

Türkiye'deki sahil çamı ağaçlandırmalarında ağaç bileşenlerine ait karbon yoğunluklarının değişimi

Changes in carbon concentration of tree components for maritime pine plantations in Turkey

Şükrü Teoman GÜNER¹

Cezmi ÖZEL¹

Mehmet TÜRKKAN²

Selda AKGÜL³

¹ Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Müdürlüğü, ESKİŞEHİR

² Batı Akdeniz Ormanlık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, ANTALYA

³ Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, İZMİR

Sorumlu yazar (Corresponding author)

Şükrü Teoman GÜNER
stguner@gmail.com

Geliş tarihi (Received)

28.03.2019

Kabul Tarihi (Accepted)

15.05.2019

Atıf (To cite this article): GÜNER, Ş., ÖZEL, C., TÜRKKAN, M., AKGÜL, S. (2019). Türkiye'deki sahilçamı ağaçlandırmalarında ağaç bileşenlerine ait karbon yoğunluklarının değişimi. Ormanlık Araştırma Dergisi, 6 (2), 167-176.
DOI: 10.17568/ogmoad.546116



Creative Commons Atıf -
Türetilemez 4.0 Uluslararası
Lisansı ile lisanslanmıştır.

Öz

Bu çalışma, Türkiye'deki sahil çamı (*Pinus pinaster* Ait.) ağaçlandırmalarında ağaç bileşenlerinin karbon oranlarını, toprak üstü ve toplam ağaç kütlelerine ait ağırlıklı karbon oranlarını ve ağırlıklı karbon oranı ile yetiştirme ortamı özellikleri arasındaki ilişkileri belirlemek amacıyla yapılmıştır. Örneklemeler ağaçlık çağında bulunan, yetiştirme ortamı özellikleri ve meşcere gelişimi bakımından farklılık gösteren toplam 69 alanda yapılmıştır. Örneklem alanlarının yetiştirme ortamı özellikleri belirlenmiştir. Daha sonra her örneklem alanında meşcere üst boyunda bulunan bir ağaç kesilmiş ve kesilen ağaçtan ibre, dal, odun, kabuk ve kök örnekleri alınmıştır. Laboratuvarında örneklem alanlarından alınan bitki örneklerinde karbon analizleri yapılmıştır. Elde edilen veriler varyans analizi, Duncan testi ve korelasyon analizi ile değerlendirilmiştir. Ağaç bileşenlerinin karbon oranları arasında önemli farklılıklar bulunmuştur ($P < 0,001$). Karbon yoğunluğu en düşük kökte (%48,8), en yüksek ise kabukta (%53,9) bulunmuştur. Sahil çamı ağaçlandırmaları için ağırlıklı karbon oranı toprak üstü ağaç kütleleri için %51,9, toplam ağaç kütleleri için ise %51,4 olarak hesaplanmıştır. Toplam ağaç kütlelerine ait ağırlıklı karbon oranı bakımından coğrafik bölgeler (Marmara ve Karadeniz) arasında önemli farklılıklar bulunmuştur ($P < 0,05$).

Anahtar kelimeler: *Pinus pinaster*, yetiştirme ortamı özellikleri, ağaç bileşenleri, karbon yoğunlukları

Abstract

The aim of this study was to determine the carbon concentration of various components of maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.) plantations in Turkey, as well as the weighted carbon concentration of above-ground and total tree biomass, and to examine site-related differences in weighted carbon concentration. Samples were collected from 69 sampling plots at a mature stage with different site characteristics and stand growth, and site characteristics of the sample plots were determined. Then, an individual tree representing the top height in each sampling plot was cut, and needle, branch, wood, bark, and root samples were collected from the these trees. Carbon analysis on plant samples collected from the sampling plots was carried out in the laboratory. The data were evaluated by using variance analysis (ANOVA), Duncan's test, and correlation analyses. Statistically significant (at $P < 0,001$) differences were found between carbon concentrations of tree components. The lowest carbon concentration was in roots (48.8%), while the highest carbon concentration was in barks (53.9%). The weighted carbon concentration of maritime pine plantations was found to be 51.9% for the above-ground biomass while it was 51.4% for the total tree biomass. Statistically significant (at $P < 0,05$) differences by weighted carbon concentrations of total tree biomass were also found between the Marmara and the Black Sea Regions.

Keywords: *Pinus pinaster*, site properties, tree components, carbon concentration

1. Giriş

Küresel ısınmaya neden olan atmosferdeki sera gazlarından en önemlisi CO₂'dir. Atmosferdeki CO₂'nin azaltılmasındaki en etkili yollardan birisi de, önemli karbon yutak alanlarından birisi olan orman alanlarının artırılmasıdır. Yutak alan olarak orman alanlarındaki karbon bilançosunun izlenmesi ve gerekli hesaplamaların yapılabilmesi için ise başta orman tipi ve ağaç türü olmak üzere karbon bağlamada etkili faktörleri dikkate alarak gerekli değerlendirmelerin yapılması gerekmektedir. Bu anlamda ormanlara ve ağaç türlerine göre karbon hesaplamaları, daha sağlıklı bir karbon envanteri için önem taşımaktadır (Lamlom ve Savidge, 2003; Malmsheimer ve ark., 2011). Ayrıca ağaç türlerine ait daha sağlıklı karbon hesabının yapılabilmesi için söz konusu türe ilişkin ağaç bileşenleri ve karbon oranları da hesaplanmalıdır.

Diğer yandan iklim değişikliğinin önlenmesine yönelik olarak uluslararası çabalar da gündeme gelmiş ve Kyoto protokolü ile dünyada 160'tan fazla ülke bir araya gelerek atmosfere yapılan karbon emisyonunu azaltmayı kararlaştırmışlardır (Colombo ve ark., 2005). Oluşturulan bu politikanın gereği olarak ülkelere ormanlık alanlardaki yıllık karbon envanterini yapma sorumluluğu verilmiştir. Envanter verilerinin ülkeler arasında karşılaştırılabilir olmasını sağlamak için de hesaplamaların nasıl yapılacağına ilişkin "tarım, ormancılık ve arazi kullanımı" kılavuzu (AFOLU-IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories for Agriculture, Forestry and Other Land Use) geliştirilmiştir (IPCC, 2006).

