

Küresel İklim Değişikliği ve Etkileri

Prof. Dr. Mikdat KADIOĞLU

İTÜ Meteoroloji Mühendisliği Bölümü

Maslak, İstanbul

Tel: 0212 285 31 33

kadioglu@itu.edu.tr

Özet

Günümüzde tüm Dünya’da şehirleşme hareketleri, kırsal kesimden olan göçler ile birlikte hızlanmakta, nüfus yoğunluğunun aşırı bir şekilde artması ve değişen yaşam standartları sonucu da daha çok sanayi üretimine ihtiyaç duyulmaktadır. Bunların sonucunda da artan şehirleşme, özellikle sanayi ve yerleşim bölgelerinden çıkan sera gazları ile çevre ve atmosferin büyük miktarda kirlenmekte ve küresel ölçekte havanın ısınma eğilimi de giderek artmaktadır. Böylece, canlı küreden (biyosferden) yukarı atmosfere (stratosfere) kadar olan kısım başta olmak üzere, günümüzde dünya atmosferinin kirlenmesi giderek artmaktadır. Bütün bunlar, doğayı tahrip ederek kentlerin iklimini değiştirmek ile birlikte su, kara ve havadaki yaşamı tümüyle tehdit eden çevre problemlerini de beraberinde getirmektedir.

Böylece son yıllarda sadece tropiklerde fırtınaların sayısı ve şiddetinde artış yok; Türkiye gibi tropiklerin dışındaki ülkelerde de şiddetlenen gök gürültülü sağanak yağışlardan dolayı, şehirlerdeki ani sellerin sayısı ve şiddetinde de artışlar var. Artık deprem, sel vb. tehlikeler, hızla artan çarpık yerleşim bölgelerinde daha fazla afete dönüşebiliyor.

Bu nedenle, İklim ve İklim Sistemi, Tarihsel İklim Değişimleri, Sera Gazları, Atmosferin Sera Etkisi, Günümüzde İklimde Gözlenen Değişimler, Tahmin ve Beklentiler gibi konular ele alınacaktır. Böylece iklimin temel kavramları tanıtılmış olacak, mevcut tehlikenin nedenleri ile birlikte şu anki ve gelecekteki boyutları hakkında bir bakış açısı kazandırılacaktır.

Anahtar sözcükler: Hava, İklim, İklim Değişimi, Türkiye, İklim Değişiminin Etkileri.

Climate Change From today to year 2100

Prof. Dr. Mikdat Kadioğlu

Istanbul Technical University

Department of Meteorological Engineering

Summary

Rising global temperatures will bring changes in weather patterns, rising sea levels and increased frequency and intensity of extreme weather events. Climate change impacts will range from affecting agriculture- further endangering food security-, sea-level rise and the accelerated erosion of coastal zones, increasing intensity of natural disasters, species extinction and the spread of vector-borne diseases. Climate change is therefore the greatest environmental challenge facing the world today. The effects will be felt here in the Turkey and internationally there may be severe problems for people in regions that are particularly vulnerable to change.

The recent Fourth Assessment Report (AR4) of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) leaves us in no doubt that human activity is the primary driver of the observed changes in climate. The main human influence on global climate is emissions of the key greenhouse gases. The concentrations of these gases in the atmosphere have now reached levels unprecedented for tens of thousands of years.

For Turkey, climate change means hotter, drier summers (more droughts, heat waves, wild fires, etc.), milder and drier winters, higher sea levels and an increased flood risk to coastal areas. Across the globe, there will be more intense heat waves, droughts and more flooding. There may be severe problems for regions where people are particularly vulnerable to changes in the weather. Food shortages and the spread of disease are commonly predicted. The social, environmental and economic costs of climate change could be huge.

There are also enormous opportunities if we are willing to take action. Government, business and individuals all have a part to play, and all of us can benefit from rising to the challenge of climate change. This paper briefly explains what climate change means for the world and Turkey and what we should do about it.

Key Words: Climate, Climatic Change, Turkey, Impacts of Climate Change.

1. Giriş

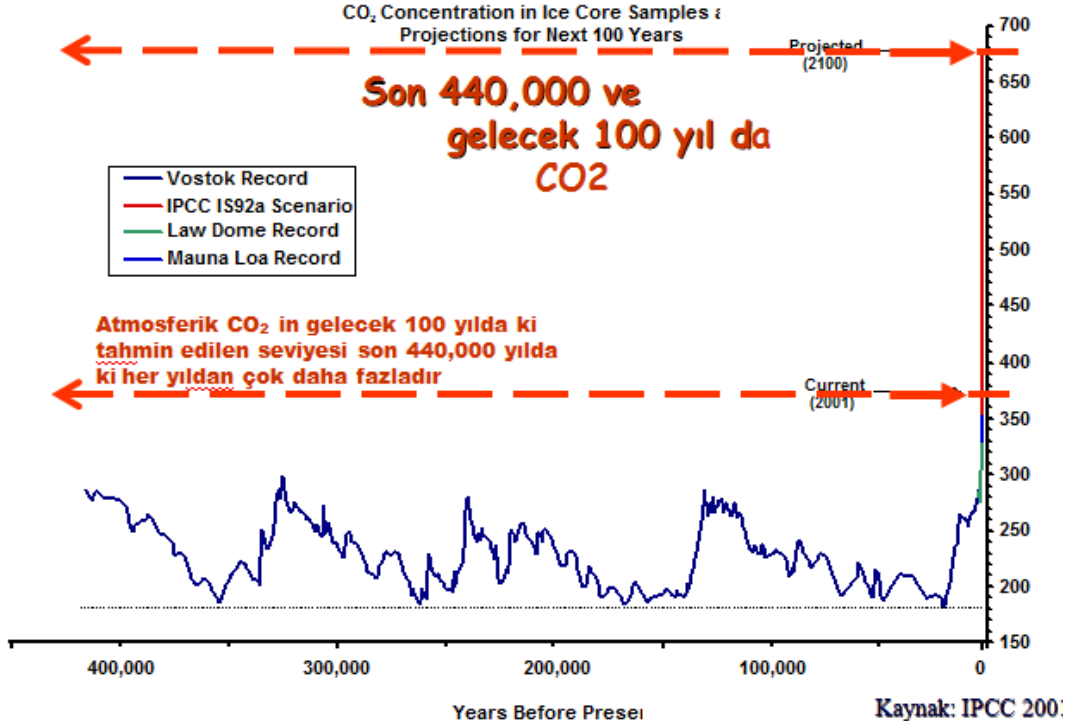
İnsanlığın son yüz yıl içinde karada ve suda yaptığı ve hala yapmakta olduğu tahribatın bir sonucu olarak toprak ve su ile birlikte havanın da bileşimi önemli ölçüde bozuldu. Artık hızla artan sanayi ve yerleşim bölgelerinden çıkan sera gazları ile çevre ve atmosferin büyük miktarda kirlenmekte ve küresel ölçekte havanın ısınma eğilimi de giderek artmaktadır. Sonuç olarak, artık insan iklimi, iklim de insanı büyük ölçüde etkiliyor. Bunun neticesinde 3. bin yılda insanlık küresel iklim değişimi problemiyle karşı karşıyadır.

Dünyanın iklim sistemi, atmosfer ve okyanusların doğal güçleri ile rüzgâr, yağmur ve sıcaklık dağılımını kontrol eder. Bu dinamik sistem, bir buzul çağından diğerine doğru sürekli değişmektedir. Geçen 3 milyon yıl içinde, iklimdeki doğal değişimleri ve ekolojik sistemlerin kendilerini bu değişimlere nasıl ayak uydurduğunu, jeolojik bulgulardan kabaca görmek mümkündür. Buzul çağlarda bitki örtüsü güneye, iki buzul çağı arasında da kuzeye doğru gelişmiştir. İnsan ve hayvanların sayısında da bu bitki örtüsündeki değişim sürekli olarak yansımıştır.

Buna rağmen, 1980’li yıllardan önce iklim değişimi konusunun önemi, kamuoyunda az iken akademik camiada büyüktü. En büyük problem “Buzul çağına ne yol açtı?” sorusuna yanıt vermektir. Aslında 19. ve 20. yüzyılların başlarındaki bir düşünceye göre iklim değişimleri geçmişe ait bir olaydı ve sadece çok uzun jeolojik zamanlarda meydana geldiğine inanılıyordu. Sonuçta, bilim insanları özellikle geçen 10 veya 20 yılda, iklimin tüm zamanlar boyunca değişerek bugünkü haline geldiği fikrinde birleşti. Ancak, son zamanlarda hükümetler de, dünya iklimi üzerindeki olası değişikliklerle ilgilenir hale geldi.

