

**TÜRKİYE ÜZERİNE GELEN HAVA KÜTLELERİNİN ANKARA’NIN TOPLAM
OZON KALINLIĞI ÜZERİNE ETKİSİ**

Yılmaz AÇAR, Serpil YAĞAN, Mithat EKİCİ, Salim ERSOY,

Alper AKÇAKAYA, Osman ESKİOĞLU

**Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Kütükçü Alibey Caddesi No:4 06120 Kalaba, Keçiören/ANKARA**

yacar@mgm.gov.tr, syagan@mgm.gov.tr, mekici@mgm.gov.tr, sersoy@mgm.gov.tr,
aakcakaya@mgm.gov.tr, oeskioglu@mgm.gov.tr

ÖZET

Hava kütleleri oluşum alanlarına göre sınıflandırılır ve farklı coğrafik özelliklere sahip bölgelere atmosferdeki hava hareketleriyle taşınırlar. Türkiye, coğrafik konumu itibariyle kutupsal ve tropikal hava kütlelerinin etkisi altındadır. Ülkemizin hava ve iklim şartları üzerinde de bu hava kütleleri önemli rol oynamaktadır. Ozon, atmosferde troposfer ve stratosfer tabakaları içerisinde değişen oranlarda bulunmaktadır. Troposfer ve stratosferdeki ozon moleküllerinin toplam miktarı ise toplam ozon kalınlığı olarak isimlendirilmektedir. Bu çalışmada, Ankara’da 2007 yılında ölçülen Brewer Spektrofotometresi günlük toplam ozon verileri ile Türkiye’ye değişik yönlerden gelerek etkileyen ve farklı ozon yoğunluğuna sahip hava kütleleri arasındaki ilişki incelenmiştir. Türkiye’yi 2007 yılı boyunca 86 adet hava kütlesi etkilemiştir. Bu hava kütlelerinden 53 adedi kış-ilkbahar periyodunda, 33 adedi de yaz-sonbahar periyodunda ülkemiz üzerinde etkisini hissettirmiştir. Kutupsal kökenli hava kütleleri Ankara’nın toplam ozon kalınlığı üzerinde yükseltici, tropikal kökenli hava kütleleri ise düşürücü etki göstermişlerdir.

***Anahtar Kelimeler:** Hava Kütlesi, Brewer Spektrofotometresi, Toplam Ozon Kalınlığı*

ABSTRACT

Air masses are classified according to places where they are originated and are carried to regions with different features through atmospheric air movements. Because of its geographical position, Turkey is affected by polar and tropical air masses and definitely effect the weather and climate state of Turkey. Ozone exists in the troposphere and stratosphere with varying concentrations. The total amount of ozone molecules in troposphere and stratosphere is called as the “total thickness of ozone”. In this study, the relationship between daily total ozone data obtained from Brewer Spectrophotometer in Ankara in 2007 and air masses affecting Turkey coming from separate directions with varying ozone concentration is examined. Total number of 86 air masses affected Turkey throughout 2007 where 53 of them took place in winter-spring and 33 of them in summer-autumn. Findings indicated that tropical air masses are observed with the lower ozone concentration while polar air masses with higher concentrations.

Key Words: *Air Mass, Brewer Spectrophotometer, Total Column Ozone*

1. GİRİŞ

Atmosferde sıcaklık ve nemlilik bakımından homojen özelliklere sahip olan ve yatay yönde büyük alanları etkileyen geniş hava parçalarına hava kütlesi denir. Bir hava kütlesi birkaç milyon kilometre karelik alanı örtebilmekte ve dikey olarak da troposfere kadar uzanabilmektedir (1). Hava kütleleri buldukları alanlar üzerine kendilerine özgü belirgin özellikleri getirmekte ve etkilemektedirler. Bu nedenle hava kütlelerinin iyi analiz edilmesi gerekmektedir. Analiz yapılırken hava kütesinin kökeni, kararlılık ve kararsızlık durumları, üzerinde bulunduğu alanın coğrafik yapısı, hareket yönü ve bunun sonucunda uğradıkları değişimlerin bilinmesi oldukça önemlidir (2).

2. HAVA KÜTLELERİNİN OLUŞUMU VE UĞRADIKLARI DEĞİŞİKLİKLER

Hava kütlelerinin oluşumu için sıcaklık bakımından homojen bir yapıya sahip geniş kara ve deniz yüzeyleri ile bu yüzeylerin fiziksel özelliklerini alabilecek kadar yeterli süre bu alanlar üzerinde kalması gereklidir. Bu nedenle dünya üzerinde ancak belirli alanlar kaynak bölgesi (source regions) olmaya uygundur. Ana kaynak bölgeleri olarak, tropikal hava kütlelerinin oluştuğu subtropiklerdeki yüksek basınç kuşağı ile polar hava kütlelerinin oluştuğu kutuplar civarı bilinmektedir (2).

