

TÜRKİYE'DE GÜNCEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ

Mete TAYANÇ^{1(*)}, Esra S. EREN¹, Yeşim AYDIN¹, Hakkı BALTACI², Ozan M. GÖKTÜRK³, Kamil ERKAN¹, Bülent O. AKKOYUNLU⁴

¹ Marmara Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Göztepe, İstanbul, Türkiye

² Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Kütükçü Alibey Caddesi No:4, Ankara, Türkiye

³ Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, Samsun, Türkiye

⁴ Marmara Üniversitesi, Fizik Bölümü, Göztepe, İstanbul, Türkiye

ÖZET

Ülkemizde iklim değişikliği eylem planlarının oluşturulmasında, stratejik ve politik hedeflerinin belirlenmesinde ve uyum süreci altlıklarının şekillendirilmesinde güncel iklim değişikliğinin ve etkilerinin araştırılması çok önemlidir. Bu kapsamda, Türkiye'deki tüm meteoroloji istasyonlarının ölçülmüş sıcaklık ve yağış verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğünden 1920-2014 zaman periyodunda tedarik edilmiştir. Bu verilerdeki sorunları tespit edebilmek için kalite kontrol çalışmaları yapılmış, eksik veriye ve inhomojen zaman serisine sahip istasyonlar çalışma kapsamı dışında tutulmuştur. Kalite çalışmaları neticesinde, uzun zamanlı (50 yıl) ve çok sayıda istasyonun (88 istasyon) bulunduğu 1965-2014 zaman aralığı seçilmiştir. Elde edilmiş kaliteli veri seti ile zamansal ve mekansal analizler aylık, mevsimlik ve yıllık olarak gerçekleştirilmiştir. Analizler, Türkiye geneli ve bölgeleri için hem sıcaklık hem de yağış parametresi bazında yapılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda her bölge için iklim değişikliğinin en belirgin olduğu iki istasyon belirlenmiştir. Türkiye genelinde son yarım asırdaki ortalama sıcaklık artışı küresel ortalamaların üzerine çıkarak +1.21 °C olarak bulunmuştur. Buna mukabil, Türkiye genelinde yağışa baktığımızda anlamlı bir değişikliğin olmadığını, sadece +1.8 mm ile çok cüzi bir artışın olduğu görülmüştür. Bölgesel çalışmalar neticesinde, Türkiye'de sıcaklık artışının en fazla olduğu bölgenin +1.6 °C ile Güneydoğu Anadolu Bölgesi olduğu bulunmuştur. Türkiye'de yağış artışının en fazla olduğu yer +80.23 mm ile Karadeniz Bölgesi olarak ortaya konmuştur. Bu artışların güvenilirlik derecesini belirlemek için Mann Kendall parametrik olmayan eğilim testi uygulanmıştır. Bu test çalışmasına göre; sıcaklık serilerinde %99'un üzerinde anlamlı artışlar mevcut iken, yağış serilerindeki değişim anlamlı bulunmamıştır. Sıcaklık ve yağış verilerinin birbiriyle ilişki derecesini görebilmek için bu parametrelerin zaman serileri arasında Pearson korelasyon katsayısı, -0.098 olarak hesaplanmıştır, bu da her iki değişken arasında çok zayıf bir negatif ilişki bulunduğunu göstermektedir.

ANAHTAR SÖZCÜKLER

İklim Değişikliği, Sıcaklık, Yağış, Türkiye Bölgeleri

ABSTRACT

It is important to study recent climatic changes and their consequences in order to develop climate change action plans, to determine strategic and political targets for the country and to obtain the