Yaklaşık olarak son 150 yıldır gittikçe artan ve aşırı miktarda tüketilen petrol, kömür ve doğal gaz gibi fosil yakıtları ve arazi örtüsündeki değişimler nedeniyle, büyük miktarda zararlı gaz ve parçacıklar atmosfere salınmaktadır (Şekil 1). Bunların sonu olarak, atmosferdeki CO₂ ozon

(O₃)'ü seyrelten kloroflorokarbon (CFC) gazları ve karbondioksit (CO₂), metan (CH₄) ile diazot monoksit (N₂O) gibi sera gazlarının miktarlarında önemli artışlar olmuştur. Bu artışlardan dolayı atmosferde kuvvetlenen sera işlemi de beraberinde günümüzdeki küresel iklim değişimi ve küresel ısınma problemini ortaya çıkartmıştır.



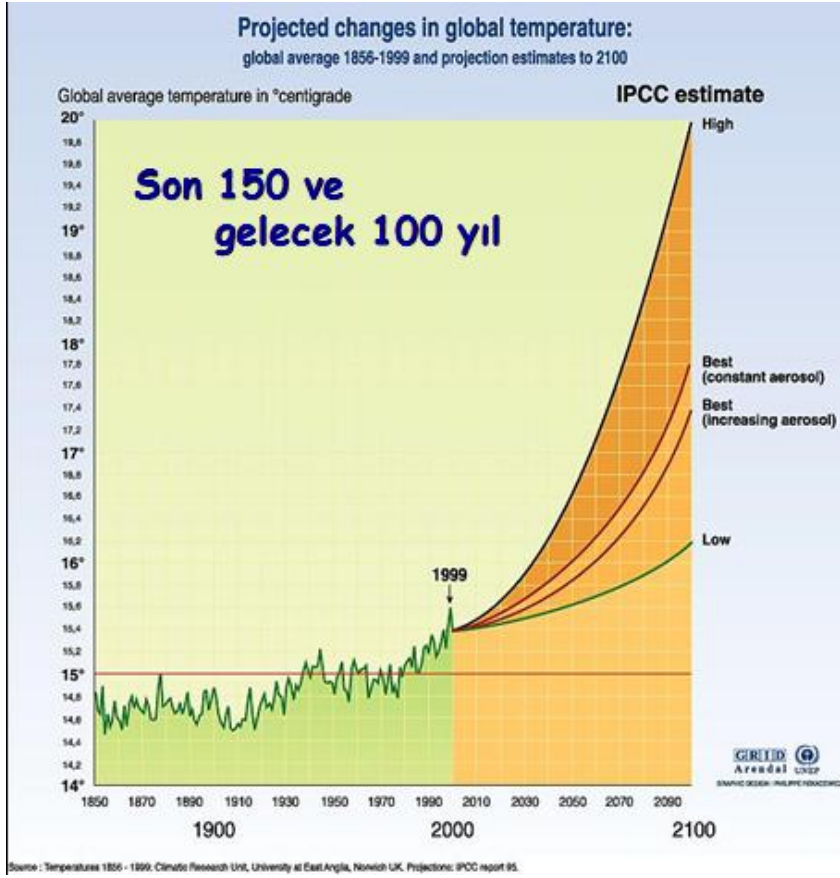
Şekil 1. IPCC'ye göre günümüzden 440,000 öncesi gözlenen ve 100 yıl sonrası ulaşılması beklenen atmosferik karbondioksit seviyesinin karşılaştırılması (IPCC, 2001).

Böylece, yeryüzünde 19. yüzyılın ortalarından günümüze kadar olan süre içinde küresel ortalama hava sıcaklığı 0,3 – 0,6°C artmıştır. 1860 yılından 1996 yılına kadar kaydedilen en sıcak dört yıl ise 1990 yılından sonra olup, en sıcaktan itibaren sırasıyla 1995, 1990, 1991 ve 1994 yıllarıdır. Böylece 1990'lı yıllar en sıcak 10 yıldır ve 1998 de 1961–90 ortalamasından 0,57°C daha sıcak olmuştur. Araştırmalara göre, gelecek 40 yıl içindeki her 10 yılda 0,1°C'den daha fazla miktarda küresel ısınmanın kuvvetlenerek devam edeceği tahmin edilmektedir (Şekil 2).

Diğer bir deyişle, sanayi devrimi dünyanın ortalama hava sıcaklığı 15°C idi. Yani yaşama uygun hava sıcaklığını atmosferin sera etkisine borçluyuz. Atmosferin sera etkisi olmasaydı dünyada ortalama hava sıcaklığı -18°C olacaktı. Yani, atmosferin sera etkisi hava sıcaklığını 33°C arttırmıştır. Sanayi devriminden sonra atmosfere salınan sera gazları nedeniyle de dünyanın ortalama hava sıcaklığı 15,6°C ye yükselmiştir.

Yani Dünyada bugün ortalama 15°C hava sıcaklığına göre bildiğimiz bir şekilde yaşam artık değişmek zorundadır. Şimdi temel problemimiz, insan etkinlikleri nedeniyle atmosferin güneş enerjisini yutması ve yayınlanması şeklinin değiştirmiş olmasıdır. Bunun potansiyel tehlikeleri sadece havayı ısıtarak bizi terletmesi vb. problemler değildir. Örneğin; yükselen deniz su seviyesi azalan toprak neminin çok daha sosyo-ekonomik etkileri olabilecektir. Aslında insanlar hızlı bir iklim değişimine kendini uydurabilir ve ondan korunabilir, fakat bitkiler ve

hayvanlar bu değişimlere ayak uyduramadığı için insanların besin zincirini de oluşturan tüm ekolojik sistem tehlikededir.



Şekil 2. IPCC'ye göre değişik senaryolar sonucu 2100 yılında olması beklenen sıcaklık artımları (IPCC, 1995).

Özetle, fosil yakıtları ve tarımsal atıkların yakılmasıyla beraber büyük miktarda aerosollar ve parçacıklar atmosfere salınıyor. Tarımsal faaliyetler için açılan alanlar, orman alanlarının yok edilmesi, ormansızlaşma ve çölleşmeyle beraber gelen problemler, uçakların neden olduğu kimyasallar ve diğer etkenler ile iklimleri değiştiriyoruz. Kuzeyin zengin ülkeleri yüksek endüstriyel karbon üretimleri ile Güneyin fakir ülkeleri ise daha çok kötü arazi kullanımı ile bu probleme katkıda bulunuyor.

Sonuç olarak, yer örtüsünü değiştirerek ve çok büyük miktarlarda fosil yakıtını yakarak iklimi hızla değiştiriyoruz. Diazot monoksitler, karbondioksit, metan ve halokarbonlar, kloro flor karbonlar belli başlı sera gazlarıdır. Bunlarda en büyük miktarı da karbondioksit oluşturmaktadır. Karbondioksitin kaynağı petrol, kömür ve doğalgaz gibi fosil yakıtlarıdır. Metan ise, pirinç ekimi vb. gibi bazı tarımsal faktörler, hidroelektrik barajlar, bataklıklar ve çöplüklerden gelir. Bunlar da sürekli olarak şekilde atmosferin sera etkisini kuvvetlendiriyor ve dünyayı ısıdırıyor.

Bu nedenle, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nde "iklim değişimi" sadece atmosferin kimyasal bileşenini değiştiren (doğal değil, sadece) insani nedenlerden dolayı iklimde görülen değişimlere atıfta bulunur. "Küresel ısınma" atmosferde artan sera

gazlarının potansiyel etkilerinden sadece birini ifade eden bir terimdir. Diğer bir deyişle, şu anki küresel ısınma da yapay iklim değişiminin en belirgin semptomlarından biri “ısınmadır”.

Yaklaşık olarak son 150 yıldır gittikçe artan ve aşırı miktarda tüketilen petrol, kömür ve doğal gaz gibi fosil yakıtları ve arazi örtüsündeki değişimler nedeniyle, büyük miktarda zararlı gaz ve parçacıklar atmosfere salınmaktadır. Bunların sonu olarak, atmosferdeki CO₂ ozon (O₃)ü seyrelten kloroflorokarbon (CFC) gazları ve karbondioksit (CO₂), metan (CH₄) ile diazot monoksit (N₂O) gibi sera gazlarının miktarlarında önemli artışlar olmuştur. Bu artışlardan dolayı atmosferde kuvvetlenen sera işlemi de beraberinde günümüzdeki küresel iklim değişimi ve küresel ısınma problemini ortaya çıkartmıştır.

