

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ İLE MÜCADELEDE
ORMAN KARBON STANDARDI
UYGULAMA PROJESİ:

Ulusal Ağaçlandırma Karbonu Standardı Önerisi

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ İLE MÜCADELEDE ORMAN KARBON STANDARDI UYGULAMA PROJESİ:
Ulusal Ağaçlandırma Karbonu Standardı Önerisi

(c) Her hakkı saklıdır.

Fotoğraflar: Yıldırım Lise, Pınar Pamukçu Albers

Grafik tasarım: Güngör Genç

Kaynakça Bilgisi: *Pamukçu Albers, P., Lise, Y., Özdemir, E. 2018. İklim Değişikliği ile Mücadelede Orman Karbon Standardı Uygulama Projesi: Ulusal Ağaçlandırma Karbonu Standardı Önerisi. Doğa Koruma Merkezi ve Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.*

Bu kılavuz, kaynağı aynen belirtilmek koşuluyla telif hakkı sahibinin yazılı izni olmadan eğitim amaçlı ve ticari olmayan diğer amaçlarla çoğaltılabilir.

Ulusal Ağaçlandırma Karbonu Standardı Önerisi; İngiltere Büyükelçiliği Refah Fonu finansal desteği ile Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü (OGM) ile işbirliği içinde yürütülen “İklim Değişikliği ile Mücadelede Orman Karbon Standardı Uygulama Projesi” kapsamında Doğa Koruma Merkezi Vakfı tarafından hazırlanmıştır.

Proje süresi boyunca masabaşı ve arazi çalışmalarımızda bizlere yardımcı olan Orman Genel Müdürlüğü Dış İlişkiler, Eğitim ve Araştırma Dairesi Başkanlığı Uluslararası Kuruluşlarla İlişkiler Şube Müdürü Ümit TURHAN’a ve Ağaçlandırma Dairesi Başkanlığı Özellikli Alan Ağaçlandırmaları Şube Müdürü Şafak KEMALOĞLU’na, Ankara Orman İşletme Müdürlüğü Ankara Ağaçlandırma ve Toprak Muhafaza Şefi Serkan OĞUZ’a ve İstanbul Üniversitesi Öğretim Üyesi Prof. Dr. Yusuf SERENGİL’e desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.



İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ İLE MÜCADELEDE
ORMAN KARBON STANDARDI UYGULAMA PROJESİ:

Ulusal Ağaçlandırma Karbonu Standardı Önerisi

İÇİNDEKİLER

Tablolar.....	iii
Şekiller	iii
Yönetici Özeti.....	iv
İklim Değişikliği ile Mücadelede Orman Karbon Standardı Uygulama Projesi	1
BÖLÜM I: AĞAÇLANDIRMA KARBONU STANDARDI.....	2
1.1. GİRİŞ.....	3
1.2. STANDART KURALLARI VE DİĞER GEREKSİNİMLER.....	7
1.2.1. UYGUNLUK	8
1.2.1.1. Yükümlülük.....	8
1.2.1.2. Başlangıç Tarihi ve Süreç	9
1.2.1.3. Uygun Faaliyetler.....	9
1.2.1.4. Uygun Arazi	9
1.2.1.5. Hukuka Uygunluk	10
1.2.2. PROJE YÖNETİMİ VE DOKÜMANTASYON	10
1.2.3. SERTİFİKASYON	10
1.2.4. KARBON STOK DEĞİŞİMLERİNİN HESAPLANMASI	11
1.2.5. ÇEVRESEL KALİTE	12
1.2.6. SOSYAL SORUMLULUK VE EKONOMİ.....	12
1.2.7. RİSK VE SENARYOLAR.....	12
1.2.8. ORMAN YÖNETİMİ.....	12
1.3. ARAZİ KULLANIMININ ORMAN ALANINA DÖNÜŞTÜĞÜ ALANLARDA KARBON STOK DEĞİŞİMİNİN HESAPLANMASI	14
1.3.1. BİYOKÜTLEDEKİ KARBON STOKLARINDAKİ DEĞİŞİMİN HESAPLANMASI YÖNTEMLERİ.....	15
1.3.1.1. Yöntemin Seçilmesi.....	16
1.3.1.2. Emisyon Faktörlerinin Seçimi.....	22
1.3.1.3. Aktivite Verisinin Seçimi.....	23
1.3.2. ÖLÜ ORGANİK MADDE KARBON STOKLARINDAKİ DEĞİŞİMİN HESAPLANMASI YÖNTEMLERİ.....	24
1.3.2.1. Yöntemin Seçilmesi.....	24
1.3.2.2. Emisyon Faktörlerinin Seçimi.....	25
1.3.2.3. Aktivite Verisinin Seçimi.....	25
1.3.3. TOPRAK KARBON STOKLARINDAKİ DEĞİŞİMİN HESAPLANMASI YÖNTEMLERİ	26
1.3.3.1. Yöntemin Seçilmesi.....	26
1.3.3.2. Emisyon Faktörlerinin Seçimi.....	27
1.3.3.3. Aktivite Verisinin Seçimi.....	27
1.3.4. TABLOLAR.....	29
KAYNAKLAR.....	39
EKLER	42
EK-1: Proje Dokümanı	42
EK-2: Denklem 3 ve Denklem 5 için Uygulanan Referans Değerler ve Hesaplama Cetveli (Seviye 1).....	45
EK-3: Denklem 11 için Uygulanan Referans Değerler ve Hesaplama Cetveli (Seviye 2 ve Seviye 3)	47

BÖLÜM II: ÖRNEK AĞAÇLANDIRMA KARBONU SERTİFİKASYONU VE KARBON STOK DEĞİŞİMİ HESAPLAMALARI	48
PROJE DOKÜMANI ÖRNEĞİ.....	50
ÖRNEK ALANLARIN FOTOĞRAFLARI.....	66
BÖLÜM III: ULUSAL AĞAÇLANDIRMA STANDARDI İÇİN ÖNERİLER	69
KAYNAKLAR.....	74

TABLolar

Tablo 1.1. İklim bölgelerine göre ekolojik zonlar (<i>i</i> ve <i>j</i>)	29
Tablo 1.2. Toprak üstü biyokütle karbon fraksiyonu (<i>CF</i>).....	29
Tablo 1.3. Toprak altı biyokütlenin toprak üstü biyokütleyle oranı (<i>R</i>)	30
Tablo 1.4. Doğal ormanlar için yıllık ortalama toprak üstü biyokütle artımı (G_w).....	30
Tablo 1.5. Plantasyon ormanlar için yıllık ortalama toprak üstü biyokütle artımı (G_w).	31
Tablo 1.6. Geçerli biyokütle dönüşüm ve genişleme faktörleri (BCEF)	31
Tablo 1.7. Ormanlarda toprak üstü biyokütle	31
Tablo 1.8. Plantasyon ormanlarda toprak üstü biyokütle.....	32
Tablo 1.9. Seviye 1 - Tahmini yaklaşık biyokütle değerleri	32
Tablo 1.10. Bazı ağaç türleri için hesaplanan BCEF katsayıları	33
Tablo 1.11. Hesaplanan ortalama odun yoğunluğu, BEF ve BCEF katsayıları.....	33
Tablo 1.12. Bazı ağaç türleri için ölçülen göğüs çapları	34
Tablo 1.13. Bazı ağaç türleri için gövde odun yoğunluğu (gövde odunu hacim ağırlığı)	34
Tablo 1.14. Arazi kullanımının birim alandaki karbon tutumları	35
Tablo 1.15. Ölü örtü karbonu ve topraklardaki organik karbon miktarları.....	35
Tablo 1.16. Gazipaşa OİM orman alanları için hesaplanan 2007 yılı için karbon tutumu.....	37
Tablo 1.17. Gazipaşa OİM orman alanları için 2017 yılı için karbon tutumu.....	38
Tablo 2.1. Karaçam ağaçlandırma alanı karbon stok değişimi hesaplamasında kullanılan faktörlerin değerleri.....	53
Tablo 2.2. 1. Alan karaçam ağaçlandırması için hesaplanan biyokütle karbon stoğu değişimi.....	55
Tablo 2.3. 2. Alan karaçam ağaçlandırması için hesaplanan biyokütle karbon stoğu değişimi.....	58
Tablo 2.4. Mavi servi ağaçlandırma alanı biyokütle karbon stok değişimi hesaplamasında kullanılan faktörlerin değerleri.....	59
Tablo 2.5. 3. Alan mavi servi ağaçlandırması için hesaplanan biyokütle karbon stoğu değişimi.....	63

ŞEKİLLER

Şekil 1.1. Pilot ağaçlandırma alanları.....	51
Şekil 2.1. 1. Alan karaçam ağaçlandırmasında 50 yıllık karbon stok değişimleri.....	55
Şekil 2.2. 2. Alan karaçam ağaçlandırmasında 50 yıllık karbon stok değişimleri.....	58
Şekil 2.3. 3. Alan mavi servi ağaçlandırmasında 50 yıllık karbon stok değişimleri.....	62
Şekil 3.1. Ağaçlandırma karbonu standardı proje süreci.....	71

Yönetici Özeti

Orman ekosistemleri karbon tutumu ile atmosferdeki karbondioksit oranını ve iklimi düzenlemektedir. Antropojenik etkilerin sebep olduğu sera gazı salımları ve bu etkilerin çevreye verdiği zarar “karbon ayak izi” olarak hesaplamalar ile ortaya konulabilmektedir. Karbon ayak izini küçültmek ve/veya karbon tutumunu maksimize etmek amacıyla özel ya da kamuya ait alanların ağaçlandırılmasının ulusal bazda belirli bir karbon standardına oturtulması, standardizasyona bağlı olarak hazırlanmış bir sertifikasyon sürecinde değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu standardizasyon devlet, şirket, kurum ya da bireyler için iklim değişikliğinin etkilerini azaltma gibi çevresel ve aynı zamanda sosyal faydaların teşvikini de sağlayacaktır.

Bu amaçlar doğrultusunda “Ulusal Ağaçlandırma Karbonu Standardı Önerisi”, İngiltere Büyükelçiliği Refah Fonu finansal desteği ile Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü (OGM) ile iş birliği içinde yürütülen “İklim Değişikliği ile Mücadelede Orman Karbon Standardı Uygulama Projesi” kapsamında Doğa Koruma Merkezi Vakfı tarafından hazırlanmıştır.

Proje kapsamında hazırlanan bu kılavuzun birinci bölümünde orman karbonu, standardizasyon gereksinimi ve sertifikasyon süreci hakkında bilgi verilmiştir. Ayrıca ağaçlandırma karbon standardının ana hedefleri ve ağaçlandırma karbon hesaplamaları hakkında da bilgi verilmiştir. Standart kuralları ve gereksinimleri; uygunluk, proje yönetimi ve dokümantasyon, karbon stoklarının hesaplanması, çevresel kalite, sosyal sorumluluk ve orman yönetimi başlıkları altında incelenmiştir. Bu kural ve gereksinimler, başta IPCC (2006), WCC (2014) ve WCC (2018) olmak üzere IPCC (2003), NIR Turkey (2015), NIR Turkey (2016), NIR Turkey (2017), VCS (2015), Compliance Offset Protocol U.S. Forest Projects (2011) ve Olander ve Ebeling (2011) kılavuzlarının değerlendirilmesi ile oluşturulmuştur. Yine kılavuzların değerlendirilmesi ile sertifikasyon süresince kullanılmak üzere standardizasyon kurallarına göre oluşturulmuş basit bir proje dokümanı hazırlanmıştır. Birinci bölümün son kısmında ise arazi kullanımının orman alanına dönüştüğü alanlarda karbon stoğunun nasıl hesaplanacağına dair bilgiler verilmiştir. Bu hesapların tümü IPCC (2006) kılavuzlarına göre yapılmaktadır.

İkinci bölümde ise örnek bir ağaçlandırma karbonu sertifikasyonu oluşturmak ve aynı zamanda örnek olarak ağaçlandırma alanlarında karbon stok hesaplamaları yapmak amacıyla Ankara Atatürk Orman Çiftliği’nde seçilen ikisi karaçam ve biri de mavi servi ağaçlandırma alanında yapılan biyokütle ölçümleri, hesaplamaları ve proje dokümanının nasıl hazırlanacağı hakkında bilgi verilmiştir. Proje kapsamında hazırlanan bu standardizasyon teknik raporu, ağaçlandırılan alanda biyokütle -toprak üstü biyokütle (gövde, dal, kabuk, tohum ve yapraklardan oluşan odunsu veya otsu tüm canlı biyokütle; IPCC, 2006) ve toprak altı biyokütle (kök)- karbon tutumunun farklı senaryolar üzerinden oluşturulmuş 50 yıl projeksiyonu ile beklenen karbon stoğunun sertifikalandırılmasını karbon piyasalarına sunacaktır. Ağaçlandırma karbon standardizasyonu için ulusal bazda hazırlanan bu kılavuz gönüllü karbon tutma projelerine destek sağlayacaktır.

Üçüncü bölümde ise çalışmadan çıkarılan dersler verilmiştir. Uygulanan projeler sonucunda ortaya çıkan ana sonuç: Türkiye’de Ağaçlandırma Karbonu Sertifikasyonu sürecini iki aşamalı olarak ele almak gerekmektedir. 1. Aşama: Ağaçlandırma karbonu sertifikasyonunun oluşturulması ve 2. Aşama: Ağaçlandırma karbonu ticareti için alt yapının oluşturulması ve sertifikalandırılmış karbonun satışının yapılmasıdır. Çalışmalar ile ilgili kısıtlar ve öneriler de bu kısımda verilmiştir.

Bu kılavuz, ağaçlandırma alanlarında karbon hesaplamalarının nasıl yapılabileceğini göstermek ve standardizasyon gereksinimleri ve sertifikasyon süreci için bir altlık oluşturmak amacıyla hazırlanmıştır. Özel ya da kamu kurumlarının ağaçlandırma talepleri ve bu ağaçlandırma alanları için risk senaryolarını da içeren 50 yıllık karbon stok projeksiyonlarını içeren sertifikalar ile gönüllü karbon piyasalarına teşvik oluşturulması ve küresel iklim değişikliği uyum ve azaltım stratejilerine destek sağlanması hedeflenmektedir.

İklim Değişikliği ile Mücadelede Orman Karbon Standardı Uygulama Projesi

İngiltere Büyükelçiliği Refah Fonu tarafından finanse edilmiş olan ve Orman Genel Müdürlüğü ve Doğa Koruma Merkezi tarafından 2012-2013 yıllarında yürütölen “Türkiye’nin Orman Karbon Piyasasına Giriş için Altyapı Hazırlanması Projesi” kapsamında, kurumların ve bazı özel sektör firmalarının gönüllü olarak yaptıkları ağaçlandırma çalışmalarında atmosferden tutulan karbonun miktarının belirlenmesi ve sertifikalandırılmasını istedikleri netlik kazanmıştır.

Böyle bir uygulamanın nasıl yapılabileceği ile ilgili bir yol haritası hazırlamak için Orman Genel Müdürlüğü ve Doğa Koruma Merkezi ile 2013-2014 yıllarında yürütölen “Türkiye’de Ağaçlandırma Alanları için Karbon Sertifikasyonu” projesi Türkiye’de ağaçlandırma alanlarından sertifikasyon elde etmenin, sertifikasyon kuruluşlarının getirdikleri şartlar ve yüksek maliyetler sebebiyle güç olduğunu göstermiştir.

Bu projelerin deneyimleri sonucu hazırlanan “Türkiye Orman Karbon Standardının Geliştirilmesi Projesi” Orman Genel Müdürlüğü ve Doğa Koruma Merkezi ile 2014-2015 yıllarında İngiltere Ormanlık Konseyi danışmanlığında yürütölmüş ve İngiltere Orman Karbon Kodu temel alınarak Türkiye için Orman Karbon Standardı taslağı hazırlanmıştır.

Ağaçlandırma Alanları Karbon Sertifikasyon Sistemi için altyapı oluşturulması ve “Türkiye için Orman Karbon Standardı”nın örnek bir uygulamasının yapılması için proje çalışma grubu ile oluşturulan “İklim Değişikliği ile Mücadelede Orman Karbon Standardı Uygulama Projesi” 2015-2016 yıllarında uygulanmıştır. 2017 ve 2018 yıllarında ise bu kılavuz yayına hazırlanmıştır. Bu kılavuzda “İklim Değişikliği ile Mücadelede Orman Karbon Standardı Uygulama Projesi”nden kısaca “Proje” olarak bahsedilmektedir.

BÖLÜM I
AĞAÇLANDIRMA
KARBONU
STANDARDI

1.1. Giriş

Orman ekosistemleri insanlara tedarik (gıda, hammadde gibi), düzenleyici (ekstrem iklim olaylarını azaltma, hava kalitesini düzenleme, su akışının zamanlanması ve düzenlenmesi gibi), destekleyici (fotosentez, besin döngüsü gibi) ve kültürel (ekoturizm ve rekreasyon gibi) hizmetler sunmaktadır (MEA, 2005). Orman ekosistemlerinin bu hizmetlerinden biri de karbon tutumu ile atmosferdeki karbondioksit oranını ve iklimi düzenlemesidir.

Karbonun bir karbon kaynağından bir karbon deposuna hareketi ve tekrar geri dönüşüne karbon döngüsü denmektedir. Örneğin, atmosfer karbonun karbondioksit olarak bulunduğu bir karbon kaynağıdır. Karbondioksit bir sera gazıdır ve atmosferde ısıyı tutmaktadır. Bu karbondioksit bitkiler tarafından fotosentez yoluyla bünyelerine alınmakta, solunum yolu ile ise atmosfere geri verilmektedir. Bu döngüdeki herhangi bir değişim bütün sistemi değiştirebilmektedir.

Karbon döngüsünde, orman ekosistemleri çok önemli bir rol oynamaktadır. Döngünün ilk adımı bitkilerin fotosentez ile atmosferdeki karbondioksiti tutması ve oksijen üretmesidir. Tutulan karbondioksit, karbon bileşenlerine dönüşerek bitkilerin bir parçası haline gelmekte; bitkilerin toprak üstü kısımlarında (sürgün ve yapraklar) ve toprak altı kısımlarında (kök) depolanmaktadır. Bu tutulan karbon, bitkiler yandığında karbondan oluşan kömür ve yağ gibi fosil yakıtta dönüşmekte; insanlar tarafından bu fosil yakıtlar yakıldığında ise karbonun büyük bir kısmı atmosfere karbondioksit olarak tekrar geri dönmektedir. Atmosferdeki karbondioksit arttıkça atmosferde tutulan ısı da artmakta ve küresel iklim değişikliğine neden olmaktadır. Döngünün ikinci adımı ise hayvanların bitkileri yemesi, oksijen ile solunum yapmaları ve solunum sonucunda karbondioksit üretmeleridir. Hayvanlar tarafından üretilen bu karbondioksit bitkiler tarafından fotosentezde kullanılmaktadır. Hayvanlar tarafından yenmeyen bitkinin kısımlarında depolanan karbon, bitkinin ölümünden sonra ayrılarak ya atmosfere geri verilmekte ya da toprakta tutulmaktadır.

Son zamanlarda nüfusun artması ve il ve ilçelere artan göç, kentlerin genişlemesine ve kentleşmenin artmasına neden olmakta; özellikle kentsel ve yarı-kentsel alan geçişlerindeki orman ekosistemleri bu antropojenik (insan faaliyetleri) etkilere maruz kalmaktadır. Buna karşın nüfusun azaldığı kırsal alanlarda da tam tersi bir durum ortaya çıkmakta ve orman ekosistemleri üzerindeki insan baskısı azalmaktadır. Antropojenik etkiler, iklim değişikliği ve doğal afetler, orman ekosistemlerinden sağlanan hizmetlerin kalitesini düşüren dış etkenlerdir. Orman ekosistemlerinin mevcut durumda ve geleceğe yönelik projeksiyonlarda karbon tutumunun (kazanç ve kayıp dahil) belirlenmesi ve değerlendirilmesi, en azından doğal olmayan negatif dış etkenlere karşı gerekli önlemlerin zamanında alınmasını sağlayacaktır. Envanter çalışmaları ile kalite kontrol ve kalite güvenliğinin sağlanması başka bir deyişle tüm bu bahsi geçen eylemlerin belirli bir standardizasyona oturtulması, orman ekosistemlerinin karbon tutumunu artıracak aynı zamanda da orman ekosistemlerinin diğer hizmetlerinin (iklimin düzenlenmesi, fotosentez ve solunum gibi) de sürdürülebilir olmasına yardımcı olacaktır.

Ekosistemlerin karbon tutumu değerleri Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) kılavuzlarına (IPCC, 2003; IPCC, 2006) göre; *toprak üstü biyokütle (AGB)*, *toprak altı biyokütle (BGB)*, *ölü odun (DW)*, *ölü örtü (L)*, *toprak (S)* ve *hasat edilmiş odun ürünleri (HWP)* karbon havuzları için hesaplanmaktadır. Karbonu depolayan sistemler olan bu karbon havuzlarında ne kadar karbon tutulduğunun belirlenmesi, planlama ve standardizasyon aşamalarında göz önünde bulundurulması gereken mevcut ekosistemlere ait karbon tutumu hakkında bilgi vermekte; aynı zamanda değişen arazi kullanımları (ormansızlaştırma, ağaçlandırma gibi) ve değişen iklimle birlikte azaltım ve uyum süreçlerine destek sağlayabilmektedir.

Ekosistemlerden atmosfere verilen karbon salımı ve ekosistemlerde tutulan karbon tutumlarının arasındaki denge iklim değişikliğini olumlu veya olumsuz bir şekilde doğrudan veya dolaylı olarak etkilemektedir. İklim değişikliğine uyum ve azaltım stratejilerinin geliştirilmesi, ekosistemlerdeki karbon stoklarının ve karbon stok değişikliklerinin hesaplanarak belirlenmesine, değerlendirilmesine ve arazi kullanımı planlamasında ve yönetiminde karar vericiler tarafından bu değerlerin göz önünde bulundurulmasına bağlıdır.

Arazi kullanımı ve ormancılık sektöründe ön plana çıkan sera gazları başta karbondioksit (CO_2) olmak üzere metan (CH_4) ve nitröz oksit (N_2O) tir. Sera gazlarının içinde karbondioksitin ağırlığı çok fazla olduğundan ve örnek alanlara ait ormanların karbon stokları CO_2 eşdeğerinde hesaplandığından bu rapor kapsamında karbon, karbon yönetimi veya karbon stokları gibi terimler geçtiğinde aslında tüm sera gazları kastedilmektedir.

Karbon yönetimi proje bazında ele alındığında sera gazı salım ve tutum miktarları genellikle projeye henüz başlanmadan (Ex-Ante) hesaplanmakta ve hesaplanan miktarlar projenin geleceğe yönelik olarak değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Arazi kullanımı ve değişikliği sonucunda iklim değişikliğinde azaltımı ön plana alan ormancılık sektöründe salımların hesaplanmasında biyokütle, ölü odun, ölü örtü, toprak ve hasat edilmiş odun ürünleri karbon havuzlarındaki karbon tutumlarının belirlenmesi, mekânsal dağılımları ve değişiklikleri ile arazi kullanma ve yönetim etkileri göz önünde bulundurulmalıdır. Bu kılavuz kapsamında örnek alanlara ait biyokütle (toprak üstü biyokütle ve toprak altı biyokütle) karbon stok değişimleri hesaplanmış ve senaryolar bu havuzlar (toprak üstü biyokütle ve toprak altı biyokütle) üzerinde değerlendirilmiştir.

IPCC kılavuzlarına (IPCC, 2003; IPCC, 2006) göre ağaçlandırma iki farklı fakat uygulamada çok benzer terimler altında ifade edilir: *Ağaçlandırma* ve *yeniden ormanlaştırma* (afforestation/reforestation). Ağaçlandırmada en az 50 yıl, yeniden ormanlandırmada ise daha kısa süre öncesinde orman alanı olmayan bir alan ağaçlandırıldığından arazi

kullanımının değişimi söz konusudur. Her iki uygulamada da sera gazı salım ve tutum değerleri değişmektedir. Alanın önceki arazi kullanımı, alansal büyüklüğü, toprak-iklim tipi ve tür seçimi gibi fiziksel etkilere bağlı olarak ağaçlandırma uygulamaları biyokütledeki karbon tutma kapasitesini artırmaktadır.

Aslında temel prensip basit, ulusal ve uluslararası bakış açısı ise aynıdır: *Atmosfere sera gazı salımını önlemek velveya salımları azaltmak; sera gazı yutaklarını (ormanlar, okyanuslar, göller gibi) korumak velveya artırmaktır.*

Antropojenik etkilerin sebep olduğu sera gazı emisyon/tutumları birim CO₂ cinsinden hesaplanabilmekte; dolayısıyla bu etkilerin çevreye verdiği etki “*karbon ayak izi*” olarak ortaya konmaktadır. Karbon ayak izini küçültmek ve/veya karbon tutumunu maksimize etmek amacıyla özel ya da kamuya ait alanların aaçlandırılmasının ulusal bazda belirli bir karbon standardına oturtulması devlet, şirket, kurum ya da bireyler için iklim değişikliğinin etkilerini azaltma gibi çevresel ve aynı zamanda sosyal faydaların teşvikini sağlayacaktır. Bir başka deyişle, karbon tutumunun hesaplanmasında gereksinimleri ve yöntemleri ortaya koyarak; iklim değişikliğinin etkileri üzerinde azaltım stratejilerine destek sağlayacaktır.

İklim Değişikliği ile Mücadelede Orman Karbon Standardı Uygulama Projesi ile elde edilen bu standardizasyon, aaçlandırılan alanda biyokütle -toprak üstü biyokütle (gövde, dal, kabuk, tohum ve yapraktan oluşan odunsu veya otsu tüm canlı biyokütle; IPCC, 2006) ve toprak altı biyokütle (kök)- karbon tutumunun en fazla 50 yıl projeksiyonu ile beklenen karbon stoğunun sertifikalandırılmasını karbon piyasalarına sunacaktır. Ağaçlandırma karbon standardizasyonu için ulusal bazda hazırlanan bu kılavuz gönüllü karbon tutma projelerine destek sağlayacaktır.



Ağaçlandırma karbon standardının ana hedefleri aşağıda maddeler halinde verilmiştir:

- Sürdürülebilir arazi ve orman yönetimine destek,
- Proje sayesinde yapılacak uygulamalar ile karbon tutumuna ek faydanın sağlanması,
- Faaliyetler ve proje alanının sosyal ve temel çevresel etkileri için risk ve tehditlerin fırsatlara dönüştürülmesi; zayıf yönlerin güçlü ve faydalı olmasını sağlanması,
- Hukuki ve idari koşul ve zorunlulukların dikkate alınması,
- Paydaşların projenin başlangıcından sonuna kadar projeye tam ve etkin katılımının sağlanması,
- Uzun dönem ölçme, değerlendirme ve raporlama (MRV) yaklaşımlarına olanak sağlanması,
- Proje kapsamında gerçekleştirilecek faaliyetlerin uluslararası anlaşmalara ve ulusal ormancılık programlarıyla uyumlu olması,
- Ağaçlandırma karbonu hesaplarının uluslararası hesaplamalara uyumlu olması,
- Doğal ormanları ve biyolojik çeşitliliği korumaya yönelik çabalara destekleyici nitelikte, ekosistem hizmetleri, çevresel kalite, sosyal fayda ve sorumlulukları hesaba katmasıdır.

Ağaçlandırma karbonu hesaplamalarında göz önünde bulundurulması gereken önemli noktalar ise:

- Proje bazında hazırlanan karbon tutum hesaplamalarında IPCC kılavuzlarının (IPCC, 2003; IPCC, 2006) üzerinde önemle durduğu şeffaflık, doğruluk, tutarlılık, karşılaştırılabilirlik ve bütünlük prensipleri sağlanmalıdır.
- Önceki arazi kullanımı, orman alanı olmayan bir alan ise arazi kullanım değişikliği söz konusu olacaktır ve bu kapsamda karbon tutumunun hesaplanması gerekmektedir.
- Salım ve tutum değerleri birim sera gazı olan CO₂ eşdeğerine çevrilmelidir.
- Proje kapsamında koruyucu önlemler (safeguards) mutlaka dikkate alınmalı, yöre halkı ve paydaşların her aşamada görüş ve önerileri dikkate alınmalıdır.
- Piyasa mekanizmalarına dayanan karbon projeleri (REDD+, CDM vb.) sonuç odaklı projeler olmakla beraber ekosistemin diğer hizmetleri (su üretimi, rekreasyon vb.) de opsiyonel olarak değerlendirilebilir.

Küresel ısınma ve toprak erozyonu ile mücadelenin en önemli araçlarından biri olan ağaçlandırma ve yeniden ormanlaştırma faaliyetleri ile tıpkı yenilenebilir enerji ve enerji tasarrufu projeleri gibi karbon sertifikası elde etmek mümkündür. Karbon sertifikaları iklim değişikliği ile mücadele için geliştirilen araçlardan biri olan karbon ticareti kapsamında, karbon salımını azaltan ya da atmosferden karbon tutan projelere verilen sertifikalardır. Ağaçlandırma sahalarında tutulan her bir ton karbondioksit eşdeğeri ile elde edilen 'karbon sertifikası' uluslararası Gönüllü Karbon Piyasalarında o anki rayiç değerinden satış görür. Ülkemizde henüz sertifikalandırılmış bir ağaçlandırma projesi bulunmamaktadır.

İklim değişikliği ve toprak erozyonu ile mücadelede önemli payı bulunan ağaçlandırma projeleri karbon sertifikasyonundan yararlanabilirler. Karbon emisyonlarını azaltan veya karbon ticareti çerçevesinde atmosferden karbon tutan projelere verilen sera gazı azaltımı sertifikaları bu tür projeleri desteklemek için geliştirilmiş finansal araçlardır. Orman alanlarında tutulan her ek ton karbona, gönüllü karbon piyasasında alınıp satılabilecek bir 'karbon sertifikası' verilebilmektedir. Günümüzde, Türkiye'nin gönüllü piyasadaki karbon kredisi katılım payı, rüzgâr, su, biyogaz ve atık ısı geri kazanım sektörleri tarafından sağlanmaktadır. Ancak orman karbon piyasaları dünyada gelişmekte olan bir akımdır. Türkiye de belirli bir standarta oturan ağaçlandırma karbonunun sertifikalandırılması ile ağaçlandırma alanlarında karbonun tutulması sağlanacak ve böylece iklim değişikliği azaltım süreçlerine aynı zamanda karbon piyasalarına destek sağlanabilecektir.

1.2. Standart Kuralları ve Diğer Gereksinimler

Türkiye Ağaçlandırma Karbonu Standardı kapsamında uygunluk, proje yönetimi, karbon hesaplamaları, çevresel kalite ve sosyal sorumluluk başlıkları altında belirlenen kurallar ve gereksinimler aşağıda başlıklar halinde verilmiştir.

Bu kılavuz, ağaçlandırma projeleri için metodoloji ve standardın oluşturması ulusal ve uluslararası farklı birçok kılavuzun incelenmesi ve değerlendirilmesi ile Türkiye için mevcut durum ve yapıya uygun şekilde hazırlanmıştır. Başta IPCC (2006), WCC (2014) ve WCC (2018) olmak üzere IPCC (2003), NIR Turkey (2015), NIR Turkey (2016), NIR Turkey (2017), VCS (2015), Compliance Offset Protocol U.S. Forest Projects (2011) ve Olander ve Ebeling (2011) bu kapsamda değerlendirilen kılavuzlardır. Bu kılavuzun 2. Bölümünde verilen örnek proje uygulamasında alandaki ölçümler hesaplamalarda kullanıldığı gibi ulusal diğer veriler de akademik çalışmalar ve makalelerden elde edilmiştir.