Bu kılavuz orman ekosistemlerindeki karbon stoklarının yıllık değişiminin nasıl hesaplanacağını ayrıntılı bir şekilde açıklamıştır. Kılavuz, orman ekosistemlerindeki karbon havuzlarını; yaşayan toprak altı ve toprak üstü biyokütle, ölü organik madde (ölü odun ve döküntü) ve organik toprak olarak üç sınıfa ayırmıştır. Ayrıca kılavuz söz konusu havuzlardaki hesaplamalarda kullanılmak üzere iklim kuşağı, orman tipi ve ağaç türleri itibarıyla bazı empirik katsayılar vermiş, ancak daha sağlıklı hesaplamalar için söz konusu katsayıların yerel düzeyde ağaç türleri itibarıyla yapılacak araştırmalar ile ortaya konulmasını önermiştir (IPCC, 2003; IPCC, 2006). Nitekim araştırmalar göstermiştir ki karbon havuzlarındaki karbon oranları çevre faktörlerine, ağaç türüne ve ağaç organlarına göre değişmektedir (Laiho ve Laine, 1997; Lamlom ve Savidge, 2003; Bert ve Danjon, 2006; Thomas ve Malczewski, 2007; Çömez, 2012).

Dünya üzerinde 109 türle temsil edilen *Pinus* cinsi Kuzey yarı kürede yayılış göstermektedir. Sahil

çamı (*Pinus pinaster* Ait.) Güneybatı Avrupa'da, Batı Akdeniz'de ve Kuzeybatı Afrika'da doğal olarak bulunmaktadır (Kandemir ve Mataracı, 2018). Anadolu'da son Tersiyer döneminde nesli tükenen türlerden biridir (Kasaplıgil, 1977). Sahil çamının Türkiye'de 57.837 ha ağaçlandırması bulunmaktadır. Bu alanın 48.104 ha'sı (%83) Marmara Bölgesi'nde, 8.732 ha'sı (%15) Karadeniz Bölgesi'nde, 1.001 ha'sı ise (%2) Ege ve Akdeniz Bölgelerinde yer almaktadır (OGM, 2019). Sahil çamı hem ağaçlandırıldığı alan hem de endüstriyel plantasyon çalışmalarında öncelikli türlerden biri olması sebebiyle karbon hesaplamalarında üzerinde çalışılması gereken bir türdür. Türkiye'de Terkos kumulundaki (İstanbul) sahil çamı ağaçlandırmalarında toprak altı ve toprak üstü bitkisel kütle ile karbon oranları ve karbon stoklarının belirlenmesi konusunda yapılmış kapsamlı bir çalışma bulunmaktadır (Tolunay ve ark., 2017). Ancak çalışmamız, Türkiye'deki sahil çamı ağaçlandırmalarının neredeyse tamamını kapsamaması yönüyle Tolunay ve ark. (2017) tarafından yapılan çalışmadan ayrılmaktadır.

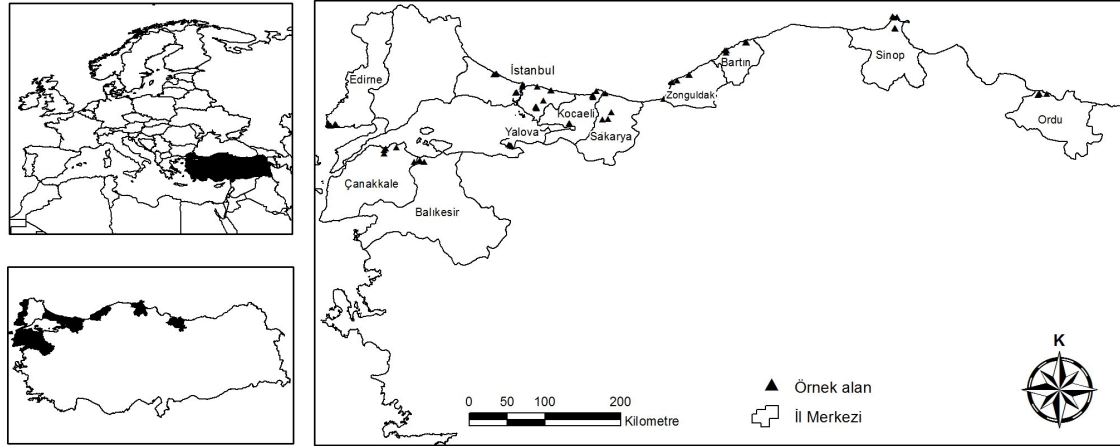
Bu araştırmanın amacı, sahil çamı ağaçlandırmalarında, ağaç bileşenlerine ait karbon oranları ile toprak üstü ağaç kütlesi ve toplam ağaç külesine ait ağırlıklı karbon oranlarını belirlemek ve bölgesel farklılıkların karbon oranları üzerindeki etkilerini ortaya koymaktır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Araştırma alanının tanıtımı

Araştırma Türkiye'deki sahil çamı ağaçlandırmalarının %98'lik kısmını oluşturan Marmara ve Karadeniz Bölgelerinde yürütülmüştür (Şekil 1).

Marmara Bölgesi'nde bulunan örnekleme alanlarındaki yıllık ortalama sıcaklık 12,0-14,6°C, ortalama yüksek sıcaklık 26-30°C, ortalama düşük sıcaklık 0,5-3,0°C, en soğuk ayın ortalama sıcaklığı 3,9-6,6°C, en sıcak ayın ortalama sıcaklığı 22-25°C arasında değişmektedir. Yıllık ortalama yağış miktarları 538 mm (Lapseki) ile 1007 mm (Kandıra), en kurak ayın yağış miktarı 6,9 mm (Lapseki) ile 49 mm (Sakarya), haziran-eylül aylarındaki toplam yağış miktarı 57,7 mm (Lapseki) ile 235,8 mm (Kandıra) arasında değişmektedir. Karadeniz Bölgesi'nde bulunan örnekleme alanlarındaki yıllık ortalama sıcaklık 11,5-14,2°C, ortalama yüksek sıcaklık 24,0-28,2°C, ortalama düşük sıcaklık (-0,8)-(+4,2)°C, en soğuk ayın ortalama sıcaklığı 3,1-6,6°C, en sıcak ayın ortalama sıcaklığı 20,4-23°C arasında değişmektedir. Yıllık ortalama yağış miktarları 629 mm (Erfelek) ile 1355 mm (Zon-



Şekil 1. Araştırma alanlarının konumu
Figure 1. Location of the study area

guldak), en kurak ayın yağış miktarı 14,6 mm (Erfelek) ile 60,7 mm (Zonguldak), haziran-eylül aylarındaki toplam yağış miktarı 98,3 mm (Erfelek) ile 377,7 mm (Zonguldak) arasında değişmektedir. Örnekleme alanlarının biyoiklim sınıflarının belirlenmesinde Emberger Akdeniz İklim Sınıflaması kullanılmıştır (Akman, 1999). Buna göre örnekleme alanlarının çok yağışlı, yağışlı ve az yağışlı olmak üzere 3 farklı biyoiklim sınıfında yer aldığı belirlenmiştir. Ayrıca Emberger metodunda kurak devrenin (S) tespiti için denklem (1) kullanılmıştır.

$$S=PE/ME \quad (1)$$

Denklemden, PE: yaz aylarındaki (haziran + temmuz + ağustos) toplam yağış miktarını, ME: yaz aylarının maksimum sıcaklık ortalamasını ifade etmektedir. S katsayısı küçüldükçe yaz kuraklığının şiddeti artmakta, büyüldükçe azalmaktadır.

