
SERİ

B

CİLT

45

SAYI

1-2

1995

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

ORMAN FAKÜLTESİ

DERGİSİ



GLOBAL İKLİM DEĞİŞİMİ VE TÜRKİYE ORMANLARI'NDA KARBON BİRİKİMİ

Prof. Dr. Ünal ASAN¹⁾

Kısa Özet

Bu araştırmada önce dünya atmosferinde yükselen CO₂ oranına koşut olarak ortaya çıkan global iklim değişimine ve bu değişimin ormanlar üzerindeki olası etkilerine işaret edilmiş, sonra da dünya ormanlarının iklim değişimini geciktirme yönündeki olumlu katkılarına dikkat çekilmiştir.

Türkiye ormanlarında son 40 yıl içinde gözlenen biyomas değişimi sayısal olarak ortaya konduktan sonra, bu değişim üzerinde etken olan faktörler gözden geçirilmiştir. Toplam biyomas içindeki karbon ile, buna eşdeğer olan CO₂ miktarları, brüt ve net olarak ayrı ayrı hesaplanmak suretiyle, Türkiye ormanlarında süregelen karbon dengesi ve blançosu belirlenmiştir.

1. GİRİŞ

Dünya atmosferinde CO₂ oranının giderek yükselmesi, sera etkisi yapan diğer gazlarla birlikte global iklim değişimine ve sıcaklık artışına neden olmaktadır. 1990 yılında yapılan uluslararası iklim değişimi panelinde (IPCC) ileri sürülen senaryolarda, atmosfer içindeki CO₂ miktarının iki katına çıkması halinde dünya ortalama sıcaklığının gelecek yüzyıl içinde 2-5 °C artacağı ileri sürülmektedir (HARRİNGTON et Al. 1991) Ortalama sıcaklığın global olarak yükselmesiyle değişik orman ekosistemlerinde ne gibi sonuçların ortaya çıkacağı ve bu değişimden bugünkü bitki coğrafyasının ne yönde etkileneceği kesin olarak bilinmemekle birlikte, bu konuda yapılan bazı araştırma sonuçları değişimin dünyanın her yerinde aynı yönde olmayacağını göstermektedir. Sıcaklık ve yağışın birlikte artmasının tüm ağaç türlerinde büyümeyi olumlu etkileyeceği ileri sürülmesine karşın, deniz etkisinden uzak karasal kesimlerde ve büyük kıt'aların iç bölümlerinde kuraklık baş göstereceği ve sonuçta genetik çeşitliliğin azalacağı belirtilmektedir (REİS, 1996).

Kanada'nın Kuzeybatı ve Orta kısımlarında global iklim değişimin bitki coğrafyasında ve ormanların doğal verim güçlerinde ne yönde etkili olacağı Harrington et Al (1991) ve Singh – Wheaton (1991) tarafından araştırılmıştır. 21. yüzyılda ortalama sıcaklığın 1 °C yükselmesinin, Kanada'da Buzul Çağı sonrasındaki Halosen Devri'ne dönmek anlamına geleceğine dikkat çeken Harrington ve Arkadaşları (1991, s. 49), bu görüşlerini Gajevski (1987) ve Daiz et All (1989) in

¹⁾ İ.Ü. Orman Fakültesi, Orman Amenajman Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

yaptığı araştırma sonuçlarına dayanarak ileri sürmektedir. Yağış miktarı değişmeden ortalama sıcaklığın artması halinde Kanada'nın batısındaki boreal ormanların savan haline geleceği ve orman sınırlarının daha kuzeye çekileceğini belirten araştırmacılar, lokal ve bölgesel biojeoklimatik zonların ortaya çıkacağını ifade etmektedirler (HARRINGTON et Al. 1991).

Global iklim değişiminin bitki coğrafyası yanında verimliliği de etkileyeceğine dikkat çeken *Singh – Wheaton*, sıcaklık ve yağışın birlikte yükselmesinin, vecetasyon dönemini uzatmak suretiyle biyokütle artımını da olumlu yönde etkileyeceğini ileri sürmektedirler. Ancak; sıcaklık artarken rutubetin azalması halinde boreal orman kuşağında verimliliğin düşeceğine işaret etmektedirler (SINGH/WHEATON 1991).

Global iklim değişimi karşısında orman ekosistemlerinde uzun dönemde ortaya çıkacak karşı tepki; ekosistem içindeki elemanlar arasında gözlenen karmaşık ilişki, ortak etkileşim ve geri besleme olaylarından ötürü kesin ve güvenli bir biçimde ortaya konamamaktadır. Kuzey Avrupa'nın sub-boreal (Kuzey iğne yapraklı orman zonları) orman bölgelerinde yapılan en son araştırma sonuçları; endüstriyel kirlenme ve iklim değişiminin yaprak ve iğne yapraklardaki biyolojik verimliliği önemli ölçüde etkilediğini göstermiştir. Chertov ve Komarov (1996) tarafından yapılan bir araştırmaya göre, eğer bir kirlilik orman toprağında pozitif ve fakat meşcere verim gücünde negatif bir etki yapmış ise, asit yağışların orman toprağına sağlayacağı kükürt ve azot birikiminden ötürü; global etki pozitif olabilmektedir. Aynı orman kuşağında iklim değişiminin etkisi Norveç Ladini ve Sarıçamlar üzerinde farklı sonuçlar doğurmaktadır. Sarıçam ekosistemlerinde ısı yükselmesi, toplam biyomasda yükselme ve fakat toprak humusunda azalma meydana getirmektedir. Norveç Ladini ekosistemlerinde ise; sıcaklığın yükselmesi de, azalması da toprak içindeki organik maddenin çoğalmasına neden olmaktadır (CHERTOV/KOMAROV 1996). Global iklim değişiminin, yüz yıllar içinde yerlerine ancak adapte olabilmiş yöresel ırkların halihazırda uydukları lokal koşulları değiştireceğini belirten Ledig (1991), mevcut ağaç türlerinin meydana getirdiği kompozisyonların bozulacağını ve ormanların doğal verim güçlerinde azalmalar olacağına işaret etmektedir (LEDİG 1991).

Kuzey Amerika'nın doğu sahillerinde 1200 m yükselti basamağının altındaki Ladin ormanlarında ortaya çıkan büyüme geriliği ve ölümleri iklim değişikliğine bağlayan Van Dausen; Hamburg – Cogbill (1988); Johnson ve Ark. (1988) ve Reams – Cook (1991) tarafından yapılan dendrokronolojik araştırma sonuçlarına da dikkat çekerek, bu ormanlardaki verim düşüşü ve kitlesel ölümleri, son 150 yıl içinde yükselen ortalama sıcaklığa ve özellikle son yaz dönemlerinin uzamasına bağlamaktadır (DAUSEN 1989-1990; DAUSEN ve Ark. 1991). Benzer sonucun Türkiye koşulları için de geçerli olabileceği ve özellikle Bolu, Bursa ve İstanbul'da son zamanlarda görülmeye başlanan Gökmar ölüm ve hastalıkları üzerinde, bu yörelerde son 20 – 30 yıllık zaman esnasında oluşan yoğun yerleşim ve çarpık kentleşmenin neden olduğu ısı adacıklarının etkin olabileceği ileri sürülmektedir (ASAN 1995).

