

## Orman Biyokütlesinin Atmosfere Katkısı

\*<sup>1</sup>Birsen Durkaya,<sup>2</sup>Ali Durkaya

<sup>1</sup>Bartın Üniversitesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Orman Fakültesi, Bartın  
 adurkaya@bartin.edu.tr

Geliş Tarihi: 2017-02-07 Kabul Tarihi: 2017-09-26

### Öz

Küresel ısınmanın en önemli nedenlerinden biri atmosferde biriken karbondioksittir. Atmosferdeki karbondioksitin azaltılmasında ormanlar önemli karasal ekosistemlerdir. Ormanlar fotosentez yoluyla organik madde üretimi yaparak biyokütlesini artırırken, aynı zamanda oksijen üretimi gerçekleştirmektedir. Bu çalışmada biyokütle modelleri kullanılarak çeşitli ağaç türleri için biyokütle miktarları, bünyelerinde depoladıkları karbon miktarları ve ürettikleri oksijen miktarları belirlenmiştir. Türkiye ormanlarının önemli ibrelili türlerinden kızılçam (*Pinus brutia* Ten.), Sarıçam (*Pinus silvestris* L.), Karaçam (*Pinus nigra* Arn.), sedir (*Cedrus libani* L.) ve göknar (*Abies bornmülleriana* Matff.) için farklı bonitetlerde 15-20-25 cm orta çapında 1cm çap artımıyla gerçekleştirdikleri üretim miktarları hesaplanmıştır. Orta bonitette 20 cm çapın 21 cm çapa ulaşması durumunda gerçekleşmesi beklenen hektardaki ortalama değerler biyokütle için sırasıyla 18.18 ton/ha, 47.26 ton/ha, 29.58 ton/ha, 19.55 ton/ha, 22.60 ton/ha olarak hesaplanmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Biyokütle, karbon tutma, oksijen üretimi, biyokütle denklemi

## Contribution of Forest Biomass to Atmosphere

\*<sup>1</sup>Birsen Durkaya,<sup>2</sup>Ali Durkaya

<sup>1</sup>Bartın University, Department of Forestry Engineering, Faculty of Forestry, Bartın  
 adurkaya@bartin.edu.tr

### Abstract

Rapid population growth, deterioration of natural resources and adverse impact of industrialization have caused global climate change and global warming problems. Forests are important terrestrial ecosystems for reducing carbon dioxide in the atmosphere. Forests increase their biomass by producing organic matter through photosynthesis, also produce oxygen. In this study, biomass quantities, carbon contents and the amount of oxygen were determined for various tree species by using biomass models. Red pine (*Pinus brutia* Ten.), Scots pine (*Pinus silvestris* L.), black pine (*Pinus nigra* Arn.), Cedar (*Cedrus libani* L.) and fir (*Abies bornmülleriana* Matff.) are important species of Turkey forests and the production quantities of these species were calculated assuming that they made a 1 cm diameter increase in the middle of 15-20-25 cm in different sizes. Average values for the biomass expected to occur when the 20 cm diameter of this specieses reaches 21 cm are calculated as as 18. 18 ton / ha, 47.26 ton / ha, 29.58 ton / ha, 19.55 ton / ha and 22.60 ton / ha, respectively in the middle site index.

**Keywords:** Biomass, carbon stock, oxygen produce, biomass equation.

### 1. GİRİŞ

Hızlı nüfus artışı ve sanayileşmeye bağlı olarak hızla artan karbondioksit emisyonu ekolojik dengenin bozulmasına neden olarak canlıların yaşamını tehdit edecek boyutlara ulaşmıştır. Bilinçsiz doğal kaynak kullanımı, kaynakların tahrip edilmesi ve arazi kullanım değişikliğinde yaşanan sıkıntılarda bu olumsuzluğa katkı sağlamaktadır. Birleşmiş Milletler İklim

Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nde (BMİDÇS) küresel iklim değişiminin tanımı "Karşılaştırılabilir bir zaman diliminde gözlenen doğal iklim değişkenlikleri ile küresel atmosferin doğal yapısını doğrudan ya da dolaylı biçimde bozan insan etkinlikleri sonucunda iklimde oluşan değişikliklerin bütünü" biçiminde yapılmıştır [1]. Tanımdan anlaşılacağı üzere, küresel iklim değişiminin sebeplerinden bir tanesi de insan faaliyetlerinin atmosfer üzerinde oluşturduğu

\*Sorumlu Yazar: Bartın Üniversitesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Orman Fakültesi, Bartın  
 adurkaya@bartin.edu.tr

olumsuz etkilerdir. İnsan etkisinden kaynaklanan ve “Yapay İklim Değişimi” olarak ta nitelendirilen bu sürecin tüm canlı ve cansız çevre için geri dönüşümü güç potansiyel tehlikelerle dolu olduğuna inanılmaktadır [2]. 1800’lü yıllarda başlayan sanayi devriminden sonra atmosferdeki sera gazlarının miktarında önemli artışlar belirlenmiştir. Atmosferdeki CO<sub>2</sub> miktarı 1850 yılından önce 280ppm seviyesindeyken, 2011 yıl itibariyle 391 ppm seviyesine ulaşarak % 40 oranında artış göstermiştir [3].

