

Hava Kirliliğinin Önlenmesinde Orman Biyokütlesi

Doç. Dr. Birsen DURKAYA*¹ Doç. Dr. Ali DURKAYA¹
¹*Bartın Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü

Özet

Orman kaynaklarına olan talep değişen yaşam seviyesi ve nüfus artışına paralel olarak artmakta ve çeşitlenmektedir. Ormanların orman ürünleri üretim fonksiyonunun yanında kirliliği temizleme, gürültüyü önleme ve su ekonomisini düzenleme gibi hidrolojik ve toplum sağlığı fonksiyonlarının ön plana çıktığını görmekteyiz. Bitkiler fotosentez yoluyla organik madde üretimi yaparak biyokütlesini arttırırken, aynı zamanda oksijen üretimi gerçekleştirmektedir. Orman envanterine dayanarak orman biyokütlesindeki karbon hesabı yapılması durumunda biomass expansion factors (BEF) kullanılarak dikili gövde hacminden toprak üstü ve altı karbon değerleri hesaplanabilmektedir. Yeterli veri olması durumunda biyokütle modellerinin kullanımı daha doğru sonuçlar vermektedir. Bu bildiride biyokütle modelleri kullanılarak çeşitli ağaç türleri için biyokütle miktarları ve ürettikleri oksijen miktarları belirlenmiştir. Türkiye ormanlarının önemli ibreliler türlerinden Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.), Sarıçam (*Pinus silvestris* L.), Karaçam (*Pinus nigra* Arn.), Sedir (*Cedrus libani* L.) ve Gökmar (Abies bornmülleriana Matff.) için 20cm çapın 21 cm çapa ulaşması durumunda gerçekleşmesi beklenen hektardaki ortalama değerler biyokütle için sırasıyla; 16.67 ton/ha, 44.24 ton/ha, 29.58 ton/ha, 19.95 ton/ha, 22.60 ton/ha olarak hesaplanmıştır. Bu biyokütle üretiminin gerçekleştirilmesi durumunda ağaç türlerine göre sırasıyla 8.33 ton/ha, 22.12 ton/ha, 14.79 ton/ha, 9.98 ton/ha, 11.30 ton/ha karbon atmosferden çekilirken; 20.00 ton/ha, 53.09 ton/ha, 35.50 ton/ha, 23.94 ton/ha, ve 27.12 ton/ha oksijen atmosfere salınmaktadır.

Anahtar kelimeler: Biyokütle, karbon tutma, oksijen üretimi, hava kirliliği

FOREST BIOMASS FOR THE PREVENTION OF AIR POLLUTION

Abstract

The demand for forest resources are increasing and diversifying, parallel to the changes in living standards and population growth. In addition to their function of forest products production forests have such hydrologic and social health functions as cleaning polluted air, preventing noise and regulating water economy. Plants increase their biomass by producing organic matter through photosynthesis, also produce oxygen. In cases when carbon in the forest biomass is calculated based on forest inventory, above and below ground carbon value can be calculated from planted body volume using biomass expansion factor (BEF). If there is sufficient data, the use of biomass model gives more accurate results. In this paper, the amount of biomass was calculated by using biomass models for a range of tree species and also the amount of oxygen was determined. Average values for the biomass expected to occur when the 20 cm diameter of Red pine (*Pinus brutia* Ten.), Scots pine (*Pinus silvestris* L.), black pine (*Pinus nigra* Arn.), Cedar (*Cedrus libani* L.) and fir (*Abies bornmülleriana* Matff.), which are outstanding coniferous trees in the forests in Turkey, reaches 21 cm are calculated as 16.67 t / ha, 44.24 t / ha, 29.58 t / ha, 19.95 t / ha and 22.60 t / ha, respectively. In case this biomass production is made, 8.33 tons / ha, 22.12 tons / ha, 14.79 t / ha, 9.98 t / ha, 11.30 t / ha of carbon drawn from the atmosphere; 20.00 tons / ha, 53.09 t / ha, 35.50 t / ha, 23.94 t / ha and 27.12 t / ha oxygen is released from the atmosphere, respectively from the aforementioned trees.

