



ATMOSFERDE BUZ KRİSTALLERİNİN VARLIĞIYLA İLİŞKİLİ ATMOSFERİK OPTİK OLAYLARI

Atmospheric Optic Phenomena related with Ice Crystals in the Atmosphere

Murat TÜRKEŞ

*Boğaziçi Üniversitesi İklim Değişikliği ve Politikaları Uygulama ve Araştırma Merkezi
murat.turkes@boun.edu.tr*

Abstract

Effect of the atmospheric optic phenomena consists of the implications due to the interactions of the Sun's visible light (shortly Sunlight) with the air molecules, cloud drops, ice crystals or liquid precipitation drops (rain, drizzle, etc.). In fact, Sunlight forms as a combination of bright light and radiant heat, both of which belong to a part of the electromagnetic spectrum that consists of mainly ultraviolet radiation, visible light and infrared radiation. Atmospheric optical effects can produce Halo, Sundog and Sun pillars when the Sun lights pass through ice crystals within the *cirrus* clouds in the upper troposphere, while on the other hand they can form the Rainbows and Coronas as the Sun lights pass through the spherical raindrops. This article has aimed at explaining of general forming process and characteristic features of the some atmospheric optical phenomena including Halo, Sundog and Sun Pillar, which may appear when the Sunlight pass through the ice crystals and prisms under the specific atmosphere conditions requiring occurrence of them.

Keywords: Sunlight; Ice crystal, Atmospheric optic, Halo, Sundog and Sun pillar.

Özet

Atmosferik optik olaylarının etkileri, Güneş'in görünür ışığının (kısaca Güneş ışığı), havanın bileşimini oluşturan moleküller, bulut damlacıkları, buz kristalleri ya da sıvı yağış damlacıklarıyla (yağmur, çisenti, vb.) etkileşim içinde olmasının sonuçlarını içerir. Gerçekte Güneş ışığı, elektromanyetik izgenin asıl olarak morötesi ışınım, görünür ışık ve kızılötesi ışınım bantlarını içeren bir bölümüne karşılık gelen parlak ışık ve radyant enerjinin (ısı) bir birleşiminden oluşur. Atmosferin optik etkileri, Güneş ışınları üst troposferde *cirrus* bulutlarının içerdiği buz kristallerinin içinden geçtiğinde oluşan Hale, Yalancı Güneş ve Güneş Kulesi olaylarını içerirken, ışık ışınları bulutlardaki küremsi yağmur damlacıklarından geçtiğinde, Gökkuşluğu ve Işık Tacı gibi optik olayları üretir. Bu makale, Güneş ışığı -oluşumları için gerekli özel atmosfer koşulları altında- buz kristallerinin ve prizmalarının içerisinden geçtiği zaman belirebilen Hale, Yalancı Güneş ve Güneş Sütunu gibi az bilinen atmosfer optiği olaylarının genel tanıtıcı özellikleri ve oluşum süreçlerini açıklamayı hedefler.

Anahtar Sözcükler: Güneş ışığı, Buz kristali, Atmosfer optiği, Hale, Yalancı Güneş ve Güneş Sütunu.

1. Atmosferdeki Işık ve Renk Gösterilerinin Genel Özellikleri

Günbatımında gelişen bir gök gürültülü tek hücre fırtınası ya da *cumulonimbus* bulutu, atmosferin ışık ve renk etkileri (atmosfer optiği) için iyi bir örnek oluşturabilir. Böyle bir bulutta, Güneş yakınındaki sarımsı ve kırmızımsı/kızıl renklerden bulut katmanları arasındaki koyu mavi renklere, Güneş'in parlaklığından ve bazı bulutların beyazlığından dikine bulutun yukarısındaki çok karanlık bulut renklerine kadar değişen zengin renk izgesi dikkat çekicidir (Şekil 1). Bu arada, batmakta olan Güneş'in daha kırmızı ve ufka doğru battığında ise daha yassı görünmesi de her zaman dikkat çekmiştir.