Ülke geneline düzenli bir biçimde dağıtılan 18 adet meteoroloji istasyonunun 1939-1989 yılları arasındaki 50 yıllık kayıtlarını analiz eden *Kadioğlu* söz konusu periyot sonunda minimal ortalama sıcaklığın 0.63 °C yükseldiğini belirlemiştir. Büyük kentler civarında yüksek yerleşim yoğunluğundan kaynaklanan ısı adacıklarının etkisini önlemek amacıyla, buralardaki meteoroloji kayıtlarını değerlendirmeye sokmayan yazar, son 50 yıl içinde zaman zaman azalma gösterse de ortalama sıcaklıktaki genel trendin sürekli yükseldiğini bildirmektedir (KADIOĞLU 1995).

Global iklim değişiminin nedenleri üzerine yapılan araştırmalar, bu fenomen üzerinde iki önemli faktörün etkili olabileceğini ortaya koymuştur ki bunlar; dünya yörüngesinde gözlenen küçük ölçekli saptamalar ile, geçmişten günümüze süregelen doğa tahribatı ve aşırı kaynak tüketimi sonucu atmosfer yapısında gözlenen kompozisyon değişimidir. Sera gazları adı verilen CO₂; Nox; Metan ve Klorflorcarbon gazlarının atmosfer içindeki oranının artması sera etkisine ve

böylece ortalama sıcaklığın yükselmesine neden olmaktadır. Global ısınma adı verilen bu olay üzerinde CO₂ nin etkisi % 55 – 80 olarak tahmin edilmektedir (RETNOWATI, 1996; SHAND 1996).

Atmosfer bileşimindeki gazlar içinde CO₂ oranının yükselme nedenleri; taşıtlarda, ısınmasa ve endüstride enerji kaynağı olarak kömür ve petrol gibi fosil yakıtların kullanılması ile, tropik yağmur ormanları başta olmak üzere, yeryüzündeki tüm orman alanlarında gözlenen tahribat ve daralmalardır (SHAND 1996).

Bu yalın gerçek nedeniyedir ki, atmosfer içinde CO₂ miktarını azaltmak için de iki grup önleme başvurulmaktadır. Birinci grup önlemler; kimi yasal düzenlemeler ile sera gazlarını arttıran faaliyetlere sınır getirmek suretiyle atmosfere bırakılan CO₂ miktarını düşürmektedir. İkinci grup önlemler ise, mevcut orman kaynaklarını korumak ve ağaçlandırma yoluyla yeni ormanlar kurmak suretiyle, hammaddesi CO₂ olan bacasız fabrikaları etkin hale getirerek CO₂ tüketimini hızlandırmaktır. Karbon depolanmasını hızlandırmak amacıyla bozuk orman alanlarının süratle ağaçlandırılması gerçekleşirken bir taraftan da fosil yakıt yerine sürdürülebilir orman ürünlerinin kullanılması (Biyokütle üretimine yönelik enerji ormanlarının kurulması), atmosfer içindeki CO₂ oranını azaltmak için etkin bir yol olarak önerilmektedir (MARLAND/SCHLAMADINGER 1997).

Bilindiği üzere, bütün bitkiler fotosentez yoluyla havadaki CO₂'i alarak organik madde üretmekte ve bunu daha sonra bünyelerinde gerçekleştirdikleri bir dizi kimyasal reaksiyonla diğer organik maddelere dönüştürerek, yaprak, odun, kabuk, meyve, tohum, çiçek ve eterik yağlar halinde kök, gövde ve tepesinin değişik bölümlerinde biriktirmektedir. Havadaki CO₂'nin organik madde haline dönüşmesi, bitkilerin yaprak miktarına bağlıdır. Ormanlar diğer bitki topluluklarına göre en fazla yaprak miktarına sahip olduklarından mer'alara ve tarımsal bitki topluluklarına oranla daha fazla CO₂ tüketmektedir. Açıklanan bu nedenlerden ötürüdür ki; yeryüzündeki orman alanlarının korunması ve ağaçlandırma yoluyla genişletilmesi, pek çok araştırmacı tarafından global iklim değişimini geciktirmede en etkin yöntem olarak önerilmektedir (BOOTH 1991; BRUENIG 1991; BOUVAREL 1991; PANHWAR 1996).

Ormanların CO₂ tüketimi, sağlığına, yaşına ve bulunduğu konuma göre değişmektedir. Tropik yağmur ormanlarının CO₂ tüketimi (absorbsiyonu) ile, boreal zondaki iğne yapraklı ormanların tüketimi birbirinden farklıdır (SHAND, 1996). Bu farklılık, aynı orman kuşağında bulunan değişik ağaç türleri arasında da gözlenmektedir. Nitekim, tropik yağmur ormanlarında beş değişik tür (*Albizia procera*, *Dalbergia sisoo*, *Pongamia pinnata*, *Azadirachta indica* *Eucalyptus cladocalyx*) üzerinde yapılan bir araştırma sonucu; net asimilasyon miktarının ağaç türlerine göre değiştiğini ve özellikle *Eucalyptus cladocalyx* in üretiminin havadaki CO₂ oranına koşturarak olarak yükseldiğini göstermiştir. CO₂ miktarının 380 ppm olması halinde % 13.2 olan net fotosentez oranının, CO₂ nin 800 ppm e yükselmesiyle % 29.5 a çıkabildiği belirlenmiştir (PALANISAMY /GUPTA 1996).

Tropik ormanlar yeryüzündeki en büyük karbon depolarıdır. Toplam karbon birikiminin % 80 i tropik ormanlardadır. Tropik ormanları % 17 ile ılıman zon, % 3 ile de boreal (Soğuk ibreli orman kuşağı izlemektedir) (BROWN 1997).