1.2.1. Uygunluk

Türkiye Ağaçlandırma Karbonu Standardı kapsamında uygulanacak olan projeler aşağıdaki maddeler açısından uygun olmalıdır:

- Projeler sera gazı salımını azaltmak ve tutumunu artırmak amacıyla uygulanacak olan faaliyetleri içermelidir. Bu faaliyetler sadece proje ile uygulamaya geçecek olan faaliyetler olmalıdır. Bir başka deyişle, proje olmasaydı normalde böyle bir uygulama ve/veya faaliyetin yapılmayacağı; projedeki uygulamaların karbon tutumuna ek fayda (additionality) sağlayacağı uygulamalar olmalıdır. Projesiz durumda zaten yapılacak olan bir faaliyet proje azaltım faaliyeti olarak değerlendirmeye alınmaz.
- Ağaçlandırma alanı sulak arazi üzerinde olmamalıdır.
- UNFCCC CDM Metodoloji Kılavuzunda (2016) belirtildiği üzere geçmiş 50 yıl boyunca orman alanı olmayan bir arazi ağaçlandırmaya konu olmalıdır.
- Özel ağaçlandırma alanı büyüklüğü 3 hektardan az olamaz. Bir amenajman planı çerçevesinde uygun silvikültürel faaliyetlere konu olur.
- Faaliyetler bölgede yetişen doğal türler veya çevre koşullarına uygun türler ile ağaçlandırılmasını desteklemelidir.
- Proje süresi olarak tanımlanan sertifikalandırma süreci bu protokolün uygulanması ile en fazla 50 yıldır.
- Arazinin, mülkiyetine ve ilgili tüm mevzuatlara uyumlu olması gerekmektedir. Projenin geliştiricisi arazinin sahibi değilse kullanma hakkını en az proje süresince elde etmiş olmalıdır.

1.2.1.1. Yükümlülük

Ağaçlandırma karbon standardıyla ilgili olarak **toprak sahibi, proje uygulayıcısı ve sertifikalandırma kurumu** yükümlüdür. Taraflar standarda uymak ve yasalarla uyumlu olmak zorundadır. Toprak sahibinin yükümlülükleri doğrultusunda sertifikalandırma yapılacak olan ağaçlandırma alanı için proje dokümanının tam ve eksiksiz şekilde proje uygulayıcısı tarafından sertifikalandırma kurumuna sunumu yapılmalıdır.

Toprak sahibinin veya kullanım hakkı elde eden kurum ya da kişinin yükümlülükleri:

- Arazi kullanımı değişikliği sonrası durumun sürdürülebilir olmasını sağlamak,
- Ağaçlandırma döneminde, proje süresince ve sonrasında en az 3 hektar olan özel ağaçlandırma alanı için kapalılık oluştuktan sonra orman amenajman planının yapılmasını ve gerçekleştirilmesini sağlamak ve kontrol etmek,
- Gelecekteki toprak sahiplerini Ağaçlandırma Karbonu Standardı'na olan yükümlülükleri hakkında bilgilendirmek,
- Kesim ve üretim içeren projelerde yeniden gençleştirme yapılmasını sağlamak,
- Ağaçlandırma alanının herhangi bir antropojenik etki ve/veya doğal afetler (rüzgâr devriği, yangın, hastalık vb.) sonucunda kaybedilmesi halinde yeniden gençleştirilmesini sağlamak.

Proje uygulayıcısının yükümlülükleri:

- Proje dokümanını doğru ve eksiksiz bir şekilde hazırlamak,
- Projeyi tam olarak tanımlamak,
- Karbon stoklarını ve stok değişimlerini hesaplamak ve gelecek stokları tahmin etmek,
- Ağaçlandırma döneminde, proje süresince ve sonrasında araziye etkin şekilde kontrol etmek,
- Gerçek ve hatasız karbon stok bildirimini sertifikalandırma kurumuna beyan etmek,
- Proje süresi boyunca izlemeyi ve doğrulamayı sürdürmek.

Sertifikalendirme kurumunun yükümlülükleri:

- Karbon stok bildirimlerini ve projeksiyonları değerlendirmek amacıyla proje süresi boyunca izlemeyi ve doğrulamayı sürdürmek,
- Karbon alıcılarını ve toprak sahiplerini Ağaçlandırma Karbonu Standardı'na uygun sözleşmelere dahil etmek.

Proje süresi 50 yıl olabilir. Proje uygulayıcısı tarafından her 10 yılda bir karbon stoklarındaki kazançların ve kayıpların hesaplanarak, sonuçların sertifikasyon kurumuna verilmesi gerekmektedir. Sertifikasyon kurumu da hesaplanan veriler üzerinden gerekli kontrol ve değerlendirmeleri gerçekleştirmelidir.

1.2.1.2. Başlangıç Tarihi ve Süreç

Projenin başlangıç ve bitiş tarihleri açıkça belirtilmelidir. Proje süresi 50 yılı geçmemelidir.

Proje uygulama tarihi: Alanın hazırlanması ve dikimin başladığı tarihtir.

Proje başlangıç tarihi: Son dikimin yapıldığı artık karbon tutumu sorumluluğunun başladığı tarihtir. Bu tarih projenin uygulama tarihinden itibaren *en fazla* 1 senedir.

Proje süreci: Projenin başlangıç tarihi ile bitiş tarihi arasındaki karbon tutumu taleplerinin izleneceği süreçtir. Projenin başlangıç tarihinden 1 sene sonra dikimin ne kadarının başarılı olduğu ne kadarının kaybedildiği izlenmeli, gerekiyorsa yeniden dikim yapılmalıdır.

Proje bitiş tarihi: Proje başlangıç tarihinden itibaren en fazla 50 yıldır.

1.2.1.3. Uygun Faaliyetler

Alanda uygulanabilecek ya da uygulanması gereken uygun faaliyetler belirlenirken dikim yapılıp ağaçlandırılacak alanın konumu, biyofiziksel (hidroloji, toprak, meşcere, topografya vb.) ve sosyo-ekonomik özellikleri ve geçmiş ve mevcut arazi kullanımı etkili olmaktadır. Bu değerlendirme ve belirlemeler farklı altlık (harita, uydu görüntüsü, hava fotoğrafı vb.) ve dokümanlara bağlı olarak yapılmalıdır.

1.2.1.4. Uygun Arazi

Ağaçlandırma karbon standardı, Türkiye sınırları içinde olan ağaçlandırma projeleri için geçerlidir. Ağaçlandırma alanları özel ya da devlet mülkiyetinde olan arazilerde uygulanabilir. Proje uygulayıcısı, devlet mülkiyetinde olan arazilerde devlet kurumlarının; özel mülkiyette olan arazilerde ise toprak sahibinin sertifikasyon için tüm gerekli belgeleri (imzalı dilekçesi/ belgesi, tapu senetleri, sicil kayıtları, kiralanmış ise kira kontratının noter onaylanmış kopyası) sertifikalandırma kurumuna sunmalıdır. Ayrıca arazilere ait yasal mülkiyet ve/veya kullanım hakkı (imtiyazı) kanıtlanmalıdır.

Ağaçlandırma projeleri karbon standardı için ağaçlandırma yapılacak olan alanın geçmiş 50 yıl boyunca orman alanı olmaması koşulu aranmaktadır. Bu ormanlaştırma/yeniden ormanlaştırma (afforestation/reforestation) farkından gelmektedir. Ağaçlandırma karbonu standardı için 50 yıl boyunca orman alanı olan bir arazi ağaçlandırmaya konu olamaz. Ağaçlandırılacak olan alanın geçmiş 50 yıl boyunca orman alanı olmadığını göstermek için önceki arazi kullanımına ait haritalar, uydu görüntüsü, bağımsız uzmandan tasdik ya da ağaçlandırma alanına ait veri tabanları kullanılmalıdır.

1.2.1.5. Hukuka Uygunluk

Ağaçlandırma alanı ve yapılacak olan tüm uygulamalar Türkiye'deki mevcut Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği, Orman, Ormancılık ve Ağaçlandırma ile ilgili yasa, yönetmelik, tamimler ve mevzuatlara uygun olmalıdır.

1.2.2. Proje Yönetimi ve Dokümantasyon

Her proje için standart olarak hazırlanmış "Proje Dokümanı" hazırlanmalıdır. Proje yönetimi ve dokümantasyon Proje Dokümanındaki başlıklara uygun şekilde yapılmalıdır.

Bu dokümanda:

- Uygunluk (tarihler, hukuki konular vb.),
- Proje yönetimi ve dokümantasyon (sicil kaydı, tasarım dokümanı, yönetim ve izleme),
- Karbon tutumuyla ilgili hesaplamalar,
- Karbon faydalarının kalıcılığı ve başarısı için risklerin belirlenmesiyle birlikte konuyla ilgili risk azaltma stratejileri,
- Çevresel kalite,
- Sosyal sorumluluk konularında talep edilen tüm belgeler toplanmalı ve sertifikasyon kurumuna proje uygulayıcısı tarafından sunulmalıdır.

1.2.3. Sertifikasyon

Proje uygulayıcısı tarafından ağaçlandırma alanı için hazırlanan "Proje Dokümanı"na istinaden sertifikasyon kurumu tarafından yapılan ilk izleme ve doğrulama çalışmalarının ardından ilk sertifika hazırlanacaktır. Sertifikasyon kurumu her yıl ağaçlandırma alanına kontrole gidecek ve yıllık raporlama yapacaktır. Performans sertifikasyonu ise her 10 yılda bir proje uygulayıcısı tarafından verilen karbon stoklarındaki değişimin, sertifikasyon kurumunun doğrulamasından sonra hazırlanacaktır. Bu şekilde projede karbon stoklarındaki değişimi projekte edilen ağaçlandırma alanı, her sene izlenmiş olacak aynı zamanda mevcut durumu değerlendirilebilecektir. Ağaçlandırma karbon standardizasyonu ve sertifikalandırması uzun bir süreçtir. Ekolojik, hukuki ve sosyo-ekonomik pek çok değişik bileşenin göz önünde bulundurulması ve birlikte ele alınması gereklidir. Bu standartlama sürecindeki sertifika gereksinimlere cevap vermek amacıyla pilot projeden çıkarılan dersler hazırlanmıştır. Sonuçta proje sahibinin hazırladığı "Proje Dokümanı"nda sunduğu bilgiler ve dokümanla birlikte sunduğu diğer belgeler, sertifikasyon süresince yetersiz ya da yanlış olabilmekte, bu da sertifikalandırma sürecini uzatmaktadır. Proje Dokümanında belirtilen yaklaşım ve süreçlerin standarta uygun açık bir şekilde tanımlanması gerekmektedir.

1.2.4. Karbon Stok Değişimlerinin Hesaplanması

Proje dokümantasyonunda yer alacak olan 50 yıllık karbon stok hesapları eklerde verilen Ulusal Sera Gazı Envanteri için 2006 IPCC kılavuzlarında *AFOLU (Tarım, Orman ve Diğer Arazi Kullanımları - Agriculture, Forestry and Other Land Use)* sektöründe 4. bölüm *Orman Alanları*, ağaçlandırma yapılan alanlarda (arazi kullanımının orman alanına dönüşmesi) geçerli olan 4.3. bölümünde geçen karbon stok yöntem ve modelleri ile hesaplanmalıdır. Arazi kullanımının orman alanına dönmesi sonucunda karbon stoklarındaki değişim, kazanç ve kayıp stoklarının hesaplanması gerekmektedir.

Hesaplamalar, ulusal ve bölgesel veri varlığına ve kullanılabilirliğine bağlı olarak **en hassas şekilde ve olabildiğince en yüksek seviyede** yapılmalıdır. Yerel, bölgesel ve ulusal değerlerin hesaplamalarda kullanılabilmesi amacıyla bu verilerin arazide yapılan ölçümleri ve ulusal bazda geliştirilen model yaklaşımlar ve yöntemler kullanılmalıdır. IPCC (2006) kılavuzunda ve bu kılavuzda hesaplamalarda kullanılacak geçerli değerler verilmiştir. Kılavuzun yenilenmesi söz konusu olduğunda yeni kılavuz üzerinden hesaplamalar yapılmalıdır.

Karbon stoklarının hesaplanmasında iki yol kullanılabilir (VCS, 2015): Bunlardan biri varsayımlar ya da modellerin birleştirilmesi ile örnekleme periyodik doğrudan ölçümüdür. Bu yöntemde örneklene alanda ölçülen orman biyokütlesinden karbon tutumu hesaplanmaktadır. İkinci yöntem ise uygun artım modellerinin ve/veya karbon modellerinin minimum periyodik doğrudan izlemeler ile proje alan envanteri vb. için projeksiyonudur.

Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılık (AKAKDO -LULUCF-) sektöründe karbon stoklarının değişimi ton C olarak hesaplanmaktadır. Ağaçlandırma Karbon Standardında ağaçlandırılmış alanda tutulan karbon, karbondioksit eşdeğerine (ton CO₂ eşdeğeri) çevrilerek hesaplanacaktır. Karbon tutumunun CO₂ eşdeğerine eşitlenmesi için ton (Mg) C değeri -44/12 ile çarpılır. Bu CO₂ ile C nin moleköl ağırlıklarının oranıdır. Eksi işareti (-) son aşamada tutum, artı işareti (+) salım olarak alındığından çarpıma eksi işareti (-) eklenir.

CO₂, CH₄, NO_x ve CO gazları projede oluşturulan senaryolara bağlı olarak açığa çıkmaktadır. Örneğin, yangında CH₄ ve N₂O çıkması gibi. Küresel Isınma Potansiyeli (Global Warming Potential - GWP) farklı gazların küresel ısınma etkilerinin karşılaştırılmasını sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Farklı gazların belirli bir zaman aralığında CO₂ eşdeğerine eşitlenmesi bu değerlerin kullanılması ile gerçekleştirilir. Hesaplarda IPCC 4. Değerlendirme Raporu'ndaki (IPCC, 2007) GWP değerleri kullanılır.



1.2.5. Çevresel Kalite

Proje kapsamında çevresel kalitenin değerlendirilmesine yönelik çalışmalarda uzman görüşünden yararlanılmalıdır. Genel kapsamda projelerden beklenen önemli noktalar aşağıda maddeler halinde verilmiştir:

- Projelerin çevresel bütünlüğe ve kaliteye zarar vermemesi,
- Ekosistemlerin ve ekosistem hizmetlerinin sürdürülebilirliğinin sağlanması,
- Ekosistem hizmetlerinin optimal kullanımının ve bu amaçla önceliklendirilmelerin göz önünde bulundurulması,
- Su ile ilişkili ekosistem hizmetlerinden sürdürülebilir bir şekilde yararlanma sağlanabilmesi için hidrolojik sistemin havza bazında değerlendirilmesi,
- Projede yapılacak olan faaliyetlerin arazi havzasındaki hidrolojik sistemi önemli derecede etkilememesi,
- Ağaçlandırma yapılacak proje alanı ve çevresi için uygun ve o yöreye ait doğal türlerin seçilmesi,
- Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED)'nin gerekli görüldüğü yerlerde rapor sürecinin uygulanması ve sonuç raporunun sağlanması.

1.2.6. Sosyal Sorumluluk ve Ekonomi

Proje yöre halkına ve kullanıcılara diğer bir deyişle paydaşlara mümkün olduğunca fayda sağlamalıdır. Bu amaçla, paydaşlar, ağaçlandırılan alanın planlamasına ve yönetim planlarına dâhil edilmelidir. Paydaşların proje başlangıcında projeye dâhil olmaları, proje alanı için sürdürülebilir orman uygulamaları ve yönetimi amaç ve ihtiyaçları ile uyumlu olmalarını sağlayacaktır. Proje ayrıca Ulusal Katkılar'da (Nationally Determined Contributions, NDC) kullanılacak karbon azaltım kredilerini sağlayacaktır.

1.2.7. Risk ve Senaryolar

Faaliyetler ve proje alanının sosyal ve temel çevresel etkileri için risk ve tehditlerin fırsat; zayıf yönlerin güçlü ve faydalı olmasını sağlamak için alana yönelik riskler belirlenmeli ve risk azaltma stratejileri oluşturulmalıdır. Bu riskler, karbon stoklarında azalışa neden olabilecek orman yangını ya da yöre halkının yapılacak olan faaliyete zarar verme ve/veya faaliyetten zarar görme şeklinde olabilir. Geliştirilen risk azaltma stratejileri yapılması düşünülen faaliyetleri içerirken; B planı ise tamamen farklı açıdan risklere cevap vermek amacıyla geliştirilen planlardır.

Karbon stokları kazanç-kayıp yöntemine göre hesaplanacağından kayıpların belirli senaryolara oturtulması gereklidir. Bu senaryolar bazı risk değerleri baz alınarak ya da projede geliştirilen senaryolar olabilir.

1.2.8. Orman Yönetimi

Proje, her zaman alandaki koşulları stabilize etmeye odaklı olmalıdır. Bu amaçla yapılan ağaçlandırmalarda sulama, gübreleme ve erozyonun fiziksel olarak önlenmesi gibi aktiviteler gerçekleştirilebilir. Koşullar stabilize edildikten sonra, büyümeyi desteklemek, türlerin kompozisyonunu kontrol etmek ve geliştirmek ve olumsuz etkileri önlemek üzerine odaklanılmalıdır. Bu faaliyetlerin kapsamı ve yoğunluğu, ormanların fonksiyon ve hizmetlerine bağlı olacaktır. Erozyon kontrolü ve/veya su yönetimi birincil hedef ise,

stokları ve toprak örtüsünü muhafaza etmek önemlidir, ancak doğal kompozisyonlar ve yapı esas gaye olmayabilir. Öte yandan hedef doğa koruma ise, yapısal çeşitliliği artırmak için daha küçük çapta tahribatlar tolere edilebilirken (ve hatta teşvik edilebilirken) tür çeşitliliği teşvik edilecektir.

Aşama 1: Alan hazırlığı ve dikim

- Alanın otlayan hayvanlardan ve yaban domuzları gibi yaban hayvanlarının etkilerinden ve biyokütlelerin (örn. yakacak odun) taşınmasından (odun kaçakçılığı) zarar görmesini önlemek için alanın etrafı çit ile çevrilecektir.
- Fidelerin dikimi ve büyümesi için yeterli nemi sağlamak üzere, gübre tanklı damla sulama sistemi (kaynak akışının kısmi sapsması ile beslenen) döşenecektir. Fidanlar uygun bir şekilde dikilene kadar sulamanın en az 5 yıl boyunca sürdürülmesi beklenmektedir.
- Dikim için kurak iklime adapte olmuş fideler kullanılacaktır.
- Yapılan çalışmada hektar başına 2220 ağaç (3 m x 1,5 m aralıklar ile) hedeflenmektedir.
- Tek tek dikim delikleri (yaklaşık 50 cm çapında) kazılır, fideler yerleştirilir, kompost ve orijinal toprak (iskelet) karışımıyla geri doldurulur. Proje alanında mevcut ise litosol toprak türünün düşük verimliliğini dengelemek için ek azot içerikli suni gübre (ağaç başına net 5 gram) ve diğer besleyici maddeler (fosfor ve eser elementler) katılır. Diğer toprak gruplarında da gerekiyorsa ek gübre ve besinler kullanılabilir. Sulamanın etkinliğini artırmak, besin maddesi katkısında bulunmak ve yüzey erozyonunu azaltmak için dikim deliğinin yüzeyi malç (herhangi bir organik kaynak kullanılabilir, örn. saman, mahsul atıkları, vb.) ile örtülmelidir.

Aşama 2: Bakım

- İlk 3 yıl boyunca veya fideler rekabet edebilecek kadar büyüyene dek, sezon başına bir veya iki kez yabani ot kontrolü (örn. dikilen ağaçların etrafında boy gösteren otsu bitki örtüsünün fiziksel kesimi) yapılması gerekecektir. Mevcutta örneğin bir mera alanında, odunsu olmayan bitki örtüsünün gübreleme, sulama uygulaması ve otlama faaliyetinin durdurulması ile artması beklenmekte olduğundan bu uygulama gerekli olacaktır. Hiçbir kimyasal bitki öldürücü uygulanmayacak, kontrol ve uygulamalar doğal yollar ile yapılacaktır.
- Ağaçlandırma alanında kaybedilen fidanların yerine yeniden (yamalı) dikim yapılacaktır. Bu aktivite de meşcere stabilitesini sağlamasına yardımcı olacaktır. Yeniden dikim, orijinal dikim tarihine mümkün olduğunca yakın zamanda gerçekleştirilmelidir. Meşcerenin uzun vadeli stabilizesinin başka yolla garanti edilememesi halinde, ağaçlandırmadaki boşlukların doldurulmasının gerekli olduğu unutulmamalıdır.
- Birincil kaygı odun kalitesi olmadığından budama ve kalite geliştirme müdahaleleri planlanmamıştır. Bu tür faaliyetler haşere ve başka tahribatlar durumunda gerekli olabilir.
- Genel bakım malçlama ve suni gübre uygulamasının yanı sıra çitler ve sulama sisteminin kontrolünü de içerir. Bu kontrol 15 yıla kadar veya toprak yapısı stabil hale gelene kadar gereklidir.

Aşama 3: İzleme

- Meşcere yeterli stabiliteye ulaşır ulaşmaz faaliyetler *izleme* ve *bölgeyi istenmeyen bozulmalardan korumaya* indirgenir. Doğadakine yakın optimal orman yapısını elde etmek için aşırı olmayan doğal tahribatlar bu noktada bırakılabilir. Yani herhangi bir müdahale yapılmaz. Böyle küçük bir alanın tamamıyla kaybını önlemek için, yangının kontrol edilmesi gerekeceği unutulmamalıdır.
- Stok gelişimini yakından izlemek amacıyla ağaçlandırma alanı için düzenli ve ayrıntılı envanterler yapılmalıdır.

1.3. Arazi Kullanımının Orman Alanına Dönüştüğü Alanlarda Karbon Stok Değişiminin Hesaplanması

Orman ekosistemleri için yıllık artım (toplam biyokütle üretimi –solunumla geri verilen CO₂ hariç–) ile dökülen yaprak ve dallar (yıllık ölü organik madde) net birincil üretim olarak adlandırılmaktadır. Net birincil üretimden ölü örtü, ölü odun ve topraktaki organik madde ayrışması çıkarıldığında net ekosistem üretimi elde edilmektedir.

Orman alanından farklı bir arazi kullanımının ağaçlandırma ile orman alanına dönmesi sonucunda sera gazı salımı ve tutumlarının yıllık olarak hesaplanması 3 alt kategoriye ayrılmıştır (IPCC, 2006):

- Biyokütlerdeki (toprak üstü ve toprak altı biyokütle) karbon stoklarının yıllık değişimi,
- Ölü organik maddedeki (ölü odun ve ölü örtü) karbon stoklarının yıllık değişimi,
- Topraktaki karbon stoklarının yıllık değişimi.

IPCC (2006) kılavuzunda karbon tutumunun hesaplanmasında 3 farklı seviye vardır. Seviyeler, birbirini takip etse de hassasiyetlik dereceleri 1. seviyeden 3. seviyeye doğru artmaktadır. Seviye 1 yöntemleri *küresel* olarak belirlenmiş **geçerli/varsayılan (default)** değerleri, denklemleri ve parametreleri kullanmaktadır. Bu geçerli değerlerin bir kısmı bu kılavuzda, tümü ise IPCC (2006) kılavuzlarında verilmektedir. Bu geçerli değer ve denklemlerin kullanımı kolaydır ancak küresel veriler kullanıldığından hesaplama hassaslığı diğer seviye yöntemlerine göre düşüktür. Seviye 1 yöntemleri birkaç basitleştirici varsayımı da içermektedir:

- Toprak altı biyokütle karbon stoklarındaki değişimin sıfır olduğu varsayılmaktadır.
- Ölü odun ve ölü örtü havuzları, ölü organik madde olarak birlikte ele alınmaktadır.
- Ölü organik madde karbon stokları, orman alanı olmayan arazi kullanımlarında sıfır varsayılmaktadır. Orman alanından bir başka arazi kullanımına dönüşümde ölü organik madde karbon stoğunun hesaplanabilmesi için geçerli değerler kullanılmaktadır.

Türkiye Ağaçlandırma Karbon Standardı hesaplamaları mümkünse Seviye 3; olmazsa Seviye 2 düzeyinde hesaplanmalıdır. Seviye 1 hesaplamasından kaçınılmalıdır. **Arazi çalışmaları, ölçümler, modeller ve yapılan hesaplamalar ile yerel, bölgesel ya da ulusal değerler kullanılarak hesaplamalar mümkün olduğunca hassas yapılmalıdır. Karbon hesaplamalarında hangi seviyede hesaplama yapılacağı belirlenmesi ve Proje Dokümanı'nda hesaplamaların hangi seviyede yapıldığı belirtilmelidir.**

Ağaçlandırma projeleri IPCC (2006) kılavuzuna göre diğer arazi kullanımlarının orman alanlarına dönüşmesi (Chapter 2: Generic Methodologies Applicable to Multiple Land-Use Categories; 2.3. Generic Methods for CO₂ Emissions and Removals; 2.3.1. Change in biomass carbon stocks (above-ground biomass and below-ground biomass); 2.3.1.2. Land converted to a new land-use category) ve (Chapter 4: Forest Land; 4.3. Land Converted to Forest Land) başlıkları altında incelenmektedir. **Bu kılavuzdaki bu bölümde yer alan tüm karbon hesaplamaları, açıklama ve yöntemleri ile birlikte IPCC (2006) kılavuzu Türkçeye çevrilerek yazılmıştır. Ulusal verilerin kaynakları da ayrıca belirtilmiştir.**

Arazi kullanımının orman alanına değişmesi karbon salım ve tutum değerlerinin üç bölümde incelenmesini beraberinde getirmektedir. Aşağıda biyokütledeki, ölü organik maddedeki ve topraktaki karbon stoklarının değişimi ile ilgili hesaplama yöntemleri verilmiştir.

1.3.1. Biyokütledeki Karbon Stoklarındaki Değişimin Hesaplanması Yöntemleri

Bu kılavuzdaki biyokütledeki karbon stoklarındaki değişimin hesaplanması yöntemleri için verilen tüm karbon hesaplamaları, açıklama ve yöntemleri ile birlikte IPCC (2006) kılavuzundan Türkçeye çevrilerek yazılmıştır. Ulusal verilerin kaynakları da ayrıca belirtilmiştir.

1.3.1.1. Yöntemin Seçilmesi

SEVİYE 1

Biyokütle karbon stoklarındaki yıllık değişim Seviye 1'de Denklem 1 ile hesaplanmaktadır. Seviye 1 geçerli (default) yaklaşımı izlemekte; geçerli (default) parametreleri kullanılmaktadır. Bu yöntem aynı zamanda önceki arazi kullanımını için veri bulunmayan alanlarda da uygulanabilir.

Denklem 1 (IPCC, 2006 Kılavuzunda Denklem 2.7)

Biyokütle karbon stoklarındaki yıllık değişim
Belirli bir arazi kullanım kategorisinde kalan arazilerde
(Kayıp-Kazanç Yöntemi -Gain-Loss Method-)

$$\Delta C_B = \Delta C_G - \Delta C_L$$

ΔC_B = Her arazi alt kategorisi için (toplam alana göre) biyokütle karbon stoklarındaki yıllık değişim (toprak üstü ve toprak altı biyokütle toplamı), ton C / yıl

ΔC_G = Her arazi alt kategorisi için (toplam alana göre) biyokütle artımı nedeniyle karbon stoklarındaki yıllık artış (Karbon kazancı), ton C / yıl

ΔC_L = Her arazi alt kategorisi için (toplam alana göre) biyokütle kaybı nedeniyle karbon stoklarındaki yıllık azalma (Karbon kaybı), ton C / yıl

Biyokütle karbon stoklarındaki yıllık artışın hesaplanması (ΔC_G) - Kazançların (Karbon tutumu) hesaplanması: Kazançların hesaplanabilmesi amacıyla aşağıda verilen Denklem 2 kullanılmaktadır. Ağaçların büyümeleri (biyokütledeki artım) orman alanlarının yönetimlerine bağlıdır. Orman alanları, plantasyon ormanlarında (endüstriyel ağaçlandırma) olduğu gibi yoğun bir şekilde yönetebiliyor da olabilirler, daha az ya da minimumda insan müdahalesi ile doğal olarak yeniden büyüyen alanlar da olabilirler. Yoğun ya da daha az yönetilen orman alanları iklime, ağaç türlerine, yönetim uygulamalarına vb. göre de alt katmanlara ayrılabilir. Bu durumda orman yönetimlerine göre Denklem 2 iki defa kullanılabilir. Önce yoğun olarak yönetilen orman alanları için, yönetilen alan (A_i) ve bu alan için yıllık ortalama biyokütle artımı (G_{TOTAL}) hesaplanır; sonra daha az yönetilen orman alanları için yönetilen alan (A_j) ve bu alan için yıllık ortalama biyokütle artımı (G_{TOTAL}) hesaplanır.

Denklem 2 (IPCC, 2006 Kılavuzunda Denklem 2.9)

Biyokütle artımı sebebiyle biyokütle karbon stoklarındaki yıllık artım
Aynı arazi kullanım kategorisinde kalan arazilerde

$$\Delta C_G = \sum_{i,j} (A_{i,j} \cdot G_{TOTAL_{i,j}} \cdot CF_{i,j})$$

ΔC_G = Vejetasyon tipi ve iklime göre aynı arazi kullanımında kalan alanlarda biyokütle artımı nedeniyle biyokütle karbon stoklarının yıllık artışı, ton C / yıl

A = Aynı arazi kullanımında kalan alan alanı, ha

G_{TOTAL} = Yıllık ortalama biyokütle artımı, ton kuru madde / ha / yıl

i = Ekolojik zon (i : 1'den n 'ye kadar)

j = İklim kuşağı (j : 1'den m 'ye kadar)

CF = Kuru maddenin karbon fraksiyonu, ton C / ton kuru madde

Yıllık ortalama biyokütle artımı (G_{TOTAL}) ise Denklem 3 kullanılarak hesaplanır. Toplam biyokütle artışı (G_{TOTAL}), toprak üstü biyokütle artışının (G_w) toprak altı biyokütle artışını da kapsayacak şekilde genişletilmesidir (Denklem 3). Seviye 1’de doğal ve plantasyon ormanlar için belirlenmiş geçerli G_w değerleri ile odunsu vejetasyon tipine göre farklılık gösteren kök-gövde oranı (R) değerlerinin birlikte kullanılması ile G_{TOTAL} verisi elde edilebilmektedir. Ancak Seviye 2 ve Seviye 3’te net yıllık ortalama artım (I_v), ya odun yoğunluğu (D) ve biyokütle genişleme faktörü (BEF) ile ya da her vejetasyon tipi için yıllık net artımı toprak üstü biyokütle artımına dönüştürmek için direkt biyokütle dönüşüm ve genişleme faktörü ($BCEF$) ile hesaplanır.