Tablo 1. *Sıcaklık bakımından hava kütlelerinin kaynak sahaları.*

Sıcak Bölgeler (Tropikal Hava Kütleleri)	Soğuk Bölgeler (Kutupsal Hava Kütleleri)
1. Sahra Çölü (Sıcak ve kuru) 2. Tropikal Okyanuslar (Sıcak ve nemli)	1. Kuzey Buz Denizi (Soğuk ve nemli) 2. Sibirya (Soğuk ve kuru) 3. Kuzey Kanada (Soğuk ve kuru) 4. Güney Okyanus (Soğuk ve nemli) 5. Antarktika (Soğuk ve kuru)

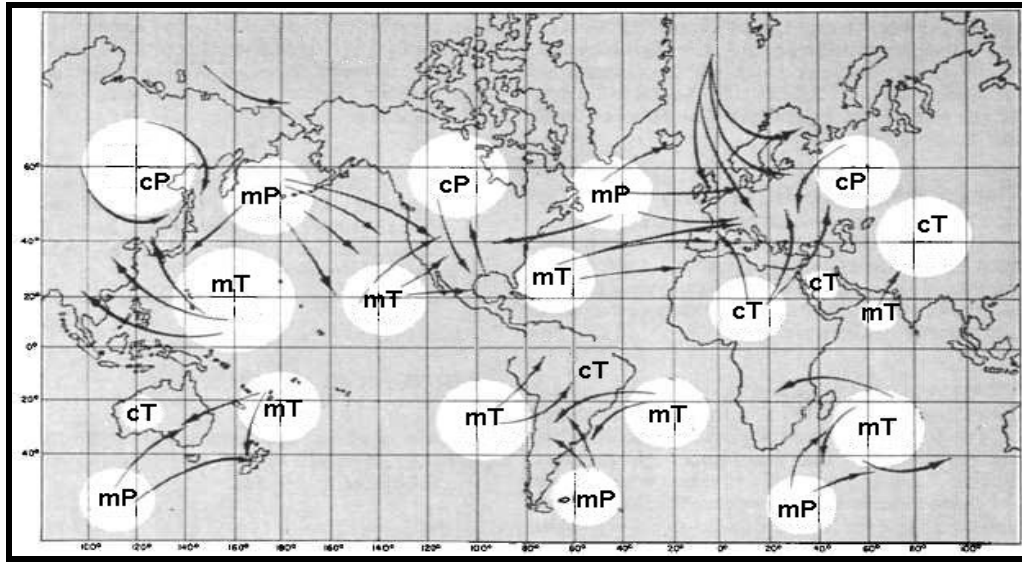
Hava kütleleri kaynak bölgelerinden hareket ettikten sonra çeşitli değişikliklere uğrarlar. Bu değişiklikler; alttan ısınma, alttan soğuma, buharlaşma ile nem kazanma, yoğunlaşma ve yağış sonucu nem azalması şeklindeki termodinamik değişiklikler ile türbülansla karışma, alçalma ve yükselme şeklindeki dinamik değişiklikler olarak ifade edilebilir.

3. HAVA KÜTLESİ ÇEŞİTLERİ

Yeryüzünün herhangi bir bölgesindeki hava kütesini sınıflandırırken; kaynak bölgesinin özellikleri, kaynak bölgesini terk ettikten sonra geçirdiği değişiklikler, yüksek

atmosferde çeşitli seviyelerdeki yatay özellikler ile sıcaklık, nem ve rüzgârın düşey dağılımı gibi özelliklere dikkat edilmektedir.

Hava kütleleri kaynak bölgelerindeki sıcaklık durumları ve oluştuğu yer dikkate alınarak incelendiğinde, Tropikal (T) ve Kutupsal-Polar (P) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Kutupsal hava kütleleri tam kutuplar üzerinde oluşmuşsa Arktik ya da Antarktik (A) hava kütleleri olarak da isimlendirilmektedir. Nem durumu dikkate alındığında ise, hava kütlelerinin oluşum alanı nemli deniz yüzeyi ise bu hava kütlelerine denizel (maritime-m), nemi az, kuru kara yüzeyi ise karasal (continental-c) hava kütleleri denilmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. Hava kütlelerinin kaynak sahaları ve etkiledikleri alanlar

4. TÜRKİYE'Yİ ETKİLEYEN HAVA KÜTLELERİ

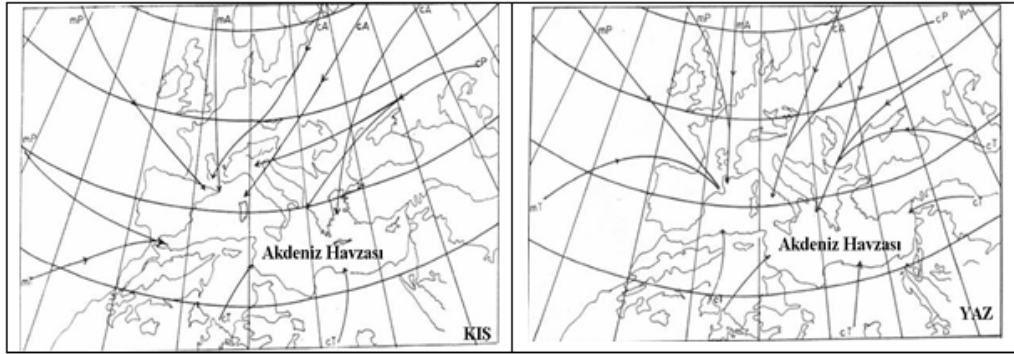
Türkiye kuzey yarım kürede, Ekvator ile Kuzey Kutbunda ve 36-42 derece enlemleri ve 26-45 doğu boylamları arasında yer almaktadır. Yurdumuzu genellikle kışın kutupsal-polar (cP ve mP), yazın ise tropikal (mT) oluşumlu hava kütleleri etkilemektedir. Ülkemizi aynı zamanda, Akdeniz'e kendi kaynak sahasının özellikleriyle yönelen ve buradan geçerken veya yerleştikten sonra termik ve dinamik değişikliklere uğrayan hava kütleleri etkilemektedir. Bu hava kütlelerini sıcaklık, nem, lapse rate değişimi, kararlılık, hâlihazır hava durumu ve görüş mesafesine göre Tablo 2'deki gibi sınıflandırabiliriz (3).