Marmara Bölgesi'nde dağların kuzeye bakan alçak eteklerinde yalancı maki (pseudo-maki), kestane (*Castanea sativa* Mill.) ve kayın (*Fagus orientalis* Lipsky) ormanları, yüksek kesimlerinde göknar (*Abies nordmanniana* (Steven) Spach) ormanları yer almaktadır. Vadi tabanlarında ve dağların güneye bakan alt yamaçlarında maki ve kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) topluluklarına, yüksek kesimlerde ise meşe (*Quercus* sp.) ve karaçam (*Pinus nigra* Arn.) ormanlarına geçilir. Karadeniz kıyı kuşağı boyunca kayın, ıhlamur (*Tilia rubra* DC., *Tilia tomentosa* Moench), meşe, kızılğaç (*Alnus barbata* C.A.Mey., *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.), kestane, gürgen (*Carpinus orientalis* Mill.) gibi geniş yapraklı ormanlar yaygındır. Doğu Karadeniz Bölümünde çok nemli ılıman kıyı kuşağında kayın başta olmak üzere kızılğaç, kestane, ıhlamur

ve gürgenlerden oluşan ormanlar yer alır. Kayın ormanlarındaki önemli ağaç türleri ise ıhlamur, kestane, çınar yapraklı akçaağaç (*Acer platanoides* L.), karaağaç (*Ulmus campestris* L., *Ulmus montana* Stokes), sapsız meşe (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.), gürgendir (*Carpinus orientalis* Mill.). Orta Karadeniz Bölümünde Akkuş'un doğusunda ve Çarşamba'nın güneydoğusunda verimli kayın ormanlarına rastlanır. Batı Karadeniz Bölümünde Sinop'un batısı, özellikle Zindan-Çangal dağları silsilesinin etek kesimlerinde kızılçam, gürgen, defne (*Laurus nobilis* L.), kestane, ıhlamur, 600-1200 m'ler arasında kayın ormanları bulunur. Çaycuma çevresinde sapsız meşe, tüylü meşe (*Quercus pubescens* Willd.) ve Macar meşesi (*Quercus frainetto* Ten.) toplulukları görülür (Atalay, 2002).

1/500.000 ölçekli Türkiye jeoloji haritalarının İstanbul, Zonguldak, Sinop ve Samsun paftaları içerisinde kalan araştırma alanlarının Marmara Bölgesi'nde gnays, mikaşist, amfibolit, granit, granodiorit, kuvarslı diorit, diorit, gabro, diabloz, serpantin, bazalt, dolorit, andezit, spilit, porfirit, volkanik tuf, anglomera, breş ve trakit anakayalar, Karadeniz Bölgesi'nde ise karbonifer (kömürlü), andezit, spilit ve porfirit anakayalar üzerinde yer aldığı görülmüştür (MTA, 2019).

Araştırma alanlarında yaygın olarak bulunan toprak tipleri rendzina (Leptosols), kıyı kumulları (Arenosols), esmer orman toprağı (Cambisols) ve boz esmer orman toprağıdır (Luvisols) (IUSS Working Group WRB, 2015). Yine araştırma alanı içerisinde sahil çamı ağaçlandırmalarının kil, kum, kumlu kil, kumlu balçık, killi balçık, kumlu killi balçık, tozlu killi balçık ve balçık toprak türlerinde ve kireçsiz topraklarda yapılmış olduğu tespit edilmiştir.

2.2. Örnekleme metodu

Örnekleme 30 Mart - 6 Mayıs 2016 tarihleri arasında, bakı, yükselti, eğim, yamaç konumu ve meşcere gelişimi bakımından farklılık gösteren 69 alanda yapılmıştır. Bu alanların 48'i (%69,5) Marmara Bölgesi'nde, 21'i (%30,5) ise Karadeniz Bölgesi'nde bulunmaktadır. Yine bu alanların %1,4'ü direklik (d_{1,3}=8-19,9 cm; 1 adet), %72,5'i ince ağaçlık (d_{1,3}=20-35,9 cm; 50 adet), %24,6'sı orta ağaçlık (d_{1,3}=36-51,9 cm; 17 adet), %1,4'ü kalın ağaçlık (d_{1,3} ≥ 52 cm; 1 adet) çağında bulunmaktadır. Örnekleme alanları 20x20=400 m² büyüklüğünde alınmıştır. Örnekleme alanlarının eğimi klizimetre, yükseltisi altimetre ile belirlenmiştir. Yamaç konumu, yamaçın sırt çizgisi ile etek kısmı arasındaki yamaç uzunluğu 100 birim kabul edilmiş, yamaç üst kenarından olan ortalama uzaklık yamaç uzunluğunun yüzdesi olarak hesaplanmıştır. Bakı, pusula ile belirlenmiş ve aşağıda verilen denklem (2) kullanılarak radyasyon indeksine dönüştürülmüştür (Moisen ve Frescino, 2002; Aertsen ve ark., 2010).

$$RI=[1-\cos((\pi/180)(Q-30))]/2 \quad (2)$$

Denklemden, RI: radyasyon indeksini, Q: örnek alanın kuzeye göre semt açısını ifade etmektedir.

Her örnekleme alanında bir adet toprak çukuru açılmış ve açılan toprak çukurundaki kesitte 0-10, 10-30, 30-60 ve 60-100 cm derinlik kademelerinden hacim silindirleri ile toprak örnekleri alınmıştır.

Her örnekleme alanında, meşcere üst boyunda bulunan üç ağaçta boy ölçümü yapılmış, boyu ölçülen üç ağaçtan aritmetik orta boya en yakın ağaç kesilmiş ve kesilen ağacın yaşı, göğüs çapı (cm) ve boyu (m) ölçülmüştür. Daha sonra elde edilen yaş ve boy değerleri ile Özcan (2003) tarafından sahil çamı ağaçlandırmaları için hazırlanan bonitet tablosu kullanılarak örnekleme alanlarının 25 yaşındaki bonitet endeksi (BE₂₅) değerleri hesaplanmıştır (Tablo 1).

