Bu sonuçlar, orman altı türlerin yapraklarının kimyasal yapısının bu ortamda oluşan ölü örtünün ayrışması üzerinde etkili olduğunu göstermektedir. Zira herhangi bir türün saf ve karışık ormanlar kurması, alt tabakada diri örtünün (ot, çalı vb.) bulunup bulunmayışı ortamdaki ölü örtünün ayrışmasını pozitif veya negatif yönde etkilediği ifade edilmektedir [50]. Eğer bir türün yaprakları fazla miktarda lignin içeriyor ve C/N ya da Lignin/N oranı büyükse, bulunduğu ortamdaki diğer türlerin ölü örtülerinin ayrışmasını yavaşlatabilmektedir. *Rhododendron ponticum*'un yüksek miktarda karbon bulduran 'lignotümerlere' sahip olduğu [56,57], diğer çalı türlerine göre düşük miktarda azot içerdiği [57] bildirilmektedir. Bunun yanında, *Rhododendron ponticum*'un bünyesinde otçullara karşı koruma amaçlı toksin bileşikleri (örneğin, andromedotoksin ve rhododendrin) bulundurmaktadır [58]. Bu toksin bileşiklerinin ayrışmayı gerçekleştiren mikroorganizmaların (özellikle mantar ve bakteriler) ölümüne neden olduğu [59] ve bu

yüzden *Rhododendron ponticum*'un ayrışmasının çok yavaş olduğu bildirilmektedir [60]. Farklı iklim özellikleri nedeniyle oluşan orman altı türlerinin ayrışmaya dirençli kimyasal yapısının ve ayrışmayı gerçekleştiren mikroorganizmalar üzerindeki olumsuz etkisinin, çalışılan türlerin ölü örtülerinin ayrışmalarını yavaşlatabileceği yada hızlandırabileceği düşüncesini akla getirmektedir. Bununla beraber, orman altı türlerin kimyasal yapısının ayrışma üzerine olan gerçek etkisinin belirlenebilmesi için daha detaylı çalışmalar gerekmektedir.

Burada sunulan çalışmamızın sonuçlarını şu şekilde özetleyebiliriz. (1) Aynı ortam şartları altında ayrışan türlerin ölü örtülerinin ayrışmalarında türlerin başlangıçta içerdikleri kimyasal yapıları belirleyici rol oynamaktadır. (2) Farklı çevre şartları altında ayrışan ölü örtünün, ayrışma oranları arasındaki farklılıklar üzerinde iklim özellikleri tek başına belirleyici bir faktör değildir. Farklı ortamlarındaki iklim özellikleri yada küresel ısınma nedeniyle iklim özelliklerinde meydana gelen değişimlerden, ölü örtünün ayrışmasının etkilenmesi türe bağlıdır. Daha az lignin içeren ölü örtülerin bu değişiklikten daha fazla etkilendiğini söylemek mümkündür. Daha az lignin içeren kestane ve meşe farklı sıcaklığın daha yüksek olduğu Artvin ortamında daha hızlı ayrışırken, lignin miktarı yüksek olan karaçam ve sarıçam bundan etkilenmemiştir. (3) Farklı ortamlar gerçekleşen ölü örtü ayrışmasındaki değişiklikleri daha iyi anlayabilmek için ayrışmanın gerçekleştiği ortamdaki mikroorganizmaların ve toprak canlılarının etkisi yanında orman altı türlerin ayrışmaya olan etkileri daha ayrıntılı olarak araştırılmalıdır.

## KAYNAKLAR

- [1] Swift, M.J., Heal, O.W. and Anderson, J.M. (1979). *Decomposition in Terrestrial Ecosystems*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- [2] Heal, O.W., Anderson, J.W. and Swift, M.J. (1997). Plant litter quality and decomposition: An historical overview. In *Driven by Nature: Plant Litter Quality and Decomposition*, eds. G. Cadisch and K. E. Giller, pp. 3-45. CAB International Wallingford, U.K.



