



DOĞU ANADOLU BÖLGESİNDEKİ İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE BAĞLI YENİLENEBİLİR ENERJİ POTANSİYELİNİN İNCELENMESİ

Yusuf KIRTILOĞLU^{a*} Mustafa ŞAHİN^b Paşa YALÇIN^c ve Ertuğrul KARATAY^d

^{a*} Erzincan Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Erzincan, Türkiye, E-posta: ykirtiloglu@erzincan.edu.tr

^b Erzincan Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Erzincan, Türkiye, E-posta: mustafasahin@erzincan.edu.tr

^c Erzincan Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Türkiye, E-posta: pyalcin@erzincan.edu.tr

^d Erzincan Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Erzincan, Türkiye, E-posta: ekaratay@erzincan.edu.tr



Özet

Günümüzde küresel ısınmaya bağlı olarak ortaya çıkan iklim değişikliği, global anlamda dikkate alınması gereken en büyük sorunların başında gelmektedir. Bölgesine büyük bir sorunun etkilerini ortaya koymak amacıyla bu çalışmada Doğu Anadolu Bölgesinde küresel ısınmanın iklim parametreleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bu kapsamda bölgeye ait meteorolojik ölçümleri gerçekleştiren Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden alınan 1975-2010 yılı aralığındaki aylık donlu günler sayısı, aylık kar yağışlı günler sayısı, aylık ortalama 5 cm, 10 cm, 20 cm, 50 cm ve 100 cm toprak sıcaklığı, aylık ortalama açık günler sayısı, aylık ortalama basınç, aylık ortalama bulutluluk, aylık ortalama günlük toplam global güneşlenme şiddeti, aylık ortalama günlük toplam güneşlenme süresi, aylık ortalama kapalı günler sayısı, aylık ortalama nispi nem, aylık ortalama rüzgâr hızı, aylık ortalama sıcaklık, aylık toplam güneşlenme şiddeti, aylık toplam güneşlenme süresi ve aylık toplam yağış verileri kullanılmıştır. Bu 35 yıllık periyotla meteorolojik parametrelerde ne gibi değişimlerin meydana geldiği araştırılmıştır. Araştırma il bazında yapılmış olup, Doğu Anadolu Bölgesinde bulunan Ardahan, Ağrı, Erzincan, Erzurum, Kars, Iğdır, Tunceli, Van, Malatya, Elazığ, Bingöl, Muş, Bitlis, Hakkari illerini kapsamaktadır. Parametrelerde meydana gelen değişimler, 1975-1986 ve 1999-2010 zaman periyotlarında incelenmiş ve bu zaman periyotları arasındaki değişimler analiz edilmiştir.

Anahtar kelimeler: İklim değişimi, Doğu Anadolu Bölgesi, yenilenebilir enerji.

Abstract

Today, global warming-induced climate change is one of the biggest problems that should be taken into account in global sense. In this study, we studied in order to put a small-scale study of the effects of global warming on climate parameters of Eastern Anatolia region. In this context, monthly number of frost days, the monthly number of days with heavy snowfall, the monthly average of 5 cm, 10 cm, 20 cm, 50 cm and 100 cm soil temperature, the average monthly number of open days, the monthly mean pressure, the monthly mean cloud cover, the monthly average daily global insolation intensity, the monthly average daily total sunshine duration, the average monthly number of days off, the monthly average relative humidity, monthly average wind speed, the average monthly temperature, monthly total sunshine intensity, the total monthly sunshine duration and monthly total rainfall collected from weather stations of the region and in the range of 1975-2010 were examined using data from the State Meteorology Affairs General Directorate for what changes occurred. Investigations and analysis are made on the basis of the province in region of Eastern Anatolia covers the provinces of Ardahan, Agri, Erzincan, Erzurum, Kars, Iğdır, Tunceli, Van, Malatya, Elazığ, Bingöl, Muş, Bitlis, Adiyaman and Hakkari. Comparison of the changes of the parameters with the time periods 1975-1986 and 1999-2010 and carried out by the analysis of changes between these time periods.

Keywords: Climate change, East Anatolian Region, renewable energy.

1. Materyal ve Metod

Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünden alınan meteorolojik parametreler 1975-2010 yılları arasında Ardahan, Ağrı, Erzincan, Erzurum, Kars, Iğdır, Tunceli, Van, Malatya, Elazığ, Bingöl, Muş, Bitlis, Hakkari illerini kapsayan 14 il bazında gerçekleştirilmiştir. Bu veriler ilgili kurum tarafından her yıla ait 12 aylık periyotlara toplanmış olup araştırma konusu kapsamında bu veriler 1975-1986 ve 1999-2010 periyotlarını ortalamaları alınarak incelenmiştir.