Gökkuşağı, serap ve hale vb. doğal ışık ve renk olayları, günlük yaşamımızda sıklıkla karşılaştığımız ve oluşumları konusunda bazı görüşler öne sürdüğümüz atmosfer optiği olaylarına örnek gösterilebilir. Atmosferdeki ışık ve renk hakkında bilgili olmak, birçok nedenle önemlidir. Bunun birinci nedeni, gökkuşağı ve serap olaylarının, atmosferdeki kararlılık ve bulut damlacıklarının özellikleri gibi bazı konuların özel uygulamalarını gösteriyor olmasıdır. Gerçekte atmosferde bu tür optik olayların bulunması, hava koşullarının bulut ya da yağış damlacıklarının büyüklüğü ya da hangi evrede bulunduğu (katı ya da sıvı) gibi ölçümü zor özelliklerine ilişkin ipuçları verir. İkincisi, başka alanlarda çalışan birçok insan, atmosferin optik özelliklerini başka nedenlerle de önemli bulmaktadır. Örneğin, elektronik haberleşmede, havacılıkta ve ordunun çeşitli birimlerinde çalışanların, atmosferin içerisinden geçen elektromanyetik radyasyonu (ışınım) etkileme yollarını anlamaya, onları nasıl ve nerede göreceklarini bilmeye gereksinimleri vardır. Öte yandan, ışık ve bu olayların oluşmasında rolleri olan maddeler arasındaki etkileşimleri anlama yoluyla, onlara daha fazla dikkat etmekte olduğumuzu ve önemsedüğümüzün de farkında oluruz.

Beyaz renkli Güneş ışığı, çeşitli ince prizmalar (ör. buz kristalleri) ve küresel yapılar (sıvı bulut damlacıkları ya da yağmur damlaları) içeren atmosferin içinden geçerken birçok farklı renge ayrılarak, atmosferde çeşitli ilgi çekici ışık ve renk gösterileri ortaya çıkabilmektedir. Örneğin, üst troposferde (orta enlemlerde ortalama yükseltisi 7-

11 km arasında değişen atmosfer bölümü) oluşan yüksek *cirrus* bulutları (*cirrus*, *cirrostratus*, *cirrocumulus*), hiçbirisi rasgele yönlenebilir milyarlarca buz kristalini içerir. Bu buz kristallerinin özel konumlarının, biçimleri ve atmosferdeki düşüşleri sırasında hava akımlarıyla yaptıkları etkileşimlerce belirlendiği kabul edilir. Bunun için heksagonal (altıgen) levhaların beklenen yönlenebilirliği, düz yanlarının yatay olmasıdır. Daha uzun prizmaların beklenen yönlenebilirliği ise, uzun eksenlerinin yatay olmasıdır. Atmosferin optik etkileri, genel olarak, Güneş ışınları atmosferdeki buz kristallerinin içinden geçtiğinde oluşan **Hale** (İng: halo), **Yalancı Güneş** (İng: sundog) ve **Güneş Kulesi** (İng: sun pillars) olaylarını içerirken, bulutlardaki küresel sıvı yağış damlacıklarından geçtiğinde, **Gökkuşağı** (İng: rainbow) ve **Işık Tacı** (İng: corona) gibi optik olayları üretir.

