



Türkiye Ormanlarındaki Rehabilitasyon Çalışmalarının Orman Varlığı ve Karbon Birikimine Katkısına İlişkin Bir Öngörü

Ahmet DUYAR^{1,*}

¹ Karabük Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Karabük – Türkiye

Öz

Türkiye ormanlarında, iklim ve topografya şartlarına göre yayılış gösteren elliden fazla orman ağacı türü bulunmaktadır. 2015 yılı itibariyle Türkiye ormanlarının genel alanı 22342935 ha'dır. Bunun yaklaşık 15 milyon hektarını *Quercus* spp, *Pinus brutia* Ten. and *Pinus nigra* Arnold oluşturmaktadır. Doğal nedenler ve insan etkileri, ormanların yapısı ve kapallığında değişimlere yol açabilmektedir. Günümüzde Türkiye ormanlarının %29'u 3 (> %70 kapalı) kapalı, %14'ü 2 (%41-70 kapalı) kapalı ve %13'ü 1 (%11-40 kapalı) kapalı normal yapıda ormanlardır. Geri kalan %44 kısmı ise degrade yapıda ve boşluklu (%11'den daha düşük) kapalıdır. Bu çalışmada, Türkiye ormanlarının güncel karbon stoku ortaya konmuştur. Buna ilave olarak %11'den daha düşük kapalıdaki orman alanlarının rehabilitasyonla %50'sinin kapallılığının iyileştirilme varsayımına göre, ileriye dönük bir projeksiyon analizi yapılmıştır. Yapılabilecek rehabilitasyon çalışmaları sonucunda, ormanda ağaç serveti, hacim artımı ve karbon stoklarında artışların ortaya çıkacağı belirlenmiştir. Bu farazi rehabilitasyon modellemesinden hareketle, orman yapısında yapılacak iyileştirmelerin, ileriye dönük orman varlığı ve karbon tutulumu hesaplamalarına katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Karbon stoku, biyokütle, servet, yıllık artım.

A Projection About the Contribution of Rehabilitation Studies on Forest Assets and Carbon Sequestration in the Forest of Turkey

Abstract

In the forests of Turkey, there are more than 50 tree species whose spread depends on the climate and the topographic conditions. By 2015, the total forest area in Turkey was 22,342,935 hectares. Approximately 15 million hectares of this area consists of *Quercus* spp, *Pinus brutia* Ten. and *Pinus nigra* Arnold. Natural and human effects lead to changes in the structure and canopy cover of forests. Today, 29% of the forests in Turkey have (> 70% closure) canopy cover, 14% have (41 to 70% closure) canopy cover and 13% have (11 to 40% closure) canopy cover, all featuring a normal structure. The remaining 44% have a degraded (lower than 11% closure) structure. This study presents the current carbon stock in Turkey. In addition, a projection analysis has been conducted based on the hypothesis of improving 50% of those forest areas with canopy cover lower than 11% by incrementally rehabilitation. Because of these rehabilitation studies, it has been determined that tree wealth, volume increment and carbon stocks would increase in the forest. Based on this hypothetical rehabilitation modeling, the suggested improvements to the structure of the forests would contribute to prospective forest assets and carbon sequestration estimations.

Keywords: Carbon stock, biomass, growing stock, annual increment.

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author):

Ahmet DUYAR (Dr.); Karabük Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 78050, Karabük - Türkiye. Tel: +90 (370) 433 8300, E-mail: ahmetduyar@karabuk.edu.tr, ORCID: 0000-0001-2314-5647

Geliş (Received) : 23.05.2018
Kabul (Accepted) : 16.07.2018
Basım (Published) : 15.08.2018

1. Giriş

Binlerce yıldan beri insanlığa ev sahipliği yapan Anadolu toprakları ve Türkiye ormanları, insan faaliyetlerinin etkileri ile büyük ölçüde zarar görmüştür (Gülen ve Özdoğan, 1981). Ormanların tahribatı, özellikle tarım ve hayvancılığa bağlı kontrolsüz faydalanmalar nedeniyle yerleşim alanları etrafında yoğunlaşmıştır (Urbano, 2016; Kökten, 2017). Bunun sonucunda, birçok yerde orman kapallılığında bozulmalar ve kısmen de ormansızlaşmalar meydana gelmiştir. Ülkemizde, son yüzyılda uygulanmaya başlanan planlı orman işletmeciliği sayesinde (Evcimen, 1978), ormansızlaşmanın önüne geçilmiştir (Yolcuoğlu, 2004). Orman Genel Müdürlüğü (OGM) tarafından, neredeyse 70 yıldır ağaçlandırma (Atay, 1968), imar ve ıslah çalışmaları (OGM, 1983) yapılmaktadır. 1998'den itibaren de verimsiz ormanların iyileştirilmesi amaçlı rehabilitasyon çalışmalarına ağırlık verilmiştir (Anonymus, 2013). Verimsiz orman alanlarını, verimli hale getirmek için yapılan her türlü ağaçlandırma, imar, ıslah, koruya tahvil gibi çalışmaların tümünü rehabilitasyon adı altında toplamak mümkündür. Ormanlarımızda 70 yıldır devam eden rehabilitasyon çalışmaları, binlerce yıllık hasarın tümünü henüz telafi edememiştir (OGM, 2017; Çalışkan ve Boydak, 2017).