- [3] Kurz-Besson C, Couteaux MM, Berg B, Remacle J, Ribeiro C, Romanya J, Thiery JM (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 Soil* 285:97-114
- [4] Sariyildiz T, Anderson JM, Kucuk M (2005). Effects of tree species and topography on soil chemistry, litter quality and decomposition in Northeast Turkey. *Soil Biol Biochem* 37:1695-1706.
- [5] Jenny H, Gessel SP, Bingham FT (1949) Comparative study of decomposition rates in temperate and tropical regions. *Soil Sci* 68 :419-43
- [6] Berg, B. and Ekbohm, G. (1983). Nitrogen immobilisation in decomposing needle litter at variable carbon: nitrogen ratios. *Ecology* 64, 63-67.
- [7] McLaugherty, C. and Berg, B. (1987). Cellulose, lignin and nitrogen concentrations as rate regulating factors in late stages of forest litter decomposition. *Pedobiologia* 30, 101-112.
- [8] Taylor, B.R., Parkinson, D. and Parsons, W.F.J. (1989). Nitrogen and lignin content as predictors of litter decay rates: a microcosm test. *Ecology* 70, 97-104.
- [9] Kochy, M ve Wilson, S. (1997). Litter decomposition and nitrogen dynamics in aspen forest and mixed-grass prairie. *Ecology* 78, 732-739.
- [10] Fogel, R. ve Cromack, K. (1977). Effects of habitat and substrate quality on Douglas-Fir litter decomposition in western Oregon. *Canadian Journal of Botany* 55, 1632-1640.
- [11] Meentemeyer, V. (1978). Macroclimate and lignin control of litter decomposition rates. *Ecology*. 59, 465-472.
- [12] Aber, J.D. ve Melillo, J.M. (1980). Litter decomposition: Measuring relative contribution of organic matter and nitrogen to forest soils. *Canadian Journal of Botany* 58, 416-421.
- [13] Melillo, J.M., Aber, J. ve Muratore, J. F. (1982). Nitrogen and lignin control of hardwood leaf litter decomposition dynamics. *Ecology* 63, 621-626.
- [14] Berg, B. ve 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, 305-321.

- [15] Sariyildiz, T. (2000). Biochemical and Environmental Controls of Litter Decomposition. PhD thesis.
- [16] Neftel, A., Oeschger, H., Schwander, J., Stauffer, B. ve Zimbrunn, R. (1982). Ice core sample measurements give atmospheric CO<sub>2</sub> content during the past 40000 yr. *Nature* (London) 295, 220-223.
- [17] Raich, J. M. ve W.H. Schlesinger, (1992). The global carbondioxide flux in soil respiration and its relationship to vegetation and climate. *Tellus*, 44B: 81-99.
- [18] Vitousek, P.M., Turner, D.R., Parton, W.J. ve Sandford, R.L. (1994). Litter decomposition on the Mauna Loa environmental matrix, Hawaii: Patterns, mechanisms and models. *Ecology* 75 (2), 418-429.
- [19] Karatepe Y. (2004). İÜ Orman Fakültesi, Toprak İlimi ve Ekoloji ABD, İstanbul, Gölcük (Isparta)'te Karaçam (*Pinus nigra* Arn. supsp.*pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Meşcerelerinin. Topraklarındaki Toplam Azot ve organik Karbon ile Ölü Örtülerindeki Toplam Azot ve Organik Madde Miktarlarının Araştırılması, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi Seri: A, Sayı: 2, Yıl: 2004, ISSN: 1302-7085, Sayfa: 1-16
- [20] Berg, B., Berg, M., Bottner, P., Box, E., Breymeyer, A., Calvo de Anta R., Couteaux, M.M., Gallardo, A., Escudero, A., Kartz, W., Maderia, M., Malkonen, E., Meentemeyer, V., Munoz, F., Piussi, P., Remacle, J. ve Virzo De Santo, A. (1993). Litter mass loss rates in pine forests of Europe and Eastern United States: some relationships with climate and litter quality. *Biogeochemistry*, 20:127-159.
- [21] Arol, N., (1959). Bolu ve civarında bazı göknar, kayın, çam saf ve karışık meşcerelerinde ölü örtü miktarı ile besin maddesi muhtevası üzerine araştırmalar. T.C. Ziraat Vekaleti Orman Umum Müdürlüğü Yayını, Neşriyat Sıra Nu, 301, Seri 3, Ankara.
- [22] Irmak, A. Çepel, N. (1974). Bazı karaçam, kayın, meşe meşcerelerinde ölü örtü ayrışma ve humuslaşma hızı üzerine araştırmalar. İst. Üni. Orm. Fak. Yay. Nu. 204
- [23] Kantarcı, M.D. (1978). Aladağ kütlesinin (Bolu) kuzey alanlarındaki Uludağ göknar ormanlarında yükselti-iklim kuşaklarına göre bazı ölü örtü ve toprak özelliklerinin analitik olarak araştırılması. İÜ. Orm. Fak. Der., Seri-A, 28: 60-116.