Key words: Biomass, carbon stocs, oxygen produce, air pollution

*Corresponding author: Address: Bartın Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü, 74100, Bartın TÜRKİYE. E-mail address: bdurkaya@bartin.edu.tr, Phone: +9037822351673

1. Giriş

Orman kavramı bilimsel açıdan, tanımı yapanın görüşüne göre çeşitlenmektedir. Çeşitli ormancılık disiplinlerinin kendi yönlerinden yaptığı tanımların ortak özelliklerine dayanarak Eraslan'da ormanı tanımlamıştır. Bu tanıma göre orman; "Belirli yetişme ortamlarında var olan ve gelişen, ana elemanı ağaç ve ağaççık olup, diğer bitkisel, hayvansal ve mineral elemanların toplamından oluşmaktadır. Ayrıca bu elemanların arasında karşılıklı etkileşimler, kendine özgü yaşam birliği olan bir doğa varlığıdır, bunun yanında topluma orman ürünleri ile diğer fonksiyon ve hizmetler sağlayan ulusal bir servettir." [1] Bu tanımda orman için "ulusal servet" ifadesi kullanılmasına rağmen globalleşen dünyada orman ulusal servetten küresel servete dönüşmüştür.

Orman canlı ve cansız çevresiyle yoğun ilişki içerisindedir. Canlılarla olan ilişkisi göz önüne alındığında orman barınma, beslenme ve saklanma ihtiyaçlarına cevap verirken, artan ve çeşitlenen ihtiyaçlara da cevap vermektedir. Orman kaynakları bir orman ekosisteminde kendiliğinden oluşan ve gereksinim halinde toplumun yararına kullanılmak amacıyla üretilip değerlendirilebilen ürün ve hizmetlerin bütünü olarak tanımlanmaktadır[2]. Dünyanın var oluşundan itibaren ormanın sunduğu hizmetler, en temel olan ihtiyaçlar olan barınma ve beslenmeden başlayarak, günümüzde en fazla ihtiyaç duyulan temiz havanın sağlanması, görsel olarak insan psikolojisini rahatlatması, temiz su kaynakları sağlanması, biyolojik çeşitliliğin korunması, küresel ısınmayı yavaşlatması ve en temelde de yapacak ürün olarak ekonomik değeri gibi çeşitlendirilebilmektedir. Her ülkenin kendi ihtiyaçları göz önüne alındığında orman kaynaklarına olan taleplerin önem sırası değişiklik gösterebilmektedir. Ancak son 50 yıllık dönemde dünyada ortaya çıkan ekolojik sorunlar, doğal kaynakların tahrip edilmesi, küresel ısınma, çevre kirliliği ile gelişen olumsuzluklar ormanların üzerindeki baskıyı artırmıştır. Dünya üzerindeki 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. 24 Mayıs 2004 tarihinde Türkiye tarafından imzalanmıştır. Aralık 1997 tarihinde Kyoto Protokolü imzaya açılmıştır. 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." şeklinde tanımlanmıştır[3]. Türkiye 2008 tarihi itibarıyla yeni gelişimlere 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. Artık ülke ormanları ulusal servetten uluslararası servete dönüşmüştür.

Yaşadığımız gezegende hava olarak nitelendirilen atmosfer temelde iki gazdan oluşmaktadır. Bu iki temel gaz %78 ile Azot ve %21 ile Oksijendir. Hava içerisindeki nemin miktarına bağlı olarak ta %1' i su buharı, %0,003-4 kadarını karbondioksit (CO₂) ve oransal olarak ta çok az miktarlarda Helyum, Argon, Neon gibi gazlardan oluşmaktadır [4]. Canlıların hayatlarının devam edebilmesinde çok önemli olan bu gaz oranlarında meydana gelen değişim havanın kirlenmesi

olarak tanımlanmaktadır. Birleşmiş Milletler Dünya Sağlık Örgütü (WHO)'ne göre “Hava kirliliği, atmosferde toz, duman, su buharı, gaz, koku şeklindeki kirleticilerin canlılara zarar verebilecek miktara yükselmesi” olarak tanımlanmıştır [5]. Hızlı nüfus artışı ve kentleşmenin yoğunlaşması ile birlikte ısınma, motorlu taşıtların kullanımının yaygınlaşması ve sanayi kuruluşlarında fosil yakıtları tüketimine koşut olarak atmosferde Karbondioksit (CO₂), Karbon monoksit (CO), Azot oksitler (N₂O, NO), Metan (CH₄) ve Ozon (O₃) gibi gazların artmasıyla birlikte kirlenme gerçekleşmektedir. Atmosferi kirletenlerin %90'ı gazlar, %10'u ise katı partiküllerdir [4]. Bu gazlar arasında en önemli pay ise karbondioksitidir [6]. CO₂ yeşil bitkilerin yaşamlarını sürdürebilmeleri için elzemdir. Bu bağlamda özellikle ormanlar gerek havadaki kirletici rolündeki, atmosferik CO₂'i tutup vejetasyon ve toprak içerisinde depolamaları sayesinde baskın bir rol oynarlar, diğer taraftan atmosfere ihtiyaç olan temiz havayı yani oksijeni verdikleri için çok değerli ekosistemlerdir [7,8,9,10].