Günümüzün en önemli sorunlarından biri küresel ısınma ve iklim değişikliğidir. Bunun başlıca nedeni ise insan faaliyetleri sonucu ortaya çıkan karbondioksit vb. sera gazı emisyonlarıdır. Küresel iklim değişikliğinin önlenmesi konusunda dünya çapındaki genel kanaat, insan kaynaklı sera gazı emisyonlarının azaltılması ve ormanlar başta olmak üzere, karasal ekosistemlerde karbon birikimini artırmaya yönelik strateji ve politikalarının uygulanmasıdır (Hoberg ve ark., 2016; Sevik ve ark., 2018). Ormanlar birbiri ile ilişkili biyokütle, ölü organik madde ve topraktan oluşan üç ana karbon havuzunu içermektedir (Penman ve ark., 2003). Ormanların biyokütle karbon havuzu stokunun artması orman ekosistemindeki diğer karbon havuzlarını da olumlu yönde etkileyecektir (Sevik ve ark., 2015; Kueh ve ark., 2016). Verimli orman alanları gibi boşluklu kapalı orman alanlarının büyük kısmı da halen karbon birikimi ve biyolojik çeşitliliği sürdürme potansiyeline sahiptir (Wheeler at al., 2016). Verimsiz orman alanlarının ağaçlandırma faaliyetleriyle rehabilite edilmesine yönelik insan müdahalesi, özellikle ormanların karbon stok kapasitesi ve ormanların ekolojik rolünün yeniden canlandırılması için çok önemlidir. Bunun yanında ormanların karbon stokundaki değişimler, orman rehabilitasyonunun farklı aşamalarını da gösterebilmektedir. (Kueh ve ark., 2016). Fakat, rehabilite edilen ormanlarda biyokütle birikimi ve karbon depolama potansiyeli konusunda, arazi kullanım geçişinin etkileri ile ilgili belirsizlikler bulunmaktadır (Urbano, 2016).

Yerel ekolojik şartların da etkisi olmakla birlikte, 2015 yılı verilene göre Türkiye ormanlarının %29'u tam kapalı (> %70 kapalı), %14'ü kapalı (%41-70 kapalı) ve %13'ü gevşek kapalı (%11-40 kapalı) olup, normal yapıda ormanlardır. Geri kalan %44 kısmı ise verimsiz yapıda ve boşluklu kapalıdır (%10 ve daha düşük kapalı) (OGM, 2015). Söz konusu verimsiz orman alanlarının bir kısmı doğal ekolojik şartlar (anakaya, iklim vb) nedeni ile verimli ormanlara dönüştürülemeyeceği gibi bir kısmı da orman kapallılığının bozulması sonucunda zaman içerisinde değişen ekolojik şartlar (toprak erozyonu vb) nedeniyle iyileştirilemez haldedir. Ekolojik şartların izin verdiğinden daha düşük kapallılıktaki ormanlar, olması gereken verimlilik düzeyinin altında kalmaktadır. Bu nedenle işletme verimliliği düşmekte ve ürün kalitesi bozulmaktadır. Buna ek olarak, sera gazları için yutak konumunda olan orman alanları, gerekli miktarda biyokütle artışı sağlayamamakta (Arıca ve ark., 2015) ve karbon tutma işlevi açısından yeterli seviyeye ulaşamamaktadır (Wardell-Johnson ve ark., 2015). Yapılan bazı rehabilitasyon çalışmaları ile orman verimliliği ve kapallılık düzeyleri artırılabilir. Böylece orman alanlarının potansiyel üretim, biyokütle artışı ve karbon tutma kapasitesinden daha iyi yararlanılabilecektir.

Bu çalışmada, Türkiye ormanlarının biyokütle karbon havuzundaki güncel karbon stokunun ortaya konması ve boşluklu kapalı orman alanlarının ancak yarısının teknik açıdan rehabilitasyonla normal kapalı ormana dönüştürülebileceği varsayımına göre, ileriye dönük bir projeksiyon analizi yapılması amaçlanmıştır. Yapılabilecek rehabilitasyon çalışmaları sonucunda, ormanlarda ağaç serveti, yıllık hacim artımı ve karbon stoklarında artışların ortaya çıkacağı değerlendirilmektedir.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada, orman alanlarında sera gazları emisyonu ve karbon envanteri çalışmasında temel başvuru kaynağı olan "Arazi Kullanım, Arazi Kullanım Değişimi ve Ormanlar İçin İyi Uygulamalar Kılavuzu" "Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry" (GPG-LULUCF) (Penman ve ark., 2003) isimli kılavuz esas alınmıştır. Hesaplamalar için gerekli olan üretim, yangın gibi faaliyet verileri Orman Genel Müdürlüğü'nün birimlerinden temin edilmiştir. Türkiye ormanlarının tüm planlama ünitelerinin ayrıntılı envanter bilgileri (9949 satır veri seti) Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı'ndan temin edilmiştir (OGM, 2015; OGM, 2017). Karbon birikimi hesaplamaları yapılırken, her bir planlama ünitesine ait işletme sınıflarının amaç, orman formu, işletme şekli, yönetim şekli, ağaç türü, meşcere gelişim çağları, alan, servet ve yıllık hacim artımı gibi bilgiler

dikkate alınmıştır. Her bir planlama ünitesinin işletme sınıfları içerisindeki boşluklu kapalı orman alanının ancak %50 sinin, rehabilitasyon çalışmaları sonucunda aynı nitelikteki normal kapalılık değerlerine ulaştırılabileceği varsayılarak, ilgili alanlar için yeniden ayrı ayrı karbon stok değerleri hesaplanmıştır. Böylece söz konusu alanlardan beklenebilecek karbon stok ve yıllık birikim değerleri ortaya konmuştur.

Ormanlardaki biyokütle karbon havuzunun mevcut stok ve artım miktarının belirlenmesinde, kılavuzun önerdiği (Eşitlikler 1, 2 ve 3) kullanılmıştır (Penman ve ark., 2003).

$$\Delta C = [A \times (CI - CL)] \quad (1)$$

Eşitlikte:

- ΔC = havuzdaki karbon stokunun yıllık değişimini (ton),
 A = havuz alanını (ha),
 CI = biyokütle artışına karşı gelen karbon girdi miktarını ($\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{yıl}^{-1}$),
 CL = biyokütle azalmasına karşı gelen karbon kayıp miktarını ($\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{yıl}^{-1}$) göstermektedir.