(*) mtayanc@marmara.edu.tr

basis for the adaptation processes. In this respect, available temperature and precipitation data of all meteorological stations in Turkey were taken from Turkish State Meteorological Service (TSMS) for the time period of 1920-2014. Quality control studies was done and the stations having missing and inhomogeneous data problems were eliminated from the study. At the end of the quality control studies, the period of 1965-2014 was chosen that is long enough for climatic studies (50 years) and contains many reliable station data (88 stations). With the reliable dataset, temporal and spatial analysis was done as monthly, seasonal and annual time sequences. Temperature and precipitation analysis was carried out for the Turkey as a general and for its regions. As a result of the analysis, two stations were determined for each region that show the most pronounced climate change. Last half century temperature increase for the Turkish average series was obtained as +1.21 C that is larger than the global average temperature increase. On the other hand, Turkish precipitation average series do not show any significant changes, only proving a very small increase with a value of +1.8 mm. Largest temperature increase was found to be in Southeast Anatolia region with a value of +1.6 °C. Largest precipitation increase was observed in Black Sea region with a value of +80.23 mm. Mann Kendall nonparametric trend test was applied to determine the confidence levels of the increases. According to this test study, increases in the temperature series were found to be significant larger than 99% level, contrary to this, the changes in the precipitation series was not significant. In addition, Pearson's correlation coefficient was calculated to see any relationship between precipitation and temperature data series as -0.098, suggesting that there is a very weak relationship between those two variables.

KEYWORDS

Climate Change, Temperature, Precipitation, Regions of Turkey

1. GİRİŞ

İklim, doğal yapının bir parçası olarak sürekli değişkenlik içerisindedir. 400,000 yıllık yakın geçmişimiz içerisinde, günümüzden birkaç derece daha sıcak dönemler olduğu gibi, buzul çağları ile birlikte 6-8°C'lık daha soğuk dönemler de yaşanmıştır. Nitekim, paleolitik dönemden (yontma taş devri) neolitik döneme (civalı taş devri) geçiş, günümüzden yaklaşık 10,000 yıl önce buzul çağından çıkılıp, sıcaklığın günümüzdekine benzer bir seviyeye gelmesiyle gerçekleşmiştir (Petit vd., 1999). Buzulların çekilmesiyle, özellikle dünyamızın aşağı enlemlerindeki ılıman iklim kuşağındaki flora ve fauna popülasyonunda belirgin artışlar yaşanmıştır.

Sera gazlarının iklimi değiştirdiği ilk olarak 1896 yılında Nobel ödüllü İsveçli bilim insanı Svante August Arrhenius tarafından rapor edilmiş, ancak bu rapor birçoklarınınca spekülatif olarak değerlendirilmiştir. 1930'larda Amerikalı amatör bir bilim insanı olan Callendar tarafından ısrarlı bir şekilde desteklenen rapor, 1950'lerde Amerikalı bilim kamuoyu tarafından benimsenmeye başlamıştır. Pentagon'un soğuk savaş döneminde okyanuslardaki Amerika donanmasının başarısı için iklim çalışmalarını ciddiye alınması ile birlikte ABD yönetimi konunun ayrıntılı şekilde araştırılması için fon ayırmıştır. Sonuçta, 1961 yılında dünyamızın bir ısınma trendine girdiği bilimsel olarak ortaya konmuş ve 1967'de, 21. yüzyılda ısınmanın şiddetinin artabileceği konusunda ilk projeksiyonlar yayımlanmıştır. 1988 yazının kayıtlara o tarihe kadar dünyada genelindeki en sıcak yaz olarak geçişi konuya olan ilgiyi artırmıştır. 1988'de Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) kurulması ile başlayan, "Rio Zirvesi" ve "Kyoto Protokolü" ile

devam eden süreç, 2013'te yayımlanmış olan 5. IPCC İklim Değişikliği Değerlendirme Raporu ile iyice önem kazanmıştır.

5. IPCC İklim Değişikliği Değerlendirme Raporu, son yıllarda meydana gelen sıcaklık artışının esas olarak insan kaynaklı olduğunu ve atmosferin enerji sistemindeki Endüstriyel Dönemdeki 2.3 W/m²'lik efektif radyatif güdümlenme artışının başta CO₂ olmak üzere CH₄, N₂O, halokarbonlar, O₃ ve stratosferik su buharı gibi sera gazlarından kaynaklandığını ortaya koymaktadır (IPCC, 2013). Tüketilen fosil yakıtların ve akabindeki sera gazı salımlarındaki artış, sıcaklığın önümüzdeki yıllarda daha da artacağını bir göstergesidir.