Optik etkiler içinde, birçok insan için iyi bilinen doğal güzellikleri ve oluşumlarına gösterilen yaygın bilimsel ilgi nedeniyle, en çok gökkuşağı öne çıkar. Gökkuşaklarının başlıca özellikleri, basit geometrik optik özellikleri yardımıyla açıklanabilmekle birlikte, onlara ilişkin bazı ayrıntılar daha derin bilimsel açıklama ve tartışmaların yapılmasını gerektirir. Bir gök gürültülü yağmur sağanağından sonraki ya da kuvvetli bir yağmurdan önce oluşan parlak renk yayı asıl (birincil) gökkuşağıdır. Gökkuşağı renklerinin parlaklığı değişiklik gösterebilmesine karşın, renkleri her zaman Güneş'in görünür ışık izgesindeki sıraya uygun olarak (görece en kısa dalga boyundaki mordan, görece en uzun dalga boyundaki kırmızı ışınım), en içteki mordan dışa doğru, mavi, yeşil, sarı, turuncu ve kırmızı sırasını izler. Yüksek gökyüzünde ikincil bir gökkuşağı oluşumu, ters sırada dizili gökkuşağı renkleriyle de ortaya çıkabilir. İki gökkuşağı arasındaki alan, birincil gökkuşağınca kuşatılmış durumdaki alandan daha koyu renklidir. Ender olarak, belirsiz pembe ve yeşil renk kuşakları birincil gökkuşağının iç tarafında dizilebilir. Bu çeşit gökkuşaklarında renk sayısının olağandan fazla oluşu dikkat çekicidir.

Bu makalenin amacıysa, genel olarak atmosferin optik etkileri ile az bilinen atmosfer optiği olaylarından bazıları, başka bir deyişle atmosferdeki ışık ve renk olaylarından "Güneş ışığı, **buz kristallerinin** içerisinden geçtiği zaman

beliren” hale, yalancı Güneş ve Güneş sütunu olayları ve oluşum süreçleri açıklanacaktır.

2. Buz Kristalleriyle İlişkili Atmosfer Optiği Olayları

2.1 Hale

Coğrafi enleme ve mevsime göre değişmekle birlikte, üst troposferde yaklaşık eksi 50 – 55 °C dolayındaki çevre sıcaklığında oluşan *cirrus* bulutları, ışığın tümüyle kırılmasını sağlayan ışık prizmaları gibi işlev görebilecek olan çok küçük buz kristallerinden oluşur. Buz kristalleri altı kenarlı olduğu için, optik laboratuvarlarında Güneş’in ışık ışınlarını çeşitli renklere ayırmada kullanılan olağan ışık prizmalarına benzer. Prizmaların doğası, prizmanın sahip olduğu açılara bağlı olarak, ışığın belirli açılarda kırılmasına neden olur. Güneş ışığı buz kristallerinin farklı bölümleri boyunca geçebilir ve bunun sonucunda ışığın kırılması için iki olasılık ortaya çıkar. Birincisi, 60°’lik bir prizmanın Güneş ışığını 22°’lik bir açıyla kırmasıdır (Şekil 2). Bu yüzden, *cirrus* bulutlarının içindeki buz kristali parçacıkları, 60°’lik açıyı geçmeleri durumunda ışığı 22° bükür. Bu kristallerin içinden geçen öteki olası ışık yolu, 90° açının bulunduğu prizmanın ya da levhanın bir ucundan alınır. Bu ise, ışık ışınlarının 46°’lik bir açıyla bükülmesiyle sonuçlanır. Ayrıca, 120°’lik açı 6 kenarlı kristalin kenarlarında bulunmasına karşın, Güneş ışığının kırılma özellikleri bu açıyla buz prizmasını geçmesine izin vermez.

Bu yüzden, yeryüzündeki bir gözlemcinin çok yukarısında bulunan *cirrus* bulutları, ışık rasgele yönlenmiş buz kristalleri arasında parladığında Güneş’in ya da Ay’ın çevresinde küçük bir hale (22° yarıçaplı hale) ya da büyük bir hale (46° yarıçaplı hale) üretebilir (Şekil 2 ve 3). 22°’lik hale, kırılma buz kristallerinin kenarları tarafından 60° açı boyunca oluşturulduğunda ortaya çıkar. Öte yandan, 46°’lik hale, ışık buz kristallerinin kenarlarında 90° açı boyunca geçen ışık tarafından oluşturulur. Burada özetle açıklanan özel koşullar altında ortaya çıkan halenin iç halkasındaki alan, hiçbir ışık ışını 22°’den daha küçük açılarda bükülmediği için karanlıktır. Daha büyük açılarda, bükülme daha fazla olanaklı olduğu için dış bölüm daha açık renklidir. Daha uzun dalga boylu kırmızı

ışık daha az büküldüğü için, halenin iç kenarında oluşur.

