

# KÜRESEL ISINMA VE OLASI EKOLOJİK SONUÇLARI

Araş. Gör. Yusuf SERENGİL<sup>1)</sup>

## Kısa Özet

Uluslararası bilim çevrelerince üzerinde en çok spekülasyon konulardan biri olan, büyük ölçekli iklim değişiminin, meydana getireceği sonuçlar açısından yeryüzündeki yaşamı büyük ölçüde etkilemesi beklenmektedir. Dolayısıyla doğal kaynakların geleceğini ortaya koymak amacıyla yapılacak simülasyonlarda "temel girdi" olarak üzerinde önemle durulması gereken bir faktördür. Ayrıca, en değerli doğal kaynaklarımızdan biri olan orman ekosistemleriyle iklim değişikliğinin karşılıklı etkileşiminin, sorunun çözümünde anahtar rol oynayabileceği birçok bilim adamı tarafından ifade edilmektedir.

## 1. GİRİŞ

Amerika Birleşik Devletleri 6. Ulusal Araştırma Konseyinde ortaya konulan ve araştırmaların odaklanmasının gerekli olduğu ifade edilen 5 konu arasında iklim-orman ilişkisi de yer almıştır (LINNES 1993).

İklimin statik olduğu görüşü günümüzde geçerliliğini yitirmiş, zaman içinde hem küresel hem de bölgesel olarak iklim öğelerinde değişimler olabileceği görüşü ağırlık kazanmıştır (THOMAS 1990). Ayrıca, çok önemli bir ekolojik faktör olan iklimin dinamik bir yapıda olduğunun anlaşılması, bilimadamlarının dikkatinin, insan müdahaleleriyle az veya çok degrade olmuş ekosistemlere yoğunlaşmasını sağlamıştır, çünkü ortaya konulan yeni araştırmalar arazi degradasyonunda iklimin de büyük rol oynayabileceğini veya tersi yani arazi degradasyonu ile iklimin değişebileceği görüşünü gündeme getirmiştir.

İklim değişimi ile – ister küresel ister bölgesel anlamda – çölleşme arasındaki karşılıklı ilişki, konunun belki de en önemli boyutudur. Zira çölleşmenin, UNEP (United Nations Environment Programme: Birleşmiş Milletler Çevre Programı) tarafından 1991'de yapılan tanımında, iklim değişiminin etkisine işaret edilmiş (HULME/KELLY 1995); kurak, yarı kurak ve kurak-yarı nemli bölgelerde iklim değişimi ve insan faaliyetleri de dahil olmak üzere birçok nedenden dolayı ortaya çıkabilecek arazi degradasyonu olarak tanımlanmıştır (UNEP 1991).

<sup>1)</sup> İ.Ü. Orman Fakültesi Havza Amenajmanı Anabilim Dalı Araştırma Görevlisi

Yeryüzünde gerçekleştirilen geniş ölçekli araştırmaların (LBA, HAPEX-Sahel, EFEDA vs.) ilk sonuçları arz-atmosfer dengesinde bazı değişimlerin meydana geldiğini ve ileriki yıllarda bunun artarak devam edebileceğini ortaya koymaktadır. Atmosferik Genel Sirkülasyon Modelleri (AGCMB: Atmospheric General Circulation Model) her ne kadar değişimi küresel ölçekte ele alsalar da az önce bahsettiğimiz hidrolojik vejetasyon-iklim deneyleri, lokal bazı sonuçları ortaya koyabilmektedirler. BAHC, GCTE ve START gibi kuruluşlarca finanse edilen bu araştırmaların amaçlarını belirtmek ve kısaca bilgi vermek, bu konudaki araştırmaların geldiği noktayı ortaya koymak açısından yararlı olacaktır.

EFEDA (The Echival Field Experiment in Desertification Threatened Areas), yarı kurak bölgelerdeki arazi kullanım uygulamalarıyla iklim etkileşimini inceleme amaçlı kısa süreli, değişik bilim dallarının katılımıyla gerçekleştirilmiş (multidisipliner) bir araştırmadır. Projenin ana amacı toprak, vejetasyon ve atmosfer arasındaki hidrolojik etkileşimi çölleşme ve arazi degradasyonu açısından ele almaktır. Proje, ülkemizle hemen hemen aynı iklimik koşullara sahip, geniş yarı kurak alanlarıyla, tipik bir Akdeniz ülkesi olan İspanya'nın Castilla-La Mancha bölgesinde 100x100 km'lik bir örnek alanda, 1991-1994 yılları arasında yapılmıştır. Bu çalışmanın sonuçları, daha şiddetli bir çölleşme yaşayan ülkemiz açısından son derece önemlidir.

HAPEX-Sahel (The Hydrological Atmospheric Pilot Experiment in the Sahel), Nijerya'nın Sahel bölgesinde sürdürülmüş yine bir iklim-vejetasyon etkileşim modelidir. Sahel bölgesinin seçilme nedeni projenin esas amacını ortaya koymaktadır. Sahel'de geçmiş yıllarda meydana gelen sistematik yıllık yağış azalmasının, bölgede değişen sosyo-ekonomik ve nüfus yapıyı dolayısıyla ortaya çıkan arazi kullanım şekli değişimiyle olan ilişkisini ortaya koymak, projenin esas amacıdır. Bu bölgede, artan nüfus ile birlikte ortaya çıkan yiyecek ihtiyacı, bölgenin iklims vejetasyonu olan savanların yerini tarım alanlarının alması sonucunu doğurmuştur. Acaba bu arazi kullanım değişikliği, yerel iklim değişiminin nedeni olabilir mi, sorusuna yanıt aranmaktadır. Bu araştırmada da multidisipliner bir arazi çalışması ortaya konulmuştur ve verilerin değerlendirilmesi aşamasına gelinmiştir.

LBA (The Large Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazonia), ise Amazon ekosisteminin yerel ve küresel etkilerini (karbon döngüsü, sera gazları, atmosferik yapı, iklim ve ekoloji) ortaya koymak amacıyla gütmektedir. LBA projesi, biyolojik çeşitlilik ve arazi kullanım dinamiklerinde insan etkisi konularını da kapsayarak genişletilmektedir. 1992'de planlanmaya başlanan projenin arazi çalışmaları halen devam etmekte, ara sonuçları zaman zaman yapılan toplantılarda tartışılmaktadır.

LTEEF (Long Term Effects of Climate Change on European Forests) ve ECOCRAFT (European Collaboration on CO<sub>2</sub> Responses Applied to Forests and Trees) projeleri ise iklim değişiminin ormanlar üzerindeki etkisini ortaya koymayı amaçlayan Avrupa Birliği projeleridir.

Bu projelerin kapsam ve bütçelerinden de anlaşılacağı gibi iklim-vejetasyon etkileşimini aydınlatmak pek kolay değildir ve çok büyük çaplı, hassas araştırmaları gerektirmektedir. Ayrıca bu çalışmalara ayrılan fon miktarlarının büyüklüğü konunun önemini ortaya koymak açısından iyi bir göstergedir. Modelleme çalışmaları yoğun ve çok yönlü arazi gözlemlerini gerektirmektedir. Örneğin HAPEX-Sahel Projesinde uzaktan algılama, balon ve uçaklarla enerji akımı ölçümlerinden yararlanmanın yanı sıra; hava ve iklim değişimini saptamak için uzaktan kumandalı meteoroloji istasyonlarının yanında, 107 tane yazıcı yağışölçer kullanılmış, tabansuyu seviyesinin değişimini izlemek için ise 323 kuyu açılmıştır. 67 araştırmacı dört gruba ayrılarak (Meteoroloji ve orta ölçekli modelleme, hidroloji ve toprak nemi, yüzeysel akış ve vejetasyon, uzaktan algılama) çalışmaları yürütmüştür. Sonuçta 10 GB'lik, 12 CD-Rom'luk bir veri tabanı elde edilmiştir.

Ayrıca dikkat edilmesi gereken bir diğer konu da şudur. Bugüne kadar geleceğe dönük planlamalarda iklim parametresi statik kabul edilmiştir fakat günümüzde hem küresel hem de

bölgesel olarak iklimin çeşitli etmenler, sonucu zaman içinde değiştiği çeşitli araştırmalarda ortaya konulmaktadır. Bu araştırmalara ve yöntemlere sera etkisinin değerlendirilmesi kısmında değinilecektir.