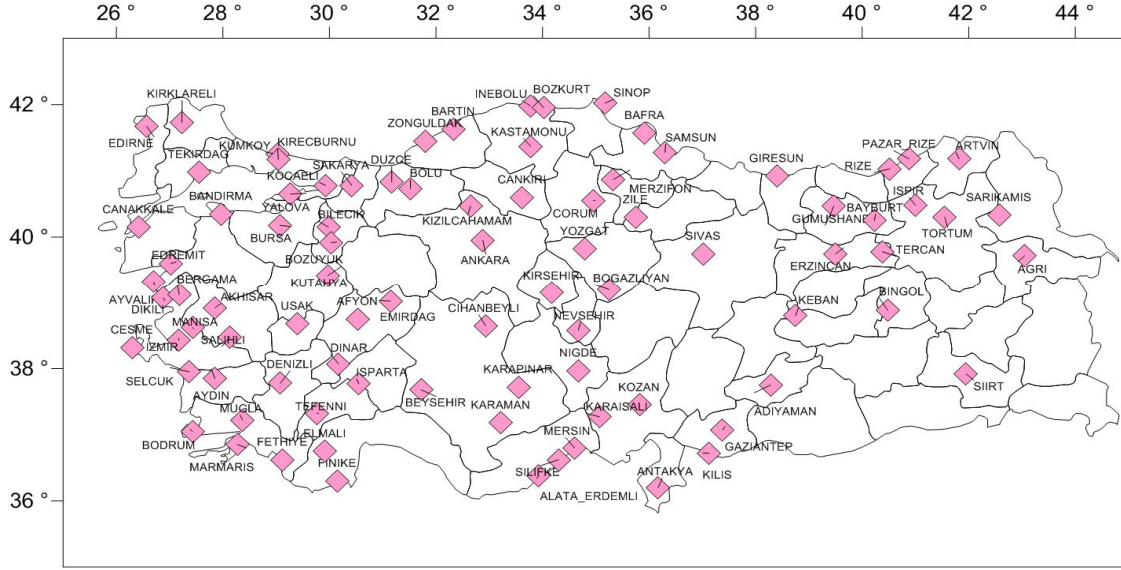
Son birkaç on yılda, insan-etkisiyle meydana gelen iklim değişikliğini anlamak için özellikle gelişmiş ülkelerde, sıcaklık kayıtlarıyla ilgili çok sayıda çalışma yapılmıştır. Önceleri, verilerin bolluğu sayesinde çalışmaların çoğunluğu Kuzey Amerika ve Avrupa ülkeleri üzerine odaklanmıştı. Küresel iklim veri setlerinin genişlemesi ile dünya çapında iklim değişikliği üzerine yapılan çalışma sayısında artış olmuş, ve bu da iklim sisteminin daha iyi anlaşılmasını sağlamıştır (Jones ve Mann, 2004; Charlson ve Wigley, 1994; Karaca vd., 1995, 2000; Karl vd., 1993; Kiehl vd., 2000; Nasrallah ve Balling, 1993; Tayanç ve Toros, 1997; Tayanç vd., 1997, 1998a, 1998b; Wigley, 2005; Ezber vd., 2006; Tayanç vd., 2009).

Bu çalışma 2014'lere uzanan tarihsel gözlem verileri aracılığı ile Türkiye'deki iklim değişikliği üzerine bir araştırma yürütmeyi, sıcaklık ve yağışta anlamlı değişikliklerin meydana geldiği zaman ve yerleri tesbit etmeyi ve iklim değişikliğinin olması muhtemel etkilerini yorumlamayı amaçlamıştır. Bu açıdan, çalışma güncel meteorolojik verileri derlemeyi, parametrik olmayan istatistiksel testler ile Türkiye'de olası iklim değişikliklerini tespit etmeyi, tehdit altındaki bölgeleri saptamayı hedeflemiştir.