Tablo 1. Örnek ağaçlara ait bazı özellikler
Table 1. Some properties of sample trees

	Birim	Marmara Ort.±SS	Karadeniz Ort.±SS	Genel Ort.±SS
Yaş	Yıl	35±6	32±4	34±6
Çap (d _{1,3})	cm	30,7±6,9	34,4±5,3	31,8±6,7
Boy	m	15,9±4,2	17,8±2,8	16,4±3,9
BE ₂₅	m	12,4±2,7	14,9±2,4	13,2±2,8

BE: bonitet endeksi, Ort: ortalama, SS: standart sapma

İbre örnekleri kesilen ağaçların terminal sürgününden itibaren geriye doğru bir, iki ve üç

yaşlı sürgünler üzerinden eşit miktarda alınmış ve karıştırılmıştır. Dal örnekleri ağacın taç kısmının üst, orta ve alt kısımlarından alınarak karıştırılmıştır. Odun ve kabuk örnekleri için karma örnekler hazırlanmıştır. Bunun için ağacın gövdesi 2 m'lik bölümlere ayrılmış, bölümlerin dip ve uç kısımlarının iki yönlü olarak kabuklu ve kabuksuz çapları ölçülmüş ve ölçülen bölümlerin ortasından 3 cm kalınlığında diskler alınmıştır. Karma odun ve kabuk örnekleri, alındığı seksiyonun hacminin, ağacın hacmine oranı dikkate alınarak hazırlanmıştır. Kesilen ağaçların dip kısmından kazma ile bir kesit açılmış ve açılan kesitten çapları ≤5 cm olan kök örnekleri alınmıştır. Alınan örnekler yıkanarak topraklarından arındırılmış ve diğer örneklerle birlikte laboratuvara taşınmıştır.

2.3. Laboratuvar analizleri

Araziden alınan bitki örnekleri (69 örnek alan × 5 bileşen = 345 örnek) laboratuvarında 65°C'de sabit ağırlığa ulaşmaya kadar kurutulmuş ve ardından öğütülerek analize hazırlanmıştır. Ağaç bileşenlerine ait örneklerin karbon oranları LECO CNH TruSpec elementer analiz cihazında tayin edilmiştir.

Laboratuvarında hava kurusu hâle getirilen toprak örnekleri, kesikleri porselen havanda parçalanarak 2 mm gözeneğe sahip elekten geçirilmiş ve tartılmıştır. Eleğin üzerinde kalan taşın hacmi volümetrik olarak belirlenmiştir. Toprak örneklerinde rutubet 105°C'de, tanecik boyutuna göre sınıflandırması hidrometre yöntemiyle, organik karbon Walkley-Black ıslak yakma yöntemiyle (Carter and Gregorich, 2008), faydalanılabilir su kapasitesi basınç tablalı toprak nemi tayin cihazında (Çepel, 1985) belirlenmiştir.

2.4. Değerlendirme

Ağaç bileşenleri kütlelerinin, toprak üstü ve toplam ağaç külesine oranlarını belirlemek amacıyla, Tolunay ve ark. (2017) tarafından Çmcd meşcereleleri (d_{1,3}=20,0-51,9 cm) için belirlenen tek ağaç kütleleri kullanılmıştır. Hesaplama sonucunda, toprak üstü ağaç külesi için ibre, dal, odun ve kabuk kütle oranları sırasıyla 0,0451; 0,1778; 0,6762 ve 0,1009; toplam ağaç külesi için ibre, dal, odun, kabuk ve kök kütle oranları sırasıyla 0,0379; 0,1495; 0,5686; 0,0848 ve 0,1592 olarak bulunmuştur.

Toprak üstü ve toplam ağaç külesine ait ağırlıklı karbon oranlarının belirlenmesinde denklem (3) kullanılmıştır (Erkan ve Güner, 2018).

$$wcc=\sum(ccc_i*cb_i)/100 \quad (3)$$

Denklemden; wcc, toprak üstü veya toplam ağaç külesine ait ağırlıklı karbon oranını (%); ccc_i, kar-

bon yoğunluğunu (%); i^{th} , ağaç bileşenlerini; c_b , bileşenlere ait kütlelerin toprak üstü veya toplam ağaç kütlelerine oranını (%) ifade etmektedir.

Ağaç bileşenlerinin karbon yoğunlukları arasındaki farklılıklar ile toplam ağaç kütlelerine ait ağırlıklı karbon oranının coğrafik bölgelere göre değişimi varyans analizi kullanılarak değerlendirilmiştir. Varyans analizi sonucunda istatistiksel farklılıkların belirlenmesi durumunda Duncan ortalamaları ayırma testi uygulanmıştır. Ayrıca toplam ağaç kütlelerine ait ağırlıklı karbon oranı ile yetiştirme ortamı özellikleri arasındaki ilişkiler korelasyon analizi ile incelenmiştir. Sonuçlar $\alpha=0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak farklı kabul edilmiştir. İstatistik analizlerde SPSS paket programı kullanılmıştır (SPSS v.22.0®, 2015).

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Örnekleme alanlarının yetiştirme ortamı özellikleri

Örnekleme alanlarına ait bazı yetiştirme ortamı özellikleri Tablo 2'de verilmiştir. Tablo 2 incelendiğinde Karadeniz Bölgesi'ndeki örnekleme alanlarının ortalama yükselti ve eğiminin Marmara Bölgesi'ndeki alanlardan daha fazla olduğu görülmektedir. Mutlak toprak derinliği, pedondaki toprak miktarı, iskelet hacmi ve kum miktarı da Marmara Bölgesi'ndeki alanlarda daha fazladır. İklim özellikleri bakımından değerlendirildiğinde ise Marmara Bölgesi'ndeki örnekleme alanlarında sıcaklıkların daha yüksek, kurak periyodun daha uzun olduğu, buna karşın Karadeniz Bölgesi'ndeki alanların yağış değerlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir.

3.2. Ağaç bileşenlerinin karbon yoğunlukları

Ağaç bileşenlerinin karbon oranlarına ait tanımlayıcı istatistikler Tablo 3'de, varyans analizi sonuçları ise Şekil 2'de verilmiştir. Ağaç bileşenlerinin karbon oranları arasında istatistiksel bakımdan önemli farklılıklar belirlenmiştir ($F=576,135$; $P<0,001$). En düşük karbon oranı kökte (%48,89), en yüksek oran ise kabukta (%53,92) bulunmuştur. Keza, sahil çamında yapılan çalışmalarda en düşük karbon yoğunluğu kökte, en yüksek yoğunluk ise kabukta bulunmuştur (Bert ve Danjon, 2006; Tolunay ve ark., 2017). Yine farklı ağaç türlerinden sarıçam (Çömez, 2012; Erkan ve Güner, 2018), karaçam (Güner ve Çömez, 2017), sedir (Karataş ve ark., 2017) ve Kazdağı göknarı (Güner, 2019) türlerinde yapılan çalışmalarda da benzer bulgulara ulaşılmıştır. Karaçam ağaçlandırmalarında yapılan çalışmada, ağaç bileşenlerinden