Küresel iklim değişikliği üzerinde en önemli paya sahip olan karbondioksitin (CO<sub>2</sub>) etkisi Nordhaus [4]’a göre %53.2, Retnowati [5] ve Shand [6]’ya göre %55- 80 arasında olarak ifade edilmektedir. CO<sub>2</sub>’in emisyon kaynağı da fosil yakıt kullanımı ve ormansızlaşmaya giden arazi kullanımı değişikliğidir [7]. Fosil yakıt kullanımının hızla artmasıyla ortaya çıkan bu tablo, ülkeleri küresel ısınmayı önlemeye karşı birtakım çözüm arayışlarına itmiştir. Bu olumsuzlukların aşılması amacıyla çeşitli anlaşmalar ve sözleşmeler gerçekleştirilmiştir. Stocholm’de 1969 yılında Birleşmiş Milletler konferansında, gelecek kuşaklar için yaşamın çok zor olacağı, bunun aşılmasının ancak uluslararası gayretle mümkün olacağı belirtilmiştir. 1987 yılında yayınlanan Brundtland Raporu, 1992 yılında Rio da yapılan “BM Çevre ve Kalkınma Konferansı” ’nda İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (İDÇS) imzaya açılmıştır ve 24 Mayıs 2004 tarihinde Türkiye tarafından da imzalanmıştır. Aralık 1997 tarihinde Kyoto Protokolü imzaya açılmıştır ve Türkiye bu protokolü 5 Şubat 2009 tarihinde imzalamıştır.

Rio belgelerinden olan, “Ormancılık İlkeleri 1992” başlıklı dokümanın 2/b maddesinde “Orman kaynakları ve alanları, şimdiki ve gelecekteki nesillerin sosyal, ekonomik, ekolojik, kültürel ve ruhsal talep ve ihtiyaçlarını karşılayabilmek için sürdürülebilir biçimde işletilmelidir.” İfadesi yer almaktadır [8]. Orman ekosistemleri küresel karbon döngüsü içerisinde, atmosferik CO<sub>2</sub>’i tutup vejetasyon ve toprak içerisinde depolamaları sayesinde baskın bir rol oynarlar [9,10,11,12]. Karasal ekosistemlerde toprak üzerindeki stoklanan karbonun %80 den fazlası orman ekosistemlerinde bulunması [13], orman ekosistemlerini daha da değerli hale getirmektedir. Türkiye 2008 tarihi itibariyle yukarıda ifade edilen yeni gelişmelere entegre bir şekilde düzenlenen “Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Planlama (ETFOP)” ile ormanlarını planlamaya başlamıştır. ETFOP ile orman envanteri yapılırken ormanların karbon tutma miktarları, oksijen üretme miktarları ve toz tutma miktarlarının belirlenmesi gerekmektedir. İDÇS imzası olan tüm tarafları, sera etkisi yapan gaz

emisyonları, arazi kullanım değişimi ve ormancılık için kıyaslanabilir metodlar kullanarak ulusal envanterler hazırlamak, yayınlamak ve periyodik olarak güncellemek konularında taahhüt altına sokar [10,14]. Türkiye Kyoto Protokolü’nü 2009’da imzalamış ve müzakerelerin devam ettiği dönemde taraf ülke olmamasından dolayı 1. Taahhüt döneminde (2008-2012) herhangi bir emisyon sınırlandırılması ve azaltım yükümlülüğüne dahil edilmemiştir. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Konferansı 26 Kasım-7 Aralık 2012 tarihleri arasında Katar’ın Başkenti Doha’da gerçekleştirilmiş ve konferans sonucunda Kyoto Protokolü’nün 2013-2020 yıllarını kapsayan 2. Taahhüt dönemi kabul edilmiştir. Türkiye 2. Dönem için de herhangi bir sayısallaştırılmış sera gazı emisyon azaltım hedefi bulunmamasına rağmen [15,16] Kyoto protokolü kararları gereğince 2010 yılından itibaren Ulusal bildirimler ve Sera Gazı Envanterleri hazırlanmaya başlanmıştır. Türkiye ormanlarının yıllık karbon değişimlerinin belirlenmesi çalışmaları gerçekleştirilmektedir. Orman alanlarındaki tutulan karbon miktarının belirlenmesi, Hükümetler Arası İklim Değişikliği Panelinde (IPCC) geliştirilen Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılık Uygulamaları kılavuzunda belirtilen 5 ana başlık altında yapılmaktadır; toprak üstü, toprak altı, ölü odun, ölü örtü ve organik toprak itibariyle hesaplanmaktadır [17]. Asan tarafından yapılan çalışmada, 1990 yılından 2009 yılına kadar Türkiye ormanlarının yıllık net karbon birikimi 12 milyon 23 bin ton dan 15 milyon 645 bin tona düzenli bir artış göstermiştir. 2023 yılında ülke ormanlarının 17 milyon 710 bin ton/yıl olması öngörülmektedir [18]. Yapılan hesaplamalarda kullanılan katsayıların belirlenmesinde iklim tiplerinden yararlanılmaktadır ancak iklim tiplerinin yükselti basamaklarına göre değişimi dikkate alınmamış ve özgül yoğunluk değerleri hacim yoğunluk değerleri yerine kullanılmıştır. Bunlar beraberinde hatalı sonuçları getirmiştir [19].

Ülke ormanlarının karbon stok değerlerinin hesaplanması farklı bakış açılarıyla birçok çalışmaya konu olmuştur. Bu çalışmalarda ağırlıklı olarak orman envanterlerinden elde edilen ve sonradan biokütle genişletme faktörleri ile çarpılarak biokütle karbonuna dönüştürülen ticari odun hacminden yararlanılmaktadır [20,21,22,23,24]. Durkaya vd. [25,26] tarafından kullanılan diğer metot ise yeterli veri olması durumunda biokütle modelleri kullanılarak [27,28,29] yapılacak hesaplamalara dayanmaktadır.