2. MATERYAL VE METOD

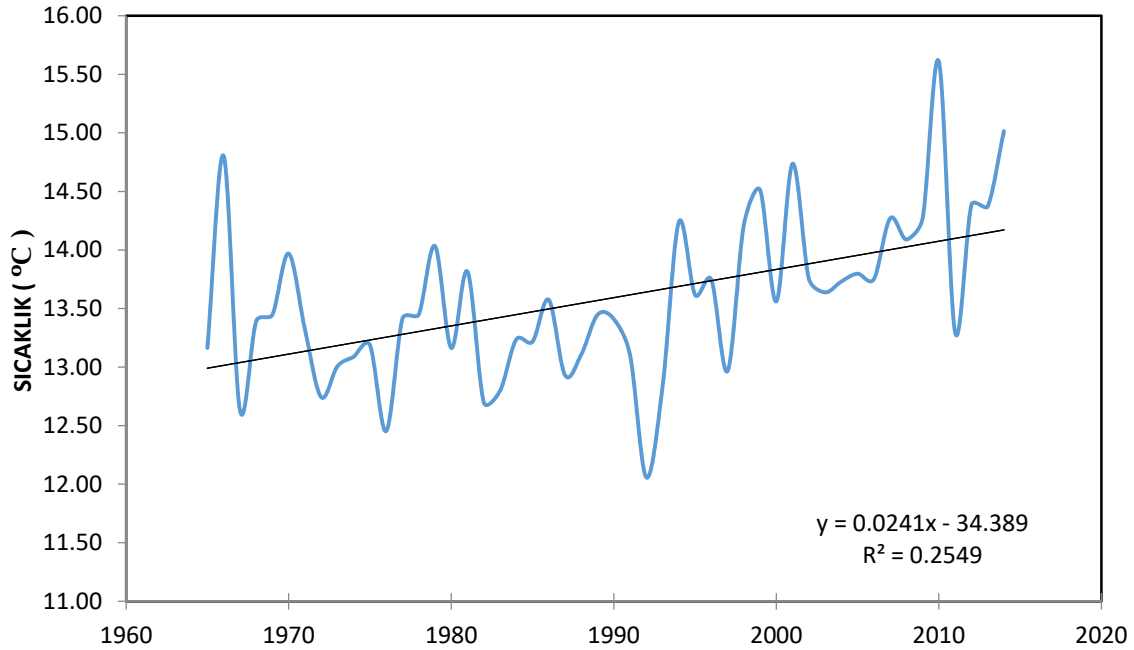
İklim değişikliği herhangi bir iklim elemanına ait en az beş yıllık ölçümün uzun yıllar ortalamasından farkını ifade eder. Ülkemizde güncel iklim değişikliğinin zamansal ve mekânsal boyutlarını ortaya koyabilmek için öncelikle Türkiye'deki tüm meteoroloji istasyonlarının ölçülmüş sıcaklık ve yağış verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğünden 1920-2014 zaman periyodunda tedarik edilmiştir. Bu verilerdeki sorunları tespit edebilmek için kalite kontrol çalışmaları yapılmış, eksik veriye ve inhomojen zaman serisine sahip istasyonlar çalışma kapsamı dışında tutulmuştur. Kalite çalışmaları neticesinde, uzun zamanlı (50 yıl) ve çok sayıda istasyonun (88 istasyon) bulunduğu 1965-2014 zaman aralığı seçilmiştir. Kaliteli veri setine sahip 88 istasyonun Türkiye'deki mekânsal dağılımı Şekil 1'de gösterilmiştir.

Elde edilmiş kaliteli veri seti ile zamansal ve mekansal analizler aylık, mevsimlik ve yıllık olarak gerçekleştirilmiştir. Zamansal değişimlerin büyüklüklerinin belirlenmesinde lineer regresyon analizi, değişkenler arasında olası ilişkilerin ortaya konmasında Pearson korelasyon katsayısı kullanılmıştır. Trendlerin anlamlılığının belirlenmesinde Karaca vd. (1995) ve Tayanç ve Toros (1997) çalışmalarında olduğu gibi parametrik olmayan Mann- Kendall testi kullanılmıştır. Analizler, Türkiye geneli ve bölgeleri için hem sıcaklık hem de yağış parametresi bazında yapılmıştır.