Denklem 3 (IPCC, 2006 Kılavuzunda Denklem 2.10)

Biyokütlerdeki yıllık ortalama artım

Seviye 1 (Biyokütle artım verisi –kuru madde- direkt kullanılır)

$$G_{TOTAL} = \sum \{G_w \cdot (1+R)\}$$

Seviye 2 ve Seviye 3 (Yıllık net artım verisi biyokütle dönüşüm ve genişleme katsayısı uygulanması ile G_w ’yi hesaplamak için kullanılır)

$$G_{TOTAL} = \sum \{I_v \cdot BCEF_i \cdot (1+R)\}$$

G_{TOTAL} = Yıllık ortalama biyokütle (toprak üstü ve toprak altı biyokütle) artımı, ton kuru madde / ha / yıl

G_w = Belli bir odunsu vejetasyon tipi için yıllık ortalama toprak üstü biyokütle artımı, ton kuru madde / ha / yıl

R = Belli bir vejetasyon tipi için toprak altı biyokütlenin toprak üstü biyokütleye oranı (kök-gövde oranı), ton toprak altı biyokütle kuru madde / ton toprak üstü biyokütle kuru madde. Seviye 1 için toprak altı biyokütlesinde herhangi bir değişiklik yapılmadığı varsayılırsa R sıfırlanmalıdır.

I_v = Belli bir vejetasyon tipi için net yıllık ortalama artım, m^3 / ha / yıl

$BCEF_i$ = Belli bir vejetasyon tipi için hacimdeki (kabuk dahil) net yıllık artımın toprak üstü biyokütle artımına dönüştürmek için biyokütle dönüşüm ve genişleme faktörü, ton toprak üstü biyokütle artımı / m^3 net yıllık artım

Ancak $BCEF_i$ değerleri kullanılmıyorsa ve toprak üstü biyokütle için genişleme faktörü (BEF) ve odun yoğunluğu (D) ayrı ayrı hesaplanmışsa, ikisinin birbiri ile çarpılması sonucunda $BCEF_i$ değeri belirlenebilir. Başka bir deyişle, her vejetasyon tipi için yıllık net artımın toprak üstü biyokütle artımına dönüşümü için ya odun yoğunluğu (D) ve biyokütle genişleme faktörü (BEF) birlikte (**Denklem 4**) ya da direkt olarak biyokütle dönüşüm ve genişleme faktörü ($BCEF_i$) kullanılır.

Denklem 4

$$BCEF_i = BEF_i \cdot D$$

Biyokütle karbon stoklarındaki yıllık azalmanın hesaplanması (ΔC_i) - Kayıpların (Karbon salımı) hesaplanması: Biyokütle kayıpları, yangın, hasat (odunların alandan uzaklaştırılması), yakacak odun, böcek ve hastalık zararları, fırtına ve kar devriği sonucunda ortaya çıkmaktadır. Kayıplar, açığa çıkan karbon yani karbon salımıdır ve karbon stoklarını negatif yönde etkilemektedir. Denklem 5 kullanılarak karbon stoklarındaki kayıplar yıllık olarak hesaplanabilmektedir.

Denklem 5 (IPCC, 2006 Kılavuzunda Denklem 2.11)

Biyokütle kayıpları sebebiyle karbon stoklarındaki yıllık azalma
Aynı arazi kullanım kategorisinde kalan arazilerde

$$\Delta C_G = L_{wood-removals} + L_{fuelwood} + L_{disturbance}$$

ΔC_L = Aynı arazi kullanımında kalan alanlarda biyokütle azalışı sebebiyle karbon stoklarında yıllık azalma, ton C / yıl

$L_{wood-removals}$ = Hasat sebebiyle yıllık karbon kaybı, ton C / yıl (**Denklem 5**)

$L_{fuelwood}$ = Yakacak odun sebebiyle yıllık biyokütle karbon kaybı, ton C / yıl (**Denklem 7**)

$L_{disturbance}$ = Orman zararları sebebiyle yıllık biyokütle karbon kaybı, ton C / yıl (**Denklem 8**)

Kayıplar hakkında hiçbir veri yoksa karbon stoklarında herhangi bir kaybın olmadığı varsayılır. Kayıplar Denklem 6, Denklem 8 ve Denklem 9 ile hesaplanmaktadır.

Hasat sebebiyle yıllık karbon kaybı Denklem 6'ya göre belirlenmektedir. Odun yoğunluğu ve tomruk ile ilgili veriler, biyokütle dönüşüm ve genişleme faktörü, kök-gövde oranı ve karbon fraksiyonu değerleri için geçerli (default) değerler kullanılır.

Denklem 6 (IPCC, 2006 Kılavuzunda Denklem 2.12)

Hasat sebebiyle biyokütlerdeki yıllık karbon kaybı

$$L_{wood-removals} = \{H \cdot BCEF_R \cdot (1+R) \cdot CF\}$$

$L_{wood-removals}$ = Biyokütlenin kaldırılması (hasat) sebebiyle yıllık karbon kaybı, ton C / yıl

H = Yıllık hasat, tomruk, m³ / yıl

R = Toprak altı biyokütlenin toprak üstü biyokütle oranı (kök-gövde oranı), ton toprak altı biyokütle kuru madde / ton toprak üstü biyokütle kuru madde. Seviye 1 için toprak altı biyokütlesinde herhangi bir değişiklik yapılmadığı varsayılırsa R sıfırlanmalıdır.

CF = Kuru maddenin karbon fraksiyonu, ton C / ton kuru madde

$BCEF_R$ = Ticari hacimdeki kayıpların biyokütle kayıplarına (kabuk dahil) dönüştürmek için biyokütle dönüşüm ve genişleme faktörü, ton hasat / m³.

Ancak $BCEF_R$ değerleri kullanılamıyorsa ve hasat için genişleme faktörü (BEF_R) ve odun yoğunluğu (D) ayrı ayrı hesaplanmışsa, ikisinin birbiri ile çarpılması sonucunda $BCEF_R$ değeri belirlenebilir (Denklem 7).

Denklem 7

$$BCEF_R = BEF_R \cdot D$$

Yakacak odun yıllık karbon kaybı Denklem 8'e göre hesaplanmaktadır. Yakacak oduna ait toplanacak veriler, biyokütle dönüşüm ve genişleme faktörü, kök-gövde oranı ve karbon fraksiyonu değerleri için geçerli (default) değerler kullanılır.

Denklem 8 (IPCC, 2006 Kılavuzunda Denklem 2.13)

Yakacak odun sebebiyle biyokütledeki yıllık karbon kaybı

$$L_{fuelwood} = \{FG_{trees} \cdot BCEF_R \cdot (1+R)\} + FG_{part} \cdot D \cdot CF$$

$L_{fuelwood}$ = Yakacak odun sebebiyle yıllık karbon kaybı, ton C / yıl

FG_{trees} = Tüm ağaç için yakacak odun yıllık hacimleri, m³ / yıl

FG_{part} = Ağaç kısımları için yakacak odun yıllık hacimleri, m³ / yıl

R = Toprak altı biyokütlenin toprak üstü biyokütle oranı (kök-gövde oranı), ton toprak altı biyokütle kuru madde / ton toprak üstü biyokütle kuru madde. Seviye 1 için toprak altı biyokütlesinde herhangi bir değişiklik yapılmadığı varsayılırsa R sıfırlanmalıdır.

CF = Kuru maddenin karbon fraksiyonu, ton C / ton kuru madde

D = Odun yoğunluğu, ton kuru madde / m³

$BCEF_R$ = Ticari hacimdeki kayıpların biyokütle kayıplarına (kabuk dahil) dönüştürmek için biyokütle dönüşüm ve genişleme faktörü, ton hasat / m³. Ancak $BCEF_R$ değerleri kullanılmıyorsa ve hasat için genişleme faktörü (BEF_R) ve odun yoğunluğu (D) ayrı ayrı hesaplanmışsa, ikisinin birbiri ile çarpılması sonucunda BCEFR değeri belirlenebilir (Denklem 7).

Orman zararları yıllık karbon kaybı Denklem 9'a göre hesaplanmaktadır. Zarar gören alan ve orman zararlarından etkilenen alanların ortalama toprak üstü biyokütlesi hariç kök-gövde oranı ve karbon fraksiyonu değerleri için geçerli (default) değerler kullanılır.

Denklem 9 (IPCC, 2006 Kılavuzunda Denklem 2.14)

Zararlar sebebiyle biyokütledeki yıllık karbon kaybı

$$L_{disturbance} = \{A_{disturbance} \cdot B_w \cdot (1+R) \cdot CF \cdot fd\}$$

$L_{disturbances}$ = Yıllık diğer karbon kayıpları, ton C / yıl

$A_{disturbance}$ = Orman zararlarından etkilenen alan, ha / yıl

B_w = Orman zararlarından etkilenen alanların ortalama toprak üstü biyokütlesi, ton kuru madde / ha

R = Toprak altı biyokütlenin toprak üstü biyokütle oranı (kök-gövde oranı), ton toprak altı biyokütle kuru madde / ton toprak üstü biyokütle kuru madde. Seviye 1 için toprak altı biyokütlesinde herhangi bir değişiklik yapılmadığı varsayılırsa R sıfırlanmalıdır.

CF = Kuru maddenin karbon fraksiyonu, ton C / ton kuru madde

fd = Orman zararı sonucu biyokütle havuzundan kaybolan biyokütlenin fraksiyonu (oranı). Ortalama biyokütle karbon yoğunluğundan hepsi kaybolmuş ise $fd = 1$, %30'u kaybolmuş ise $fd = 0.3$ gibi.

SEVİYE 2

Seviye 2 hesaplamaları Seviye 1'e benzemektedir. Ancak Seviye 2 bölgesel ya da ulusal veriler ve daha detaylı aktivite verisini kullanmakta ve biyokütlerdeki karbon stoklarındaki değişimi Seviye 1'e göre daha hassas değerlendirmektedir. Örneğin, belli bir ağaç türünün karbon fraksiyonu veya kök-gövde oranı gibi. Seviye 2'de biyokütle karbon stoklarındaki yıllık değişim Denklem 10 ile hesaplanmaktadır. Denklemde biyokütle karbon stoğunun yıllık değişimini hesaplamak için; biyokütle artımından kaynaklı kazançlar, arazi kullanımı değişimi sonrası ve öncesi biyokütle stokları arasındaki farklılıklar ile toplanır, kayıplar ise çıkarılır.

Denklem 10 (IPCC, 2006 Kılavuzunda Denklem 2.15)

Arazi kullanımından başka bir arazi kullanımı kategorisine dönen alanlarda biyokütle karbon stoklarındaki yıllık değişim

Seviye 2

$$\Delta C_B = \Delta C_G + \Delta C_{CONVERSION} - \Delta C_L$$

ΔC_B = Arazi kullanım değişikliğinin olduğu alandaki (arazi kullanımının diğer bir arazi kullanımına dönmesi) biyokütle karbon stoğunun yıllık değişimi, ton C / yıl

ΔC_G = Arazi kullanım değişikliğinin olduğu alandaki artım sebebiyle biyokütle karbon tutumundaki yıllık artım, ton C / yıl

$\Delta C_{CONVERSION}$ = Arazi kullanım değişikliğinin olduğu alandaki biyokütle karbon stoğunun ilk değişimi, ton C / yıl

ΔC_L = Arazi kullanım değişikliğinin olduğu alandaki hasat, yakacak odun ve orman zararlarından kaynaklanan kayıplar sebebiyle biyokütle karbon stoklarındaki yıllık azalma, ton C / yıl

Geçerli değerlere ek olarak Seviye 2 için ΔC_B hesaplamasında (Denklem 10) ulusal veri olarak elde bulunması gereken veriler:

- i) Orman alanına dönüştürülen alan (yıllık),
- ii) Arazi kullanım değişikliğinin olduğu alanlarda hektardaki biyokütle karbon stoğundaki yıllık ortalama büyüme (Orman Genel Müdürlüğü'nün yerel birimlerinden elde edilebilir),
- iii) Orman alanı olmayan bir alanın orman alanı olmasında biyokütle karbonunun değişimi,
- iv) Arazi kullanım değişikliğinin olduğu alanda biyokütle kayıpları sebebiyle salım değerleridir.

Biyokütle karbon stoklarındaki yıllık artışın hesaplanması (ΔC_G) - Kazançların (Karbon tutumu) hesaplanması:

Biyokütle karbon stoklarındaki yıllık artışın hesaplanmasında Denklem 2 kullanılmaktadır. Yoğun ve daha az orman yönetiminin olduğu ormanlar (türe, iklime vb. göre de sınıflandırılabilir) için ortalama yıllık artımlar ile birlikte başka bir arazi kullanımından orman alanına dönen alan (A) ayrı ayrı ele alınarak hesaplanır, daha sonra da toplanır. Yönetilen ormanlarda biyokütlerdeki ortalama yıllık artımlar için Denklem 3 kullanılmaktadır. Orman alanına dönüşen arazilerin her hektarı için ticari hacimdeki ortalama yıllık biyokütle artımı, odun yoğunluğu, biyokütle dönüşüm ve genişleme faktörü ve kök-gövde oranında ulusal veriler kullanılır.

Arazi kullanım değişikliği olan alanda biyokütle karbon stoklarında ilk değişimin hesaplanması ($\Delta C_{CONVERSION}$): Arazi kullanım değişikliği, biyokütle stoklarında değişikliğe sebep olmaktadır. Biyokütle karbon stoklarındaki değişim sonrası ve öncesi arasındaki fark Denklem 11 ile hesaplanmaktadır.

Denklem 11 (IPCC, 2006 Kılavuzunda Denklem 2.16)

Arazi kullanımından başka bir arazi kategorisine dönen alanlarda biyokütle karbon stoklarındaki ilk değişim

$$\Delta C_{CONVERSION} = \sum_i \{ (B_{AFTER_i} - B_{BEFORE_i}) \cdot \Delta A_{TO_OTHERS_i} \} \cdot CF$$

$\Delta C_{CONVERSION}$ = Arazi kullanım değişikliği olan alanda biyokütle karbon stoklarında ilk değişim, ton C / yıl

B_{AFTER_i} = Dönüşümün hemen sonrasında arazi kullanımı i için biyokütle stoğu, ton kuru madde / ha

B_{BEFORE_i} = Dönüşüm öncesi arazi kullanımı i için biyokütle stoğu, ton kuru madde / ha

$\Delta A_{TO_OTHERS_i}$ = Belirli bir yılda başka bir arazi kullanıma dönüşen arazi kullanımı i için alan, ha / yıl

CF = Kuru maddenin karbon fraksiyonu, ton C / ton kuru madde

i = Başka bir arazi kullanımına dönüştürülen arazi kullanım tipi

Arazi tipi (i) için dönüşüm öncesi (B_{BEFORE_i}) ve dönüşüm sonrası (B_{AFTER_i}) biyokütle stokları hektarda ton kuru madde olarak hesaplanmaktadır. Dönüşümün gerçekleştiği yılda orman alanına dönen arazi tipinin (i) alanı ($\Delta A_{TO_FOREST_i}$) ve kuru maddenin karbon fraksiyonu (CF) denklemde gerekli olan verilerdir.

Biyokütle karbon stoklarındaki yıllık azalmanın hesaplanması (ΔC_L) - Kayıpların

(Karbon salımı) hesaplanması: Biyokütledeki karbon kayıpları Denklem 5'e göre hesaplanmaktadır. Hasat, yakacak odun ve orman zararları sebebiyle biyokütledeki kayıplar Denklem 6, Denklem 8 ve Denklem 9'a göre hesaplanmaktadır. Denklem 6'da odun yoğunluğu, BEF_R ya da $BCEF_R$ değerleri için ulusal değerler kullanılmalıdır. Yakacak odun ve diğer orman zararları için hesaplamalar IPCC (2006) kılavuzunda detaylı olarak anlatılmıştır. Biyokütledeki karbon stok kayıpları ile ilgili herhangi bir veri yoksa sıfır kabul edilmelidir.

SEVİYE 3

Seviye 3 orman alanlarına arazi dönüşümü bir anahtar kategori ve karbon stoklarında önemli bir değişiklik getiriyorsa kullanılmalıdır. Seviye 2'deki denklemler ve sıra ile ya da daha karmaşık yöntemlerin ve modellerin kullanılması ile hesaplanmaktadır. Her iki yöntemde de ulusal yöntemler ve ülkelere özel veriler kullanılmaktadır. Denklem 10 ve Denklem 11, coğrafi ölçeklere ve orman tipinin, türlerinin ve dönüşümden önce arazi kullanımının tür kompozisyonu ve yönetim şekli gibi özelliklerinin daha ayrıntılı hale getirilmesi ile hesaplanmaktadır. Biyokütledeki değişimlerin hesaplanabilmesi için ülkelerin belirlediği yöntemler, orman envanterlerine ya da coğrafi kaynaklara ve/veya modellere bağlı olabilmektedir.

Üst düzey metotların, ülkeye özgü modelleme yöntemleri ve yüksek çözünürlük/sık tekrarlarla elde edilmiş envanter sistemlerinin kullanıldığı hesaplama seviyesidir. Ulusal aktivite verileri yüksek çözünürlükte ve dönüştürülen alan ve orman tipleri için tüm kategorileri, aynı zamanda tekrarlanan arazi örneklemelerini ve/veya arazi kullanımı ve toprak verileri için CBS çalışmalarını ve modellemeleri içermektedir. **Hesaplama düzeyi daha güvenilir veri ve yöntemlere dayandığından sonuçların güvenilirliği yüksek, belirsizlik düzeyi düşüktür.**

Yüksek seviye hesaplamaları (Seviye 2 ve Seviye 3), kaybedilen karbonun bir kısmının atmosfere diğer kısmının da diğer karbon havuzlarına (ölü organik madde ve hasat edilmiş odun ürünleri) geçtiğini (karbon döngüsü) varsaymaktadır. Her seviye için belirsizlik analizlerinin uygulanması gereklidir. Belirsizlik analizleri IPCC (2006) kılavuzlarında yer almaktadır. Ayrıca projenin ek faydasının ortaya konması açısından projenin durum da belirlenmelidir. Arazide örnekleme yapılacaksa ölçüm ve hesaplamalar için örnekleme alan sayısının belirlenmesinde literatür verileri kullanılmalıdır.

1.3.1.2. Emisyon Faktörlerinin Seçimi

Biyokütlerdeki karbon stoklarının yıllık artımı, ΔC_G

SEVİYE 1

Toplam biyokütle hesaplaması için kullanılan yöntemler toprak üstü ve toprak altı biyokütle havuzlarına ihtiyaç duymaktadır. Plantasyon ormanları ve insan müdahalesinin daha az olduğu ormanlarda toprak üstü biyokütlerdeki ortalama yıllık artımın geçerli değerleri, kök-gövde oranı ve kuru maddenin karbon fraksiyonu için geçerli veriler Tablo 1-9'da verilmiştir. Kök-gövde oranı, toplam biyokütlerdeki toprak altı biyokütlesinin hesaplanması için kullanılmalıdır.

SEVİYE 2

Yıllık artım değerleri, toprak altı ve toprak üstü biyokütle, odun yoğunluğu ve biyokütle dönüşüm ve genişleme faktörü için ulusal değerler kullanılmaktadır. Bu değerler, ulusal koşullara bağlı olarak doğal ya da yapay gençleştirme gibi alanın özelliğine, iklime, tür kompozisyonuna ve yönetim şekline göre detaylandırılabilir. Ülkemizde yapılan bazı çalışmaların sonuçları Tablo10-14'te verilmiştir.

SEVİYE 3

Biyokütle karbon stoklarındaki artım orman envanterinden, arazi örneklemeinden ve/veya modellerden gelen biyokütle verilerindeki ülkeye özgü yıllık biyokütle artımları ve karbon fraksiyonu ile hesaplanmaktadır.

Arazi kullanım değişikliği olan alanda biyokütle karbon stoklarında ilk değişim ($\Delta C_{CONVERSION}$)

SEVİYE 1

Seviye 1'de önceki ve sonraki arazi kullanımları için biyokütle stoklarındaki değişim olmadığı varsayılır. Başka bir deyişle, Seviye 1 için $\Delta C_{CONVERSION}$ hesaplanmamaktadır.

SEVİYE 2

Dönüşüm öncesi ve sonrası biyokütle stokları ülkeye özgü veriler olmalıdır. Tahminler tarım alanları, mera alanları, sulak alanlar, yerleşim alanları ve diğer arazi kullanımlarında karbon stok değişimlerinin hesaplamaları ile uygun bir biçimde kullanılarak hesaplanmalıdır. Bu tahminler ulusal kurumlar ya da araştırmalardan elde edilmiş olmalıdır. Seviye 2'de ülkeye özgü veriler ile geçerli verilerin kombinasyonu da kullanılabilir.

SEVİYE 3

Tahminler ve hesaplamalar orman envanteri ve/veya model verilerine dayanılarak yapılır.

Biyokütle karbon stoklarındaki yıllık azalma (ΔC_L)

Daha önce açıklandığı gibi ve verilen denklemler kullanılarak hesaplanmalıdır. Tomruk üretimi (hasat) için yapılan kesimlere ait veriler ulusal kaynaklardan ya da Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO) verilerinden elde edilmelidir.

1.3.1.3. Aktivite Verisinin Seçimi

Orman alanına dönüşen alanın alanı, ΔA_{TO_FOREST}

Tüm seviyelerde, envanter yılından önceki 20 yıl boyunca orman alanına dönüştürülen alanlar hesaplamalarda kullanılır. Aynı alan ölü organik madde ve toprak karbon stoklarının değişiminin hesaplanmasında da kullanılmalıdır. Mümkünse bu alanlar, dönüşüm öncesi ve sonrası için arazide önemli toprak tipleri ve biyokütle yoğunlukları göz önüne alınacak şekilde ayrıştırılmalıdır. Terk edilmiş arazilerde ve orman plantasyonları için doğal olarak yeniden yetişen ormanlar için biyokütle stoklarının hesaplanmasında farklı biyokütle büyüme oranları kullanılmalıdır.

SEVİYE 1

Orman yönetimi (intensive ya da extensive) aktivite verisi ulusal bazda bakanlıklardan, belediyelerden ya da survey ve haritalama yapan özel ya da kamu şirketlerinden elde edilebilir. Eğer elde kullanılabilecek bir ulusal veri yoksa veriler uluslararası kaynaklardan sağlanabilir.

SEVİYE 2

Orman alanına belirli bir zaman periyodu içerisinde dönüşen farklı arazi kullanımının alanları bilinmelidir. Orman alanına geçen tüm olası arazi kullanımları bir arazi kullanımı değişim matrisi ya da benzeri ile ve ulusal veri tabanından alınabilir.

SEVİYE 3

Doğal ve doğal olmayan rejenerasyon yoluyla orman alanına dönüştürülen arazinin ulusal aktivite verisi farklı kaynaklar, özellikle ulusal orman envanterleri, arazi kullanım, arazi kullanım değişiklikleri ve uzaktan algılama kayıtları gibi kaynaklardan elde edilmelidir.

Bu veriler ile orman alanına yapılan tüm arazi kullanım geçişleri tam olarak hesaplanabilir ve iklim, toprak ve bitki örtüsü gibi veriler de hesaplamalarda ayrılabilir. Plantasyon alanları genellikle meşcerenin türüne ve yaşına göre bulunur.



1.3.2. Ölü Organik Madde Karbon Stoklarındaki Değişimin Hesaplanması Yöntemleri

Bu kılavuzdaki ölü organik madde karbon stoklarındaki değişimin hesaplanması yöntemleri için verilen tüm karbon hesaplamaları, açıklama ve yöntemleri ile birlikte IPCC (2006) kılavuzundan Türkçeye çevrilerek yazılmıştır. Ulusal verilerin kaynakları da ayrıca belirtilmiştir.

Orman alanına plantasyon veya doğal rejenerasyon yoluyla dönüştürülen arazilerde (tarım alanları, mera alanları, yerleşim alanları ve diğer arazi kullanımları) yani orman dışı arazilerde önemli ölü odun ve ölü örtü karbon havuzlarının olmayacağı muhtemeldir. Bu yaklaşıma göre, Seviye 1'de ölü odun ve ölü örtü karbon stokları orman dışı alanlarda sıfırdır ve belirli bir zaman periyodunda (geçerli = 20 yıl) ölü organik madde havuzundaki karbon doğrusal olarak artmaktadır.

Yönetilmeyen orman arazisinden yönetilen orman arazisine dönüşüm için Seviye 1'de yönetilmeyen ormanlardaki ölü organik madde karbon stoklarının yönetilen ormanlarınkine benzediği ve karbon stok değişiminin hesaplanmasına ve raporlanmasına gerekli olmadığı varsayılmaktadır. Ancak gerçekte, diğer faktörler eşit ise yönetilmeyen ormanlarda ölü organik madde karbon stoklarının, yönetilen ormanlardakinden daha yüksektir. Çünkü tomruk üretimi için hasat yapıldığı sırada ölü organik madde havuzlarının uzun vadeli dinamiklerine katkıda bulunacak odunsu biyokütleyi ortadan kaldırır (Kurz ve ark., 1998).

Arazinin orman alanına dönüştürülmesinden sonra ölü organik madde havuzlarındaki karbon emisyonlarının ve tutumlarını tahmin etmek için yöntemler, dönüşüm öncesi ve hemen sonrasında karbon stoklarının tahminlerini ve envanter döneminde dönüştürülen arazilerin tahminlerini gerektirir.

1.3.2.1. Yöntemin Seçilmesi

SEVİYE 1

Orman alanına dönüşen araziler için Seviye 1 varsayımı ölü odun ve ölü örtü havuzlarının, sıfırdan (orman dışı arazi kullanım kategorisinde) T yılına (mevcut geçerli ölü odun ve ölü örtü karbon havuzları için 20 yıldır) kadar bir süre boyunca iklim bölgesi için varsayılan değerlere doğrusal olarak artmasıdır. 20 yıllık geçerli (varsayılan) süre ölü örtü için uygundur, ancak ölü odun havuzlarında, özellikle yavaş büyüyen vejetasyona sahip soğuk bölgelerde çok kısa olabilir.

SEVİYE 2 ve SEVİYE 3

Seviye 2 ve Seviye 3'te ölü odun ve ölü örtü havuzlarındaki karbon stok değişimleri farklı iki yöntem (Denklem 12 ve Denklem 13) kullanılarak hesaplanabilmektedir.

Denklem 12 (IPCC, 2006 Kılavuzunda Denklem 2.18)

Ölü odun veya ölü örtü karbon stoklarındaki yıllık değişim (Kayıp-Kazanç Yöntemi -Gain-Loss Method-)

$$\Delta C_{DOM} = A \cdot \{(DOM_{in} - DOM_{out}) \cdot CF\}$$

ΔC_{DOM} = Ölü odun/özü örtü karbon stoklarındaki yıllık değişim, ton C / yıl

A = Yönetilen arazinin alanı, ha

DOM_{in} = Yıllık süreçler ve müdahaleler nedeniyle ölü odun/özü örtü havuzuna biyokütlenin ortalama yıllık transferi, ton kuru madde / ha / yıl

DOM_{out} = Ölü odun veya ölü örtü havuzundan çıkan ortalama yıllık eksilme (çürüme, bozulma) ve müdahale karbon kaybı, ton kuru madde / ha / yıl

CF = Kuru maddenin karbon fraksiyonu, ton C / ton kuru madde

Denklem 13 (IPCC, 2006 Kılavuzunda Denklem 2.19)

Ölü odun veya ölü örtü karbon stoklarındaki yıllık değişim (Stok-Fark Yöntemi –Stock-Difference Method-)

$$\Delta C_{DOM} = \left[A \cdot \frac{(DOM_{t_2} - DOM_{t_1})}{T} \right] \cdot CF$$

ΔC_{DOM} = Ölü odun/özü örtü karbon stoklarındaki yıllık değişim, ton C / yıl

A = Yönetilen arazinin alanı, ha

DOM_{t_1} = Yönetilen arazi için t1 zamanında ölü odun/özü örtü stoğu, ton kuru madde / ha / yıl

DOM_{t_2} = Yönetilen arazi için t2 zamanında ölü odun/özü örtü stoğu, ton kuru madde / ha / yıl

T = ($t_2 - t_1$) = İkinci stok tahmini ve birinci stok tahmini arasında geçen süre, yıl

DOM_{out} = Ölü odun veya ölü örtü havuzundan çıkan ortalama yıllık eksilme (çürüme, bozulma) ve müdahale karbon kaybı, ton kuru madde / ha / yıl

CF = Kuru maddenin karbon fraksiyonu (ölü örtü için geçerli = 0,37), ton C / ton kuru madde

1.3.2.2. Emisyon Faktörlerinin Seçimi**SEVİYE 1**

Seviye 1 yönteminde geçerli (default) ölü odun ve ölü örtü karbon stokları kullanılmaktadır. Farklı iklim bölgelerinde 6 farklı arazi kullanımı kategorisinde bu geçerli karbon stok değerleri IPCC (2006) kılavuzlarında verilmiştir. Seviye 1 yaklaşımında tüm orman dışı arazi kullanım kategorilerinde ölü odun ve ölü örtü karbon stokları sıfırdır. Orman alanına dönüşen araziler için ölü odun ve ölü örtü havuzlarındaki karbon stoklarının T geçiş dönemi boyunca doğrusal olarak arttığı varsayılmıştır (Geçerli değer ölü odun ve ölü örtü C stokları için 20 yıldır). Bundan dolayı, yıllık artış oranı, orman dışı ve orman kategorisindeki ölü organik madde havuzlarındaki karbon stoklarındaki fark ile geçiş dönemi T'deki yılların sayısı arasındaki oran olarak hesaplanmaktadır.

SEVİYE 2 ve SEVİYE 3

Seviye 2 ve Seviye 3 yöntemlerinde ölü organik maddenin hesaplanması için farklı iki yöntem (Denklem 12 ve Denklem 13) kullanılmaktadır. Her iki yöntemde de belirsizlik en aza indirilmelidir.

1.3.2.3. Aktivite Verisinin Seçimi

Seviye 1'de orman alanına dönüşümün yıllık oranına ilişkin aktivite verisi kullanılır. Aktivite verileri, IPCC (2006) kılavuzlarında belirtilen genel prensiplere göre, orman alanına dönüştürülen arazide biyokütlenin karbon stok değişimlerinin tahmininde kullanılanlarla tutarlı olmalıdır. Aktivite verileri, ulusal istatistiklerden, orman yönetiminden sorumlu yerel, bölgesel ve ulusal kurumlarından, doğa koruma kurumlarından, belediyelerden ve harita hazırlama kurumlarından elde edilebilir. Veriler genel iklim kategorilerine ve orman türlerine göre ayrılmalıdır. Seviye 2 ve Seviye 3'te envanterler, geliştirilmiş toprak sınıfları, iklim ve mekansal ve zamansal çözünürlük ile yeni ormanların oluşturulması hakkında daha kapsamlı bilgi gerektirir. Geçiş dönemi olarak seçilen yıl sayısı (T) üzerinde gerçekleşen ölü organik madde havuzlarındaki tüm değişiklikler de dahil edilmelidir.

1.3.3. Toprak Karbon Stoklarındaki Değişimin Hesaplanması Yöntemleri

Bu kılavuzdaki toprak karbon stoklarındaki değişimin hesaplanması yöntemleri için verilen tüm karbon hesaplamaları, açıklama ve yöntemleri ile birlikte IPCC (2006) kılavuzundan Türkçeye çevrilerek yazılmıştır. Ulusal verilerin kaynakları da ayrıca belirtilmiştir.

Mineral topraklardaki arazi dönüşümleri genellikle ya benzer seviyelerde karbon depolamayı sürdürür ya da özellikle toprak daha önce yıllık ekin üretimi için yönetilmiş ise toprak karbon stoklarını artıran koşullar yaratır. Organik topraklardaki karbon emisyonları önceki arazi kullanımı ve drenaja göre değişecektir.