Bu çalışmada Türkiye'nin en önemli 5 iğne yapraklı ağaç türü için biokütle modelleri kullanılarak 1cmlik çap artımı ile ne kadar biokütle üretimi gerçekleştirdiği belirlenmiştir.

## 2. MATERYAL VE METHOD

Çalışma için Türkiye'de yayılış alanları bakımından önemli 5 iğne yapraklı tür seçilmiştir. Bu türler; 5 610 215 ha ile en fazla toplam alana sahip olan Kızılcım (Pinus brutia Ten.), 4 244 921 ha alan ile Karaçam (Pinus nigra Arn.), 1 518 929 ha alana sahip Sarıçam (Pinus silvestris L.), 584 781 ha alan ile Gökmar (Abies ssp.) ve 482 391 ha ile Sedir (Cedrus libani L.)'dir [30].

IPCC [31]. "Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılık için Uygulamalar Rehberi" isimli belge, tarafsız, şeffaf ve uygun yöntemler kullanarak yapılan karbon stok değişimi hesaplamaları istemektedir. Orman envanterine dayalı bir karbon hesabı yapılacaktır ya biokütle genişletme faktörleri (BEF)

Biokütle üretimi yaparken türlerin ne kadar karbon stokladığı ve atmosfere saldıgı oksijen miktarları da ayrıca hesaplanmıştır.

kullanılarak dikili gövde hacminden toprak üstü ve altı karbon değerleri hesaplanması ya da yeterli veri olması durumunda biokütle modelleri kullanılması önerilmektedir [27, 28,29]. Çalışmada bu 5 türün seçilmesinde kapladıkları alan yanında daha önce bu türler için belirlenmiş olan biokütle modellerinin bulunması çalışmanın sınırlandırıcı unsuru olmuştur.

Ağaç türleri için tüm ağaç toprak üstü biokütle miktarları, türlere ait toprak üstü biokütle modelleri kullanılarak belirlenmiştir. Ağaç türlerine göre kullanılan modeller Tablo 1'de verilmiştir. Çalışma kapsamında çeşitli çaplarda (15-20-25 cm) 1 cm çap artımının gerçekleştirilmesi durumunda ne kadar biokütle üretimi gerçekleştirildiği modeller ile hesaplanmıştır.

Tablo 1. Ağaç türleri için kullanılan biokütle modelleri.

Ağaç Türü	Toprak Üstü Biokütle modeli	
Kızılcım	$TÜBA = -16.7957 + (0.4921 \cdot d_{1,30}^2)$	[32]
Sarıçam	$TÜBA = -16.4154 + (0.4909 \cdot d_{1,30}^2)$	[32]
Karaçam	$TÜBA = -2.969 + (0.4060 \cdot d_{1,30}^2)$	[32]
Sedir	$TÜBA = 37.21449 + (-8.08322 \cdot d_{1,30}) + (0.644812 \cdot d_{1,30}^2)$	[33]
Gökmar	$TÜBA = 24.7765 + 0.525998 \cdot d_{1,30}^2$	[34]

1 cm çap artımı ile gerçekleştirilen biokütle üretimi ile atmosferden ne kadar karbonun çekilerek bitki bünyesinde depolandığı biokütle değerlerinin 0,5 katsayısı ile çarpılarak belirlenmiştir. Canlıların yapı taşı olan karbon canlı organik maddenin %50'sini oluşturmaktadır. Ayrıca atmosfere fotosentez sonucu ne kadar oksijen salınımının gerçekleştirildiğini belirlemek amacıyla, 1 cm çap artımı ile oluşan toprak üstü biokütle değeri 1,2 sabit çarpanı ile çarpılmıştır [35].

## 3. BULGULAR

Kızılcım, Sarıçam ve Karaçam için Durkaya vd. [32] tarafından, sedir için Durkaya vd. [33] ve gökmar için Durkaya vd. [34]. Tarafından geliştirilen toprak üstü biokütle modelleri kullanılarak 15-20 ve 25 cm ve 16-21-26 cm için çap için toprak üstü biokütle değerleri

hesaplanmış ve ardından aradaki fark değerleri belirlenmiştir. (Tablo 2). Bu hesaplamalar sonucunda 1 cm çap artımı ile her bir tür için toprak üstü biokütle değerleri belirlenmiştir. Tek ağacın 1 cm çap artımı yaptığında toprak üstünde biriken miktarları birbirine yakın değerler vermektedir. Tablo 2 incelendiğinde; 5 tür içerisinde her üç çapta en yüksek biokütle üretimi (16.31 kg; 21.57 kg; 26.83 kg) ve buna bağlı olarak ta bağlanan karbon (8.15 kg; 10.78 kg; 13.41 kg) ve oksijen üretimi açısından (19.57 kg; 25.88 kg; 32.19 kg) üstünlüğün Gökmar türünde olduğu görülmüştür. 15 cm için Sedir 11.91 kg biokütle üretimi, 5.95 kg karbon bağlaması ve 14.29 kg oksijen bağlaması ile en küçük değerleri vermiştir. Diğer iki çap için ise Karaçam türü toprak üstü biokütle üretimi (16.65 kg; 20.71 kg), karbon bağlaması (8.32 kg; 10.35 kg) ve oksijen üretimi (19.98 kg; 24.85 kg) ile türler arasında en düşük üretimi göstermiştir.