kabuktaki karbon yoğunluğunun diğer bileşenlere göre daha yüksek bulunmasının lignin ve ekstraktif maddelerin kabuktaki fazlalığından kaynaklandığı bildirilmektedir (Güner ve Çömez, 2017). Çünkü ibreli türlerde, odunun lignin içeriği en çok %30 civarında olurken kabukta bu oran %55'e kadar çıkmaktadır. Ayrıca kabuğun ekstraktif madde içeriği odundan yaklaşık 3 kat daha fazla olabilmektedir (Dönmez ve Dönmez, 2013). Ancak Durkaya ve ark. (2015) tarafından kızılçam, sarıçam ve karaçamda yapılan çalışmada, ibre karbon oranları ağaç bileşenleri arasında en yüksek düzeyde bulunmuş ve sırasıyla 52,1, 52,6 ve 52,3 olarak belirlenmiştir. Yine Uludağ göknarı (Durkaya ve ark. 2013a) ve sedir (Durkaya ve ark. 2013b) türlerinde yapılan çalışmalarda, karbon yoğunluğu ibrede en yüksek düzeyde bulunmuştur. Bu durumun, araştırmalara konu türler yanında örnekleme alanlarının yapıldığı mevsimler, meşcere gelişim çağları ve yetiştirme ortamı özellikleri arasındaki farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Sahil çamında kök karbon oranı, Terkos kumunda (İstanbul) %49,47 (Tolunay ve ark., 2017), güneybatı Avustralya'daki plantasyon alanlarında %48,1 (Ritson ve Sochacki, 2003), Fransa'nın güneybatısındaki doğal ormanlarda %51,74 (Bert ve Danjon, 2006) bulunmuştur. Karbon oranlarının yetiştirme ortamı özelliklerine (Erkan ve Güner, 2018; Güner, 2019) ve meşcere gelişim çağlarına (Çömez, 2012; Makineci ve ark., 2015; Güner ve Çömez, 2017; Karataş ve ark., 2017) göre önemli farklılıklar gösterdiği bildirilmektedir. Sahil çamında ağaç bileşenlerinin karbon yoğunluklarının belirlenmesine yönelik olarak yapılan çalışmalarda (Tablo 4) kök karbon yoğunluğuna ait bu geniş varyasyonun (%48,1-51,74); örnekleme alanlarının yapıldığı mevsim, meşcere gelişim çağı, yetiştirme ortamı özellikleri ve ormanların tesisi arasındaki farklılıklardan kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

Ağaç bileşenleri arasında en önemli karbon havuzu olan gövde odununun karbon yoğunluğu sahil çamı için %51,69 olarak bulunmuştur. Bu oran, Portekiz'de %46,5 (Viana ve ark., 2018), Avustralya'da %49,7 (Ritson ve Sochacki, 2003), İspanya'da %47,1 (Balboa-Murias ve ark., 2006) ve %46,97 (Álvarez-Álvarez ve ark., 2018), Fransa'da %53,32 (Bert ve Danjon, 2006) ve Türkiye'de yapılan çalışmada ise %50,66 (Tolunay ve ark., 2017) olarak bulunmuştur (Tablo 4). Kök bileşeninde olduğu gibi gövde odununda da yapılan çalışmalar arasında oldukça geniş bir varyasyon (%46,50-53,32) bulunmaktadır.

Bu çalışmada, dal ve ibre karbon oranları sırasıyla %51,65 ve 52,02 olarak belirlenmiştir. Aynı tür-

Tablo 2. Örnekleme alanlarına ait bazı yetiştirme ortamı özellikleri
Table 2. Some site characteristics of sample plots

	Birim	Marmara Ort.±SS	Karadeniz Ort.±SS	Genel Ort.±SS
<i>Fizyografik faktörler</i>				
Yükselti	m	140±117	236±115	170±124
Eğim	%	18,7±12,1	30,7±16,5	22,3±14,5
Yamaç konumu	%	35,6±22,7	23,7±20,9	31,9±22,7
Radyasyon indeksi		0,441±0,360	0,657±0,345	0,507±0,367
<i>Toprak özellikleri</i>				
Mutlak derinlik	cm	58,7±20,8	42,5±12,3	53,7±20,0
Toprak miktarı ($\emptyset < 2$ mm)	kg/m ³	983±348	924±317	965±338
İskelet hacmi	l/m ³	49,8±51,1	44,2±58,7	48,1±53,1
Kum	kg/m ³	542±395	391±290	496±371
Toz	kg/m ³	308±204	353±135	322±186
Kil	kg/m ³	131±88	179±71	146±86
Faydalanılabilir su kapasitesi	mm/m ³	72±37	99±27	81±36
Organik karbon	g/m ³	5,2±2,9	7,3±2,2	5,9±2,9
<i>İklim özellikleri</i>				
Ortalama yıllık sıcaklık	°C	13,6±0,6	12,6±0,8	13,3±0,8
Ortalama yüksek sıcaklık	°C	28,3±1,2	25,6±1,2	27,5±1,7
Ortalama düşük sıcaklık	°C	1,8±0,8	1,8±1,5	1,8±1,0
En soğuk ayın ortalama sıcaklığı	°C	5,1±0,7	4,8±1,1	5,1±2,8
En sıcak ayın ortalama sıcaklığı	°C	23,1±0,9	21,4±0,8	22,6±1,1
S (Kuraklık indisi)		3,8±1,6	8,0±2,8	5,1±2,8
Q (Yağış-sıcaklık emsali)		105,5±21,1	159,1±41,3	121,8±37,8
Yıllık yağış	mm	799±137	1075±246	883±217
Yıllık ortalama bahar yağışı	mm	162±24	193±39	172±32
Yıllık ortalama yaz yağışı	mm	107±46	204±68	137±70
Yıllık ortalama bahar + yaz yağışı	mm	270±64	397±106	309±98
En kurak aydaki yağış miktarı	mm	26±15	49±14	33±18
Haziran-Eylül aylarındaki toplam yağış	mm	153±64	295±89	197±98

