

CM SAF Oransal Bulut Kapalılığı (CFC) Verisinin Başarımı ve Doğu Anadolu Gözlemevi (DAG) Yerleşkesi için Analizi

Kazım Kaba^{1,*}, Cahit Yeşilyaprak^{1,2}

¹Astrofizik Araştırma ve Uygulama Merkezi (ATASAM), Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

²Astronomi ve Uzay Bilimleri, Fen Fakültesi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Makale Tarihçesi

Gönderim: 01.02.2021

Kabul: 11.06.2021

Yayın: 20.09.2021

Araştırma Makalesi

Öz – Doğu Anadolu Gözlemevi (DAG) projesi 2011 yılında Erzurum’da başlatılmıştır. DAG’da 2021 yılı sonunda ilk ışığın alınmasıyla Türkiye’nin en büyük (4 m) optik ve ilk kızılötesi teleskobunun kurulum sürecini tamamlaması planlanmaktadır. Yer tabanlı astronomik gözlemleri için bulutluluk en hayati atmosferik parametredir. Bulutluluk oranı, bulut türleri ve bulut değişimi yer tabanlı bir gözleminde astronomik gözlemlerin yapılmasını kısıtlayabilir veya tamamen engelleyebilir. Bu nedenle bu çalışma DAG yerleşkesinin bulutluluk değerlerine odaklanmıştır. Bu kapsamda DAG yerleşkesi için bulutluluk değerleri analiz edilerek yerleşkenin yıllık açık gün sayıları belirlenmiştir. Bu amaç için çalışmamızda sabit yörüngeli meteorolojik uydu olan ve Türkiye’yi de kapsayan METEOSAT uydu verileri kullanılmıştır. EUMETSAT’ın (European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites; Avrupa Birliği Meteorolojik Uydu İşletme Teşkilatı) denetim ve koordinasyonunda olan CM SAF (Satellite Application Facility on Climate Monitoring; İklim Yönetimi Üzerine Uydu Uygulama Birimi), METEOSAT verilerinden iklimsel çalışmalar için atmosferimize ait çeşitli veri setleri üretmektedir. Bu verilerden biri olan ve 1991 - 2015 yılları arasında kapsayan CFC (Cloud Fractional Cover; Oransal Bulut Kapalılığı) verisinin öncelikle Türkiye için tutarlılık testi yapılarak ürünün başarımı araştırılmıştır. Test sonuçları bu ürünün tutarlılığının bazı kentlerimiz (Adana, Ankara ve Erzurum) için nispeten düşük kaldığını göstermiştir. Sonraki aşamada DAG için CFC verisinden saatlik, günlük, aylık, mevsimlik ve yıllık bulutluluk analizleri yapılarak DAG yerleşkesinin açık gün sayısı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler – Astronomi, bulutluluk, CFC, doğu anadolu gözlemevi, meteosat, uzaktan algılama

Validation of CM SAF Cloud Fractional Cover (CFC) Data and Analysis of CM SAF CFC Data for the Eastern Anatolia Observatory (DAG) Site

¹Astrophysics Research and Application Center (ATASAM), Atatürk University, Erzurum Turkey

²Department of Astronomy and Space Sciences, Science Faculty, Atatürk University, Erzurum, Turkey

Article History

Received: 01.02.2021

Accepted: 11.06.2021

Published: 20.09.2021

Research Article

Abstract – Eastern Anatolia Observatory (DAG) project was initiated in Erzurum in 2011. Turkey’s largest (4 m) and the first infrared telescope is planned to complete its installation process by taking its first light at the end of 2021 at DAG. This study was focused on the atmospheric properties of the DAG site in terms of cloudiness known to be the most vital atmospheric parameter for ground-based astronomical observatories. For ground-based astronomical observatories, cloud cover is vital atmospheric parameter. For this reason, this study focused on the cloudiness values for the DAG site. In this regard, cloud coverage values for the DAG site were analysed and the annual numbers of nights convenient for observation at the site were determined. For this purpose, data from METEOSAT, which is a meteorological satellite on a geostationary orbit with full sky coverage over Turkey, was used in the study. The CM SAF (Satellite Application Facility on Climate Monitoring) under the supervision and coordination of EUMETSAT (European Organization for the Exploitation of Meteorological Satellites) produces various data sets of the earth atmosphere for climatic studies from METEOSAT images. CFC (Cloud Fractional Cover) product, which is one of these data sets covering 1991 - 2015, was first tested for consistency for Turkey and the success of the product in representing cloud coverage was investigated. Validation results showed that the success of this product remained relatively low for some cities such as Adana, Ankara and Erzurum. In the next stage, hourly, daily, monthly, seasonal and annual cloudiness analyses were performed for the DAG site from the CFC data, and the number of nights convenient for observations at the DAG site was determined from this data.

Keywords – Astronomy, cloud cover, CFC, eastern anatolia observatory, meteosat, remote sensing

¹ kkaba46@gmail.com

² cahity@atauni.edu.tr

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author

1. Giriş

Yeryüzü tabanlı astronomik gözlemler için en belirleyici etken yıldızlardan gelen ışığın saçılmasına ve soğurulmasına neden olarak ışığın teleskopa ulaşımını kısıtlayan veya engelleyen Dünya'nın atmosferidir. Atmosferin karakteristik özelliklerinin yüksek doğrulukta tespiti ve sürekli takibi; gözlem yöntemlerinin, projelerinin, aygıtların planlanması, hazırlanması ve kaliteli gözlemsel veriler elde edilmesi için çok önemlidir. Atmosfer, bir gözlemevinin değerli gözlem zamanının etkin bir şekilde kullanılması için de kritik öneme sahiptir. Yeryüzü atmosferi meteorolojik olarak bulutluluk, sıcaklık, yağış, basınç, nem ve rüzgâr gibi temel parametrelerle değerlendirilmektedir. Astronomik gözlemler için ilk temel meteorolojik parametre bulutluluk olup bulutluluk oranı, bulut türleri ve bulutluluk değişimi gibi bilgiler gözlemler için çok önemlidir. Bir gözlemevi için bulutluluk bilgileri hem gözlemevi için seçilen yerleşkenin kalitesini ve ne sıklıkta gözlem yapılabileceği bilgisini verir, hem de yapılacak gözlemlerin türünü ve kullanılacak gözlemsel aygıtların önceden hazırlanması için büyük bir fırsat sağlar.

Günümüzde ülkelerin meteoroloji birimleri yerinde ölçümler, uydu gözlemleri ve radar kayıtları gibi çeşitli araçlarla farklı disiplinlerin (ziraat, ulaşım, astronomi gibi) ihtiyacı olan atmosferik ve meteorolojik verilerin ölçümünü, takibini, yönetimini ve dağıtımını yapmaktadır. Meteoroloji servislerinin yanı sıra çeşitli kurum ve kuruluşlarda (gözlemevleri, kent yönetimleri ve tarım işletmeleri gibi) kendi meteorolojik istasyonlarını kurarak ihtiyaç duydukları bilgilere ulaşmaktadır. Bu farklı yöntemlerle elde edilen atmosferik verilerden biri de bulutluluk bilgileridir. Geleneksel olarak, meteorolojik yer istasyonlarında bulutluluk bilgisi, gözlemciler (rasatçılar) tarafından yüzdesel olarak belirlenirken; son dönemlerde yine yeryüzü tabanlı olarak geniş açılı kameralar (ASC: All Sky Camera) ile gökyüzünün görüntüsü alınarak ve bu görüntülere çeşitli analizler yapılarak bulutluluk bilgileri elde edilmektedir. Diğer bir bulutluluk ölçüm yöntemi ise Dünya çevresinde belirli yörüngelerde bulunan meteoroloji uydularından uzaktan algılama yöntemiyle elde edilen bulutluluk bilgileridir. Ayrıca, sayısal hava tahmin modellerinden de geleceğe ait bulutluluk bilgisi elde edilmektedir. Bulutluluk bilgilerine ait kategorik ve sürekli değerler olmak üzere, bulut maskesi (CMA: Cloud Mask), bulut tipi (CT: Cloud Type) ve bulut oranı (CF: Cloud Fraction) bilgileri elde edilerek; enerji, ulaşım, iklim değişikliği ve astronomi gibi farklı disiplinlere ait çalışmalarda kullanılmaktadır ([Badescu ve Dumitrescu, 2016](#); [Chernokulsky ve Esau, 2019](#); [Hellemeier vd., 2019](#); [Kotarba vd., 2019](#)).

Bulutlar öncelikle gezegenimizde canlılığın devamı için gerekli olan yağış oluşumuna imkân sunarken, yeryüzüne ulaşan kısa dalga enerji ve uzaya kaçan uzun dalga enerji miktarına da etki ederek Dünyanın enerji dengesinde önemli bir rol oynar. Bu olgular gibi bulutların çok önemli görevleri olmakla birlikte kara, deniz ve hava olmak üzere ulaşım ve görüş mesafesine olumsuz etki edebilir. Bunun dışında astronomi açısından baktığımızda astronomik gözlemlerin yapılıp yapılamayacağını ve gözlem yapıldığı takdirde gözlem aşamasında kullanılacak cihaz ile yöntemleri ve elde edilen gözlem verilerinin kalitesini bulutluluk oranı ve bulut tipleri olumsuz etkileyebilir.