Tablo 2. Türkiye'yi etkileyen hava kütleleri ve karakteristik özellikleri

Türkiye'yi Etkileyen Hava Kütleleri					
Karakteristik Özellikler	Karasal Polar (cP)		Denizel Polar (mP)	Karasal Tropikal (cT)	
	Kış	Yaz		Kış	Yaz
Kaynak	Kuzey	Kuzey	Kuzey	Kuzey	Kuzey

III. TÜRKİYE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ KONGRESİ, TİKDEK 2013 3 - 5 Haziran 2013, İstanbul

Bölgesi	Rusya	Rusya	Amerika	Afrika, Büyük Sahra	Afrika, Anadolu
Sıcaklık	Çok soğuk	Soğuk	Oldukça Soğuk	Normal	Sıcak veya Aşırı sıcak
Nem	Kuru	Alt seviyeleri nemli	Nemli	Oldukça nemli	Nispeten kuru
Lapse Rate Değişimi	Hafif değişim	Alttan ısınma	Alttan ısınma	Alttan soğuma	Hafif değişim
Kararlılık	Kararlı	Kararsız	Kararsız	Kararlı	Kararsız
Hâlihazır Hava	Açık	Yağmur veya Kar sağanağı	Sağanak	Çok yağışlı	Açık, Nadiren sağanak yağışlı
Görüş Mesafesi	Orta	İyi	İyi	Orta	Orta

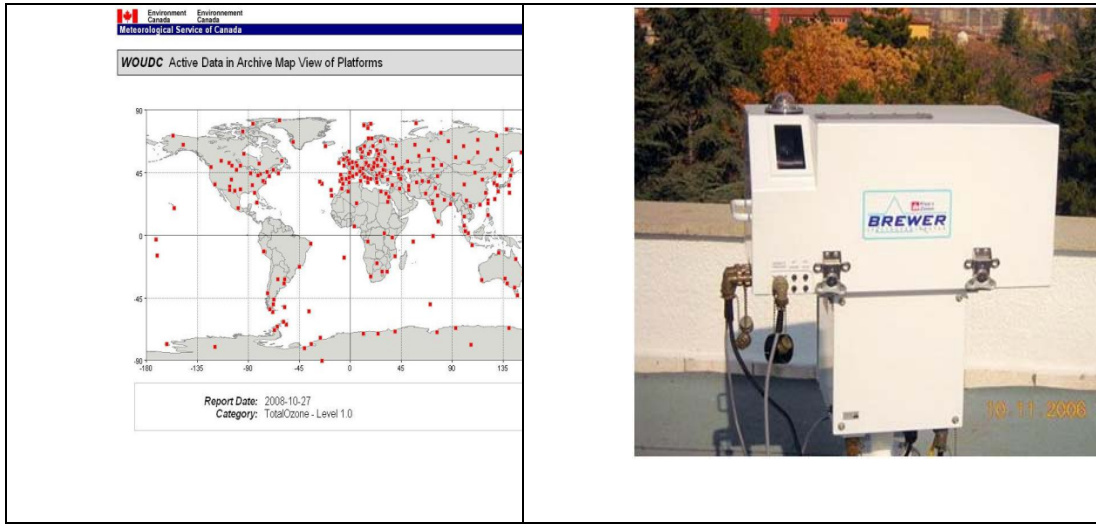


Şekil 2. Kış ve yaz mevsiminde Türkiye'yi etkileyen hava kütleleri (16)

5. VERİ VE METOD

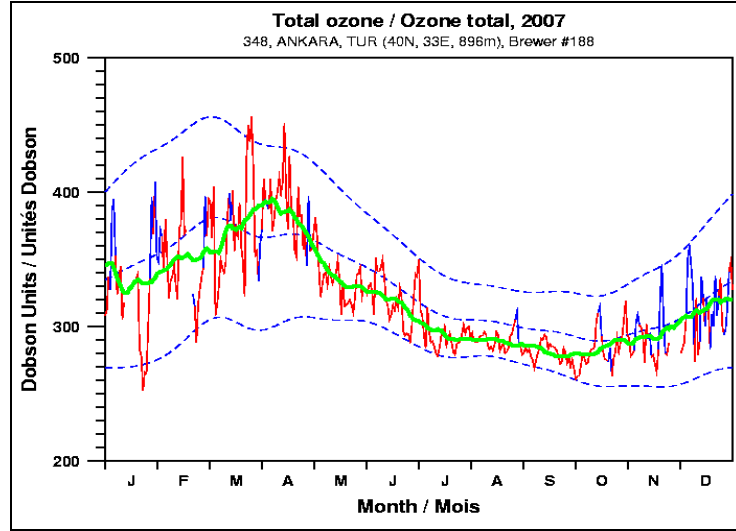
Bu çalışmada, kuzey yarımkürede orta enlemlerde yer alan Ankara istasyonunun (39.95°N, 32.88°E) 2007 yılı Brewer Spektrofotometresi günlük toplam ozon (Dobson Unit-DU) verileri kullanılmıştır.