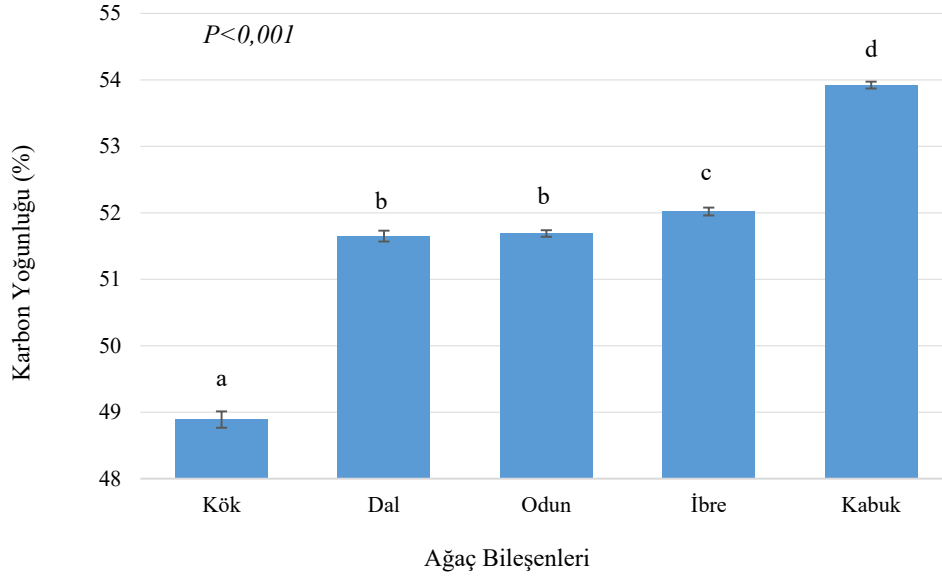
Tablo 3. Ağaç bileşenlerinin karbon yoğunluklarına (%) ait bazı istatistikler (n=69)
Table 3. Some statistics for carbon concentration (%) in tree components (n=69)

Ağaç Bileşenleri	Ortalama	En düşük	En yüksek	Standart sapma
Kök	48,89	46,35	51,86	1,01
Dal	51,65	50,01	53,33	0,68
Odun	51,69	50,78	52,78	0,40
İbre	52,02	50,88	53,17	0,49
Kabuk	53,92	52,81	54,94	0,43
Ağırlıklı ortalama (Toprak üstü)	51,93			
Ağırlıklı ortalama (Tüm ağaç)	51,44			

de yapılan çalışmalarda, dal ve ibre karbon oranları ve %48,20 (Viana ve ark., 2018), Fransa'daki doğal ormanlarda %48,60 ve %53,46 ve %53,61 (Bert ve Danjon,

2006), Avustralya'daki plantasyon ormanlarında %50,6 ve %50,6 (Ritson ve Sochacki, 2003) ve Türkiye'deki Terkos kumulunda %50,84 ve %51,25 (Tolunay ve ark., 2017) olarak belirlenmiştir. Araş-

tırma bulgularımız Portekiz, Avustralya ve Terkos (İstanbul) kumulunda yapılan çalışmalardan daha yüksek, Fransa'da yapılan çalışmadan ise daha düşük düzeyde bulunmuştur (Tablo 4).



Şekil 2. Ağaç bileşenlerinin karbon yoğunluğu ortalamaları ve \pm standart hataları. Her bir bileşende aynı harflerle takip edilen ortalamalar $\alpha=0,05$ düzeyinde istatistiki olarak birbirlerinden farklı değildir
Figure 2. Mean carbon concentration of tree components and \pm standard errors. Mean values of each component represented by the same letters were not statistically different from one another at the level of $\alpha=0.05$

Tablo 4. Sahil çamında ağaç bileşenlerine ait karbon oranları (%), Ortalama
Table 4. Carbon concentration of tree components in maritime pine (%), Mean

Ağaç bileşenleri					Ağırlıklı ortalama		Kaynak
Kök	Dal	Odun	İbre	Kabuk	Toprak üstü	Tüm ağaç	
48,89	51,65	51,69	52,02	53,92	51,93	51,44	Bu çalışmada
-	-	46,97	-	50,38	47,77	-	Álvarez-Álvarez ve ark., 2018
-	48,60	46,50	48,20	-	-	-	Viana ve ark., 2018
49,47	50,84	50,66	51,25	51,98	50,90	50,64	Tolunay ve ark., 2017
51,74	53,46	53,32	53,61	55,18	53,60	53,21	Bert ve Danjon, 2006
-	50,5	47,1	49,7	50,8	-	-	Balboa-Murias ve ark., 2006
48,1	50,6	49,7	50,6	-	-	-	Ritson ve Sochacki, 2003

3.3. Ağırlıklı karbon yoğunluğu

Sahil çamı için ağırlıklı karbon oranı toprak üstü ağaç kütlesi için %51,93, toplam ağaç kütlesi için ise %51,44 olarak hesaplanmıştır (Bkz. Tablo 3). Toprak üstü ağaç kütlesi için ağırlıklı karbon oranı, İspanya'da %47,7 (Álvarez-Álvarez ve ark., 2018), Fransa'da %53,6 (Bert ve Danjon, 2006), Terkos kumulunda (İstanbul) %50,9 (Tolunay ve

ark., 2017) bulunmuştur. Toplam ağaç kütlesine ait ağırlıklı karbon oranı ise Fransa'da %53,2 (Bert ve Danjon, 2006), Terkos kumulunda (İstanbul) %50,6 (Tolunay ve ark., 2017) olarak hesaplanmıştır. Türkiye'de yapılan iki çalışma arasındaki karbon yoğunluğuna ait %1,6'lık farkın ise yetişme ortamı özellikleri arasındaki farklılıktan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Türkiye’de farklı ağaç türleri üzerinde yapılan çalışmalarda toplam ağaç kütesine ait ağırlıklı karbon oranı, doğal sarıçam ormanları için %51,96 (Tolunay, 2009), %52,46 (Çömez, 2012) ve %52,37 (Erkan ve Güner, 2018); Kazdağı göknarı ormanları için %52,15 (Güner, 2019); karaçam ağaçlandırmaları için %53,86 (Güner ve Çömez, 2017); Toros sediri ağaçlandırmaları için %51,27 (Karataş ve ark., 2017); fıstık çamı ağaçlandırmaları için ise %50,32 (Tolunay ve ark., 2017) olarak belirlenmiştir.

AFOLU (tarım, ormancılık ve arazi kullanımı) kılavuzu, karbon envanter raporlamalarında türlere özgü bir araştırma bulunmaması durumunda karbon yoğunluğunun ibrelili türler için %51 alınmasını önermektedir (IPCC, 2006). Diğer taraftan, gövde odunu dışındaki ağaç bileşenlerinin karbon yoğunlukları birçok ormancılık sektörü karbon bütçesi hesaplamalarında dikkate alınmamaktadır. Ancak, son zamanlardaki araştırmalara (Çömez, 2012; Güner ve Çömez, 2017) ek olarak bulgularımız ağaç bileşenlerinin karbon yoğunluklarının birbirinden oldukça farklı olduğunu göstermiştir. Bu anlamda ağaç bileşenlerinin ağırlıklı karbon yoğunlukları dikkate alınarak bulunan katsayılar daha hassas bir hesaplama sağlayacaktır.