Şekil 1. 88 meteoroloji istasyonunun ülkemizdeki mekânsal dağılımı

3. BULGULAR VE SONUÇLAR

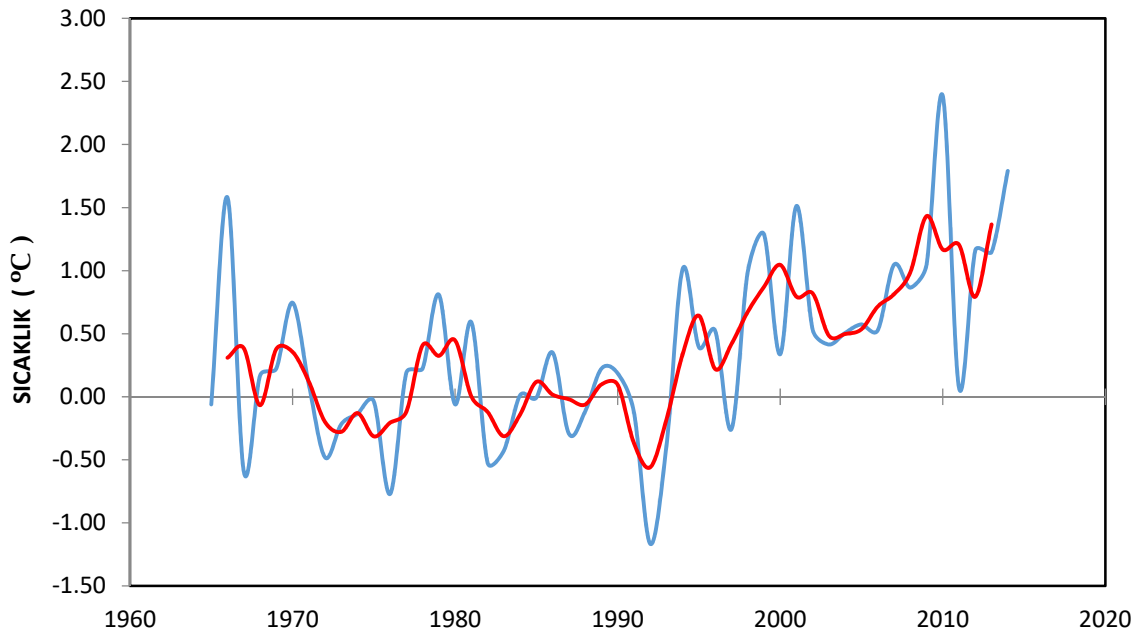


Şekil 2. 1965-2014 periyodunda Türkiye geneli için yıllık ortalama sıcaklık regresyon analizi.

Türkiye genelinde son yarım asırdaki ortalama sıcaklık artışı küresel ortalamaların üzerine çıkarak +1.21 °C olarak bulunmuştur. 1965-2014 periyodunda Türkiye'nin yıllık ortalama sıcaklık regresyon analizi Şekil 2'de gösterilmiştir. Buna göre yıllık sıcaklık artışı 0.0241 °C iken bu artışın