1.3.3.1. Yöntemin Seçilmesi

Orman alanına dönüştürülen araziler için toprak karbon stoklarındaki toplam değişim, mineral topraklar ve organik topraklar için toprak organik karbon stoklarındaki değişimi ve inorganik toprak karbon havuzları (Sadece Seviye 3) için karbon stok değişimini birleştiren Denklem 14 kullanılarak hesaplanmaktadır.

Denklem 14 (IPCC, 2006 Kılavuzunda Denklem 2.24)

Toprak karbon stoklarındaki yıllık değişim

$$\Delta C_{Soils} = \Delta C_{Mineral} - L_{Organic} + \Delta C_{Inorganic}$$

ΔC_{Soils} = Topraklardaki karbon stoklarındaki yıllık değişim, ton C / yıl

$\Delta C_{Mineral}$ = Mineral topraklardaki organik karbon stoklarındaki yıllık değişim, ton C / yıl

$L_{Organic}$ = Drene olan organik topraklardaki yıllık karbon kaybı, ton C / yıl

$\Delta C_{Inorganic}$ = Toprak inorganik karbon stoklarındaki yıllık değişim, ton C / yıl (Seviye 3 haricinde sıfır olarak hesaplanır)

Mineral topraklar

IPCC (2006) kılavuzunda mineral topraklardaki yıllık karbon stok değişimi ile ilgili hesaplama detayları verilmiştir. Seviye 1'de dönüşümden önceki toprak organik karbon stoğu ve envanterin son senesindeki karbon stoğu geçerli değerler kullanılarak belirlenmektedir.

Seviye 2 ve 3'te de aynı eşitlikten (IPCC, 2006; Denklem 2.25; sayfa 2.30) faydalanır. Ancak tabiki ülke ya da bölgesel ölçekte daha detaylı veri gerektirmektedir. Seviye 3'te ülkeye özgü modeller ve ölçüme dayalı yaklaşımlar kullanılır.

Organik topraklar

Seviye 1 ve Seviye 2'de envanter süresince organik topraklarda orman alanına dönüştürülen araziye organik topraklarda bulunan orman arazisi kalan orman alanıyla aynı şekilde muamele edilir. IPCC (2006) kılavuzunda detaylı bilgiler verilmiştir. Seviye 3'te mineral topraklardaki gibi ülkeye özgü model ve ölçüme dayalı yaklaşımlar kullanılır.

1.3.3.2. Emisyon Faktörlerinin Seçimi

Mineral topraklar

SEVİYE 1

Yönetilmeyen ve yönetilen orman alanları, yerleşim alanları ve düşük müdahale rejimleriyle nominal olarak yönetilen mera alanları için toprak karbon stokları referans değerlerine (yani arazi kullanımı, müdahale (sadece ormanlar), yönetim ve girdi faktörleri 1'e eşittir) eşit kabul edilir. Ancak iyileştirilmiş ve bozulmuş mera alanlarının yanı sıra tüm tarım alanları gibi orman alanına dönüştürülebilecek diğer sistemleri temsil etmek için uygun stok değişim faktörlerini uygulamak gerekecektir. Geçerli stok değişim faktörleri IPCC (2006) kılavuzunda verilmiştir.

SEVİYE 2

Arazi kullanımları arasındaki toprak organik karbon stoklarındaki farklılıklar bir referans koşuluna göre hesaplanır. Geçerli referans karbon stokları kullanılıyorsa, referans koşulu arazi kullanımı ve yönetim uygulamaları yoluyla bozulmuş veya geliştirilmemiş doğal bitki örtüsüdür. Orman, referans koşulunu temsil ediyorsa, ormanlara arazi kullanımı dönüşümüne ilişkin stok değişim faktörleri 1'e eşit olacaktır. Ancak temsil etmiyorsa, faktörlerin hesaplanması gerekmektedir. Referans karbon stokları için ülkeye özgü veriler de kullanılabilir.

SEVİYE 3

Sabit stok değişim oranı faktörlerinin, arazi kullanımı ve yönetim etkilerini daha doğru bir şekilde yakalayan değişken oranlar lehine tahmin edilme olasılığı düşüktür.

Organik topraklar

SEVİYE 1 ve SEVİYE 2

Envanter süresince organik topraklarda orman alanına dönüştürülen arazinin, organik topraklarda orman srazisi kalan orman alanı ile aynı şekilde muamele edilir. Emisyon faktörleri IPCC (2006) kılavuzunda verilmiştir.

SEVİYE 3

Sabit stok değişim oranı faktörlerinin, arazi kullanımı ve yönetim etkilerini daha doğru bir şekilde yakalayan değişken oranlar lehine tahmin edilme olasılığı düşüktür.

1.3.3.3. Aktivite Verisinin Seçimi

Mineral topraklar

SEVİYE 1 ve SEVİYE 2

Toprak karbon stoğu değişiminin tahmin edilmesi amacıyla, orman alanına dönüşen arazinin alan tahminleri, büyük iklim bölgelerine ve toprak türlerine göre detaylandırılmalıdır. Toprak organik karbon stoklarında orman alanına dönüştürülmüş arazinin etkisinin değerlendirilmesinde kritik bir konu, arazi kullanımı ve yönetim aktivite verisi türüdür.

SEVİYE 3

Dinamik modellerin ve/veya doğrudan ölçüme dayalı bir envanterin uygulanması için, Seviye 1 veya Seviye 2 yöntemine göre iklim, toprak, topografik ve yönetim verileri kombinasyonları hakkında daha ayrıntılı veriler gereklidir. Ancak kesin gereksinimler model veya ölçüm tasarımına bağımlı olacaktır.

Organik topraklar

SEVİYE 1 ve SEVİYE 2

Envanter süresince organik topraklarda orman alanına dönüştürülen arazinin, organik topraklarda orman srazisi kalan orman alanı ile aynı şekilde muamele edilir. Emisyon faktörleri IPCC (2006) kılavuzunda verilmiştir.

SEVİYE 3

Mineral topraklara benzer olarak dinamik modellerin ve/veya doğrudan ölçüme dayalı bir envanterin uygulanması için, Seviye 1 veya Seviye 2 yöntemlerine göre iklim, toprak, topografik ve yönetim verileri kombinasyonları hakkında daha ayrıntılı veriler gereklidir. Ancak kesin gereksinimler model veya ölçüm tasarımına bağımlı olacaktır.

Seviye 1 veya Seviye 2 yöntemlerine göre iklim, toprak, topografik ve yönetim verileri kombinasyonları hakkında daha ayrıntılı veriler gereklidir. Ancak kesin gereksinimler model veya ölçüm tasarımına bağımlı olacaktır.



1.3.4. Tablolar

Aşağıda tablolandırılan faktörler (Tablo 1.1-1.9), **Seviye 1** için IPCC (2006) Türkiye iklim kuşağı ve iklim bölgesine göre verilen geçerli değerlerdir.

Denklem 2'nin Seviye 1'de hesaplanabilmesi için IPCC (2006) kılavuzunda verilen **geçerli değerler** kullanılmaktadır. IPCC iklim sınıflandırmasının Türkiye haritası NIR Turkey (2017) kılavuzunda¹ gösterilmiştir. İklim bölgesine göre Tablo 1.1'den ekolojik zon özellikleri bulunabilmektedir. Toprak üstü biyokütle karbon fraksiyonu değerleri ise Tablo 1.2'de verilmiştir.

Tablo 1.1. İklim bölgelerine göre ekolojik zonlar (*i* ve *j*) (IPCC, 2006).

İklim kuşağı	İklim bölgeleri	Ekolojik zon	
		Zon	Zon kriteri
Yarı-tropikal*	Sıcak ılıman nemli	Yarı-tropikal nemli ormanlar	Nemli: kuru mevsim yok (tüm yıl yağışlı)
		Yarı-tropikal kurak ormanlar	Kış yağışlı, yaz yağışsız
	Sıcak ılıman kurak	Yarı-tropikal step	Yarı-kurak: buharlaşma>yağış
		Yarı-tropikal çöl	Kurak: tüm aylar kuru (yıl boyu yağış yok)
Sıcak ılıman nemli veya kurak	Yarı-tropikal dağlık sistemler	Yaklaşık 800 – 1000 m üzeri yükseklik	
İlman**	Soğuk ılıman nemli	İlman okyanus ormanlar	Okyanus iklimi: en soğuk ay 0°C den fazla
		İlman karasal ormanlar	Karasal iklim: en soğuk ay 0°C den az
	Soğuk ılıman kurak	İlman step	Yarı-kurak: buharlaşma>yağış
		İlman çöl	Kurak: tüm aylar kuru (yıl boyu yağış yok)
Soğuk ılıman nemli veya kurak	İlman dağlık sistemler	Yaklaşık 800 m üzeri yükseklik	

* Yarı-tropikal iklim kuşağı: 8 ay ve üzeri arasında sıcaklığın 10°C üzerinde seyreden. ** İlman iklim kuşağı: 4 ila 8 ay arasında sıcaklığın 10°C üzerinde.

Tablo 1.2. Toprak üstü biyokütle karbon fraksiyonu (*CF*) (IPCC, 2006).

İklim kuşağı	Ağacın bölümü	Karbon fraksiyonu (CF) (ton C / ton kuru madde)	Kaynaklar
Geçerli değer	Ağacın tümü	0,47	McGroddy ve ark., 2004
İlman ve kutup iklimi	Ağacın tümü	0,47 (0,47 – 0,49)	Andreae ve Merlet, 2001; Gayoso ve ark., 2002; Matthews, 1993; McGroddy ve ark., 2004
	Geniş yapraklılar	0,48 (0,46 – 0,50)	Lamlom ve Savidge, 2003
	Koniferler	0,51 (0,47 – 0,55)	Lamlom ve Savidge, 2003

Seviye 1'de biyokütle karbon stoklarının yıllık artışının hesaplanması (Denklem 2) için yıllık ortalama biyokütle artımının (G_{TOTAL}) Denklem 3'e göre hesaplanması gerekmektedir. Toprak altı biyokütlenin toprak üstü biyokütleyle oranları (*R*) iklim ve ekolojik zonlara göre Tablo 1.3'te verilmiştir.

1-NIR Turkey (2017), Ulusal Sera Gazı Envanter Raporu (1990-2015). <https://unfccc.int/process/transparency-and-reporting/reporting-and-review-under-the-convention/greenhouse-gas-inventories/submissions-of-annual-greenhouse-gas-inventories-for-2017>, (Ziyaret tarihi: 01.06.2017).

Tablo 1.3. Toprak altı biyokütlenin toprak üstü biyokütleye oranı (R) (IPCC, 2006).

İklim kuşaağı	Ekolojik zon	Toprak üstü biyokütle (ton / ha)	Kök-Gövde oranı (R) (ton kök kuru madde/ton gövde kuru madde)	Kaynaklar
İlman	İlman okyanus ormanlar	İbrelİ <50	0,40 (0,21 – 1,06)	Mokany ve ark., 2006
		İbrelİ 50 – 150	0,29 (0,24 – 0,50)	Mokany ve ark., 2006
	İlman karasal ormanlar	İbrelİ >150	0,20 (0,12 – 0,49)	Mokany ve ark., 2006
		Meşe >70	0,30 (0,20 – 1,16)	Mokany ve ark., 2006
	İlman dağlık sistemler	Diğer geniş yapraklılar <75	0,46 (0,12 – 0,93)	Mokany ve ark., 2006
		Diğer geniş yapraklılar 75 - 150	0,23 (0,13 – 0,37)	Mokany ve ark., 2006
		Diğer geniş yapraklılar >150	0,24 (0,17 – 0,44)	Mokany ve ark., 2006

Belli bir odunsu vejetasyon tipi için yıllık ortalama toprak üstü biyokütle artımı (G_w) verileri de Tablo 1.4'te yine IPCC (2006) kılavuzuna göre gösterilmiştir. Tablo 1.4'te doğal ormanlar için yıllık ortalama toprak üstü biyokütle artımı değerleri verilmiştir. İlman iklim tipi için plantasyon ormanları için yıllık ortalama toprak üstü biyokütle artım değerleri IPCC (2006) kılavuzunda yoktur. Tablo 1.5'te ise yarı-tropikal plantasyon ormanlar için yıllık ortalama toprak üstü biyokütle artımı (G_w) verileri verilmiştir.

Tablo 1.4. Doğal ormanlar için yıllık ortalama toprak üstü biyokütle artımı (G_w) (IPCC, 2006).

İklim kuşaağı	Ekolojik zon	Kıta	Toprak üstü biyokütle artımı (G_w) (ton kuru madde / ha / yıl)	Kaynaklar
Yarı-tropikal	Yarı-tropikal nemli ormanlar	Asya (karsal \leq 20 y)	9,0	IPCC, 2003
		Asya (karsal > 20 y)	2,0	
		Asya (ayrı \leq 20 y)	11	
		Asya (ayrı > 20 y)	3,0	
	Yarı-tropikal kurak ormanlar	Asya (karsal \leq 20 y)	6,0	IPCC, 2003
		Asya (karsal > 20 y)	1,5	
		Asya (ayrı \leq 20 y)	7,0	
		Asya (ayrı > 20 y)	2,0	
	Yarı-tropikal step	Asya (karsal \leq 20 y)	5,0	IPCC, 2003
		Asya (karsal > 20 y)	1,3 (1,0-2,2)	
		Asya (ayrı \leq 20 y)	2,0	
		Asya (ayrı > 20 y)	1,0	
Yarı-tropikal dağlık sistemler	Asya (karsal \leq 20 y)	1,0-5,0	IPCC, 2003	
	Asya (karsal > 20 y)	0,5-1,0		
	Asya (ayrı \leq 20 y)	3,0-12		
	Asya (ayrı > 20 y)	1,0-3,0		
İlman	İlman karasal ormanlar	Asya, Avrupa (\leq 20 y)	4,0 (0,5-8,0)	IPCC, 2003
		Asya, Avrupa (> 20 y)	4,0 (0,5-7,5)	
	İlman dağlık sistemler	Asya, Avrupa	3,0 (0,5-6,0)	IPCC, 2003

Tablo 1.5. Plantasyon ormanlar için yıllık ortalama toprak üstü biyokütle artımı (G_w) (IPCC, 2006).

İklim kuşağı	Ekolojik zon	Kıta	Toprak üstü biyokütle artımı (G_w) (ton kuru madde / ha / yıl)	Kaynaklar
Yarı-tropikal	Yarı-tropikal nemli ormanlar	Asya	8	IPCC, 2003
	Yarı-tropikal kurak ormanlar	Asya <i>Eucalyptus</i> sp.	15 (5-25)	IPCC, 2003
		Asya diğer	7 (2-13)	
	Yarı-tropikal step	Asya	6 (1-12)	IPCC, 2003
	Yarı-tropikal dağlık sistemler	Asya <i>Eucalyptus</i> sp.	3	IPCC, 2003
Asya diğer		5 (1-10)		

Belli bir vejetasyon tipi için hacimdeki (kabuk dahil) net yıllık artımın toprak üstü biyokütle artımına dönüştürmek için biyokütle dönüşüm ve genişleme faktörü ($BCEF_f$), odun üretimi ve yakacak odun için yapılan üretim hacminin (ticari hacimdeki kayıplar) biyokütle kayıplarına (kabuk dahil) dönüştürmek için biyokütle dönüşüm ve genişleme faktörleri ($BCEF_R$) ve ticari artım stok hacminin genişletmek için biyokütle dönüşüm ve genişleme faktörleri ($BCEF_S$) Tablo 1.6'da verilmiştir.

Tablo 1.6. Geçerli biyokütle dönüşüm ve genişleme faktörleri (BCEF) (IPCC, 2006).

Orman Tipi	$BCEF$ (ton biyokütle / odun hacmi m^3)	Meşçere Hacmi (m^3) (Ilıman iklim tipi için)				
		<20	21-40	41-100	100-200	>200
Sert odun	$BCEF_S$	3,0 (0,8-4,5)	1,7 (0,8-2,6)	1,4 (0,7-1,9)	1,05 (0,6-1,4)	0,8 (0,55-1,1)
	$BCEF_f$	1,5	1,3	0,9	0,6	0,48
	$BCEF_R$	3,33	1,89	1,55	1,17	0,89
Çam	$BCEF_S$	1,8 (0,6-2,4)	1,0 (0,65-1,5)	0,75 (0,6-1,0)	0,7 (0,4-1,0)	0,7 (0,4-1,0)
	$BCEF_f$	1,5	0,75	0,6	0,67	0,69
	$BCEF_R$	2,0	1,11	0,83	0,77	0,77
Diğer koniferler	$BCEF_S$	3,0 (0,7-4,0)	1,4 (0,5-2,5)	1,0 (0,5-1,4)	0,75 (0,4-1,2)	0,7 (0,35-0,9)
	$BCEF_f$	1,0	0,83	0,57	0,53	0,60
	$BCEF_R$	3,33	1,55	1,11	0,83	0,77

Ormanlar için toprak üstü biyokütle değerleri Tablo 1.7'de, plantasyon ormanlar için toprak üstü biyokütle değerleri ise Tablo 1.8'de verilmiştir.

Tablo 1.7. Ormanlarda toprak üstü biyokütle (IPCC, 2006).

İklim kuşağı	Ekolojik zon	Kıta	Toprak üstü biyokütle (ton kuru madde / ha)	Kaynaklar
Yarı-tropikal	Yarı-tropikal nemli ormanlar	Asya kıtasal	180 (10 – 560)	IPCC, 2003
		Asya ada	290	IPCC, 2003
	Yarı-tropikal kurak ormanlar	Asya kıtasal	130 (100 – 160)	IPCC, 2003
		Asya ada	160	IPCC, 2003
	Yarı-tropikal step	Asya kıtasal	60	IPCC, 2003
		Asya ada	70	IPCC, 2003
	Yarı-tropikal dağlık sistemler	Asya kıtasal	50 – 220	IPCC, 2003
Asya ada		50 – 360	IPCC, 2003	
Ilıman	Ilıman okyanus ormanlar	Avrupa	120	-
	Ilıman karasal ormanlar	Asya, Avrupa ≤ 20 y	20	IPCC, 2003
		Asya, Avrupa > 20 y	120 (20 – 320)	IPCC, 2003
	Ilıman dağlık sistemler	Asya, Avrupa ≤ 20 y	100 (20 – 180)	IPCC, 2003
		Asya, Avrupa > 20 y	130 (20 – 600)	IPCC, 2003

Tablo 1.8. Plantasyon ormanlarda toprak üstü biyokütle (IPCC, 2006).

İklim kuşağı	Ekolojik zon	Kıta	Toprak üstü biyokütle (ton kuru madde / ha)	Kaynaklar	
Yarı-tropikal	Yarı-tropikal nemli ormanlar	Asya geniş yapraklı	180	IPCC, 2003	
		Asya diğer	100	IPCC, 2003	
	Yarı-tropikal kurak ormanlar	Asya geniş yapraklı	90	IPCC, 2003	
		Asya diğer	60	IPCC, 2003	
	Yarı-tropikal step	Asya geniş yapraklı > 20 y Asya geniş yapraklı ≤ 20 y Asya ibrelili > 20 y Asya ibrelili ≤ 20 y	Asya geniş yapraklı > 20 y	80	IPCC, 2003
			Asya geniş yapraklı ≤ 20 y	10	IPCC, 2003
			Asya ibrelili > 20 y	20	IPCC, 2003
			Asya ibrelili ≤ 20 y	100 – 120	IPCC, 2003
Yarı-tropikal dağlık sistemler	Asya geniş yapraklı Asya diğer	Asya geniş yapraklı	40 – 150	IPCC, 2003	
		Asya diğer	25 – 80	IPCC, 2003	
İlman	İlman okyanus ormanlar	Asya, Avrupa geniş yapraklı > 20 y	200	IPCC, 2003	
		Asya, Avrupa geniş yapraklı ≤ 20 y	30	IPCC, 2003	
		Asya, Avrupa ibrelili > 20 y	150 – 250	IPCC, 2003	
		Asya, Avrupa ibrelili ≤ 20 y	40	IPCC, 2003	
	İlman karasal ormanlar ve dağlık sistemler	Asya, Avrupa geniş yapraklı > 20 y Asya, Avrupa geniş yapraklı ≤ 20 y Asya, Avrupa ibrelili > 20 y Asya, Avrupa ibrelili ≤ 20 y	Asya, Avrupa geniş yapraklı > 20 y	200	IPCC, 2003
			Asya, Avrupa geniş yapraklı ≤ 20 y	15	IPCC, 2003
			Asya, Avrupa ibrelili > 20 y	150 – 200	IPCC, 2003
			Asya, Avrupa ibrelili ≤ 20 y	25 – 30	IPCC, 2003

Plantasyon ormanlar için bazı ağaç türlerine ait toprak üstü biyokütle net yıllık artımlar ve ortalama yıllık artımlar (ticari hacimler için) yine IPCC (2006) kılavuzunda sırasıyla 4.11A ve 4.11B tablolarında verilmiştir. Bu tablolar kullanılarak hesaplanan yaklaşık toprak üstü biyokütle değerleri ve toprak üstü net biyokütle artımları doğal ve plantasyon ormanlar için Tablo 1.9'da (IPCC, 2006 kılavuzunda 4.12 tablosunda) gösterilmiştir. Bu veriler yaklaşık değerlerdir ve sadece Seviye 1 hesaplamaları için kullanılmaktadır.

Tablo 1.9. Seviye 1 - Tahmini yaklaşık biyokütle değerleri (IPCC, 2006).

İklim kuşağı	Ekolojik zon	Doğal ormanlarda toprak üstü biyokütle (ton kuru madde / ha)	Plantasyon ormanlarda toprak üstü biyokütle (ton kuru madde / ha)	Doğal ormanlarda net biyokütle artımı (ton kuru madde / ha / yıl)	Plantasyon ormanlarda net biyokütle artımı (ton kuru madde / ha / yıl)
Yarı-tropikal	Yarı-tropikal nemli ormanlar	220	140	5,0	10,0
	Yarı-tropikal kurak ormanlar	130	60	2,4	8,0
	Yarı-tropikal step	70	30	1,0	5,0
	Yarı-tropikal dağlık sistemler	140	90	1,0	5,0
İlman	İlman okyanus ormanlar	180	160	4,4	4,4
	İlman karasal ormanlar	120	100	4,0	4,0
	İlman dağlık sistemler	100	100	3,0	3,0

IPCC (2006) kılavuzunda Tablo 4.14'te ılıman iklim kuşağı için bazı ağaç taksonları için odun yoğunluğu (D) geçerli değerleri verilmiştir.

Seviye 2 ve Seviye 3'te yıllık artım değerlerinin, toprak altı biyokütle, toprak üstü biyokütle, odun yoğunluğu ve biyokütle dönüşüm ve genişleme faktörlerinin ulusal olarak hesaplanan veriler kullanılarak biyokütle karbon stok değişimi yöntem ve modellere uygulanması gerekmektedir. Bu veriler ulusal koşullara (iklim, yönetim, tür kompozisyonu vb.) bağlı olarak daha geliştirilebilir.

Toprak üstü biyokütle karbon fraksiyonu (CF) değerleri (IPCC, 2006) Seviye 1'de Tablo 2'de verilmiştir. Türkiye Ulusal Sera Gazı Envanter Raporu'nda da (NIR Turkey, 2017) bu değerler kullanılmıştır. Kullanılan değerler, ılıman iklim için geniş yapraklılarda 0,48 ton C / ton kuru madde, ibrelilerde ise 0,51 ton C / ton kuru maddedir. Toprak altı biyokütlenin toprak üstü biyokütleye oranı (R) Seviye 1'de Tablo 3'te verilmiştir. Türkiye Ulusal Sera Gazı Envanter Raporu'nda da (NIR Turkey, 2017) bu değerler kullanılmıştır. Kullanılan bu değerler ılıman iklim için hesaplanan değerlerdir.

Belli bir odunsu vejetasyon tipi için yıllık ortalama biyokütle artımının (G_{TOTAL}) hesaplanabilmesi için; net yıllık ortalama artım (I_V), yıllık net artımların dönüşümü ($BCEF_f$) ve toprak altı biyokütlenin toprak üstü biyokütleye oranı (R) gerekmektedir. Belli bir vejetasyon tipi için net yıllık ortalama artım ($m^3 / ha / yıl$) (I_V), orman amenajman planlarında her yönetim sınıfı için bulunmaktadır. Bazı ağaç türleri için hesaplanan $BCEF$ katsayıları Tablo 1.10'da ve hesaplanan ortalama odun yoğunluğu (D), BEF ve $BCEF$ katsayıları ise Tablo 1.11'de gösterilmiştir.

Tablo 1.10. Bazı ağaç türleri için hesaplanan BCEF katsayıları (Tolunay, 2013).

Ağaç türü	$BCEF_I$ (ton / m ³)	$BCEF_S$ (ton / m ³)	$BCEF_R$ (ton / m ³)	$BCEF_{yaprak}$ (ton / m ³)	$BCEF_{dal}$ (ton / m ³)
<i>Alnus sp.</i>	0,449	Veri yok	Veri yok	0,012	0,030
<i>Carpinus sp.</i>	0,934	Veri yok	Veri yok	0,091	0,212
<i>Castanea sativa</i>	0,528	0,534	0,593	0,008	0,120
<i>Fagus orientalis</i>	0,692	0,691	0,767	0,038	0,112
<i>Robinia pseudoacacia</i>	0,894	Veri yok	Veri yok	0,062	0,152
<i>Sorbus sp.</i>	0,736	Veri yok	Veri yok	0,049	0,137
<i>Abies sp.</i>	0,471	0,473	0,514	0,042	0,078
<i>Cedrus libani</i>	0,559	0,575	0,625	0,034	0,095
<i>Picea orientalis</i>	0,405	0,431	0,468	0,019	0,029
<i>Pinus brutia</i>	0,630	0,635	0,691	0,045	0,108
<i>Pinus nigra</i>	0,503	0,555	0,603	0,005	0,028
<i>Pinus sylvestris</i>	0,531	0,539	0,586	0,036	0,065
<i>Quercus sp.</i>	0,754	0,779	0,866	0,046	0,138

Tablo 1.11. Hesaplanan ortalama odun yoğunluğu, BEF ve BCEF katsayıları (Tolunay, 2013; NIR Turkey, 2017; 299 Nolu Tebliğ, 2017).

	Odun yoğunluğu (ton / m ³)	BEF_I	BEF_S	BEF_{yaprak}	BEF_{dal}	$BCEF_I$ (ton / m ³)	$BCEF_S$ (ton / m ³)	$BCEF_R$ (ton / m ³)	$BCEF_{yaprak}$ (ton / m ³)	$BCEF_{dal}$ (ton / m ³)
İbrelili	0,446	1,212	1,262	0,062	0,150	0,541	0,563	0,612	0,028	0,067
Yapraklı	0,541	1,310	1,326	0,073	0,237	0,709	0,717	0,797	0,039	0,128

Biyokütle karbon stoklarının bulunabilmesi için ağaçlandırma alanı için biyokütlenin belirlenmesi gereklidir (Denklem 12). Ağaçların ölçülen göğüs çaplarının, orta çapların ya da boylarının amenajman planlarında değerlendirilmesi ile kabuklu hacimleri belirlenebilmektedir.

Denklem 12

Ağaçlandırma alanı için biyokütle (ton / ha) = Kabuklu hacim * $BCEF_s$ * (1+R)

Tablo 1.12'de bazı ağaç türleri için ölçülen göğüs çapları (Tolunay, 2013) ve Tablo 1.13'te odun yoğunlukları (Tolunay, 2013) verilmiştir.

Tablo 1.12. Bazı ağaç türleri için ölçülen göğüs çapları (Tolunay, 2011; Tolunay, 2013; 299 Nolu Tebliğ, 2017).

Ağaç türü	Örnek ağaç sayısı	Göğüs çapı (1,3 m deki) (cm)	Kaynak
<i>Alnus glutinosa</i>	86	7 – 30	Saraçoğlu, 1998
<i>Carpinus sp.</i>	12	6,9 – 20,4	Makineci ve ark., 2011
<i>Castanea sativa</i>	34	15 – 37	İkinci, 2000
<i>Fagus orientalis</i>	32	11 – 46	Saraçoğlu, 2000
<i>Fagus orientalis</i>	11	8,6 – 16	Makineci ve ark., 2011
<i>Robinia pseudoacacia</i>	12	7 – 15	Tüfekçioğlu ve Güner, 2008
<i>Sorbus sp.</i>	12	7,1 – 23,4	Makineci ve ark., 2011
<i>Abies sp.</i>	34	7 – 56	Karabürk, 2011
<i>Cedrus libani</i>	36	10 – 46	Ülküdür, 2010
<i>Picea orientalis</i>	30	20 – 52	Özkaya, 2004
<i>Pinus brutia</i>	14	9 – 39,8	Sun ve ark., 1980
<i>Pinus brutia</i>	33	8 – 52	Ünsal, 2007
<i>Pinus nigra</i>	44	12 – 60	Çakıl, 2008
<i>Pinus sylvestris</i>	10	19,5 – 31	Uğurlu ve ark, 1976
<i>Pinus sylvestris</i>	33	17 – 66	Atmaca, 2008
<i>Pinus sylvestris</i>	46	10 – 50	Aydın, 2010
<i>Pinus sylvestris</i>	50	10 – 46	Ülker, 2010
<i>Pinus sylvestris</i>	55	7,1 – 63,2	Çömez, 2010
<i>Pinus sylvestris</i>	13	6,1 – 10,9	Tolunay, 2012
<i>Quercus sp.</i>	32	10 – 31	Durkaya, 1998
<i>Quercus sp.</i>	310	7 – 38,5	Makineci ve ark., 2011

Tablo 1.13. Bazı ağaç türleri için gövde odun yoğunluğu (gövde odunu hacim ağırlığı) (Tolunay, 2011; Tolunay, 2013; NIR Turkey, 2017; 299 Nolu Tebliğ, 2017).

İbreliler	Odun yoğunluğu (ton / m ³)	Kaynak	Yapraklılar	Odun yoğunluğu (ton / m ³)	Kaynak
<i>Abies sp.</i>	0,350	As ve ark., 2001	<i>Alnus sp.</i>	0,407	As ve ark., 2001
<i>Cedrus libani</i>	0,430	As ve ark., 2001	<i>Carpinus sp.</i>	0,630	IPCC, 2003
<i>Juniperus sp.</i>	0,460	As ve ark., 2001	<i>Castanea sativa</i>	0,480	IPCC, 2003
<i>Picea orientalis</i>	0,358	As ve ark., 2001	<i>Castanea sativa</i>	0,400	İkinci, 2000
<i>Pinus brutia</i>	0,478	As ve ark., 2001	<i>Fagus orientalis</i>	0,530	As ve ark., 2001
<i>Pinus halepensis</i>	0,480	Erten ve Sözen, 1997b	<i>Fraxinus excelsior</i>	0,562	Gürsu, 1971
<i>Pinus nigra</i>	0,470	As ve ark., 2001	<i>Liquidambar orientalis</i>	0,468	
<i>Pinus pinaster</i>	0,440	IPCC, 2003	<i>Populus sp.</i>	0,350	IPCC, 2003
<i>Pinus pinea</i>	0,470	Erten ve Sözen, 1997a	<i>Quercus sp.</i>	0,570	As ve ark., 2001
<i>Pinus radiata</i>	0,380	Topaloğlu, 2005	<i>Robinia pseudoacacia</i>	0,680	
<i>Pinus sylvestris</i>	0,426	As ve ark., 2001			
Diğer ibreliler	0,431	İbreliler ortalaması	Diğer yapraklılar	0,550	Yapraklılar ortalaması

TÜBİTAK 112Y096 numaralı projede (Serengil ve ark., 2015) orman alanları, tarım alanları ve mera alanlarından alınan 59 x 4 örnek noktasında yapılan ölçümler sonucunda karbon havuzlarındaki (ölü örtü, diri örtü, toprak üstü biyokütle, toprak altı biyokütle ve toprak) karbon stokları arazi kullanımları için birim alanlarına göre hesaplanmış; veriler NIR Turkey (2015, 2016, 2017) raporlarında kullanılmıştır (Tablo 1.14). Proje kapsamında geçirimsiz yüzey yoğunluğuna göre karbon tutumlarının hesaplanabilmesi amacıyla bu ölçülen ve hesaplanan karbon tutum değerleri kullanılmıştır (Pamukçu, 2015).