Diğer bir deyişle günümüzde tüm Dünya’da şehirleşme hareketleri, kırsal kesimden olan göçler ile birlikte hızlanmakta, nüfus yoğunluğunun aşırı bir şekilde artması ve değişen yaşam standartları sonucu da daha çok sanayi üretimine ihtiyaç duyulmaktadır. Bunların sonucunda da artan şehirleşme, özellikle sanayi ve yerleşim bölgelerinden çıkan sera gazları ile çevre ve atmosferin büyük miktarda kirlenmekte ve küresel ölçekte havanın ısınma eğilimi de giderek artmaktadır. Böylece, canlı küreden (biyosferden) yukarı atmosfere (stratosfere) kadar olan kısım başta olmak üzere, günümüzde dünya atmosferinin kirlenmesi giderek artmaktadır. Bütün bunlar, doğayı tahrip ederek kentlerin iklimini değiştirmek ile birlikte su, kara ve havadaki yaşamı tümüyle tehdit eden çevre problemlerini de beraberinde getirmektedir (Kadioğlu, 2001).

2. Küresel iklim değişiminin işaretleri

Halk arasında, iklim değişikliklerinin daha belirginleşmesi ile mevsimlerin sürelerinde bir değişiklik olup olmadığı ve hatta “mevsimler kaydı mı?” gibi sorular daha çok gündeme gelmektedir. Diğer bir deyişle, meteorolojinin çok farklı konuları olan iklim ve hava şartları ülkemizde birbirine çok karıştırılmaktadır.

Hava şartları ile iklim arasındaki farkı kısaca şöyle ifade edebiliriz: Hava şartları, belirli bir zaman ve kısa bir dönemde gözlenen hava olaylarıdır; fakat iklim, hava şartlarının uzun bir dönem boyunca ki ortalamaları veya eğilimleridir. Uzun yıllar boyunca bir yerin iklimini belirleyen bu hava durumları içinde birçok aşırı sıcaklıklar, soğuk hava dalgaları, kuraklıklar, seller ve fırtınalar da vardır.

Son yıllarda küresel iklim değişiminden dolayı hava ve iklim parametrelerinde gözlenen değişimler şunlardır:

- Buharlaşma ve yağmur miktarı artıyor;
- Yağmurun büyük kısmı sağanak şeklinde oluyor;
- Tundralar eriyor;
- Mercanlar beyazlıyor;
- Buzullar geriliyor;
- Denizlerdeki buzullar küçülüyor;
- Deniz su seviyesi yükseliyor;
- Orman yangınları artıyor;
- Fırtına & sel hasarları artıyor.

Ayrıca hava şartlarının günlük hayatta kullandığımız astronomik mevsimlere uyması beklenmektedir. Hâlbuki günlük hayatta kullandığımız astronomik mevsimler belirlenirken ne hava şartları ne de iklim özellikleri göz önüne alınmıştır. Bu nedenle de, örneğin, resmen yaz

mevsiminin (21 Haziran'da) başlamasından günler sonra havaların hala yeterince ısınmadığı sık sık gözlenebilmektedir. Genellikle bu gibi durumlarda kamuoyunda mevsimlerin değil de "Bu yaz 13 gün gecikti" şeklinde hava şartlarının "yanlışı" veya "mevsimlerin kaydığı" üzerinde durulmakta ya da iklimin değiştiği şeklinde spekülasyonlar yapılmaktadır. Hâlbuki hava şartları astronomik mevsimlere uymak zorunda değildir, çünkü bu havanın doğasına aykırıdır (hava, "hava" bir şeydir!).

Özetle söylemek gerekirse;

- Hava ve iklim şartları aynı şeyler değildir.
- Hava şartları mevsimlere uymak zorunda değildir.
- Meteoroloji de rekor kırar.
- "Normal hava" diye bir şey yoktur.

Bununla birlikte günümüzde değişen mevsimlerin bazı işaretleri şunlardır:

- Şimdi ABD'ye ilkbahar üç hafta daha erken geliyor.
- İngiltere'de 20 kuş türü, daha önceki yıllara göre yuvalarını dokuz gün önce yapmaya başladı.
- İngiltere'nin güneyinde Marsham ailesi 1736'dan beri ilkbaharın işaretlerini kayıt etmektedir. Bu kayıtlara göre meşe ağacının yaprak açmasında en erken davrandığı yıllar 1990'larda oldu.
- Sıcakların artması ile ağaçlar ve sincap vb küçük hayvanlar Kanada'da kuzeye doğru göç ediyor.
- İngiltere'de geçen 30 yılın her 10 yılında sonbaharın 2 gün geciktiği görülmüştür. İlkbaharın ilerlemesi ise her on yılda 6 gün olmuştur.

Genel ve bilimsel olarak küresel iklim değişimine işaret olarak şunları kabul ederiz:

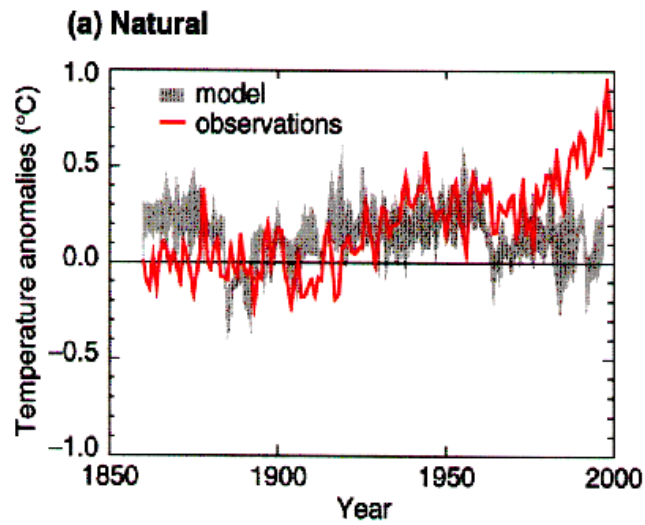
- Buzulların eriyerek, kutuplara doğru çekilmesi ile birlikte yüksek dağların tepelerindeki buzulların ve kar örtüsünün azalması.
- Deniz su seviyelerinin yükselmesi.
- Sıcak havayı ve suyu seven tropikal bitki ve balıkların kutuplara doğru yayılması. Artan iklim göçmenleri ve mülteci problemleri.
- Havadaki kirleticilere karşı hassas olan narin kuş türlerinin azalması.
- Ağaçlardaki yaş halkalarının daha hızlı bir büyüme göstermesi.
- Son 1400 yılın dünyanın en sıcak yılları olarak kabul edilen 1990'lı yılların ardı sıra gelmesi.

Kamuoyunda küresel iklim değişimi daha çok ısınma ile bilinmekte ve küresel ısınma şeklinde adlandırılmaktadır. Çünkü aşağıda sıralandığı bir şekilde son 1400 yılı en sıcak yazları ile dünyanın ortalama hava sıcaklığı son yıllarda yükseliyor:

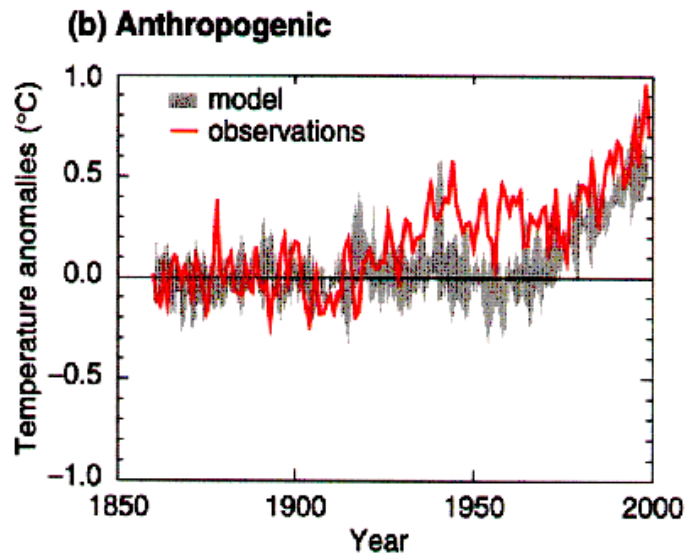
- Son 140 yılda (aletsel kayıtlara göre) artış $0,7\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ oldu;
- 1860 yılından beri görülen en sıcak 20 yılın 19'u 1980'den sonra gerçekleşti. 1860 yılından beri görülen en sıcak 20 yılın 11'i ise 1990'dan sonra gerçekleşti;
- 1998 yılı aletsel kayıtlara göre en sıcak yıl ve ağaç halkası, buz örneklerine göre son 1,000 yılın en sıcak yılı; 2002 ise ikinci en sıcak yıldır;
- Son 50 yıl, buzul kayıtlarına göre son 6,000 yılda gözlenen en sıcak yarım yüzyıldır;
- Okyanus sıcaklık kayıtlarına göre 1950'li yılların ortalarından 1990'ların ortalarına kadar önemli bir ısınma yaşandı.