Tablo 1. Yıllık ortalama donma olayının gerçekleştiği günlerin sayısının illere göre yüzde değişim miktarları

	Ağrı	Ardahan	Bitlis	Bingöl	Elazığ	Erzincan	Erzurum	Hakkari	Iğdır	Kars	Malatya	Muş	Tunceli	Van
Ort.	0.04	0.29	0.13	0.01	0.11	0.18	-0.37	0.19	0.09	0.02	0.11	0.19	0.09	0.20

Tablo 1'e göre en fazla artış Ardahan ilinde %0,29, en fazla azalış ise Erzurum ilinde %0,37 olarak görülmüştür. Bölgede yaz aylarında genellikle pek fazla değişim olmadığı gözlemlenmiştir.

Tablo 2. Yıllık ortalama kar yağışlı günler sayısının illere göre değişim oranları

	Ağrı	Ardahan	Bitlis	Bingöl	Elazığ	Erzincan	Erzurum	Hakkari	Iğdır	Kars	Malatya	Muş	Tunceli	Van
Ort.	0.15	-0.24	0.14	0.00	0.05	0.05	0.12	-0.08	0.05	-0.29	0.08	0.12	-0.06	0.11

Tablo 2'de yıllık kar yağışlı günler sayısının illere göre değişimi verilmiştir. Buna göre en fazla artış Ağrı ilinde %0,15 ve en fazla azalış ise Kars ilinde %0,29 olarak görülmüştür. Bölgede yaz aylarında ve Eylül ayında genellikle pek fazla değişim gözlemlenmemiştir.

Tablo 3. Yıllık ortalama 5cm toprak sıcaklığının illere göre yüzde değişim oranları

	Ağrı	Ardahan	Bitlis	Bingöl	Elazığ	Erzincan	Erzurum	Hakkari	Iğdır	Kars	Malatya	Muş	Tunceli	Van
Ort.	—	0.16	0.00	-0.27	-0.13	-2.46	-0.19	-0.08	-0.34	0.21	-0.24	-0.27	0.22	0.01

Tablo 3'de yıllık ortalama 5 cm toprak sıcaklığının illere göre değişimi verilmiştir. Buna göre en fazla artış Tunceli ilinde %0,22 en fazla azalış ise Erzincan ilinde % 2,46 olarak görülmüştür.

Tablo 4. Yıllık ortalama 10cm toprak sıcaklığının illere göre değişim yüzdesi

	Ağrı	Ardahan	Bitlis	Bingöl	Elazığ	Erzincan	Erzurum	Hakkari	Iğdır	Kars	Malatya	Muş	Tunceli	Van
Ort.	1.07	0.10	0.07	-0.04	-0.20	-1.19	-0.24	0.09	-0.21	0.12	-0.22	-0.66	-0.08	0.23

Tablo 4'de yıllık ortalama 10 cm toprak sıcaklığının illere göre değişimi verilmiştir. Buna göre en fazla artış Ağrı ilinde %1,07 ve en fazla azalış ise Erzincan'da %1,19 olarak görülmüştür.

Tablo 5. Yıllık ortalama 20cm toprak sıcaklığının illere göre yüzde değişim oranları

	Ağrı	Ardahan	Bitlis	Bingöl	Elazığ	Erzincan	Erzurum	Hakkari	Iğdır	Kars	Malatya	Muş	Tunceli	Van
Ort.	-0.04	0.13	0.19	-0.08	-0.14	-0.79	-0.08	-0.27	-0.18	0.04	-0.17	0.13	-0.04	-0.02

Tablo 5'te yıllık ortalama 20cm toprak sıcaklığının illere göre değişimi verilmiştir. Çizelgeye göre en fazla artış Bitlis ilinde %0,19 ve en fazla azalış ise Erzincan ilinde %0,79 olarak görülmüştür.

Tablo 6. Yıllık ortalama 50cm toprak sıcaklığının illere göre yüzde değişim oranları

	Ağrı	Ardahan	Bitlis	Bingöl	Elazığ	Erzincan	Erzurum	Hakkari	Iğdır	Kars	Malatya	Muş	Tunceli	Van
Ort.	—	—	0.01	-0.06	-0.16	-0.30	-0.05	-0.17	-0.12	0.22	-0.13	-0.24	-0.06	-0.04

Tablo 6'da yıllık ortalama 50 cm toprak sıcaklığının illere göre değişimi verilmiştir. Buna göre en fazla artış Kars ilinde %0,22 ve en fazla azalış ise Ardahan ilinde %0,3 olarak görülmüştür.