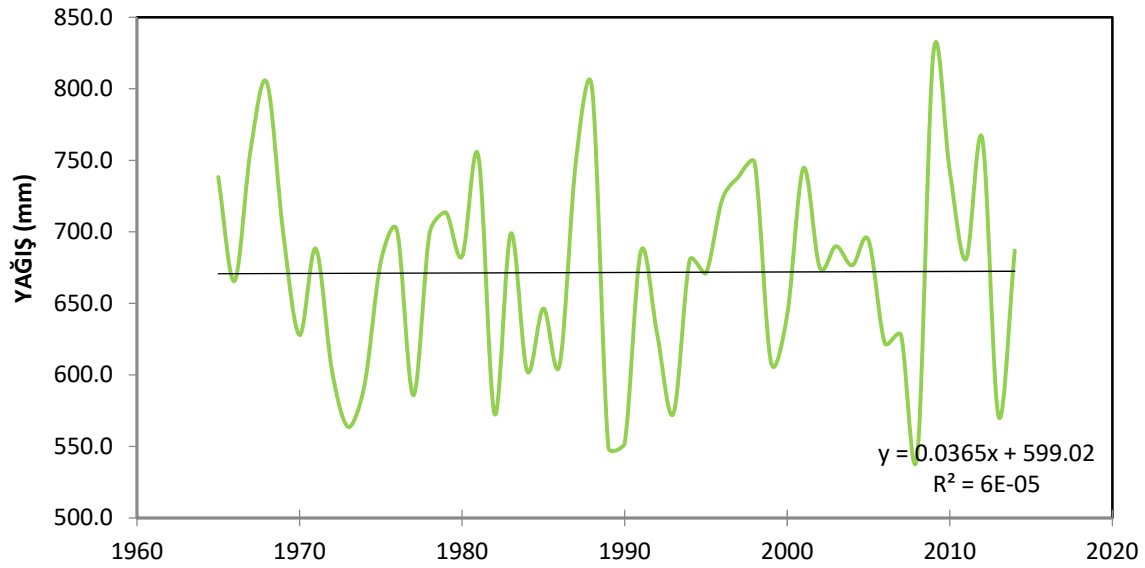
10 yıllık karşılığı 0.241 °C olmaktadır. Bu düşünceden hareketle 50 yıllık zaman periyodundaki sıcaklık değişimi +1.21 °C olarak elde edilebilir. Dolayısıyla, regresyon analizinden Türkiye genelinde son yarım asırdaki ortalama sıcaklık artışının küresel ortalamaların üzerine çıkarak +1.21 °C olduğu sonucuna varılabilir.

Ülkemiz genelindeki sıcaklık artışının 1993 yılından sonra başladığı Şekil 3'te açık bir biçimde görülmektedir. 1990'lı yılların başına kadar Türkiye'nin serin bir dönem etkisinde olduğu ve Filipinler'deki Pinatubo yanardağının püskürmesi neticesinde 1992-1993'ün bu 50 yıllık zaman zarfında en soğuk dönem olarak karşımıza çıktığı söylenebilir. Yanardağ püskürmesinin meydana getirdiği partiküller ve bunların soğutma etkisi dünyanın birçok yerinde gözlenmiştir.



Şekil 3. Mavi eğri 1965-1993 dönemine göre sıcaklık anomalisini, kırmızı eğri ise anomalinin üç yıllık kayan ortalamasını vermektedir.

Sıcaklığa mukabil, Türkiye genelinde yağışa baktığımızda anlamlı bir değişikliğin olmadığını, sadece +1.8 mm ile çok cüzi bir artışın olduğu bulunmuştur. 1965-2014 periyodunda Türkiye'nin yıllık toplam yağış regresyon analizi Şekil 4'te gösterilmiştir. Buna göre yıllık yağış artışı 0.0365 mm iken bu artışın 10 yıllık karşılığı 0.365 mm olmaktadır. Bu düşünceden hareketle 50 yıllık zaman periyodundaki yağış değişimi yaklaşık olarak +1.8 mm olarak elde edilebilir. Bu değer de ülkemizin yağış ortalamasının 500 mm'nin üzerinde olmasından dolayı anlamsızlaşmaktadır. Dolayısıyla, regresyon analizinden yağışta Türkiye genelinde son yarım asırda anlamlı bir değişikliğin olmadığı belirtilebilir.



Şekil 4. 1965-2014 periyodunda Türkiye geneli için yıllık toplam yağış regresyon analizi.

Bölgesel çalışmalar neticesinde, Türkiye’de sıcaklık artışının en fazla olduğu bölgenin +1.6 °C ile Güneydoğu Anadolu Bölgesi olduğu bulunmuştur. Türkiye’de yağış artışının en fazla olduğu yer +80.23 mm ile Karadeniz Bölgesi olarak ortaya konmuştur. Bu artışların güvenilirlik derecesini belirlemek için Mann Kendall parametrik olmayan eğilim testi uygulanmıştır. Bu test çalışmasına göre; sıcaklık serilerinde %99’un üzerinde anlamlı artışlar mevcut iken, yağış serilerindeki değişim anlamlı bulunmamıştır. Sıcaklık ve yağış verilerinin birbiriyle ilişki derecesini görebilmek için bu parametrelerin zaman serileri arasında Pearson korelasyon katsayısı, -0.098 olarak hesaplanmıştır, bu da her iki değişken arasında çok zayıf bir negatif ilişki bulunduğunu göstermektedir.