21. Yüzyıldaki ısınma gerçek mi veya bu ısınmayı sadece doğal nedenler açıklayabilir mi? gibi soruların yanıtı IPCC tarafından net bir şekilde verilmiş ve literatürde büyük kabul görmüştür. IPCC'nin bu konudaki grafiksel açıklaması için Şekil 3a, b ve c'ye bakınız. Bu grafiklerde gözlemler (şu anda dünya üzerinde gözlediğimiz ısınma) kırmızı çizgiler ile bu değişimleri açıklamak için yapılan modelleri ise siyah çizgiler temsil etmektedir.

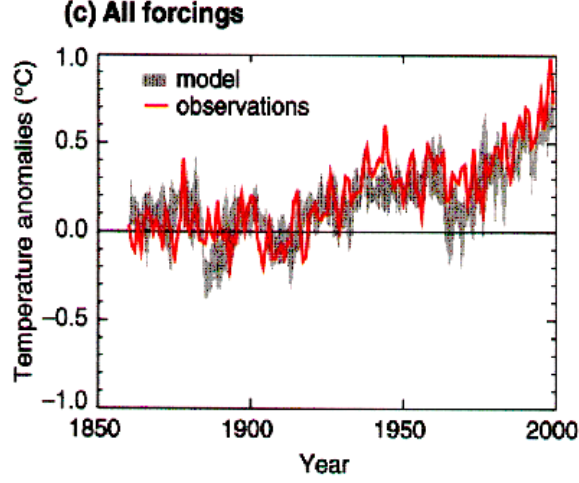
Eğer şuan ki ısınma sadece doğal (natural) nedenlerden olsaydı, yani dünyanın eksenini, güneş patlamaları gibi şeyler den kaynaklansaydı durum Şekil 3a'daki gibi olacaktı. Ama burada gözlenen ve aradaki fark da bir fark vardır; işte o fark insan etkisidir (anthropogenic). Benzer şekilde, sadece insana bakarak, yani doğal nedenleri ihmal ederek şuan ki ısınmayı tam olarak açıklayamayız. Ama tüm etkenleri dikkate aldığımız (all forcing), yani doğal nedenler (Şekil 3a) ile insani nedenleri eklediğimiz (Şekil 3b) zaman şu andaki ısınmayı (Şekil 3c'den görüldüğü gibi) tam olarak açıklayabiliyoruz.



Şekil 3a: Tüm nedenlerden dolayı gözlenen (kırmızı) ve doğal nedenlerin sebep olduğu ısınmaların (siyah) yıllık değişimi (IPCC, 2001).



Şekil 3b. Tüm nedenlerden dolayı gözlenen (kırmızı) ve sadece insan etkinliklerinin sebep olduğu ısınmaların (siyah) yıllık değişimi (IPCC, 2001).



Şekil 3c. Tüm nedenlerden dolayı gözlenen (kırmızı) ile doğal ve insan etkinliklerinin birlikte sebep olduğu ısınmaların (siyah) yıllık değişimi (IPCC, 2001).

3. Küresel İklim Değişiminin Etkileri

İnsanları korkutan şey iklim değişimi teorisi değildir. Bu teori küresel iklim değişiminin pozitif ve negatif etkileri olacaktır. Pozitif etkiler arasında kuzey enlemlerde tahıl veriminin artması gibi şeyler fakat insanlar doğal olarak olası negatif etki potansiyeli korkutmaktadır. Bizleri korkutan şey iklim değişimi teorisinin kendisi değildir. Bu teori ve gözlemler, küresel iklim değişiminin pozitif ve negatif etkileri olacağı belirtmektedir. Pozitif etkiler arasında kuzey enlemlerde tahıl veriminin artması gibi şeyler sayılabilir. Fakat insanları, doğal olarak orta ve güney enlemlerin sıcak iklimlerde yaşanan ve yaşanabilecek olası negatif etkiler korkutmaktadır.

Özetle, IPCC (Hükümetlerarası İklim Değişimi Paneli) tarafından 2030 yılı için yapılan senaryolara göre artacak olan olası iklimsel tehlikeler (uç meteorolojik olaylar) şunlardır:

- Sıcak hava dalgaları,
- Orman yangınları,
- Tarımsal haşereler,
- Kuraklık,
- Şiddetli yağışlar (ani sel ve şehir sellerinde artış),
- Tropikal fırtınaların, yani tayfunlar sayısı ve şiddeti,
- Tarım, agro-kültür, hayvancılık, tatlı su depolamasının üzerindeki etkiler,
- Sıtma ve malarya gibi hastalıkları taşıyan böceklerin normalde buldukları bölgeden çıkarak yayılması.

Böylece su, kara ve havadaki yaşamı tümüyle tehdit eden çevre problemlerinde büyük artışlar olabilecek ve tarım ile beraber ekonomimiz, insan sağlığı ve yaban hayatı da kötü bir şekilde etkilenebilecektir (Şekil 4).

Atmosferik sera etkisi kuvvetlendikçe kutuplar ve çevresi, tropikal bölgeden daha fazla ısınacağı düşünülmektedir. Türkiye'nin de yer aldığı orta enlemlerdeki alçak basınç merkezleri, atmosferik cepheler, jet akımları ve benzerinin "yakıtını", gücünü kutuplar ile ekvator arasındaki sıcaklık farkından kaynaklanmaktadır. Kutuplar ile ekvator arasındaki sıcaklık farkının azalması jet akımlarını ve dolayısı ile daha az ve zayıf (orta enlem)

fırtınasına neden olacaktır. Ayrıca yapılan bazı çalışmalar fırtınaları takip ettiği yolların da Türkiye'den yukarı çok daha kuzey enlemlerine çekileceğini göstermektedir.

Her ne kadar alçak basınç merkezlerinin ve atmosferik cephelerin neden olduğu fırtına vb olaylarda azalmalar olacaksa da, küresel ısınma nedeniyle havada miktarı artan su buharı nedeniyle alçak basınç ve cephelere bağlı olmayan, daha çok ilkbahar ve yaz aylarında görülen kısa süreli, sağanak yağışların artacağı beklenmektedir. Bu tür düzensiz, ani ve şiddetli yağışlar seller, heyelan ve erozyonu artırması beklenmektedir. Ayrıca, Avrupa'nın kuzeyin de olduğu gibi Türkiye'nin de kuzeyinde daha fazla sele maruz kalması beklenirken güney kısımlarında daha fazla kuraklık beklenmektedir.

Böylece, Küresel İklim Modellerinin tahminleri, zaten fakir olan güney ülkelerinde, sel, kuraklık ve fırtınaların sayısı ve şiddet bakımından da artacağını göstermektedir. Diğer bir deyişle, son yıllarda giderek artan şiddette ve sıklıkta, sel, kuraklık ve fırtınalar gibi meteorolojik afetlerin küresel iklim değişimi ile birlikte daha da artması beklenmektedir.

Son yıllarda sadece tropiklerde fırtınaların sayısı ve şiddetinde artış yok; Türkiye gibi tropiklerin dışındaki ülkelerde de şiddetlenen gök gürültülü sağanak yağışlardan dolayı, şehirlerdeki ani sellerin sayısı ve şiddetinde de artış var. Artık deprem, sel vb. tehlikeler, hızla artan çarpık yerleşim bölgelerinde daha fazla afete dönüşebiliyor. Artık deprem, sel vb. tehlikeler, hızla artan çarpık yerleşim bölgelerinde, küresel iklim değişimi gibi bilimsel uyarıları ve modern afet yönetimini ciddiye almayan ülkelerde daha fazla afete dönüşebiliyor. Sonuç olarak günümüzde bilimsel anlamda hiçbir şüphe yok; artık insan iklimi değiştiriyor, hem de çok hızlı bir şekilde değiştiriyor; dünyada jeolojik evrelerde hiç gözlenmemiş kadar hızla değiştiriyor. Bu yüksek ısınma yüzünden de yeryüzünde Katrina gibi şiddetli tropikal fırtınalar, kuraklık ve ani seller şeklinde alarm zilleri çalıyor...