Sonuçları açısından biz canlılar için çok önemli olan iklim değişimi bütün dünya milletlerini ilgilendirmekte ve ortak hareket etmeye zorlamaktadır. Nitekim ABD'nin küresel işlerden sorumlu alt sekreteri timothy Wirth, 100'den fazla ülke temsilcisinin katıldığı bir toplantıda gelecekteki anlaşmaların gerçekçi, açık ve bağlayıcı, orta vadeli emisyon hedeflerine yönelik olması gerektiğini belirtmiştir. Bu durum doğal olarak güçlü fosil yakıt üretim ve ticaret lobilerini rahatsız etmektedir, çünkü sera etkisinin en önemli nedeni fosil yakıtlardır. Bu lobiler, sera etkisinin, dolayısıyla küresel ısınmanın o kadar da önemli bir sorun olmadığını öne sürmektedirler. Oysaki 1995'deki Uluslararası İklim Değişikliği Panelinde (IPCC), 2000 bilim adamı tarafından kabul edilen raporda iklim değişikliğiyle ekstrem hava olaylarının daha sık meydana geleceği, deniz seviyesinin yükselerek sahil kesimlerini tehdit edebileceği, sıtma ve kolera gibi tropikal hastalıkların yayılabileceği, yiyecek sıkıntısı çekilebileceği ve su kaynaklarının zorlanabileceği belirtilmiştir (LUBETKIN 1996).

İklim modellemelerinin başlangıcı sayılan Atmosferik Genel Sirkülasyon Modelleri (AGCM veya GCM), aynı atmosferin kendisi gibi kompleks, dinamik ve lineer olmayan bir yapıya sahip olup ilk zamanlarda hava tahmini amacıyla kullanılmışlardır. Hidrosfer, kriyosfer, biyosfer ve yeryüzü modellerinin biraraya getirilmesiyle oluşturulan, kütle, enerji ve momentumun korunumu denklemlerini kullanan bu modeller yardımıyla gelecekteki iklimin tahminine çalışılmaktadır (Tablo 1).

## 2. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ

### 2.1 Sera Etkisi

Okyanuslar tarafından asidite ve sıcaklıkta kontrol altında tutulan CO<sub>2</sub> atmosferdeki miktarının 60 katıdır ve 5 yıllık bir sirkülasyonda tropikal okyanuslarca atmosfere verilmekte, kutupsal okyanuslarca geri alınmaktadır. Öte yandan CO<sub>2</sub>'nin karbonat olarak kireçtaşı, mermer, dolomit, tebeşir ve benzeri formlarda depolanması atmosfer-okyanus sisteminin 600 katıdır. Eğer tüm bu CO<sub>2</sub> atmosfere verilyeydi atmosferimiz Venüs atmosferinden farksız olurdu (PARKER 1988). Atmosferimiz içerdiği gazlar sayesinde yeryüzünden yansıyan güneş radyasyonunun bir kısmını absorbe etmekte ve yeryüzüne geri yansıtılmaktadır. Eğer atmosferin bu özelliği olmasaydı yeryüzünde ortalama 15°C olan sıcaklık -18°C ye düşecekti. Bugüne kadar saptanan bu gazlar, en başta su buharı olmak üzere, CO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O'dır. Görüldüğü gibi bu gazların atmosferde bulunmaları sera etkisinin ve yeryüzündeki yaşamın kaynağıdır. Dolayısıyla oluşturdukları bu sera etkisi altında günümüz canlıları için hayati bir önem taşımıyor yansırsı büyük ihtimalle evrim sürecinde yüksek yaşam formlarının ortaya çıkmasını önemli rol oynamıştır. Zira ısının canlılar için çok önemli bir enerji şekli olduğu açıktır. Üzerinde durulan ve zararlarından söz edilen durum bu etkinin canlılara zarar verebilecek düzeye doğru artmasıdır.

Güneş ışığı fotosentezle karbon ve oksijen oluşumunu sağlamakta ve bu şekilde besin zinciri başlamaktadır. Bitkilerin fosil artıkları olan kömür ve petrol, konstantre halde enerji içermektedir. Fosil yakıtlardaki bu latent enerji açığa çıkarıldığı zaman CO<sub>2</sub>'de atmosfere verilmektedir. Milyonlarca yılda oluşan yeraltındaki enerji, endüstri devrimiyle sadece iki yüzyılda tüketilmiştir. Günümüzde ise her yıl atmosfere fazladan 6 milyar ton karbon emisyonu yapılmaktadır.

Kısaca tanımlamak gerekirse, küresel ısınma, küresel sıcaklığın yüzyıl öncesine göre yaklaşık 0.5°C yükseldiğini ifade etmekte ve büyük ölçüde sera etkisiyle açıklanabilmektedir

(SCHNEIDER 1989). Sera etkisi teorisi ise atmosferdeki bazı gazların (karbondioksit, kloroflorokarbonlar, metan ve azot oksitler), artan konstrasyonunu, sorunun nedeni olarak görmektedir.

1896'da İsveç'li kimyager Svante Arrhenius uzun süre merak edilen bir sorunun cevabını buldu. Atmosferin yaklaşık % 99'unu ısı absorpsiyon özelliği olmayan azot ve oksijen gazları oluşturmaktaydı, öyleyse yeryüzünden yansıyan ısı enerjisini tutan neydi, yani sera etkisinin nedeni neydi. Arrhenius az miktardaki bir CO<sub>2</sub> nin bile çok yüksek ısı absorpsiyon özelliği olduğunu farketti. Aynı zamanda sera etkisiyle ısınmayı Avrupa'nın kömür yakıtlarına bağladı. O zamandan beri bu konunun son zamanlara kadar çok az dikkat çekmesinin nedeni atmosferdeki karbondioksit konsantrasyonu artışının tahmin edilememesi ve ısınmanın son 10-20 yıl içinde kendini göstermesidir.

Arrhenius'dan beri atmosferik ölçmeler ve bilgisayar destekli iklim modelleri sera etkisi olgusunun gerçek olduğunu ortaya koymuştur. 1958'den beri Hawai'nin Mauna Loa dağı zirvesinde yapılan atmosferik karbondioksit gözlemleri bu gazın konsantrasyonunun sürekli artmakta olduğunu göstermiştir. Ayrıca kutuplardaki buz nüvelerinden elde edilen veriler atmosferik CO<sub>2</sub>'nin en az bir asırdır yükselmekte olduğunu ortaya koymaktadır (MORAN/MORGAN 1994).

1980'lerin bilim adamları tarafından CFC (Klororo florokarbon gazları)'lerin; metan ve azot oksitlerin de sera gazları olduğu ortaya kondu ve bu gazların ısıyı hapsedtikleri ampirik olarak ispatlandı. Mars ve Venüs gezegenlerinde yapılan gözlemler sonucu, bu gazlarla gezegen yüzey sıcaklığı arasında anlamlı değişim ilişkileri bulundu. Ayrıca iklim tarihi çalışmaları da buzul çağlarının düşük CO<sub>2</sub> konsantrasyonu periyotlarında, sıcak devrelerin ise yüksek CO<sub>2</sub> konsantrasyonu esnasında ortaya çıktığını ifade etmektedir (FLAVIN 1989), fakat aşağıda daha geniş değinileceği gibi CO<sub>2</sub> konsantrasyonu ile yeryüzü sıcaklığı arasında anlamlı bir ilişki bugüne dek bulunamamıştır.

Güneş radyasyonu dünyamızı ısıtan en önemli enerji kaynağıdır. Uydular tarafından bu enerjinin 1365 ve 1372 Wm<sup>-2</sup> olduğu belirlenmiştir (RAMANATHAN 1988). Atmosferin küresel yapısı nedeniyle en üst tabakada bu enerji değeri 342 Wm<sup>-2</sup> olarak gerçekleşmektedir. Yeryüzüne ulaşan güneş radyasyonunun büyük bir kısmı 0.15-3.0 µm arasında dağılım göstermekte en yoğun olarak da 0.5 µm civarında bulunmaktadır. Bu aralıkta yer alan radyasyon kısa dalga boylu radyasyon olarak adlandırılmakta ve spektrumda morötesi, görünür ışık (0.4-0.74 µm) ve yakın kızılötesi bölgelerini kapsamaktadır.

Atmosferin en üst katmanında ölçülen bu 342 Wm<sup>-2</sup>'lik enerjinin yaklaşık 169 Wm<sup>-2</sup>'lik (büyük bölümü spektrumun görülebilir ışık bölgesinde) kısmı yeryüzü tarafından absorbe edilebilmekte bu sayede yeryüzü ısınmaktadır. Güneş insolasyonunun yaklaşık 68W<sup>-2</sup>'lik kısmı ise atmosfer tarafından absorbe edilmekte yani atmosferin ısınmasında direkt rol oynamaktadır. Geriye kalan 105 Wm<sup>-2</sup>'lik enerji ise dış uzaya geri yansıtılmaktadır. Sonuçta güneş radyasyonunun arz atmosfer sistemine bıraktığı net enerji 342-105 = 237 Wm<sup>-2</sup> olarak gerçekleşmektedir.