TEŞEKKÜR: Bu çalışma 113R019 no’lu proje ile TÜBİTAK tarafından ve FEN-E-120314-0066, FEN-C-YLP-091116-0499 ve FEN-A-100413-0127 no’lu projelerle Marmara Üniversitesi BAPKO tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- Charlson, R. J., and T. M. L. Wigley, Sulfate aerosol and climatic change, *Scientific American*, 28-35, February 1994.
- Ezber, Y., O. L. Sen, T. Kindap and M. Karaca, Climate effects of urbanization in İstanbul: a statistical and modeling analysis, *Int. J. of Climatol.*, 26, 1225-1236, 2006.
- IPCC, 2013: Myhre, G., D. Shindell, F.-M. Bréon, W. Collins, J. Fuglestedt, J. Huang, D. Koch, J.-F. Lamarque, D. Lee, B. Mendoza, T. Nakajima, A. Robock, G. Stephens, T. Takemura and H. Zhang, 2013: Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and

P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

- Jones, P. D., and M. E. Mann (2004), Climate over past millennia, *Rev. Geophys.*, 42.
- Karaca M., M. Tayanç and H. Toros (1995) The Effects of Urbanization on Climate of İstanbul and Ankara, *Atmos. Environ.*, Urban Atmospheres, 29, 3411-3421.
- Karaca, M., A. Deniz, and M. Tayanç (2000) Cyclone Track Variability over Turkey in Association with Regional Climate, *Int. J. of Climatol.*, 20, 1225-1236.
- Karl, T. R., vd., Asymmetric trends of daily maximum and minimum temperature, *Bull. of Amer. Meteor. Soc.*, 74, 1007-1023, 1993.
- Kiehl, J.T., T.L. Schneider, P.J. Rasch, M.C. Barth, and J. Wong, 2000: Radiative forcing due to sulfate aerosols from simulations with the National Center for Atmospheric Research Community Climate Model, Version 3. *J. Geophys. Res.*, 105, 1441-1457.
- Nasrallah, H. A., and R. C. Balling, Spatial and temporal analysis of Middle Eastern temperature changes, *Climatic Change*, 25, 152-161, 1993.
- Petit J. R., J. Jouzel, D. Raynaud, N. I. Barkov, J.-M. Barnola, I. Basile, M. Bender, J. Chappellaz, M. Davis, G. Delaygue, M. Delmotte, V. M. Kotlyakov, M. Legrand, V. Y. Lipenkov, C. Lorius, L. PÉpin., C. Ritz, E. Saltzman & M. Stievenard (1999) Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antarctica, *Nature*, 399, 429-436.
- Tayanç, M. and H. Toros (1997) Urbanization Effects on Regional Climate Change in the Case of Four Large Cities of Turkey, *Climatic Change*, 35, 501-524.
- Tayanç, M., M. Karaca, and O. Yenigün (1997) Annual and Seasonal Air Temperature Trend Patterns of Climate Change and Urbanization Effects in Relation with Air Pollutants in Turkey, *J. Geophys. Res.*, 102 , No. D2 ,1909-1919.
- Tayanç, M., H. N. Dalfes, M. Karaca, and O. Yenigün (1998a) A Comparative Assessment of Different Methodologies for Detecting Inhomogeneities in Turkish Temperature Dataset, *Int. J. of Climatol.*, 18, 561-578.
- Tayanç, M., M. Karaca, and H. N. Dalfes (1998b) March 1987 Cyclone (Blizzard) over the Eastern Mediterranean and Balkan Region Associated with Blocking, *Mon. Wea. Rev.*, 126, 3036-3047.
- Tayanç, M., U. İm, M. Doğruel and M. Karaca (2009) Climate change in Turkey for the last half century, *Climatic Change*, 94, 483–502.
- Wigley, T.M.L, The Climate Change Commitment, *Science*, 18 March 2005, 1766-1769.