Bu nedenle, gelişmiş ülkeler gelecek 30, 50 ve 100 yıl hatta daha uzun sürelerde iklim değişiminin nasıl olacağını, bundan kendilerinin ve dolayısıyla dünyanın nasıl etkileneceğini bilmek amacıyla araştırmalar yapmaktadır. Bu araştırmaların sonuçlarına göre, ülkeler stratejilerini belirlemektedir. Bu nedenle, iklim değişiklikleri tahminlerine göre, bizim de ülkemizde su kaynaklarımızın, tarımının ve ormanlarımızın, genel olarak ekosistemin olası etkilenme derecelerini araştırmak, tespit etmek, çözüm önerileri ortaya koymak ve karar vericilere bu bilgi desteğini sağlamamız gerekir.

IPCC Küresel İklim Modelleri ile yaptığı projeksiyonlara göre 2030 yılında Türkiye'nin de büyük bir kısmı oldukça kuru ve sıcak bir iklimin etkisine girebilecektir. Türkiye'de sıcaklıklar kışın 2 °C, yazın ise 2 ila 3 °C artabilir. Yağışlar kışın az bir artış gösterirken yazın % 5 ila 15 azalabilir. Söz konusu senaryolara göre Akdeniz Havzasındaki su seviyesinde 2030 yılına kadar 18 cm - 12 cm'lik; 2050 yılına kadar 38 cm -14 cm ve 2100 yılına kadar 65 cm - 35 cm'lik bir yükselme beklenmektedir. Küresel ısınmanın sonucu ısınarak genişleyen deniz suları ile birlikte kutup ve dağ buzullarındaki erime nedeniyle yükselen deniz suyu seviyeleri, kıyılarımızı olumsuz bir şekilde etkileyebilecektir. Küresel ısınma ile birlikte deniz seviyelerindeki yükselme de, önümüzdeki yüzyılın sonuna kadar 65 – 100 cm'ye ulaşabilir (Şekil 5).

İlk bakışta bu ısınmalar nedeniyle, konutlarda ısıtma amacıyla tüketilen fosil yakıtlarında ve onları vasıtasıyla atmosfere salınan CO₂ ve benzeri sera gazlarında da azalmaya neden olacağı düşünülebilir. Fakat yapılan çalışmalar aylık ısıtma enerjisi taleplerindeki, ısınmaya bağlı düşüşler bahar aylarında daha fazla olacağını göstermektedir. Örneğin, İstanbul'da 1°C'lik

hava sıcaklığındaki artışta ısıtma için enerji talebinde %10'luk düşümlere neden olabileceği hesaplanmıştır. Diğer bir deyişle, sıcak olan aylardaki ısıtma enerjisi talebi ısınmaya karşı daha hassastır. Örneğin, her 1°C'lik sıcaklık artışı Adana'da binaların soğutma ihtiyacını %32 arttıracığı hesaplanmaktadır.



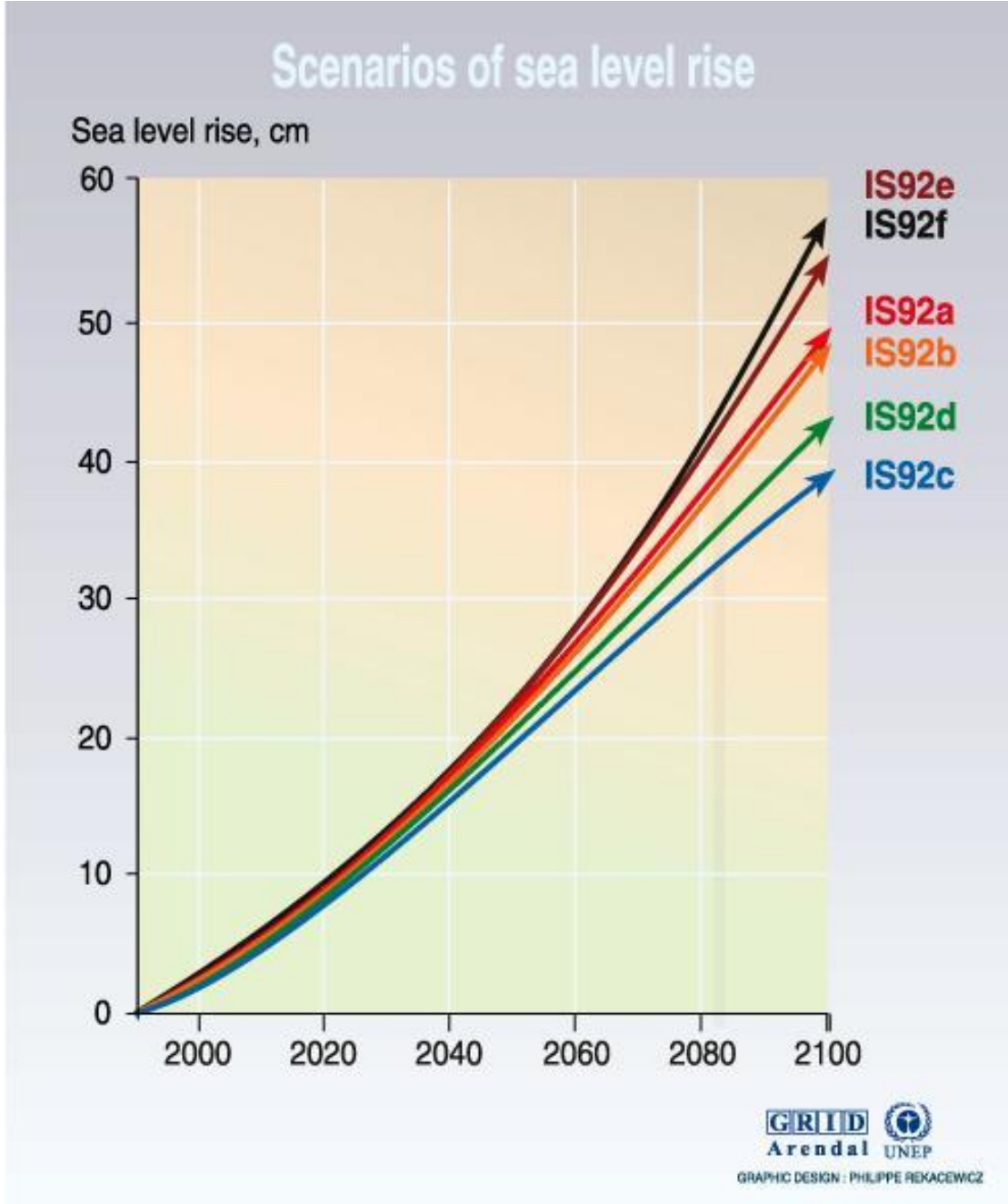
Şekil 4. Küresel iklim değişikliğinden etkilenmesi beklenen sektörlerin şematik gösterimi.

Dünyada iklim değişikliği nedeni ile (sel, kuraklık, vb.) ekstrem hava olaylarında büyük artışlar bekleniyor. Bu nedenle, 21. yüzyılda meteorolojik afetlerden dolayı olacak kayıpların önemli ölçüde artacağı bekleniyor. Örneğin, 1990'larda afetlerden dolayı görülen küresel ekonomik kayıplar 608 milyar dolardan daha fazla oldu. İklim değişikliği nedeniyle, örneğin, 2050 yılına kadar ekonomik kayıpların yılda 300 milyar dolara ulaşması bekleniyor.

Yine IPCC göre 1990 iklim şartlarına göre Türkiye'de bir yılda kişi başına düşen su miktarı şuan 3,070 metreküptür. Fakat bu suyun büyük bir kısmı suya ihtiyaç olan yerlerde bulunmamaktadır. İklim şartlarının değişmeyeceğini kabul etsek bile, sadece nüfusu artışı nedeniyle 2050 yılında Türkiye'de bir yılda kişi başına düşen su miktarı 1,240 metreküp olacaktır. Artan nüfusumuz ile beraber bir de küresel iklim değişikliği sonucu daha kurak bir iklime sahip olacağımız göz önüne alındığında 2050 yılında Türkiye'de bir yılda kişi başına düşen su miktarı 700 ila 1,910 metreküp arasında olacaktır.

Sonuç olarak suyun kısıtlı, yağışların bazı bölgeler dışında miktar ve dağılımının düzensiz olduğu, büyük şehirlerde ve tarımsal üretimde suyun kısıtlı bulunduğu, içme, kullanma ve sulama suyu kalitesinin gün geçtikçe artan sanayi ve diğer çevre kirlilikleri neticesinde düştüğü ve küresel ısınma düşünülürse, ülkemizin kuraklığın şiddetini çok yakın bir zamanda bugünkünden çok daha fazla hissedeceği açıkça görülmektedir.