2.2. Yalancı Güneş

Yalancı Güneş, özellikle günbatımı ya da gün doğumuna yakın zamanlarda *cirrus* bulutlarını oluşturan ince buz kristallerince Güneş’in tek ya da iki yanında üretilir. Güneş ışığı yatay uzanımlı heksagonal levhalar boyunca geldiğinde ve 60° açılı buz kristallerinin bulunması durumunda, bükülme 22° açılarında gerçekleşir (Şekil 4). Bu durum, Güneş’in 22° sağında ve solunda Yalancı Güneş ya da Güneş Hayali adı verilen çeşitli Güneş görünümlerini ortaya çıkarır.

Yalancı Güneş adı verilen atmosferik optik olayının oluşumu, kuramsal olarak yukarıda açıklandığı gibi olabilmeye karşın, olayın ortaya çıkma ve bir gözlemci tarafından görülebilme olasılığının bulunduğu zamanda üst troposferdeki *cirrus* bulutlarının kalınlığı ve gökyüzünü kaplama oranı ile buz kristallerinin yapısı, sonraki paragrafta açıklandığı biçimde, Yalancı Güneş olarak adlandırılan atmosfer optiğinin renk, biçem ve sayısını denetlemekte ve belirlemektedir.

Eğer *cirrus* bulutları gökyüzünün tamamını (ör. *cirrostratus* biçeminde) ya da Güneş ve çevresi ile gözlemcinin Güneş’e baktığı yere göre en azından her iki yanını (sağ ve solunu) (ör. *cirrostratus* ve *cirrus*’ler birlikte olabilir) kaplayacak biçimde bir örtü oluşturuyorsa, yalancı Güneş olayı Güneş’in her yanında da oluşabilir (Şekil 4). Buna karşılık, Eğer *cirrus* bulutları, Güneş ve çevresi ile gökyüzünde gözlemcinin Güneş’e baktığı yere göre yalnızca bir yanını (sağ ya da solunu) (ör. *cirrostratus* ve *cirrus*’ler birlikte olabilir) kaplayacak biçimde parçalı bir örtü oluşturuyorsa, yalancı Güneş olayı da Güneş’in yalnız tek yanında oluşabilir (Şekil 5). Ayrıca, Yalancı Güneş, gerçekte gökkuşağındaki gibi belirgin bir renk ayrımı olmasına karşın (Şekil 6), ince *cirrus* bulutlarında bazen yalnızca parlak ışıklar biçiminde görülür.

2.3 Güneş Kulesi

Güneş’in ufuk düzleminden olan yükseklik açısı ve buz kristali levhalarının eksen açısı gibi özel koşullar altında atmosferde oluşan optik etkiyse, **Güneş Kulesi** (Güneş Sütunu) olarak adlandırılır (Şekil 7). Gerçekte bu atmosfer optiği olayı da,

Güneş ışığının *cirrus* bulutlarından (ör. *cirrocumulus* ya da *cirrostratus*) düşmekte olan heksagonal buz kristali levhalarınca yansıtılması sonucunda oluşturulur. Ancak Güneş Kuleleri örneğinde, Güneş ışığı günbatımı ya da gün doğumuna yakın (Güneş'in ufuk düzlemine göre yükseklik açısının düşük olduğu) zamanlarda, buz kristali levhaların tabanı ya da tavanının açığında yansır. Havanın direnci yüzünden yeryüzüne doğru düşerken yaklaşık yatay uzanımlarını korumaya çalışan buz kristali levhaları, Güneş ışınlarının geliş açısına ve buz kristallerinin eğiklik açlarına bağlı olarak Güneş'in altında ya da üzerinde bir ışık sütunu üretir. İşte bu sütuna, Güneş Kulesi adı verilir (Şekil 7).