Tablo 7. Yıllık ortalama 100cm toprak sıcaklığının illere göre yüzde değişim oranları

	Ağrı	Ardahan	Bitlis	Bingöl	Elazığ	Erzincan	Erzurum	Hakkari	Iğdır	Kars	Malatya	Muş	Tunceli	Van
Ort.	-	0.12	0.02	-0.02	-0.11	-0.27	-0.05	-0.11	-0.06	-0.39	-0.11	-0.18	-0.03	-0.08

Tablo 7'de yıllık ortalama 100 cm toprak sıcaklığının illere göre değişimi verilmiştir. Çizelgeye göre en fazla artış Ardahan ilinde %0,12 ve en fazla azalış ise Kars ilinde %0,39 olarak görülmüştür.

Tablo 8. Yıllık ortalama açık günler sayısının illere göre yüzde değişim oranları

	Ağrı	Ardahan	Bitlis	Bingöl	Elazığ	Erzincan	Erzurum	Hakkari	Iğdır	Kars	Malatya	Muş	Tunceli	Van
Ort.	-0.47	-0.68	-0.22	-0.13	0.06	-0.37	-0.31	-0.41	-0.27	-0.03	-0.02	-0.37	-0.02	-0.30

Tablo 8'de yıllık ortalama açık günler sayısının illere göre değişimi verilmiştir. Çizelgeye göre en fazla artış Elazığ ilinde %0,06 ve en fazla azalış ise Ardahan ilinde %0,68 olarak görülmüştür.

Tablo 9. Yıllık ortalama basıncın illere göre yüzde değişim oranları

	Ağrı	Ardahan	Bitlis	Bingöl	Elazığ	Erzincan	Erzurum	Hakkari	Iğdır	Kars	Malatya	Muş	Tunceli	Van
Ort.	0.0007	0.0007	-0.0005	-0.0006	-0.014	0.0003	-0.0143	-0.0064	0.0006	0.0007	-0.00473	0.0009	-0.0004	-0.0006

Tablo 9'da yıllık ortalama basıncın illere göre değişimi verilmiştir. Buna göre en fazla artış Muş ilinde % 0,0009 ve en fazla azalış ise Erzurum ilinde % 0,0143 olarak görülmüştür. Özellikle Elazığ ve Erzurum illerinde gözlenen değişim, diğer illerdeki değişimlere oranla daha belirgin bir biçimde göze çarpmaktadır. Yıllık ortalama basınç değerlerindeki değişimin mevsimsel olarak çok belirgin farklılık göstermediği, Erzurum ve Elazığ illerindeki belirgin değişimin bütün aylar boyunca diğer illerdeki değişime nazaran belirginliği koruduğu gözlenmiştir

Tablo 10. Aylık ortalama bulutluluğun illere göre yüzde değişim oranları

	Ağrı	Ardahan	Bitlis	Bingöl	Elazığ	Erzincan	Erzurum	Hakkari	Iğdır	Kars	Malatya	Muş	Tunceli	Van
Ort.	0.13	0.18	0.03	-0.02	-0.17	0.1	0.07	0.28	0.04	-0.03	-0.1	0.08	-0.04	0.04

Tablo 10'da yıllık ortalama bulutluluğun illere göre değişimi verilmiştir. Buna göre en fazla artış Hakkari ilinde %0,28 ve en fazla azalış ise Elazığ ilinde %0,17 olarak

Tablo 11. Yıllık ortalama güneşlenme şiddetinin aylık ortalamalarının illere göre yüzde değişim oranları görülmüştür.

	Ağrı	Ardahan	Bitlis	Bingöl	Elazığ	Erzincan	Erzurum	Hakkari	Iğdır	Kars	Malatya	Muş	Tunceli	Van
Ort.	0.01	-	0.13	-	-0.08	-0.17	-0.07	-0.01	-0.11	-0.02	-0.11	0.11	-	-0.12

Tablo 11'de günlük toplam güneşlenme şiddetinin illere göre değişimi verilmiştir. Buna göre en fazla artış Bitlis ilinde %0,13 ve en fazla azalış ise Erzincan ilinde % 0,17 olarak görülmüştür.