5.1 Brewer Spektrofotometresi



Şekil 3. WOUDC ozon gözlem ağı ve Ankara'da kurulu Brewer Spektrofotometresi (188)

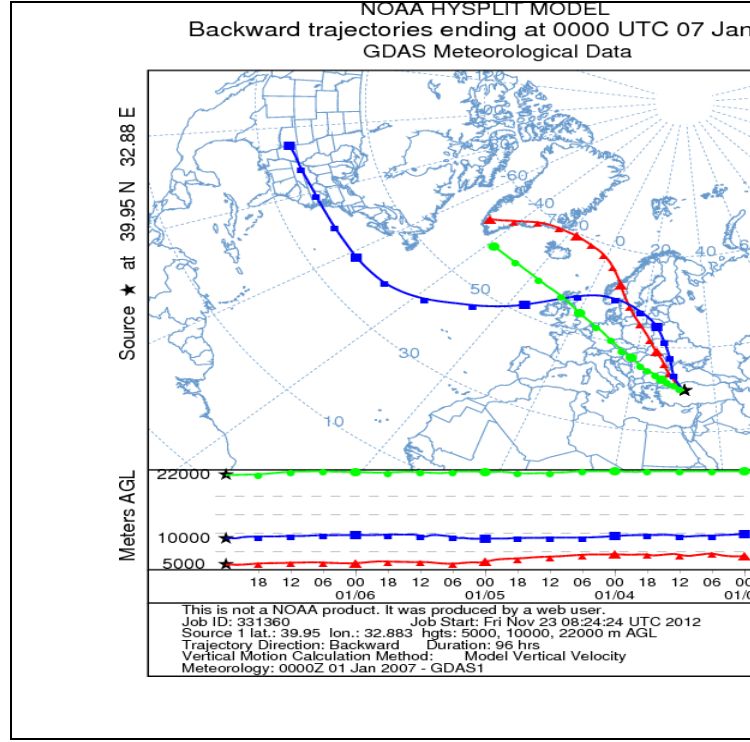
Brewer Spektrofotometresi, Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) - İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) ortak TÜBİTAK projesi kapsamında, MGM tarafından 2006 yılı Kasım ayında Ankara'ya kurulmuş ve halen günlük ozon ölçümüne devam etmektedir (4). Ankara istasyonu, 348 istasyon numarası ile Dünya Meteoroloji Teşkilatı (WMO), Küresel Atmosfer İzleme Programı (GAW) gözlem ağı içerisinde yer almaktadır. Ozon ölçüm verileri ise merkezi Kanada'da bulunan Dünya Ozon ve Ultraviyole Radyasyon Veri Merkezi (World Ozone and Ultraviolet Radiation Data Centre-WOUDC) tarafından 348 istasyon numarası (STN 348) ile yayınlanmaktadır. 2007 yılı ozon değişimi Şekil 4'te verilmiştir (5,6). Şekilde kırmızı çizgi direkt güneş ölçümlerini, mavi diğer ölçümleri, ortadaki kesik mavi çizgi normal ozonu, alt ve üsttekiler ise standart sapmaları temsil etmekte, kalın yeşil çizgi ise ölçülen ozona ait 31 günlük hareketli ortalamayı ifade etmektedir.