Orta Avrupa için yapılan bir iklim senaryosuna göre; 2030 yılında ortalama sıcaklıkta 0.8 – 1.8 °C artış, yağış miktarında % 5-25 oranında azalış bekleneceğine dikkat çeken Szedlak (1996), bu koşullara göre değişecek iklimin orman sınırını daha kuzeye götüreceğini, bunun da ağaç ölüm ve hastalıklarını arttıracaklarını ileri sürmekte ve Macaristan'da orman işletme ve amenajman planlarının bu faktörleri gözetecek biçimde düzenlenmesi gerektiğini bildirmektedir (SZEDLAK 1996). Macaristan'da son 150 yıllık gözlem sonuçlarına göre, vecetasyon dönemi içindeki ortalama sıcaklığın onar yıllık periyotlar itibariyle yaklaşık 0.13 °C arttığını ve bunun

sonucu olarak vejetasyon süresinin 20 gün uzadığını belirtmektedir. Bu durumun genel olarak üretimi arttırdığına dikkat çeken yazar, gelecek 50 yıl içinde ortalama sıcaklığın 1.5 °C yükselmesiyle orman sınırının 225 km daha kuzeye ve Alpin zonda 200 m daha yukarı çıkacağını ve fakat, bu durumda ortaya çıkacak yaz kuraklığının Gürgen, Kayın, Sarıçam ve Meşe türlerinin yayılışında etkili olacağını da ileri sürmektedir (SZEDLAK 1996).

Litvanya ormanlarında, Buzul Çağı sonrasında ortaya çıkan verim artışı ise, *Kairiukstis* ve arkadaşları tarafından araştırılmıştır. Biyolojik kaynakların değişen çevre için en iyi endikarör olduğuna işaret eden bu araştırmacılar, ortalama yıllık yağış ve sıcaklık ile orman ekosistemlerinin verim gücü arasındaki kuvvetli ilişkiden yararlanarak, Buzul Çağı sonrasında Litvanya'daki değişik ekosistemlerin verim güçlerini tahmin etmişlerdir. Yaptıkları hesaplamalar sonucunda hektardaki bitkisel kütle için Buzul Çağı sonunda 320 ton/ha iken, bu yüzyılın ortalarında 34 ton/ha ya, yıllık biyokütle artımının ise, 12 ton/ha dan 7.5 ton/ha ya indiğini belirlemişlerdir. Son 40 yıl içinde orman alanlarının genişlemesiyle yeniden yükselmeye başlayan biyokütle üretiminin, yılda ortalama 200 milyon ton CO₂ yi fazladan absorbe ettiğine dikkat çekmişlerdir (KAIRIUKSTIS/BANBLAUSKAS/KLAIPEDA 1996).

Orman ekosistemlerinin atmosfer içindeki CO₂ değişimi üzerindeki etkileri; biyokütle araştırmaları ve karbon birikimi çalışmaları ile ortaya konmaktadır. Bu amaçla, önce ormanda fotosentez yoluyla oluşan eşdeğer CO₂ miktarı hesaplanmaktadır. Belirli zaman dilimleri içindeki karbon bilançosu ise; ormanların ürettiği bitkisel kütle ile, bu kütlede silvikültürel müdahaleler ile çıkartılan bitkisel kütle farkını belirleyip birbirinden çıkarmak suretiyle ortaya konmaktadır (MATTHEVS et Al, 1991). Son zamanlarda konu ile ilgilenen bazı araştırmacılar; karbon bilançosuna doğal yolla kuruyup ölen orman tabanında biriken yaprak, iğneyaprak, dal ve gövde artıkları ile humusun da dahil edilmesini öngörmektedir.

Ormanlardaki ağaç serveti ve bu servete ilişkin cari artımlar ile yıllık kesimlere ilişkin düzenli envanter kayıtlarının bulunması halinde, karbon değişimi ve bilançosunun ülke veya bölge bazında saptanması kolayca gerçekleştirilebilmektedir. Düzenli ve yeterli doğrulukta kayıt bulunmadığı ülkelerde ise, böyle bir tablonun ortaya konması bazı güçlükler arz etmektedir.

Bu araştırmanın amacı; karbon birikimi ve bilançosu yönünden Türkiye ormanlarında 1960-1995 yılları arasındaki dönemi kapsayan son 35 yıllık durumu incelemektir. Ancak, ülke orman varlığına ilişkin düzenli kayıtların elde bulunmaması nedeniyle, Türkiye ormanlarındaki alan, ağaç serveti, artım ve eta değişimini saptamak amacıyla izlenen prosedür ayrıntılı biçimde açıklanmıştır. Orman kaynaklarında zaman içinde ortaya çıkan değişim sayısal olarak ortaya konduktan sonra, bu trend üzerinde etken olan faktörlere işaret edilmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

2.1 Araştırma Materyalinin Toplanması

Bir önceki kesimde verilen bilgilerden de kısaca anlaşılacağı üzere; değişik ülkeler, orman kaynaklarına ilişkin karbon birikimi ve bilançosuna çıkarmak için 5-10 yıl ara ile düzenli biçimde yaptıkları ulusal orman envanteri sonuçlarını kullanmaktadırlar. Periyodik olarak yineledikleri orman envanteri ile; orman alanlarında, bu alanlar üzerindeki ağaç serveti ve bu servetin yıllık cari artımlarında, planlanan ve gerçekleşen eta miktarlarında, bu etalardan sağlanan endüstriyel ve yakacak odun miktarlarında, ağaçlandırma alanlarında, ağaç türlerinin değişik türler itibarıyla kompozisyonlarında, ormanlarından beklenen fayda ve fonksiyonlarda ve özellikle üretim dışı bırakılan koruma ormanlarında ortaya çıkan değişiklikleri belirlemektedirler. Envanter sonuçlarını karşılaştırmak suretiyle, önce ormanlardaki biyokütle miktarının değişimi yön ve miktar itibarıyla saptanmakta, sonra da bu miktarlar fırın kurusu maddeye dönüştürülerek karbon bilançosu

Çizelge 1: Türkiye ormanlarının alansal dağılımı

Envanter Dönemi	Meşcere Tipi	Koru (Ha)	Baltalık (Ha)	Toplam (Ha)
1963-1972*	Normal	6 176 899	2 679 558	8 856 457
	Bozuk	4 757 708	6 585 131	11.342 839
	Toplam	10 934 607	9 264 689	20 199 296
1973 – 1995**	Normal	7 729 635	2 563 950	10 293 585
	Bozuk	5 580 984	4 684 691	10 265 675
	Toplam	13 310 619	7 248 641	20 599 260

Kaynaklar * Türkiye orman envanteri (OGM 1980)

** Orman idaresi ve planlama dairesi arşivleri

Çizelge 2: Türkiye ormanların mevcut dikili ağaç serveti

Envanter Dönemi	Meşcere Tipi	Koru Ormanları (m ³)			Baltalık (Ster)
		İğne Yapraklı	Yapraklı	Toplam	
1963-1972*	Normal	548 698 880	210 033 317	758 732 197	117 734 424
	Bozuk	44 407 988	9 941 859	54 349 847	45 505 717
	Toplam	593 106 868	219 975 176	813 082 044	163 240 141
1973 – 1995**	Normal	688 482 676	271 519 897	960 002 573	112 979 746
	Bozuk	45 482 512	15 131 849	60 614 362	38 264 255
	Toplam	733 965 188	286 651 746	1 020 616 934	151 062 001

Kaynaklar * Türkiye orman envanteri (OGM 1980)