Tablo2. Ağaç türlerine göre 1cm çap artımı için tek ağaçta toprak üstü biokütle ağırlığı (TÜBA), bağlanan karbon ve üretilen oksijen miktarları

Ağaç türü	15cm için			20 cm için			25 cm için		
	Biokütle (kg)	Karbon (kg)	Oksijen (kg)	Biokütle (kg)	Karbon (kg)	Oksijen (kg)	Biokütle (kg)	Karbon (kg)	Oksijen (kg)
Kızılcım	15.26	7.63	18.31	20.18	10.09	24.21	25.10	12.55	30.12
Sarıçam	15.22	7.61	18.26	20.13	10.06	24.15	25.04	12.52	30.04
Karaçam	12.59	6.29	15.10	16.65	8.32	19.98	20.71	10.35	24.85
Sedir	11.91	5.95	14.29	18.35	9.18	22.02	24.80	12.40	29.76
Gökmar	16.31	8.15	19.57	21.57	10.78	25.88	26.83	13.41	32.19

Tek ağaç için bu hesaplamalar yapıldıktan sonra, hektardaki gerçekleşmesi beklenen değerlere ulaşılmıştır. Bu amaç için kızılçam ve Sarıçam için Alemdağ [36,37], Karaçam için Kalıpsız [38], sedir için Evcimen [39] ve gökmar için Saraçoğlu [40] tarafından yapılan hasılat çalışmalarından yararlanılmıştır. Karaçam ve sedir türü için kullanılan hasılat tablosu 5 bonitet (verim gücü sınıfı), kızılçam ve sedir için kullanılan hasılat

tabloları 3 bonitet için düzenlenmiş olduklarından ortak paydada değerlendirmeler yapmak maksadıyla ağaç türlerinin iyi-orta ve kötü bonitetleri esas alınmıştır. İlgili türlerin 15-20-25 cm orta çap için meşceredeki ağaç sayıları kullanılarak hektarda ki üretilen biokütle miktarları, bağlanan karbon ve salınan oksijen miktarları Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo3. Ağaç türlerine göre 1cm çap artımı için hektarda toprak üstü biokütle ağırlığı (TÜBA), bağlanan karbon ve üretilen oksijen miktarları

İYİ BONİTET									
Ağaç türü	15cm için (ton/ha)			20 cm için (ton/ha)			25 cm için (ton/ha)		
	Biokütle	Karbon	Oksijen	Biokütle	Karbon	Oksijen	Biokütle	Karbon	Oksijen
Kızılcım	22.12	11.06	26.54	18.72	9.36	22.47	15.51	7.76	18.61
Sarıçam	41.83	20.92	50.20	30.71	15.36	36.86	21.28	10.64	25.54
Karaçam	36.18	18.09	43.42	32.31	16.15	38.77	25.14	12.57	30.16
Sedir	19.38	9.69	23.26	18.74	9.37	22.49	18.53	9.26	22.23
Gökmar	24.36	12.18	29.23	41.79	20.90	50.15	55.66	27.83	66.80
ORTA BONİTET									
Ağaç türü	15cm için (ton/ha)			20 cm için (ton/ha)			25 cm için (ton/ha)		
	Biokütle	Karbon	Oksijen	Biokütle	Karbon	Oksijen	Biokütle	Karbon	Oksijen
Kızılcım	21.86	10.93	26.23	18.18	9.09	21.81	14.86	7.43	17.83
Sarıçam	56.09	28.05	67.31	47.26	23.63	56.71	35.55	17.78	42.66
Karaçam	35.81	17.90	42.97	29.58	14.79	35.50	24.04	12.02	28.85
Sedir	19.67	9.83	23.60	19.95	9.98	23.94	19.97	9.98	23.96
Gökmar	12.56	6.28	15.07	22.60	11.30	27.12	30.69	15.34	36.83
KÖTÜ BONİTET									
Ağaç türü	15cm için (ton/ha)			20 cm için (ton/ha)			25 cm için (ton/ha)		
	Biokütle	Karbon	Oksijen	Biokütle	Karbon	Oksijen	Biokütle	Karbon	Oksijen
Kızılcım	20.70	10.35	24.84	16.67	8.33	20.00	13.55	6.78	16.26
Sarıçam	55.15	27.57	66.18	44.24	22.12	53.09	31.02	15.51	37.22
Karaçam	30.71	15.35	36.85	22.85	11.43	27.43	16.38	8.19	19.65
Sedir	21.56	10.78	25.87	21.20	10.60	25.44	19.10	9.55	22.92
Gökmar	6.49	3.24	7.79	12.36	6.18	14.83	17.17	8.58	20.60

Ağaç türlerinin farklı bonitetlere göre hektarda biyokütle üretimi, karbon bağlama ve oksijen üretimi incelendiğinde şu sonuçlara ulaşılmıştır:

İyi bonitet için ağaç türlerinin bağladıkları karbon

miktarına göre 15 cm çap için 20,92 ton /ha karbon bağlaması ile Sarıçam, 20 cm ve 25 cm çap için gökmar 20,90 ton/ha ve 27,83 ton/ha ile ilk sırada bulunmaktadır. Karaçam türü iyi bonitette her 3 çap değeri için 18,09 ton/ha; 16,15 ton/ha;

12,57 ton/ha değerleri ile ikinci sırada karbon bağlamaktadır.

Orta bonitet için Sarıçam türünün her üç çap değerinde de sırasıyla 28,05 ton/ha, 23,63 ton/ha ve 17,78 ton/ha karbon bağlamasıyla ilk sırada bulunmaktadır. Tablo 3'de görüleceği üzere Sarıçam türünü 15 cm ve 20 cm de Karaçam, 25 cm de ise göknar takip etmektedir. Bu sonuç Durkaya [41] tarafından yapılan çalışmayla benzerlik göstermektedir.