Bu bildiri de ormanların çevre kirliliğinde önemli paya sahip olan hava kirliliği üzerindeki etkilerine değinilmiştir. Bu amaçla, ülkemizde geniş alanlara sahip olan 5 adet ibrelili tür seçilmiş ve bu türlerin topluma sunduğu havayı temizleme hizmeti sayısal olarak ortaya konulmuştur.

2. Materyal ve Method

Çalışma için Türkiye’de yayılış alanları bakımından önemli 5 ibrelili 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 Karaçım (Pinus nigra Arn.), 1 518 929 ha alana sahip Sarıçım (Pinus silvestris L.), 584 781 ha alan ile Gökmar (Abies ssp.) ve 482 391 ha ile Sedir (Cedrus libani L.),’dir [11].

IPCC [12]. Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormanlık için Uygulamalar Rehberi isimli belge, tarafsız, şeffaf ve uygun yöntemler kullanılarak yapılan karbon stok değişimi hesaplamaları istemektedir. Orman envanterine dayalı bir karbon hesabı yapılacaksa ya biomass expansion factors (BEF) kullanılarak dikili gövde hacminden toprak üstü ve altı karbon değerleri hesaplanması ya da yeterli veri olması durumunda biyokütle modelleri kullanılması önerilmektedir. [13,14,15]. Çalışmada bu 5 türün seçilmesinde kapladıkları alan yanında daha önce bu türler için belirlenmiş olan biyokütle modellerinin bulunması çalışmanın sınırlandırıcı unsuru olmuştur.

Ağaç türleri için tüm ağaç toprak üstü biyokütle hesaplamaları modeller kullanılarak belirlenmiştir. Bildiri kapsamında çeşitli çaplarda (15-20-25 cm) 1 cm çap artımının gerçekleşmesi durumunda ne kadar biyokütle üretimi gerçekleştirildiği modeller ile hesaplanmıştır. Ağaç türlerine göre kullanılan modeller Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Ağaç türleri için kullanılan biyokütle modelleri.

Ağaç Türü	Toprak Üstü Biyokütle modeli	
Kızılcım	$T\ddot{U}BA = -16.7957 + (0.4921 \cdot d_{1,30}^2)$	[16].
Sarıçım	$T\ddot{U}BA = -16.4154 + (0.4909 \cdot d_{1,30}^2)$	[16].

Karaçam	$T\ddot{U}BA = -2.969 + (0.4060 \cdot d_{1,30}^2)$	[16].
Sedir	$T\ddot{U}BA = 37.21449 + (-8.08322 \cdot d_{1,30}) + (0.644812 \cdot d_{1,30}^2)$	[17].
Gök nar	$T\ddot{U}BA = 24.7765 + 0.525998 \cdot d_{1,30}^2$	[18].

1 cm çap artımı ile gerçekleştirilen biyokütle üretimi ile atmosferden ne kadar karbonun çekilerek bitki bünyesinde depolandığı biyokütle değerlerinin 0,5 ile çarpımı ile belirlenmiştir. Ayrıca atmosfere fotosentez sonucu ne kadar oksijen salınımının gerçekleştirildiğini belirlemek amacıyla, 1cm çap artımı ile oluşan toprak üstü biyokütle değeri 1,2 sabit çarpanı ile çarpılmıştır [19].