Tablo 1.14. Arazi kullanımlarının birim alandaki karbon tutumları (Serengil ve ark., 2015; Pamukçu, 2015; NIR Turkey, 2015-2016-2017).

Alan Kullanımı	Ölü örtü (ton C/ha)		Diri örtü (ton C/ha)		Toprak üstü biyokütle (ton C/ha)		Toprak altı biyokütle* (ton C/ha)		Toprak (ton C/ha)	
	Ort	SS	Ort	SS	Ort	SS	Ort	SS	Ort	SS
İbrelili	4,43	3,27	0,21	0,26	130,60	77,32	26,12	15,46	127,38	NA
İbrelili-Yapraklı	4,02	1,77	0,87	1,58	135,16	71,10	28,23	15,03	122,70	37,15
Yapraklı	2,86	1,65	0,17	0,26	157,75	125,98	37,86	30,23	97,29	29,98
Mera	0,06	0,07			0,49	0,36	1,37	NA	100,56	36,69
Tarım (tek yıllık)	0,27	0,36			0,75	0,27	0	NA	50,49	NA
Yapraklı-Rekreasyon	1,49	0,70	0,06	0,08	157,59	125,72	37,86	30,23	97,77	21,53

* Toprak altı biyokütle karbon stokları IPCC (2006) geçerli değerler ile hesaplanmıştır.

Ulusal değer olarak kullanılacak bir diğer kaynak da Güner ve Çömez (2015)'in çalışmasıdır. Karaçam ağaçlandırma alanlarında karbon stoklarının hesaplandığı bu çalışmada; meşcere kütlelerini bulmak amacıyla hacim ağırlığı 0,408 t / m³, kök-gövde oranı 0,179, toprak üstü biyokütle için BEF katsayısı 1,516 ve BCEF₅ katsayısı 0,613 olarak bulunmuştur. Karbon fraksiyonu ise %53,86'dır.

Türkiye'de ormanlarında ölü örtü ve topraklardaki organik karbon miktarları Tablo 1.15'te verilmiştir.

Tablo 1.15. Ölü örtü karbonu ve topraklardaki organik karbon miktarları (Tolunay ve Çömez, 2008; NIR, 2017).

Ağaç türü grupları	Ölü örtü karbon miktarı (ton/ha)	Toprak organik karbon miktarı (ton/ha)
İbrelililer	7,51 ± 6,61 (n=601)	76,37 ± 51,03 (n=820)
Yapraklılar	3,09 ± 1,58 (n=368)	80,40 ± 58,95 (n=191)

NIR Turkey (2017)'e göre; Türkiye 22,3 milyon ha orman alanına sahiptir. 2015 yılı için bu orman alanlarının 12,7 milyon hektarı normal kapalı (%10'dan fazla kapalılık); 9,6 milyon hektarı ise boşluklu kapalı (%10'dan az kapalılık) dır. 1990 ile 2015 arasında 1.794.391 ha alan orman alanına dönüştürülmüştür. Orman alanlarındaki bu artışta temel (anahtar) etmen ağaçlandırma aktiviteleridir. Raporla orman alanında kalan orman alanları (1990 ve 2015 yılları arasında normal ve boşluklu kapalı ormanlarda) için biyokütle karbon stok değişimleri (2015 yılı net karbon tutumu 37.390 CO₂ eş.) ve orman alanlarına dönen araziler için karbon stok değişimleri (2015 yılı için net karbon tutumu 21.487 CO₂ eş.) hesaplanmıştır. Yine bu tarihler arasındaki ormanlardaki net karbon tutumu her yıl için hesaplanmıştır. 1990 yılı için net karbon tutumu 28.118 CO₂ eş. iken; 2015 yılında bu tutum 54.077 CO₂ eşdeğeridir.

NIR Turkey (2017)'ye göre; 2015 yılı için yakacak odun kesimi %67 ve yakacak odun toplama %33'tür (Orman İstatistikleri, 2015). Yakacak odun sebebiyle biyokütledeki yıllık karbon kaybının (Denklem 8) hesaplanması için tüm ağaç ve ağaç kısımları için yakacak odun yıllık hacimleri için bu veriler kullanılmıştır.

NIR Turkey (2017)'ye göre; 2014 yılı için yanan alanlarda biyokütle fraksiyonu 0,44'tür. Orman zararları sebebiyle biyokütledeki yıllık karbon kaybı (Denklem 9) bu veri kullanılmıştır. Yani ortalama biyokütle karbon yoğunluğunun %44'ü kaybolmuştur. Ancak ulusal sera gazı envanterinde yanan alanlara ilişkin karbon salımları hesaplanmamaktadır.

Küresel Çevre Fonu (GEF) finansal desteği ile Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü tarafından Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP) ile işbirliği içinde yürütülen Kısa adı "Entegre Orman Yönetimi" olan "Türkiye'de Yüksek Koruma Değerine Sahip Akdeniz Ormanları Entegre Yönetim Projesi" kapsamında Akdeniz ormanlarında iklim değişikliği ve biyolojik çeşitlilik fonksiyonlarını ön planda tutan örnek bir entegre orman yönetim modelinin geliştirilmesi, Akdeniz ormanlarında karbon tutumunun artırılması ve sera gazı emisyonunun azaltılmasına katkı sağlanması hedeflenmektedir. Bu kapsamda biyolojik çeşitliliğin ve ekosistem hizmetlerinin orman amenajman planlarına entegrasyonu Doğa Koruma Merkezi Vakfı tarafından gerçekleştirilmiştir. Proje kapsamında Doğa Koruma Merkezi Vakfı tarafından karşılaştırma amacıyla Gazipaşa Orman İşletme Müdürlüğü 2007 yılına ait karbon tutumları 2017 için kullanılan yöntem ve katsayılar ile hesaplanmıştır.

Bir önceki amenajman plan yılı 2007 için orman alanı ve dikili gövde hacimleri Orman Genel Müdürlüğü Orman İdaresi ve Planlama Daire Başkanlığı'nın plan tablolarını oluşturduğu Amenajman Plan Programı (APP) ile hesaplanmıştır. Verimli (normal kapalı) ve verimsiz (boşluklu kapalı) orman alanları ve dikili kabuklu gövde hacimleri (servet) amenajman planlarından (sırasıyla, bkz: Gazipaşa OİM 2007 amenajman planları, Tablo No: 2 ve Tablo No: 15) her iki yıl için de kontrol edilmiştir. Orman alanlarının kapalılığa ve meşcere tipine göre alanlarını kontrol amacıyla meşcere tiplerinin gövde yüzeyi yüzdelerine göre alanlar oranlanmış, boşluklu ormanlara bu oran %50-50 olarak verilmiştir. Yani örneğin BÇzM meşceresinde kızılçam %50 ve meşe %50 yer kaplıyor demektir. Servetin hesaplanmadığı yerlerde (a çağı gibi) karbon hesabı da yapılamamıştır. 10 yıl içinde çok büyük bir arazi kullanım değişikliği olmadığından arazi kullanımlarının değişmediği varsayılmıştır. Tablo 1.16'da 2007 yılı için hesaplanan şeffiklere göre ormanlarda tutulan karbon miktarı verilmiştir.



Tablo 1.16. Gazipaşa OİM orman alanları için hesaplanan 2007 yılı için karbon tutumu.

GAZİPAŞA ORMAN İŞLETME MÜDÜRLÜĞÜ	Ağaç türü grupları	Orman alanı	Dikili kabuklu gövde hacmi	Karbon havuzları					Plan ünitesi genel toplamı
				Toprak üstü canlı biyokütle karbon miktarı	Toprak altı biyokütle karbon miktarı	Ölü odun karbon miktarı	Ölü örtü içindeki karbon miktarı	Toprak içindeki organik karbon miktarı	
				(ton)	(ton)	(ton)	(ton)	(ton)	
Sivastı	Yapraklı	1.917	76.287	26.255	6.301	257	7.187	162.566	202.566
	İğne yapraklı	5.598	1.128.136	323.922	93.937	2.985	41.759	428.560	891.163
	Normal Kpl.Tpl.	7.514	1.204.423	350.177	100.238	3.242	48.946	591.126	1.093.729
	Yapraklı	722	11.048	3.802	1.749	37	672	15.315	21.575
	İğne yapraklı	5.739	104.241	29.931	11.972	276	10.675	109.852	162.706
	Boşluklu Kpl.Tpl.	6.462	115.289	33.733	13.721	313	11.347	125.167	184.282
Toplam	13.976	1.319.712	383.910	113.960	3.555	60.293	716.293	1.278.011	
Karatepe	Yapraklı	1.958	32.085	11.042	2.650	108	7.344	166.111	187.256
	İğne yapraklı	6.135	479.712	137.740	39.945	1.269	45.769	469.719	694.441
	Normal Kpl.Tpl.	8.094	511.797	148.782	42.595	1.377	53.113	635.830	881.698
	Yapraklı	87	696	240	110	2	81	1.844	2.277
	İğne yapraklı	7.769	179.895	51.653	20.661	476	14.451	148.704	235.946
	Boşluklu Kpl.Tpl.	7.856	180.591	51.893	20.771	478	14.532	150.549	238.223
Toplam	15.950	692.388	200.675	63.366	1.856	67.645	786.379	1.119.921	
Gazipaşa	Yapraklı	3.064	40.987	14.106	3.385	138	11.490	259.888	289.008
	İğne yapraklı	4.587	789.466	226.679	65.737	2.089	34.222	351.211	679.939
	Normal Kpl.Tpl.	7.651	830.453	240.785	69.122	2.227	45.712	611.100	968.947
	Yapraklı	2.008	18.063	6.217	2.860	61	1.867	42.561	53.565
	İğne yapraklı	4.365	95.064	27.296	10.918	252	8.120	83.554	130.139
	Boşluklu Kpl.Tpl.	6.373	113.127	33.512	13.778	312	9.987	126.115	183.704
Toplam	14.024	943.580	274.298	82.900	2.540	55.699	737.215	1.152.651	
Çığlık	Yapraklı	1.846	29.149	10.032	2.408	98	6.923	156.578	176.038
	İğne yapraklı	3.518	799.009	229.419	66.532	2.114	26.241	269.300	593.606
	Normal Kpl.Tpl.	5.364	828.158	239.451	68.939	2.212	33.163	425.878	769.644
	Yapraklı	5	59	20	9	0	4	95	129
	İğne yapraklı	2.478	52.872	15.181	6.072	140	4.608	47.421	73.423
	Boşluklu Kpl.Tpl.	2.482	52.931	15.201	6.082	140	4.613	47.517	73.553
Toplam	7.846	881.089	254.653	75.021	2.353	37.776	473.394	843.196	
Doğanca	Yapraklı	1.593	23.585	8.117	1.948	79	5.975	135.144	151.263
	İğne yapraklı	3.971	717.143	205.913	59.715	1.898	29.623	304.012	601.161
	Normal Kpl.Tpl.	5.564	740.728	214.030	61.663	1.977	35.598	439.156	752.424
	Yapraklı	0	0	0	0	0	0	0	0
	İğne yapraklı	4.060	91.327	26.223	10.489	242	7.552	77.708	122.213
	Boşluklu Kpl.Tpl.	4.060	91.327	26.223	10.489	242	7.552	77.708	122.213
Toplam	9.624	832.055	240.253	72.152	2.219	43.149	516.864	874.637	

Gazipaşa orman işletme Őefliklerine ait servet ve orman alanlarının alanları göz önüne alınarak 2017 yılı için amenajman planlarında (bkz: Gazipaşa OİM 2017 amenajman planları, Tablo 8) karbon tutumu hesaplanmış olarak bulunmaktadır. Hesaplamalar doğrulama amacıyla yeniden yapılmış ve Tablo 1.17'deki karbon tutumu sonuçları hesaplanmıştır.

Tablo 1.17. Gazipaşa OİM orman alanları için 2017 yılı için karbon tutumu.

GAZİPAŞA ORMAN İŞLETME MÜDÜRLÜĞÜ	Ağaç türü grupları	Orman alanı (ha)	Dikili kabuklu gövde hacmi (m ³)	Karbon havuzları					Plan ünitesi genel toplamı (ton)
				Toprak üstü canlı biyokütle karbon miktarı (ton)	Toprak altı biyokütle karbon miktarı (ton)	Ölü odun karbon miktarı (ton)	Ölü örtü içindeki karbon miktarı (ton)	Toprak içindeki organik karbon miktarı (ton)	
Sivastı	Yapraklı	2.098	84.947	29.235	7.016	286	7.867	177.935	222.340
	İğne yapraklı	5.966	1.579.905	453.638	131.555	4.181	44.509	456.780	1.090.662
	Normal Kpl. Tpl.	8.064	1.664.852	482.873	138.572	4.467	52.375	634.715	1.313.003
	Yapraklı	820	14.834	5.105	2.348	50	762	17.376	25.641
	İğne yapraklı	4.952	83.501	23.976	9.590	221	9.211	94.781	137.779
	Boşluklu Kpl.Tpl.	5.772	98.335	29.081	11.939	271	9.973	112.157	163.420
	Toplam	13.836	1.763.187	511.954	150.510	4.738	62.348	746.872	1.476.423
Karatepe	Yapraklı	2.777	35.848	12.337	2.961	121	10.415	235.562	261.396
	İğne yapraklı	4.605	953.529	273.787	79.398	2.523	34.356	352.582	742.645
	Normal Kpl. Tpl.	7.383	989.377	286.124	82.359	2.644	44.770	588.144	1.004.041
	Yapraklı	2.667	22.405	7.711	3.547	76	2.481	56.549	70.363
	İğne yapraklı	4.159	115.307	33.108	13.243	305	7.736	79.603	133.995
	Boşluklu Kpl.Tpl.	6.826	137.712	40.819	16.790	381	10.216	136.152	204.358
	Toplam	14.209	1.127.089	326.943	99.149	3.025	54.986	724.296	1.208.400
Gazipaşa	Yapraklı	1.475	20.795	7.157	1.718	70	5.531	125.093	139.568
	İğne yapraklı	6.334	1.089.955	312.959	90.758	2.884	47.252	484.931	938.784
	Normal Kpl. Tpl.	7.809	1.110.750	320.116	92.476	2.954	52.782	610.024	1.078.351
	Yapraklı	1.918	23.159	7.970	3.666	78	1.784	40.657	54.156
	İğne yapraklı	4.295	79.638	22.866	9.147	211	7.988	82.197	122.408
	Boşluklu Kpl.Tpl.	6.212	102.797	30.837	12.813	289	9.771	122.854	176.564
	Toplam	14.021	1.213.547	350.952	105.289	3.243	62.553	732.878	1.254.915
Çiğlik	Yapraklı	1.124	29.236	10.062	2.415	99	4.216	95.355	112.146
	İğne yapraklı	4.692	1.205.378	346.100	100.369	3.190	35.005	359.250	843.914
	Normal Kpl. Tpl.	5.817	1.234.614	356.162	102.784	3.288	39.221	454.605	956.060
	Yapraklı	1,6	21	7	3	0	1	34	46
	İğne yapraklı	1.883	41.302	11.859	4.744	109	3.502	36.041	56.255
	Boşluklu Kpl.Tpl.	1.885	41.323	11.866	4.747	109	3.504	36.075	56.301
	Toplam	7.701	1.275.937	368.028	107.531	3.397	42.725	490.679	1.012.361
Doğanca	Yapraklı	1.592	44.244	15.227	3.654	149	5.969	135.008	160.007
	İğne yapraklı	4.317	1.101.424	316.252	91.713	2.914	32.206	330.525	773.611
	Normal Kpl. Tpl.	5.909	1.145.668	331.479	95.368	3.064	38.175	465.533	933.618
	Yapraklı	689	2.957	1.018	468	10	640	14.598	16.734
	İğne yapraklı	2.332	54.343	15.604	6.241	144	4.338	44.642	70.969
	Boşluklu Kpl.Tpl.	3.021	57.300	16.621	6.710	154	4.979	59.240	87.704
	Toplam	8.930	1.202.968	348.100	102.077	3.217	43.154	524.773	1.021.322

Gazipaşa ormanlarının karbon tutumu hesaplamaları, Orman Genel Müdürlüğü Orman İdaresi ve Planlama Daire Başkanlığı tarafından IPCC (2006) kılavuzlarındaki yaklaşım ve yöntemler izlenerek yapılmıştır. 299 Nolu Tebliğ (2017)'de ormanların karbon tutumuna ilişkin hesaplamalar verilmiştir.

Kaynaklar

- Andreae, M.O. ve Merlet, P., 2001. Emission of trace gases and aerosols from biomass burning. *Global Biogeochemical Cycles*, 15: 955-966.
- As, N., Koç, H., Doğu, D., Atik, C., Aksu, B., Erdinler, S., 2001. Türkiye’de yetişen endüstriyel öneme sahip ağaçların anatomik, fiziksel, mekanik ve kimyasal özellikleri. *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, Seri B, 1: 71-88.
- Atmaca, S., 2008. Erzurum Orman Bölge Müdürlüğü sarıçam biyokütle tablolarının düzenlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
- Aydın, Ç., 2010. Artvin Orman Bölge Müdürlüğü Borçka Orman İşletme Müdürlüğü sarıçam biyokütle tabloları. *Basılmamış Yüksek Lisans Tezi*, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Compliance Offset Protocol U.S. Forest Projects, 2011. *Compliance Offset Protocol U.S. Forest Projects*, California Environmental Protection Agency Air Resources Board, October 2011.
- Çakıl, E., 2008. Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü karaçam biyokütle tablolarının düzenlenmesi, *Basılmamış Yüksek Lisans Tezi*, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
- Çömez, A., 2010. Sündiken Dağlarında Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) meşcerelerinde karbon birikiminin belirlenmesi. *Doktora Tezi*, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Durkaya, B., 1998. Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü meşe meşcerelerinin biyokütle tablolarının düzenlenmesi. *Basılmamış Yüksek Lisans Tezi*, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
- Erten, P. ve Sözen, R., 1997a. Halep çamı (*Pinus halepensis* Mill.) odununun fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi. *İç Anadolu Ormancılık Araştırma Enstitüsü*, Teknik Bülten, No: 268, 40 sf.
- Erten, P. ve Sözen, R., 1997b. Fıstıkçamı (*Pinus pinea*), Camiyanı karaçamı (*Pinus nigra* Arnold) ve Çınar Yapraklı Akaaağaç (*Acer platanooides*) odununun bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi. *İç Anadolu Ormancılık Araştırma Enstitüsü*, Teknik Bülten, No: 266, 37 sf.
- Gayoso, J., Guerra, J., Alarcón, D., 2002. Contenido de carbono y funciones de biomasa en especies natives y exóticas. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- Güner, Ş.T. ve Çömez, A., 2015. Karaçam ağaçlandırma alanlarında karbon stoklarının belirlenmesi. *Ormancılık Araştırma Bülteni*, Ekoloji-2015/1.
- Gürsu, İ., 1971. Süleymaniye ormanı sivri meyveli dişbudakları (*Fraxinus oxycarpa* Willd.) odununun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri ve değerlendirme imkanları hakkında araştırmalar. *Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları*, Teknik Bülten Serisi No: 47.
- IPCC, 2003. *Good practice guidance for land use, land-use change and forestry*. (Eds.: J. Penman, M. Gytarsky, T. Hiraishi, T. Krug, D. Kruger, R. Pipatti, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, K. Tanabe and F. Wagner.). IPCC/OECD/IEA/IGES, Hayama, Japan.
- IPCC, 2006. *IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories, prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme*. In: IGES, Japan (Eds.: H.S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara and K. Tanabe).
- IPCC, 2007. *IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007. Working Group I: The Physical Science Basis*. ISBN 978 0521 88009-1 Hardback; 978 0521 70596-7 Paperback.

- İkinci, O., 2000. Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü Kestane Meşcerelerinin Biyokütle Tablolarının Düzenlenmesi. *Basılmamış Yüksek Lisans Tezi*, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
- Karabürk, T., 2011. Bartın ili göknar meşcerelerinin biyokütle tablolarının düzenlenmesi, *Basılmamış Yüksek Lisans Tezi*, Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
- Kurz, W.A., Beukema, S.J., Apps, M.J., 1998. Carbon budget implications of the transition from natural to managed disturbance regimes in forest landscapes. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 2: 405-421.
- Kyoto Protokolü, 1998. *Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change*. <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>, Ziyaret tarihi: 30.03.2016.
- Lamlom, S.H. ve Savidge, R.A., 2003. A reassessment of carbon content in wood: variation within and between 41 North American species. *Biomass and Bioenergy*, 25: 381-388.
- Makineci, E., Yılmaz, E., Kumbaşlı, M., Sevgi, O., Yılmaz, H., Çalışkan, S., Özdemir, E., Beşkardeş, V., Keten, A., Zengin, H., 2011. Kuzey Trakya koruya tahvil meşe ekosistemlerinde sağlık durumu, biyokütle, karbon depolama ve faunistik özelliklerin belirlenmesi. *TÜBİTAK-TOVAG tarafından desteklenmiş basılmamış 1070750 nolu proje*.
- Matthews, G.A.R., 1993. *The carbon content of trees*. UK Forestry Commission, Edinburgh, UK.
- McGroddy, M.E., Daufresne, T., Hedin, L.O., 2004. Scaling of C:N:P stoichiometry in forests worldwide: Implications of terrestrial Redfield-type ratios. *Ecology*, 85: 2390-2401.
- MEA, 2005. *Ecosystems and human well-being: biodiversity synthesis*, Millennium Ecosystem Assessment, Island Press, Washington, DC.
- Mokany, K., Raison, J.R., Prokushkin, A.S., 2006. Critical analysis of root:shoot ratios in terrestrial biomes. *Global Change Biology*, 12: 84-96.
- NIR Turkey, 2015. *Turkey Greenhouse Gas Inventory Report, 1990 to 2013*. Annual Report submission under the “United Nations Framework Convention on Climate Change”. Turkish Statistical Institute.
- NIR Turkey, 2016. *Turkey Greenhouse Gas Inventory Report, 1990 to 2014*. Annual Report submission under the “United Nations Framework Convention on Climate Change”. Turkish Statistical Institute.
- NIR Turkey, 2017. *Turkey Greenhouse Gas Inventory Report, 1990 to 2015*. Annual Report submission under the “United Nations Framework Convention on Climate Change”. Turkish Statistical Institute.
- Olander, J., Ebeling, J., 2011. *Building Forest Carbon Projects: Step-by-step overview and guide*. In Building Forest Carbon Projects, Johannes Ebeling and Jacob Olander (eds.). Washington, DC: Forest Trends.
- Özkaya, S., 2004. Artvin-Genya Dağı yöresi Doğu Ladini (*Picea orientalis* (L.) Link.) ormanlarında toprak üstü biyokütlenin belirlenmesi, *Basılmamış Yüksek Lisans Tezi*, Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Artvin.
- Pamukçu, P., 2015. Ekosistem Hizmetlerinin Peyzaj Planlama Sürecine Entegrasyonu. *Doktora tezi*, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı. İstanbul.
- Saraçoğlu, N., 1998. Kayın (*Fagus orientalis* Lipsky) biyokütle tabloları. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 22: 93-100.

- Saraçoğlu, N., 2000. Sakallı Kızılağaç (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn subsp. barbata (C.A. Mey.) Yalt.) biyokütle tabloları. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 24: 147-156.
- Serengil, Y., Şengönül, K., Uzun, A., Erdem, N., İnan, M., Tekin, H., 2012-2015. Development of a climate change-ecosystem services software to support sustainable land planning works. TÜBİTAK-ÇAYDAG Proje No: 112Y096.
- Sun, O., Uğurlu, S., Özer, E., 1980. Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) türüne ait biyolojik kütlelerin saptanması. *Ormanlık Araştırma Enstitüsü Yayınları*, 104, 32 sf.
- Tolunay, D., 2011. Total carbon stocks and carbon accumulation in living tree biomass in forest ecosystems of Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 35: 265-279.
- Tolunay, D., 2012. Bolu - Aladağ'daki genç sarıçam meşcereleri için oluşturulan bitkisel kütle denklemleri ve katsayıları. *Journal of the Faculty of Forestry*, Istanbul University: 62 (2): 97-111.
- Tolunay, D., 2013. Türkiye'de artım ve ağaç servetinden bitkisel kütle ve karbon miktarlarının hesaplamasında kullanılacak katsayılar. *Ormanlıkta Sektörel Planlamanın 50. Yılı Uluslararası Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, 26-28 Kasım 2013 / ANTALYA. sf. 240-251.
- Tolunay, D. ve Çömez, A. 2008. Türkiye ormanlarında toprak ve ölü örtüde depolanmış organik karbon miktarları. *Hava Kirliliği ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu Bildiri Kitabı*, s. 750-765, Hatay.
- Topaloğlu, E., 2005. Trabzon-Yeşilbük yöresinde yetiştirilmiş Monteri çamı (*Pinus radiata* D. Don) odununun fiziksel ve mekanik özellikleri. *Yüksek Lisans Tezi*, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 111 sf.
- Tüfekçioğlu, A. ve Güner, S., 2008. Artvin-Murgul Yalancı Akasya ağaçlandırmalarının odun üretimi, biyokütle, karbon depolama, toprak ıslahı ve erozyonu önleme yönlerinden araştırılması. *TÜBİTAK-TOVAG tarafından desteklenmiş 1060418 nolu proje*.
- UNFCCC CDM Metodoloji Kılavuzu, 2016. *Clean Development Mechanism, CDM Methodology Booklet*. Eight edition. United Nations Framework Convention on Climate Change.
- Uğurlu, S., Araslı, B., Sun, O., 1976. Stebe geçiş yörelerindeki sarıçam meşcerelerinde biyolojik kütlelerin saptanması. *Ormanlık Araştırma Enstitüsü Yayınları*, Teknik Bülten Serisi, No: 80, 48 sf.
- Ülker, C., 2010. Amasya Orman Bölge Müdürlüğü sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) meşcerelerinin biyokütle tablolarının düzenlenmesi (Kunduz örneği). *Yüksek Lisans Tezi*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 64 sf.
- Ülküdür, M., 2010. Antalya orman bölge müdürlüğü sedir meşcerelerinin biyokütle tablolarının düzenlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 164 sf.
- Ünsal, A., 2007. Adana Orman Bölge Müdürlüğü Karaisalı Orman İşletme Müdürlüğü kızılçam biyokütle tablolarının düzenlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 51 sf.
- VCS, 2015. *British Columbia Forest Carbon Offset Methodology (VCS Methodology)*, Verified Carbon Standart, Version 1.0, December 2015.
- WCC, 2018. *Woodland Carbon Code, Requirements for voluntary carbon sequestration projects*. Version 2.0., March 2018, ISBN 978-0-85538-843-0.
- 299 Nolu Tebliğ, 2017. Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Orman Amenajman Planlarının Düzenlenmesine Ait Usul ve Esaslar. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı. Ankara.

Ekler

EK-1: Proje Dokümanı

Proje dokümanı, bu kılavuzun 2. bölümünde belirtilen standart kurallarına uygundur ve sertifikasyon için bilgileri içermektedir. Standart kuralları başlıklarına göre; uygunluk (tarihler, hukuki konular, özgün katkı vb.), proje yönetimi ve dokümantasyon (sicil kaydı, tasarım dokümanı, yönetim ve izleme), karbon tutumu (karbon stoklarının hesaplanması ve karbon faydalarının kalıcılığı ve başarısı için risklerin belirlenmesiyle birlikte konuyla ilgili risk azaltma stratejileri), çevresel kalite ve sosyal sorumluluktur.

Proje başlığı: Proje başlığı bu kısma yazılmalıdır.

Sertifikasyon tipi: Sertifikasyon tipi ve kaçınıcı sertifikasyon olduğu bu kısımda belirtilmelidir.

Yapılacak aktivite: Ağaçlandırma ve proje amaçlarına ulaşılması için yapılacak olan tüm aktiviteler bu kısımda belirtilmelidir.

Proje katılımcıları: Toprak sahibi, Proje uygulayıcısı (ve/veya sahibi) -şirket, kurum, birey-, sertifikalandırma kurumu

Proje alanı: Bu kısımda proje alanına ait tüm veriler detaylı olarak sertifikasyon kurumuna sunulmalıdır.

Proje alanı orman amenajman haritasında ve/veya mümkün olduğunca detaylı ölçekte haritalandırılarak; proje alanının yeri ve sınırları açıkça yazılmalı, koordinatları verilmelidir. Proje alanı hektar olarak verilmelidir. Ayrıca bu alanın ne kadarında ağaçlandırma ve diğer aktivitelerin uygulanacağı da belirtilmelidir.

Alana en yakın yerleşim birimindeki sosyo-demografik yapı da proje kapsamında değerlendirilmelidir. Alanın doğal ve kültürel peyzaj özellikleri belirtilerek; bu başlıklar altında topografik, hidrolojik, toprak, meşcere tipi ve meteorolojik özellikleri bu kısımda açıklanmalıdır.

Önceki arazi kullanımı (geçmiş 50 yıl boyunca orman alanı olmadığını kanıtlayan) ve mevcut arazi kullanımına dair belge ve veriler sağlanmalıdır.

Proje alanının iklim ve toprak özelliklerine uygun doğal türler ile ağaçlandırılması gerekmektedir. Bu bakımdan bu kısımda ağaçlandırmaya konu olan orman tipi (ana ağaç türleri) belirtilmelidir.

Proje bilgileri: Proje standarta uygun olarak hazırlanmalı ve yönetilmelidir. Ağaçlandırma alanına ait bu proje başka bir karbon standardı tarafından sertifikalandırılmış veya onaylanmış ise belirtilmeli ve tüm dokümanlar sertifikasyon kurumuna sunulmalıdır. Ağaçlandırma alanına dair mevcut herhangi bir hibe ya da hibe başvurusu varsa belirtilmeli ve tüm dokümanlar sertifikasyon kurumuna sunulmalıdır. Projenin temel amaçları ve uzun vadeli hedefleri açıklanmalıdır. Ağaçlandırma alanı için belirlenen türler ve türler için konum ve alan detayları belirtilmelidir. Dikim görseli hazırlanmalıdır. Bu türlerin ve dikim detaylarının karbon tutumuna olan etkisi, biyolojik çeşitliliğin korunmasına ya da herhangi bir uygulamada orman ekosistemine nasıl katkı sağlayacağı belirtilmelidir.

İş-zaman çizelgesi: Bu kısımda proje uygulama tarihi, proje başlangıç tarihi, proje süreci ve proje bitiş tarihi açıkça belirtilmelidir.

Karbon hesaplaması: Proje uygulama tarihinden itibaren mevcut yıl sıfır kabul edilerek 50 yıl süresince karbon stoklarını tahmin etmek amacıyla her yıl için karbon stok değişiminin hesaplanmasına yönelik hesaplamalar bu kısımda detaylı olarak verilmelidir. Hangi seviyede ve hangi havuzların karbon stok değişimlerinin hesaplandığı bu kısımda belirtilmelidir.