** Orman İdaresi ve Planlama Dairesi arşivleri

Çizelge 2: Türkiye ormanlarındaki yıllık cari hacim artımı

Envanter Dönemi	Meşcere Tipi	Koru Ormanları (m ³)			Baltalık (Ster)
		İğne Yapraklı	Yapraklı	Toplam	
1963-1972*	Normal	15 593 042	5 198 630	20 791 672	6 417 596
	Bozuk	1 092 668	251 076	1 343 744	1 486 123
	Toplam	16 685 710	5 449 706	22 135 416	7 903 719
1973 – 1995**	Normal	18 145 929	6 487 222	24 633 151	6 470 326
	Bozuk	1 002 501	340 222	1 342 723	1 148 553
	Toplam	1 9 148 430	6 827 444	25 975 874	7 618 879

Kaynaklar * Türkiye orman envanteri (OGM 1980)

** Orman İdaresi ve Planlama Dairesi arşivleri

35 yıllık dönem içinde Türkiye ormanlarında yapılan ağaçlandırma faaliyetleri, endüstriyel ve yakacak odun miktarları, millî park, tabiat parkı ve doğayı koruma alanları Çizelge 4 de gösterilmiştir.

Çizelge 4: Türkiye ormanlarına ait bazı istatistiklerin zaman içindeki değişimi

Karakteristikler	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995
Ağaçlandırma Alanı Mily. Ha.	0.110	0.180	0.325	0.435	0.600	0.935	1.460	1.560
İğneyapraklı Oranı %	62.45	62.87	63.25	63.54	63.93	64.23	64.50	64.73
Muhafazaya Ormanı %	0.5	0.7	1.0	1.5	2.0	2.2	2.4	3.3
Yıllık Cari Artım Mil. M ³	26.376	27.057	27.757	28.485	29.238	30.144	30.808	31.69
Toplam Ağaç Serveti Mil. M ³	850.57	884.647	920.59	959.485	998.456	1041.58	1084.97	1133.91
Yıllık Eta (Gerçekleşen) Mily. M ³	14.593	17.656	22.211	25.149	24.909	23.773	18.819	17.011
Yıllık Eta (Planlanan) Mil. M ³	22.78	22.78	22.78	17.548	17.548	17.548	20.614	19.117

Kaynaklar V., VI., VII. Beş Yıllık Kalkınma Planları, Özel İhtisas Komisyonu Raporları. (DPT, 1985, 1990, 1995).)

2.2.1 Türkiye Ormanlarındaki Ağaç Servetinin Zaman İçindeki Değişimi

1960-1995 yılları arasındaki 35 yıllık dönemde Türkiye ormanlarında mevcut dikili gövde hacminin ağaç türleri itibariyle zaman içindeki periyodik değişimi, Çizelge 2 de verilen envanter sonuçları yardımıyla tahmin edilmiştir. Orman ekosistemlerinde büyüme, yıllık cari artımların servet üzerine eklenmesiyle birleşik faiz gibi gerçekleştiğinden; 1960 yılından itibaren her 5 yıllık periyot sonunda ulaşılan dikili gövde hacmi, aşağıda verilen Leibniz Formülü ile hesaplanmıştır (KALIPSIZ 1984):

$$C \text{ } \forall s = GSVb \times (1 + (p/100))^n \quad (1)$$

Formülde GSVs, periyot sonunda ulaşılan ağaç servetini (m³) ; GSVb, periyot başında mevcut dikili ağaç servetini (m³); p, hacim artım yüzdesini; n ise periyot uzunluğunu (Yıl) göstermektedir.

1 No. lu formülde verilen hacim artım yüzdesi (p), yapraklı / iğneyapraklı ağaç grupları ve orman formları itibariyle ayrı ayrı hesaplanmıştır. Hesaplamalarda Pressler Formülü kullanılmıştır (KALIPSIZ 1984).

$$Pv = (200 / m) \times (GSVs - GSVb) / (GSVs + GSVb) \quad (2)$$

Formülde GSVs ve GSVb sırasıyla 1995 ve 1972 yıllarındaki envanter sonuçlarını (m³), n ise bu yıllar arasındaki zaman aralığını (23 yıl) göstermektedir.

Yukarıdaki formüller ve Çizelge 2 de verilen değerler kullanılmak suretiyle, ağaç türleri ve orman formları itibariyle hesaplanan hacim artım yüzdeleri aşağıda gösterilmiştir:

İğne yapraklı Koru Ormanları İçin Hacim Artım yüzdesi	% 0.92297
Yapraklı Koru Ormanları İçin Hacim Artım Yüzdesi	% 1.14442
Baltalık Ormanlar İçin Hacim Artım Yüzdesi	% 0.33692

olarak belirlenmiştir. Türkiye'de baltalık orman alanları koruya tahvil çalışmaları ve ağaçlandırmalar nedeniyle azaldığı için bu ormanlara ait yüzde; (-) negatif olarak hesaplanmıştır. Hem yukarıdaki hesaplar ve hem de daha sonra yapılan hesaplamalarda standardı sağlamak

amacıyla, baltalık ormanlarında Ster olarak verilen hacim ve artımlar, m^3 e dönüştürülmüştür. Bu dönüşüm sırasında Ster katsayısı 0.75 olarak kabul edilmiştir.

Türkiye ormanlarında mevcut ağaç servetinin ağaç türü ve orman formları itibariyle değişimi 1 ve 2 numaralı formüller yardımıyla hesaplanarak Çizelge 5 de topluca gösterilmiştir. Toplam ağaç servetinin zaman içindeki değişimi Şekil 2 de grafik olarak ta gösterilmiştir.

Çizelge 5: türkiye ormanlarındaki ağaç servetinin zaman içindeki değişimi¹⁾

YILLAR	Koru Ormanları		(xMil m^3)	Baltalık ²⁾	Toplam
	İğne Yapraklı	Yapraklı	Toplam	(xMil m^3)	(xMil m^3)
1960	531.194	191.103	723.097	127.473	850.570
1965	556.164	203.136	759.300	125.347	884.647
1970	582.308	215.026	797.374	123.256	920.590
1975	609.681	227.613	837.294	121.201	959.495
1980	638.341	240.936	879.277	119.179	998.456
1985	668.349	255.039	923.388	117.192	1040.580
1990	699.767	269.968	969.735	115.238	1084.973
1995	733.965	286.652	1020.617	113.296	1133.913