3. Bulgular

Kızılcım, sarıçam ve karaçam için Durkaya vd. [16] tarafından, Sedir için Durkaya vd. [17] ve Gök nar için Durkaya vd. [18]. Tarafından geliştirilen toprak üstü biyokütle modelleri kullanılarak 15-20 ve 25 cm ve 16-21-25 cm için çap için biyokütle değerleri hesaplanmış ve ardından aradaki fark değerleri belirlenmiştir. (Tablo 2). Bu hesaplamalar sonucunda 1cm çap artımı ile her bir tür için toprak üstü biyokütle 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 çap içinde en yüksek biyokütle üretimi (16.31kg; 21.57 kg; 26.83 kg) ve buna bağlı olarak ta bağlanan karbon (8.15kg; 10.78kg; 13.41kg) ve oksijen üretimi açısından (19.57kg; 25.88kg; 32.19kg) üstünlüğün Gök nar türünde olduğu görülmüştür. 15 cm için Sedir 11.91kg biyokütle üretimi, 5.95kg karbon bağlaması ve 14.29kg oksijen bağlaması ile en küçük değerleri vermiştir. Diğer iki çap için ise Karaçam türü toprak üstü biyokütle üretimi (16.65kg; 20.71kg), karbon bağlaması (8.32kg; 10.35kg) ve oksijen üretimi (19.98kg; 24.85kg) ile türler arasında en düşük üretimi göstermiştir.

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

Ağaç türü	15cm için			20 cm için			25 cm için		
	Biyokütle (kg)	Karbon (kg)	Oksijen (kg)	Biyokütle (kg)	Karbon (kg)	Oksijen (kg)	Biyokütle (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
Gök nar	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

ulaşmıştır. Bu amaç için ağaç türlerinin 3. bonitetleri esas alınmıştır. Türkiye’de düzenlenen hasılat tablolarından yararlanılmıştır (Kızılcım ve Sarıçam için Alemdağ [20,21], Karaçam için Kalıpsız [22], Sedir için Evcimen [23] ve Gökmar için Saraçoğlu [24]). İlgili türlerin 15-20-25 cm ortalama çap için meşceredeki ağaç sayıları kullanılarak hektarda ki üretilen biyokütle miktarları, bağlanan karbon ve salınan oksijen miktarları Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo3. Ağaç türlerine göre 20cm çap için hektarda toprak üstü biyokütle ağırlığı (TÜBA), bağlanan karbon ve üretilen oksijen miktarları

	15cm için			20 cm için			25 cm için		
	(ton/ha)			(ton/ha)			(ton/ha)		
Ağaç türü	Biyokütle	Karbon	Oksijen	Biyokütle	Karbon	Oksijen	Biyokütle	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	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

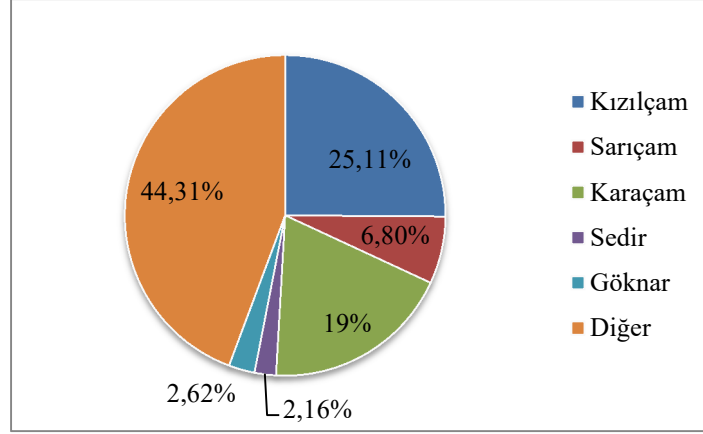
Ağaç türlerinin 3. bonitetlerine göre hektarda biyokütle üretimi. sarıçamın sırasıyla 55.15 ton/ha; 44.24 ton/ha; 31.02 ton/ha 21.57 ton/ha; karbon bağlaması 27.57 ton/ha; 22.12 ton/ha; 15.51 ton/ha ve oksijen üretimi açısından 66.18 ton/ha; 53.09 ton/ha ve 37.22 ton/ha değerleri ile diğer türlerden yüksek değerde olduğu görülmüştür. Tablo 3’de görüleceği üzere sarıçam türünü. 15 cm ve 20 cm de karaçam. 25 cm de ise gökmar takip etmektedir. Tablo 2 ve Tablo 3 birlikte değerlendirildiğinde tek ağaç üretimlerinin birbirine yakın değerlerde olmasına karşılık hektarda ağaç sayılarının farklılığından dolayı ağaç türlerinin üretimleri birbirinden önemli farklılıklar göstermektedir.

Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre. 2013 yılı için ülkemizde karbondioksit emisyonu kişi başına 6.04 ton/kişi olarak hesaplanmıştır [25]. Bu çalışmada ortalama bonitet için 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. Buna göre; Kızılcım 47 611 148.79 ton. sarıçam 33 013 434.72 ton. karaçam 63 268 267.98 ton. sedir 4 790 566.61 ton ve gökmar 6 417 531.1 ton. Karbondioksiti depolamaktadır. Bu miktarlar ile Kızılcım 7 882 641 kişinin. sarıçam 5 465 800 kişinin. karaçam 10 474 879 kişinin. sedir 793 140 kişinin ve gökmar ise 1 062 505kişinin karbondioksit salınımını atmosferden çekmektedir. Toplamda söz konusu 5 türün 1 cm lik çap artımı yaptığı durumda ortalama olarak 25 678 965kişinin karbondioksit salınımını atmosferden çekerek bünyesinde barındırmaktadır.

4. Tartışma

Türkiye için önemli 5 ibrelı türün 15-20 ve 25 cm çaplarında 1cm çap artımı ile ne kadar üretim yaptıkları bu çalışmanın konusunu oluşturmaktadır. Ağaç türleri 22 343 935 ha ormanlık alan sahip olan Türkiye’de yayılış alanı itibariyle %55.69’ luk bir orana sahiptir. Şekil 1’de kızılçam, sarıçam, karaçam, sedir ve göknar için ülke ormanlarındaki oransal dağılımı verilmiştir.

Şekil 1. Türkiye ormanları içerisinde kızılçam, sarıçam, karaçam, sedir ve göknar türlerin alanlarının oransal dağılımları.



Şekil 1 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 1. sıradadır. Bunun sebebi olarak hektarda 3. Bonitette diğer türlerden daha fazla bireyin yaşamasıdır.

Sonuç

Uluslararası anlaşmalar gereğince daha yaşanılabilir bir dünya için. atmosferdeki sera gazlarındaki artışın 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. Yeşil bitkiler içerisinde de orman ekosistemleri karbonu bünyesinde uzun süre depolayabilmesi özelliği ile ön plana çıkmaktadır.

Bu çalışma ile Türkiye'nin en önemli 5 ibrelı ağacı için biyokütle modelleri kullanılarak 1cm lik çap artımı ile ne kadar toprak üstü biyokütle üretimi gerçekleştirdiği belirlenmiştir. Üretilen biyokütlenin yüzde 50 sinin karbon olduğu esasına dayanarak 1cm lik çap artımı ile atmosferden çekilerek ağacın bünyesinde bağlanan miktarları belirlenmiştir. Ayrıca bu sürede atmosfere salınan oksijen miktarları belirlenmiştir. Çalışma sonucunda; ortalama bonitet (III. Bonitet) esas alınarak yapılan değerlendirmelere göre hektarda en yüksek değerler (15-20 ve 25 cm için hesaplanan değerlere göre) ortalama olarak 43.47 ton/ha biyokütle üretimi, 21.73 ton/ha karbon bağlama ve 52.16 ton/ha oksijen üretimi ile sarıçam türüne aittir. Ormanlarımızın sağlıklı bir şekilde devamlılığının sağlanması ve artım güçlerinin iyileştirilmesiyle hem iyi kalitede odun ürünü elde edilebilecek hem de daha fazla karbonu bünyelerinde tutabilmelerine katkıda

bulunulacaktır. İdare sürelerinin doğal ormanlarda mümkün olduğunca ileri yaşlara taşınması ile tutulan karbonun atmosfere salınımı geciktirilecektir.