Böylece küresel iklim değişimi projeksiyonları, zaten fakir olan güney ülkelerinde, sel, kuraklık ve fırtınaların sayı ve şiddet bakımından da artacağını göstermektedir. Diğer bir deyişle, son yıllarda giderek artan şiddette ve sıklıkta, sel, kuraklık ve fırtınalar gibi meteorolojik afetlerin küresel iklim değişimi ile birlikte daha da artması beklenmektedir.



Source: Climate change 1995, impacts, adaptations and mitigation of climate change: scientific-technical analyses, contribution of working group 2 to the second assessment report of the intergovernmental panel on climate change, UNEP and WMO, Cambridge press university, 1996; IPCC, Climate change 1994: radiative forcing of climate change and an evaluation of the IPCC IS92 emission scenarios, 1995.

Şekil 5. IPCC raporlarına ve değişik senaryolara göre 2100 yılında küresel deniz seviyesinde beklenen artış miktarları (IPCC, 1995).

Sonuçta ne kadar çok sera gazı, o kadar sıcak hava. Ne kadar çok sıcak hava, o kadar çok kuraklık, kıtlık, orman yangını, sıcak hava dalgası, tropikal hastalık ve düzensiz yağış...

4. Türkiye'ye Olası Etkileri

Türkiye, bugüne kadar insan kaynaklı iklim değişikliği ile ilgili çalışmalarını küresel ölçekte incelemiş, bunların ülkemiz coğrafyasına etkilerinin değerlendirilmesinde ise yetersiz kalmış. Hâlbuki iklim değişikliği senaryolarının küresel ölçekten bölgesel ölçeğe, iklim modelleri yoluyla indirgenmesi ve sonuçlarının incelenmesi, ülkemizin enerji, tarım ve su kaynakları yönetimi gibi alanlardaki gelecekle ilgili planlamalarını yakından ilgilendirmekte.

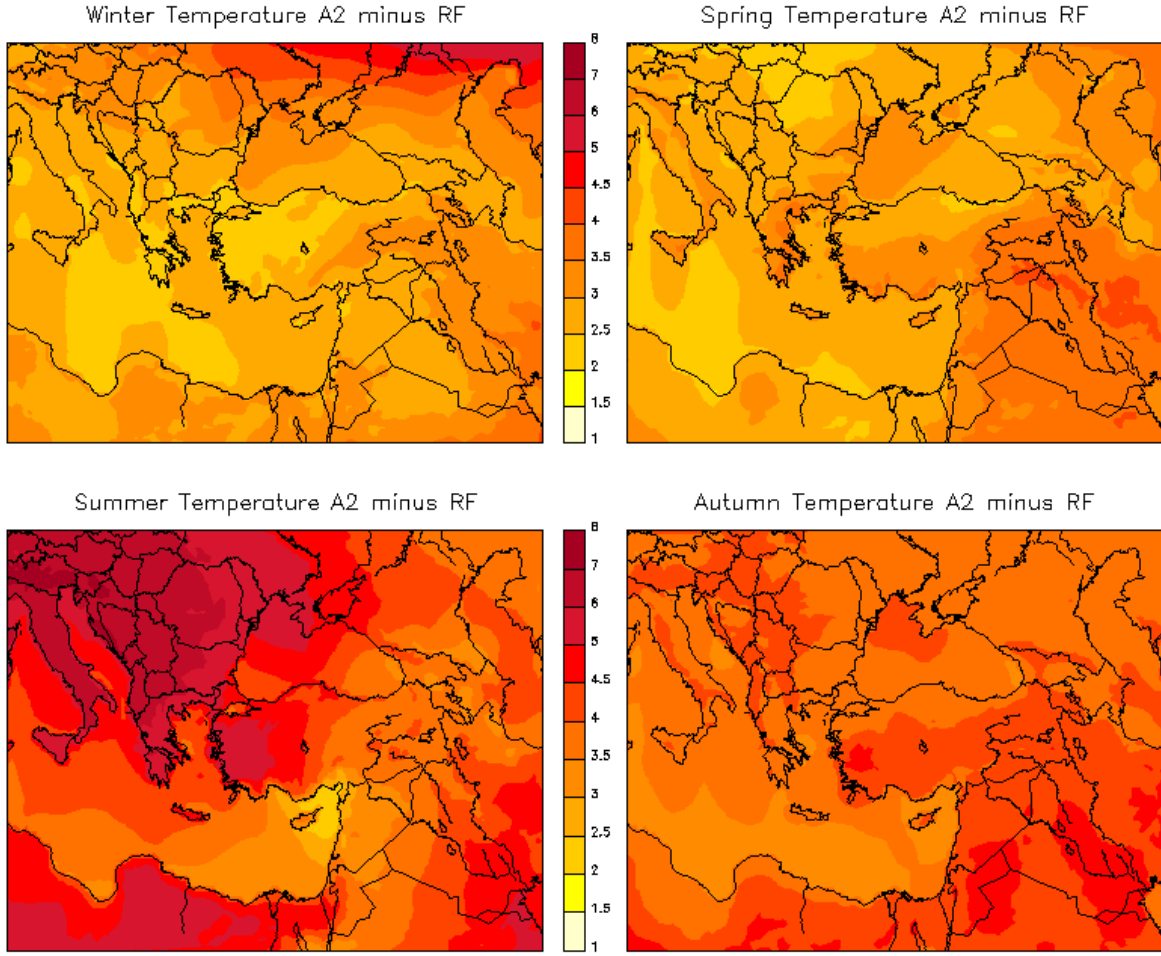
İlk defa İTÜ Meteoroloji Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi Dr. Barış Önal, doktora çalışması olarak iklim modellerini kullanıp Türkiye coğrafyasının gelecekteki olası küresel iklim değişikliğinden, bölgesel olarak nasıl etkileneceğini ayrıntılı biçimde gösterdi.

IPCC iklim değişikliği senaryoları genellikle 2070-2100 yılları arasında, atmosferdeki karbondioksit oranlarının günümüzden en az iki kat ve daha fazla olacağı varsayımından yola çıkar. Kötü senaryolardan biri, SRES A2 olarak adlandırılır. Bu senaryoya göre model sonuçlarından üretilen sıcaklık ve yağıştaki değişimler, bugünün (1961-1990) ve geleceğin (2070-2100) iklimini temsil eden 30 yıllık periyotların farkının alınmasıyla ortaya çıkar.

Önal'un (2007) elde ettiği sonuçlara göre, Türkiye üzerinde, yıllık ortalama sıcaklıktaki artış 2.5-4°C arasında olmakla beraber, özellikle Ege Bölgesi ve Doğu Anadolu'nun önemli bir kısmındaki artış 4°C'ye ulaşmakta. Ege Bölgesi üzerinde yıllık ortalamadaki bu değişimin asıl nedeni, yaz aylarındaki Avrupa kaynaklı sıcak hava dalgasının bu bölgemizi de etkilemesidir. Yaz aylarında sıcaklıklarda 6°C'ye varan artışlar beklenmekte (Şekil 6). Ortalama sıcaklıktaki bu düzeyde bir yükselmenin orman yangınlarından hayvan ve bitki çeşitliliğine, oradan insan sağlığına kadar çok çeşitli alanlarda etkilerinin olacağı aşikâr. Sıcaklık artışı ayrıca mevsim geçişlerini de etkileyecek, ülkemiz üzerinde yaz mevsimi ilkbahar ve sonbahar aylarını da kapsayacak şekilde genişleyecek.

Yağış açısından önemli değişiklikler yaşanacak. Özellikle kış aylarında, Türkiye'nin Ege, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu'yu da kapsayan güney bölümünde yüzde 20 ila 50 arasında azalıyor (Şekil 7). Verilere göre, bu bölgelerdeki su havzalarımız ciddi tehlike altında. Karadeniz bölgemiz ise aynı oranda olmasa da önemli ölçüde yağış artışıyla karşı karşıya. Rüzgâr patenlerindeki değişimler güney bölgelerimize nem girişini yavaşlatacak ve yağışın azalmasına sebep olacak. Yine yağıştaki değişimin belirgin olduğu sonbahar mevsiminde ise Güneydoğu ve Doğu Anadolu'nun bir kısmını kapsayan bölgede yüzde 50'yi aşan artışlar beklenmekte. Yukarı ve orta Fırat-Dicle havzasını da kapsayan, ülkemizin su-enerji politikaları için çok önemli olan, bu bölgesindeki sonbahar mevsimindeki yağış artışının tek başına değerlendirilmesi yanlış olabilir. Çünkü kış mevsiminden kalan yağış bütçesindeki açık ve gelecekteki sıcaklık artışıyla paralel artacak buharlaşma göz önünde bulundurulduğunda, ortaya pek olumlu bir görüntü çıkmıyor. Adına ister felaket deyin, isterseniz kıyamet...