Biyokütledeki yıllık büyüme sonucu ortaya çıkan karbon stok artış miktarını hesaplamak için Eşitlik 2 kullanılmıştır.

$$CI = A \times [(IV \times D \times BEF_1) \times (1+R)] \times CF \quad (2)$$

Eşitlikte:

- CI = Yaşayan biyokütledeki yıllık karbon stok miktar artışı ($\text{ton}\cdot\text{yıl}^{-1}$)
 A = Arazi alanı (ha),
 IV = Yıllık ortalama hacim artımı ($\text{m}^3\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{yıl}^{-1}$),
 D = Taze hacmin fırın kurusu ağırlığı ($\text{ton}\cdot\text{m}^{-3}$),
 BEF₁ = Yıllık hacim artışını (kabuk dahil) toprak üstü ağaç biyokütle artışına çevirmek için genişletme faktörü,
 R = Kök biyokütlesinin toprak üstü biyokütleye oranı,
 CF = Kuru maddenin karbon oranı (varsayılan=0,5).

Biyokütledeki karbon stokunda azalmaya neden olan karbon kayıpları (CL) şunlardır:

- L_{Kesim} = Üretim amaçlı odun kesimlerden dolayı yıllık karbon kaybı
 L_{Yakıt} = Zati yakacak odun toplamalarından dolayı yıllık karbon kaybı
 L_{Diğer Kayıplar} = Yangın, böcek, mantar vb gibi nedenlerle yıllık karbon kayıpları

Biyokütle karbon havuzunda azalmaya neden olan kayıplar Eşitlik 3'e göre hesaplanmaktadır.

$$CL = H \times D \times BEF_2 \times (1 - f_{BL}) \times CF \quad (3)$$

Eşitlikte:

- CL = Yıllık karbon kaybı, ($\text{ton}\cdot\text{yıl}^{-1}$)
 H = Yuvarlak odun miktarı, ($\text{m}^3\cdot\text{yıl}^{-1}$)
 D = Taze hacmin fırın kurusu ağırlığı ($\text{ton}\cdot\text{m}^{-3}$),
 BEF₂ = Yuvarlak odun miktarını (kabuk dahil) toplam toprak üstü biyokütleye genişletme faktörü
 f_{BL} = Çıkarılan biyokütlenin ormanda çürümeye bırakılan kısmı
 CF = Kuru maddenin karbon oranı (varsayılan=0,5).

Eşitliklerde kullanılması gereken envanter verileri OGM birimlerinden sağlanmıştır (OGM, 2015; OGM, 2016). Hesaplamalarda kullanılan BEF₁, BEF₂ ve f_{BL} genişletme faktörleri, iğne yapraklı ve geniş yapraklı ağaç türleri için farklı katsayılar kullanılmıştır (Asan, 2005). Taze hacmin fırın kurusu ağırlığı olarak ise her bir ağaç türüne ait ayrı değerler kullanılmıştır (Tolunay, 2013). Verimli ormanlarda kök-gövde oranları için kılavuzda verilen kategorik değerler yerine, kılavuz verilerinden türetilerek hektardaki biyokütle ile değişken bir katsayı kullanılmıştır. Boşluklu kapalı alanlardaki ağaç türlerinin kök-gövde oranları için ise kılavuzun önerdiği aralıktaki en yüksek değer tercih edilmiştir (Duyar, 2009). Diğer faktör ve katsayılar GPG-LULUCF ve eklerindeki varsayılan değerler olarak alınmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Orman Genel Müdürlüğü'nden alınan 2015 yılı envanter verilerine (OGM, 2015) göre Türkiye ormanlarının mevcut durumu ortaya konulmuştur. Türkiye ormanları 13950283 ha iğne yapraklı ve 8392652 ha geniş yapraklı türler olmak üzere, toplam 22342935 ha'dır. İğne yapraklı ormanların serveti 1088 milyon m³ ve yıllık hacim artımı 31 milyon m³·y⁻¹ tür. Geniş yapraklı ormanların serveti 539 milyon m³ ve yıllık hacim artımı 15 milyon m³·y⁻¹ tür (Tablo 1). 2004 yılı verilerine göre ise toplam orman alanları 21188000 ha olup, verimli ve boşluklu kapalı alanlar neredeyse birbirine eşittir (TUIK, 2007). Geçen 11 yıllık sürede genel orman alanı 1,15 milyon hektar (Mha) artarken, verimli orman alanı 2,14 Mha artışla %56 orana ulaşmıştır. Bu duruma göre verimsiz orman alanlarından yaklaşık 1 Mha kısmının rehabilitasyon çalışmaları ile verimli hale geldiği ve yine yaklaşık 1 Mha orman dışı (terk edilmiş verimsiz tarım ve mera arazisi) arazinin verimli ormanlara dönüştüğü düşünülmektedir.

Tablo 1: 2015 yılındaki mevcut ağaç serveti ve yıllık artım verileri (OGM, 2015'ten uyarlanmıştır).