1) m^3 dikili ve kabuklu gövde hacmi

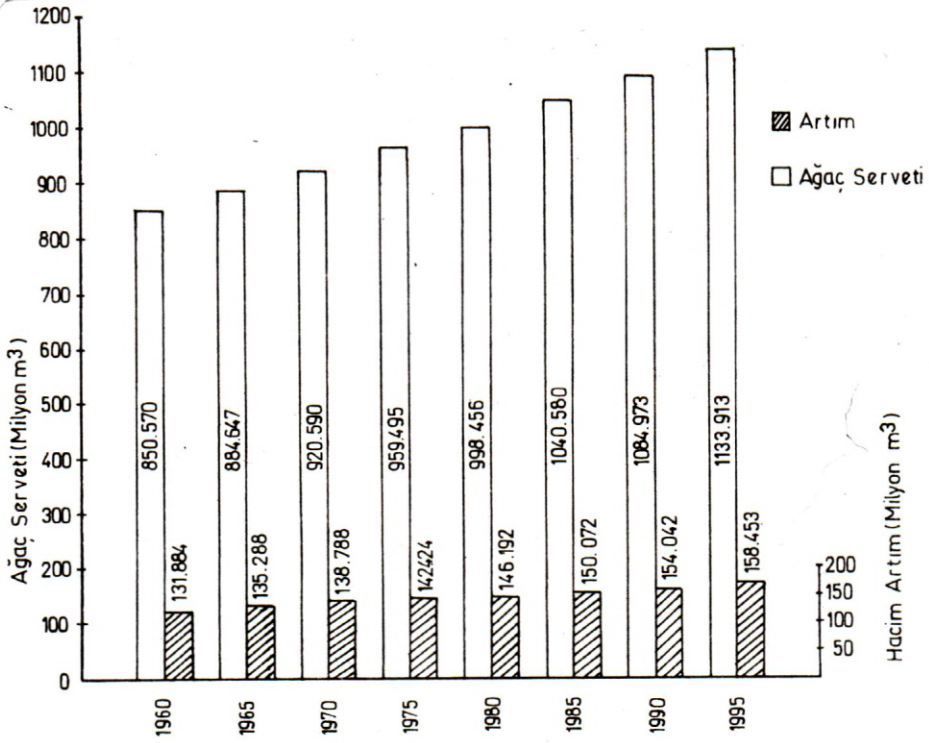
2) Ster olarak verilen hacmin m^3 e dönüştürülmesinde 0.75 katsayısı kullanılmıştır.

2.22 Türkiye Ormanlarındaki Yıllık Cari Hacim Artımının Zaman İçindeki Değişimi

Yıllık cari hacim artımının 1960-1995 yılları arasındaki 35 yıllık zaman içinde beşer yıllık periyotlar itibariyle değişimini belirleme amacıyla yine bir önceki kesimde açıklanan yöntemlerden ve Çizelge 3 de verilen miktarlardan yararlanılmıştır. Bu amaçla önce her ağaç türü ve orman formu için, envanter dönemleri itibariyle ayrı olmak üzere hacim artım yüzdesi hesaplanmış, sonra da bu yüzdeler arasındaki farklar 23 ile bölünmek suretiyle, hacim artım yüzdesinin zaman içindeki değişimi hesaplanmıştır. Envanter dönemlerine ait hacim artım yüzdeleri, ağaç türleri itibariyle aşağıda olduğu gibi belirlenmiştir:

	1972	1995
İğne yapraklı Ormanlar İçin Hacim Artım Yüzdesi	0.02813	0.02609
Yapraklı Ormanlar İçin Hacim Artım Yüzdesi	0.02427	0.02382
Baltalık Ormanlar İçin Hacim Artım Yüzdesi	0.04842	0.05043

Her bir periyodun ortalama hacim artımları, ilgili periyotlara ait ağaç serveti hacimlerini artım yüzdeleri ile çarpmak suretiyle belirlenmiştir. Açıklanan yol izlenerek elde edilen sonuçlar Çizelge 6 da sayısal, Şekil 2 de grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 2: Türkiye ormanlarında ağaç servetinin zaman içindeki değişimi

Çizelge 6: Türkiye ormanlarındaki periyodik hacim artımının zaman içindeki değişimi¹⁾

YILLAR	Ormanları		(xMil m ³)	Baltalık ²⁾	Toplam
	İğne Yapraklı	Yapraklı	Toplam	(xMil m ³)	(xMil m ³)
1960	77.528	24.170	101.698	30.186	131.884
1965	79.948	25.382	105.530	29.958	135.288
1970	82.396	26.663	109.059	29.729	138.788
1975	84.928	27.996	112.924	29.500	142.424
1980	87.516	29.406	116.992	29.270	146.192
1985	90.160	30.872	121.032	29.040	150.072
1990	92.824	32.409	125.233	28.809	154.042
1995	95.746	34.140	129.886	28.567	158.453

1) m³ dikili ve kabuklu gövde hacmi

2) Ster olarak verilen hacmin m³ e dönüştürülmesinde 0.75 katsayısı kullanılmıştır.

3. TÜRKİYE ORMANLARINDAKİ TOPLAM BİYOKÜTLENİN ZAMAN İÇİNDEKİ DEĞİŞİMİ

Türkiye ormanlarında *Sun et Al.* (1978), *Uğurlu et Al.* (1976) ve *Saracoğlu* (1993) tarafından yapılan biyomas çalışmalarının sadece toprak üstünü kapsaması nedeniyle, bu çalışmanın konusu olan global biyokütle de toprak üstü ile sınırlı kalmıştır. Gerçek karbon bilançosu için toprak altındaki ağaç köklerinin, humusun ve orman tabanındaki ölü ve diri örtüye ait miktarların da belirlenerek hesaplamalara sokulması önerilmekte ise de, elde bu konuda araştırma sonucu bulunmadığı için, bu çalışmada hesaplanan biyokütle içinde sadece gövde dal ve yapraktan oluşan biyokütle ile sınırlı kalmıştır. Ancak; belki de sayılan diğer öğelere ait biyomasın toplam biyomas içindeki payının az olması nedeniyle, günümüzde yapılan benzer çalışmalarda da gövde, dal ve yapraktan oluşan biyomas ile yetinildiği ve kimi çalışmalarda sadece dikili gövde hacminin esas alındığı gözlenmektedir.

Türkiye ormanlarındaki toprak üstü toprak biyokütlenin hesaplanması, ağaç türü grupları (Yapraklı ve İğne yapraklı) itibarıyla gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla önce Çizelge 2 ve 3 de verilen kabuklu gövde hacimleri fırın kuru ağırlığa dönüştürülmüş, sonra da bu miktarlar her ağaç türü grubu için ayrı bir katsayı ile çarpılmak suretiyle, dikili gövde hacmine karşı gelen fırın kuru biyokütle miktarları, toprak üstü toplam bitokütle (Gövde + tepe) dönüştürülmüştür.

Ağaç türü gruplarının fırın kuru ağırlıkları, her türün kendi spesifik ağırlığını ilgili türün genel hacim içindeki oranı ile çarpmak ve elde edilen rakamlar toplamını genel hacime bölmek suretiyle, ağırlıklı ortalama halinde hesaplanmıştır. Açıklanan yöntem izlenmek uretiyle, ortalama fırın kuru ağırlıklar iğne yapraklı ağaç grubu için 0.473, yapraklı ağaç grubu için 0.640 olarak hesaplanmıştır.