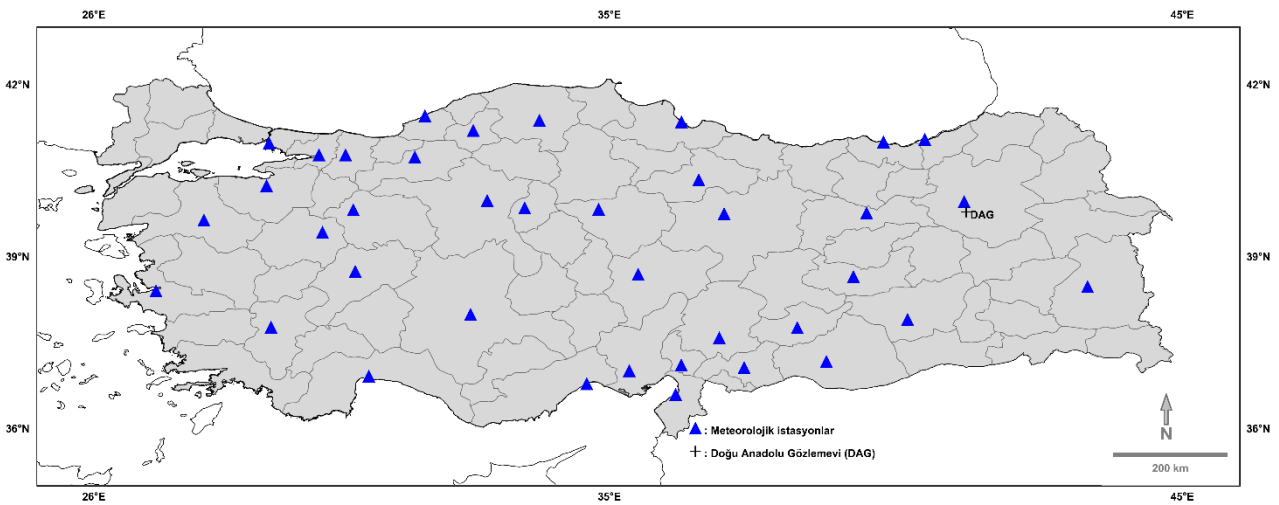
Astronomide, özellikle gözlemevi yer seçimi ile gözlemlerin planlanması ve değerli gözlem zamanının en etkin şekilde kullanılması adına, kısa ve uzun dönemli atmosferik koşulların anlık ve sürekli takibi için meteorolojik veriler yaygın olarak kullanılmaktadır. Gözlemevlerinin kuruluşu için yer seçimi aşamasında ve kurulduktan sonra yerleşkede gözlem yapılabilecek açık gün sayısını belirlemek için başta bulutluluk bilgileri değerlendirilmektedir ([Aksaker vd., 2015](#); [Aksaker vd., 2020](#); [Calisse vd., 2004](#); [Falvey ve Rojo, 2016](#); [Hellemeier vd., 2019](#); [Hidayat vd., 2012](#); [Koc-San vd., 2013](#); [McInnes ve Walker, 1974](#); [Schöck vd., 2009](#); [Vernin vd., 2011](#)). Gözlemevleri için atmosferik ve astronomik koşulların anlık ve sürekli takibi ile ileriye dönük tahminler, uzaktan algılama yöntemleri ve analizleriyle çok daha fazla doğrulukta yapılmaya başlanmıştır. Bu tür çalışmalar, benzer şekildeki bütün büyük gözlemevleri için günümüzde vazgeçilmez hale gelmiştir. Uzaktan algılama verileri, sayısal olmaları, geniş alanları kapsamaları ve düşük maliyetleri nedeniyle pek çok avantaja sahiptir. Uzaktan algılama verileri içerisinde bulut verisi ilk üretilen ürünlerden biri olmasının yanı sıra iyi belirlenmesi de önemli bir avantajdır.

Bu çalışmada Doğu Anadolu Gözlemevi (DAG) için bulutluluk değerleri analiz edilerek açık gün sayıları belirlenmiştir. Bu amaç için çalışmamızda sabit yörüngeli meteorolojik uydu olan ve Türkiye'yi de kapsayan METEOSAT uydu verileri kullanılmıştır. EUMETSAT'ın (European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites; Avrupa Birliği Meteorolojik Uydu İşletme Teşkilatı) denetim ve koordinasyonunda olan CM SAF (Satellite Application Facility on Climate Monitoring; İklim Yönetimi Üzerine Uydu Uygulama Birimi), METEOSAT verilerinden iklimsel çalışmalar için atmosfere ait çeşitli veri setleri üretmektedir. Bu verilerden biri olan ve 1991 - 2015 yılları arasında kapsayan CFC (Cloud Fractional Cover; Oransal Bulut Kapalılığı) verisinin (Stöckli vd., 2017) öncelikle Türkiye için tutarlılık testi yapılarak ürünün başarımı araştırılmıştır. Sonraki aşamada DAG için CFC verisinden saatlik, günlük, aylık, mevsimlik ve yıllık bulutluluk analizleri yapılarak bu veriden DAG yerleşkesinin açık gün sayısı belirlenmiştir. Ayrıca CFC verisinden tüm Türkiye'yi kapsayacak şekilde uzun yıllık ortalama bulut atlası elde edilmiştir. Bölgemiz için CM SAF CFC verisinin tutarlılığının araştırılması ve astronomik amaçlı kullanımı ilk olup bu ürün ile DAG bulutluluk bilgileri ve karakteristik özellikleri ilk kez bu çalışma ile sunulmuştur.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Bu çalışmada CM SAF tarafından geliştirilen CFC verisinin başarımını Türkiye için test etmek üzere Doğu Anadolu Gözlemevi (DAG) için bulutluluk değerleri CFC verisinden analiz edilmiştir. CFC verisinin doğruluğunu test etmek için hem MGM yer ölçümü hem de uydu ölçümünün günlük ortalama bulutluluk değerleri kullanılmıştır. MGM istasyonlarında (klima) 07, 14 ve 21 yerel saatlerinde yapılan bulut ölçümlerinden elde edilen günlük ortalama bulut değerleri 0 - 10 aralığında değer alırken CFC değerleri 0 - 100 aralığında değişmektedir. Farklı ölçekte olan bu veri setlerini kıyaslamak için CFC değerleri 0 - 10 aralığına normalize edilmiştir. Çalışma alanı olarak Türkiye ve DAG yerleşkesi ele alınmıştır. Türkiye 26 - 45° doğu boylamları ile 36 - 42° kuzey enlemleri arasında yer alırken DAG 3170 m rakımda Karakaya - Erzurum tepesinde 39.78° Kuzey enlemi ve 41.23° Doğu boylamında yer almaktadır. [Şekil 1](#)'de çalışma alanını ve tutarlılık için kullanılan istasyonlar ile DAG konumunu gösteren harita, [Tablo 1](#)'de ise kullanılan yer istasyonlarının enlem, boylam, rakım ve şehir bilgileri verilmiştir. İstasyonların güncel bilgilerine MGM (Meteoroloji Genel Müdürlüğü) kaynaklarından ulaşılabilir ([MGM, 2021a](#)).



Şekil 1. Çalışma alanı

Türkiye deniz seviyesinden ortalama 1130 m yüksekliğe sahip olup yıllık ortalama sıcaklık değerleri 3.6 °C ile 20.1 °C arasında değişmektedir ([Deniz vd. 2011](#)). Yıllık ortalama yağış miktarı 648 mm civarında iken,

ortalama güneşlenme süresi 6.9 saat/gün ve ortalama global güneş radyasyonu 4.2 kWsa/m² değerindedir. Türkiye'nin Akdeniz ve Ege kıyıları ile Marmara bölgesinde Akdeniz iklimi, iç kısımlarında karasal iklim ve Karadeniz bölgesinde ise Karadeniz iklimi özellikleri görülür (Iyigun vd. 2013; Kaba vd. 2018; Sahin ve Cigizoglu 2012). Erzurum'da karasal iklim özellikleri görülmektedir. Kışlar uzun ve karlı, yazlar ise kısa ve ılık geçmektedir. Erzurum şehir merkezinde bulunan meteoroloji istasyonu 1929 yılından beri gözlem yapmaktadır. Yaklaşık 90 yıllık gözlemlerden elde edilen sonuçlara göre, ilde en soğuk geçen ayların ortalaması, -9.2 °C, en sıcak geçen ayların ortalaması ise 19.5°C olarak ölçülürken; en düşük sıcaklık -37.2 °C, en yüksek sıcaklık ise 36.5 °C olarak ölçülmüştür. Ayrıca yine MGM kayıtlarına göre yıllık yağış miktarı yaklaşık 432.2 mm'dir. En az yağış kış döneminde kar şeklinde düşmekte olup kar yağışlı gün sayısı yaklaşık olarak 50 gündür. Kar örtüsü süresi ise yaklaşık 114 gündür. İl en fazla yağışı ilkbahar ve yaz mevsiminde almaktadır (MGM, 2021b; Toy ve Kantor, 2017).