Şekil 4. WOUDC, Brewer (188) Spektrofotometresi 2007 yılı toplam ozon grafiği

5.2 Hysplit Geri Yörünge Tayini

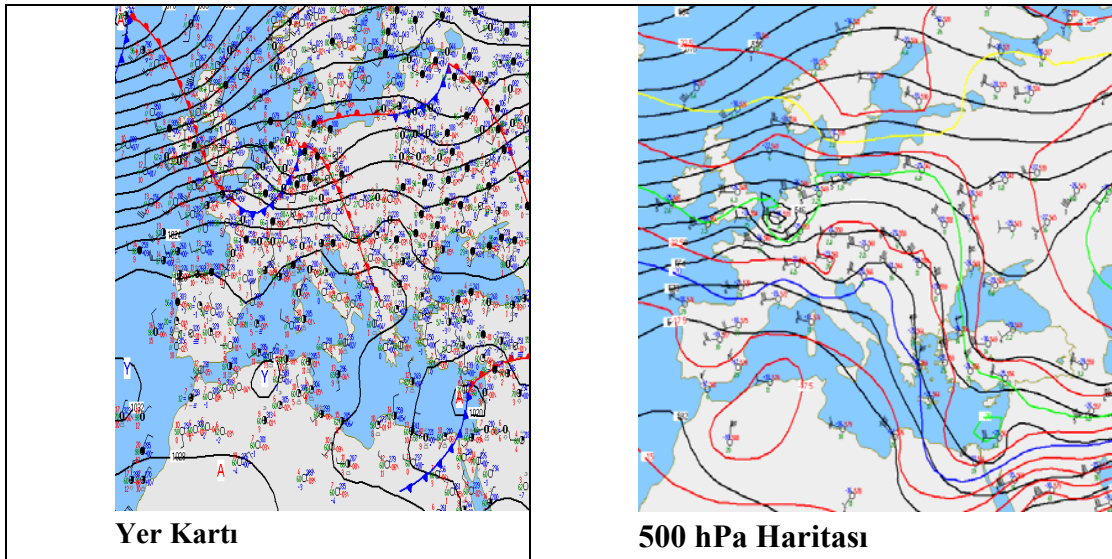
Örnekleme yapılan tüm günler için hava kütlelerinin nereden ve hangi yollarla geldiğini belirlemek amacıyla, geri yörüngelerin tayininde sıklıkla kullanılan NOAA Hysplit Backward Trajectory (HYbrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory) Modeli, READY web kullanıcı ara yüzü kullanılmıştır (7). HYSPLIT modelinde eski yörüngeler dörder günlük (96 saat) ve 6 saatlik aralıklarla hesaplatılmış ve Ankara üzerine geliş yönlerine bakılmıştır. Ozonun atmosferdeki dikey dağılımı göz önünde bulundurularak, her bir örnekleme için troposferde 5000 m (yaklaşık 500 hPa) ve 10000 m (yaklaşık 300 hPa), stratosferde ise orta enlemlerde ozonun en yoğun bulunduğu 22000 m (yaklaşık 40 hPa) yüksekliği seçilmiş ve geri yörüngeler hesaplatılarak harita üzerinde çizdirilmiştir. Haritalar üzerinde dünya koordinat sistemine göre x ve y eksenleri baz alınarak eski yörüngeler çizilirken, haritanın alt kısmındaki grafikte ise hava parsellerinin düşey konumları belirtilmiştir. Bu metotla hava parsellerinin üç boyutlu eski yörüngelerinin grafik olarak ifade edilmesi sağlanmıştır (Şekil 5).

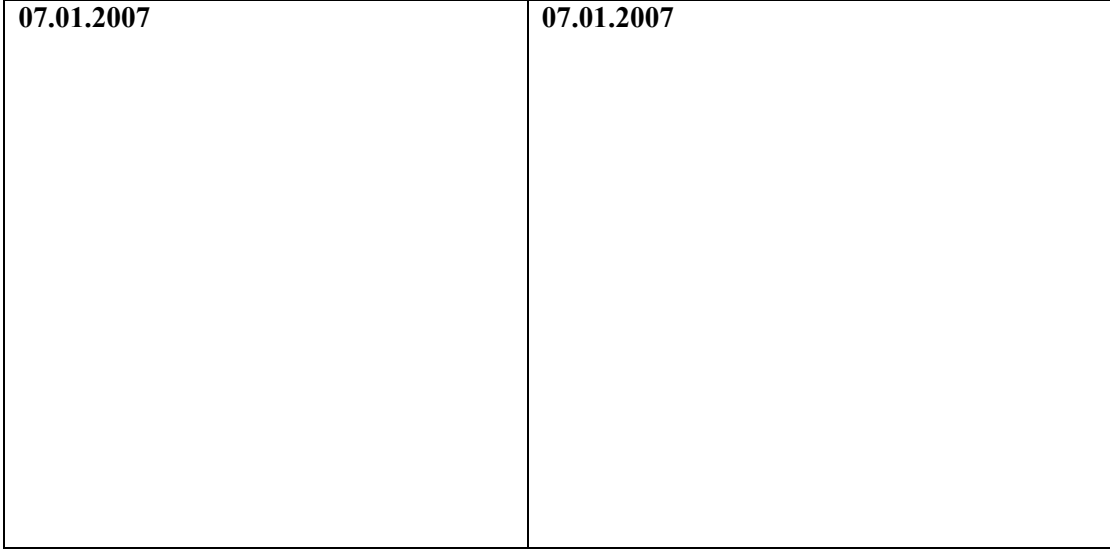


Şekil 5. 07.01.2007 tarihli hava örneğine ait HYSPLIT model eski yörünge sonuçları

5.3 MGM Sinoptik Haritalar

Örnekleme yapılan günler için hava kütlelerinin karakteristik özelliklerini detaylı belirleyebilmek amacıyla, Meteoroloji Genel Müdürlüğü Tahminler Dairesi Başkanlığınca üretilen günlük sinoptik haritalar kullanılmıştır. Bu haritalardan yer seviyesindeki siklon ve antisyklon gibi özellikleri belirlemek için yer kartı ve 5000 m seviyesindeki geopotansiyel yükseklik, sıcaklık, adveksiyon ve rüzgâr yönü bilgilerini belirlemek için de 500 hPa haritası kullanılmıştır (Şekil 6).