- [24] Karagül, R. (1990). Artvin-Murgul yöresindeki kayın ve kızılağaç orman ölü örtülerinin bazı hidrolojik ve fiziksel özelliklerinin araştırılması, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enst., Trabzon, 1990. Yüksek Lisans Tezi
- [25] Karaöz, M.Ö. 1993. Bazı yerli ve yabancı yöre yapraklı ağaç türlerine ait plantasyonlarda ölü örtü miktar ile bunlardaki besin rezervi üzerine araştırmalar. İstanbul Üniv. Orm. Fak. Der., Seri-A, 43: 93-115.
- [26] Sariyıldız, T., A. Tüfekcioglu ve M. Küçük, “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 (2005a).
- [27] 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.
- [28] Sariyıldız, T. ve M. Küçük, (2005). “Kayın (*Fagus orientalis* Lipsky) ve Ladin (*Picea orientalis* L.) Ölü Örtülerinin Ayırışma Oranları Üzerinde Orman Gülünün (*Rhododendron ponticum* L.) Etkisi”, G.Ü. Kastamonu Orman Fakültesi Dergisi, 5, 55-69.
- [29] Aerts, R., (2006). The freezer defrosting: Global warming and litter decomposition rates in cold biomes. J Ecol 94:713-724
- [30] Anonim (2005) DMİ Artvin Meteoroloji İstasyonu, Artvin
- [31] Anonim (2007) DMİ Çamlıdere Meteoroloji İstasyonu, Ankara
- [32] Anderson, J.M. ve Ingram, J.S.I. (1993). *Tropical Soil Biology and Fertility. A Handbook for Methods*. CAB International, Oxon.
- [33] Nelson DW, Sommers LE (1982) Total carbon, organic carbon and organic matter. In: Methods of soil analysis (eds A. L. Page, R.H. Miller & D.R. Keeney) pp. 539-579. American Society of Agronomy., Madison, Wisconsin.
- [34] Rowland AP, Roberts JD (1994) Lignin and cellulose fractionation in decomposition studies using Acid-Detergent Fibre methods. Comm Soil Sci Plant Anal 25:269-277
- [35] Allen, S.E. (1989). *Chemical Analysis of Ecological Materials*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.