3.4. Karbon yoğunluğu ile yetiştirme ortamı özellikleri arasındaki ilişkiler

Toplam ağaç kütesine ait ağırlıklı karbon oranı Marmara (%51,38) ve Karadeniz (%51,55) bölgeleri arasında anlamlı farklılıklar göstermiştir ($F=4,014$; $P<0,05$). Keza, Kazdağı göknarında yapılan çalışmada, toplam ağaç kütesine ait ağırlıklı karbon oranı Uludağ (%51,97) ve Ilgaz Dağı (%52,55) arasında önemli farklılıklar göstermiştir (Güner, 2019). Araştırmacı, benzer iklim özelliklerine sahip olan bu iki yetiştirme ortamının, farklı anakaya ve dolayısıyla farklı toprak özelliklerine sahip olduğunu, karbon yoğunlukları arasındaki bölgesel farklılığın ise bu durumdan kaynaklanmış olabileceğini bildirmektedir. Bu çalışmada, ağırlıklı karbon yoğunluğu bakımından coğrafi bölgeler arasındaki farklılığın büyük ölçüde iklim özellikleri arasındaki farklılıktan kaynaklandığı söylenebilir.

Toplam ağaç kütesine ait ağırlıklı karbon yoğunluğu ile fizyografik faktörler arasında anlamlı bir ilişki bulunmamıştır ($P>0,05$). Bu durum, Marmara ve Karadeniz bölgelerindeki sahil çamı ağaçlandırmalarının dar bir yükseltide ve peneplen bir arazi yapısı üzerinde yapılmış olması sebebiyle yükselti, bakı, eğim ve yamaç konumu özelliklerinin baskın bir şekilde ortaya çıkamaması ile açıklanabilir. Keza, toprak özellikleri (mutlak derin-

lik, ince toprak miktarı, kum, toz ve kil miktarı, faydalanılabilir su kapasitesi, organik karbon) ile toplam ağaç kütesine ait ağırlıklı karbon yoğunluğu arasında da önemli ilişkiler belirlenmemiştir ($P>0,05$). Bunun temel sebebinin, araştırmamızın çok geniş bir alanda yapılması ve bu alanın birçok yetiştirme ortamı alt bölge ve yörelerini kapsamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ağırlıklı karbon yoğunluğu ile iklim özelliklerinden yıllık yağış miktarı, kurak devrenin kısılalığı (S değeri), yıllık ortalama yaz yağışı (haziran-ağustos) ve yıllık ortalama bahar+yaz yağışı (mart-ağustos) arasında önemli ($P<0,05$) pozitif, ortalama yüksek sıcaklık arasında ise önemli ($P<0,05$) negatif ilişkiler bulunmuştur. İklim özellikleri bakımından nemli ve kurak periyodun kısa sürdüğü alanlardaki karbon yoğunluğunun daha yüksek olduğu söylenebilir. Bu alanların aynı zamanda sahil çamının en iyi gelişim gösterdiği alanlar olduğu bildirilmektedir (Özel ve ark., 2018).

4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, sahil çamı ağaçlandırmalarında ağaç bileşenlerine ait karbon yoğunluklarının önemli farklılıklar gösterdiği ve %48,8 ile %53,9 arasında değiştiği belirlenmiştir. Sahil çamı ağaçlandırmalarında toplam ağaç kütesine ait ağırlıklı karbon oranı Marmara Bölgesi için %51,38, Karadeniz Bölgesi için %51,55 olarak bulunmuş olup Türkiye’deki sahil çamı ağaçlandırmaları için hesaplamalarda ortalama %51,44 olarak kullanılabilir. Sonuç olarak daha güvenilir bir karbon envanteri yapılabilmesi için ağaç bileşenlerinin kütle oranlarını da dikkate alan ve gerek coğrafi bölgeler itibariyle gerekse tüm sahil çamı ağaçlandırmaları için ortaya konulan karbon oranlarının kullanılması önerilebilir.

Teşekkür

Bu çalışma, Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Müdürlüğü tarafından desteklenen “Sahilçamı (*Pinus pinaster* Ait.) ağaçlandırmalarının gelişimi ile yetiştirme ortamı özellikleri arasındaki ilişkiler [ESK-27(6319)]” isimli proje kapsamında araziden alınan örneklerle gerçekleştirilmiştir. Karbon analizlerini yapan Dr. Aydın ÇÖMEZ’e teşekkür ederiz.

Kaynaklar

Aertsen, W., Kint, V., Orshoven, J., Özkan, K., Muys, B., 2010. Comparison and ranking of different modelling techniques for prediction of site index in Mediterranean mountain forests. *Ecological Modelling* 221: 1119-1130.

Akman, Y., 1999. İklim ve Biyoiklim (Biyoiklim Metodları ve Türkiye İklimleri). Kariyer Matbaacılık Ltd.

Şti. Ankara.

Álvarez-Álvarez, P., Pizarro, C., Barrio-Anta, M., Cámara-Obregón, A., Bueno, J.L.M., Álvarez, A., Gutiérrez, I., Burslem, D.F.R.P., 2018. Evaluation of tree species for biomass energy production in Northwest Spain. *Forests* 9: 160.

Atalay, İ., 2002. Türkiye'nin Ekolojik Bölgeleri. Meta Basımevi, İzmir.

Balboa-Murias, M.A., Rodríguez-Soalleiro, R., Merino, A., Álvarez-González, J.G., 2006. Temporal variations and distribution of carbon stocks in aboveground biomass of radiata pine and maritime pine pure stands under different silvicultural alternatives. *Forest Ecology and Management* 237: 29–38.

Bert, D., Danjon, F., 2006. Carbon concentration variation in the roots, stem and crown of mature *Pinus pinaster* (Ait.). *Forest Ecology and Management* 222: 279-295.

Carter, M.R., Gregorich, E.G., 2008. Soil Sampling and Methods of Analysis. CRC Press, Boca Raton.

Colombo, S.J., Parker, W.C., Luckai, N., Dang, Q., Cai, T., 2005. The effects of forest management on carbon storage in Ontario's Forests, Climate Change Research Report (CCRR-03). Publication of Applied Research and Development Ontario Forest Research Institute, Ontario. http://www.climateontario.ca/MNR_Publications/276922.pdf [Ziyaret tarihi: 15.06.2017]

Çepel, N., 1985. Toprak Fiziği. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayını, İstanbul.

Çömez, A., 2012. Sündiken Dağları'ndaki (Eskişehir) Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Meşcerelerinde Karbon Birikiminin Belirlenmesi. Orman Toprak ve Ekoloji Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayını, Eskişehir.