Ağaç Türleri	Normal Kapalı			Boşluklu Kapalı		
	Alan (1000 × ha)	Ağaç Serveti (1000 × m ³)	Yıllık Artım (1000 × m ³)	Alan (1000 × ha)	Ağaç Serveti (1000 × m ³)	Yıllık Artım (1000 × m ³)
<i>Pinus brutia</i>	3451,3	305672,9	9734,0	2158,9	17714,8	460,7
<i>Pinus nigra</i>	2727,5	362099,4	10513,5	1522,3	13004,6	333,8
<i>Pinus sylvestris</i>	882,2	143667,3	3634,3	636,7	5222,2	111,9
<i>Juniperus spp.</i>	383,4	116866,0	2683,0	201,4	1772,2	35,3
<i>Abies spp.</i>	229,2	64396,6	1486,0	93,7	1006,8	24,2
Diğer iğne yapraklı	651,7	49635,3	1402,2	1012,0	7284,5	146,0
<i>Quercus spp.</i>	2446,6	131547,3	4648,1	3547,6	25787,1	853,6
<i>Fagus spp.</i>	1630,2	347654,9	8602,8	269,7	2971,4	65,1
<i>Alnus spp.</i>	113,2	12659,3	474,3	33,6	268,4	8,0
<i>Castanea sativa</i>	68,2	8704,0	338,4	20,2	198,6	5,6
<i>Ceratonia siliqua</i>	20,7	1383,6	44,7	48,5	265,2	9,4
Diğer geniş	99,9	6767,6	273,0	94,2	439,6	16,0
Toplam	12704,1	1551054,2	43834,4	9638,8	75935,3	2069,6

Türkiye ormanlarının, 2015 yılı itibariyle belirlenen toplam biyokütle karbon stoku 705132 Gigagram (Gg)'dir. İğne yapraklı ormanların biyokütle karbon stoku 440644 Gg olup, brüt yıllık karbon birikimi 12 620 Gg·y⁻¹ iken, geniş yapraklı ormanların biyokütle karbon stoku 264488 Gg ve yıllık karbon birikimi 8318 Gg·y⁻¹ olarak tespit edilmiştir (Tablo 2).

Tablo 2: 2015 yılındaki Türkiye ormanlarının mevcut karbon stok miktarları.

Ağaç Türleri	Normal Kapalı		Boşluklu Kapalı	
	Biyokütlerdeki Karbon Stoku (Gg)	Yıllık Karbon Birikimi (Gg·y ⁻¹)	Biyokütlerdeki Karbon Stoku (Gg)	Yıllık Karbon Birikimi (Gg·y ⁻¹)
<i>Pinus brutia</i>	137407	4418	8941	235
<i>Pinus nigra</i>	150083	4388	6289	170
<i>Pinus sylvestris</i>	56133	1432	2416	54
<i>Juniperus spp.</i>	35088	810	648	14
<i>Abies spp.</i>	19567	454	387	9
Diğer iğne yapraklı	20231	568	3454	70
<i>Quercus spp.</i>	66595	2900	13524	610
<i>Fagus spp.</i>	168113	4203	1838	40
<i>Alnus spp.</i>	5352	202	128	4
<i>Castanea sativa</i>	4151	166	113	3
<i>Ceratonia siliqua</i>	730	27	152	6
Diğer geniş yapraklı	3525	147	267	10
Toplam	666975	19714	38157	1224

Aynı hesaplama yöntemleri ile 1990 - 2004 yılları faaliyet verilerine dayalı olarak, Türkiye orman alanlarının sera gazı emisyonu ile ilgili ilk Ulusal Bildirim Raporu 2006 yılında hazırlanmıştır (Tuik, 2006). Ormanların yıllık brüt karbon birikimi 1990 yılında $17047 \text{ Gg}\cdot\text{y}^{-1}$ iken, 2004 yılında $18824 \text{ Gg}\cdot\text{y}^{-1}$ miktarına ulaşmıştır. Yıllar arasındaki bu değişimin sebepleri orman köyleri civarındaki verimsiz tarım ve mera alanlarının kullanılmaması nedeniyle doğal yoldan iyileşerek ormanlaşması ve yıllardan beri devam eden rehabilitasyon çalışmalarının sonuçları olabilir. Söz konusu karbon birikimi, müteakip yıllarda da devam etmiştir (Ataş ve ark., 2009; Ataş ve ark., 2010). Doğal yollardan meydana gelen iyileşmelere ek olarak insan tarafından yapılacak bilinçli rehabilitasyon çalışmalarının hem verimli orman alanlarında genişlemeye hem de ormanların karbon havuzlarında artışlara neden olacaktır. Mevcut durumun ortaya konduğu 2015 yılı verilerine göre, biyokütle karbon havuzundaki brüt karbon birikimi $20938 \text{ Gg}\cdot\text{y}^{-1}$ dir. Ormancılık faaliyetleri sonucunda yaklaşık 21 milyon m^3 orman emvali üretilerek (OGM, 2016), biyokütle karbon havuzundan yaklaşık $4759 \text{ Gg}\cdot\text{y}^{-1}$ karbon eksilmiştir (Tablo 3) ve $16179 \text{ Gg}\cdot\text{y}^{-1}$ net karbon birikimi gerçekleşmiştir. Benzer şekilde planlı orman emvali üretimi amacıyla 2004 yılında yaklaşık 15 milyon m^3 üretim yapılarak $3921 \text{ Gg}\cdot\text{y}^{-1}$ karbon biyokütleden uzaklaştırılmıştır (Tuik, 2007). Ayrıca usulsüz kesim, yangın, fırtına, böcek zararı vb biyotik ve abiyotik olağanüstü olaylar nedeniyle de biyokütleden önemli miktarda karbon kayıpları olabilmektedir. Planlı üretimlere dayalı olan karbon kayıpları ileriye dönük olarak tahmin edilebilir olmasına rağmen; biyotik ve abiyotik olağanüstü olaylardan kaynaklanan karbon kayıpları önceden kesin olarak bilinemez. Ancak, uzun yıllar ortalamalarına göre istatistikî olarak tahmin edilebilir.

Tablo 3: 2015 yılında orman emvali üretimi nedeniyle karbon kaybı.