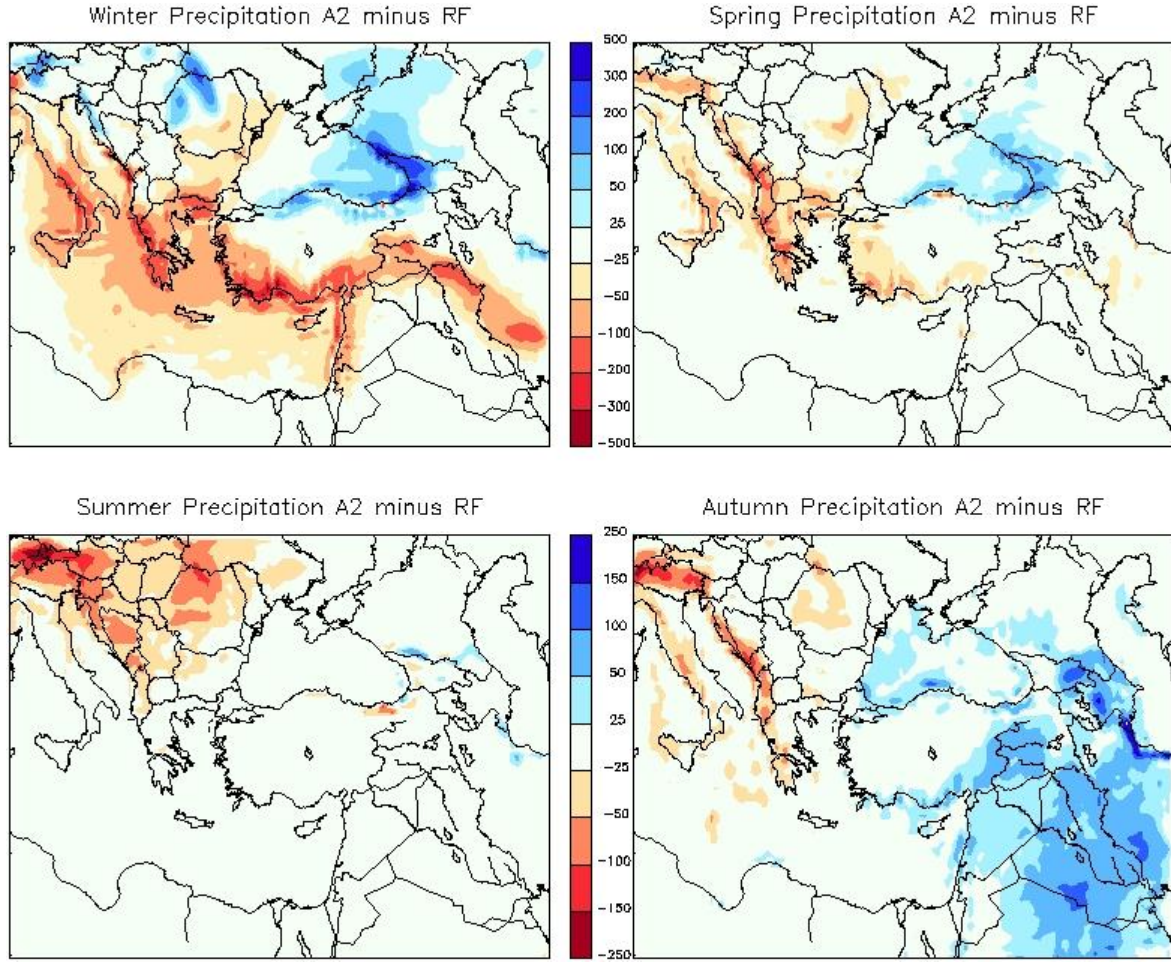
Hangi senaryoya bakılırsa bakılsın küresel iklim değişikliğinden Türkiye ve gelişmekte olan ülkeler, olumsuz bir şekilde etkilenecektir. Bu olumsuzluklar IPCC'nin projeksiyonlarına göre, ülkemizin de içinde bulunduğu enlemlerde sıcaklıklarda artışların, yağış rejiminde değişimler, deniz su seviye yükselmesi ve toprak su içeriğinde önemli azalmalar şeklinde olacağı tahmin edilmekte. Bütün bunların sonucu, 1. Kuraklık (kıtık, orman yangını, sıcak hava dalgaları, tarımsal hasarlar, ...), 2. Ani Seller (şiddetli yağmur ve yıldırımlar), 3. Deniz Su Seviye Yükselmeleri (kıyılarda erozyon, dere ve nehirler ile birlikte yeraltı sularının ve alçak arazinin tuzlanması) gibi üç önemli problemin etkilerini gelecekte daha fazla hissedeceğiz.



Şekil 6. 2100 yılında hava sıcaklıklarında beklenen değişimlerin yersel ve mevsimsel dağılımı 2071-2100 yılları ortalamasının 1961-2000 yılları ortalamasından olabilecek farklar şeklinde gösterilmektedir (Önol, 2007).

Türkiye yarı kurak bir ülkedir. Ayrıca kuraklık sosyo-ekonomik etkileri, kalıcılığı ve çözüm bulmadaki zorluk nedeniyle dünyadaki en tehlikeli doğal afet olarak kabul edilmektedir. Kuraklık şehirlerde kullanma suyu kıtlığının yanı sıra, tarımsal ürün ve hidro elektrik üretiminde de büyük düşüslere yol açabilir. Bu nedenle, su havzalarının ve tarım alanlarının korunması büyük önem arz etmektedir. Ayrıca kuraklık, ülke içinde şehir sınırlarını aşan sular ile beraber ülke sınırlarını aşan sularda da büyük sıkıntılara yol açabilecektir.

Ülkemizde kuraklığın şiddetini yakın bir gelecekte bugünkünden çok daha fazla hissedebileceği açıktır. Bu nedenle, suyun artan önemi göz önünde bulundurularak, ilerideki yıllarda, suyun yönetimine, kuraklık planlarına, suyun yeniden kullanımıyla ilgili sistemlerin geliştirilmesi ve sulama tekniklerinin iyileştirilmesi çabaları yoğunluk kazanmalıdır. Akdeniz havzası genelindeki su kaynaklarıyla ilgili bölgesel değişiklikleri belirlemek üzere, bölgesel çalışmalara gereksinim vardır. Bu nedenle, su kaynakları yatırımlarının ve tesislerin planlanması ve işletilmesinde iklim değişiminin söz konusu etkilerinin de göz önünde bulundurulması zorunludur.



Şekil 7. 2100 yılında yağışlarda beklenen değişimlerin yersel ve mevsimsel dağılımı 2071-2100 yılları ortalamasının 1961-2000 yılları ortalamasından olabilecek farklar şeklinde gösterilmektedir (Önol, 2007).

Ülkemiz için su, enerji ve tarım açısından da son derece önemlidir. Sulama ve enerji amaçlı ülkemizde çok sayıda su yapısı inşa edilmiş ve edilmektedir. Bu su yapılarının amaçlarına uygun faaliyet gösterebilmesi, ancak yeterli miktarda yağışın düşmesi ile mümkündür. Buharlaşma, küresel ısınma ile artacak ve ülkemizde daha şiddetli ve uzun süreli kuraklıklar görülecektir. Bu nedenle hem su kaynakları, hem de genelde yağışa bağlı olan kuru tarım ve hidro-elektrik enerji üretimini ciddi bir şekilde etkilenebilecektir. Ayrıca hidrolojik döngüdeki değişimler, sulama ve su sağlama problemlerinin yanı sıra ani sel olaylarında da artışı beraberinde getirebilecektir.

Özetle, küresel iklim değişiminin ülkemizdeki su kaynaklarına olası kötü etkileri başlıklar halinde şu şekilde özetlenebilir:

- Yağışta yazın büyük azalma olacak fakat buharlaşma artabilecek.
- Yağışların mevsimsel dağılımı ve şiddeti değişecek. Ani sellerde artışlar beklenmekte.
- 1987'den beri zaten ortalamasının altında gerçekleşen kar örtüsü daha da azalabilecek.
- Akımları sadece miktarı azalmayacak aynı zamanda pik zamanları da değişecektir.
- Kuraklığın sıklığı ve şiddeti artabilecek.
- "Su stresi" artacak. Şehir ve ülke sınırlarını aşan nehirlerin kullanımı dâhil birçok uluslararası, ulusal ve yerel su kaynağının paylaşımında problemler çıkabilecek.