Dönmez, İ.E., Dönmez, Ş., 2013. Ağaç kabuğunun yapısı ve yararlanma imkanları. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* 14: 156-162.

Durkaya, B., Durkaya, A., Makineci, E., Karaburk, T., 2013a. Estimating above-ground biomass and carbon stock of individual trees in uneven-aged Uludağ fir stands. *Fresenius Environmental Bulletin* 22(2): 428-434.

Durkaya, B., Durkaya, A., Makineci, E., Ülküdür, M., 2013b. Estimation of above-ground biomass and sequestered carbon of Taurus Cedar (*Cedrus libani* L.) in Antalya, Turkey. *iForest* 6: 278-284.

Durkaya, A., Durkaya, B., Makineci, E., Orhan, I., 2015. Aboveground biomass and carbon storage relationship of Turkish pines. *Fresenius Environmental Bulletin* 24(11): 3573-3583.

Erkan, N., Güner, Ş.T., 2018. Determination of carbon concentration of tree components for Scotch pine forests in Türkmen Mountain (Eskişehir, Kütahya) Region. *Forestist* 68(2): 87-92.

Güner, Ş.T., Çömez, A., 2017. Biomass equations and changes in carbon stock in afforested black pine (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) stands in Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin* 26(3): 2368-2379.

Güner, Ş.T., 2019. Changes in carbon concentration of tree components for Kazdağ fir (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*) forests. *Fresenius Environmental Bulletin* 28(1): 116-123.

IPCC. 2003. Good Practise Guidance For Land Use, Land-use Change and Forestry, In: IGES, Eds. Penman, J., Gytarsky, M., Hiraishy, T., Krug, T., Kruger, D., Pippatti, R., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe, K., Wagner, F., IPCC/OECD/IEA/IGES, Hayama, Japan. http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf_contents.html [Ziyaret tarihi: 17.02.2017].

IPCC. 2006. IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories, prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, In: IGES, Japan (Eds.: H.S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara and K. Tanabe). <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html> [Ziyaret tarihi: 04.01.2016].

IUSS Working Group WRB, 2015. World reference base for soil resources 2014, update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome.

Kandemir, A., Mataracı, T., 2018. *Pinus* L. Şu Eserde: Güner, A., Kandemir, A., Menemen, Y., Yıldırım, H., Aslan, S., Ekşi, G., Güner, I., Çimen, A.Ö. (Ed.) Resimli Türkiye Florası 2: 324-354. ANG Vakfı, Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi Yayınları. İstanbul.

Karataş, R., Çömez, A., Güner, Ş.T., 2017. Sedir (*Cedrus libani* A. Rich.) ağaçlandırma alanlarında karbon stoklarının belirlenmesi. *Ormanlık Araştırma Dergisi* 4(2): 107-120.

Kasaplıgil, B., 1977. Kızılcıhamam yakınındaki Güvem Köyü civarında bulunan son Tersiyer kozalaklı - yeşil yapraklı ormanı. *MTA Dergisi* 88: 94-102.

Lamlom, S.H., Savidge, R.A., 2003. A reassessment of carbon content in wood: variation within and between 41 North American species. *Biomass and Bioenergy* 25: 381–388.

Laiho, R., Laine, J., 1997. Tree stand biomass and carbon content in an age sequence of drained pine mires in southern Finland. *Forest Ecology and Management* 93: 161-169.

Makineci, E., Ozdemir, E., Caliskan, S., Yilmaz, E., Kumbasli, M., Keten, A., Beskardes, V., Zengin, H., Yilmaz, H., 2015. Ecosystem carbon pools of coppice-originated oak forests at different development stages. *European Journal of Forest Research* 134(2): 319-333.

-
- Malmsheimer, R.W., Bowyer, J.L., Fried, J.S., Gee, E., Izlar, R.L., Miner, R.A., Munn, I.A., Oneil, E., Stewart, W.C., 2011. Managing Forests because Carbon Matters: Integrating Energy, Products, and Land Management Policy. *Journal of Forestry* 109: Supplement 1, 51 pp.
- Moisen, G.G., Frescino, T.S., 2002. Comparing five modelling techniques for predicting forest characteristics. *Ecological Modelling* 157: 209-225.
- MTA. 2019. 1:500.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları. <http://www.mta.gov.tr/v3.0/hizmetler/500bas> [Ziyaret tarihi: 12.03.2019].
- OGM. 2019. Türkiye'deki Sahilçamı Ağaçlandırmaları. Orman Genel Müdürlüğü, Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı'nın 05.04.2019 tarih ve 98851831-604.99-E.702649 sayılı yazısı. Ankara.
- Özel, C., Türkkkan, M., Akgül, S., Güner, Ş.T., 2018. Sahilçamı (*Pinus pinaster* Ait.) Ağaçlandırmalarının Gelişimi ile Yetiştirme Ortamı Özellikleri Arasındaki İlişkiler. Orman Genel Müdürlüğü, Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Müdürlüğü, Proje Nu: ESK-27(6319)/2016-2018, 77 s., Eskişehir.
- Özcan, B.G., 2003. Sahilçamı (*Pinus pinaster* Ait.) Ağaçlandırmalarında Artım ve Büyüme. Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Yayını, İzmit.
- Ritson, P., Sochacki, S., 2003. Measurement and prediction of biomass and carbon content of *Pinus pinaster* trees in farm forestry plantations, south-western Australia. *Forest Ecology and Management* 175: 103-117.
- SPSS v.22.0®, 2015. SPSS 22.0 Guide to Data Analysis, published by Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, USA.
- Tolunay, D., 2009. Carbon concentration of tree components, forest floor and understory in young *Pinus sylvestris* stands in north-western Turkey. *Scandinavian Journal of Forest Research* 24: 394-402.
- Tolunay, D., Makineci, E., Şahin, A. Özturk, A.G., Pehlivan, S., Abdelkaim, M.A., 2017. İstanbul-Durusu Kumul Alanlarındaki Sahil Çamı (*Pinus pinaster* Ait.) ve Fıstık Çamı (*Pinus pinea* L.) Ağaçlandırmalarında Karbon Birikimi. TÜBİTAK TOVAG Proje Nu: 114O797, 148 s., İstanbul.
- Thomas, S.C., Malczewski, G., 2007. Wood carbon content of tree species in Eastern China: Interspecific variability and the importance of the volatile fraction. *Journal of Environmental Management* 85: 659-662.
- Viana, H.F.S., Rodrigues, A.M., Godina, R., Matias, J.C.O., Nunes, L.J.R., 2018. Evaluation of the physical, chemical and thermal properties of Portuguese maritime pine biomass. *Sustainability* 10: 2877.