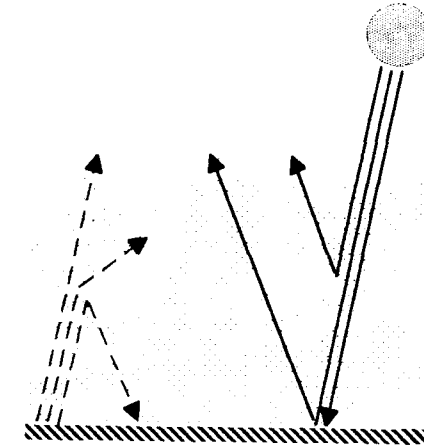
Uzun vadeli enerji kayıp ve kazançlarını göz önüne almazsak arz atmosfer sistemi yaklaşık -18°C'lik ekivalan ortalama etkin radyasyon sıcaklığına sahiptir. Yeryüzeyinin ortalama sıcaklığı 15°C'dir ve atmosfer sıcaklığı ile arz-atmosfer sisteminin ortalama etkin sıcaklığı arasındaki fark (15-(-18) = 33°C) sera etkisiyle açıklanmaktadır.

Sera etkisi yeryüzü tarafından absorbe edilen güneş radyasyonu sonucu ortaya çıkar. Yer yüzeyi güneş radyasyonunu büyük bölümü spektrumun 4.0-60 µm (kızılötesi, uzundalg) dalgaboyu arasında olmak üzere yayar. Atmosfer sıcaklığının genellikle yeryüzünden daha düşük

olduğunu belirtmiştik. Bunun sonucu olarak atmosferik gaz moleküllerinin yaydıkları enerjiden daha fazlasının absorbe etmeleri beklenmektedir (Stefan-Boltzman yasası). Arz atmosfer sistemindeki bu absorpsiyon ve emisyon olaylarının ortaya koyduğu sonuç şudur; yeryüzünden yansıyan kızılötesi ışınların bir kısmı atmosferik gazların kızılötesi ışınları tutması (mevcut denge koşullarında 153 Wm<sup>-2</sup> olarak tahmin edilmektedir) sadece atmosferin ısınmasına yol açmakla kalmamakta aynı zamanda bu ışınları tekrar yeryüzeyine yansıtılmaktadır.

En etkili sera gazları su buharı ve karbondioksittir. Bulut partikülleri (su damlacıkları, aerosoller ve buz kristalleri) ile beraber su buharı ve karbondioksit sera etkisinin % 95'ini oluşturmaktadır. Kalan %5'lik kısım ise ozon, metan, azotoksit ve kloroflorokarbonlar tarafından oluşturulmaktadır. Tablo 2 ve 3 bu gazların endüstri devriminden beri süregelen konsantrasyonlarını göstermektedir. Tablodaki tüm gazlar sera etkisine az çok katkıda bulunmaktadır. En fazla etkide bulunan su buharı esas olarak troposferde bulunmaktadır.

Troposfer ve stratosferde homojen bir dağılım gösteren karbondioksit gazı konsantrasyonu (1700'lü yıllardan beri 73 ppm (milyon hacimde parçacık) artmıştır. Ayrıca projeksiyonlar, eğer önlem alınmazsa CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun endüstri devrimi öncesi değeri olan 280 ppm'i 2100'lü yıllarda ikiye katlayacağını ortaya koymaktadır.



Şekil 1: Sera etkisinin şematik gösterimi (SCHWARZ 1996).

CO<sub>2</sub> toplam 153 Wm<sup>-2</sup> olan sera etkisi enerjisinin 50 Wm<sup>-2</sup>'lik kısmının kaynağıdır (su buharı yaklaşık 100 Wm<sup>-2</sup>). Karbondioksit konsantrasyonunun ikiye katlanması durumunu temel alan iklim projeksiyonları standart bir durum olmuştur. Tablo 1 CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun ikiye katlanması durumunda dört ayrı AGCM (Atmosferik Genel Sirkülasyon Modelleri)'nin simülasyon sonuçlarını göstermektedir.

Tablo 1 de de görüldüğü gibi tüm GCM'ler sıcaklık artışıyla beraber yağışın artacağını da öngörmektedirler fakat yine de yağışın artışının hidrolojik rejimi daha önemlisi havza amenajmanını ne yönde ekileyeceğini tahmin etmek şu an için çok zordur. Örneğin MARGARİTA ve LOYARETE (1996) 1931'den itibaren Arjantin'in kurak, yarıkurak ve yarınemli bölgelerinde yağış artışı olduğunu ifade ederek bu artışın dolaylı olarak çölleşmeye neden olduğunu ortaya koymuşlardır. Gerçekten de yağış artışı nedeniyle kurak, yarıkurak ve yarınemli bölgelerde degrade edici insan etkisinin artması büyük bir sorundur.

**Tablo 1:** Model Tahminleri (MASSMAN 1995).

Model	Tahmin edilen sıcaklık artışı	Tahmin edilen yağış artışı
OSU	2.8 °C	+ 7.8 %
GISS	4.2 °C	+ 11 %
GFDL-1	4.0 °C	+ 8.7 %
GFDL-Q	4.0 °C	+ 8.3 %

Tablo 2 ve 3'de gösterilen su buharı ve CO<sub>2</sub> gazları dışındaki gazların konsantrasyonları ve sera etkisine katkıları küçük gibi görünmesine rağmen bu gazların sera etki potansiyelleri yüksektir. Absorbsiyon güçleri, atmosferik ömürleri, molekül kütlesi gibi özellikleri bakımından farklılık göstermektedirler. SHINE (1990); CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, CFC-11 ve CFC-12'nin sera etkisi potansiyellerinin CO<sub>2</sub>'ye göre sırasıyla 63, 270, 4500 ve 7100 kat fazla olduklarını ifade etmiştir (SCHWARZ 1995).

**Tablo 2:** Önemli sera gazlarının konsantrasyon ve atmosferik ömürleri (SCHWARZ 1995).

Sera Gazı	H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CFC-11	CFC-12	N <sub>2</sub> O	O <sub>3</sub> *
Konsantrasyon	ppmv <sup>1</sup>	ppmv	ppmv	pptv <sup>2</sup>	pptv	Ppbv <sup>3</sup>	ppbv
Endüstri devrimi öncesi (1750-1800)	3000	280	0.8	0	0	285	1-15 <sup>b</sup>
1990	3000	353	1.72	280	484	310	10-100
Atmosferik ömrü	10-15 gün	50-100 y.	10 yıl	65 yıl	130 yıl	150 yıl	NA <sup>c</sup>

<sup>1</sup> Milyon hacimde birim

<sup>2</sup> 12 km yüksekliğe kadar.

<sup>3</sup> Trilyon hacimde birim

<sup>b</sup> Tahmini

<sup>c</sup> Milyar hacimde birim

<sup>c</sup> Stratosferde ozon gazı fotolizle sürekli oluşturulmakta

NA Uygulanamaz

**Tablo 3:** Sera gazlarının yıllık değişim oranları (MORAN/MORGAN 1994)

GAZ	MEVCUT KONS. (ppbv*)	ENDÜSTRİ DEVRİMİ ÖNCESİ (ppbv)	YILLIK ARTIŞ (%)
CO <sub>2</sub>	353 000	280 000	0.5
CH <sub>4</sub>	1 738	90	0.9
N <sub>2</sub> O	310	288	0.8
O <sub>3</sub>	20-40	10	0.5-2.0
CFC	0.28-0.48	0	4.0

\* µg/l

Bu arada ozon ve kloroflorokarbon gazlarının etkileşimine değinmek gerekir. Ozon gazının büyük bir kısmı stratosferde bulunmaktadır (atmosferik ozonun % 90'ı stratosferde oluşmaktadır). Stratosferdeki sıcaklık inversiyonunun nedeni de zaten ozonun güneşten gelen ultraviyole ışınları absorbe etmesidir. CFC'lerin ise stratosferik ozonu yokettiği bilinmektedir. CFC'ler tarafından ozonun yok edilmesi sonuçta yeryüzüne ulaşan güneş radyasyonunun artmasına neden olmaktadır. Öte yandan stratosferik ozonun azalması stratosferin soğumasına neden olacaktır. Ozon ve CFC etkileşiminin stratosfer ve troposferde farklı sonuçlar doğurması beklenmektedir. Troposferde iki gazın mevcudiyeti sera etkisini artırıcı etki yapmaktadır. Stratosferde CFC'lerde infrared ışınları absorbe etmektedirler fakat ozon gazı miktarını azaltmaları stratosferde soğumaya yol açarken alt troposferde ve yeryüzeyinde ısınmaya neden olmaktadır.

Her ne kadar CO<sub>2</sub>'nin ikiye katlanması durumunda küresel sıcaklık değişimi (±5 °C) ve bölgesel hidrolojik değişimler tam olarak ortaya konamamış olsa da küresel ısınmanın hidroloji biliminin gelişimine çok olumlu etkileri olduğu bir gerçektir. Sera etkisine yol açan gazlardan biri olan su buharının teorik ve gözlemsel yaklaşımlarla araştırılması hidrolojik döngünün daha iyi anlaşılmasına yol açmıştır. Ayrıca hidroloji küresel ısınma araştırmalarında öncelikli bilim dalı haline gelmiştir.