Tablo 12. Yıllık ortalama güneşlenme sürelerinin aylık ortalamalarının illere göre yüzde değişim oranları

	Ağrı	Ardahan	Bitlis	Bingöl	Elazığ	Erzincan	Erzurum	Hakkari	Iğdır	Kars	Malatya	Muş	Tunceli	Van
Ort.	0.04	-	0.29	-	-0.10	-0.03	0.03	0.01	-0.05	-0.08	-0.06	0.12	-	-0.06

Tablo12'de günlük toplam güneşlenme sürelerinin aylık ortalamalarının illere göre değişimi verilmiştir. Çizelgeye göre en fazla artış Bitlis ilinde %0,29 ve en fazla azalış ise Elazığ ilinde %0,10 olarak görülmüştür.

Tablo 13. Yıllık ortalama kapalı günler sayısının illere göre yüzde değişim oranları

	Ağrı	Ardahan	Bitlis	Bingöl	Elazığ	Erzincan	Erzurum	Hakkari	Iğdır	Kars	Malatya	Muş	Tunceli	Van
12	0.26	0.37	0.07	-0.12	-0.07	0.19	0.36	0.34	0.05	0.02	-0.14	0.12	0.07	0.12

Tablo 13'te yıllık ortalama kapalı günler sayısının illere göre değişimi verilmiştir. Buna göre en fazla artışlar Ardahan ilinde %0,37 ve Erzurum ilinde %0,36 ve en fazla azalış ise Malatya ilinde %0,14 olarak görülmüştür.

Tablo 14. Yıllık ortalama bağıl nemin illere göre yüzde değişim oranları

	Ağrı	Ardahan	Bitlis	Bingöl	Elazığ	Erzincan	Erzurum	Hakkari	Iğdır	Kars	Malatya	Muş	Tunceli	Van
Ort.	0.08	0.02	-0.07	0.01	0.01	-0.04	-0.01	0.03	0.18	0.03	0.06	-0.07	-0.01	0.00

Tablo 14'te yıllık ortalama bağıl nemin illere göre değişimi verilmiştir. Buna göre en fazla artış Iğdır ilinde %0,18 ve en fazla azalış ise Muş ve Bitlis illerinde %0,07 olarak görülmüştür.

Tablo 15. Yıllık ortalama rüzgâr hızının illere göre yüzde değişim oranları

	Ağrı	Ardahan	Bitlis	Bingöl	Elazığ	Erzincan	Erzurum	Hakkari	Iğdır	Kars	Malatya	Muş	Tunceli	Van
Ort.	0.48	0.10	0.34	0.41	-0.50	0.13	-0.06	0.06	0.00	0.22	-1.45	0.24	0.15	-0.12

Tablo 15'te aylık ortalama rüzgâr hızının illere göre değişimi verilmiştir. buna göre en fazla artış Ağrı ilinde %0,48 ve en fazla azalış ise Malatya %1,45 olarak görülmüştür.

Tablo 16. Yıllık ortalama sıcaklığın illere göre yüzde değişim oranları

	Ağrı	Ardahan	Bitlis	Bingöl	Elazığ	Erzincan	Erzurum	Hakkari	Iğdır	Kars	Malatya	Muş	Tunceli	Van
Ort.	0.04	0.09	-0.12	0.06	-0.09	0.16	-0.02	-0.06	0.14	-0.03	-0.19	0.52	0.22	-0.17

Tablo 16'da yıllık ortalama sıcaklığın illere göre değişimi verilmiştir. Buna göre en fazla artış Muş ilinde %0,52 ve en fazla azalış ise Van ilinde %0,17 olarak görülmüştür.

Tablo 17. Yıllık ortalama güneşlenme şiddetinin illere göre yüzde değişim oranları

Aylar	Ağrı	Bingöl	Bitlis	Elazığ	Erzincan	Erzurum	Hakkari	Iğdır	Kars	Malatya	Muş	Tunceli	Van
	-0.042	-0.034	0.089	-0.030	-0.142	0.131	-0.007	0.002	0.034	-0.033	0.029	-0.059	-0.063

Tablo 17'de aylık toplam güneşlenme şiddetinin illere göre değişimi verilmiştir. Çizelgeye göre en fazla artış Erzurum ilinde %0,131 ve en fazla azalış ise Erzincan ilinde %0,142 olarak görülmüştür.