Emvalin cinsi	Ormandan çıkarılan emval ($1000 \times \text{m}^3$)		Üretim kaynaklı karbon kaybı (Gg)	
	İğne yapraklı	Geniş yapraklı	İğne yapraklı	Geniş yapraklı
Tomruk	4741,4	1050,9	1012,0	296,7
Tel direk	53,6	0,0	11,4	0,0
Maden direk	577,0	63,0	123,2	17,8
Sanayi odunu	475,1	278,3	101,4	78,6
Kağıtlık odun	2408,8	98,5	514,1	27,8
Lif-yonga	6041,3	707,6	1289,4	199,8
Sırtık	7,7	2,5	1,7	0,7
Yakacak	2279,6	2116,8	486,5	597,6
Toplam	16584,6	4317,6	3539,7	1219,0
Genel toplam	20902,2		4758,8	

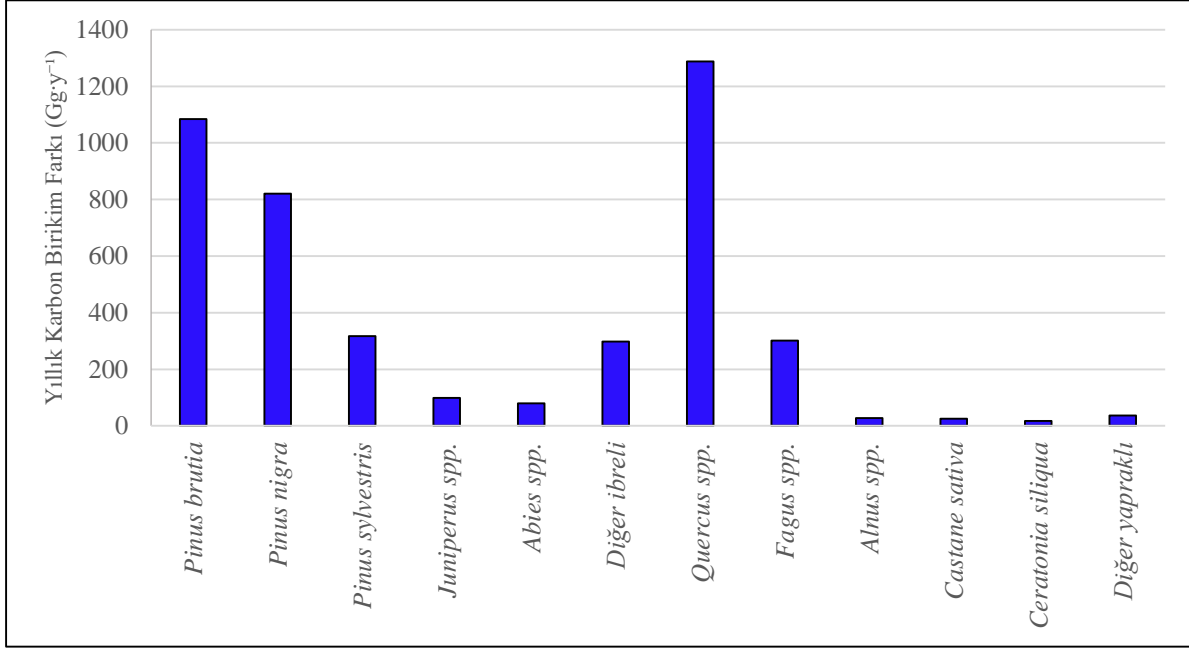
Varsayım olarak, boşluklu kapalı orman alanının %50 sinin iyileştirilebileceği kabul edilen rehabilitasyon çalışmaları sonucunda, normal kapalı orman alanının 12704148 hektardan 17523542 hektara ulaşması beklenmektedir. Bu rehabilitasyon çalışmalarından sonra, verimli ve verimsiz tüm Türkiye ormanlarının biyokütle karbon stoku yaklaşık %20 artarak, 845385 Gg karbona ulaşması ve brüt yıllık karbon birikiminin de $25334 \text{ Gg}\cdot\text{y}^{-1}$ olması tahmin edilmektedir (Tablo 4).

Tablo 4: Rehabilitasyon sonrası beklenen brüt karbon birikimi.

Ağaç Türleri	Normal Kapalı			Boşluklu Kapalı		
	Alan ($1000 \times \text{ha}$)	Biyokütledeki Karbon Stoku (Gg)	Yıllık Karbon Birikimi ($\text{Gg}\cdot\text{y}^{-1}$)	Alan ($1000 \times \text{ha}$)	Biyokütledeki Karbon Stoku (Gg)	Yıllık Karbon Birikimi ($\text{Gg}\cdot\text{y}^{-1}$)
<i>Pinus brutia</i>	4530,7	178579	5620	1079,5	4470	117
<i>Pinus nigra</i>	3488,7	182399	5294	761,2	3144	85
<i>Pinus sylvestris</i>	1200,6	69390	1776	318,4	1208	27
<i>Juniperus spp.</i>	484,1	39562	916	100,7	324	7
<i>Abies spp.</i>	276,0	23287	538	46,8	194	5
Diğer iğne yap.	1157,7	34096	901	506,0	1727	35
<i>Quercus spp.</i>	4220,4	102034	4493	1773,8	6762	305
<i>Fagus spp.</i>	1765,1	180102	4524	134,9	919	20
<i>Alnus spp.</i>	130,0	6147	232	16,8	64	2
<i>Castane sativa</i>	78,3	4744	192	10,1	57	2
<i>Ceratonia siliqua</i>	45,0	1254	47	24,3	76	3
Diğer geniş yap.	147,0	4712	189	47,1	133	5
Toplam	17523,5	826306	24721	4819,4	19078	612

Türkiye ormanlarına ait 2015 yılı verilerinden hareketle, farazi olarak boşluklu kapalı orman alanlarının %50 kısmının rehabilitasyon ile normal kapalılık seviyesine getirilebilmesi halinde, gelecek dönemde orman varlığı, ağaç serveti, biyokütle ve yıllık artımda artışlar olacağı değerlendirilmektedir. Buna dayalı olarak da ormanlardaki biyokütle karbon havuzu ve yıllık karbon birikiminde artışların olması beklenmektedir. Ancak o dönemde gerçekleşecek orman emvali üretimine bağlı olarak eksilecek biyokütle miktarı tahmin edilebilecek olsa bile, orman yangınları ve diğer olağanüstü nedenlerle (Küçük ve ark., 2008) de önemli miktarda biyokütle yok olabileceği için, net karbon birikiminin miktarı öngörülememektedir.