Çevresel kalite: Bu kısımda çevresel kaliteye yönelik çalışmalar, amaç ve hedefler detaylı bir şekilde anlatılmalıdır. Gerekli belgeler sertifikasyon kurumuna sunulmalıdır.

Sosyal sorumluluk ve ekonomi: Bu kısımda projenin paydaşlara sağlayacağı sosyal yararlar ve ekonomik katkılar detaylı bir şekilde anlatılmalıdır. Gerekli belgeler sertifikasyon kurumuna sunulmalıdır.

Proje riskleri: Alandaki ve yapılacak uygulamalardaki olumsuzluklar, riskler ve tehditler yöre halkına ve ağaçlandırma alanı çalışanlarına göre değerlendirilmelidir. Riskleri azaltma stratejileri tanımlanmalı, olası bir negatif durumda devreye sokulacak olan ikinci bir plan geliştirilmelidir. Ağaçlandırma alanı ve geliştirilen karbon standardı projesi, insan hakları, yöre halkının hakları ve çalışanların hakları ve bağlı oldukları ulusal yasa ve yönetmelikler ile uluslararası standartlara uygun olup olmadığı değerlendirilmelidir. Proje uygulayıcısı sertifikalandırma kurumuna tüm bu dokümanları sağlamalıdır.

Yöre halkına yönelik risk ve tehditler: Yöre halkına yönelik risk ve tehditlere yönelik bir tablo oluşturulmalıdır. Aşağıda bu tabloya bir örnek verilmiştir.

1. Ağaçlandırma alanı yöre halkının yasal hakları ile birlikte ele alınmalıdır.			
Açıklama			
Risk	Az	Orta	Çok
Yapılması düşünülen faaliyet (risk azaltma stratejisi)			
B planı			
2. Ağaçlandırma alanı yöre halkına ekolojik, ekonomik ya da kültürel açıdan önemi için göz önüne alınmalıdır.			
Açıklama			
Risk	Az	Orta	Çok
Yapılması düşünülen faaliyet (risk azaltma stratejisi)			
B planı			
3. Herhangi bir faaliyet ile yöre halkının ağaçlandırma alanındaki faaliyetleri etkilenecek mi?			
Açıklama			
Risk	Az	Orta	Çok
Yapılması düşünülen faaliyet (risk azaltma stratejisi)			
B planı			

Çalışma koşullarına yönelik risk ve tehditler: Çalışma koşullarına yönelik risk ve tehditler için bir tablo oluşturulmalıdır. Aşağıda bu tabloya bir örnek verilmiştir.

1. Yapılması düşünülen faaliyetler için çalışanların yasal hakları ve anlaşmalar (ulusal yasa ve yönetmelikler & uluslararası standartlar http://www.ilo.org/global/lang--en/index.htm) göz önünde bulundurulmalıdır.			
Açıklama			
Risk	Az	Orta	Çok
Yapılması düşünülen faaliyet (risk azaltma stratejisi)			
B planı			
2. Her bir çalışana ait anlaşmalar tanımlanmalı, belgelenmeli ve uygulanmalıdır.			
Açıklama			
Risk	Az	Orta	Çok
Yapılması düşünülen faaliyet (risk azaltma stratejisi)			
B planı			

Yapılan ve yapılacak orman yönetimi: Madde madde alanın hazırlanmasından ağaçlandırılmasına ve bakımına daha sonradan izlemesine kadar tüm yönetim ve uygulamalar burada açıklanmalıdır. Ayrıca proje süresince ve sonrasında uygulanacak olan aralama ya da hiç müdahale edilmemesi gibi uygulamalar uzun vadeli yönetim planlarında belirtilmelidir. Bu yönetime kimlerin dahil edileceği de belirtilmelidir. Olası risk senaryoları hazırlanmalıdır. Bu senaryolara göre karbon stoklarındaki değişimler proje önerisinde hesaplanmalıdır. İzlemenin başlangıç tarihi ve sonrasında ne kadar süreyle izleneceği belirtilmelidir. Örneğin ilk izleme ve doğrulama, başlangıç tarihinden 5 yıl sonra gerçekleştirilmelidir. Takip eden izleme ve doğrulama, proje süresi boyunca proje başlangıç tarihinden en az 15 yıl sonra ve sonrasında her 10 yılda gerçekleştirilmelidir.

Proje bütçesi: Proje bütçesi bu kısımda detaylandırılarak belirtilmelidir.

Ekler: Projeye eklenmesi gereken ekler.



EK-2: Denklem 3 ve Denklem 5 için Uygulanan Referans Değerler ve Hesaplama Cetveli (Seviye 1)

Seviye 1 için yıllık ortalama biyokütle artımı (Denklem 3) ve kayıp (Denklem 5) hesapları için kullandığınız değerleri ve referansları aşağıdaki tabloya giriniz.

Aynı arazi kullanımında kalan alan, ha						
Yıllık ortalama biyokütle artımı, G_{TOTAL} (ton kuru madde / ha / yıl)	Belli bir vejetasyon tipi için net yıllık ortalama artım, I_V (m^3 / ha / yıl)	Değer				
		Geçerli değer	Proje bazlı yapılan çalışma*	Ulusal değerler**	IPCC kılavuzları	Diğer uluslararası değerler
		Referans				
	Biyokütle genişleme faktörü, BEF_I	Değer				
		Geçerli değer	Proje bazlı yapılan çalışma*	Ulusal değerler**	IPCC kılavuzları	Diğer uluslararası değerler
		Referans				
	Odun yoğunluğu, D (ton kuru madde / m^3)	Değer				
		Geçerli değer	Proje bazlı yapılan çalışma*	Ulusal değerler**	IPCC kılavuzları	Diğer uluslararası değerler
		Referans				
	Biyokütle dönüşüm ve genişleme faktörü, $BCEF_I$ (t / m^3)	Değer				
		Geçerli değer	Proje bazlı yapılan çalışma*	Ulusal değerler**	IPCC kılavuzları	Diğer uluslararası değerler
		Referans				
Kök-gövde oranı, R (ton toprak altı biyokütle kuru madde / ton toprak üstü biyokütle kuru madde)	Değer					
	Geçerli değer	Proje bazlı yapılan çalışma*	Ulusal değerler**	IPCC kılavuzları	Diğer uluslararası değerler	
	Referans					
Karbon fraksiyonu, CF (ton C / ton kuru madde)	Değer					
	Geçerli değer	Proje bazlı yapılan çalışma*	Ulusal değerler**	IPCC kılavuzları	Diğer uluslararası değerler	
	Referans					

Hasat sebebiyle yıllık karbon kaybı, $L_{wood-removals}$ (ton C / yıl)	Yıllık hasat, H (m ³ / yıl)	Değer				
		Geçerli değer	Proje bazlı yapılan çalışma*	Ulusal değerler**	IPCC kılavuzları	Diğer uluslararası değerler
		Referans				
	Biyokütle genişleme faktörü, BEF_R	Değer				
		Geçerli değer	Proje bazlı yapılan çalışma*	Ulusal değerler**	IPCC kılavuzları	Diğer uluslararası değerler
		Referans				
	Odun yoğunluğu, D (ton kuru madde / m ³)	Değer				
		Geçerli değer	Proje bazlı yapılan çalışma*	Geçerli değer	Proje bazlı yapılan çalışma*	Geçerli değer
		Referans				
	Biyokütle dönüşüm ve genişleme faktörü, $BCEF_i$ (t/m ³)	Değer				
		Geçerli değer	Proje bazlı yapılan çalışma*	Geçerli değer	Proje bazlı yapılan çalışma*	Geçerli değer
		Referans				
Yakacak odun sebebiyle yıllık biyokütle karbon kaybı, $L_{fuelwood}$ (ton C / yıl)	Tüm ağaç için yakacak odun yıllık hacimleri, FG_{trees} (m ³ / yıl)	Değer				
		Geçerli değer	Proje bazlı yapılan çalışma*	Geçerli değer	Proje bazlı yapılan çalışma*	Geçerli değer
		Referans				
Ağaç kısımları için yakacak odun yıllık hacimleri, FG_{part} (m ³ / yıl)	Değer					
	Geçerli değer	Proje bazlı yapılan çalışma*	Geçerli değer	Proje bazlı yapılan çalışma*	Geçerli değer	
	Referans					
Orman zararları sebebiyle yıllık biyokütle karbon kaybı, $L_{disturbance}$ (ton C / yıl)	Orman zararlarından etkilenen alan, $A_{disturbances}$ (ha / yıl)	Değer				
		Geçerli değer	Proje bazlı yapılan çalışma*	Geçerli değer	Proje bazlı yapılan çalışma*	Geçerli değer
		Referans				
	Orman zararlarından etkilenen alanların ortalama toprak üstü biyokütlesi, B_w (ton kuru madde / ha)	Değer				
		Geçerli değer	Proje bazlı yapılan çalışma*	Geçerli değer	Proje bazlı yapılan çalışma*	Geçerli değer
		Referans				
Orman zararı sonucu biyokütle havuzundan kaybolan biyokütlenin fraksiyonu (oranı), fd	Değer					
	Geçerli değer	Proje bazlı yapılan çalışma*	Geçerli değer	Proje bazlı yapılan çalışma*	Geçerli değer	
		Referans				

EK-3: Denklem 11 için Uygulanan Referans Değerler ve Hesaplama Cetveli (Seviye 2 ve Seviye 3)

Seviye 2 ve Seviye 3 için arazi kullanımından başka bir arazi kategorisine dönen alanlarda biyokütle karbon stoklarındaki ilk değişim (Denklem 11) hesabı için kullandığınız değerleri ve referansları aşağıdaki tabloya giriniz.

Önceki arazi kullanımı								
Toplam alan (ha)								
İklim kuşağı ve bölgesi								
Ekolojik zon								
Orman alanına dönüşen alan, ΔA_{TO_FOREST} (ha / yıl)								
Ağaçlandırma yapıldıktan hemen sonraki biyokütle stoğu, B_{AFTER} (ton kuru madde / ha)	Ağaçlandırma alanı için biyokütle stok hesapları için Ağaç türü	Kabuklu hacim (m^3 / ha)	Değer					
			Geçerli değer	Proje bazlı yapılan alışma*	Ulusal değerler**	IPCC kılavuzları	Diğer uluslararası değerler	
			Referans					
		Biyokütle genişleme faktörü, BEF_s	Değer					
			Geçerli değer	Proje bazlı yapılan alışma*	Ulusal değerler**	IPCC kılavuzları	Diğer uluslararası değerler	
			Referans					
		Odun yoğunluğu, D (ton kuru madde / m^3)	Değer					
			Geçerli değer	Proje bazlı yapılan alışma*	Ulusal değerler**	IPCC kılavuzları	Diğer uluslararası değerler	
			Referans					
		Biyokütle dönüşüm ve genişleme faktörü, $BCEF_s$ (t / m^3)	Değer					
			Geçerli değer	Proje bazlı yapılan alışma*	Ulusal değerler**	IPCC kılavuzları	Diğer uluslararası değerler	
			Referans					
Kök-gövde oranı, R (ton toprak altı biyokütle kuru madde / ton toprak üstü biyokütle kuru madde)	Değer							
	Geçerli değer	Proje bazlı yapılan alışma*	Ulusal değerler**	IPCC kılavuzları	Diğer uluslararası değerler			
	Referans							
Önceki arazi kullanımı için biyokütle stoğu, B_{BEFORE} (ton kuru madde / ha)	Değer							
	Geçerli değer	Proje bazlı yapılan alışma*	Ulusal değerler**	IPCC kılavuzları	Diğer uluslararası değerler			
	Referans							
Karbon fraksiyonu, CF (ton C / ton kuru madde)	Değer							
	Geçerli değer	Proje bazlı yapılan alışma*	Ulusal değerler**	IPCC kılavuzları	Diğer uluslararası değerler			
	Referans							

* Bu proje kapsamında ölçüm ve hesap yapılarak bulunan değerler

** Ulusal olarak yapılan araştırmalar, Ulusal Sera Gazı Envanter Raporları, akademik tezler

BÖLÜM II

ÖRNEK AĞAÇLANDIRMA KARBONU SERTİFİKASYONU VE KARBON STOK DEĞİŞİMİ HESAPLAMALARI

ÖRNEK PROJE İLE İLGİLİ ÖNEMLİ NOKTALAR

Bu örnek çalışmada 5 önemli nokta standardizasyon ve sertifikasyon sürecinden farklıdır:

1. Yapılan bu örnek çalışmada ve hazırlanan bu örnek proje dokümanında Ankara Atatürk Orman Çiftliği sınırları içinde seçilen üç ağaçlandırma sahasında bir alan 2009'da diğer ikisi ise 2014'te olmak üzere sertifikasyon sürecinden önce ağaçlandırılmıştır. Ağaçlandırılan bu üç alan için ağaçlandırma zamanları dikkate alınmaksızın ağaçlandırma 2016'da yapılmış gibi sertifikasyon süreci örneklendirilecektir. Dolayısıyla sertifikasyon ve ağaçlandırma öncesi yapılması planlanan aktiviteler üzerinden bu örnek çalışma hazırlanmıştır.

1. Alan (karaçam): *Degrade mera alanı üzerinde ihmal edilebilir düzeyde biyokütle bulunmaktadır. Alan, daha önce tarım alanı olarak kullanılmıştır. Torbalı karaçam ile 2009 yılında 5 yaşında (2+3) olarak Ankara Orman Bölge Müdürlüğü tarafından ağaçlandırılmıştır. Bu parsellerde dikimden sonra kurumalar olmuş; fakat kuruyan ağaçlar alandan uzaklaştırılarak yeni ağaçlar dikilmiştir. Bundan dolayı ağaçların yaşları ve boyları birbirinden farklıdır.*

2. Alan (karaçam): *Degrade mera alanı üzerinde ihmal edilebilir düzeyde biyokütle bulunmaktadır. Alan, daha önce tarım alanı olarak kullanılmıştır. Çankırı fidanlığından getirilen karaçam ile 2014 tarihinde 7 yaşında (2+5) rootballu olarak Ankara Orman Bölge Müdürlüğü tarafından ağaçlandırılmıştır. Karaçam ağaçlandırma alanının çevresinde tek sıra mavi servi bulunmaktadır. Bu parsellerde dikimden sonra kurumalar olmuş; fakat kuruyan ağaçlar alandan uzaklaştırılarak yeni ağaçlar dikilmiştir. Bundan dolayı ağaçların yaşları ve boyları birbirinden farklıdır.*

3. Alan (mavi servi): *Degrade mera alanı üzerinde ihmal edilebilir düzeyde biyokütle bulunmaktadır. Alan, daha önce tarım alanı olarak kullanılmıştır. Balıkesir menşeli saksılı aşıllı mavi serviler ile 2014 yılında Ankara Orman Bölge Müdürlüğü tarafından ağaçlandırılmıştır. Bu parsellerde dikimden sonra kurumalar olmuş; fakat kuruyan ağaçlar alandan uzaklaştırılarak yeni ağaçlar dikilmiştir. Bundan dolayı ağaçların yaşları ve boyları birbirinden farklıdır.*

2. *Bir türe ait yıllık artım ve kabuklu gövde hacimleri orman envanterlerinden (hasılat tablolarından) belirlenirken; pilot alanlara dikilen ağaçlar hala çok genç olduğundan ve ağaçların yaşları ve boyları birbirlerinden farklı olduğundan alanlardaki ağaçların çap ve boyları ölçülerek, allometrik denklemler ile hacim hesabı yapılmıştır.*

3. *Ağaçlandırılacak alan 3 hektardan küçük olamaz. Ancak 3 pilot alanın ikisi 3 ha'dan küçüktür.*

4. *Bu 3 ağaçlandırma alanı için tek sertifika örneği hazırlanmıştır.*

5. *Mavi serviler ile ağaçlandırılan 3. Alan ve karaçam ile ağaçlandırılan 2. Alan, 2014 yılında 3 kere sulanmış, 2015 yılında ise 2 kere sulanmıştır. Yılda üçer defa fidan araları traktörle kaz ayağı veya pullukla sürüm yapılmıştır. Karaçam ile ağaçlandırılan Bebek Ormanı'ndaki 1. Alanda ise 2009 yılından itibaren 3 yıl süre ile yılda 5 kez sulama yapılmıştır. 3 yıl boyunca da fidan etrafında ortama çapası yapılmıştır. 2009'dan bu yana traktörle tam alanda pulluk veya kazayağı ile sürüm yapılmıştır (yılda 2-3 defa). 2012 yılından sonra alanda sulama yapılmamıştır.*

Proje Dokümanı Örneği

Proje başlığı: Ankara Atatürk Orman Çiftliği Pilot Ağaçlandırma Sahaları Karbon Sertifikasyon Projesi

Sertifikasyon tipi: İlk sertifika - İlk sertifikasyonun amacı “İklim Değişikliği ile Mücadelede Orman Karbon Standardı Uygulama Projesi” dahilinde hazırlanan “Ağaçlandırma Karbon Standardı” kitapçığında da belirtildiği üzere geçmiş 50 yıl boyunca orman alanı olmayan yerlerin ağaçlandırılması ve bu ağaçlandırma için belirlenen standartlara göre 50 yıllık karbon stok değişimlerinin tahmin edilerek alanın sertifikalanmasını sağlamaktır.

(a) Yapılan/Yapılacak aktivite: Proje aktivitesi herhangi bir bitki örtüsüne sahip olmayan 3 pilot alanın ağaçlandırılmasıdır. Ağaçlandırılacak alanda daha sonra tomruk ya da yakacak odun üretimi vb. için hasat yapılmayacak; orman alanı olarak korunacaktır. Ağaçlandırma Resmi Gazete’de 23.08.2012 tarih ve 28390 numaralı Ağaçlandırma Yönetmeliği’ne uygun olarak yapılacaktır.

Ankara Atatürk Orman Çiftliği sınırları içerisinde seçilen üç ağaçlandırma sahası için yapılacak olan aktiviteler:

1. Alan: Herhangi bir bitki örtüsüne sahip olmayan alana (5 ha), torbalı karaçam ile 2009 yılında 5 yaşında (2+3) olarak Ankara Orman Bölge Müdürlüğü tarafından ağaçlandırılmıştır. Ağaçlandırmanın amacı buranın orman alanı olarak korunmasıdır. Bu parsellerde dikimden sonra kurumalar olmuş; fakat kuruyan ağaçlar alandan uzaklaştırılarak yeni ağaçlar dikilmiştir. Bundan dolayı ağaçların yaşları ve boyları birbirinden farklıdır. Alanda yapılan bakım ve izleme çalışmaları ile ayrıntılı bilgi “Yapılan ve Yapılacak olan Orman Yönetimi” başlığı altında verilmiştir. Ağaçlandırılan alanda biyokütle karbon stokları örnekleme yapılarak değerlendirilmiştir. Yani alandaki tüm ağaçlar için çap ve boy ölçülmemiş, alınan örneklem alanı üzerinde arazi çalışmaları devam etmiştir. Biyokütle karbon stokları, ağaçlandırılan alanda ağaçların çap ve boylarının ölçülmesi ve bu ölçümlerin kullanılarak karbon stok hesaplarının yapılması ile belirlenmiştir.

2. Alan: Eskiden boş bir arazi olan bu alan (2 ha), Çankırı fidanlığından getirilen karaçam ile 2014 tarihinde 7 yaşında (2+5) rootballu olarak Ankara Orman Bölge Müdürlüğü tarafından ağaçlandırılmıştır. Ağaçlandırmanın amacı buranın orman alanı olarak korunmasıdır. Bu parsellerde dikimden sonra kurumalar olmuş; fakat kuruyan ağaçlar alandan uzaklaştırılarak yeni ağaçlar dikilmiştir. Bundan dolayı ağaçların yaşları ve boyları birbirinden farklıdır. Alanda yapılan bakım ve izleme çalışmaları ile ayrıntılı bilgi “Yapılan ve Yapılacak olan Orman Yönetimi” başlığı altında verilmiştir. Biyokütle karbon stokları, ağaçlandırılan alanda ağaçların çap ve boylarının ölçülmesi ve bu ölçümlerin kullanılarak karbon stok hesaplarının yapılması ile belirlenmiştir.

3. Alan: Herhangi bir bitki örtüsüne sahip olmayan alana mavi serviler ile 2014 yılında Ankara Orman Bölge Müdürlüğü tarafından ağaçlandırılmıştır. Ağaçlandırmanın amacı buranın orman alanı (0,83 ha) olarak korunmasıdır. Sertifikasyona konu olan alan, ağaçlandırma alanının iki parselidir. Bu parsellerde dikimden sonra kurumalar olmuş; fakat kuruyan ağaçlar alandan uzaklaştırılarak yeni ağaçlar dikilmiştir. Bundan dolayı ağaçların yaşları ve boyları birbirinden farklıdır. Alanda yapılan bakım ve izleme çalışmaları ile ayrıntılı bilgi “Yapılan ve Yapılacak olan Orman Yönetimi” başlığı altında verilmiştir. Biyokütle karbon stokları, ağaçlandırılan alanda ağaçların çap ve boylarının ölçülmesi ve bu ölçümlerin kullanılarak karbon stok hesaplarının yapılması ile belirlenmiştir.

(b) Proje katılımcıları: Atatürk Orman Çiftliği arazisinde yapılan projede proje sahibi Orman Bölge Müdürlüğü’dür. Projede bir de sertifikayı veren sertifikalandırma şirketi olduğu varsayılmaktadır.

(c) Proje alanı: Ankara Atatürk Orman Çiftliği arazisi üzerinde yer alan proje alanları Şekil 1’de haritalandırılmıştır. Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama teknikleri aracılığıyla alanın koordinatları teyit edilmiştir. Mavi servi ile ağaçlandırılan 3. Alan ve karaçam ile ağaçlandırılan 2. Alan, Beştepe Caddesi kuzeyinde bulunmaktadır. Alanlara en yakın yerleşim yeri Beştepe ilçesidir. 1. Alan ise Bebek ormanının içinde, 2. ve 3. alanın batısında kalmaktadır.



Şekil 1.1. Pilot ağaçlandırma alanları.

(d) Proje bilgileri: Proje, Türkiye ağaçlandırma karbonu standartına uygun olarak hazırlanmıştır (*Ağaçlandırma Karbon Standardında “Uygunluk” başlığı altındaki “Yükümlülük”, “Başlangıç Tarihi ve Süreci”, “Uygun Faaliyetler”, “Uygun Arazi” ve “Hukuka Uygunluk” ve “Proje Yönetimi ve Dokümantasyon” açısından Ek-X gerekli dokümanlar verilmiştir*). Proje yönetimi de standarta uygun olarak gerçekleştirilecektir. Ağaçlandırma alanı için daha önceden karbon sertifikasyonu için başvuru yapılmamıştır. Dolayısıyla mevcutta başka bir karbon standart tarafından sertifikalandırılmamıştır.

Projede, toprak sahibinin veya kullanım hakkı elde eden kurum ya da kişinin, proje uygulayıcısının ve sertifikalandırma kurumunun yükümlülükleri Ağaçlandırma Karbonu Standardı kılavuzunda ilgili bölümde tanımlanmıştır.

Projenin temel amacı, ağaçlandırma yapılan alana mevcut karbon stoklarının ve gelecek 50 yıl için artış ya da azalışlarının (karbon stok değişimlerinin) belirli senaryolarla belirlenmesidir. Karbon stoklarının belirlenmesi ile belirli bir standarta oturan projeler sertifikalandırılarak karbon piyasalarına katkı sağlanacaktır. Bu ağaçlandırma projesi olmasaydı, normalde böyle bir uygulama olmayacak ve karbon tutumuna ek fayda sağlanamayacaktır.

50 yıl için hazırlanan proje, projenin uzun vadeli hedefleri olduğunu göstermektedir. Kayıp senaryolarının gerçekte riskinin azaltılması ile karbon stoklarındaki artış projenin hedeflerini daha da ileriye götürecektir. Bu proje kapsamında mavi servi (*Cupressus arizonica*) ve karaçam (*Pinus nigra*) ağaçlandırması yapılan pilot alanlar için karbon stoğu, hesaplama modelleri arazide yapılan örneklemeler ile desteklenerek mevcut durum ve gelecek 50 yıl için karbon stok kayıp senaryoları da göz önünde bulundurularak hesaplanmıştır. Burada önemli olan nokta, verilerin bir kısmının alanda proje sahibi tarafından arazide ölçülerek modellere eklenmesidir.

(e) İş-zaman çizelgesi:

- Proje uygulama tarihi: Mayıs 2016
- Proje başlangıç tarihi: Ocak 2017
- İlk izleme tarihi: Ocak 2022
- İkinci izleme tarihi: Ocak 2032
- Diğer izleme tarihleri: Ocak 2042, 2052, 2062, 2067 (her 10 yılda bir)
- Proje süreci: 50 yıl
- Proje bitiş tarihi: Mart 2067

(f) Karbon stok değişimlerinin hesaplanması: 3 ağaçlandırma alanına ilişkin karbon stok değişimlerinin hesaplanmasına dair yaklaşım ve yöntemler aşağıda verilmiştir.

1. Alan (karaçam) için biyokütle karbon stoğu değişimi hesaplaması: Tüm alan (5 ha) toplam 1040 adet karaçam ile ağaçlandırılacaktır. Alanın önceki arazi kullanımı orman alanı olmadığından dolayısıyla arazi kullanım değişikliği söz konusudur. Yıllık karbon stoklarının değişimi hesaplanmıştır. Hesaplamalarda uluslararası geçerli değerler yanında literatüre dayalı ulusal değerler de kullanılmıştır. Hesaplama Seviye 2'de yapılmıştır.

1 ha alana dikilecek olan toplam 208 ağacın allometrik denklemler ile hacim kabuklu gövde hacimlerinin hesaplanabilmesi için gövdelerinin alt ve orta kısımlarının çevreleri ölçülmüştür. Çevrelerinden çap ve yarıçapları hesaplanmış, her ağaç için dikili hacim hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalara göre alanda hektardaki toplam dikili hacim 2,72 m³ tür.

Arazi kullanım değişikliğinin olduğu alandaki (arazi kullanımının diğer bir arazi kullanımına dönmesi) biyokütle karbon stoğunun yıllık değişimini (ΔC_B) bulmak amacıyla; Denklem 10'a göre, arazi kullanım değişikliğinin olduğu alandaki artım sebebiyle biyokütle karbon tutumundaki yıllık artım (ΔC_G), arazi kullanım değişikliğinin olduğu alandaki biyokütle karbon stoğunun ilk değişimi ($\Delta C_{CONVERSION}$) ve arazi kullanım değişikliğinin olduğu alandaki hasat, yakacak odun ve orman zararlarından kaynaklanan kayıplar sebebiyle biyokütle karbon stoklarındaki yıllık azalma (ΔC_L) hesaplanmıştır. Denklemde yıllık net CO₂ tutumunu hesaplamak için; biyokütle artımından kaynaklı kazançlar, arazi kullanımı değişimi sonrası ve öncesi biyokütle stokları arasındaki farklılıklar ile toplanır, kayıplar ise çıkarılır.

Denklem 10

$$\Delta C_B = \Delta C_G + \Delta C_{CONVERSION} - \Delta C_L$$

Arazi kullanım değişikliği, biyokütle stoklarında değişikliğe sebep olabilir. Biyokütle karbon stoklarındaki değişim sonrası ve öncesi arasındaki fark Denklem 11 ile hesaplanmaktadır. Bu denkleme göre; arazi kullanım değişikliği olan alanda biyokütle karbon stoklarında ilk değişimi ($\Delta C_{CONVERSION}$) bulmak amacıyla, dönüşümün hemen sonrasında arazi kullanımı *i* için biyokütle stoğu (B_{AFTER_i}), dönüşüm öncesi arazi kullanımı *i* için biyokütle stoğu (B_{BEFORE_i}) ve belirli bir yılda başka bir arazi kullanıma dönüşen arazi kullanımı *i* için alan ($\Delta A_{TO_OTHERS_i}$) hesaplanmıştır. Tablo 2.1'de karaçam ağaçlandırma alanına ait kullanılan değerler ve kaynakları verilmiştir.

Tablo 2.1. Karaçam ağaçlandırma alanı karbon stok değişimi hesaplamasında kullanılan faktörlerin değerleri.

Faktörler	Değer (birim)	Açıklama	Kaynak
BCEF _S	0,613	Karaçam için BCEF _S değeri	Güner ve Çömez, 2015
BCEF _I	0,503	Karaçam için BCEF _I değeri	Tolunay, 2013
BCEF _R	0,603	Karaçam için BCEF _R değeri	Tolunay, 2013
D	0,470	Karaçam için odun yoğunluğu	Tolunay, 2013
R	0,179	Karaçam için toprak altı biyokütlenin toprak üstü biyokütleyle oranı (kök-gövde oranı)	Güner ve Çömez, 2015
B _{BEFOREI}	0 ton kuru madde / ha	Tek yıllık tarım için biyokütle stoğu	IPCC, 2006
CF	0,5386 ton C / ton kuru madde	Karaçam için kuru maddenin karbon fraksiyonu	Güner ve Çömez, 2015

Denklem 11

$$\Delta C_{CONVERSION} = \sum_i \{ (B_{AFTER_i} - B_{BEFORE_i}) \cdot \Delta A_{TO_OTHERS_i} \} \cdot CF$$

$$B_{AFTER_i} = \text{Toplam dikili hacim} \times BCEF_S \times (1+R)$$

$$B_{AFTER_i} = 2,72 \times 0,613 \times (1+0,179) = 1,64 \text{ ton kuru madde / ha}$$

$$B_{BEFORE_i} = 0 \text{ ton kuru madde / ha (bkz. Tablo 2.1)}$$

$$\Delta A_{TO_OTHERS_i} = 5 \text{ ha / yıl}$$

$$CF = 0,5386 \text{ ton C / ton kuru madde (bkz. Tablo 2.1)}$$

$$\Delta C_{CONVERSION} = (1,64 - 0) \times 5 \times 0,5386 = 4,42 \text{ ton C / yıl}$$

Vejetasyon tipi ve iklime göre aynı arazi kullanımında kalan alanlarda biyokütle artımı sebebiyle biyokütle karbon stok değerinde yıllık artışın (ΔC_G) hesaplanması için Denklem 2 kullanılmaktadır.

Denklem 2

$$\Delta C_G = \sum_{ij} (A_{ij} \cdot G_{TOTAL_{ij}} \cdot CF_{ij})$$

Denkleme göre arazi kullanımının değişiminden sonra aynı arazi kullanımında kalan alanın (orman alanının) alanı (A) ve yıllık ortalama biyokütle artımı (G_{TOTAL}) hesaplanmıştır. Biyokütlerdeki yıllık ortalama artımın hesaplanması için Denklem 3 kullanılmaktadır.

Denklem 3

$$G_{TOTAL} = \sum \{ I_V \cdot BCEF_I \cdot (1+R) \}$$

$$I_V = 2,72 / 14 = 0,16 \text{ m}^3 / \text{ha yıl}$$

$$BCEF_I = 0,503 \text{ ton C / ton kuru madde (bkz. Tablo 2.1)}$$

$$R = 0,179 \text{ (bkz. Tablo 2.1)}$$

$$G_{TOTAL} = 0,16 \times 0,503 \times (1+0,179) = 0,10 \text{ ton kuru madde / ha yıl}$$

$$\Delta C_G = 5 \times 0,10 \times 0,5386 = 0,26 \text{ ton C / yıl}$$

Karbon stoklarını negatif yönde etkileyen ve yangın, hasat, zararlılar vb. etkiler sonucunda ortaya çıkan karbon salımları (ΔC_L) Denklem 5 kullanılarak yıllık olarak hesaplanabilmektedir.