Tablo18. Yıllık ortalama güneşlenme süresinin illere göre yüzde değişim oranları

	Ağrı	Bingöl	Bitlis	Elazığ	Erzincan	Erzurum	Hakkari	Iğdır	Kars	Malatya	Muş	Tunceli	Van
	-0.006	-0.040	0.150	-0.043	-0.179	-0.029	0.005	-0.023	-0.065	-0.040	0.084	-0.025	-0.033

Tablo 18'de yıllık toplam güneşlenme süresinin illere göre değişimi verilmiştir. Çizelgeye göre en fazla artış Bitlis %0,150 ve en fazla azalış ise Erzincan ilinde % 0,179 olarak görülmüştür.

Tablo 19. Yıllık ortalama yağışın illere göre yüzde değişim oranları

	Ağrı	Ardahan	Bitlis	Bingöl	Elazığ	Erzincan	Erzurum	Hakkari	Iğdır	Kars	Malatya	Muş	Tunceli	Van
Ort.	-0.07	-0.47	-0.55	-0.24	-0.11	-0.11	0.04	-0.81	-0.37	-0.40	-0.51	-0.04	-0.16	-0.58

Tablo 19'da yıllık toplam yağış miktarının illere göre değişimi verilmiştir. Çizelgeye göre en fazla artış Erzurum ilinde %0,04 ve en fazla azalış ise Hakkari ilinde %0,81 olarak görülmüştür.

2. Tartışma ve Sonuçlar

Çalışma alanında genel olarak toplam yağışlı günler sayısında belirgin derecede azalma söz konusudur. Bu durum esas itibarıyla yağışlı günlerin çok büyük bir kısmının oluşturan 10mm'nin altındaki az yağışlı günler sayısının giderek azalmasıyla bağlantılıdır. Doğu Anadolu Bölgesi'nde toplam yağış miktarının belirgin bir azalma eğilimi göstermemesine karşılık, toplam yağışlı günler sayısının azalma göstermesi ise 25 - 50 mm arasındaki şiddetli yağışların kısmen de olsa artış göstermesi ile alakalıdır. Az şiddetli yağışlı günler sayısında genel olarak azalma eğilimi söz konusudur. Buna karşılık orta şiddetli yağışlı günler oldukça önemsiz değişimler göstermektedir. Şiddetli yağışlar Doğu Anadolu Bölgesi'nin genelinde azalma eğilimi göstermektedir. 50mm'nin üzerindeki aşırı şiddetli yağışlar ise genel olarak tüm istasyonlarda azalma eğilimi göstermektedir ki zaten bu şiddetli yağışlı günlerin sayısı toplam içerisinde son derece azdır.

Bütün istasyonlarda yağışlı günlerin sayıca en fazla olduğu mevsim kış ve ilkbahar mevsimleridir. Bu iki mevsimin gerek yağışlı gün sayıları gerekse bu sayıların toplam içerisinde yüzde oranları birbirine çok yakındır. Bununla birlikte genel olarak kış ve ilkbahar mevsimlerindeki yağışlı gün sayıları azalma eğilimi göstermektedir. Aneak yaz ve sonbahar mevsimlerinde böyle bir azalma görülmekle birlikte bölgenin genelinde sonbahar mevsimi yağışlı günler sayısında nispeten artma eğilimi dikkati çekmektedir. Bu istasyonlarda kış ve ilkbahar mevsimlerinde görülen azalmaya karşın sonbahar mevsimindeki artma eğilimi toplam yağış miktarını dengede tutmuştur. Bununla beraber istasyonların tamamında kış mevsimi yağışlı gün sayısının az olduğu dönemlerde ilkbahar mevsimi yağışlı gün sayılarının arttığı, kış mevsimi yağışlı gün sayılarının fazla olduğu dönemlerde ise ilkbahar mevsimi yağışlı gün sayılarının azaldığı dikkati çekmektedir.

Çalışma alanının sıcaklık koşullarına bakıldığında ise gerek ortalama, gerekse maksimum ve minimum sıcaklıklarda belirgin artma eğilimi söz konusudur. İklim değişikliğine yönelik olarak alınacak önlemlerin başında, sera gazı salınımlarının azaltılması ya da denetlemeye yönelik politikalar geliştirmek, yenilenebilir enerji kaynaklarının etkin bir şekilde yararlanmak gelmektedir. Su temini ve olanaklarını artırmak için ise, yeraltı su kaynaklarından daha fazla yararlanmak, tuzlu deniz suları artırmaya tesislerden işleyerek tatlılaştırılmaya çalışmak, kullanılmış atık suları temizleyerek yeniden kullanıma sunmak gerekmektedir. Bunun yanı sıra ozon dostu ürün, iyi kalitede benzin ve