Mevcut yıllık karbon birikimi miktarlarına ilaveten, rehabilitasyon çalışmaları ile gelişecek orman varlığına bağlı olarak, yıllık brüt karbon birikimi $4395 \text{ Gg}\cdot\text{y}^{-1}$ daha fazla artış gösterebilecektir. Ağaç türlerinin biyolojileri ve potansiyel rehabilitasyon alanlarına bağlı olarak, en fazla yıllık karbon bağlama imkânı Meşe, Kızılcım ve Karaçam için beklenmektedir (Şekil 1).



Şekil 1: Biyokütlerdeki mevcut ve rehabilitasyon sonrasında beklenen yıllık karbon birikim artışlarının farkları.

Boşluklu kapalı orman alanlarının rehabilitasyon yöntemlerinden ağaçlandırma çalışmaları hem biyokütle karbon havuzunda hem de ölü organik madde ve toprak karbon havuzlarında karbon birikimi sağlayacaktır. Tolunay ve Aydın (2008) söz konusu biyokütle karbon havuzuna ek olarak, orman ölü örtüsü ve toprağının da önemli karbon havuzlarından olduğunu ifade etmişlerdir. Ağaçlandırılan orman alanlarında toprak üstü biyokütle artışı ile beraber, toprak altı organlarda da önemli miktarda biyokütle artışı ve karbon birikimi gerçekleşmektedir (Güner ve ark., 2010). Türkiye ormanlarında yapılmış toprak ve ölü örtü araştırmalarından derledikleri verilere göre; orman toprağında 78 hektarda megagram ($\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$) ölü örtü ise $5,8 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ organik karbon tutulmaktadır. Dikimle getirilmiş ormanda, dikimden 18 yıl sonra toprak üstü biyokütlesi $29 - 41 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ artmıştır (Wheeler ve ark., 2016). Bu bulguya benzer olarak, Güner ve ark. (2010) 16 yıl önce ağaçlandırılmış alanda toprak altı ve toprak üstü biyokütlerdeki toplam karbon birikiminin $46 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ olduğunu ifade etmektedir. Biyokütle, ölü örtü ve toprak bileşenlerinin tümünün karbon stokunun incelendiği bir ağaçlandırma çalışmasında, ortalama karbon stoku ağaçlarda $61,1 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$, çalılarda $1,1 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$, otlarda $0,6 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$, ölü örtüde $6,6 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ve toprakta $60,1 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ olarak belirlenmiştir (Karataş ve ark., 2017).

Verimsiz ormanların rehabilitasyon yöntemlerinden birisi de baltalıkların koruya tahvili çalışmalarıdır. Bu yöntemle göre, özellikle meşe ve kayın gibi sürgün kökenli baltalık ormanlar imar ve ıslahı yoluyla iyileştirilerek idare süreleri uzatılıp, koru ormanlarına dönüştürülmektedir (OGM, 1983; OGM, 2006; OGM, 2014). Böylece orman alanlarında biyokütle birikimi ve dolayısıyla karbon stokunun devamlılığı sağlanmaktadır. Bunun yanında baltalıktan koruya dönüşen alanlarda toprak ve ölü örtüde de karbon miktarında artış ortaya çıkmaktadır (Makineci, 1999).

Halen bitki yetişme şartlarının mevcut olduğu, bozulmuş ormanlar ile terk edilmiş tarım ve otlak arazileri, doğal olarak yenilenmek için bırakılırsa, daha yüksek karbon ve biyoçeşitlilik değeri olan verimli ormanlara geri

dönüşme potansiyeline sahiptir (Wheeler ve ark., 2016). Rehabilitasyon edilen alanların biyokütle karbon stokunun artması halinde, zamanla ölü organik madde ve toprak karbon havuzlarının karbon stoklarının da artması beklenmektedir (Kueh ve ark., 2016). Tomruk üretimi, birçok orman sahibi için birincil gelir kaynağı olmaya devam etse de karbon piyasaları verimli ormanları geri kazanmak için yakın bir gelecekte yeni bir teşvik olarak giderek daha fazla cazip hale gelebilecektir (Russell-Roy ve ark., 2014).