Denklem 5

$$\Delta C_G = L_{wood-removals} + L_{fuelwood} + L_{disturbance}$$

Denkleme göre hasat sebebiyle yıllık karbon kaybı ($L_{wood-removals}$), yakacak odun sebebiyle yıllık biyokütle karbon kaybı ($L_{fuelwood}$) ve orman zararlıları sebebiyle yıllık biyokütle karbon kaybı ($L_{disturbance}$) hesaplanmalıdır. Hasat sebebiyle yıllık karbon kaybı için Denklem 6, yakacak odun yıllık karbon kaybı için Denklem 8 ve orman zararları yıllık karbon kaybı için Denklem 9 kullanılmaktadır.

Denklem 6

$$L_{wood-removals} = \{H \cdot BCEF_R \cdot (1+R) \cdot CF\}$$

Hasat sebebiyle yıllık karbon kaybının hesaplanması için yıllık hasat ve ticari hacimdeki kayıpların toplam biyokütle kayıplarına (kabuk dahil) dönüştürmek için biyokütle dönüşüm ve genişleme faktörü ($BCEF_R$) kullanılmaktadır.

Denklem 8

$$L_{fuelwood} = [\{FG_{trees} \cdot BCEF_R \cdot (1+R)\} + FG_{part} \cdot D] \cdot CF$$

Yakacak odun yıllık karbon kaybının hesaplanması için ağaç ve ağaç kısımları için yakacak odun yıllık hacimleri ve odun yoğunluğu (D) hesaplanmaktadır.

Denklem 9

$$L_{disturbance} = \{A_{disturbance} \cdot B_W \cdot (1+R) \cdot CF \cdot fd\}$$

Orman zararları yıllık karbon kaybının hesaplanması için orman zararlılarından etkilenen alan, orman zararlarından etkilenen alanların ortalama toprak üstü biyokütlesi ve orman zararı sonucu biyokütle havuzundan kaybolan biyokütlenin fraksiyonu (oranı) hesaplanmaktadır.

Karbon stokları kazanç-kayıp yöntemine göre hesaplanacağından kayıpların belirli senaryolara oturtulması gereklidir. Bu senaryolar bazı risk değerleri baz alınarak ya da projede geliştirilen senaryolar olabilir.

Karaçam fidanlarının dikiminden bir sene sonra yani ağaçlar 14 yaşında iken;

$$\Delta C_G = A \times G_{TOTAL} \times CF$$

$$\Delta C_G = 5 \times 0,10 \times 0,5386 = 0,26 \text{ ton C / yıl}$$

$$\Delta C_{CONVERSION} = (B_{AFTER} - B_{BEFORE}) \times \Delta A_{TO_OTHERS} \times CF$$

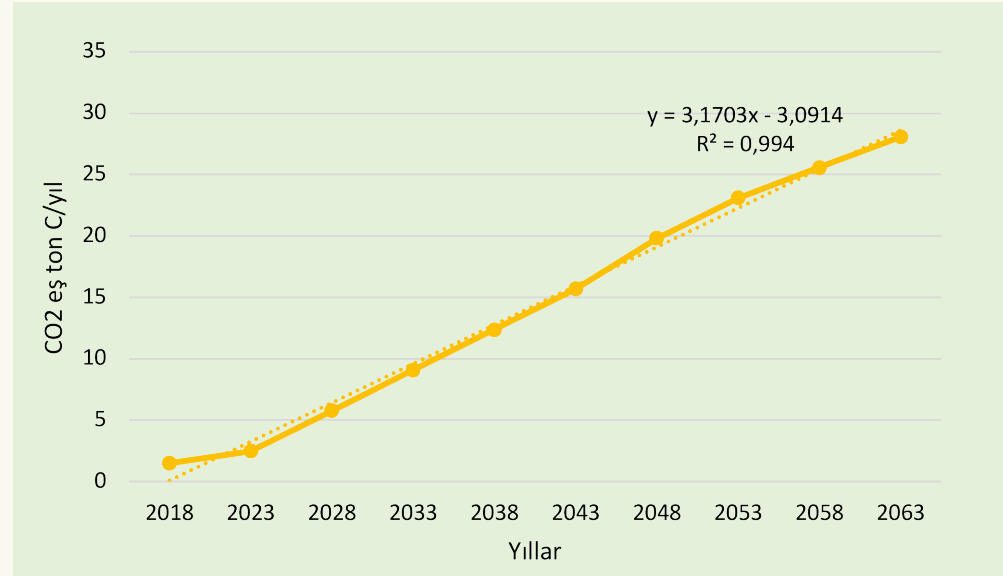
$$\Delta C_{CONVERSION} = (1,64 - 0) \times 5 \times 0,5386 = 4,42 \text{ ton C / yıl}$$

$$\Delta C_L = 0 \text{ ton C / yıl (14 yaşına kadar biyokütlerde herhangi bir kayıp olmadığı varsayılmıştır)}$$

$$\Delta C_B = \Delta C_G + \Delta C_{CONVERSION} - \Delta C_L$$

$\Delta C_B = 0,26 + 4,42 - 0 = 4,68 \text{ ton C / yıl} = 4,68 \times -44/12 = -17,16 \text{ CO}_2 \text{ eş ton C / yıl}$ karbon tutulmuştur. Bu değer biyokütle karbon stoklarına ek olarak tutulan karbon değeridir. Yani dikimden bir sonraki sene karbon stok değişimidir.

1. Alan karaçam ağaçlandırması için 50 yıllık karbon stok değişim grafiği Şekil 2.1'de verilmiştir.



Şekil 2.1. 1. Alan karaçam ağaçlandırmasında 50 yıllık karbon stok değişimleri.

Oluşturulan senaryoya göre karbon salımına yol açacak herhangi bir faktörün olmadığı varsayılmıştır. Dolayısıyla aynı arazi kullanımında kalan alanlarda biyokütle azalışı sebebiyle karbon stoklarında yıllık azalma (ΔC_L) yoktur. Bu da biyokütlenin ve biyokütledeki karbon stoğunun sürekli artması anlamına gelmektedir. Alandaki biyokütle ve biyokütle karbonu artışı kalan ağaçlar ile devam edecektir. Buna göre ağaçlar 30 yaşındayken **9,08 CO₂ eş ton C / yıl**, 40 yaşındayken **15,68 CO₂ eş ton C / yıl**, 50 yaşındayken **23,11 CO₂ eş ton C / yıl** ve 60 yaşındayken **28,06 CO₂ eş ton C / yıl** karbon tutulacaktır. Bu değerler biyokütle karbon stoklarına ek olarak tutulan karbon değerleridir (Tablo 2.2).

Tablo 2.2. 1. Alan karaçam ağaçlandırması için hesaplanan biyokütle karbon stoğu değişimi.

YIL	YAŞ	CG	CL	CB	CO ₂
		ton C/yıl	ton C/yıl	ton C/yıl	eş ton C/yıl
2017	14	0,26	0	4,68	-17,16
2018	15	0,41	0	0,41	-1,49
2023	20	0,68	0	0,68	-2,48
2028	25	1,58	0	1,58	-5,78
2033	30	2,48	0	2,48	-9,08
2038	35	3,38	0	3,38	-12,38
2043	40	4,28	0	4,28	-15,68
2048	45	5,40	0	5,40	-19,81
2053	50	6,30	0	6,30	-23,11
2058	55	6,98	0	6,98	-25,59
2063	60	7,65	0	7,65	-28,06

2. Alan (karaçam) için biyokütle karbon stoğu değişimi hesaplaması: Ağaçlandırma yapılacak olan 2 ha dır. Alana karaçam dikilecektir. Alanın önceki arazi kullanımını orman alanı olmadığından dolayısıyla arazi kullanım değişikliği söz konusu olduğundan yıllık karbon stoklarının değişimi hesaplanmıştır. Hesaplamalarda uluslararası geçerli değerler yanında literatüre dayalı ulusal değerler de kullanılmıştır. Hesaplama Seviye 2'de yapılmıştır.

Tüm alana (2 ha) dikilecek olan toplam 426 ağacın allometrik denklemler ile hacim kabuklu gövde hacimlerinin hesaplanabilmesi için gövdelerinin alt ve orta kısımlarının çevreleri ölçülmüştür. Çevrelerinden çap ve yarıçapları hesaplanmış, her ağaç için dikili hacim hesaplanmıştır. Alanda hektardaki toplam dikili hacim 0,40 m³ tür.

Arazi kullanım değişikliğinin olduğu alandaki (arazi kullanımının diğer bir arazi kullanımına dönmesi) biyokütle karbon stoğunun yıllık değişimini (ΔC_B) bulmak amacıyla; Denklem 10'a göre, arazi kullanım değişikliğinin olduğu alandaki artım sebebiyle biyokütle karbon tutumundaki yıllık artım (ΔC_G), arazi kullanım değişikliğinin olduğu alandaki biyokütle karbon stoğunun ilk değişimi ($\Delta C_{CONVERSION}$) ve arazi kullanım değişikliğinin olduğu alandaki hasat, yakacak odun ve orman zararlarından kaynaklanan kayıplar sebebiyle biyokütle karbon stoklarındaki yıllık azalma (ΔC_L) hesaplanmıştır. Denklemde yıllık net CO₂ tutumunu hesaplamak için; biyokütle artımından kaynaklı kazançlar, arazi kullanımını değişimi sonrası ve öncesi biyokütle stokları arasındaki farklılıklar ile toplanır, kayıplar ise çıkarılır.

Arazi kullanım değişikliği, biyokütle stoklarında değişikliğe sebep olabilir. Biyokütle karbon stoklarındaki değişim sonrası ve öncesi arasındaki fark Denklem 11 ile hesaplanmaktadır. Bu denkleme göre; arazi kullanım değişikliği olan alanda biyokütle karbon stoklarında ilk değişimi ($\Delta C_{CONVERSION}$) bulmak amacıyla, dönüşümün hemen sonrasında arazi kullanımı *i* için biyokütle stoğu (B_{AFTERi}), dönüşüm öncesi arazi kullanımı *i* için biyokütle stoğu ($B_{BEFOREi}$) ve belirli bir yılda başka bir arazi kullanıma dönüşen arazi kullanımı *i* için alan ($\Delta A_{TO_OTHERSi}$) hesaplanmıştır. Tablo 2.1'de karaçam ağaçlandırma alanına ait kullanılan değerler ve kaynakları verilmiştir.

$$B_{AFTERi} = \text{Toplam dikili hacim} \times BCEF_s \times (1+R)$$

$$B_{AFTERi} = 0,40 \times 0,613 \times (1+0,179) = 0,29 \text{ ton kuru madde / ha}$$

$$B_{BEFOREi} = 0 \text{ ton kuru madde / ha (bkz. Tablo 2.1)}$$

$$\Delta A_{TO_OTHERSi} = 2 \text{ ha / yıl}$$

$$CF = 0,5386 \text{ ton C / ton kuru madde (bkz. Tablo 2.1)}$$

$$\Delta C_{CONVERSION} = (0,29 - 0) \times 2 \times 0,5386 = 0,31 \text{ ton C / yıl}$$

Vejetasyon tipi ve iklime göre aynı arazi kullanımında kalan alanlarda biyokütle artımı sebebiyle biyokütle karbon stok değerinde yıllık artımın (ΔC_G) hesaplanması için Denklem 2 kullanılmaktadır.

Denkleme göre arazi kullanımının değişiminden sonra aynı arazi kullanımında kalan alanın (orman alanının) alanı (A) ve yıllık ortalama biyokütle artımı (G_{TOTAL}) hesaplanmıştır. Biyokütledeki yıllık ortalama artımın hesaplanması için Denklem 3 kullanılmaktadır.

$$I_v = 0,40 / 9 = 0,04 \text{ m}^3 / \text{ha yıl}$$

$$BCEF_i = 0,503 \text{ ton C / ton kuru madde (bkz. Tablo 2.1)}$$

$$R = 0,179 \text{ (bkz. Tablo 2.1)}$$

$$G_{TOTAL} = 0,04 \times 0,503 \times (1+0,179) = 0,03 \text{ ton kuru madde / ha yıl}$$

$$\Delta C_G = 2 \times 0,03 \times 0,5386 = 0,03 \text{ ton C / yıl}$$

Karbon stoklarını negatif yönde etkileyen ve yangın, hasat, zararlılar vb. etkiler sonucunda ortaya çıkan karbon salımları (ΔC_L) Denklem 5 kullanılarak yıllık olarak hesaplanabilmektedir.

Denkleme göre hasat sebebiyle yıllık karbon kaybı ($L_{wood-removal}$), yakacak odun sebebiyle yıllık biyokütle karbon kaybı ($L_{fuelwood}$) ve orman zararlıları sebebiyle yıllık biyokütle karbon kaybı ($L_{disturbance}$) hesaplanmalıdır. Hasat sebebiyle yıllık karbon kaybı için Denklem 6, yakacak odun yıllık karbon kaybı için Denklem 8 ve orman zararları yıllık karbon kaybı için Denklem 9 kullanılmaktadır.

Hasat sebebiyle yıllık karbon kaybının hesaplanması için yıllık hasat ve ticari hacimdeki kayıpların toplam biyokütle kayıplarına (kabuk dahil) dönüştürmek için biyokütle dönüşüm ve genişleme faktörü ($BCEF_R$) kullanılmaktadır.

Yakacak odun yıllık karbon kaybının hesaplanması için ağaç ve ağaç kısımları için yakacak odun yıllık hacimleri ve odun yoğunluğu (D) hesaplanmaktadır.

Orman zararları yıllık karbon kaybının hesaplanması için orman zararlılarından etkilenen alan, orman zararlarından etkilenen alanların ortalama toprak üstü biyokütlesi ve orman zararı sonucu biyokütle havuzundan kaybolan biyokütlenin fraksiyonu (oranı) hesaplanmaktadır.

Karbon stokları kazanç-kayıp yöntemine göre hesaplanacağından kayıpların belirli senaryolara oturtulması gereklidir. Bu senaryolar bazı risk değerleri baz alınarak ya da projede geliştirilen senaryolar olabilir.

Karaçam fidanlarının dikiminden bir sene sonra yani ağaçlar 10 yaşında iken Denklem 10'a göre;

$$\Delta C_G = A \times G_{TOTAL} \times CF$$

$$\Delta C_G = 2 \times 0,03 \times 0,5386 = 0,03 \text{ ton C / yıl}$$

$$\Delta C_{CONVERSION} = (B_{AFTER} - B_{BEFORE}) \times \Delta A_{TO_OTHERS} \times CF$$

$$\Delta C_{CONVERSION} = (0,29 - 0) \times 2 \times 0,5386 = 0,31 \text{ ton C / yıl}$$

$$\Delta C_L = 0 \text{ ton C / yıl (10 yaşına kadar biyoküttelede herhangi bir kayıp olmadığı varsayılmıştır)}$$

$$\Delta C_B = \Delta C_G + \Delta C_{CONVERSION} - \Delta C_L$$

$$\Delta C_B = 0,03 + 0,31 - 0 = 0,34 \text{ ton C / yıl} = 0,34 \times -44/12 = -1,24 \text{ CO}_2 \text{ eş ton C / yıl}$$

karbon tutulmuştur. Bu değer biyokütle karbon stoklarına ek olarak tutulan karbon değeridir. Yani dikimden bir sonraki sene karbon stok değişimidir.

Oluşturulan senaryoya göre aynı arazi kullanımında kalan alanlarda biyokütle azalışı sebebiyle karbon stoklarında yıllık azalma (ΔC_L) ilk 30 sene sıfır kabul edilmiştir. Yani herhangi bir karbon salımına yol açacak herhangi bir faktörün olmadığı varsayılmıştır. Bu da biyokütlenin ve biyokütledeki karbon stoğunun sürekli artması anlamına gelmektedir.

Ağaçlar 30 yaşında iken alanın %5'inin yakacak odun için kesildiğini varsayarsak Denklem 8'e göre;

$$FG_{trees} = 1,29 \text{ m}^3 / \text{yıl}$$

$$FG_{part} = 0,51 \text{ m}^3 / \text{yıl}$$

$$BCEF_R = 0,603 \text{ (bkz. Tablo 2)}$$

$$R = 0,179 \text{ (bkz. Tablo 2)}$$

$$D = 0,470 \text{ ton kuru madde / m}^3$$

$$CF = 0,5386$$

$$L_{fuelwood} = [\{ FG_{trees} \times BCEF_R \times (1 + R) \} + FG_{part} \times D] \times CF$$

$$L_{fuelwood} = [\{ 0,51 \times 0,603 \times (1 + 0,179) \} + 0,51 \times 0,470] \times 0,5386 = 0,62 \text{ ton C / yıl}$$

salım gerçekleşmektedir.

Yakacak odun sebebiyle yıllık karbon kaybının yaşandığı ağaçların 30. yaşının sonunda;

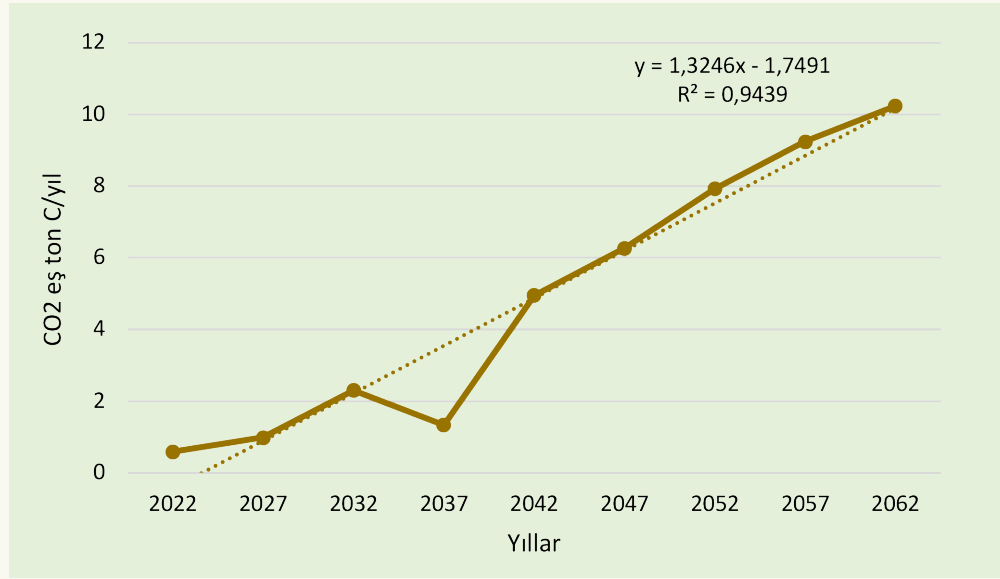
$$\Delta C_G = A \times G_{\text{TOTAL}} \times CF$$

$$\Delta C_G = 2 \times 0,92 \times 0,5386 = 0,99 \text{ ton C / yıl}$$

$$\Delta C_B = \Delta C_G - \Delta C_L$$

$$\Delta C_B = 0,99 - 0,62 = 0,37 \text{ ton C / yıl} = 0,37 \times -44/12 = -1,35 \text{ CO}_2 \text{ eş ton C / yıl}$$
 karbon tutulmuştur.

2. Alan karaçam ağaçlandırması için 50 yıllık karbon stok değişim grafiği Şekil 2.2'de verilmiştir.



Şekil 2.2. 2. Alan karaçam ağaçlandırmasında 50 yıllık karbon stok değişimleri.

Ağaçlar 30 yaşında iken alanın %5'inin yakacak odun için kesilmesinden sonra herhangi bir ağaçlandırma yapılmadığı varsayılmıştır. Buna göre ağaçlar 40 yaşındayken **6,27 CO₂ eş ton C / yıl** ve ağaçlar 50 yaşındayken **9,24 CO₂ eş ton C / yıl** karbon tutulacaktır. Bu değerler biyokütle karbon stoklarına ek olarak tutulan karbon değerleridir (Tablo 2.3).

Tablo 2.3. 2. Alan karaçam ağaçlandırması için hesaplanan biyokütle karbon stoğu değişimi.

YIL	YAŞ	CG	CL	CB	CO ₂
		ton C/yıl	ton C/yıl	ton C/yıl	eş ton C/yıl
2017	10	0,03	0	0,34	-1,24
2021	14	0,10	0	0,10	-0,37
2022	15	0,16	0	0,16	-0,59
2027	20	0,27	0	0,27	-0,99
2032	25	0,63	0	0,63	-2,31
2037	30	0,99	0,62	0,37	-1,34
2042	35	1,35	0	1,35	-4,95
2047	40	1,71	0	1,71	-6,27
2052	45	2,16	0	2,16	-7,92
2057	50	2,52	0	2,52	-9,24
2062	55	2,79	0	2,79	-10,23

Yakacak odun kesiminden kasıt, izinsiz olarak ağaçların yakacak amacıyla kesilmesidir. Ağaçlandırma alanı böyle bir zarara karşın korunacaktır. Senaryolara bir örnek olması açısından hesaplamalar yapılmıştır.

3. Alan (mavi servi) için biyokütle karbon stoğu değişimi hesaplaması: Mavi servi ile ağaçlandırılacak olan alanda ağaçlar arası mesafe 4 m, sıralar arası mesafe ise 5 m olacaktır. Yanyana olan 2 parsel toplam 0,83 ha dır. Alana mavi servi dikilecektir. Alanın önceki arazi kullanımı orman alanı olmadığından dolayısıyla arazi kullanım değişikliği söz konusudur. Yıllık karbon stoklarının değişimi hesaplanmıştır. Hesaplamalarda uluslararası geçerli değerler yanında literatüre dayalı ulusal değerler de kullanılmıştır. Hesaplama Seviye 2'de yapılmıştır.

Tüm alana (0,83 ha) dikilecek olan toplam 266 ağacın allometrik denklemler ile hacim kabuklu gövde hacimlerinin hesaplanabilmesi için gövdelerinin alt ve orta kısımlarının çevreleri ölçülmüştür. Çevrelerinden çap ve yarıçapları hesaplanmış, her ağaç için dikili hacim hesaplanmıştır. Alanda hektardaki toplam dikili hacim 0,89 m³ tür.

Arazi kullanım değişikliğinin olduğu alandaki (arazi kullanımının diğer bir arazi kullanımına dönmesi) biyokütle karbon stoğunun yıllık değişimini (ΔC_B) bulmak amacıyla; Denklem 10'a göre, arazi kullanım değişikliğinin olduğu alandaki artım sebebiyle biyokütle karbon tutumundaki yıllık artım (ΔC_G), arazi kullanım değişikliğinin olduğu alandaki biyokütle karbon stoğunun ilk değişimi ($\Delta C_{CONVERSION}$) ve arazi kullanım değişikliğinin olduğu alandaki hasat, yakacak odun ve orman zararlarından kaynaklanan kayıplar sebebiyle biyokütle karbon stoklarındaki yıllık azalma (ΔC_L) hesaplanmıştır. Denklemde yıllık net CO₂ tutumunu hesaplamak için; biyokütle artımından kaynaklı kazançlar, arazi kullanımı değişimi sonrası ve öncesi biyokütle stokları arasındaki farklılıklar ile toplanır, kayıplar ise çıkarılır.

Denklem 10

$$\Delta C_B = \Delta C_G + \Delta C_{CONVERSION} - \Delta C_L$$

Arazi kullanım değişikliği, biyokütle stoklarında değişikliğe sebep olabilir. Biyokütle karbon stoklarındaki değişim sonrası ve öncesi arasındaki fark Denklem 11 ile hesaplanmaktadır. Bu denkleme göre; arazi kullanım değişikliği olan alanda biyokütle karbon stoklarında ilk değişimi ($\Delta C_{CONVERSION}$) bulmak amacıyla, dönüşümün hemen sonrasında arazi kullanımı *i* için biyokütle stoğu (B_{AFTERi}), dönüşüm öncesi arazi kullanımı *i* için biyokütle stoğu ($B_{BEFOREi}$) ve belirli bir yılda başka bir arazi kullanıma dönüşen arazi kullanımı *i* için alan ($\Delta A_{TO_OTHERSi}$) hesaplanmıştır. Tablo 2.4'te mavi servi ağaçlandırma alanına ait kullanılan değerler ve kaynakları verilmiştir.

Tablo 2.4. Mavi servi ağaçlandırma alanı biyokütle karbon stok değişimi hesaplamasında kullanılan faktörlerin değerleri.

Faktörler	Değer (birim)	Açıklama	Kaynak
BCEF _s	0,563	İbrelî ormanlar için BCEF _s değeri	Tolunay, 2013
BCEF _i	0,541	İbrelî ormanlar için BCEF _i değeri	Tolunay, 2013
R	0,40	Ilıman iklim kuşağı, ılıman karasal ibrelî ormanlar için toprak üstü biyokütle 50 ton/ha dan az ise toprak altı biyokütlenin toprak üstü biyokütleye oranı (kök-gövde oranı)	Mokany ve ark., 2006; IPCC, 2006
$B_{BEFOREi}$	0 ton kuru madde / ha	İhmal edilebilir düzeyde biyokütle	IPCC, 2006
CF	0,51 ton C / ton kuru madde	Ilıman ve kutup iklimindeki ibrelî ormanlar için kuru maddenin karbon fraksiyonu	Lamlam ve Savidge, 2003; IPCC, 2006

Denklem 11

$$\Delta C_{CONVERSION} = \sum_i \{ (B_{AFTER_i} - B_{BEFORE_i}) \cdot \Delta A_{TO_OTHERS_i} \} \cdot CF$$

$$B_{AFTER_i} = \text{Toplam dikili hacim} \times BCEF_s \times (1+R)$$

$$B_{AFTER_i} = 0,89 \times 0,563 \times (1+0,4) = 0,70 \text{ ton kuru madde / ha}$$

$$B_{BEFORE_i} = 0 \text{ ton kuru madde / ha (İhmal edilebilir düzeyde biyokütle, bkz. Tablo 2.2)}$$

$$\Delta A_{TO_OTHERS_i} = 0,83 \text{ ha / yıl}$$

$$CF = 0,51 \text{ ton C / ton kuru madde (bkz. Tablo 2.2)}$$

$$\Delta C_{CONVERSION} = (0,70 - 0) \times 0,83 \times 0,51 = 0,30 \text{ ton C / yıl}$$

Vejetasyon tipi ve iklime göre aynı arazi kullanımında kalan alanlarda biyokütle artımı sebebiyle biyokütle karbon stok değerinde yıllık artımın (ΔC_G) hesaplanması için Denklem 2 kullanılmaktadır.

Denklem 2

$$\Delta C_G = \sum_{ij} (A_{ij} \cdot G_{TOTAL_{ij}} \cdot CF_{ij})$$

Denkleme göre arazi kullanımının değişiminden sonra aynı arazi kullanımında kalan alanın (orman alanının) alanı (A) ve yıllık ortalama biyokütle artımı (G_{TOTAL}) hesaplanmıştır. Biyokütlerdeki yıllık ortalama artımın hesaplanması için Denklem 3 kullanılmaktadır.

Denklem 3

$$G_{TOTAL} = \sum \{ I_v \cdot BCEF_i \cdot (1+R) \}$$

$$I_v = 0,89 / 8 = 0,11 \text{ m}^3 / \text{ha} / \text{yıl}$$

$$BCEF_i = 0,541 \text{ ton C / ton kuru madde (bkz. Tablo 2.2)}$$

$$R = 0,40 \text{ (bkz. Tablo 2.2)}$$

$$G_{TOTAL} = 0,11 \times 0,541 \times (1+0,4) = 0,08 \text{ ton kuru madde / ha yıl}$$

$$\Delta C_G = 0,83 \times 0,08 \times 0,51 = 0,04 \text{ ton C / yıl}$$

Karbon stoklarını negatif yönde etkileyen ve yangın, hasat, zararlılar vb. etkiler sonucunda ortaya çıkan karbon salımları (ΔC_L) Denklem 5 kullanılarak yıllık olarak hesaplanabilmektedir.

Denklem 5

$$\Delta C_G = L_{wood-removals} + L_{fuelwood} + L_{disturbance}$$

Denkleme göre hasat sebebiyle yıllık karbon kaybı ($L_{wood-removals}$), yakacak odun sebebiyle yıllık biyokütle karbon kaybı ($L_{fuelwood}$) ve orman zararlıları sebebiyle yıllık biyokütle karbon kaybı ($L_{disturbance}$) hesaplanmalıdır. Hasat sebebiyle yıllık karbon kaybı için Denklem 6,

yakacak odun yıllık karbon kaybı için Denklem 8 ve orman zararları yıllık karbon kaybı için Denklem 9 kullanılmaktadır.

Denklem 6

$$L_{wood-removals} = \{H \cdot BCEF_R \cdot (1+R) \cdot CF\}$$

Hasat sebebiyle yıllık karbon kaybının hesaplanması için yıllık hasat ve ticari hacimdeki kayıpların toplam biyokütle kayıplarına (kabuk dahil) dönüştürmek için biyokütle dönüşüm ve genişleme faktörü ($BCEF_R$) kullanılmaktadır.

Denklem 8

$$L_{fuelwood} = [\{FG_{trees} \cdot BCEF_R \cdot (1+R)\} + FG_{part} \cdot D] \cdot CF$$

Yakacak odun yıllık karbon kaybının hesaplanması için ağaç ve ağaç kısımları için yakacak odun yıllık hacimleri ve odun yoğunluğu (D) hesaplanmaktadır.

Denklem 9

$$L_{disturbance} = \{A_{disturbance} \cdot B_W \cdot (1+R) \cdot CF \cdot fd\}$$

Orman zararları yıllık karbon kaybının hesaplanması için orman zararlılarından etkilenen alan, orman zararlarından etkilenen alanların ortalama toprak üstü biyokütlesi ve orman zararı sonucu biyokütle havuzundan kaybolan biyokütlenin fraksiyonu (oran) hesaplanmaktadır.

Karbon stokları kazanç-kayıp yöntemine göre hesaplanacağından kayıpların belirli senaryolara oturtulması gereklidir. Bu senaryolar bazı risk değerleri baz alınarak ya da projede geliştirilen senaryolar olabilir.

Mavi servi fidanlarının dikiminden bir sene sonra yani ağaçlar 9 yaşında iken Denklem 10'a göre;

$$\Delta C_G = A \times G_{TOTAL} \times CF$$

$$\Delta C_G = 0,83 \times 0,08 \times 0,51 = 0,04 \text{ ton C / yıl}$$

$$\Delta C_{CONVERSION} = (B_{AFTER} - B_{BEFORE}) \times \Delta A_{TO_OTHERS} \times CF$$

$$\Delta C_{CONVERSION} = (0,70 - 0) \times 0,83 \times 0,51 = 0,30 \text{ ton C / yıl}$$

$$\Delta C_L = 0 \text{ ton C / yıl (9 yaşına kadar biyokütlerde herhangi bir kayıp olmadığı varsayılmıştır)}$$

$$\Delta C_B = \Delta C_G + \Delta C_{CONVERSION} - \Delta C_L$$

$$\Delta C_B = 0,04 + 0,30 - 0 = 0,34 \text{ ton C / yıl} = 0,34 \times -44/12 = -1,22 \text{ CO}_2 \text{ eş ton C / yıl}$$

karbon tutulmuştur. Bu değer biyokütle karbon stoklarına ek olarak tutulan karbon değeridir. Yani dikimden bir sonraki sene karbon stok değişimidir.

Oluşturulan senaryoya göre aynı arazi kullanımında kalan alanlarda biyokütle azalışı sebebiyle karbon stoklarında yıllık azalma (ΔC_L) ilk 20 sene sıfır kabul edilmiştir. Yani herhangi bir karbon salımına yol açacak herhangi bir faktörün olmadığı varsayılmıştır. Bu da biyokütlenin ve biyokütlerdeki karbon stoğunun sürekli artması anlamına gelmektedir.