Dikili gövde biyokütlesini toplam biyokütleyle çevirmek için kullanılan katsayılar ise, iğne yapraklı korular için 1.20, yapraklı korular için 1.25, baltalıklar için ise 1.40 olarak belirlenmiştir. Bu oranlar; *Sun et Al* (1978), *Uğurlu et Al.* (1976), *Saracoğlu* (1993) tarafından yapılan araştırma sonuçlarını, *Alemdağ* (1983) ve (1984) tarafından yapılan araştırma sonuçları ile karşılaştırmak suretiyle belirlenmiştir.

Türkiye ormanlarındaki biyokütlenin zaman içindeki değişimi aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır:

$$EB = GSV \times ODM \times CF \quad (3)$$

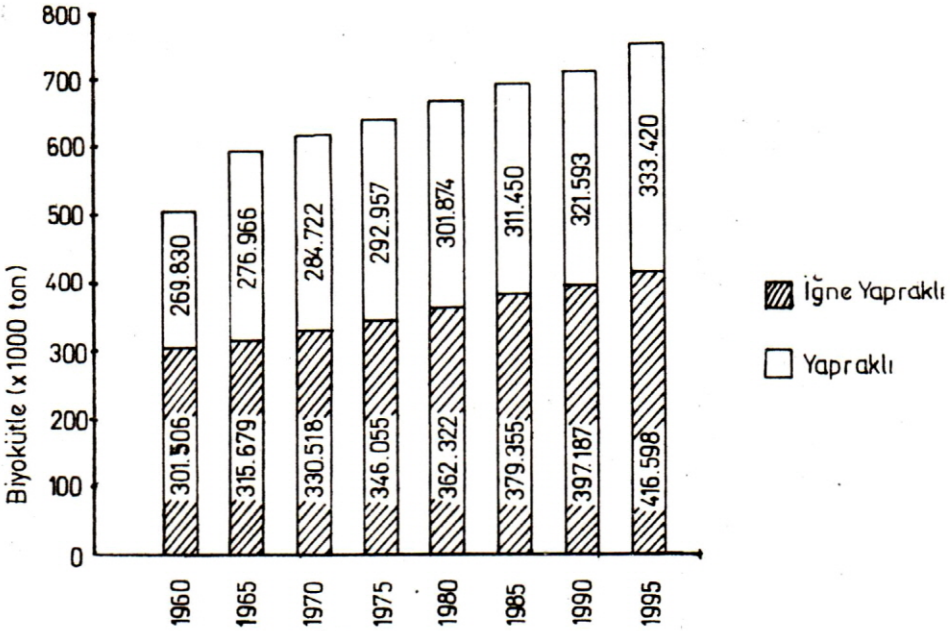
Formülde EB, toprak üstü global biyoması (ton); GSV, her ağaç türü grubu için Çizelge 5 ten alınan toplam dikili gövde hacmini (m³), ODM, her tür grubu için daha önce saptanan (Yapraklı için 0.640, iğne yapraklılar için 0.473) fırın kuru ağırlıkları; CF ise, dikili gövde hacmine karşı gelen biyokütleyi toprak üstü toplam biyokütleyle çevirmek için (İğne yapraklılarda 1.20; yapraklılarda 1.25; baltalıklarda 1.40) kullanılan dönüşüm faktörleridir.

Toplam biyokütlenin 3 numaralı formül yardımıyla hesaplanan miktarlarının zaman içindeki değişimi Çizelge 7 de sayısal, Şekil 3 te grafiksel olarak gösterilmiştir.

Çizelge 7: Türkiye ormanlarındaki toplam biyokütlenin zaman içindeki değişimi

YILLAR	Biyokütle (x100 Ton)		
	İğne Yapraklı	Yapraklı	Toplam
1960	301 506	269 830	571 336
1965	315 679	276 966	592 645
1970	330 518	284 722	615 240
1975	346 055	292 957	639 012
1980	362 322	301 874	664 196
1985	379 355	311 450	690 805
1990	397 187	321 593	718 780
1995	416 598	333 420	750 018

* Baltalıklara ait biyokütle, yapraklılar üzerine eklenmiştir.



Şekil 3: Türkiye ormanlarındaki biyokütlenin zaman içindeki değişimi

4. TÜRKİYE ORMANLARINDA KARBON BİRİKİMİ VE DÖNGÜSÜ

Türkiye ormanlarındaki karbon birikimi ve döngüsü, yıllık cari hacim artımlarına ve kesimler sonucu elde edilen endüstriyel ve yakacak odun miktarlarına dayanılarak bölünmüştür. Bu amaçla önce beşer yıllık periyotlar itibarıyla Türkiye ormanlarında gerçekleşen cari biyokütle artımları hesaplanmış, sonra da aynı periyotlarda ormanlardan kesimler yoluyla çıkartılan endüstriyel ve yakacak odunların toplam biyokütlesi araştırılmıştır. 1960 – 1995 yılları arasındaki 35 yıllık dönemde ülke ormanlarında gerçekleşen cari biyokütle atımının zaman içindeki değişimi

Çizelge 8 de, aynı zaman içinde ormanlardan kesilerek çıkartılan biyokütlenin değişimi, Çizelge 9 da gösterilmiştir.

Çizelge 8: Türkiye ormanlarında periyodik biyokütle artımının zaman içindeki değişimi (x1000 Ton)

Yıllar	İğne Yapraklı	Yapraklı ¹⁾	Toplam
1960	44 005	46 474	90 750
1965	45 378	47 517	92 895
1970	46 768	48 342	95 110
1975	48 205	49 210	97 415
1980	49 674	50 139	99 813
1985	51 175	51 113	102 288
1990	52 687	52 144	104 831
1995	54 345	53 321	666

1) Baltalıklara ait biyokütle, yapraklılar üzerine eklenmiştir

Çizelge 9: Türkiye ormanlarından kesilerek çıkartılan biyokütlenin zaman içindeki değişimi (x 1000 Ton)