Öte yandan küresel bazda iklim değişimi son yıllarda bilim adamlarını çok büyük bir tartışmanın içerisine itmiştir. Olaya neden olabilecek faktörlerin çok sayıda olması ve tek tek kontrol edilememesi sonucu tartışmalar bu noktada yoğunlaşmaktadır. Sera etkisi teorisi bu konuda ortaya atılmış en önemli görüş olmasına ve birçok taraftar bulmasına rağmen karşıt görüşte olan iklim bilimciler de vardır. Bu tartışmalardan ortaya çıkan sonuç şudur; dünyamız ısınmaktadır fakat bu ısınmanın nedeni, ne kadar süreceği ve boyutu tam olarak bilinmemektedir. George C. Marshall Enstitüsü sera etkisi olmasaydı önümüzdeki yüzyılda dünyamızın soğuyacağını iddia etmektedir. Öte yandan Arizona Eyalet Üniversitesinden Bob Balling çölleşmenin iklim kayıtlarında hatalara yol açmış olabileceğini öne sürmektedir (HULME/KELLY 1995). Görüldüğü gibi konuyla ilgili araştırmalar arttıkça yeni görüşler ortaya çıkmaktadır. Olayın, özellikle doğal kaynaklarla olan etkileşimi sonucu, yeryüzündeki yaşam açısından önemli olması nedeniyle, geleceğe dönük tahminler yapılması, orta uzun vadeli planlamalara bir parametre olarak girdi sağlaması açısından üzerinde önemle durulması gereken bir konudur.

Sera gazları atmosferde birikmekte iseler de bunların biyosferde ortaya çıkaracağı sıcaklık farkını belirlemek o kadar kolay değildir. Bazı veriler 1880'den beri sıcaklığın 0.5 °C arttığını ifade etmektedirler (JONES 1986), fakat bunun tam olarak hesaplanması çok zordur (ABELSON 1990).

Sera etkisi artık tüm bilimadamlarınca kabul edilen bir gerçektir. Metan, kloroflorokarbonlar, azot oksitler ve karbondioksit gazları sera etkisi yaratmaktadır, üstelik bu gazların emisyon miktarları gün geçtikçe artmaktadır. Ayrıca fosil yakıtların yakılması da tek sebep değildir. Karbondioksit emisyonunun beşte biri ormanların kesilmesi ve yakılması sonucu ortaya çıkmaktadır.

Sıcaklık değişimi üzerinde bilim adamlarının uzlaşmaya varamamalarının nedeni olaya neden olabilecek başlıca faktörlerin elimine edilmelerindeki güçlülüdür. Bu faktörler arasında güney radyasyonunun değişimi, volkanik patlamalar ve okyanus akımlarındaki değişimler sayılabilir (LAARMAN/SEDJO 1992).

Konunun biraz daha derinine inecek olursak, az önce ifade ettiğimiz sera etkisini, küresel sıcaklık artışının temel nedeni olarak gören görüşlerin aslında o kadar da güçlü kanıtlara dayanmadığı ortaya çıkmaktadır.

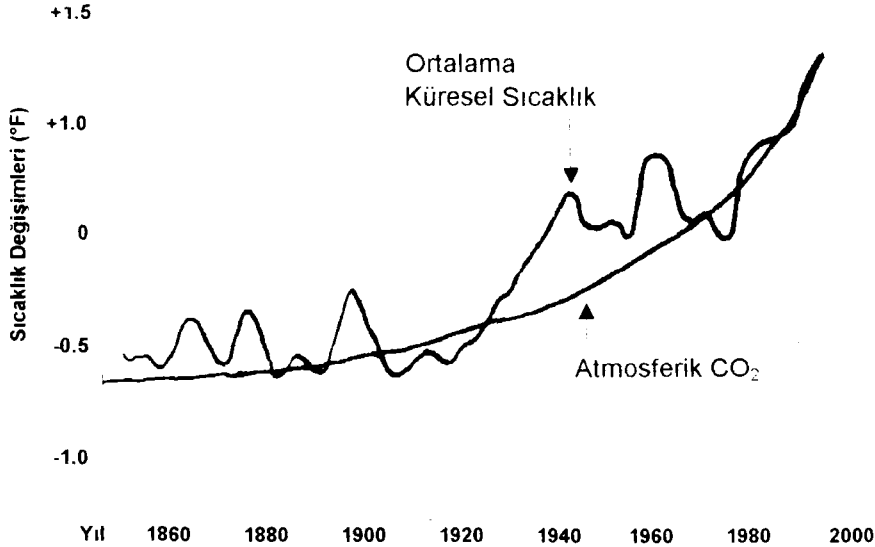
1850'li yıllardan beri tutulan sıcaklık kayıtlarına göre yeryüzü 0.5-1.0 °C arasında ısınmıştır. Bu ısınma 1990 en sıcak yıl olmak üzere son on yıl içinde en bariz şekilde ortaya çıkmıştır (1985-1995 yılları arası).

Küresel ısınmayı büyük ölçüde sera etkisine bağlayan sera etkisi cephesine karşılık karşı görüşte olan diğer bir grup bilim adamı ortaya önemli sorular koymaktalar. Bu sorulardan bazıları şunlardır;

- Sıcaklık kayıtlarının elde edildiği istasyonların temsil kabiliyetleri yeterli midir ve şehirlerin yayılması istasyonları içine alarak kayıtları etkilemiş olabilir mi?
- Endüstrileşme hızı bu tarihten sonra artmış olmasına rağmen neden 1940-1975 yılları arasında ısınma olmamıştır ve ısınmanın yaklaşık olarak yarısı bu tarihten önce gerçekleşmiştir. Diğer bir deyimle atmosferdeki CO<sub>2</sub> konsantrasyonu artan ivmeli bir trend izlemesine rağmen sıcaklık değişimi neden benzer bir trend izlememektedir (Şekil 2).

İstasyon yerlerinin uygun ve şehirleşmenin kayıtlara etkisinin önemsenmeyecek düzeyde olduğu konusunda bir görüş birliği vardır. İkinci sorunun cevabını vermek için ise daha uzun süreli sıcaklık kayıtlarına ve eğer endüstri devrimi olmasaydı yani sera gazlarının konsantrasyonunda bir artış olmasaydı sıcaklık değişimi nasıl olurdu sorusunun cevabını bulmak gerekir. Bunun için ise çok uzun süreli kayıtlara ihtiyaç vardır. Tarihsel gözlemler belli bir dereceye kadar yardımcı olsalar da kesin veriler ortaya konamamaktadır, bunun nedeni ise gözlemlerin fiktif olabilmesi ve bölgesel iklim değişimlerinin elimine edilememesidir. Örneğin 11 000 yıl önce "Great Conveyor" akıntısının geçici olarak durması sonucu 800 yıllık soğuk bir dönem ortaya çıkmıştır. Kuzey Avrupa bu dönemde 12 °F kadar soğumuştur.

Kutuplarda yapılan oksijen izotopu analizleri tarihsel iklim verilerini ortaya koymalarına rağmen, çeşitli bölgelerde yapılan analizlerin çelişmesi yine metodun ve verilerin güvenilirliğinin sorgulanmasına neden olmuştur.



Şekil 2: Ortalama küresel sıcaklıkla karbondioksit konsantrasyonu arasındaki ilişki (BROECKER 1994).

Temeli buz çekirdeklerinde ağır oksijen izotoplarının (18 nötronlu), hafif oksijen izotoplarına oranının (16 izotoplu) hava sıcaklığını yansıtmaması olan bu yöntemle her yıla ait buz katmanlarında oksijen izotopu sayımı yapılmaktadır. Grönland'da yapılan bu tür bir analiz çalışması, sıcaklık değişiminde 80 ve 180 yıllık olmak üzere iki döngü ortaya koymuştur. Bazı bilim adamları seksen yıllık döngünün kırk yıllık soğuma döneminin 1935-1975 arasına rastlamış olabileceğini öne sürmektedirler. Bu da o dönemdeki sıcaklığın sabit kalışını açıklıyor. Fakat yukarıda da belirttiğimiz gibi değişik bölgelerde yapılan analizlerin anlamlı düzeyde korelasyon ilişkisi göstermemesi ve izotop oranının mevsim ve nem durumu gibi diğer bazı faktörlere de bağlı olması kesin yargılara varılmasını önlemektedir.

Kullanılan yöntemlerden kesin sonuçlar alınamaması başka bazı yaklaşımları gerektirmektedir. Yapılabilecek bir başka şey de ısınmaya yol açabilecek faktörleri incelemektir.

Küresel bazda sıcaklık değişimine yol açabilecek üç faktör mevcuttur: Güneş radyasyonunda değişme olasılığı, büyük volkanizma faaliyetleri sonucu stratosfere güney ışınlarını önleyebilecek miktarda katı madde transferi olasılığı ve atmosfer okyanus sisteminde ortaya çıkabilecek değişimlerdir.