Tablo 1

Çalışmada kullanılan meteorolojik yer istasyonlarının konum bilgileri

İstasyon Numarası	Enlem (Derece)	Boylam (Derece)	Rakım (m)	Şehir	İstasyon Numarası	Enlem (Derece)	Boylam (Derece)	Rakım (m)	Şehir
17022	41.45	31.78	135	Zonguldak	17150	39.63	27.92	102	Balıkesir
17030	41.34	36.26	4	Samsun	17155	39.42	29.99	969	Kütahya
17038	41.00	39.78	39	Trabzon	17172	38.47	43.35	1675	Van
17040	41.04	40.50	3	Rize	17190	38.74	30.56	1034	Afyonkarahisar
17062	40.97	29.06	16	İstanbul	17196	38.69	35.50	1094	Kayseri
17066	40.77	29.93	76	Kocaeli	17201	38.64	39.26	989	Elâzığ
17069	40.77	30.39	30	Sakarya	17220	38.39	27.08	29	İzmir
17070	40.73	31.60	743	Bolu	17237	37.76	29.09	425	Denizli
17074	41.37	33.78	800	Kastamonu	17244	37.98	32.57	1031	Konya
17078	41.20	32.62	259	Karabük	17255	37.58	36.92	572	Kahramanmaraş
17086	40.33	36.56	611	Tokat	17261	37.06	37.35	854	Gaziantep
17090	39.74	37.00	1294	Sivas	17265	37.76	38.28	672	Adıyaman
17094	39.75	39.49	1216	Erzincan	17270	37.16	38.79	550	Şanlıurfa
17096	39.95	41.19	1758	Erzurum	17280	37.90	40.20	674	Diyarbakır
17116	40.23	29.01	100	Bursa	17300	36.91	30.80	64	Antalya
17123	39.81	30.53	787	Eskişehir	17340	36.78	34.60	7	Mersin
17130	39.97	32.86	891	Ankara	17351	37.00	35.34	23	Adana
17135	39.84	33.52	751	Kırıkkale	17355	37.10	36.25	94	Osmaniye
17140	39.82	34.81	1301	Yozgat	17370	36.59	36.15	4	Hatay

CM SAF'ın vizyonu Dünya ikliminin anlaşılması için yüksek kalitede uydu bazlı küresel enerji ve su döngüsü ürünleri geliştirme, arşivleme ve dağıtma ile ilgili sürdürülebilir hizmetleri sağlamaktır. CM SAF, METEOSAT verilerinden iklimsel çalışmalar için atmosferimize ait çeşitli veri setleri üretmektedir. Bu verilerden biri olan ve 1991 - 2015 yılları arasını kapsayan CFC verisidir (Bojanowski vd., 2018; CM SAF, 2017; Stöckli vd., 2017). CFC ürünü METEOSAT uydularındaki (MSG 1, 2, 3 ve 4) SEVIRI (The Spinning Enhanced Visible and InfraRed Imager; Dönen Gelişmiş Görünür ve Kızılötesi Görüntüleyici) ve SEVIRI'nin öncülü olan MVIRI (Meteosat Visible and Infrared Imager; Meteosat Görünür ve Kızılötesi Görüntüleyici) algılayıcısının geniş bant (METEOSAT 1 - 7) ve 10.8 µm kanalları kullanılarak 1991 - 2015 yıllarını ve METEOSAT kapsama alanını (METEOSAT Full disk) içerecek şekilde üretilmiştir. CFC uzun

dönem iklim verisi olması nedeniyle iklimsel çalışmalar için çok uygun bir veri setidir. SEVIRI ve MVIRI algılayıcılarının yüksek zamansal (≤ 30 dk) ve konumsal (≤ 5 km) çözünürlükleri CFC ürünü için yeterli/etkili çözünürlük sağlamıştır. METEOSAT geniş bir alanı kapsamaması nedeniyle Avrupa, Afrika ve Atlas okyanusu alanları için CFC verileri iklimsel çalışmalara izin verir. CFC verisi saatlik, günlük ve aylık olarak dağıtılmaktadır. CFC verisinin yer-konuşlu meteoroloji istasyonlarından elde edilen veriye göre doğruluk testi günlük değerlerden yapılarak analizler için saatlik, günlük ve aylık CFC değerleri kullanılmıştır. Çalışmada analiz edilmek üzere indirilen veriler günlük 9131 adet netcdf (Network Common Data Form) dosyası olup toplam boyutu 55 GB, aylık 300 adet netcdf dosyası olup toplam boyutu 1.1 GB ve aylık ortalama saatlik veri 300 adet netcdf dosyası olup toplam 36 GB boyutundadır. CFC ürünü yüksek seviye (Level 3) ürün olup piksel çözünürlüğü 0.05 derecedir (~ 5.5 km) ve piksel değerleri bulutluluğu yüzdesel (%0 - %100) olarak vermektedir.

2.2. Yöntem

Bu çalışmada uydu verileri ile yer verileri arasındaki ilişki değerlendirilmek amacıyla korelasyon analizi kullanılmıştır. Eşitlik 2.1'de CFC değişkeni uydu bulut verisine, MGM değişkeni ise yer bulut verisine karşılık gelmektedir. CM SAF CFC ürününün Türkiye genelindeki yer-konuşlu meteoroloji istasyonlarından alınan veri ile karşılaştırmak ve sonuçlarını değerlendirmek için istatistiksel parametreler kullanılmıştır. Bu parametrelerden r^2 (r: Linear Correlation Coefficient-Lineer Korelasyon Katsayısı), MBE (Mean Bias Error; Ortalama Yanlı Hata), MAE (Mean Absolute Error; Ortalama Mutlak Hata) ve RMSE (Root Mean Square Error; Kare Ortalama Karekök Hata) eşitlik 2.2'den 2.5'e kadar verilen ifadelerle hesaplanır. Bu ifadelerde, n toplam veri sayısı olup G_i , ve \bar{G} sırasıyla meteorolojik yer istasyonlarında ölçülen bulut verileri ve bu verilerin ortalamasıdır. S_i , ve \bar{S} ise uydudan hesaplanan bulut verileri ve bu verilerin ortalamasıdır. r^2 , modeldeki bağımsız değişkenler tarafından açıklanan varyans miktarını temsil eder. MBE, yerden ölçülen bulut değerleri ile uydudan hesaplanan bulut değerleri arasındaki farkların ortalamasıdır ve MBE, yapılan tahminin gerçek değerlerden daha yüksek veya daha düşük olduğu bilgisini sağlar. MAE, yönlerini dikkate almadan bir dizi tahmindeki hataların ortalama büyüklüğünü verir. RMSE, aynı zamanda hatanın ortalama büyüklüğünü de ölçen ikinci dereceden bir hata hesaplama kuralıdır. İki nicelik arasında yüksek bir doğruluk için, r^2 değeri yüksek (bire yaklaşımlı) ve MBE, MAE ve RMSE değerleri düşük (sıfıra yaklaşımlı) olmalıdır.

$$\text{MGM} = m * \left(\frac{\text{CFC}}{10} \right) + b \quad (2.1)$$

$$r^2 = \frac{[\sum_{i=1}^n (G_i - \bar{G})(S_i - \bar{S})]^2}{\sum_{i=1}^n (G_i - \bar{G})^2 \sum_{i=1}^n (S_i - \bar{S})^2} \quad (2.2)$$

$$\text{MBE} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (G_i - S_i) \quad (2.3)$$

$$\text{MAE} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |G_i - S_i| \quad (2.4)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (G_i - S_i)^2} \quad (2.5)$$

3. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmanın temel amacı DAG yerleşkesinde bulut değerlerinin zamansal analizinin yapılarak yıllara göre gözlem yapılabilecek açık gün sayılarının belirlenmesidir. Eğer bir gözlemevinin uzun dönem iklimsel özellikleri bilinirse gelecek için sınırlı bir ölçüde olsa da tahminler yapılarak uygun gözlem zamanları ve gözlem türleri belirlenebilir. Ayrıca bir gözlemevinin geniş zaman aralığına yayılmış atmosferik değerleri kullanılarak geçmiş, mevcut ve gelecekteki atmosferik koşullar hakkında bilgi elde edilebilir. Bu durumda atmosferik koşulların kötüye gitmesine karşın kaliteli gözlem ürünleri elde edebilmek için önlem alınabilir. Örneğin gözleminde kullanılan cihazların özellikleri geliştirilebilir, hatta gözlemevinin taşınmasına bile karar verilebilir. Bu amaç için CM SAF CFC ürünü, geniş zamansal arşivi (1991 - 2015) nedeniyle tercih edilmiştir. CFC ürünü son kullanıcıya yönelik, üst seviye (Level 3), veri ön işleme ve veri işleme aşamalarına ihtiyaç duyulmadan doğrudan kullanıma hazır bir veri setidir. Bu veri seti ile DAG için bulutluluk analizi yapılmadan önce günlük CFC verilerinin başarımlı test edilmiştir. Türkiye arazisine/alanına mümkün olduğunca homojen dağılmış 38 adet meteoroloji istasyonunda ölçülen günlük bulut değerleri ve günlük CFC görüntülerinden bu istasyon konumlarına denk gelen piksel değerleri arasındaki korelasyon analiz edilmiştir. Bu iki nicelik arasındaki lineer korelasyona ilişkin katsayılar (m, b) ve ilgili istatistiksel parametreler [Tablo 2](#)'de verilmiştir. DAG konumuna en yakın MGM istasyonu olması nedeniyle 17096 - Erzurum istasyonuna ait bulut değerleri ile bu konuma denk gelen CFC bulut değerlerinin dağılım grafiği ise [Şekil 2](#)'de verilmiştir. Erzurum istasyonu ile DAG yerleşkesi arasındaki kuş bakışı uzaklık yaklaşık 17 km olup MGM yer istasyonlarında ölçülen bulut değerleri 20 km'lik çapa sahip bir alanı temsil etmektedir. [Şekil 2](#)'deki dağılım grafiği MGM Erzurum yer istasyonu ölçümü ile Erzurum istasyonuna denk gelen CFC değerlerini göstermektedir. Hem yer hem de uydu ölçümünün günlük ortalama bulutluluk değerleri kullanılmıştır. MGM istasyonlarında 07, 14 ve 21 yerel saatlerinde yapılan bulut ölçümlerinden elde edilen günlük ortalama bulut değerleri 0 - 10 aralığında değer alırken CFC değerleri 0 - 100 aralığında değişmektedir. Farklı ölçekte olan bu veri setlerini kıyaslamak için CFC değerleri 0 - 10 aralığına normalize edilmiştir.