- [36] Olson, J.S. (1963). Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. *Ecology* 14, 322-331.
- [37] Kalra YP, Maynard DG (1991) Methods Manual for Forest Soil and Plant Analysis. Forestry Canada, Northern Forestry Publications. Alberta, Canada.
- [38] Gülçür F (1974) Toprağın Fiziksel ve kimyasal Analiz Metodları (Physical and chemical analyzing methods of soil properties. IU. F Orman Fakültesi Yayın No: 201, İstanbul, Turkey.
- [39] Robinson C.H. (2002). Controls on decomposition and soil nitrogen availability at high latitudes. *Plant and Soil* 242:65-81.
- [42] Aerts R (1997) Climate, leaf litter chemistry and leaf litter decomposition in terrestrial ecosystems: a triangular relationship. *Oikos* 79:439-449
- [43] Berg, B., McClaughery, C., Virzo DE Santo, A., Johansson, M.B. ve Ekbohm, G. (1995). Decomposition of litter and soil organic matter- can we distinguish a mechanism for soil organic matter build up?. *Scandinavian Journal of Forest Research* 10, 108-119.
- [44] Dorrepaal E, Cornelissen JHC, Aerts R, Wallen B, van Logtestijn, RSP (2005) Are growth forms consistent predictors of leaf litter quality and decomposability across peatlands along a latitudinal gradient? *J Ecology* 93:817-828
- [47] Richardson SJ, Press MC, Parsons AN, Hartley SE (2002) How do nutrients and warming impact on plant communities and their insect herbivores? A 9-year study from a sub-Artic heath. *J Ecol* 90:544-556
- [48] Cornelissen JHC, Thompson K (1997) Functional leaf attributes predict litter decomposition in herbaceous plants. *New Phytol* 135:109-114
- [49] Press M.C., Potter, J.A., Burke, M.J.W., Callaghan, T.V. ve Lee, J.A. (1998). Responses of a subarctic dwarf shrub heath community to simulated environmental change. *J. Ecology*, 86:315-327.
- [50] Gartner, T.B., Cardon, Z.G., (2004). Decomposition dynamics in mixed-species leaf litter. *Oikos*. 104: 230-246.
- [52] Bauhus, J., Pare, D., Cote, L., (1998). Effects of tree species stand age and soil type on soil microbial biomass and its activity in a southern boreal forest. *Soil Biol. Biochem.* 30, 1077-1098.

- [53] Chadwick, D.R., Ineson, P., Woods, C., Pearce, T., (1998). Decomposition of *Pinus sylvestris* litter in litter bags: influence of underlying native litter layer. *Soil Biol. Biochem.* 30, 47-55.
- [54] Nilsen, E.T., Clinton, B.D., Lei, T.T., Miller, O.K., Semones, S.W., Walker, J.F., (2001). Does *Rhododendron maximum* L. (Ericaceae) reduce the availability of resources above and belowground for canopy tree seedlings? *Am. Midl. Nat.* 145, 325-343.
- [55] Çolak, A.H., Aksoy, H., (1997). *Rhododendron ponticum* L. (mor cicekli ormangülü) 'nun silvikültür özelliklerine üzerine araştırmalar, Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [56] Esen, D., (2000). Ecology and control of rhododendron (*Rhododendron ponticum* L.) in Turkish eastern beech (*Fagus orientalis* Lipsky) forests. PhD Dissertation, Virginia Polytechnic Institute and State University, VA, SA.
- [57] Niinemets, Ü., Valladares, F., Ceulemans, R., (2003). Leaf-level phenotypic variability and plasticity of invasive *Rhododendron ponticum* and non-invasive *Ilex aquifolium* co-occurring at two contrasting European sites. *Plant Cell Env.* 26, 941-956.
- [58] Cross, J. R., (1975). Biological flora of the British Isles. *Rhododendron ponticum* L. *J. Ecol.* 63, 345-364.
- [59] Reddy, P.S., Jamil, K., Madhusudhan, P., Anjani, G., Das, B., (2001). Antibacterial activity of isolates from *Piper longum* and *Taxus baccata*. *Pharmaceutical Biology* 39, 236–238.
- [60] Benfield, E.F., Webster, J.R., (1991). Effects of forest disturbance on leaf breakdown in southern Appalachian streams. *Limnologie* 24, 1678–1690.