3. Sonuç

Güneş ışığının genel olarak atmosfer, buz kristalleri, bulut ve yağmur damlaları ile olan etkileşimleri sonucunda, birçok ilginç atmosferik ışık gösterisi ve yansıma biçimleri oluşur. Atmosferdeki belirli yükseklikle sıcaklık değişme oranları, cisimlerin boyut, yer ve konumlarında belirgin değişikliklerin ortaya çıkmasında başlıca önemli rolü oynar. Güneş ışığı, üst troposferdeki

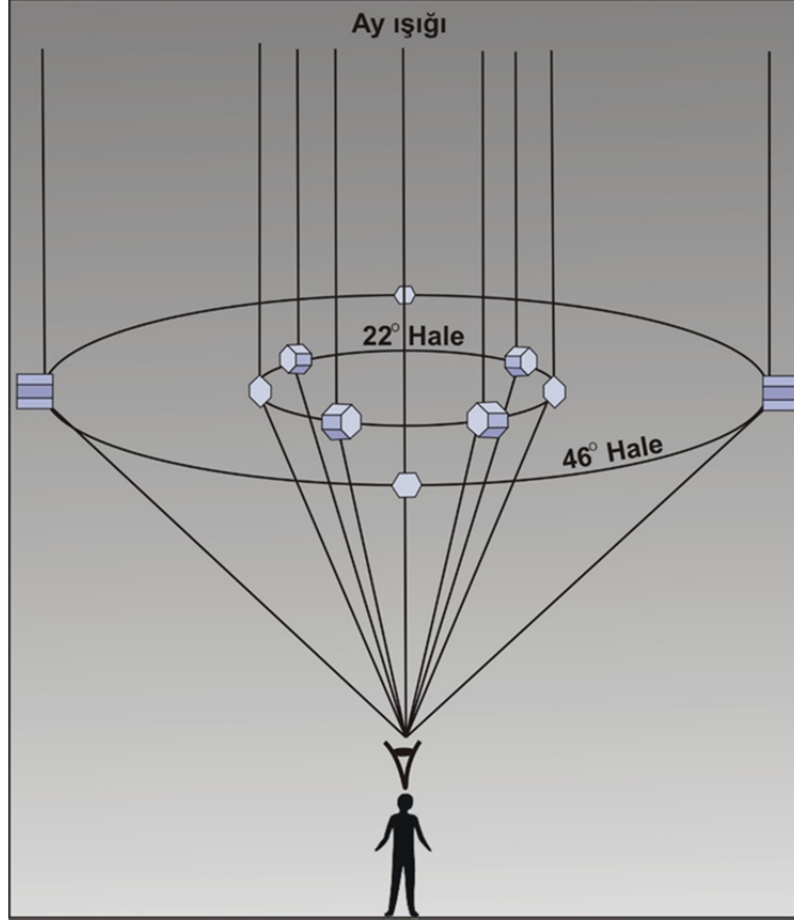
cirrus bulutlarının içerdiği buz kristallerinin ya da buz kristali levhalarının içerisinden geçtiği zaman ortaya çıkan atmosferdeki optik etkiler, genel olarak, Hale, Yalancı Güneş ve Güneş Sütunu olaylarını içerir. Atmosfer, buz kristalleri, bulut ve yağmur damlaları ile etkileşim içindeki ışık ışınının yansımaları, kırılması ve kırınması düzeneklerini, atmosferde ortaya çıkan ya da gelişen tüm optik etkilerin oluşumlarının açıklanmasında kullanılmaktadır.

Hale, *cirrus* bulutları içindeki buz kristallerinden, ışık 60° prizmaları tarafından 22° 'lik bir açıyla kırıldığında oluşurken, ışığın 90° prizmalarından geçerek kırılması sonucunda ise, 46° hale de oluşabilir. Daha uzun dalga boyuna sahip kırmızı ışık, halelerin iç kenarlarını oluşturmak üzere daha az bükülür. Yalancı Güneş, Güneş ışığının 60° buz prizmasından geçmesi yoluyla kırılmasının sonucunda oluşur. Bunlar, Güneş'in 22° sağında ya da solunda ve hemen bir ya da iki yanındaki küçük Güneş görüntüleridir. Güneş Sütunu (Kulesi), Güneş ışığı altıgen şeklindeki buz levhalarının altından ya da üstünden sıçradığında ya da yansıdığına, Güneş'in aşağısında ya da yukarısında oluşan ışık kulesi görünümüdür.