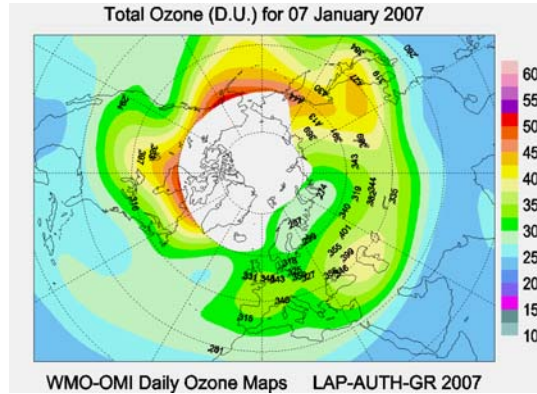
Şekil 6. 07.01.2007 tarihli yer kartı ve 500 hPa haritası

5.4 Ozon Haritaları

Ankara üzerinde yüksek ve düşük ozon değerlerinin görüldüğü örnekleme günlerinde, Türkiye üzerine gelen ve toplam ozon miktarı üzerinde etkili olan hava kütlelerinin kaynak bölgeleri, geliş istikametleri ve sahip olduğu ozon miktarlarını belirleyebilmek için kuzey yarımküreye ait toplam ozon haritaları kullanılmıştır.

Toplam Ozon Haritaları, Dünya Meteoroloji Teşkilatı (WMO) Ozon Harita Merkezi tarafından, gerçek zamana yakın yer tabanlı ölçümler esas alınarak günlük ve otomatik olarak elde edilmektedir. Haritadaki toplam ozon miktarı Dobson Birimi (Dobson Unit-DU) cinsinden verilmektedir. Haritalar, uydular üzerine yerleştirilmiş TOMS (2005'e kadar), OMI ve SCIMACY sensörleri kullanılarak ölçülen toplam ozon verilerinden oluşmaktadır (8).

Ozon haritaları kullanılarak, Ankara üzerinde etkili olan hava kütlelerinin kaynak bölgesi, geliş istikameti ve toplam ozon miktarı belirlenmeye çalışılmıştır.



Şekil 7. 07.01.2007 tarihli WMO-OMI toplam ozon haritası

5.5 Toplam Ozon ve Atmosferdeki Dağılımı

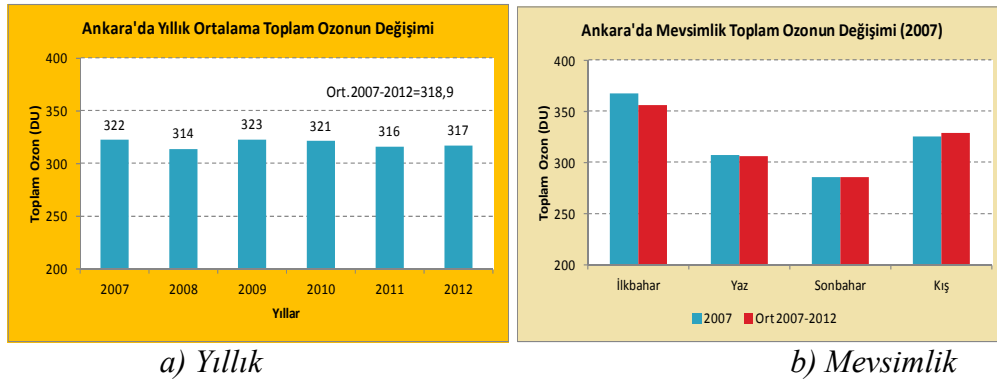
Toplam Ozon, atmosferde yerden itibaren atmosferin üst sınırına kadar dikey olarak dağılmış halde bulunan ozon moleküllerinin toplam miktarıdır. Özellikle troposfer ve stratosferdeki ozon moleküllerinin miktarı toplam ozon kalınlığı üzerinde belirleyici rol oynamaktadır (13). Ozon dağılımı genel olarak tropiklerden kutup bölgelerine doğru olan büyük ölçekli taşınım ile kontrol edilmektedir. Tropikal aşağı stratosferik hava yukarı doğru hareket ederek, toplam ozonu stratosferik polar bölgelere taşımaktadır (9). Toplam ozon miktarı, ekvator kuşağı üzerinde 240 DU ile en düşük ortalamaya sahip olup, ekvator dan kutuplara doğru gidildikçe 400 DU' e kadar artış göstermektedir. Toplam ozonun Dünya ortalaması 300 Dobson Birimi (Dobson Unit) civarında olup, coğrafik olarak 230 ile 500 Dobson Birimi arasında değişmektedir (10, 11).

5.5.1 Toplam Ozonun Kuzey Yarımküredeki Değişimi

2006-2009 yılları arasında ortalama toplam ozon değerleri 90°S-90°N ve 60°S-60°N enlemleri için sırasıyla yaklaşık % 3,5 ve % 2,5 oranında 1964-1980 ortalamalarının altında, son on yıldır ise aynı düzeyde kalmıştır. Kuzey Yarımküre orta enlemlerde (35°N-60°N) yıllık ortalama toplam ozon miktarı 1998-2005 periyodu süresince, 2006-2009 periyodunun üzerinde, 1964-1980 ortalamasının yaklaşık % 3,5 altında kalmıştır (12).