Bu faktörleri teker teker ele alacak olursak:

Güneş lekeleriyle küçük buz çağı arasında ilişki kurulamaması güneşteki enerji değişimlerinin yeryüzü sıcaklığını pek fazla etkilemediği sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Volkanik patlamalara gelince, yine küçük buz çağının 500 yıllık, bir volkanizma faaliyeti sonucu ortaya çıkmış olabileceği fikri gerçeklikten uzaktır, çünkü yine buz tanelerinin analizinde, volkanizma sonucu ortaya çıkan sülfürik asit konsantrasyonuyla sıcaklık arasında kesin bir ilişki bulunamamıştır.

Üçüncü faktör olan okyanus ve rüzgar hareketleri ile ilgili yorum yapmak ve sonuç çıkarmak oldukça güçtür çünkü bu hareketlerle ilgili yeterli kayıt mevcut değildir. Eğer yeryüzü sıcaklığını etkileyen ana neden bu ise başta sorduğumuz sera gazlarının konsantrasyon artışı olmasaydı yeryüzü sıcaklığında nasıl bir değişim olacaktı sorusunun yanıtını vermek oldukça zordur.

### 3. İKLİM DEĞİŞİMİNİN OLASI ETKİLERİ

#### 3.1 İklim – Orman Etkileşimi

İklim ormanları etkileyebildiği gibi ormanlar da iklimi etkilemektedirler. Tablo 4'de görüleceği gibi ormansızlaşma, sera etkisi gazlarının oluşumu için birçok nedenden biridir. Ayrıca, ekonomik yönden geri kalmış ve gelişmekte olan ülkelerin hemen hepsinde orman kesme ve yakma, karbon emisyonları için esas kaynağı oluşturmaktadır (Tablo 5) Yüzmilyonlarca evde odun yakıtı kullanıldığını da hesaba katmak gerekir. Fakat enerji üretimi için devasa miktarda fosil yakıt kullanan endüstriyel ülkeler sera gazlarının artmasında esas sorumludurlar.

Tablo 4: İklim değişiminde etkili olan sera gazlarının kaynakları (FLAVIN 1989).

GAZ	KAYNAK	ETKİ
Karbon dioksit	Fosil yakıtlar	44
	Ormansızlaşma	13
Kloroflorokarbonlar	Köpük, aerosoller	25
	Soğutucular, çözücüler	
Metan	Bataklıklar, fosil yakıtlar	12
	Hayvan atıkları, pirinç	
Azot oksitler	Fosil yakıtlar, gübreler,	6
	Ormansızlaşma	

Ormanların, yok edilmesi sonucunda atmosfere karbon verilmekte, oluşturulması sonucunda ise geri alınmaktadır. Fotosentezle bitki gelişim işlemi suyla karbondioksiti birleştirmekte, oksijen ve bitkisel karbon üretmektedir. Böylece ormanların büyümesi atmosferdeki karbonu almakta ve biyomas içerisinde tutmaktadır (DETWILER/HALL 1988). Bu ilişki ormanları küresel ısınmaya karşı bir araç olarak kullanma amaçlı çalışmaları ortaya çıkarmakta ve ağaçlandırma ile ilgili yeni tartışmalar yaratmaktadır. Bununla ilgili olarak yılda yaklaşık 3 milyar tonluk fazla karbonu her yıl atmosfere çıkarabilecek ağaçlandırma miktarını hesaplamaya yönelik tahminler yapılmaktadır (SEDJO 1989). Bilimadamları yaklaşık 465 milyon hektarlık hızlı büyüyen orman veya mevcut küresel orman ağaçlandırmalarının 5 katı bir miktarın ancak yeterli olabileceğini ifade etmektedirler. O zaman bile bu küresel ağaçlandırmalar, enerji üretimi ve yakılmasında radikal düzenlemeler gibi temel önlemlerin alınmasını sadece erteleyebilir, çünkü ormanlar yalnızca jeotermiyon döneminde karbon absorbe etmekte ve yayılmaları diğer arazi kullanım şekilleriyle çelişmektedir.

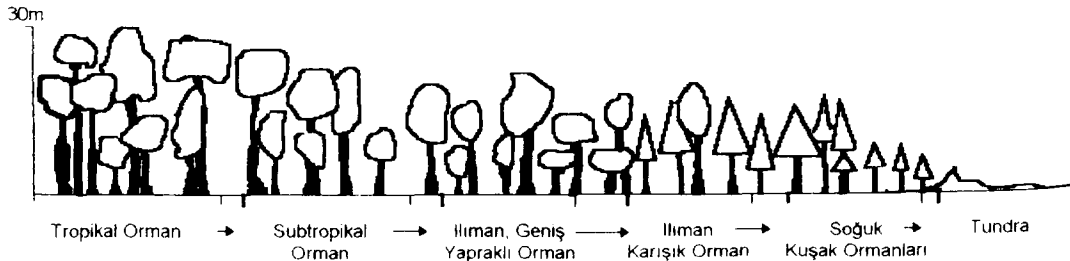
Düşündürücü diğer bir olgu da gelecekteki bulut örtüsünün durumudur, çünkü küresel ısınma okyanuslardaki buharlaşmayı artıracaktır. Yükseklerdeki Sırrus bulutları sera etkisini artırmakta, buna karşın okyanus üzerindeki Strato Kümüls bulutları güneş radyasyonunu yansıtıcı dolayısıyla serinletici etki yapmaktadır. Kükürdioksit emisyonundaki artış da ayrı bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu emisyon yalnızca asit yağışına neden olmakla kalmamakta aynı zamanda bazı bulut modifikasyonları ortaya çıkararak muhtemelen atmosferde soğutucu etki yapmaktadır. Sonuç olarak çoğu mevcut iklim modeli için karbon kaynakları ve karbonun okyanus ve orman etkileri ile ilgili bilgiler yetersiz kalmaktadır.

**Tablo 5:** Karbon emisyonuna neden olan ormansızlaşmanın bazı gelişmekte olan ülkelerdeki durumu (1980'ler) (FLAVIN 1989)

ÜLKE	Ormansızlaşma*	Fosil Yakıtlar**	TOPLAM
(emisyon miktarları, milyon ton)			
Brezilya	336	53	389
Endonezya	192	28	220
Kolombiya	123	14	137
Tayland	95	16	111
Fildişi Sahili	101	1	102
Laos	85	<1	85
Nijerya	60	9	69
Filipinler	57	10	67
Malezya	50	11	61
Myanmar	51	2	53
Diğerleri (64 ülke)	514	181	690

\* 1980 için tahmin edilen ormansızlaşma emisyon miktarı.

\*\* 1987 için tahmin edilen fosil yakıt emisyon miktarı.

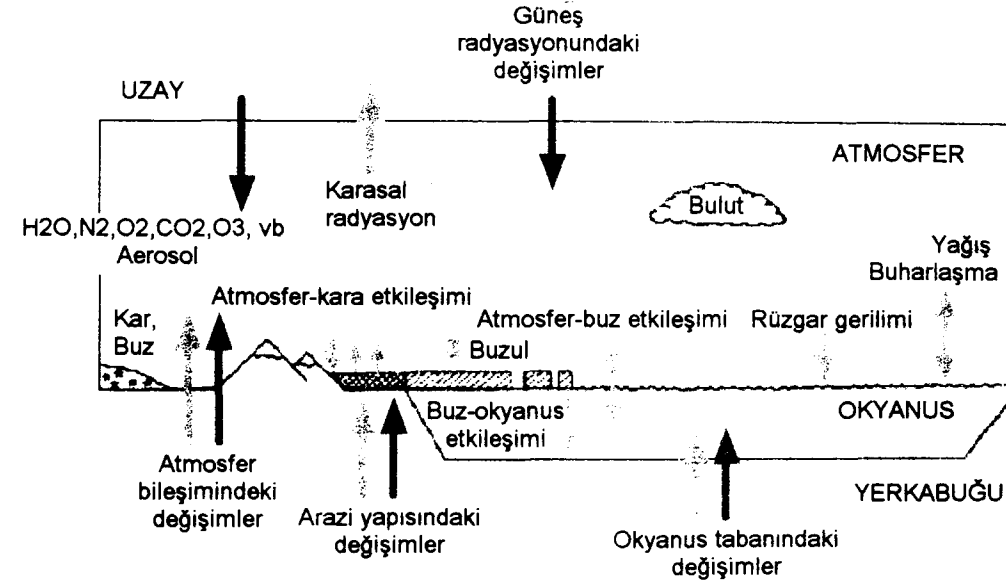


**Şekil 3:** Küresel orman kuşaklarında bazı kaymaların olması bekleniyor.

#### 4. HAVZA BAZINDA KÜRESEL ISINMA PROJEKSİYONLARI

Şekil 4, küresel hidrolojik döngü içerisinde çeşitli su kaynak ve hareketlerinin yanısıra ikili etkileşim sistemlerini de göstermektedir. Potansiyel iklim değişimi modellemesinin en büyük zorluklarından biri okyanus atmosfer sisteminin ısı ve atmosferik nem döngüsündeki büyük etkisidir.