Şekil 1- Çok bulutlu bir gökyüzünde akşamüzeri gözlenen çeşitli ilgi çekici atmosferik ışık ve renk gösterileri. (Foto: Murat Türkeş, 11 Ocak 2009 Seyfe Gölü, Kırşehir)

Figure 1: Various interesting atmospheric colour and light plays observed during the late afternoon time in a mostly cloudy sky.



Şekil 2: Işığın (burada Ay ışığının) buz kristallerinin içinden 60° ve 90° açılarla geçerken kırılması sonucu oluşan, sırasıyla 22° ve 46° 'lik daire biçimli hale olaylarının oluşumlarının çizimsel gösterimi (Türkeş, 2010).

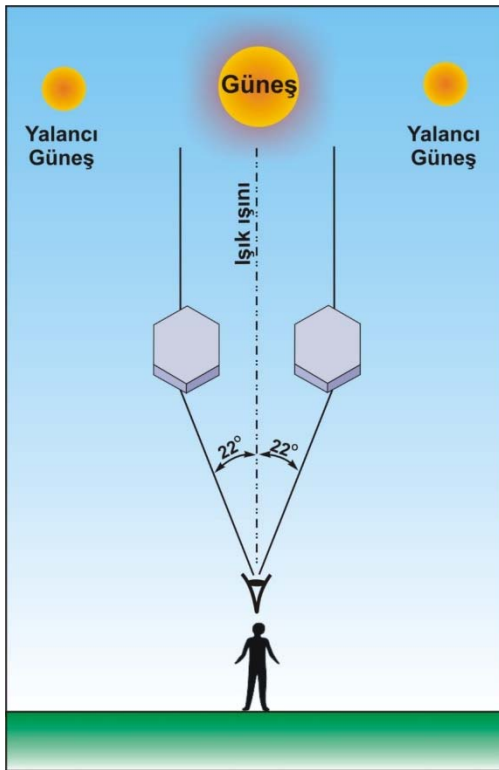
Daire biçimli 22° 'lik bir hale, Ay ışığı yatay uzanımlı buz prizmasından 60° 'lik açılarla geçerken kırıldığında Ay'ın çevresinde oluşabilirken, 46° 'lik yuvarlak bir hale ise, Ay ışığının buz kristallerinin içerisinden 90° 'lik açılarla geçmesi ve kırılması durumunda oluşabilir.

Figure 2: Schematic illustration of occurrence of the circular 22° and 46° halo phenomena forming as the lights (i.e. Moonlight in this example) pass through with 60° and 90° angles, respectively, within the ice crystals (Türkeş, 2010). A circular 22° halo can form around the Moon when horizontally oriented ice prisms refract the Moonlights as it passes through 60° angles within prisms, whereas a circular 46° halo can form around the Moon when the Moonlights passes through 90° angles within the ice crystals.



Şekil 3: Güneş'in ışık ışınlarının, tümüyle ince buz kristallerinden oluşmuş olan yoğun *cirrostratus* bulutlarındaki buz kristallerinin arasından geçerken kırılması sonucunda Güneş'in çevresinde gözlenen olasılıkla ince bir halenin fotoğraf görünümü (renk izgesi, en içten en dışa doğru, sarı, turuncu ve kırmızı şeklindedir). Fotoğrafın çekildiği anda, yüksek atmosferde uçan jet uçaklarının egzoz salımlarının içindeki su buharının aniden yoğunlaşmasıyla buz kristallerinden oluşan uçak yoğunlaşma izlerine dikkat ediniz. (Foto: Murat Türkeş, 26 Ekim 2007 Çanakkale)

Figure 3: A photographic appearance of a likely thin halo observed around the Sun forming when the Sun-lights are refracted during its passing through within ice crystals in the dense cirrus clouds occurred wholly by thin ice crystals (colour spectrum of the halo from the most inner to the most outer band is of yellow, orange and red).