4. Sonuç ve Öneriler

Yaklaşık olarak 22,3 milyon hektarlık Türkiye ormanlarının yalnızca %56'sı verimli kabul edilen kapalılık düzeyindedir. Geriye kalan %44 ise verimsiz boşluklu kapalı (kapalılık \leq %10) alandır (OGM, 2015). Söz konusu bu verimsiz alanın bir kısmı doğal ve bozulmuş ekolojik şartlar gereği ancak bu düzeyde kapalılık sağlayabildiği halde, bir kısmı yanlış arazi kullanımı ve usulsüz faydalanmalar sebebiyle verimsiz haldedir. Uzun yıllardır yapılmakta olan rehabilitasyon çalışmalarından oldukça güzel sonuçlar elde edilmiş olsa da halan rehabilitasyona konu oldukça geniş alanlar bulunmaktadır (Çalışkan ve Boydak, 2017). Bu çalışmada, söz konusu verimsiz ormanların yarısının imar, ihya, ağaçlandırma vb rehabilitasyon çalışmaları ile verimli hale getirilebildiği varsayımı ile biyokütlede meydana gelebilecek karbon birikiminin tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Yapılan değerlendirmeler neticesinde; 2015 yılı verilerine göre tüm Türkiye ormanlarının biyokütle karbon stoku 705132 Gg karbon olduğu ve yıllık net karbon birikiminin 16180 Gg·y⁻¹ olduğu tespit edilmiştir. Teknik sebeplerle ancak yarısının iyileştirilebildiğini varsaydığımız verimsiz orman alanlarının verimli hale gelmiş olması halinde, mevcut Türkiye ormanlarının biyokütle karbon stokunun 1/5'i kadar daha fazla karbon bağlama imkânı olacaktır. Ayrıca, ölü organik madde ve toprak karbon havuzlarında da artışlar beklenmektedir (Makineci, 2009). Bu konularda yapılmış olan benzer çalışmalar da rehabilitasyona konu ağaç türlerinin karbon birikimine katkıları konusunda, türün potansiyel alanı ve biyolojik özellikleri olmak üzere iki faktörün göz önünde bulundurulması gerektiğine işaret etmektedir (Wheeler ve ark., 2016; Güner ve ark., 2010; Karataş ve ark., 2017). Bu nedenle Türkiye şartlarında en fazla katkı *Quercus spp* (1288 Gg), *Pinus brutia* Ten. (1084 Gg) ve *Pinus nigra* Arnold (821 Gg) türlerinden beklenmektedir.

Tarihi değerlendirmelere göre, doğal veya antropojenik nedenlerle, zaman içerisinde bir kısım orman alanlarının ekosistem yapısı bozulmuştur. Boşluklu kapalı orman alanlarının bir kısmı kolayca iyileştirilebileceği halde, bir kısmı ise geçmiş arazi kullanım biçimine bağlı olarak neredeyse orman olma vasfını tümüyle kaybetmiş olabilir. Bu alanların bir kısmı tümüyle geri döndürülebilme imkanını kaybetmiş olsa bile, büyük kısmı halen ihya edilebilecek potansiyelini korumaktadır. Orman Genel Müdürlüğü tarafından halen yürütülen rehabilitasyon çalışmaları, bozulmuş orman ekosistemlerini onararak, bu alanlarda biyokütle ve karbon birikiminde artış sağlamaktadır. Bu çalışmalara ek olarak, geliştirilecek farklı yöntemler ile yapılabilecek silvikültürel uygulamalar, bakım ve ıslah tedbirleri rehabilitasyon çalışmalarının başarı oranını çok daha yükseleceği değerlendirilmektedir. Ayrıca yeniden oluşturulan ormanların barındıracağı çeşitli bitki, hayvan, mantar ve mikrobiyota sayesinde, kaybetmiş olduğu ekosistem yapısına kısa sürede kavuşması beklenmektedir.

Teşekkür

Bu çalışmanın hazırlanması için gerekli veriler Orman Genel Müdürlüğü tarafından temin edilmiştir.

Kaynaklar

- **Anonymous, (2013).** Ormanlık ve Su Şurası. Ormanların Geliştirilmesi Çalışma Grubu Raporu. S:29, Ankara
- **Arıcak, B., Bulut, A., Altunel, A.O., Sakıcı, O.E. (2015).** Estimating Above-Ground Carbon Biomass Using Satellite Image Reflection Values: A Case Study In Camyazi Forest Directorate, Turkey, Sumarski List, 7-8, ISSN0373-1332, p:369-376.
- **Asan, Ü. (2005).** Ormanlarda Karbon Birikimi ve Yıllık Değişimin Belirlenmesinde Başvurulan Temel Yaklaşımlar, LULUCF Çalışma Grubu Notları.
- **Ataş, E., Bayçelebi, S., Duyar, A., (2009).** Forestry, TURKEY Greenhouse Gas Inventory, 1990 to 2007 Annual Report for submission under the Framework Convention on Climate Change National Inventory Report, TURKISH STATISTICAL INSTITUTE, http://unfccc.int/files/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/application/zip/tur_2009_nir_31jul.zip