Tablo 2

MGM ve CFC verileri arasındaki ilişki katsayıları ve istatistiksel parametreler

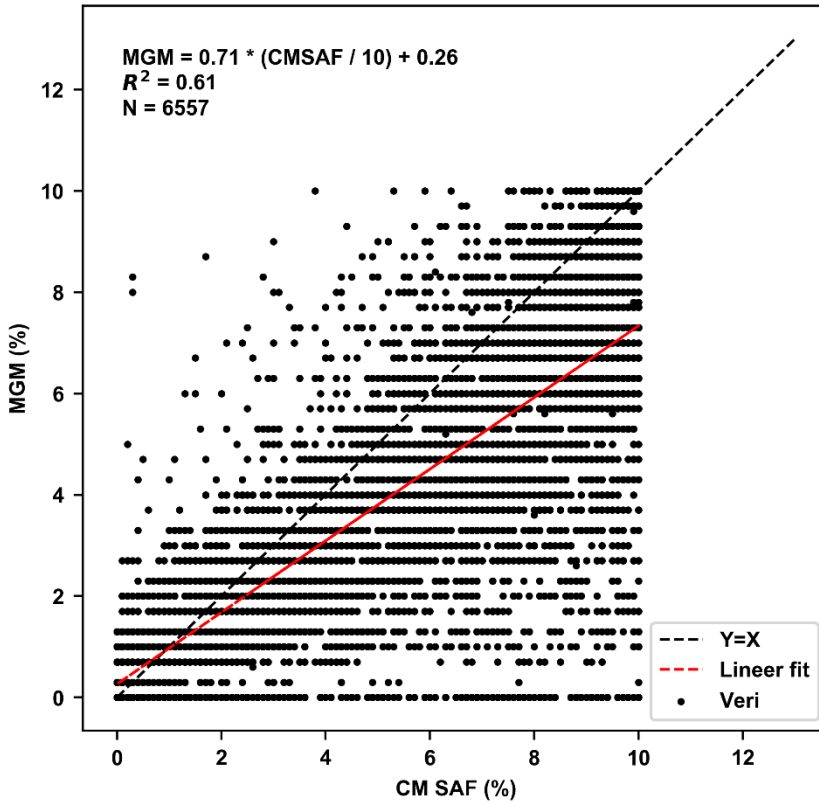
İstasyon Numarası	m	b	r ²	MBE	MAE	RMSE	İstasyon Numarası	m	b	r ²	MBE	MAE	RMSE
17022	0.82	0.23	0.81	-0.79	1.31	1.76	17150	0.79	0.38	0.81	-0.59	1.22	1.67
17030	0.77	0.78	0.79	-0.60	1.29	1.65	17155	0.83	0.36	0.74	-0.47	1.34	1.89
17038	0.68	1.64	0.72	-0.51	1.41	1.76	17172	0.79	0.02	0.77	-0.95	1.39	1.87
17040	0.83	0.09	0.74	-1.02	1.50	1.97	17190	0.83	0.19	0.77	-0.63	1.23	1.78
17062	0.84	-0.27	0.80	-1.10	1.46	1.95	17196	0.79	0.15	0.75	-0.91	1.39	1.97
17066	0.80	0.76	0.79	-0.37	1.21	1.66	17201	0.83	0.32	0.80	-0.41	1.13	1.65
17069	0.83	0.15	0.79	-0.82	1.36	1.81	17220	0.77	0.22	0.86	-0.64	1.07	1.49
17070	0.78	0.54	0.72	-0.70	1.47	1.94	17237	0.83	-0.10	0.85	-0.82	1.12	1.60
17074	0.84	0.00	0.75	-0.92	1.45	1.97	17244	0.80	0.27	0.79	-0.61	1.21	1.66
17078	0.75	0.30	0.70	-1.12	1.61	2.24	17255	0.88	-0.32	0.86	-0.78	1.05	1.55
17086	0.80	0.28	0.80	-0.82	1.30	1.75	17261	0.86	-0.22	0.80	-0.73	1.14	1.74

Tablo 2'nin devamı.

İstasyon Numarası	m	b	r ²	MBE	MAE	RMSE	İstasyon Numarası	m	b	r ²	MBE	MAE	RMSE
17090	0.79	0.24	0.73	-0.81	1.39	1.98	17265	0.89	0.09	0.89	-0.34	0.84	1.24
17094	0.81	0.20	0.77	-0.77	1.31	1.83	17270	0.81	-0.12	0.84	-0.78	1.05	1.58
17096	0.71	0.26	0.61	-1.35	1.78	2.51	17280	0.84	0.09	0.85	-0.54	1.00	1.49
17116	0.81	-0.09	0.82	-1.05	1.38	1.87	17300	0.80	0.34	0.86	-0.35	0.94	1.28
17123	0.81	0.47	0.81	-0.43	1.15	1.59	17340	0.71	0.89	0.78	-0.19	1.22	1.57
17130	0.68	1.63	0.46	0.06	1.78	2.78	17351	0.76	0.77	0.76	-0.14	1.20	1.63
17135	0.73	1.29	0.50	-0.03	1.71	2.68	17355	0.79	0.67	0.75	-0.17	1.25	1.74
17140	0.82	0.01	0.73	-0.87	1.43	2.01	17370	0.72	0.76	0.75	-0.44	1.32	1.72

(Çalışmada kullanılan lineer denklem: $MGM = m * \left(\frac{CFC}{10}\right) + b$)

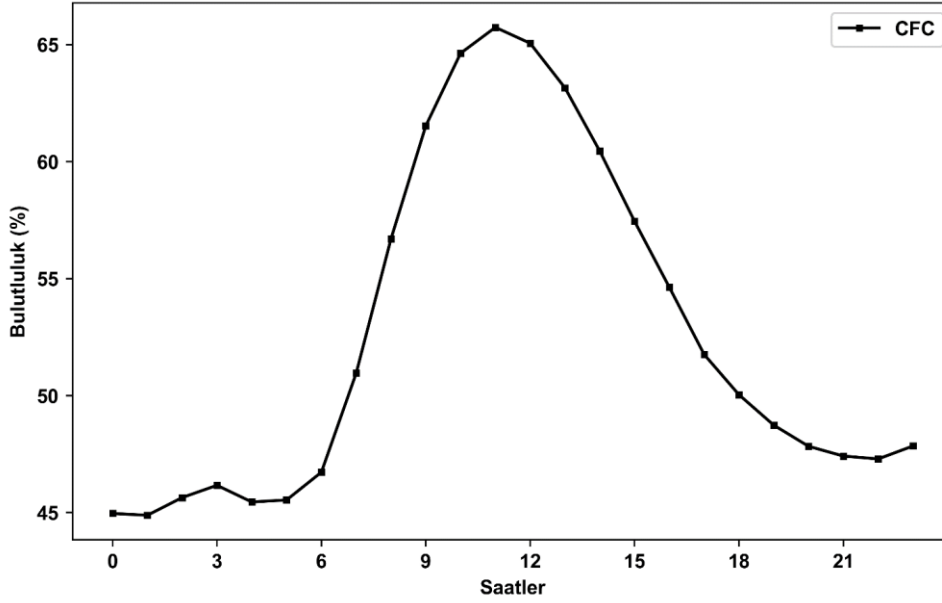
[Tablo 2](#)'den r² değerleri incelendiğinde iki bulut verisi arasındaki en düşük tutarlılığın olduğu istasyon 0.46 değeri ile 17130 - Ankara istasyonudur. En yüksek uyumun olduğu istasyon ise 0.89 değeri ile 17265 - Adıyaman istasyonudur. 38 adet test istasyonunun r² değerleri 0.46 - 0.89 arasında değişmekte ve tüm istasyonların ortalama r² değeri 0.77 olarak elde edilmiştir. Başka bir ifadeyle korelasyon katsayısı (r) 0.77 - 0.94 aralığında değişmekte ve tüm istasyonların ortalama r değeri 0.88 olarak hesaplanmıştır. Bu değer istatistiksel veri grupları arasında güçlü bir lineer korelasyon bulunduğu anlamına gelse de iki farklı yöntemle elde edilen bulut değerlerinin uyumunun daha yüksek olması beklenen/istenilen bir durumdur. 15 adet istasyonun r² değeri ortalamanın (0.77) altında olup bu istasyonlardan beş tanesi (Trabzon, Rize, Bolu, Kastamonu ve Karabük) Karadeniz bölgesinde, beş tanesi (Sivas, Ankara, Kırıkkale, Yozgat ve Kayseri) İç Anadolu bölgesinde üç tanesi (Adana, Osmaniye ve Hatay) Akdeniz bölgesinde ve diğer ikisi Erzurum ile Kütahya istasyonlarıdır. Bu istasyonlar incelendiğinde Erzurum ve Kütahya hariç diğer istasyonların üç farklı bölgede (Karadeniz, İç Anadolu ve Akdeniz) konum olarak birbirine yakın olduğu görülür. Bu düşük uyumun olduğu istasyonlar hem deniz etkisinin olduğu, hem de deniz etkisinden uzak olan istasyonlar olması bakımından uydu ölçümü (CFC değerleri) için uydu verileri ile arasındaki lineer korelasyonun daha zayıf olduğu istasyonlar hakkında anlamlı bir yorum yapmak mümkün değildir. [Tablo 2](#)'de istasyonların MBE değerlerinin -1.35 ile 0.06 arasında değişmekte olduğu ve tüm istasyonların ortalama MBE değerinin -0.65 olduğu görülmektedir. MBE değerlerinin 17130 - Ankara istasyonu hariç negatif olması tüm bu istasyonlarda CFC verisinin yer ölçümlerinden genelde daha yüksek hesaplandığı anlamına gelir. İstasyonların MAE değerleri 0.84 ile 1.78 arasında değişmekte ve tüm istasyonların ortalama MAE değeri 1.3 olarak hesaplanmıştır. İstasyonların RMSE değerleri 1.24 ile 2.78 arasında değişirken tüm istasyonların ortalama RMSE değeri 1.81 olarak gerçekleşmiştir.