5.5.2 Toplam Ozonun Türkiye Üzerindeki Değişimi

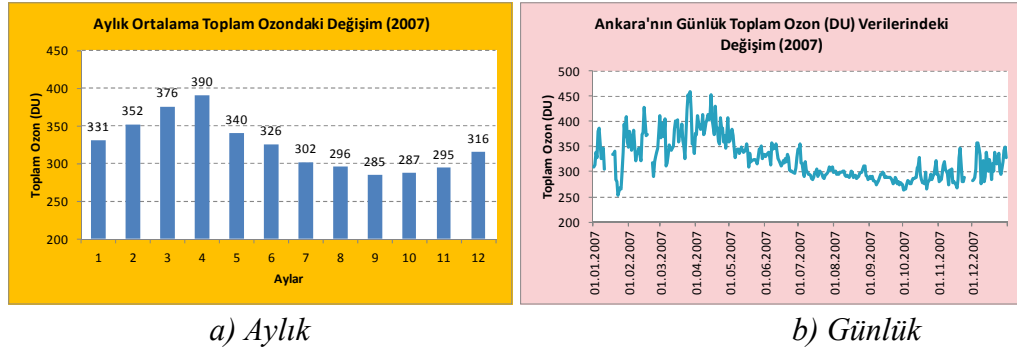
Ankara'da Brewer Spektrofotometresiyle ölçülen günlük toplam ozon verilerinden elde edilen yıllık ortalama ozon değerlerinin yıllara göre değişimi Şekil 8a'da görülmektedir. 2007 yılı ortalama toplam ozon verisinin (322 DU) Brewer Spektrofotometresi (318,9 DU) ve TOMS (OMI) uydusu (316,5 DU) uzun yıllar ortalamalarının üzerinde olduğu belirlenmiştir (13). Ankara'nın 2007-2011 periyodundaki TOMS (OMI) uydu verileri ile Brewer Spektrofotometre toplam ozon verileri incelenmiş, her iki ölçüm sistemine ait verilerin birbirine oldukça yakın olduğu ve aralarında istatistikî olarak kuvvetli bir ilişki ($R=0,98$) bulunduğu belirlenmiştir (13).



Şekil 8. a) Ankara'nın yıllık (2007) ve b) mevsimlik ortalama toplam ozon (DU) değerlerindeki değişim

Ankara'nın Brewer Spektrofotometresi mevsimlik toplam ozon verileri incelendiğinde; ilkbahar mevsiminin en yüksek, sonbahar mevsiminin ise en düşük toplam ozon verisine sahip olduğu görülmektedir (Şekil 8b). Atmosferdeki toplam ozonun yıllık değişimleri incelendiğinde, özellikle kış ve bahar aylarında orta enlemlerde ve kutup bölgelerinde ozonun fazlalaştığı, tropiklerde ise azaldığı görülmektedir. Bu durum ozonun tropik bölgelerden kutuplara doğru büyük ölçekli planeter dalgalarla taşınması sonucu gerçekleşmektedir (11).

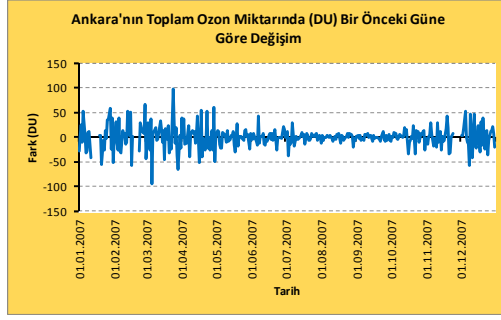
Ankara'da ise genel olarak en yüksek toplam ozon değerlerine kış-ilkbahar dönemindeki aylarda ve günlerde, en düşük toplam ozon değerlerine de yaz-sonbahar dönemindeki aylarda ve günlerde rastlanılmaktadır (Şekil 9a ve 9b). Fakat Şekil 9b'de görüldüğü gibi, 2007 yılında minimum (253,8 DU-23.01.2007) ozon değerine kış mevsiminde rastlanılmıştır (14). Bu durum, normal şartlarda yaz ve sonbahar mevsimlerinde Afrika, doğu Akdeniz üzerinden güney-güneybatılı rüzgârlarla gelerek Türkiye'yi etkileyen karasal tropikal kökenli (cT) hava kütesinin ülkemizi nadiren de olsa kış mevsiminde etkilemesi ve ozonca fakir havayı ülkemize getirmesiyle açıklanabilir.



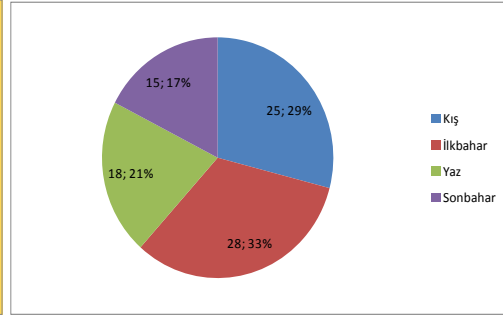
Şekil 9. a) Ankara'nın aylık ve b) günlük ortalama toplam ozon (DU) değerlerindeki değişim

5.6 Yüksek ve Düşük Ozonlu Günler Değerlendirmesi

Çalışma kapsamında, günlük toplam ozon verilerindeki değişimler (Şekil 9b) göz önünde bulundurularak ozon verilerinin birbirine göre farkları alınmış ($Fark = Ozon_{(bugün)} - Ozon_{(dün)}$), yüksek ve düşük ozonlu günler için ayrı ayrı örnekleme yapılmıştır (Şekil 10). İncelemeye değer toplam 86 gün belirlenmiş, yüksek (43 gün) ve düşük (43 gün) ozonlu günler tabloları oluşturulmuştur.