- **Ataş, E., Bayçelebi, S., Fırat, Y., Duyar, A., (2010).** Forestry, TURKEY Greenhouse Gas Inventory, 1990 to 2008 Annual Report for submission under the Framework Convention on Climate Change National Inventory Report, TURKISH STATISTICAL INSTITUTE, http://unfccc.int/files/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/application/zip/tur-2010-nir-13april.zip
- **Atay, İ. (1968).** Türkiye'nin orman davası. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University| İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 115-122.
- **Çalışkan, S., ve Boydak, M. (2017).** Afforestation of arid and semiarid ecosystems in Turkey. Turkish Journal of Agriculture ve Forestry, 41(5), 317-330.
- **Duyar, A. (2009).** Orman Genel Müdürlüğü Personeli İçin LULUCF Envanteri Hazırlama Eğitimi Ders Notları. Yayınlanmadı.
- **Evcimen, B. S. (1978).** Development of Forestry Management in Turkey. University of Istanbul Press, Turkey, pp: 62.
- **Gülen, İ., ve Özdönmez, M. (1981).** Türkiye'de orman ve ormancılık. Journal of the Faculty of Forestry İstanbul University| İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 31(2), 1-13.
- **Güner, S., Tüfekçioğlu, A., Duman, A., ve Küçük, M. (2010).** Murgul yalancı akasya ağaçlandırmalarının ve bitişindeki otlak alanların toprak üstü biyokütle, kök kütlesi, kök üretimi ve karbon depolama yönlerinden karşılaştırılması. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi 20-22 Mayıs 2010, Cilt: III, Sayfa: 1045-1055
- **Hoberg, G., St-Laurent, G. P., Schittecatte, G., ve Dymond, C. C. (2016).** Forest carbon mitigation policy: A policy gap analysis for British Columbia. Forest Policy and Economics, 69: 73-82.
- **Karataş, R., Çömez, A., ve Güner, Ş. T. (2017).** Sedir (*Cedrus libani* A. Rich.) ağaçlandırma alanlarında karbon stoklarının belirlenmesi. Ormancılık Araştırma Dergisi, 4(2): 107-120.
- **Kökten, İ. K. (2017).** Anadolu'da prehistorik yerleşme yerlerinin dağılışı üzerine bir araştırma. DTCF Dergisi, 10(3-4).
- **Küçük, Ö., Bilgili, E., Sağlam B., Başkaya, Ş., Dinç Durmaz, B., (2008).** Some Parameters Affecting Fire Behavior in Anatolian Black Pine Slash, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 32(2): 121-129.
- **Kueh, R. J. H., Majid, N. M., Ahmed, O. H., ve Gandaseca, S. (2016).** Assessment of Carbon Stock in Chronosequence Rehabilitated Tropical Forest Stands in Malaysia. Journal of forest and environmental science, 32(3): 302-310.
- **Makineci, E. (1999).** İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Araştırma Ormanındaki baltalıkların koruya dönüştürülmesi işlemlerinin ölü örtü ve topraktaki azot değişimine etkileri, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- **Makineci, E. (2009).** Sapsız meşe (*Quercus petraea* (Matlusch) Lieb.) baltalık ormanında aralamaların çap artımı ve bazı toprak özelliklerine etkileri. Turkish Journal of Forestry, 2: 1-10. Retrieved from <http://dergipark.gov.tr/tjf/issue/20885/224286>
- **OGM, (1983).** Ormanların Gençleştirilmesine İmar Islahına ve Bakımlarına Ait Silvikültürel Esaslar Tebliğ No: 177/A
- **OGM, (2006).** Baltalık Ormanlarının Koruya Dönüştürülmesi Eylem Planı (2006-2015)., Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.
- **OGM, (2014).** Silvikültürel Uygulamaların Teknik Esasları, Tebliğ No: 298
- **OGM, (2015).** Türkiye Ormanlarının Envanter Verileri.
- **OGM, (2016).** Orman Genel Müdürlüğü 2015 Yılı Faaliyet Raporu. Ankara, 2016.
- **OGM, (2017).** Türkiye Orman Varlığı, <https://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/Yayinlar/> Türkiye Orman Varlığı 2016-2017.pdf
- **Penman, J., Gytarsky, M., Hiraishi, T., Krug, T., Kruger, D., Pipatti, R., ... Wagner, F. (2003).** Good practice guidance for land use, land-use change and forestry. Good practice guidance for land use, land-use change and forestry. Published by the Institute for Global Environmental Strategies (IGES) for the The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).
- **Russell-Roy, E. T., Keeton, W. S., Pontius, J. A., ve Kerchner, C. D. (2014).** Rehabilitation forestry and carbon market access on high-graded northern hardwood forests. Canadian Journal of Forest Research, 44(6), 614-627.
- **Sevik H., Cetin M., Guney K., Belkayali N. (2018).** The Effect of Some Indoor Ornamental Plants on the CO2 level during the Day. Pol.J. Environ. Stud., 27(2): 839-844. DOI: 10.15244/pjoes/76243
- **Sevik, H., Cetin, M., Belkayali, N. (2015).** Effects of Forests on Amounts of CO2: Case Study of Kastamonu and Ilgaz Mountain National Parks, Pol.J. Environ. Stud. 24(1): 253-256
- **Tolunay D. (2013).** Türkiye'de Ağaç Servetinden Bitkisel Kütle ve Karbon Miktarlarının Hesaplamasında Kullanılabilecek Katsayılar, Ormancılıkta Sektörel Planlamanın 50. Yılı Uluslararası Sempozyumu, Türkiye, 26-28 Kasım 2013, pp.240-251

- **Tolunay, D. Çömez, A. (2008).** Türkiye Ormanlarında toprak ve ölü örtüde depolanmış organik karbon miktarları. Hava Kirliliği ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu 2008. 22-25 Ekim 2008, Hatay. S: 750-765.
- **Tuik, (2006).** Turkey Greenhouse Gas Inventory,1990 to 2004, Turkish National Inventory Report 2004 – submitted under the United Nations Convention on Climate Change. Ankara, 2006.
- **Tuik, (2007).** Turkey Greenhouse Gas Inventory,1990 to 2005, Turkish National Inventory Report 2005 – submitted under the United Nations Convention on Climate Change. Ankara, 2007.
- **Urbano, A. R. (2016).** Long-term forest carbon storage and structural development as influenced by land-use history and reforestation approach (Doctoral dissertation, The University of Vermont and State Agricultural College).
- **Wardell-Johnson, G. W., Calver, M., Burrows, N., ve Di Virgilio, G. (2015).** Integrating rehabilitation, restoration and conservation for a sustainable jarring forest future during climate disruption. *Pacific Conservation Biology*, 21(3): 175-185.
- **Wheeler, C. E., Omeja, P. A., Chapman, C. A., Glipin, M., Tumwesigye, C., ve Lewis, S. L. (2016).** Carbon sequestration and biodiversity following 18years of active tropical forest restoration. *Forest Ecology and Management*, 373: 44-55.
- **Yolaşmaz, H. A. (2004).** Orman ekosistem amenajmanı kavramı ve Türkiye’de uygulaması, doktora tezi, KT Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.