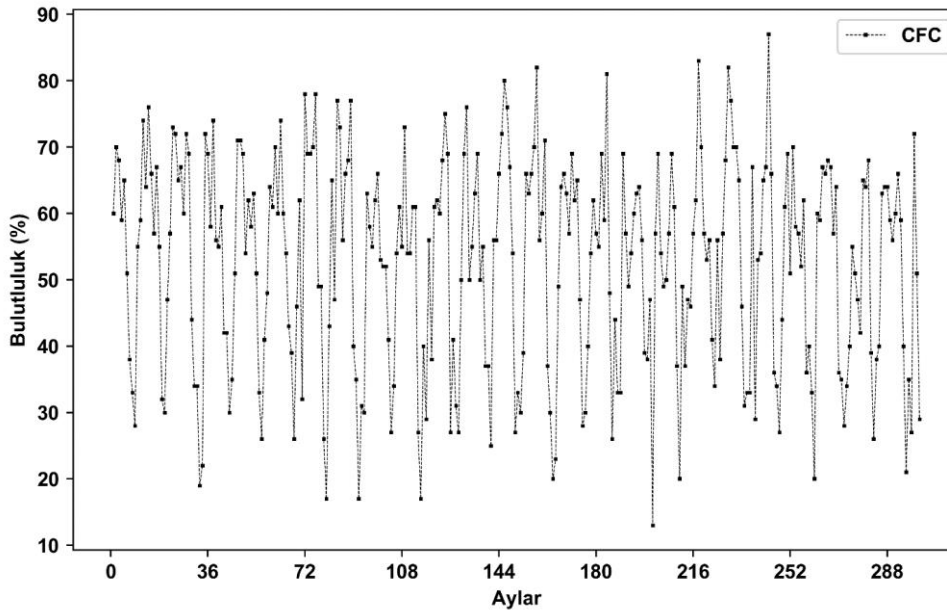
Şekil 2. 17096 - Erzurum istasyonu için MGM ve CM SAF günlük ortalama bulut kapallığı

Her ölçümde olduğu gibi, ister yer ister uydu bazlı ölçüm olsun, bulut değerlerinin ölçümünde de sistematik ve/veya tesadüfi hata bulunmaktadır. Buna bu çalışmada kullanılan CFC ürünü ve meteorolojik yer istasyonlarında gözlemciler tarafından ölçülen bulut değerleri de dahildir. MGM ölçümlerinde zamansal sürekliliğin olmaması ve insan faktörü gibi nedenlerden dolayı hata meydana gelmektedir. Öte yandan uydu kayıtlarında ise uydu görüş açısı arttıkça görüntülerin kenar kısımlarına doğru hassasiyet düşebilir. Bu hata kaynakları dikkate alındığında her istasyon için aynı doğrulukta ve hassasiyette ölçüm yapılması beklenemez. Bu nedenle tutarlılık sonuçları her bir istasyon için farklı çıkmaktadır. CFC ürün tutarlılık çalışmaları CFC ürününün MODIS, PATMOS-x, CLARA-A2, CLAAS-A2 ve CC4CL-AVHRR veri setlerine göre daha yüksek bulutluluk değerleri verdiği belirtilmiştir (CM SAF, 2017). Bu bilgiye ve Erzurum tutarlılık sonuçlarına rağmen bu verinin özellikle geniş kapsama alanı ve arşivi sayesinde (25 yıl) bölgesel kıyaslamalar ve zamansal analizler bakımından değerli bilgiler içereceği düşüncesiyle DAG yerleşkesinin bulutluluk analizleri CFC veri setleri kullanılarak yapılmıştır.

[Şekil 3](#) DAG yerleşkesi için 1991 - 2015 yılları arasındaki verilerden elde edilmiş uzun yılların saatlik ortalama bulutluluk değerlerini göstermektedir. Grafik incelendiğinde yüksek bulutluluk değerlerinin gündüz saatlerinde ve düşük bulutluluk değerlerinin ise gözlemlerin yapıldığı gece saatlerinde gerçekleştiği görülür. Astronomik gözlemlerin gece yapılması nedeniyle bu durum gözlemevleri için olumlu bir sonuçtur. DAG yerleşkesi için minimum bulutluluk değeri (%44.89) 01:00 UTC (yerel saate ile 04:00) civarında gerçekleşirken maksimum bulutluluk değeri (%65.74) 11:00 UTC (yerel saate ile 14:00) civarında meydana gelmektedir. Grafikten 01:00 UTC zamanında DAG bulutluluk oranı minimum iken 03:00 UTC zamanında (yerel saat ile 06:00, alaca karanlık zamanı) bir pik görülmektedir. 05:00 UTC zamanından sonra DAG yerleşkesinin bulutluluk değerleri artışa geçmekte ve 11:00 UTC zamanında maksimum değere ulaşmaktadır. Bu saatten itibaren bulutluluk azalarak gözlemlerin yapıldığı gece saatlerinde düşük değerlere ulaşmaktadır.