Şekil 4: Güneş ışınları buz kristali levhaları içeren *cirrus* bulutlarının içerisinden geçtiğinde görülen bir optik olay olan atmosferin yalancı Güneş etkisi oluşumunun çizimsel gösterimi (Türkeş, 2010). Yatay uzanımlı buz kristali levhaları, Güneş ışınlarının 22° 'de kırılmasına neden olarak, uygun koşullarda Güneş'e karşından bakan bir gözlemciye göre, Güneş'in iki tarafında 22° dışına doğru (Güneş'ten 22° dışarıya doğru) ve gerçek Güneş'ten daha küçük yalancı Güneş görüntüleri yaratır.

Figure 4: Schematic illustration of occurrence of the Sundog by the atmospheric optic effect, which is a kind of optic phenomena seen as sunlight passes through cirrus clouds containing ice crystal plates (Türkeş, 2010). The horizontally oriented ice crystal plates may cause the sunlight to be refracted at 22° outward from the Sun.



Şekil 5: Güneşe karşıdan bakan bir gözlemcinin bakış doğrultusuna göre Güneş'in yüksek olasılıkla 22° sol tarafında oluşan çok belirgin bir Tek Yanlı Yalancı Güneş olayının fotoğraf görünümü (en yüksek bulutlar çoğunlukla *cirrostratus* bulutlarından oluşmuştur). (Foto: Murat Türkeş, 14 Ekim 2015 – Saat: 17.26 Çanakkale)

Figure 5: Photographic appearance of a marked One-sided Sundog event occurred very likely at 22° leftward from the Sun according to view orientation of an observer looking against to the Sun (the highest clouds in the sky formed mostly by cirrostratus clouds).



Şekil 6: Tek Yanlı Yalancı Güneş olayının daha yakından görünüşü. Renk izgesinin Hale olayında olduğu gibi, Yalancı Güneş'e göre en içten en dışa doğru, sarı, turuncu ve kırmızı şeklinde dizilişine dikkat ediniz. (Foto: Murat Türkeş, 14 Ekim 2015 Çanakkale)

Figure 6: Much closer view of the One-sided Sundog event.



Şekil 7: Günbatımı sırasında görüntülenen bir Güneş Kulesi görünümü (Foto: Joseph N. Hall, 2005 Alaska; <http://en.wikipedia.org/wiki/Image:FairbanksUAFLightPillars.jpg>).

Figure 7: An appearance of the Sun pillar taken from its image during the sunset time.

Referanslar

- Ackerman, S. A. and Knox, J. A. 2007. *Meteorology: Understanding the Atmosphere*. Second Edition, Brooks/Cole Publishing, New York, 467+ pp.
- Eagleman, J. R. 1985. *Meteorology, The Atmosphere in Action*. Wadsworth Publishing Company, Belmont, California, 394 pp.
- Gedzelman, S. D. 2008. *Atmospheric Optical Phenomena Rainbows, Halos, Coronas, Glories* (PowerPoint presentation), EAS Department, City College of New York, New York.
- Türkeş, M. 2010. *Klimatoloji ve Meteoroloji*. Birinci Baskı, Kriter Yayınevi - Yayın No. 63, Fiziki Coğrafya Serisi No. 1, ISBN: 978-605-4613-26-7, 650 + XXII sayfa: İstanbul.
- Wallace, J. M. and Hobbs, P. V. 2006. *Atmospheric Science, An Introductory Survey*, Second Edition. Elsevier Academic Press, New York, 483 pp.

İnternet Kaynakları

<http://www.dewbow.co.uk/index/corimages.html>, erişim tarihi: Ağustos 2008

<http://en.wikipedia.org/wiki/Image:FairbanksUAFLightPillars.jpg>, erişim tarihi: Ağustos 2008