- Yüksek basınç kuşağının kuzeye kayması ile ülkemizde hâkim olabilecek tropikal iklime benzer bir kuru hava, daha sık, uzun süreli kuraklıklara, orman yangınlarına ve tropikal hastalıklarda artışlara neden olabilecek.
- Kuş cenneti ve benzeri milli parklar tahrip olup, kuşların göç yolları ve konaklama yerleri değişecek.

Sonuç olarak suyun kısıtlı, yağışların bazı bölgeler dışında miktar ve dağılımının düzensiz olduğu, büyük şehirlerde ve tarımsal üretimde suyun kısıtlı bulunduğu, içme, kullanma ve sulama suyu kalitesinin gün geçtikçe artan sanayi ve diğer çevre kirlilikleri neticesinde düştüğü ve küresel ısınma düşünülürse, ülkemizin kuraklığın şiddetini çok yakın bir zamanda bugünkünden çok daha fazla hissedeceği açıkça görülmektedir.

Diğer bir deyişle, küresel iklim değişimi sonucunda Çevre, Tarım, Orman ve Su Kaynakları gibi pek çok alanın kötü bir şekilde etkilenmesi beklenmekte. Şu an ülkemizde yapılan planlar, kuru tarım yani yağışın doğal miktar ve dağılımına bağlı olarak yapılan tarım yerine, sulu tarım yapılabilecek arazilerin artırılmasına yönelik. İklimin değişiminden bu projelerin nasıl etkileneceğinin şimdiden belirlenmesi gerekir. Bu nedenle meteorolojik afetlerle gelişmiş ülkelerde olduğu gibi erken uyarı ile mücadele edebilecek şekilde DMİ, DSİ, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Türkiye Acil Yardım Genel Müdürlüğü, vb.nin mevzuatlarında değişikliklere ve bu kurumlarda köklü reformlara gidilmesi gerekmektedir.

5. Sonuç ve Öneriler

Küresel iklim değişimi probleminin çözümüne katkıda bulunmak için onu sadece ekstrem hava olaylarında veya bir korkutucu rapor yayınlanınca hatırlayarak spekülasyonlarda bulunmak yeterli değildir.

Çünkü örneğin, enerji tüketimini etkileyen en önemli faktörlerin başında hava şartları ve iklim geldiği gibi, iklimi etkileyen önemli faktörlerden biri de enerjidir. İklim değişiminin enerji talepleri üzerindeki potansiyel etkisi, özellikle Türkiye gibi gelişmekte olan ve petrol üreticisi olmayan ülkeler için çok önemlidir. Sürdürülebilir enerji politikası temel ilkeleri çerçevesinde, yerli ve yenilenebilir kaynaklarımızın kullanımına öncelik vermeli ve enerjiyi verimli/tasarruflu kullanmalıyız. Örneğin, ülkemizde yılda 3 milyar dolar değerinde enerji tasarruf potansiyeli mevcuttur ve bunun iki Keban Hidroelektrik Santralının üretimine eşit olduğu hesaplanmaktadır.

Bu nedenle, ülkemizde kömür, petrol ve doğal gaz gibi fosil yakıtlarının kullanımını minimumda tutmak için enerji tasarrufu ve yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi, su havzalarının, tarım alanlarının ve ormanların sürdürülebilir kalkınma ilke yöntemlerine göre işletilmesi ile birlikte tüm kıyılarımızdaki arazi kullanımının küresel iklim değişiminin etkileri göz önünde bulundurularak planlanması gerekir.

Böylece, “Küresel düşün yerel hareket et” prensibine uygun olarak, küresel iklim değişiminin önlenmesinde enerji tasarrufu yaparak bireysel olarak da katkıda bulunulması gerekiyor. Ülkemizde etkin enerji tasarrufu, vb. politikalar uygulanmazsa gelecekte büyük enerji ve çevre sorunları ile karşı karşıya kalacağımız kesindir. Tüm bu nedenlerden dolayı, ısı yalıtımı da zorunluluktan da öte ülkemizde de büyük bir ihtiyaçtır... Sonuç olarak, “Küresel Düşün, Yerel Hareket Et” felsefesi, ister küçük ister büyük olsun, Türkiye’de de yerel yönetim, belde, belediye ve birey tarafından bir an önce hayata geçirilmelidir...

Kaynaklar

- Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi <http://unfccc.int/2860.php>
- Durmaz, A. and Kadioğlu, M., 2001:** Assessment of the impact of global warming on the residential cooling energy requirement in Adana. *ITEC2001 4th International Thermal Energy Congress, İzmir-Turkey, July 8-12, 2001, pp. 51-56.*
- Gültekin, M.L., ve M. Kadioğlu, 2002:** İklim değişiminin yapıların Isıtma İhtiyacı ve Yakıt Tüketimine Etkisi, IV. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, 16-18 Ekim 2002, İstanbul, s. 309-318.
- IPCC, 2001:** "Climate change 2001: the scientific basis", Intergovernmental Panel on Climate Change, http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/index.htm
- IPCC, 2001:** The Global Climate of the 21st Century WG I (Science) Summary for Policy-Makers, Third Assessment Report.
- Kadioğlu, M. (Editör), 2001:** *Kuraklık Kıranı.* Güncel Yayıncılık, İstanbul, 128.s.
- Kadioğlu, M. and L. Şaylan, 2001:** Trend of Growing Degree-Days in Turkey. *Water, Air and Soil Pollution.* 126, 83-96.
- Kadioğlu, M. and Z. Aslan, 2000:** Recent Trends of Growing Season Length in Turkey, 2nd International Symposium on New Technologies for Environmental Monitoring and Agro-Applications Proceedings, 18-20 October 2000, Tekirdağ/Turkey, pp. 295-303.
- Kadioğlu, M., 1993:** Türkiye'de İklim Değişikliği ve Olası Etkileri. *Çevre Koruma*, 47, 34-37.
- Kadioğlu, M., 1995:** Şehirleşmenin İstanbul'da Yağışa Etkisi, II. Hava Kirliliği, Kontrol ve Modelleme Sempozyumu, 22-24 Mart, 1995, İTÜ, İstanbul, s. 72-84. **2 PUAN**
- Kadioğlu, M., 1997:** Trends in Surface Air Temperature Data Over Turkey. *International Journal of Climatology*, 17, 511-520.
- Kadioğlu, M., 1997:** Trends in Turkish Precipitation Data. The International Conference on Water Problems in the Mediterranean Countries, 17-21 November 1997, Nicosia-North Cyprus, Vol. I, pp. 79-86.
- Kadioğlu, M., 1998:** Beykoz-Riva Deresi Örneğiyle İklim Değişikliğinin Kıyılarımız Üzerindeki Olası Etkisi, TÜDAV Beykoz İlçesi Çevre Sorunları Sempozyumu, İstanbul 6-7 Haziran 1998, s. 96-105.
- Kadioğlu, M., 1998:** Possible climate changes over Greater Anatolian Project (GAP), *Int. Symposium on Water Supply and Treatment 25-26 May, 1998, İstanbul*, pp. 65-144.
- Kadioğlu, M., 2000:** Regional Variability of Seasonal Precipitation in Turkey. *Int. Journal of Climatology*, 20, 1743-1760.
- Kadioğlu, M., 2001:** Küresel İklim Değişimi ve Türkiye:Bildiğiniz Havaaların Sonu, Güncel Yayıncılık, 3.ü Baskı, İstanbul.
- Kadioğlu, M., 2007:** 99 Sayfada Küresel İklim Değişimi Söyleşi Serhan Yedig, Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları.
- Kadioğlu, M., H. Toros ve B. Kurtuluş, 1993:** Küresel Isınma ve Türkiye'de İklim Değişimi. Türkiye Ulusal Jeodezi-Jeofizik Birliği Genel Kurulu, 8-11 Haziran 1993, Ankara, s. 209-223.
- Kadioğlu, M., Şen, Z. and Gültekin, L., 2001:** Variations and Trends in Turkish Seasonal Heating and Cooling Degree-days, *Climatic Change.* 49, 209-223.
- Kadioğlu, M., ve H. Toros, 1993:** Şehirleşmenin Türkiye'de İklim Etkisi. *ÇEVRE'93, Türk Devletleri Arasında 2. İlimi İşbirliği Konferansı, 26-29 Haziran 1993, Almatı, Kazakistan*, pp. 241-246.
- Önol, B., 2007:** Downscaling climate change scenarios using regional climate model over Eastern Mediterranean. İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Haziran 2007, p: 87.