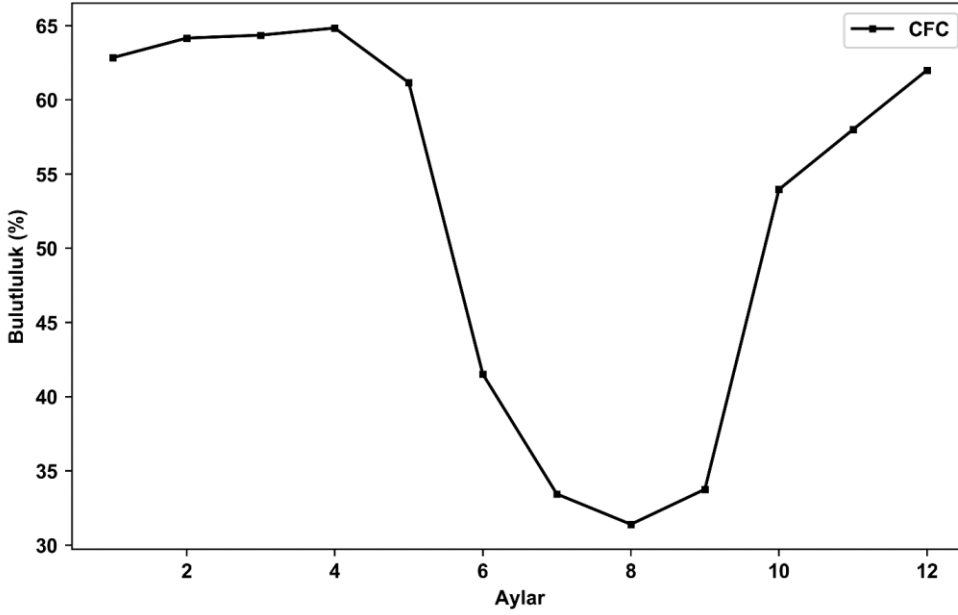


Şekil 3. DAG yerleşkesi için saatlik ortalama CFC değerleri

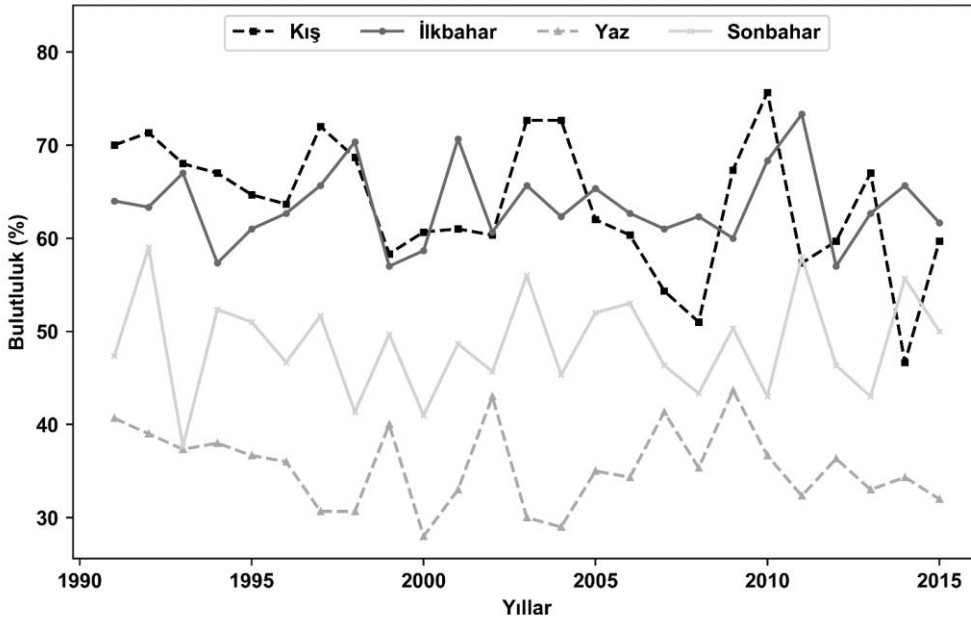


Şekil 4. DAG yerleşkesi için aylık ortalama CFC değerleri

Şekil 4 ve Şekil 5'te DAG için CFC bulut değerlerinin sırasıyla gözlem yapılan süre boyunca elde edilen aylık ortalamaları ve uzun yıllar boyunca elde edilen veriden yılın her bir ayı için ortalamaları verilmiştir. Şekil 4'te DAG aylık ortalama bulut değerleri %13 (2007, Eylül) ile %87 (Nisan 2011) aralığında ve ortalama %52.62 civarında değişmektedir. Ayrıca DAG yerleşkesi için 1991 yılından 2015 yılına doğru bulutluluk oranının azalma eğiliminde olduğu hesaplanmıştır. Bu durum iklim, tarım ve hidroloji gibi pek çok disiplin için olumsuzluk oluşturmaya karşın astronomi için olumlu bir durumdur. Şekil 5'ten DAG yerleşkesi için yüksek bulut değerlerinin Aralık - Mayıs (%50'den fazla) ve düşük bulut değerlerinin Haziran - Kasım (%50'den az) ayları arasında gerçekleştiği görülür. Bu bilgiye göre Haziran - Kasım arasında astronomik gözlem yapma olasılığının daha yüksek olacağı değerlendirilmelidir. DAG yerleşkesi için minimum bulutluluk oranı (%31.40) Ağustos ayında iken maksimum (%64.84) bulutluluk oranı Nisan ayında gerçekleşmiştir.



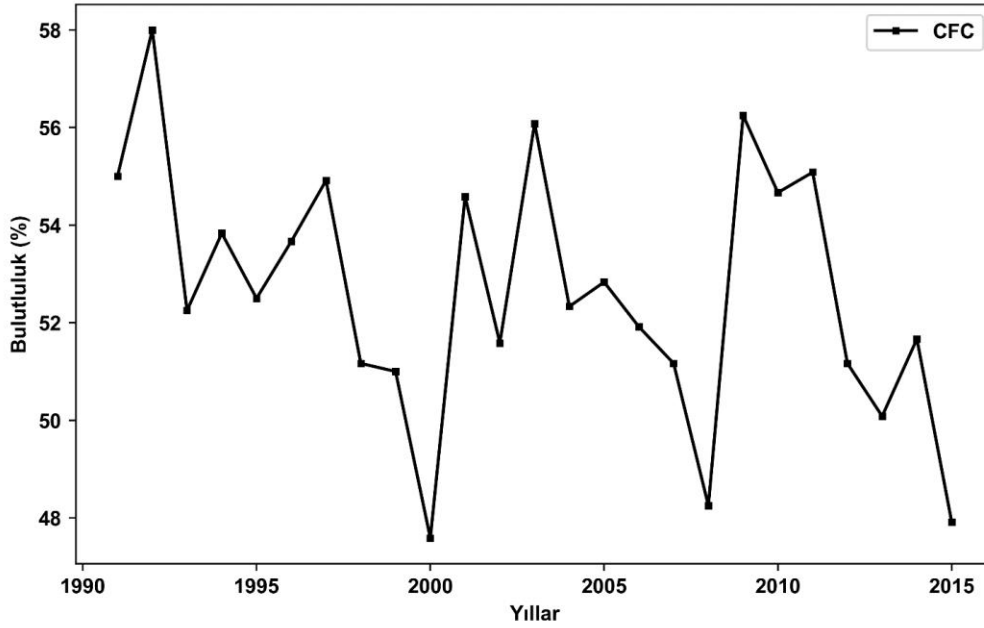
Şekil 5. DAG yerleşkesi için uzun yıllara yayılan veriden elde edilen aylık ortalama CFC değerleri



Şekil 6. DAG yerleşkesi için mevsimsel ortalama CFC değerleri

Şekil 6'da DAG için mevsimlik bulut değişimleri verilmiştir. Şekil 6'dan ilkbahar ve kış bulut değerlerinin hem yüksek hem de yıllara göre çok değişkenlik gösterdiği ve yaz ile sonbahar bulut değerlerinin ise nispeten daha düşük ve yıllara göre daha kararlı olduğu görülür. Öte yandan 1991 yılından 2015 yılına kadar mevsimsel değerlerin eğilimi kış ve yaz mevsimleri için belirgin şekilde düşüş gösterirken ilk bahar ve sonbahar mevsim değerlerinin artış eğiliminde olduğu hesaplanmıştır. Özetle Şekil 6'daki DAG yerleşkesinin mevsimsel grafiklerinden astronomik gözlem için en fazla açık gün bulunan mevsimler yaz ve sonbahar mevsimleridir. Bu mevsimsel sonuçların aylık değerler (Şekil 5) ile uyumlu olduğu açık bir şekilde görülür. Şekil 7'de DAG yerleşkesi için CFC verilerinden yıllık bulut değerlerinin değişimleri verilmiştir. Şekil 7'de DAG için minimum (%47.58) ve maksimum (%58) bulut değerleri 2000 ve 1992 yıllarında gerçekleşirken diğer yılların değerleri bu aralıkta değişmektedir. Tüm bu yılların ortalama değeri ise %52.62

olarak hesaplanmıştır. Ayrıca 1991 yılından 2015 yılına kadar bulut değerlerinin azalma eğiliminde olduğu hesaplanmıştır. Bu durum ise iklim değişikliğinin bir sonucu olarak değerlendirilebilir.