References

- [1] Eraslan, İ. Orman Amenajmanı, . İÜ: Orman Fak. Yayını, 1982; 3010-318, 582s.
- [2] Asan, Ü. Orman Amenajmanı 1995, II Basılmamış
- [3] Asan, Ü. Ormancılığımızın Sektörel Planlaması 50. Yılına Girerken Orman amenajmanı Temel Kavramlarında Ortaya Çıkan Yeni Yaklaşımlar. Ormancılıkta Sektörel Planlamanın 50. Yılı Uluslararası Sempozyumu Bildiriler Kitabı 2013;30-42.
- [4] Akın, G. Ekoloji-Çevrebilim ve Çevre Sorunları. Tidem Yayınları, 2009; ISBN:978-605-4294-06-6, 305s.
- [5] Çepel, N. Ekolojik Sorunlar ve Çözümleri. TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, 2003;180, ISBN 975-403-290-4
- [6] Türkeş, M, Sümer, UM, Çetiner, G. İklim Değişikliğinin Bilimsel Değerlendirilmesi. 2005; <http://www.meteor.gov.tr>.
- [7] Dixon RK, Trexler MC, Wisniewski J, Brown S, Houghton RA, Solomon AM 1994. Carbon pools and flux of global forest ecosystems. Forest Science. 1994; 263(3): 185-190.-doi: 10.1126/science.263.5144.185.
- [8] Houghton RA, Hackler JL, and Lawrence K T. The US carbon budget Contributions from land-use change. Science 1999; 285: 574–578. -doi: 10.1126/science.285.5427.574
- [9] Goodale CL, Apps MJ, Birdsey RA, Field CB, Heath LS, Houghton R A, Jenkins J C, Kohlmaier G H, Kurz W, Liu S, Nabuurs GJ, Nilsson S, Shvidenko AX. Forest carbon sinks in the Northern Hemisphere. Ecological Applications. 2002; 12(3), 891–899.-doi: 10.2307/3060997.
- [10] Binkley D, Stape JL, Ryan MG. Thinking about efficiency of resource use in forests. For.Ecol.Manage. 2004; 193:5-16.
- [11] Anonim. Türkiye Orman Varlığı. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü Yayını, 2015;32s.
- [12] IPCC. Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Institute for Global Environmental Strategies (IGES), 2003, Japan
- [13] Schroeder P, Brown S, Mo J, Birdsey R, Cieszewski C. Biomass estimation for temperate broadleaf forests of the United States using inventory data. For. Sci. 1997; 43:424–434.
- [14] Van Camp N, Vande Walle I, Mertens J, De Neve S, Samson R, Lust N, Lemeur R, Boeckx P, Lootens P, Beheydt D, Mestdagh I, Sleutel S, Verbeeck H, Van Cleemput O, Hofman G,

Carlier L. Inventory-based carbon stock of Flemish forests: a comparison of European biomass expansion factors. *Ann. For. Sci.* 2004; 61:677–682.

[15] Vande Walle I, Van Camp N, Perrin D, Lemeur R, Verheyen, K, Van Wesemael B, Laitat E. Growing stock-based assesment of the carbon stock in the Belgian forest biomass. *Ann.For.Sci.* 2005;62: 853-864.

[16] Durkaya A, Durkaya B, Makineci E, Orhan İ. Turkish Pines' Aboveground Biomass and Carbon Storage Relationships. *Fresenius Environmental Bulletin* 2015; 24 (11), pp. 3573-3583.

[17] Durkaya B, Durkaya A, Makineci E, Ülküdü M. Estimation of Above-Ground Biomass and sequestered Carbon of Taurus Cedar (*Cedrus libani* L.) in Antalya, Turkey. *iForest-Biogeosciences and Forestry.* 2013; 6:278-284. DOI:10.3832/ifor0899-006.

[18] Durkaya B, Durkaya A, Makineci E, Karabürk T. Estimating Above-Ground Biomass and Carbon Stock of Individual Trees in Uneven-Aged Uludag Fir Stands. *Fresenius Environmental Bulletin.* 2013; 22 (2), pp. 428-434,

[19] 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. . 2014; 199s.

[20] Alemdağ Ş. Türkiye'deki Kızılcım Ormanlarının Gelişimi, Hasılatı ve Amenajman Esasları. Ormanlık Araştırma Enstitüsü. *Teknik Bülten.* 1962; 11, 160 s.

[21] Alemdağ Ş. Türkiye'deki Sarıçam Ormanlarının Kuruluşu, Verim Gücü ve Bu Ormanların İşletilmesinde Takip Edilecek esaslar. Ormanlık Araştırma Enstitüsü. *Teknik Bülten* 1967;20, 160s.

[22] Kalıpsız A. Karaçam Hasılat Tablosu. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi Seri A. 1959;2: 110-140.

[23] Evcimen BS. Türkiye'de Sedir Ormanlarının Ekonomik Önemi, Hasılatı ve Amenajman Esasları. Orman Genel Müdürlüğü, 1963; 355,199s.

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

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