Ağaçlar 20 yaşında iken alanın %10'unun yandığını ortalama biyokütle karbon yoğunluğunun %10'unu kaybettiğini varsayarsak Denklem 9'a göre;

$$\text{Toprak üstü biyokütle} = \text{Toplam dikili hacim} \times \text{BCEF}_5 \times (1 + R)$$

$$\text{Toprak üstü biyokütle} = 13,30 \times 0,563 \times (1 + 0,4) = 10,48 \text{ ton kuru madde / ha}$$

$$A_{\text{disturbance}} = 0,83 \times 0,1 = 0,083 \text{ ha}$$

$$B_w = 10,48 \times 0,1 \text{ (orman zararlarından etkilenen alanların ortalama toprak üstü biyokütlesi)} = 1,05 \text{ ton kuru madde / ha}$$

$$R = 0,40$$

$$CF = 0,51$$

$$fd = 0,44$$

$$L_{\text{disturbances}} = \{ A_{\text{disturbance}} \times B_w \times (1+R) \times CF \times fd \}$$

$$L_{\text{disturbances}} = 0,083 \times 1,05 \times (1+0,40) \times 0,51 \times 0,44 = \mathbf{0,03 \text{ ton C / yıl}}$$
 salım gerçekleşmektedir.

Buradan hareketle ağaçların 20. yaşının sonunda;

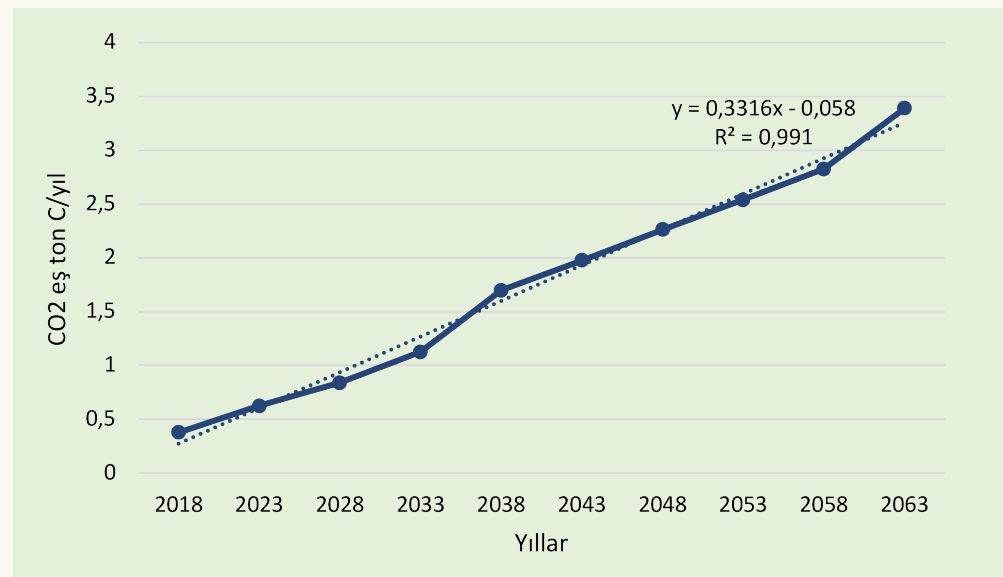
$$\Delta C_G = A \times G_{\text{TOTAL}} \times CF$$

$$\Delta C_G = 0,83 \times 0,61 \times 0,51 = 0,26 \text{ ton C / yıl}$$

$$\Delta C_B = \Delta C_G - \Delta C_L$$

$\Delta C_B = 0,26 - 0,03 = 0,23 \text{ ton C / yıl} = 0,23 \times -44/12 = -0,84 \text{ CO}_2 \text{ eş ton C / yıl}$ karbon tutulmuştur. Bu değer biyokütle karbon stoklarına ek olarak tutulan karbon değeridir. Yani dikimden bir sonraki sene karbon stok değişimidir.

3. Alan mavi servi ağaçlandırması için 50 yıllık karbon stok değişim grafiği Şekil 2.3'te verilmiştir.



Şekil 2.3. 3. Alan mavi servi ağaçlandırmasında 50 yıllık karbon stok değişimleri.

Ağaçlar 20 yaşında iken alanın %10'unun yanmasından sonra bir ağaçlandırma yapılmadığı varsayılmıştır. Buna göre ağaçlar 30 yaşındayken **1,70 CO₂ eş ton C / yıl**, ağaçlar 40

yaşındayken **2,26 CO₂ eş ton C / yıl** ve ağaçlar 50 yaşındayken **2,83 CO₂ eş ton C / yıl** karbon tutacaktır. Bu değer biyokütle karbon stoklarına ek olarak tutulan karbon değeridir. Yani dikimden bir sonraki sene karbon stok değişimidir (Tablo 2.5).

Tablo 2.5. 3. Alan mavi servi ağaçlandırması için hesaplanan biyokütle karbon stoğu değişimi.

YIL	YAŞ	CG	CL	CB	CO ₂
		ton C/yıl	ton C/yıl	ton C/yıl	eş ton C/yıl
2017	9	0,04	0	0,33	-1,22
2018	10	0,10	0	0,10	-0,38
2023	15	0,17	0	0,17	-0,62
2028	20	0,26	0,03	0,23	-0,84
2033	25	0,31	0	0,31	-1,13
2038	30	0,46	0	0,46	-1,70
2043	35	0,54	0	0,54	-1,98
2048	40	0,62	0	0,62	-2,26
2053	45	0,69	0	0,69	-2,54
2058	50	0,77	0	0,77	-2,83
2063	55	0,92	0	0,92	-3,39

Ormanlarda yapılan etkin yönetim ve sürdürülebilir arazi yönetimi sayesinde senaryodaki yangın zararını minimize edilebilir. Bu durumda eğer alanda hiçbir zarar olmasaydı ağaçlar 30 yaşındayken **1,88 CO₂ eş ton C / yıl**, ağaçlar 40 yaşındayken **2,50 CO₂ eş ton C / yıl** ve ağaçlar 50 yaşındayken **3,13 CO₂ eş ton C / yıl** karbon tutulacaktı. Bu değerler biyokütle karbon stoklarına ek olarak tutulan karbon değerleridir.

(g) Çevresel kalite: Atatürk Orman Çiftliği'nde degrade mera alanlarından orman alanlarına dönüştürülerek uygulanan ağaçlandırma karbonu sertifikasyon örnek projesi kapsamında yapılan ağaçlandırmalar, çevresel bütünlüğe ve kaliteye zarar vermemektedir. Bu kılavuzda "Çevresel Kalite" başlığı altındaki projelerden beklenen önemli noktaları sağlamaktadır. Ankara karasal iklimine uyumlu, proje alanı ve çevresi için uygun ve o yöreye ait doğal türler olan seçilerek ağaçlandırma yapılmıştır. Orman ekosistemlerinin ve bu ekosistemlerden sağlanan hizmetlerin (temiz hava, temiz su, yaban hayatı habitatları ve biyolojik çeşitliliğin sağlanması gibi) gelecek 50 yıl için sürdürülebilirliği bu kılavuzda belirtilen orman yönetimi ile sağlanacaktır. Proje süresi boyunca orman mühendisleri ve ilgili diğer uzmanlar sürdürülebilirliğin sağlanması ve ekosistemlerin daha iyi duruma gelmesi için destek vereceklerdir.

Çevresel Etki Değerlendirmesi, projenin uygulandığı ağaçlandırma alanında gerekli değildir. Bununla ilgili Çevresel Etki Değerlendirmesi gerekmediğine dair onay eklerde verilmiştir. Çevresel kalitenin değerlendirilmesine yönelik uzman görüşü ve diğer ilgili ve gerekli dokümanlar Ek-XX'te verilmiştir. Proje süresince "çevresel kalite bildirimleri", proje uygulayıcısı tarafından sertifikalandırma kurumuna 10 yılda bir verilecektir.

Proje kapsamında ağaçlandırma alanlarında odun üretimi amacıyla herhangi bir uygulama yapılmayacaktır.

(h) Sosyal sorumluluk ve ekonomi: Proje yöre halkına ve kullanıcılara diğer bir deyişle paydaşlara mümkün olduğunca fayda sağlayacak şekilde uygulanacaktır. Bu amaçla, paydaşlar, ağaçlandırılan alanın planlamasına ve yönetim planlarına dâhil edilmeleri ve sürdürülebilir orman uygulamaları ve yönetimi için amaç ve ihtiyaçları ile uyumlu olması

açısından toplantılar yapılacaktır. Bu kılavuzda “Sosyal Sorumluluk ve Ekonomi” başlığı altındaki projelerin paydaşlara mümkün olduğunca fayda sağlaması açısından ilgili ve gerekli dokümanlar Ek-XXX’te verilmiştir.

Proje süresince “sosyal sorumluluk bildirimleri”, proje uygulayıcısı tarafından sertifikalandırma kurumuna verilecektir. Bu bildirimler, yapılan toplantılarda paydaşların yaklaşımını, alınan kararları ve sonuçları da yansıtacaktır.

(i) Proje riskleri: Proje süresince alanda ve yapılan ağaçlandırma çalışmalarında yöre halkına ve ağaçlandırma alanı çalışanlarına göre herhangi bir risk ya da tehdiye rastlanmamıştır. Projenin, insan hakları, yöre halkının ve çalışanların hakları ve bağlı oldukları ulusal yasa ve yönetmelikler ile uluslararası standartlara uygun olduğu değerlendirilmiştir. Ancak ağaçlandırma alanında olabilecek yangın, haşere, hastalık, rüzgar ya da öngörülme-yen yakacak odun kesimi gibi durumlarda aynı türler ile yeniden dikim yapılacaktır. Risk değerlendirmesinin uygun olduğunu teyit eden ilgili ve gerekli dokümanlar ve saha gözlemleri Ek-XXX’te verilmiştir.

(j) Yapılan ve yapılacak orman yönetimi: Ağaçlandırma Yönetmeliği’nde ağaçlandırma saha etüdünden başlayarak proje, tohum temini, fidan üretimi, arazi hazırlığı, dikim, ekim ve bakım faaliyetlerinin tümünü içermektedir. Bu ağaçlandırma projesinin kapsadığı alanda proje süresince ve sonrasında gerekli müdahaleler Orman Bölge Müdürlüğü yetkililerince yapılacaktır.

Alanlarda ağaçlandırıldıktan sonra planlanan herhangi bir ormancılık faaliyeti bulunmamaktadır. Olası risk senaryolarına göre karbon stoklarındaki değişimler bu proje önerisinde hesaplanmış, riskleri azaltmaya yönelik risk azaltma stratejileri oluşturulmuştur. Risk senaryoları (hasat, orman zararlıları ve orman yangınları) ile ilgili senaryoya bağlı belirlenen risk yüzdeleri ele alınarak hesaplanmıştır. Yangın sonucu çıkan gazlar ihmal edilebilir düzeyde olduğu varsayılmıştır.

Aşama 1. Alanların hazırlanması ve ağaçlandırılması

- Her 3 alan da koruma alanı içerisinde olduğundan insan etkisinden uzaktadır.
- Alanlarda ilk dikim zamanı sulama yapılacaktır. Sulama en az 5 yıl boyunca sürdürülecektir.
- Dikim için kurak iklime adapte olmuş karaçam ve mavi servi kullanılacaktır.
- Tek tek dikim delikleri (yaklaşık 50 cm çapında) kazılacak, fideler yerleştirilecek, kompost ve orijinal toprak (iskelet) karışımıyla geri doldurulacak, proje alanında mevcut bulunan litosol toprak türünün düşük verimliliğini dengelemek için ek azot suni gübre (ağaç başına net 5 gram) ve diğer besleyici maddeler (fosfor ve eser elementler) katılacaktır. Sulamanın etkinliğini artırmak, besin maddesi katkısında bulunmak ve yüzey erozyonunu azaltmak için dikim deliğinin yüzeyi malç ile örtülecektir.

Aşama 2: Bakım

- İlk 3 yıl boyunca veya fideler rekabet edebilecek kadar büyüyene dek, sezon başına bir veya iki kez yabancı ot kontrolü (örn. dikilen ağaçların etrafında boy gösteren otsul bitki örtüsünün fiziksel kesimi) yapılacaktır. Hiçbir kimyasal bitki öldürücü uygulanmayacaktır.
- Yüksek dayanımlı yamalı yeniden dikim meşcere stabilitesini sağladığından gerekli olabilir. Yeniden dikim, orijinal dikim tarihine mümkün olduğunca yakın zamanda gerçekleştirilecektir. Meşcerenin uzun vadeli stabilizesinin başka yolla garanti edilememesi halinde, ağaçlandırmadaki boşlukların doldurulmasının gerekli olduğu unutulmamalıdır.

- Birincil kaygı ahşap kalitesi olmadığından budama ve kalite geliştirme müdahaleleri planlanmamıştır. Bu tür faaliyetler haşere ve başka tahribatlar durumunda gerekli olabilir.
- Genel bakım malçlama ve suni gübre uygulamasının yanı sıra çitler ve sulama sisteminin kontrolünü de içerir (15 yıla kadar veya toprak yapısı stabil hale gelene kadar gereklidir).

Aşama 3: İzleme

- Projede ilk izleme ve doğrulama başlangıç tarihinden 5 yıl sonra; takip eden izleme ve doğrulama proje başlangıç süresinden itibaren en az 15 yıl ve sonraki diğer izleme ve doğrulamalar ise her 10 yılda bir gerçekleştirilecektir. Bu şekilde proje alanına yönelik ağaçlandırma karbon stokları düzenli envanterler halinde tutulacaktır.
- Meşcere yeterli stabiliteye ulaşır ulaşmaz, faaliyetler izleme ve bölgeyi istenmeyen bozulmalardan korumaya indirgenecektir. Doğadakine yakın orman yapısını elde etmek için, felaket niteliğinde olmayan doğal tahribatlar bu noktada azaltılmamış olarak bırakılabilir. Böyle küçük bir alanın tamamıyla kaybını önlemek için, yangın kontrol edilecektir.

(k) **Proje bütçesi:** Proje bütçesi bu kısımda detaylandırılarak verilmiştir.

Giderler	Birim	Birim Sayısı	Birim Maliyet (TL)	Toplam Maliyet (TL)
Alanı dikime hazırlama	ha			
Karaçam fidanı	Adet			
Mavi servi fidanı	Adet			
Sulama giderleri	ha			
Suni gübre ve diğer besleyici maddeler	L			
Malç vb. örtü malzemesi	kg			
Arazi çevresi için ahşap çitler	m			
İş gücü ve diri örtü temizliği	ha			
Olası risk durumlarındaki giderler	-			
Ekipman lumpsom				
Proje yönetimi	yıl			

Toplam

(l) Ekler

EK X

EK XX

EK XXX

Pilot ağaçlandırma projesinde ihmal edilebilir düzeyde biyokütle sahip degrade mera alanlarının orman alanına dönüştürülmesi amacıyla ağaçlandırma yapılmıştır. Biyokütle karbon tutumu hesaplanmış, arazide ölçümler yapılmış, farklı senaryolar geliştirilerek gelecek 50 yıl içerisinde risk faktörü oluşturan etmenlere yönelik karbon kayıpları hesaplanmıştır. Böylece “Kazanç-Kayıp Yöntemi” ile biyokütle karbon stok değişimleri ortaya konmuştur. Kayıpların farklı senaryolar ile ortaya konmasındaki amaç örneğin herhangi bir yangınla karşılaşıldığı zaman karbon stoklarının bu durumdan nasıl etkileneceği ve hangi şekilde değişeceği. Örnek Proje Dokümanı da standarta uygun şekilde hazırlanmıştır. Proje çalışması, Türkiye’de ağaçlandırma karbon projelerini mümkün kılmak için değiştirilmesi veya iyileştirilmesi gereken faktörler olduğunu göstermiştir.

ÖRNEK ALANLARIN FOTOĞRAFLARI

EK-1: Ağaçlandırma alanları ve yapılan ölçümlerden fotoğraflar.

1. Alan karaçam ağaçlandırması



2. Alan karaçam aaçlandırması



3. Alan mavi servi ağaçlandırması



BÖLÜM III

ULUSAL AğAğLANDIRMA STANDARDI İÇİN ÖNERİLER

Orman karbon sertifikalandırması çeşitli yönlerin dikkate alınmasını gerektiren uzun bir süreçtir. Uygulanan projeler sonucunda ortaya çıkan ana sonuç: Türkiye’de Ağaçlandırma Karbonu Sertifikasyonu sürecini iki aşamalı olarak ele almak gerekmektedir:

Aşama 1: Ağaçlandırma karbonu sertifikasyonunun oluşturulması.

Aşama 2: Ağaçlandırma karbonu ticareti için alt yapının oluşturulması ve sertifikalandırılmış karbonun satışının yapılması.

Ulusal Ağaçlandırma Karbonu Standardı Önerisi, yeni orman alanları oluşturmak için gönüllü karbon piyasasında kullanılmak üzere ağaçlandırma karbonu standardının bir örneği olarak hazırlanmıştır. Bu standart, yeni yaklaşım ve yöntemler ile ihtiyaca uygun olarak geliştirilebilir.

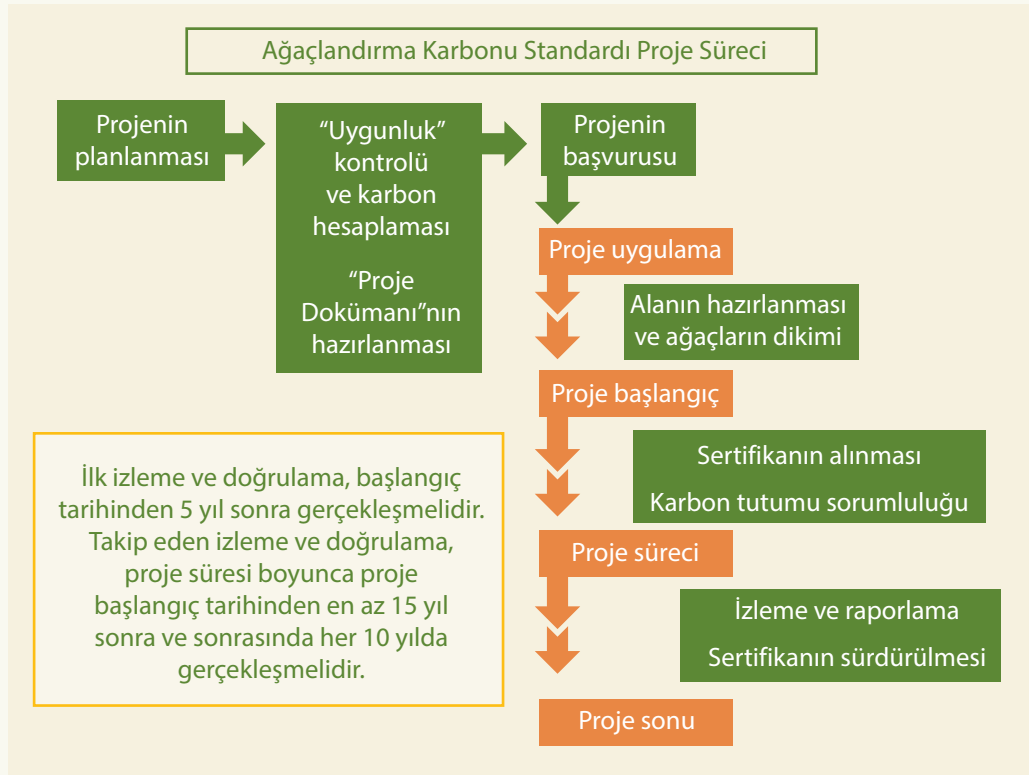
Genel olarak ağaçlandırma karbon standardı yaklaşımı, proje kapsamında ağaçlandırılan alanlarda proje süresi boyunca biyokütle, toprak ve ölü organik madde (ölü örtü ve ölü odun) karbonunun tutulmasını garanti etmektedir. Bu güvenceyi gerçekçi bir şekilde projelerin ele alınması ile sağlamaktadır. Örneğin, farklı senaryolar ile proje risklerini ve B planlarını göz önünde bulundurmaktadır. Bu yaklaşım, karbon alıcılarına yatırım yaptıkları proje için güvence vermekte ve proje ile birlikte hem çevresel hem sosyal sağlanacak yararları konusunda bilgi vermektedir. Aynı zamanda proje uygulayıcıları için hem orman yönetimi hem de karbon hesapları konularını birlikte ele alacak prosedür ve standartları sağlamaktadır. Bu kapsamda proje sürecinde ve sonunda aşağıdakiler sağlanmış olmaktadır²:

- yüksek kaliteli ve sağlam bir gönüllü karbon standardı,
- şeffaf ve açık bir ağaçlandırma karbon kaydı,
- karbon tutumu tahmin etmek ve izlemek için sağlam bilimsel alt yapı,
- projelerin bağımsız olarak doğrulanması,
- proje sonunda çıktıların ve gereksinimlerin karşılanıp karşılanmadığının doğrulanması.

Şeffaf ve açık bir ağaçlandırma karbon kaydı, hem tek projeleri hem de proje gruplarını barındırır. Aynı zamanda kredi alıcılarına tahsis edilecek karbon miktarlarını ve doğrulandıktan sonra kullanım ve raporlamalarını sağlar. Genel veri tabanı ile proje paydaşlarına tüm proje faaliyetlerinin durumunu görme olanağı sağlar.

Ağaçlandırma Karbonu Standardı projesi ile alanını ağaçlandırmak ve gönüllü karbon piyasasında yer almak isteyen bir toprak sahibinin veya kullanım hakkı elde eden kurum ya da kişi, önce proje uygulayıcısı (geliştiricisi) bulmalıdır. Bu proje uygulayıcısı, şirket, kurum ya da birey olabilir. Proje toprak sahibi, ilgili uzmanlar (orman mühendisi, ekolog, vb.) ve proje uygulayıcısı, projeyi planlamalı, ağaçlandırılacak alandaki hem kağıt hem arazi üzerindeki mevcut durumu değerlendirmeli, “uygunluk” kontrolü yapmalıdır. Ağaçlandırma sonrasındaki 50 yılda alandaki karbon tutumları proje uygulayıcısı tarafından hesaplanmalıdır. Risk değerlendirmesi yapılarak, oluşabilecek herhangi bir negatif durumda ne yapılması gerektiğine karar vermelidir. Proje Dokümanı’nı eksiksiz hazırlayarak sertifikasyon kurumuna projenin başvurusunu gerçekleştirmelidir. Sertifikalandırma kurumu da proje süresince karbon tutum bildirimlerini ve projeksiyonlarını değerlendirmek amacıyla proje süreci boyunca izlemeyi ve doğrulamayı sürdürmelidir. Projenin kontrolü, onaylanma ve doğrulanmasından sonra, Şekil 3.1’de de gösterildiği gibi projenin süreci 4 farklı zaman aralığında devam etmektedir.

2- The Woodland Carbon Code scheme for buyers and landowners. <https://www.gov.uk/guidance/the-woodland-carbon-code-scheme-for-buyers-and-landowners>



Şekil 3.1. Ağaçlandırma karbonu standardı proje süreci.

Proje uygulama tarihi, alanın hazırlanması ve dikimin başladığı tarihtir. **Proje başlangıç tarihi**, son dikimin yapıldığı artık karbon tutumu sorumluluğunun başladığı tarihtir. Bu tarih projenin uygulama tarihinden itibaren en fazla 1 senedir. **Proje süreci**, projenin başlangıç tarihi ile bitiş tarihi arasındaki karbon tutumu taleplerinin izleneceği süreçtir. Projenin başlangıç tarihinden 1 sene sonra dikimin ne kadarının başarılı olduğu ne kadarının kaybedildiği izlenmeli, gerekiyorsa yeniden dikim yapılmalıdır. **Proje bitiş tarihi**, proje başlangıç tarihinden itibaren en fazla 50 yıldır.

Ağaçlandırma karbonu projelerinde ağaçlandırma alanlarının seçimi ve çalışmaların özgün katkısının belirlenmesi önemlidir. Projelerin deneyimleri ışığında aşağıdaki öneriler geliştirilmiştir:

Ağaçlandırma Alanı Seçimi: Uluslararası standartlardaki genel yaklaşım izlenmelidir.

- Arazi sulak arazi üzerinde olmamalıdır.
- Geçmiş 50 yıl boyunca orman olan bir arazi ağaçlandırmaya konu olamaz.
- Etkilenen paydaşlar (örneğin yakındaki köylüler) projeye karşı çıkmamalı, bilakis projenin sosyal ve çevresel katkılarından faydalanmalıdır.
- Çevresel koşullar ağaçların büyümesine uygun olmalıdır.

Ağaçlandırma Karbonu Çalışmalarının Ek Katkısı:

- Sosyal ve ekonomik anlamda katkı sağlayacak/özgünlük kazandıracak hem yöre halkına hem de iklim değişikliği ile mücadelede özellikle sera gazı emisyonları azaltımına katkı sağlayacak ağaçlandırma uygulamaları (fıstıkçamı, ceviz, badem gibi).
- Özel arazilerde, tarım amaçlı kullanılacak alanlar ve orman dışı hazine arazilerinde uygulanabilir olması.

- Azami arazi kullanımına izin veren kırsal kalkınma boyutunu da dikkate alan sürdürülebilir arazi yönetimi.
- Yöreye özgü türlerle yapılan doğal dokuya uygun yapılan ağaçlandırmalar.
- Mali açıdan desteklemek amaçlı devlet katkılarının teşviklerinin oluşturulması.
- Özel sektörün teşvik edilmesi ve payının artması çok önemlidir.

Çalıştay, toplantı ve uzman görüşmelerinden elde edilen deneyim ışığında ağaçlandırma karbonu sertifikasyonu için şu öneriler geliştirilmiştir:

Kurumsal Kapasite:

- Uzun vadede bu çalışmaların denetimini destekleyecek ve güçlendirecek Orman Genel Müdürlüğü içinde kurumsal bir yapılanmaya gidilmelidir.
- Orman Genel Müdürlüğü merkezi ve yerel teşkilatının bilgi ve deneyimlerinin artırılması için kapasite geliştirme çalışmaları artırılmalıdır.
- Proje bazında karbon envanteri yapabilecek uzman sayısının artırılması gerekmektedir.
- Kurumsal seviyede karbon hesaplaması yapacak ormancılık sektöründeki özel şirketlerin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu şirketleri denetleyecek bağımsız denetçilerin yetiştirilmesi gerekmektedir.
- Ağaçlandırma Karbon Standardı'na göre proje süresi boyunca karbon stok bildirimlerini izlemek ve doğrulamayı sürdürmek amacıyla sertifikasyon kurumlarına ihtiyaç vardır.

Ekonomik Uygulanabilirlik:

- Proje faaliyetlerinin uzun ömürlü olmasını ve sürdürülebilirliğini sağlamak için bir iş modeli oluşturmak gerekmektedir.
- Uzun ömürlü ağaçlandırma projelerinde, zorlukların öngörülmesi ve önlem alınması, fırsatların ise önceden fark edilmesi çok önemlidir.
- Türkiye'de uygulama alanı az olan yerlerde ağaçlandırma karbonu projelerinde karbon geliri proje maliyetlerini karşılamamakta, ek finansman (örneğin hibeler, destekler veya orman ürünlerinin satışı gibi) gerektirmektedir. Bu amaçla proje öncesinde fizibilite çalışmaları yapılmalıdır.

Teknik Çalışma İhtiyaçları:

- Karbon stok hesaplamaları, ulusal ve bölgesel veri varlığına ve kullanılabilirliğine bağlı olarak en hassas şekilde ve olabildiğince en yüksek seviyede yapılmalıdır. Bu amaçla, yerel, bölgesel ve ulusal değerlerin hesaplamalarda kullanılabilmesi amacıyla bu verilerin arazide yapılan ölçümleri ve ulusal bazda geliştirilen model yaklaşımlarına yönelik araştırma ve geliştirmeye yönelik yapılan projeler desteklenmelidir.
- Tüm yaygın türler için tür bazında (en çok tercih edilen türlerden başlayarak) ve bölgeler bazında büyüme ve karbon tutma modellerinin sayısı artırılmalıdır.
- Proje öncesinde yapılacak olan fizibilite çalışmaları projenin ekonomik uygunluğunu ortaya koyacağı gibi biyolojik çeşitliliğe olumlu ya da olumsuz olası etkilerini de ortaya koymalıdır.
- Emisyon faktörleri ile ilgili çalışmalar artmalı ve geliştirilmelidir.
- Böcek zararlarının biyokütleyle ne kadar zarar verdiğine yönelik çalışmalar artırılmalıdır.

- Toprak ve ölü organik madde karbon stokları ve stoklarındaki değişimi hesaplamak için çalışmalar artırılmalıdır.

Orman Amenajman Planları:

Orman Amenajman Planlarına 'Karbon tutumuna yönelik' yeni bir işletme amacı eklenmesi olası sorunları çözebilir.

Karbon Dışı Faydalar:

- İklim değişikliğinin ekosistemlere verdiği zararın telafisine ilişkin düzenlemeler yapılmalıdır.
- Projelerin sosyo-ekonomik ve biyolojik çeşitliliğe etkileri belgelenmeli ve süreçte öncelikli olarak ele alınmalıdır.

Yasal ve Mali Konularda Öneriler:

- Diğer mevzuatlarla bağlantıları kurulmalı ve ilişkilendirilmelidir.
- Karbon vergi politikasının düzenlenmelidir (teşvikler).
- Yasal ve mali konularda danışmanlık mekanizması kurulması gerekmektedir.
- Özellikle ekosistem tabanlı karbon piyasası altyapısı kurulmalıdır.
- Ağaçlandırma alanlarından ve ormancılık faaliyetlerinden karbon kredisi elde edilmesine yönelik yasal düzenlemeler yapılmalıdır.

Hesaplamaların Geliştirilmesi için Öneriler:

- Ağaçlandırılan alanlar için mutlaka ölü organik madde ve toprak karbonu hesaplanmalıdır. Bu kılavuzda hesaplama yöntemleri IPCC (2006) kılavuzu referans gösterilerek verilmiştir.
- Her seviye için belirsizlik analizlerinin de uygulanması gereklidir. Belirsizlik analizleri IPCC (2006) kılavuzunda yer almaktadır.
- Ayrıca projenin ek faydasının ortaya konması açısından projenin durum belirlenmelidir.
- Arazide örnekleme yapılacaksa ölçüm ve hesaplamalar için örnekleme alan sayısının belirlenmesinde literatür verileri kullanılmalıdır.

Kaynaklar

Güner, Ş.T., Çömez, A., 2015. Karaçam ağaçlandırma alanlarında karbon stoklarının belirlenmesi. *Ormancılık Araştırma Bülteni, Ekoloji-2015/1*.

IPCC, 2006. *IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories, prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme*. In: IGES, Japan (Eds.: H.S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara and K. Tanabe).

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

Mokany, K., Raison, J.R., Prokushkin, A.S., 2006. Critical analysis of root:shoot ratios in terrestrial biomes. *Global Change Biology*, 12: 84-96.

Tolunay, D., 2013. Türkiye’de artım ve ağaç servetinden bitkisel kütle ve karbon miktarlarının hesaplamasında kullanılacak katsayılar. *Ormancılıkta Sektörel Planlamanın 50. Yılı Uluslararası Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, 26-28 Kasım 2013, Antalya. sf. 240-251.

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ İLE MÜCADELEDE
ORMAN KARBON STANDARDI UYGULAMA PROJESİ:

Ulusal Ağaçlandırma Karbonu Standardı Önerisi