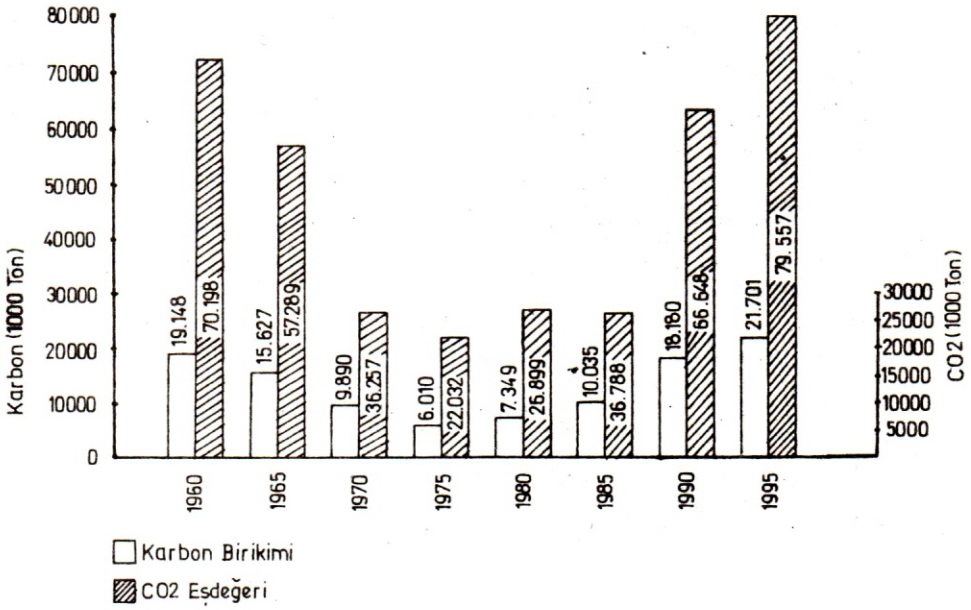
Yıllar	İğne Yapraklı	Yapraklı ¹⁾	Toplam
1960	30 787	17 411	48 198
1965	35 937	22 231	58 168
1970	43 732	29 400	73 132
1975	49 697	34 363	84 060
1980	48 946	34 535	83 481
1985	46 328	33 660	79 988
1990	35 303	29 128	64 431
1995	31 001	28 440	59 441

1) Baltalıklara ait biyokütle, yapraklılar üzerine eklenmiştir.

1960 – 1995 yılları arasında Türkiye ormanlarında biriken biyokütlenin ve buna karşı gelen karbon miktarı ile bu karbon miktarına eşdeğer CO₂ nin yıllar içindeki değişimi Çizelge 10 da sayısal, Şekil 4 te grafiksel olarak gösterilmiştir.

Çizelge 7: Türkiye ormanlarındaki toplam biyokütlenin zaman içindeki değişimi

YILLAR	Toplam	Biyokütle	(x100 Ton)	Karbon Birikimi	CO ₂ Eşdeğeri
	Cari Artım	Kesim	(2 – 3)	(2-3)x0.45 Ton	5 x 3.66 x 1000 Ton
1	2	3	4	5	6
1960	90 750	48 158	42 552	19 148	70 198
1965	92 895	58 168	34 727	15 627	57 289
1970	95 110	73 132	21 978	9 890	36 257
1975	97 415	84 060	13 355	6 010	22 032
1980	99 813	83 481	16 332	7 349	26 899
1985	102 288	79 988	22 300	10 035	36 788
1990	104 831	64 431	40 400	18 180	66 648
1995	107 666	59 441	48 225	21 701	79 557



Şekil 4: Türkiye ormanlarında karbon birikiminin zaman içindeki değişimi (1960-1995)

5. BULGULAR

Çizelge 1 ve 2 de verilen bilgilerden de kolayca anlaşılacağı üzere, Türkiye orman varlığı 1960-1995 yılları arasında alan ve hacim olarak önemli bir artış göstermiştir. 35 yıllık zaman dilimi içinde orman alanında yaklaşık 400 bin ha, ağaç servetinde ise 200 milyon m³ artma gözlenmektedir. Orman kaynaklarının kaçak ve usulsüz kesimlerle süratle tüketildiği, özellikle arazi rantının yüksek olduğu yörelerdeki açma ve işgallerin binlerce hektarı aşığı, ve keza orman yangınları trendinde her hangi bir düşüş görülmediği gerçeğinden hareketle, ilk bakışta böyle bir yükselişin mümkün olamayacağı ileri sürülse de, orman kaynaklarımızdaki bu artış hiç te anormal değildir. Çünkü; Çizelge 3 ve 4 te de görüldüğü gibi, Türkiye ormanlarının yıllık cari hacim artımı başlangıçtaki durumuna göre yaklaşık 3.6 milyon m³/yıl artmıştır. Bu yükselişin birinci nedeni son 35 yılda gerçekleştirilen 1.6 milyon ha lık ağaçlandırma ile, özellikle yaşlı ve seyrek Kızılçam ormanlarında doğal gençleştirme yoluyla yükseltilen artım performansdır. Çünkü, ilk ulusal orman envanteri sonuçlarına göre toplam 11.34 milyon ha ya ulaşan bozuk orman alanlarında ortalama servet yaklaşık 11 m³/ha, cari artım 0.25 m³/ha iken, 35 yıl sonra 10.26 milyon ha ya inen bu alanlardan normal koruya dönüştürülen yaklaşık 1.08 milyon ha ında ortalama servet 100 m³/ha ya, yıllık cari artım 5 m³/ha ya yükseltilmiştir. Yaklaşık 500 bin ha alan ise, eski orman içi açıklıklardan seçilerek ağaçlandırılmıştır.

Türkiye ormanlarındaki biyokütle birikimi ve buna bağlı olarak karbon depolanmasının 35 yıllık trendi Çizelge 8, 9 ve 10 da sayısal, Şekil 2 de grafik olarak görünmektedir. Çizelge 8 e göre,

Türkiye ormanlarında beşer yıllık periyotlar itibarıyla cari biyokütle artımı 90.75 milyon ton dan başlayarak devamlı yükselerek 107.666 milyon tona yükselmiştir. Aynı zaman dilimi içinde ormanlardan kesilerek çıkartılan biyokütle miktarı ise, yine sürekli yükselerek 48.198 milyon tondan 59.441 milyon tona ulaşmıştır. Cari artım ile kesim arasındaki fark ise, önce azalan, sonra yükselen bir trend göstermektedir. 1960 yılında 42.552 milyon ton olan biyokütle birikimi 1975 yılına kadar devamlı azalarak 13.355 milyon tona kadar düştükten sonra, 1980 periyodundan itibaren yükselme trendine girmiş ve 1995 yılında 48.225 milyon tona çıkmıştır.

Türkiye ormanlarında biyokütle birikiminin ana nedenleri aşağıda sıralanmıştır.