Şekil 7. DAG yerleşkesi için yıllık ortalama CFC değerleri

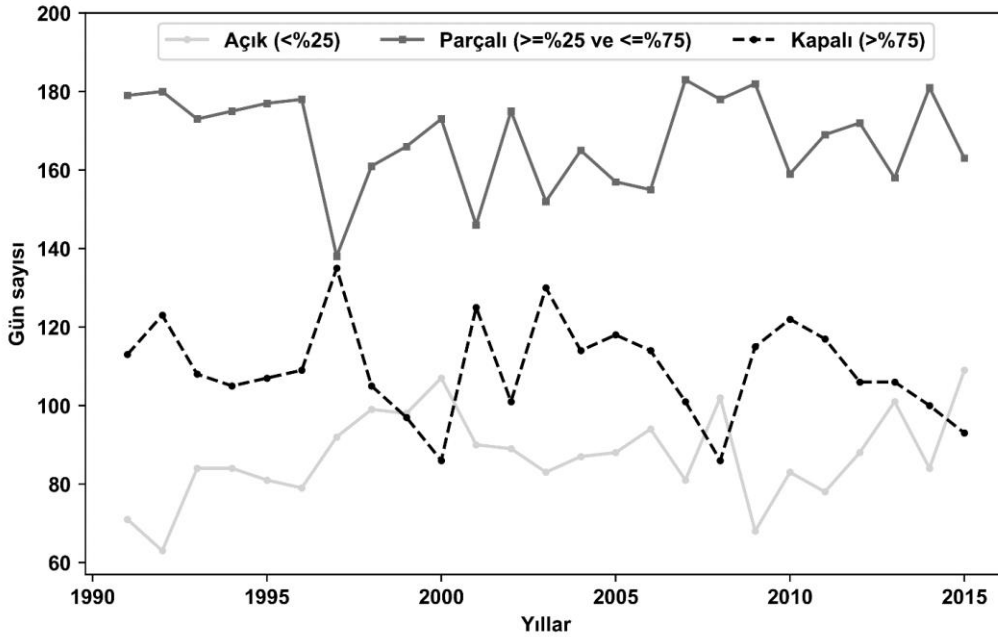
DAG yerleşkesi için yıllık gözlem yapılabilir gün sayısını belirlemek amacıyla CM SAF günlük CFC görüntülerindeki DAG konumuna karşılık gelen piksel değerleri üç kategoriye ayrılmıştır: Piksel değeri %25'ten küçük olanlar “açık”, %25 ile %75 arasında olanlar “parçalı bulutlu” ve %75'ten büyük olanlar “kapalı hava” olarak gruplandırılmıştır (Mekhaimr, 2017). Açık olarak belirtilen ışıkölçüm (fotometrik) ve parçalı bulutlu olarak tanımlanan tayfölçüm (spektroskopik) gözlemlerin yapılabileceği hava şartlarını ifade etmektedir. Bu kriterlere göre DAG için elde edilen değerler yıllara göre Tablo 3'te ve Şekil 8'de verilmiştir. Tablo 3 incelendiğinde tüm yılların ortalama “açık” gün sayısının 87, “parçalı bulutlu” gün sayısının 168 ve “kapalı hava” gün sayısının 109 olarak hesaplandığı görülebilir. Bu ortalama değerlere göre “açık” ve “parçalı bulutlu” günlerin toplamı 255 gün olup, bu yılda gözlem yapılabilecek maksimum gün sayısı için iyi bir tahmindir. Öte yandan CFC bulutluluk değerlerinin hem yüksek olması hem de gündüz bulutluluk miktarının yüksek olduğu düşünüldüğünde gerçek gözlem yapılabilir gece sayılarının Tablo 3'te verilen değerlerden daha yüksek olacağı beklenmelidir. Ayrıca Tablo 3 ve Şekil 8'den “kapalı hava” ve “parçalı bulutlu” değerlerin azalma eğiliminde ve “açık” değerlerin ise artış eğiliminde olduğu görülebilir. Bu durum kaliteli astronomik gözlem zamanlarının artışı anlamına gelir. Türkiye için yapılan astronomik gözlemevi yer seçim çalışması (Aksaker vd., 2015) ve DAG için yapılan çalışma (Yüzlükoğlu, 2017) dikkate alındığında bu bölümde verilen CM SAF bulutluluk değerleri bu iki çalışmadaki bulgularla uyumlu bulunmamıştır. Bu çalışmalarda hem farklı meteorolojik verilerin kullanılması hem de kullanılan yöntemlerin/kriterlerin farklı olması nedeniyle elde edilen sonuçlar da farklılık göstermiştir. CM SAF CFC ürün tutarlılık çalışmaları CFC ürününün MODIS, PATMOS - X, CLARA - A2, CLAAS - A2 ve CC4CL - AVHRR veri setlerine göre daha yüksek bulutluluk değerleri verdiği belirtilmiştir. CFC bulut verisinde uydu alt noktasındaki piksellerin görüntüdeki kenar piksellere göre daha tutarlı olduğu başka bir ifadeyle uydu zenit açısının artmasıyla ürün başarımının düştüğü belirtilmiştir (CM SAF, 2017). Türkiye ve DAG alanları ise CFC görüntülerinde uydu alt noktasından uzak olup kenara yakın bölümde yer almaktadır. Bu olumsuzluklara rağmen bu veri seti özellikle geniş arşivi sayesinde (25 yıl) değerli bilgiler içermektedir. Bu ürün uydu kapsama alanına düşen noktaların birbiriyle kıyaslanmasını sağlayabilir ya da bir noktanın bulutluluk trendini daha doğru bir şekilde verebilir. Ayrıca, bir gözlemevinin iklimsel özelliklerinin değişimi hakkında bilgi sunar. Fakat bunlar

astronomik gözlem zamanını belirlemek üzere bu ürünü kullanmak için yeterli olmayabilir. CFC ürünü bulutluluk oranını ve bulut maskesi ürünleri de bulut olup olmadığı bilgisinin sağlamaktadır. Oysa parçalı bulutlu ve yarı geçirgen (kümülüs ve sirus gibi) bazı bulut türlerinin varlığında da astronomik gözlemler yapılabilir. Bu nedenle bulutluluk oranı, bulut maskesi ve bulut tipi ürünlerinin birlikte kullanılması bir gözlemevinin açık gün sayısının belirlemek adına daha doğru sonuçlar verebilir.

Tablo 3

CFC verilerine göre DAG yerleşkesinin yıllık gözlem durumu

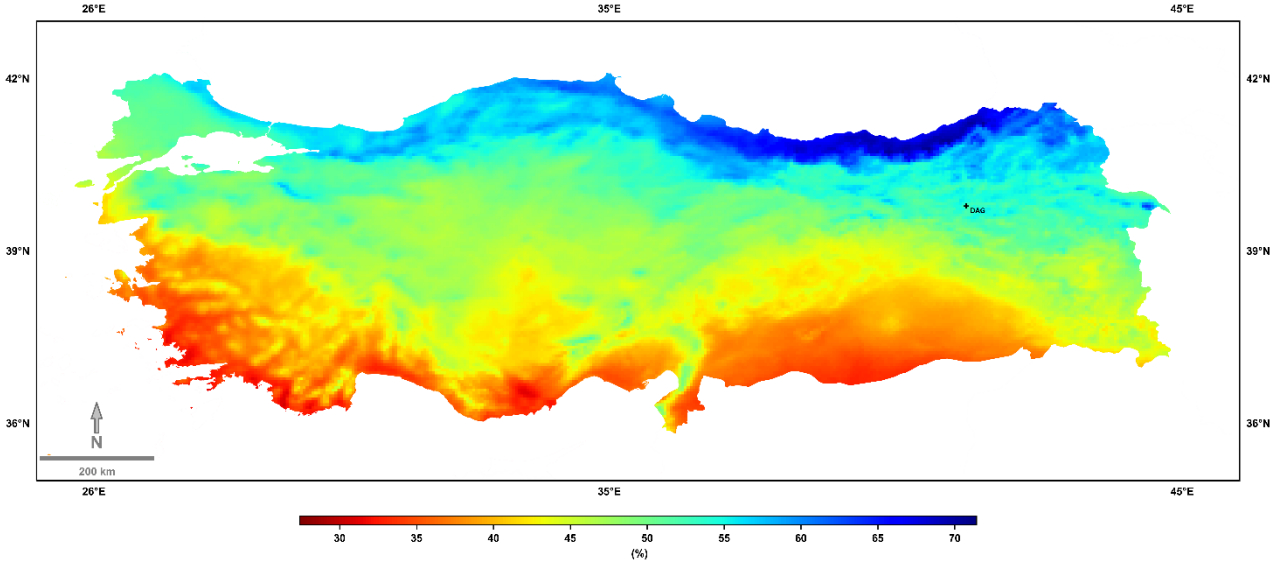
Yıllar	Açık (<%25)	Parçalı Bulutlu (>=%25 ve <=%75)	Kapalı Hava (>%75)	Yıllar	Açık (<%25)	Parçalı Bulutlu (>=%25 ve <=%75)	Kapalı Hava (>%75)
1991	71	179	113	2004	87	165	114
1992	63	180	123	2005	88	157	118
1993	84	173	108	2006	94	155	114
1994	84	175	105	2007	81	183	101
1995	81	177	107	2008	102	178	86
1996	79	178	109	2009	68	182	115
1997	92	138	135	2010	83	159	122
1998	99	161	105	2011	78	169	117
1999	98	166	97	2012	88	172	106
2000	107	173	86	2013	101	158	106
2001	90	146	125	2014	84	181	100
2002	89	175	101	2015	109	163	93
2003	83	152	130				



Şekil 8. CFC verilerine göre DAG yerleşkesinin yıllık gözlem durumu

Şekil 9’da Türkiye’nin geniş bir zaman aralığı için yıllık ortalama CFC bulutluluk haritası verilmiştir. METEOSAT tüm görüntü ortalama haritada (65 derece kuzey ve güney enlemleri ile 65 derece doğu ve batı

boylamlarını kapsıyor) minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma değerleri sırasıyla, %8.83, %89.43, %53.89 ve %27.30 iken Türkiye haritasında minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma değerleri sırasıyla, %27.40, %71.41, %46.16 ve %10.19 olarak gerçekleşmiştir. DAG için ise ortalama değer %52.62 olup bu değer Türkiye ortalamasının yaklaşık %6 üzerindedir. CFC verisi bulutluluğu yüksek ölçmesine rağmen görüntü içinde ele alınan noktaların kıyaslanması anlamlı sonuç verecektir. Türkiye haritasında Güney ve Ege kıyıları düşük bulutluluğa sahip iken Kuzeye doğru gidildikçe bulutluluk oranı artmakta ve en bulutlu bölgemiz Doğu Karadeniz bölgemiz olarak ortaya çıkmaktadır.