Kötü bonitet için durum incelendiğinde orta bonitetteki duruma benzer bir durum söz konusudur. Sarıçam türü her üç çap değerinde de ilk sırayı almaktadır. Bu türün karbon bağlama miktarları hektarda sırasıyla; 27,57 ton/ha; 22,12 ton/ha; 15,51 ton/ha'dır. Kötü bonitette 15 ve 20 cm çap için Karaçam 15,35 ton/ha ve 11,43 ton/ha ile karbon bağlamada ikinci sırada gelmektedir. 25 cm çap için ise sedir türü 9,55 ton/ha ile ikinci sıradadır. Tablo 2 ve Tablo 3 birlikte değerlendirildiğinde tek ağaç üretimlerinin

birbirine yakın değerlerde olmasına karşılık hektarda ağaç sayılarının farklılığından dolayı ağaç türlerinin toprak üstü biokütle üretimleri birbirinden önemli farklılıklar göstermektedir.

Ağaç türlerinin, 15-20-25 cm orta çap değerleri için her üç bonitette hesaplanan oksijen üretimi değerlerinin ortalaması alınarak Tablo 4 düzenlenmiştir. Ağaç türlerinin 15 ve 20 cm orta çaplarına göre yapılan kıyaslamada Sarıçam türü ilk sırada yer almıştır. Sarıçam 15 cm orta çapta 1cm çap artımı yaparken 61.23 ton/ha oksijen üretimi gerçekleştirmektedir. Bu orta çap için Karaçam 41.08 ton/ha oksijen üretimi ile ikinci sıradadır. 20 cm orta çap için Sarıçam türünün en yakın takipçisi 33.90 ton/ha oksijen üretimiyle yine Karaçam'dır. 25 cm orta çap için göknar meşcereleri 1cm çap artımı sonucunda üç bonitetten hesaplanan değerlerin ortalamasına göre 41.41 ton/ha oksijen üretimi ile ilk sıraya yükselmiştir. Göknarın en yakın takipçisi ise hektarda 35.14 ton oksijen üretimiyle Sarıçam türü olmuştur.

Tablo 4. Ağaç türlerinin iyi-orta ve kötü bonitetlerin ortalamalarına göre farklı orta çaplarda hektarda ürettikleri biokütle, bağladıkları karbon ve saldıkları oksijen miktarları

	15 cm orta çap			20cm orta çap			25 cm orta çap		
	Biokütle	Karbon	Oksijen	Biokütle	Karbon	Oksijen	Biokütle	Karbon	Oksijen
	(ton/ha)								
Kızılçam	21.56	10.78	25.87	17.86	8.93	21.43	14.64	7.32	17.57
Sarıçam	51.03	25.51	61.23	40.74	20.37	48.88	29.28	14.64	35.14
Karaçam	34.23	17.12	41.08	28.25	14.12	33.90	21.85	10.93	26.22
Sedir	20.20	10.10	24.25	19.96	9.98	23.96	19.20	9.60	23.04
Göknar	14.47	7.23	17.36	25.58	12.79	30.70	34.51	17.25	41.41

Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre 2013 yılı için ülkemizde karbondioksit emisyonu kişi başına 6.04 ton/kişi olarak hesaplanmıştır [42]. Bu çalışmada çeşitli bonitetlerde 1 cm çap artımı yaptığı durumda ağaç türlerinin belirlenen karbon tutma değerleri ülkedeki tüm alana genişletildiği durumda karbon bağlama miktarları 15-20-25 cm çap bulunan değerlerin ortalaması alınarak ne kadar karbon bağlandığı ve kaç kişinin karbondioksitini atmosferden çektiği belirlenmiştir.

İyi bonitette ortalama olarak kızılçam 52 692 376,89 ton; Sarıçam 23 753 055,12 ton; Karaçam

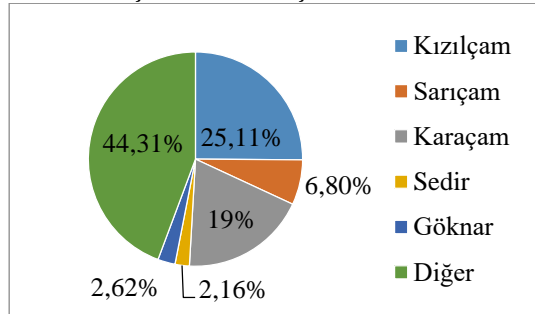
66 243 209,08 ton; sedir 4 554 545,663 ton; göknar ise 11 872 960,57 ton karbon depolamaktadır. Bu miktarlar ile kızılçam 8 723 903 kişinin, Sarıçam 3 932 625 kişinin, Karaçam 10 967 419 kişinin, sedir 754 064 kişinin ve göknar ise 1 965 722 kişinin karbondioksit salınımını atmosferden çekmektedir. Toplamda söz konusu 5 türün 1 cm'lik çap artımı yaptığı durumda ortalama olarak 26 343 733 kişinin karbondioksit salınımını atmosferden çekerek bünyesinde barındırmaktadır.

Orta bonitette ise ortalama olarak kızılçam 51 330 388,74 ton; Sarıçam 35 163 742,68 ton; Karaçam

63 268 267,98 ton; sedir 4 790 566,614 ton; göknar ise 6 417 531,099 ton karbon depolamaktadır. Bu miktarlar ile kızılçam 8 498 409 kişinin Sarıçam 5 821 812 kişinin Karaçam 10 474 879 kişinin sedir 793 140 kişinin ve göknar ise 1 062 505 kişinin karbondioksit salınımını atmosferden çekmektedir. Toplamda söz konusu 5 türün 1 cm'lik çap artımı yaptığı durumda ortalama olarak 26 650 745 kişinin karbondioksit salınımını atmosferden çekerek bünyesinde barındırmaktadır.