- Bozuk orman alanlarının ve orman içi açıklıkların ağaçlandırılması,
- Üst orman zonlarında ve sarp araziler üzerindeki ormanların muhafazaya ayrılarak bu ormanlarda kesim yapılmaması,
- Seyrek kapalı meşcerelere eta verilmemesi ve böylece bu ormanlarda servet birikiminin sağlanması, artım performanslarının yükseltilmesi,
- Yaşlı, seyrek ve artımdan düşmüş meşcereleri doğal yolla gençleştirmek suretiyle bu meşcerelerin artım performanslarının yükseltilmesi,
- Orman içi ve civarı yerleşik nüfusun (Özellikle genç ve ormana zararlı) kente göçü ve böylece eski tarım alanlarından bir bölümünün yeniden ormanlaşması,
- Orman içi otlatmalarından vazgeçilerek, ahır hayvancılığına dönüşmesi

Türkiye ormanlarındaki karbon blançosunun zaman içindeki değişimi de doğal olarak net biyokütle birikimine benzer trend göstermektedir. Nitekim, 1960 yılında 19.148 milyon ton olan birikim 1975 yılında 6.010 milyon tona geriledikten sonra 1995 yılında 21.701 milyon tona yükselmiştir. Bu birikime bağlı olarak ta, 1960 yılında Türkiye ormanlarının atmosferden emdiği karbondioksit miktarı 70.198 milyon ton dan 22.032 milyon tona geriledikten sonra 1975 yılından itibaren giderek artmak suretiyle 1995 yılında 79.557 milyon tona çıkmıştır.

Türkiye ormanlarının karbon blançosu Şekil 2 de grafik olarak da görülmektedir. Tablo ve grafik, Türkiye ormanlarında her yıl giderek artan oranda karbon biriktiğini, böylece, ülkemiz orman kaynaklarının kullanım biçiminin sera etkisine olumsuz etkilemediğini, aksine giderek artan oranda karbon birikimi yaparak, global iklim değişimini olumlu yönde etkilediğini ortaya koymaktadır. Ancak, ülke ormanlarının yarısının halen bozuk nitelikte olduğu kalan yarısının ise yine önemli oranda seyrek ve yaşlı meşcerelerden oluştuğu dikkate alınır, Türkiye'nin karbon depolanması yönünden çok büyük bir potansiyele sahip olduğu anlaşılmaktadır.

KAYNAKLAR

ALEMDAG, S., 1983: *Mass Equation And Merchantability Factors For Ontario Softwoods*. Can. For. Ser. Pi-X-23, P. 24.

ALEMDAG, S., 1984: *Total Tree And Merchantable Stem Biomass Equations For Ontario Hardwoods*. Can. For. Ser. Pi-X-46, P. 54.

ASAN, Ü, 1993: *Dünya'da ve Türkiye'de Görülen Orman Ölüm ve Hastalıkları Üzerine Bazı Yeni Görüşler*. İ.Ü. Or. Fak. Der. Seri B, Sayı 1-2, s. 17-30.

BOTH, H.T, 1991: *A Global Climatological Audit Of Forest Resources To Assist Conservation And Sustainable Development*. 10 World Forestry Congress Proceedings, 2, Pp. 65-70.

- BROWN, S., C.A.S. Hall, W.Knabe, J. Raich, M.C. Trexler, and P. Woomer, 1993: *Tropical Forests: Their Past, Present, and Potential Future Role in the Terrestrial Carbon Budget*. *Water, Air and Soil Pollution* 70: 71-94.
- BROWN, S. 1997: *Forests And Climate Change: Role Of Forest Lands As Carbon Sinks*. *Proceedings of the XI World Forestry Congress Vol. 1* pp. 117-127.
- BRUENIG, E.F.: 1991: *Forest And Climate New Dimensions And Perspectives*. 10. *World Forestry Congress Proceedings*, 2, Pp, 9-15.
- CHERTOV, O.G.; A.S. Komarov, 1996: *Individual-Based Tree/Soil Model Of North European Forest Ecosystems*. P.8.
- CONWAY, T., P. TANS, L. WETERMEN, 1994: *Atmospheric CO2 Records From Sites in the NOAA/CMDL air Sampling Network*. In: *Trends'93. A Compendium of Data on Global Change*. Carbon Dioxide Informational Laboratory.
- DELKOV, N. 1992. *Dendrology*, Sofia, Martilen (in Bulgarian), 366 pp.
- ENTCHEV, E. 1971. *Wood Technology*, Sofia, Zemizdat (in Bulgarian), 260 pp.
- HERINGTON, J.; J. KIMMINS; D. Lavender.: 1991 *The Effect Of Climate Change On Forest Ecology In Canada* 10. *World Forestry Congress Proceedings* 2, Pp. 49-58.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 1990: *The Potential Impact of Climate Change on Agriculture and Forestry. Likely Impacts of Climate Change, Report from Working Group II to IPCC, WMO, UNEP*, 51 pp.
- KADIOĞLU, M.: 1993: *Trend In Surface Air Temperature Data Over Turkey*. P. 22.
- KAIRIUKSTIS, L.; Burnblauskas, T.; Miksys, V.; 1997: *The Role Of Lithuanian Forest As Carbon Sink*. P.7.
- KALIPSIZ, A.; 1988: *Dendrometri*. İ.Ü. Or. Fak. Yay. No: 3194/354. P. 407.
- MARLAND, G.; SCHLAMADINGER, B.; 1997: *Forests For Carbon Sequestration Or Fossil Fuel Substitution? A Sensitivity Analysis*. *Proceedings of the XI World Forestry Congress Vol. 1* pp. 139-148.
- PALANISAMY, K.; GUPTA, B.N.; 1996: *Photosynthetic CO2 Assimilation In Deciduous Trees and Eucalyptus Cladocalyx In Relation To Environmental Factors And Elevated Co2*. P.6.
- PANHWAR, F.; 1996: *Coserving, Agro-Forestry Is The Solution Of-Future Global-Warming And Biodiversity Sindh A Case* P.9.
- RAEV, I.; Grozev, O., V. Alexandrov, 1996: *Assessment of the Forest GHG Offset Potential. Vulnerability to Climate Change and Adaptation Measures for Bulgarian Forests*, Sofia p.60.
- REIS, I.; 1996: *Climate Change And Forestry*. P.5.
- RETNOQATI, E.; 1996: *Climate Change And The Role Of Forest As Carbon Sink In Indonesia*. P.6.
- SARACOĞLU, N.; 1992: *Kayın (Fagus Orientalis Lipsky.) Biyokütle Tablolarının Düzenlenmesi*. P.50. *In Print*.
- SHAND, E., E.; 1997: *Biodiversity And Carbon Sequestration*, P.9.

SUN, O.; S. Uğurlu; E. Özer: 1978: Kızılcam Türüne Ait Biyolojik Kütlenin Saptanması. O.A.E. Tek Bül. Ser. No: 104.

SZEDLAK, T.: 1996: Influence Of Environmental Factors On Forest Management And Planning Practice. P. 12.

UĞURLUS.; B. Arasli; O. Sun: 1976: Stepe Gecis Yörelereindeki Sarıcam Mescerelerinde Biyolojik Kütlenin Saptanması. O.A.E. Tek Bül. Ser. No: 80.

U.S. COUNTRY STUDIES PROGRAM, 1994: Guidance for Vulnerability and Adaptation Assessments, Washington, DC.