Küresel ısınma nedeniyle hidrolojik döngüde ortaya çıkabilecek modifikasyonlar atmosfer, okyanuslar, buzullar, yeryüzü ve biyosfer arasındaki ikili etkileşimlere dayanmaktadır. İklim sisteminin ikili etkileşim araştırmaları küresel ısınma ve hidrolojik etkinin küresel boyutunu oluşturmaktadır.



**Şekil 4:** Küresel hidrolojik döngünün tek boyutlu gösterimi (SCHWARZ 1996).

Yeryüzü, kendi dönme eksenini yörünge eksenine göre eğik bir geoid gezegen olarak tanımlanmaktadır. Bu eğiklik, küresellik ve güneş etrafındaki yörünge yapısı ekvator dan kutuplara doğru ısı transferini sağlayan mevsimsel ve enlemsel bir güneşlenmeye yol açar. Dünyanın dönmesi ve kara-su alanlarının dağılımı geniş ölçekli okyanussal ve atmosferik sirkülasyon yapısını belirler. Atmosferik ısı dengesi ve nem sirkülasyonunu kontrol eden bu faktörler karasal ve okyanussal ısı kapasitesinin neden olduğu kıtasal ölçekte konvektif atmosferik nemin toplanması ve dağılımını kontrol eder. Örneğin Hint okyanusundaki musonlar gibi.

Bölgesel bazda hidrolojik rejimler ise örneğin bir nehir havzasında atmosferik sirkülasyon geniş ölçekli iklimatik yapısı, enlem, bölgesel fizyolojik özellikler, jeoloji, vejetasyon ve arazi kullanımına bağlıdır.

Atmosferin fiziksel ve kimyasal özelliklerindeki değişim gelecekteki havza amenajmanı açısından birçok belirsizlik ortaya çıkmaktadır. Kesin olan sera gazlarının atmosferdeki konsantrasyonlarının yükselmekte olduğu, ama bu durumun önemli ekosistem fonksiyonları

üzerindeki etkisi (örneğin havza hidrolojisinin biyolojik düzenlenmesi) tam olarak bilinmemektedir.

İklim değişiminin hidrolojik etkileri şunlar olabilir; Evapotranspirasyonun ısınma ve vejetasyon örtüsünün tip ve miktarı ile orantılı olarak artması, yağış miktarı ve tipinde değişim (örneğin kar yerine yağmur), atmosferdeki yükselen CO<sub>2</sub> seviyesine tepki olarak vejetasyonun su kullanım verimliliğindeki değişim, değişen hidrolojik rejim ve vejetatif örtü sebebiyle toprak özelliklerinin değişimi. Öte yandan gelecekteki iklim değişiminin zamanı ve boyutu ise belirsizdir denilebilir.

Bu belirsizliklere rağmen iklim değişiminin potansiyel etkilerinin, havzalar üzerinde ortaya çıkaracağı önemli, olası değişimler üzerinde projeksiyonlar yapmanın yararlı olacağı görülmektedir, çünkü uzun vadeli arazi planlamada gözönünde bulundurulması gereken önemli bir konudur.

Çözünürlüğü düşük genel sirkülasyon modelleri kullanılarak CO<sub>2</sub> seviyesinin iki kat artması durumunda, ağaç türlerinin dağılımında potansiyel değişimlerin olacağını birçok çalışma ortaya koymuştur. Genel sirkülasyon modellerinin piksel boyutu çok geniş alanları kapladığı için bölgesel olarak, mevcut ve gelecekteki iklimi tam olarak yansıtamamakta fakat artan CO<sub>2</sub> nin geniş ölçekli etkisini ortaya koyabilmektedir. Örneğin WILSON ve MITCHELL (1987)'e göre A.B.D. nin Kuzey Pasifik bölgesi için bugüne kadar tahmin edilen en yüksek sıcaklık değişimi +5 °C dir. DALE ve FRANKLIN (1989), NEILSON (1989) ve FRANKLIN (1991), vejetasyon modelleme ve kayma oranları analizleri ışığında bu boyuttaki bir ısınma sonucu sıcaklık etkisi altındaki bazı oluşumların yaklaşık 1000 metre yukarı kayacağını öne sürmektedir (tür habitat sınırları ve kar hidrolojisi bölgeleri gibi). Tabii düşey yönde hareketin yatay yönde kuzeye doğru binlerce kilometrelik bir kaymaya eşdeğer olduğu gözönünde bulundurulmalıdır (Şekil 3) (SWANSON 1995).

Havzalar üzerinde iklim değişikliğinin etkisi özellikle havza hidrolojisi, vejetasyon, habitat dağılımları ve arazi kullanımı ile ilgili konularda çok çeşitlidir.

Havza hidrolojisinin iklim değişikliğiyle direkt ve indirekt olarak etkileneceği söylenebilir. İndirekt olarak vejetasyonun hidrolojik olarak etkili olduğu yapı ve kompozisyondaki değişimden söz edilmektedir.

İklim değişiminin hidrolojiye direkt etkisi ise örneğin kar örtüsü sınırlarının değişimi ile ortaya çıkmaktadır. İklim ısınması bu sınırların yükselmesine, suyun kar olarak havza içerisinde depolanma miktarı ve zamanının değişimi yanında pik ve düşük akımların zamanlarının değişmesine yol açabilecektir. Kuşkusuz bu etkileşimler havzanın topografik yapısı ile ilişkilidir. Bazı havzalarda; örneğin geçici kar birikim zonlarının alanları azalacağından, yağışın zamanlamasında ve miktarında bir değişim olmayacağı farzedilirse, pik akımların azalacağı öne sürülebilir.

Isınmanın kar hidrolojisine etkisini ortaya koymak için Oregon Cascade bölgesindeki 68 km<sup>2</sup> lik Lookout ve 83 km<sup>2</sup> lik French Pete dere havzalarını karşılaştırmak gerekirse (iki havzada alan ve rölyef bakımından benzer ama yükseklik açısından farklı);

Mevcut iklim koşullarında Lookout dere havzasının % 77 si geçici kar zonundadır, yaklaşık French Pete havzasının iki katı bir orana sahiptir (Tablo 6).

**Tablo 6:** Mevcut ve zon sınırlarında 1.000 metrelik bir kayma durumunda çeşitli hidrolojik zonların havza alanına oranları (SWANSON 1995).

Hidrolojik zon	Lookout Havzası		French Pete Havzası	
	Mevcut	+1000 m	Mevcut	+1000 m
Mevsimsel kar örtüsü	% 23	% 0	% 65	% 0
Geçici kar örtüsü	% 77	% 6	% 35	% 33
Yağmur örtüsü	% 0	% 94	% 0	% 67

Lookout deresinin 10 yıllık dönüş süresi tahmin akımı 1.5 m<sup>3</sup>/sn, French Pete deresinin ise 0.5 m<sup>3</sup>/sn dir.

5 °C lik bir ısınmanın hidrolojik zonlarda 1000 m.lik bir artış meydana getireceği varsayımından yola çıkarak, French Pete havzasının yine 1/3 lük kısmının geçici kar zonunda bulunacağı ama bu 1/3 lük kısmın daha çok havzanın en üst kısmını kapsayacağı söylenebilir. Lookout havzası ise neredeyse tamamen yağmur şeklinde yağış alacaktır. Böyle bir durumda, yeni iklimik koşullarda, mevsimsel kar örtüsü bulunmayacaktır.

Sadece hidrolojik zonlardaki kayma düşüncesiyle tahmin edilen değişimler ışığında her iki havzada da (French Pete'de daha fazla olmak üzere) düşük yaz akımlarının daha da azalacağı ayrıca Lookout havzasında pik akımların azalacağı yönünde bir projeksiyon yapılabilir. Akımdaki bu türlü değişimler akarsu biyolojisi ve ekosistemini etkileyebilecektir (SWANSON 1995).

Jeomorfolojik değişimler de su hareketinin tipi, miktarı ve akış yolundan, topoğrafyaya ilişkili olarak etkilenecektir.

İklimdeki ısınmanın diğer bir etkisi artan evapotranspirasyonla ortaya çıkacak hidrolojik değişimlerdir. FRANKLIN (1991), Washington'daki Batı Olimpik yarımadası ve Oregon'daki Batı Cascade dağlarındaki meteorolojik gözlem istasyonu bölgelerinde, sıcaklıktaki 5 °C lik bir yükselmenin potansiyel evapotranspirasyonda % 64'lük bir yükselme ortaya çıkaracağını tahmin etmektedir. Gerçek evapotranspirasyon topraktaki mevcut nem ve toprak oranına bağlıdır ki bu da bölgenin su dengesince belirlenir. Çok geniş toprak yüzeyine sahip Douglas Gökürü ve Batı Melezi ormanlarında, ısınmayla beraber çok hızlı bir toprak kuruması ve taban suyu seviyesi düşüşü tahmin edilmektedir, bu da bitki ölümlerine ve yaprak alanında azalmaya neden olabilecektir.