Kötü bonitet için toplamda üç farklı çapta 1cm çap artımı yapması durumunda ortalama olarak 22 945 701 kişinin karbondioksit salınımını atmosferden çekerek bünyesinde barındırmaktadır. Ağaç türlerine göre en fazla Karaçam (49 483 924,21 ton) türünün karbon bağladığı onu kızılçam (47 611 148,79 ton), Sarıçam (33 013 434,72 ton), sedir (4 973 316,15 ton) ve göknar (3510207,31 ton) türünün izlediği belirlenmiştir

#### 4. TARTIŞMA – SONUÇ



Şekil 2. Türkiye ormanları içerisinde kızılçam, Sarıçam, Karaçam, sedir ve göknar türlerin alanlarının oransal dağılımları.

Şekil 2'de görüldüğü üzere Sarıçam türü alansal olarak 3. sırada olmasına rağmen bu çalışmada yapılan hesaplar sonucunda hektarda ürettiği biyokütle, karbon bağlama ve oksijen üretimi olarak her üç çap içinde orta ve kötü bonitette 1. sıra iyi bonitette ise 15 cm çap için ilk sıradadır. Bunun sebebi olarak Sarıçam türünün orta ve kötü bonitette diğer türlere göre hektarda daha fazla ağaç ihtiva etmesidir. İyi bonitet incelendiğinde Sarıçamın 20 ve 25 cm çaplar için Karaçam türünden daha az sayıda birey alanda bulunmaktadır.

Türkiye'de 5 ibreli tür için biyokütle modelleri kullanılarak 1 cm'lik çap artımı ile tek ağaç bazında ne kadar toprak üstü biyokütle üretimi gerçekleştirdiği belirlenmiştir. Üretilen biyokütlenin yüzde 50'sinin karbon olduğu esasına dayanarak 1 cm'lik çap artımı ile atmosferden çekilerek ağacın bünyesinde bağlanan karbon miktarları belirlenmiştir. Ayrıca bu süreç

İnsan faaliyetleri sonucu atmosferde artış gösteren CO2 ve diğer sera gazlarının sebep olduğu iklim değişikliği dünya için en önemli tehditlerden biridir. Uluslararası anlaşmalar gereğince daha yaşanılabilir bir dünya için, Atmosfer'deki sera gazlarındaki artışının önüne geçilmesi gereklidir. Bu konuda yapılması gereken bir dizi yasal uygulamalar mevcuttur. Sera gazlarından en fazla etkiye sahip olan karbondioksitin atmosferden çekilerek depolandığı yerler okyanuslar ve yeşil bitkilerdir. İklim değişikliği ile mücadelede yeşil bitkiler içerisinde de orman ekosistemleri karbonu bünyesinde uzun süre depolayabilmesi özelliği ile ön plana çıkmaktadır.

Türkiye için önemli 5 iğne yapraklı türün 15-20 ve 25 cm çaplarında 1cm çap artımı ile ne kadar üretim yaptıkları bu çalışmanın konusunu oluşturmaktadır. Çalışmada incelenen ağaç türleri 22 343 935 ha ormanlık alan sahip olan Türkiye'de yayılış alanı itibarıyla %55.69' luk bir orana sahiptir. Şekil 2'de kızılçam, Sarıçam, Karaçam, sedir ve göknar için ülke ormanlarındaki oransal dağılımı verilmiştir.

içerisinde fotosentezle atmosfere salınan oksijen miktarları belirlenmiştir. Çalışmada tek ağaç üzerinden elde edilen sonuçların hektar değerlerine dönüşümleri hesaplanmıştır. Bunun için ağaç türlerine ait hasılat tabloları kullanılarak iyi orta ve kötü bonitetlerde 15-20-25 cm orta çapları için hektardaki ağaç sayılarından yararlanılmıştır. Hektarda ağaç türlerinin 1 cm çap artımı yaptıklarında ürettikleri biyokütle, bağladıkları karbon ve atmosfere saldıkları oksijen miktarları hesaplanmıştır. İyi bonitet 15 cm çap için, orta ve kötü bonitetlerde her üç çap için 1 cm çap artımında hektarda üretilen biyokütle bağlanan karbon ve salınan oksijen için Sarıçam diğer türlerden daha yüksek değer vermiştir (Tablo 3). İyi bonitette 20-25 cm çap için göknar türü ürettiği biyokütle miktarı, bağladığı karbon ve saldığı oksijen miktarı ile ilk sırayı almaktadır (Tablo 3).

Çalışmaya konu edilen türlerin iyi bonitette 1 cm'lik çap artımı yaptığı durumda (15-20-25 cm çapların ortalaması) 26 343 733 kişinin karbondioksit salınımını atmosferden çekerek bünyesinde barındırmaktadır. Orta bonitette bu sayı 26 650 745 olurken ağaçların kötü bonitette buldukları varsayıldığında 22 945 701 kişinin salmış olduğu karbondioksiti bünyelerinde hapsedmektedirler. Yapılan bu hesaplamalarda toprak altında, ölü-diri örtüde ve orman toprağında depolanan karbon değerlendirmeye alınmamış yalnızca toprak üstü meşceredeki bağlanan karbon değerlendirilmiştir. Türkiye orman varlığı alan ve servet olarak artış eğilimindedir. Bunun sonucunda ormanlarda

bağlanan karbon miktarının artışı getirecektir. Ormanlarımızın entansif şekilde işletilerek, sağlıklı şekilde devamlılığının sağlanması ve artım güçlerinin iyileştirilmesiyle hem iyi kalitede odun ürünü elde edilebilecek hem de daha fazla karbonu bünyelerinde tutabilmelerine katkıda bulunulacaktır. Mevcut orman alanlarının sağlıklı şekilde yönetilmesinin yanında, ağaçlandırmalarla orman alanlarının artırılması, bozuk alanların rehabilite edilmesi, biokütleli fosil yakıtları yerine ikame edilmesi, kırsal kalkınmaya daha fazla destek vererek ormanlar üzerindeki olumsuz baskıların azaltılması iklim değişikliği ve küresel ısınmayla mücadelede elzemdir.