Şekil 9. CFC uzun yıllık (1991 - 2015) Türkiye bulut atlası

4. Sonuçlar

CM SAF günlük CFC değerleri yer-konuşlu meteoroloji istasyonlarından elde edilen bulutluluk değerleri ile karşılaştırılmış ve DAG yerleşkesi için saatlik, günlük, aylık, mevsimsel ve yıllık bulutluluk analizi yapılarak DAG için yıllara göre açık gün sayıları hesaplanmıştır. Analizler sonucunda lineer korelasyon katsayısı (r) 0.77 - 0.94 aralığında değişmekte ve tüm istasyonlar için ortalama r değeri 0.88 olarak hesaplanmıştır. r^2 değerleri incelendiğinde yer ve uydu bulut verileri arasındaki en düşük tutarlılığın olduğu istasyon 0.46 değeri ile 17130 - Ankara istasyonudur. En yüksek uyumun olduğu istasyon ise 0.89 değeri ile 17265 - Adıyaman istasyonudur. DAG yerleşkesi için 1991 - 2015 yılları arasındaki verilerden elde edilmiş uzun yılların saatlik ortalama bulutluluk değerlerine göre yüksek bulut değerleri gündüz saatlerinde ve düşük bulut değerleri astronomik gözlemlerin yapıldığı gece saatlerinde gerçekleşmiştir. DAG yerleşkesi için minimum bulutluluk oranı (%31.40) Ağustos ayında iken maksimum (%64.84) bulutluluk oranı Nisan ayında gerçekleşmiştir. DAG yerleşkesi için yıllık ortalama minimum (%47.58) ve maksimum (%58) bulut değerleri 2000 ve 1992 yıllarında gerçekleşirken 1991 - 2015 zaman diliminde bulut değerleri azalma eğilimindedir. DAG yerleşkesi için tüm yılların ortalama “açık” gün sayısı 87, “parçalı bulutlu” gün sayısı 168 ve “kapalı hava” gün sayısı 109 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca “kapalı hava” ve “parçalı bulutlu” değerlerin azalma eğiliminde ve “açık” değerlerin ise artış eğiliminde olduğu tespit edilmiştir. Türkiye haritasında minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma değerleri sırasıyla, %27.40, %71.41, %46.16 ve %10.19 olarak gerçekleşmiştir. DAG için ise ortalama değer %52.62 olup bu değer Türkiye ortalamasının yaklaşık %6 üzerindedir.

Teşekkür

Bu çalışma Atatürk Üniversitesi Astrofizik Araştırma ve Uygulama Merkezi (ATASAM) Doğu Anadolu Gözlemevi (DAG) Projesi (Proje No: 2011K120230) ve Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Kurumu (TÜBİTAK) 2218 Programı (Proje No: TÜBİTAK-2218 2018/2) kapsamında desteklenmiştir. ATASAM ve TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

Bu yayın TÜBİTAK-2218-Yurt İçi Doktora Sonrası Araştırma Burs Programından (Proje No: 2218 2018/2) yararlanılarak oluşturulmuştur. Ancak yayın ile ilgili tüm sorumluluk yayının sahibine aittir. TÜBİTAK'tan alınan maddi destek, yayının içeriğinin bilimsel anlamda TÜBİTAK tarafından onaylandığı anlamına gelmez.

Yazar Katkıları

Kazım Kaba: Çalışma konusunun belirlenmesi, planlanması, yürütülmesi, yöntemin belirlenmesi, materyalin hazırlanması, analizlerin gerçekleştirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve çalışmanın makale haline getirilmesine katkı sağlamıştır.

Cahit Yeşilyaprak: Çalışma konusunun belirlenmesi, planlanması, yürütülmesi, analizlerin gerçekleştirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve çalışmanın makale haline getirilmesine katkı sağlamıştır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

Kaynaklar

- Aksaker, N., Yerli, S. K., Erdoğan, M. A., Erdi, E., Kaba, K., Ak, T., ... & Selam, S. O. (2015). Astronomical site selection for Turkey using GIS techniques. *Experimental Astronomy*, 39(3), 547-566. <https://doi.org/10.1007/s10686-015-9458-x>
- Aksaker, N., Yerli, S. K., Erdoğan, M. A., Kurt, Z., Kaba, K., Bayazit, M., & Yesilyaprak, C. (2020). Global Site Selection for Astronomy. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 493(1), 1204-1216. <https://doi.org/10.1093/mnras/staa201>
- Badescu, V., & Dumitrescu, A. (2016). CMSAF products Cloud Fraction Coverage and Cloud Type used for solar global irradiance estimation. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 128(4), 525-535. <https://doi.org/10.1007/s00703-015-0424-y>
- Bojanowski, J. S., Stöckli, R., Duguay-Tetzlaff, A., Finkensieper, S., & Hollmann, R. (2018). Performance Assessment of the COMET Cloud Fractional Cover Climatology across Meteosat Generations. *Remote Sensing*, 10(5), 804. <https://doi.org/10.3390/rs10050804>
- Calisse, P. G., Ashley, M. C., Burton, M. G., Phillips, M. A., Storey, J. W., Radford, S. J., & Peterson, J. B. (2004). Submillimeter site testing at Dome C, Antarctica. *Publications of the Astronomical Society of Australia*, 21(3), 256-263. <https://doi.org/10.1071/AS03018>
- Chernokulsky, A., & Esau, I. (2019). Cloud cover and cloud types in the Eurasian Arctic in 1936–2012. *International Journal of Climatology*, 39(15), 5771-5790. <https://doi.org/10.1002/joc.6187>
- CM SAF (2017). Product User Manual, Meteosat Cloud Fractional Cover (Comet), Edition 1. Erişim adresi: https://www.cmsaf.eu/SharedDocs/Literatur/document/2017/saf_cm_meteoswiss_pum_met_cfc_1_pdf.pdf?__blob=publicationFile
- Deniz, A., Toros, H., & Incecik, S. (2011). Spatial variations of climate indices in Turkey. *International Journal of Climatology*, 31(3), 394-403. <https://doi.org/10.1002/joc.2081>
- Falvey, M., & Rojo, P. M. (2016). Application of a regional model to astronomical site testing in western Antarctica. *Theoretical and Applied Climatology*, 125(3-4), 841-862. <https://doi.org/10.1007/s00704-016-1794-x>
- Hellemeier, J. A., Yang, R., Sarazin, M., & Hickson, P. (2019). Weather at selected astronomical sites—an overview of five atmospheric parameters. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 482(4), 4941-4950. <https://doi.org/10.1093/mnras/sty2982>
- Hidayat, T., Mahasena, P., Dermawan, B., Hadi, T. W., Premadi, P. W., & Herdiwijaya, D. (2012). Clear sky fraction above Indonesia: an analysis for astronomical site selection. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 427(3), 1903-1917. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2966.2012.22000.x>

- Iyigun, C., Türkeş, M., Batmaz, İ., Yozgatligil, C., Puruçuoğlu, V., Koç, E. K., & Öztürk, M. Z. (2013). Clustering current climate regions of Turkey by using a multivariate statistical method. *Theoretical and Applied Climatology*, 114(1-2), 95-106. <https://doi.org/10.1007/s00704-012-0823-7>
- Kaba, K., Sarıgül, M., Avcı, M., & Kandırmaz, H. M. (2018). Estimation of daily global solar radiation using deep learning model. *Energy*, 162, 126-135. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.07.202>
- Koc-San, D., San, B. T., Bakis, V., Helvacı, M., & Eker, Z. (2013). Multi-Criteria Decision Analysis integrated with GIS and remote sensing for astronomical observatory site selection in Antalya province, Turkey. *Advances in Space Research*, 52(1), 39-51. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2013.03.001>
- Kotarba, A. Z., Chacewicz, S., & Żmudzka, E. (2019). Night sky photometry over Warsaw (Poland) evaluated simultaneously with surface-based and satellite-based cloud observations. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, 235, 95-107. <https://doi.org/10.1016/j.jqsrt.2019.06.024>
- McInnes B, Walker MF. (1974). Astronomical site testing in the Canary Islands. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific* 86(512), 529. <https://doi.org/10.1086/129641>
- Mekhair, S. A. (2017). Atmospheric conditions affecting seeing at St. Catherine: Estimation of operational time for NRIAG new telescope. *NRIAG Journal of Astronomy and Geophysics*, 6(1), 5-18. <https://doi.org/10.1016/j.nrjag.2017.04.005>
- MGM (2021a), Meteoroloji Genel Müdürlüğü, İstasyon Bilgileri Veritabanı, Erişim adresi: <http://www1.mgm.gov.tr/kurumsal/istasyonlarimiz.aspx>
- MGM (2021b), Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Resmi İstatistikler, Erişim adresi: <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=ERZURUM>
- Sahin, S., & Cigizoglu, H. K. (2012). The sub-climate regions and the sub-precipitation regime regions in Turkey. *Journal of Hydrology*, 450, 180-189. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.04.062>
- Schöck, M., Els, S., Riddle, R., Skidmore, W., Travouillon, T., Blum, R., ... & Wang, L. (2009). Thirty Meter Telescope site testing I: overview. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 121(878), 384. <https://doi.org/10.1086/599287>
- Stöckli, Reto; Duguay–Tetzlaff, Anke; Bojanowski, Jędrzej; Hollmann, Rainer; Fuchs, Petra; Werscheck, Martin (2017): CM SAF CIOud Fractional Cover dataset from METeosat First and Second Generation - Edition 1 (COMET Ed. 1), Satellite Application Facility on Climate Monitoring, DOI:10.5676/EUM_SAF_CM/CFC_METEOSAT/V001, https://doi.org/10.5676/EUM_SAF_CM/CFC_METEOSAT/V001
- Toy, S., & Kántor, N. (2017). Evaluation of human thermal comfort ranges in urban climate of winter cities on the example of Erzurum city. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(2), 1811-1820. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-7902-8>
- Vernin, J., Muñoz-Tuñón, C., Sarazin, M., Ramió, H. V., Varela, A. M., Trinquet, H., ... & Vrech, R. (2011). European extremely large telescope site characterization I: Overview. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 123(909), 1334. <https://doi.org/10.1086/662995>
- Yüzlükoğlu F. (2017). Erzurum ve çevresinin astronomi gözlemleri açısından atmosferik özellikleri (Yüksek Lisans tezi) Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, Türkiye. Erişim adresi: https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=OpplWVxFL0dH43qQV0BZrA&no=XPbubJZaAOZ1LkxNndac_A