İklim değişiminin biyom (büyük yaşam birlikleri) sınırlarında, yukarıda da bahsettiğimiz etkileri (kayma ve tür adaptasyon sorunları) kuşkusuz havza amenajmanını da etkileyecektir. NEILSON (1992) ana biyomların (orman, mera, çöl) A.B.D.'de mevsim zamanlamaları ve sıcaklık, yağış ve akış rejimlerinin bitkilerin yaşam döngüsü ve fizyolojik ihtiyaçları ile ilişkili olarak sınırlamalarını araştırmıştır. Yaptıkları basit kurallara dayalı biyom dağılımı simülasyonlarına göre, AGCM analizleri sonuçlarının ortaya koyduğu boyutta bir iklim ısınması olduğu takdirde bitki türleri tahmin edildiği biçimde yeni nem ve sıcaklık koşullarına tepki gösterecekler ve tür dağılımlarında büyük değişiklikler beklenebilecektir.

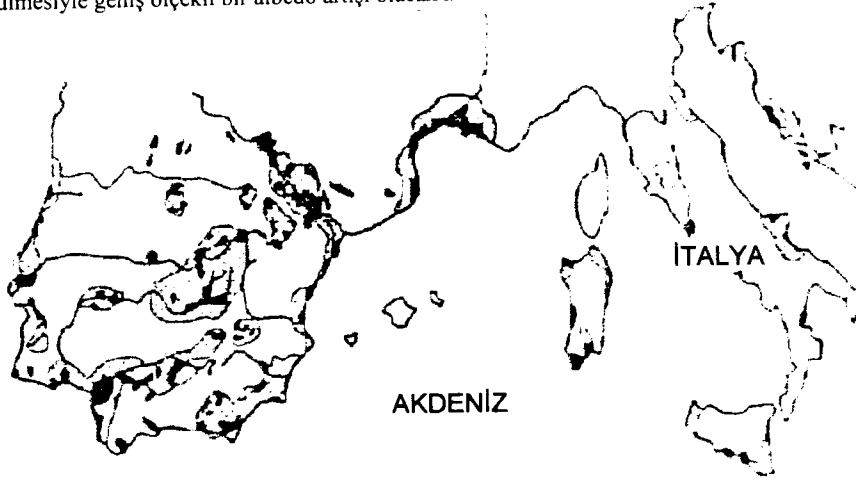
Biyom sınır bölgelerinin yatay ve düşey yöndeki hareketleri, birçok fiziksel ve biyolojik etkiler sonucu çok karmaşık bir hal alacaktır. Örneğin dağ yamaçları gibi ekolojik eğimlerin çok dik olduğu yerlerde iklim değişimi tür habitat sınırlarında sadece çok küçük yatay kaymalarla

sınırlı kalacaktır. Bitki habitatlarında ekstrem yatay kaymalar en çok ekolojik eğimlerin dik olmadığı daha çok düz alanlarda olacaktır.

Basit bir fenomen gibi görünmesine rağmen eğer hesaplanan boyutta bir iklim değişimi olursa HOLLAND (1991)'e göre bunun arazi ve havza amenajmanında önemli etkileri ortaya çıkacaktır. Özellikle vejetasyon tipi değişimi sonucu ekosistem karakteristikleri tamamen değişebilir, bu da havza amenajman yaklaşımlarının tamamen değişmesine yol açabilir. Tabii ki bu durum ekstrem olarak vejetasyonun çekilme ve istila bölgelerinde ortaya çıkacaktır.

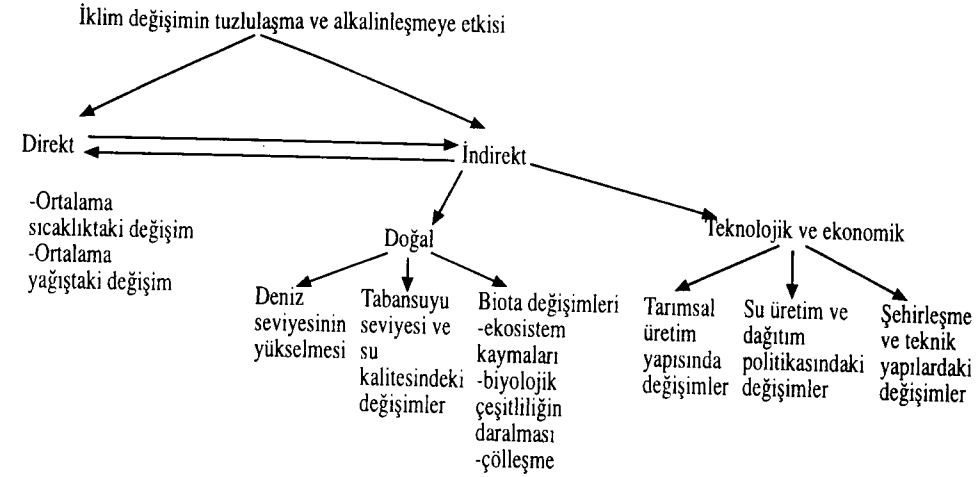
Olaya biyolojik çeşitliliğin korunması açısından bakacak olursak; biyom kaymasının üst kısmında türler için bir habitat genişlemesi söz konusu iken, alt kısımda türler için bir habitat degradasyonu söz konusudur. Şunu unutmamak gerekir ki bir türün habitat sınırının genişlemesi başka bir tür için daralma ifade etmektedir.

İklim ısınması sonucu biyom ilerleme ve gerileme zonlarında entansif amenajman uygulanması, tür dağılımı ve yerleşmesini kolaylaştırabilir. Ayrıca bu tür bir amenajman yangın, habitat, su kalite ve miktarı açısından vejetasyonun uygun dağılımını sağlamalıdır. Bu açıdan arazi kullanımının iklim değişimiyle karşılıklı etkileşimi büyük önem taşımaktadır. Bu konuda ilk akla gelen sorular: Vejetasyon tiplerinin değişiminde arazi kullanımı ne şekilde hızlandırıcı veya yavaşlatıcı rol oynayabilir. Arazi kullanımı iklim değişiminden ne şekilde etkilenecek ve havza amenajmanı uygulamalarını etkileyecektir. Yaşlı ve bakir ormanların entansif plantasyonlara dönüştürülmesiyle geniş ölçekli bir albedo artışı olacak mıdır?



Şekil 5: Avrupa'da potansiyel tuzluluk problemi olan alanlar (SZABOLCS 1996)

Direkt etkisi beklenen faktörler ortalama sıcaklık ve ortalama yağıştaki beklenen değişimlerdir. Bu iklimik özelliklerin toprak oluşumuna etkileri tartışılmaz ama tuzlulaşma ve alkalileşme üzerindeki etkileri spekülasyona açıktır.



Şekil 6: İklim değişiminin toprak tuzlulaşması ve alkalileşmesi üzerine etkileri (SZABOLCS 1996).

SZABOLCS (1996) sıcaklık artışının evapotranspirasyonda meydana getireceği artışın doğrusal olmayacağını parabolik bir artış beklendiğini ifade etmektedir. Şekil 5'de Güney Avrupa'da mevcut ve iklim değişimi sonucu ortaya çıkabilecek potansiyel tuzluluk problemi olabilecek alanlar gösterilmiştir.

İndirekt etkiler Şekil 6'da da görüleceği üzere doğal etkenler ve teknolojik, ekonomik etkenler olmak üzere iki ana başlık altında değerlendirilebilir.

Deniz seviyesinin yükselmesi doğal etkenlerden biridir ve bu yükselme sonucu kıyılarda tuzlu taban suyu seviyesinin yükselmesi ve üst toprak tabakalarında toplanması sonucu tuzlulaşma olayı ortaya çıkabilir ve bu sayede iklim değişimi sonucu topraklarda tuz dengesi ve dağılımı etkilenmiş olur.

İklim değişiminin tuzlulaşmayı ve alkalileşmeyi etkileyebilecek teknik ve ekonomik sonuçları yiyecek üretimini etkileyecek faktörler olarak karşımıza çıkmaktadır. İklim değişimiyle su üretimi ve dağılımı da önemli bir hal alacaktır. Örneğin yağmur suyunun toplanması ve rezervuarlarının boyutlandırılmasında. Ayrıca yeni iklimik koşullarda sulama şebekelerinin de yeniden düzenlenmesi ve genişletilmesi gerekebilir.

Sulama sonucu tuzlulaşma iki şekilde ortaya çıkabilir:

1. Sulama suyunun tuz içermesi durumunda toprak tabakalarında tuz birikmesi.
2. Yükselen tabansuyunun tuz içermesi nedeniyle toprak tabakalarında tuz birikmesi.

Bu nedenle sulama, üzerinde önemle durulması gereken bir işlem olarak karşımıza çıkmaktadır.