### Bilgi Notu

Çalışmanın bir kısmı 3-5/Kasım/2016 tarihlerinde Antalya-Alanya'da yapılan 3.Uluslararası Çevre ve Ahlak Sempozyumu'nda sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

### KAYNAKÇA

- [1] IPCC, Climate Change 1995 The Science of Climate Change. Contribution of Working Group I. Cambridge University Press, New York, 1996.
- [2] M.Hertsgaard, Yeryüzü Gezgini, Çevresel Geleceğimizin Peşinde Dünya Turu. İstanbul. TEMA, Yayın No. 34, 2001.
- [3] IPCC, Summary for Policymakers. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley Cambridge, United Kingdom and New York, USA, 2013:
- [4] W.D., Nordhaus,. "To Slow or Not to Slow: The Economics of the Greenhouse Effect", The Economics Journal, vol. 101, pp. 920-937, 1991.
- [5] E. Retnowati, Climate Change and the Role of Forest as Carbon Sink in Indonesia. p. 6. 1996.
- [6] E.E. Shand, Biodiversity and Carbon Sequestration p.9, 1997.
- [7] Ö. Görücü ve Ö.Eker, Kahramanmaraş "Ayvalı Baraj Havzasında Karbon Emisyonu ve Ekonomisi Üzerine Araştırmalar", II. Ormancılıkta Sosyo-Ekonomik Sorunlar Kongresi, 19-21 Şubat 2009, s. 3-12. Isparta, 2009.
- [8] Ü. Asan, "Ormancılığımızın Sektörel Planlaması 50. Yılına Girerken Orman amenajmanı Temel Kavramlarında Ortaya Çıkan Yeni Yaklaşımlar", Ormancılıkta Sektörel Planlamanın 50. Yılı Uluslararası Sempozyumu Bildiriler Kitabı; s.30-42, Antalya, 2013.
- [9] R.K. Dixon, M.C. Trexler, J. Wisniewski, S. Brown, R.A. Houghton and A.M. Solomon "Carbon pools and flux of global forest ecosystems", For. Sci. vol.263, no 3, pp. 185-190. 1994.
- [10] J.T. Houghton, L.G. Meira Filho, B.Lim, K. Treanton, I. Mamaty, Y.Bonduki, D.J. Griggs and B.A. Callander, Revised 1996 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. IPCC/OECD/IEA, 1997.
- [11] C. L. Goodale, M. J. Apps, R. A. Birdsey, C. B. Field, L.S. Heath, R.A. Houghton, J.C. Jenkins, G. H. Kohlmaier, W. Kurz, S. Liu, G. J. Nabuurs, S. Nilsson and A. X. Shvidenko, "Forest carbon sinks in the Northern Hemisphere", Ecol. Appl. Vol.12, no 3, pp. 891-899, 2002.
- [12] D. Binkley, J.L. Stape and M.G. Ryan, "Thinking about efficiency of resource use in forests". Forest Ecol.Manag., vol. 193, pp. 5-16. 2004.
- [13] R. Jandl, M. Lindner, L. Vesterdal, B. Bauwens, R. Baritz, F. Hagedorn, D.W. Johnson, K. Minkinen and K.A. Byrne, "How strongly can forest management influence soil carbon sequestration?", Geoderma. vol.137, pp. 253-268, 2007.
- [14] R. Joosten, J. Schumacher, W. Christian and A. Schulte, "Evaluating tree carbon predictions for beech (Fagus sylvatica L.) in western Germany", Forest Ecol. Manag., vol.189, pp. 87-96. 2004.
- [15] Ç. Başsüllü, E. Özdemir, A. Semerci, A. İpek ve A. Tolunay, "İklim Değişikliği Müzakerelerinde Ormancılık", II.Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sorunları Sempozyumu. "Akdeniz Ormanlarının Geleceği:Sürdürülebilir Toplum ve Çevre" 22-24 Ekim, s.518-536. Isparta, 2014.
- [16] G. Binboğa, "Uluslar Arası Karbon Ticareti ve Türkiye", Journal of Yaşar Üniversitesi. Vol. 9, no 34, s. 5732-5759, 2014.
- [17] IPCC, Good Practice Guidance for Land Use, Land Use Change and Forestry. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme, Institute for Global Environmental Strategies, Japan, 2004.
- [18] Ü.Asan, İklim Değişikliği Eylem Planı Mevcut Durum Değerlendirme Raporu, ÇŞB yayınları, 2011.
- [19] D.Tolunay ve A. Çömez, "Orman Topraklarında Karbon Depolaması ve Türkiye'deki Durum", Küresel İklim Değişimi ve Su Sorunları Çözümünde Ormanlar, 13-14 Aralık, s. 97-108. İstanbul, 2008.
- [20] Ü. Asan, "Global İklim Değişimi ve Türkiye Ormanlarında Karbon Birikimi", İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi, cilt. 45, no 1-2, s. 23-37, 1995.
- [21] D. Tolunay, "Total carbon stocks and carbon accumulation in living tree biomass in forest

ecosystems of Turkey”, Turk J Agric For, vol. 35, pp. 265-279, 2011.