Sulama ve yerel iklim değişimi, insan etkisi, tarımsal faaliyetler gibi birçok nedenden dolayı ortaya çıkan tuzlulaşma ve alkalileşme ülkemiz açısından da çok önemli bir tehlikedir.



çünkü tuzdan arındırma tuzlaşmadan korunmaya göre ekonomik yönden çok daha büyük bir sorundur bu yüzden yersel ve zamansal açıdan iyi düzenlenmiş bir gözlem ağına ihtiyaç vardır.

## 5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Gelecekteki havza amenajmanı uygulamalarını ortaya koymak için yapılması gerekenler şunlardır;

1. Arazi kullanımı, doğa tahribatı, iklim değişimi ve atmosferin kimyasal yapısı sonucu biyolojik ve fiziksel sistemlerdeki değişimleri saptayabilecek değerlendirme yöntemlerinin geliştirilmesi gereklidir. Uygun zamansal ve yersel çözünürlükte model ve ilgili arazi gözlemleri tür dağılımı, su ve besin döngüsü gibi yapılardaki değişimleri saptamak için ve GCM'lerin alt birim analizlerinin ilişkilendirilmesi amacıyla yapılmalıdır. Arazi çalışmaları ve modellemeler ile bitki türlerinin hareketleri izlenmeli ve yine alternatif arazi kullanım uygulamalarının önümüzdeki yüzyılda doğuracağı sonuçlar ortaya konmalıdır. Ayrıca arazi kullanımı ile ilgili sosyal ve ekonomik beklentiler ve iklim değişimi sonucu ortaya çıkabilecek sorunlar dikkate alınmalıdır.

2. Amenajman uygulama ve politikalarını belirleyici bir zemin oluşturmak açısından ekosistem değişimini izlemek ve modellemek amacıyla yerel ve bölgesel veri tabanlarına ihtiyaç vardır (SWANSON 1995).

Çok karmaşık, tahmini güç ve zincirleme sonuçları olabilecek küresel ısınma fenomenini açıklamaya ve bu açıklamalar doğrultusunda soruna çözüm bulmaya yönelik çalışmalar birçok ülkede sürdürülmektedir.

Bilinen bir gerçek vardır ki sera gazlarının çok az bir miktarı bile büyük bir ısı enerjisini tutabilmektedir. Dolayısıyla iklim değişiminde sera gazlarının etkisinin varlığı inkar edilemez.

Bu sorun tüm dünya ülkelerinin sorunudur ve bu nedenle çözüm aşamasında da ortak hareket etmek gerekmektedir. Bu amaçla endüstrileşmiş ülkelerin CO<sub>2</sub> emisyonlarını azaltma konusunda anlaştıkları, 150 dünya devletinin iklim değişikliği konusundaki anlaşmayı imzaladıkları 1992 Rio Dünya Zirvesinde önemli ilk adımlar atılmıştır. Bu anlaşmayla gelişmiş ülkelerin CO<sub>2</sub> emisyonlarını azaltmaları ve gelişmekte olan ülkelere finansal ve teknik destek vermeleri istenmiştir. Küresel ısınmanın yanısıra biyolojik çeşitliliği koruma çalışmalarını desteklemek amacıyla Küresel Çevre Destekleme Fonu (GEF: Global Environment Facility) kurulmuş bulunmaktadır (ASHRY 1995).

Sorunun çözümü aşamasında öne sürülen tekliflerin başında ormansızlaşmayı durdurmak ve yeni plantasyonlar oluşturmak gelmektedir.

Tüm bu sorunların kökeninde ise hep aynı neden yatmaktadır. Kontrolsüz nüfus artışı. Yılda 1.8'lik bir artış hızı bulunan 5.5 milyarlık küresel nüfus, eğer önlem alınmazsa 2030 yılında ikiye katlanacak ve bu durumda, hızla 20 milyara doğru fırlayacaktır. Nüfustaki her birey artışı daha fazla fosil yakıt, daha fazla ormansızlaşma ve dolayısıyla daha fazla sera gazı emisyonu anlamına gelmektedir. Kanada'da kişi başına atmosfere verilen karbondioksit miktarı 20 tondur (BROECKER 1995). Geri kalmış ülkelerde daha az olan bu miktar endüstrileşmeyle beraber artacaktır.

Görünen o ki dünyamıza zarar verecek kritik sınıra doğru hızla yaklaşmaktayız.

## KAYNAKLAR

- ASHRY, M. 1995: *Global Warming. Our Planet Magazine. Vol. 7, No:1.*
- BAKER, C.B., EISCHEID, J.K., THOMAS, R.K. ve HENRY F.D. 1996: *The Quality Control of Long Term Climatological Data Using Objective Data Analysis.*
- BROECKER, WALLACE, S. 1994: *Global Warming on Trial. Environment Magazine 94/95; 203-208.*
- DREGNE, H.E., XIONG, Z. and XIONG, S. 1996: *Soil Salinity in China. Desertification Control Bulletin, No: 28, 1996.*
- FAVIS-MORTLOCK, D.T., QUINTON, J.N. and DICKINSON, W.T. 1996: *The GCTE Validation of Soil Erosion Models for Global Change Studies. Journal of Soil and Water Conservation, Sept. - Oct. 1996.*
- FLANAGAN, et al., 1995: *Wepp User Summary.*
- FOSBERG, J.G. and HOFF, H. 1996: *Desertification-How Does BAHC Research Address the Issue? Bahc News. No: 5.*
- GONZALES, M. 1996: *Climate Fluctuations as a Source of Desertification in a Semi Arid Region of Argentina. Desertification Control Bulletin, No: 28.*
- HULME, M. ve KELLY, M. 1994: *Desertification and Climate Change. Environment 94/95; 209-221.*
- JOYCE, L. 1995: *Productivity of America's Forests and Climate Change. USDA Forest Service General Technical Report RM-271.*
- JOYCE, L. 1995: *Forest Sector Impacts From Changes in Forest Productivity under Climate Change. Journal of Biogeography (1995) 22, 703-713.*
- JUSTUS, J.R. ve MORRISSEY, W.A. 1996: *Global Climate Change. Congressional Research Service Issue Brief.*
- LAARMAN, J.G. ve SEDJO, R.A. 1992: *Global Forests. Pp. 273-279.*
- LOAICIGA, H.A., VALDES, J.B., VOGEL, R., GARVEY, J. ve SCHWARZ, H. 1996: *Global Warming and The Hydrologic Cycle. Journal of Hydrology, Vol. 174-NOS. 1-2-1.*
- LUBETKIN, W. 1996: *U.S. Information Service. Environmental Update. No: 4.*
- LINNES, J. 1993: *New Perspectives in Forestry: A Basis for a Future Forest Management Policy in Great Britain? Forestry Vol: 66, No: 4.*
- MARGARITA, M. ve LOYARTE, G. 1996: *Climatic Fluctuations as a Source of Desetrification in a Semi-arid Region of Argentina. Desertification Control Bulletin, No: 28, 1996.*
- MORAN, J.M. ve MORGAN, M.D. 1994: *Meteorology, The Athmosphere and The Science of Weather.*
- PARKER, S.P. 1988: *Meteorology Source Book.*
- PARKER, L., BLODGETT, 1994: *Climate Change: Three Policy Perspectives. Congressional Research Service Report For Congress.*

- POESEN, J.W., BOARDMAN, J., WILCOX, B. ve VALENTIN, C. 1996: *Soil Erosion Monitoring and Experimentation for Global Change Studies. Journal of Soil and Water Conservation*, Vol. 51, No: 5.
- SEFE, F., RINGROSE, S. ve MATHESON, W. 1996: *Desertification in North-Central Botswana: Causes, Processes, and Impacts. Journal of Soil and Water Conservation*. May-June 1996.
- SPAETH, H.J. 1996: *Land Degradation in West Niger. Desertification Control Bulletin*, No: 28.
- SODEN, B.J. ve FU, R. *In Press: A Satellite Analysis of Deep Convection, Upper Tropospheric Humidity and The Greenhouse Effect. Journal of Climate*.
- SZABOLCS, I. 1996: *The Potential Impact Of Global Climate Change On Soil Salinization and its Effect on Food Production, Biodiversity and Irrigation Practices. Desertification Control Bulletin*, No: 28.
- SWANSON, F.J., NEILSON, R.P. ve GRANT, G.E. 1995: *Some Emerging Issues in Watershed Management: Landscape Patterns, Species Conservation, and Climate Change*.
- UNEP. 1991: *Status of Desertification and Implementation of The United Nations Plan of Action to Combat Desertification. Report Of The Executive Director*.
- WILLIAMS, J., NEARING, M., NICKS, A., SKIDMORE, E., VALENTIN, C., KING, K. ve SAVABI, R. 1996: *Using Soil Erosion Models For Global Change Studies. Journal of Soil and Water Conservation*, Vol. 51, No: 5.