[22] O. Polat, S. Polat ve E.Akça, “Küresel Isınmada Ormanların Karabucak Örneği”, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi, Özel Sayı, s. 313- 319, 2011.

[23] F. Sivrikaya ve N. Bozalı, “Karbon Depolama Kapasitesinin Belirlenmesi: Türkoğlu Planlama Birimi Örneği”, Bartın Orman Fakültesi Dergisi, cilt 14, s. 69-76, 2012.

[24] H.A. Yolasığmaz, B. Çavdar, U.Demirci ve İ.Z. Aydın, “İki farklı yöntemle göre karbon birikiminin tahmin edilmesi: Artvin Orman İşletme Şefliği örneği”, Türkiye Ormanlık Dergisi cilt 17, sayı 1, s.43-51, 2016.

[25] B. Durkaya, B. Bekci ve T. Varol, “Bartın Kent Ormanının Karbon Tutma, Oksijen Üretimi ve Rekreatiyonel Açıldan Değerlendirilmesi”, Kastamonu Uni., Orman Fakültesi Dergisi, cilt 16, sayı 1, s. 111-119, 2016a.

[26] B. Durkaya, T. Varol ve A.Durkaya, “Karbon Stok ve Arazi Kullanım Değişimleri: Arıt Örneği”, 3rd Annual International Conference on Turkey and Turkish Studies, 27-28 June 2016, Athens, Greece: Abstract Book. 2016b.

[27] P. Schroeder, S. Brown, J. Mo, R. Birdsey, C. Cieszewski, “Biomass estimation for temperate broadleaf forests of the United States using inventory data”, For. Sci. vol. 43, pp.424-434, 1997.

[28] N. Van Camp, I.Vande Walle, J. Mertens, S. De Neve, R. Samson, N. Lust, R. Lemeur, P. Boeckx, P. Lootens, D. Beheydt, I. Mestdagh, S. Sleutel, H. Verbeeck, O. Van Cleemput, G. Hofman and L.Carlier, “Inventory-based carbon stock of Flemish forests: a comparison of European biomass expansion factors”, Ann. For. Sci. vol. 61, pp. 677-682, 2004.

[29] I.Vande Walle, N. Van Camp, D. Perrin, R. Lemeur, K. Verheyen, Van B. Wesemael and E. Laitat, “Growing stock-based assesment of the carbon stock in the Belgian forest biomass”, Ann.For.Sci. vol. 62, pp. 853-864, 2005.

[30] Anonim. Türkiye Orman Varlığı. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü Yayını, 32s. 2015.

[31] IPCC. Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Japan, 2003.

[32] A. Durkaya, B. Durkaya, E. Makineci and İ. Orhan, “Turkish Pines’ Aboveground Biomass and Carbon Storage Relationships”, Fresen Environ Bull; vol. 24, no 11, pp. 3573-3583, 2015.

[33] B.Durkaya, A.Durkaya, E.Makineci and M.Ülküdür, “Estimation of Above-Ground Biomass and sequestered Carbon of Taurus Cedar (Cedrus libani L.) in Antalya, Turkey”, iForest, vol. 6, pp.278-284, 2013. DOI:10.3832/ifor0899-006.

[34] B. Durkaya, A.Durkaya, E Makineci. and T.Karabürk, “Estimating Above-Ground Biomass and Carbon Stock of Individual Trees in Uneven-Aged Uludag Fir Stands”, Fresen Environ Bull.; vol.22, no 2, pp. 428-434, 2013.

[35] Anonim, Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Orman Amenajman Planlarının Düzenlenmesine Ait Usul ve Esaslar Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı. 199s. 2014.

[36] Ş.Alemdağ, “Türkiye’deki Kızılcım Ormanlarının Gelişimi, Hasılatı ve Amenajman Esasları”, Ormanlık Araştırma Enstitüsü. Teknik Bülten.; no 11, 160 s. 1962.

[37] Ş. Alemdağ, “Türkiye’deki Sarıçam Ormanlarının Kuruluşu, Verim Gücü ve Bu Ormanların İşletilmesinde Takip Edilecek Esaslar”, Ormanlık Araştırma Enstitüsü. Teknik Bülten; no 20, 160s. 1967.

[38] A. Kalıpsız, “Karaçam Hasılat Tablosu”, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi Seri A. cilt 2, s. 110-140, 1959.

[39] B.S.Evcimen, “Türkiye’de Sedir Ormanlarının Ekonomik Önemi, Hasılatı ve Amenajman Esasları”, Orman Genel Müdürlüğü, no 355, 199s. 1963

[40] Ö. Saraçoğlu, “Karadeniz Yöresi Gökmar Meşcerelerinde Artım ve Büyüme”, İ.Ü. Orman Fakültesi Doktora Tezi, 312s. İstanbul, 1988.

[41] B.Durkaya ve A. Durkaya, “Hava Kirliliğinin Önlenmesinde Orman Biyokütlesi”, ISEM2016 3. Uluslararası Çevre ve Ahlak Sempozyumu. 4-6 Kasım 2016. Alanya. [http://www.i-sem.info/PastConferences/ISEM2016/\(ISEM2016ID59\).](http://www.i-sem.info/PastConferences/ISEM2016/(ISEM2016ID59).) 2016c.

[42] Anonim. Sera Gazı Emisyonları Envanteri, Türkiye İstatistik Kurumu Haber Bülteni. 2015; [http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=18744.](http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=18744) 2013.