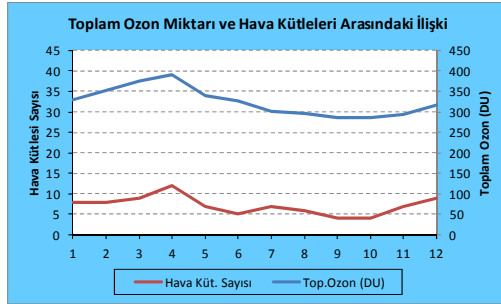


Şekil 10. Ozon (DU) farkları değişimi

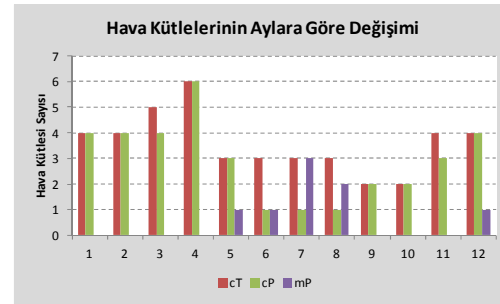


Şekil 11. Hava kütlelerinin mevsimlik dağılımı

Hava kütleleriyle düşük ve yüksek ozonlu günlerin ilişkisini araştırmak için 2007 yılı boyunca ülkemizi etkileyen 86 adet hava kütesinin yıl içerisindeki dağılımına bakılmıştır. Mevsimlere göre incelendiğinde; kışın 25, ilkbaharda 28, yazın 18 ve sonbaharda da 15 hava kütesinin ülkemizi etkilediği tespit edilmiştir (Şekil 11). Başka bir deyişle kış-ilkbahar döneminde 53 adet, yaz-sonbahar döneminde de 33 adet hava kütesi ülkemiz üzerinde etkin olmuştur.



Şekil 12. Toplam ozon ve hava kütleleri ilişkisi



Şekil 13. Hava kütlelerinin aylık dağılımı

Aylara göre incelendiğinde ise en fazla hava kütesinin Nisan ayında, en az hava kütesinin de Eylül ve Ekim aylarında ülkemizi etkilediği görülmüştür. Toplam ozon miktarının aylık değişiminde de paralel bir durum söz konusudur (Şekil 12). Yıl boyunca Türkiye'yi etkileyen hava kütleleri çeşitlerinin aylık değişimlerine bakıldığında, cP ve cT hava kütlelerinin sayıca en fazla Nisan ayında, mP hava kütesinin de Temmuz ayında etkin oldukları görülmektedir (Şekil 13).

6. SONUÇLAR

Ülkemize farklı yönlerden gelen hava kütlelerinin en fazla ilkbahar ve kış mevsimlerinde Türkiye'yi etkiledikleri görülmüştür.

Ankara'nın toplam ozon kalınlığı üzerinde; kutupsal kökenli hava kütleleri soğuk ve ozonca zengin havayı ülkemize getirmesi nedeniyle yükseltici, tropikal kökenli hava kütleleri ise sıcak ve ozonca fakir havayı getirmesi nedeniyle düşürücü etki göstermiştir.

Karasal Polar (cP) hava kütlesi, tüm yıl boyunca ülkemizi etkilemekte, aylık ortalama toplam ozonda kış-ilkbahar döneminde 21-156 DU (%6,5-48,0) ve yaz sonbahar döneminde de 13-70 DU (% 4,5-24,5) aralığında artışa neden olmaktadır. Bu artışın kış mevsiminde diğer mevsimlere göre daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Denizsel Kutbi (mP) hava kütlesi, Mayıs-Ağustos ayları arasında ve Aralık ayında Kuzey Atlantik üzerinden Avrupa'ya ve buradan ülkemize kadar gelmekte, toplam ozonda kış-ilkbahar döneminde 36-75 DU (%9,8-20,4) ve yaz döneminde de 7-58 DU (%2,3-18,8) aralığında artışa neden olmaktadır.

Karasal Tropikal (cT) hava kütlesi, tüm yıl boyunca ülkemizi etkilemekte, aylık ortalama toplam ozonda kış-ilkbahar döneminde 22-138 DU (%6,0-42,5) ve yaz-sonbahar döneminde de 14-67 DU (% 4,5-23,4) aralığında düşüşe neden olmaktadır. Bu düşüşün ilkbahar mevsiminde kışa göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Yaz ve sonbahar döneminde ise düşüşün mevsimsel etki nedeniyle daha sınırlı olduğu görülmüştür.

KAYNAKLAR

1. URL: http://www.metoffice.gov.uk/media/pdf/5/e/Fact_sheet_No._10.pdf 28.02.2013
2. Erinç S. 1969. Klimatoloji ve Metodları. İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları No: 994, İstanbul.
3. MGM, (2009). Analiz ve Tahmin Teknikleri Ders Notları, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Hava Tahminleri Dairesi Başkanlığı, Analiz ve Tahminler Şube Müdürlüğü, Ankara, 2009.
4. URL: <http://www.mgm.gov.tr/arastirma/ozon-ve-uv.aspx?s=olcumler> 25.03.2013
5. URL: http://www.woudc.org/data/Metadata/platform_e.html 25.03.2013
6. URL: <http://www.woudc.org/data/Metadata/SearchMapPM.jpg> 25.03.2013
7. URL: <http://ready.arl.noaa.gov/hysplit-bin/trajasrc.pl> 28.02.2013
8. URL: <http://lap.physics.auth.gr/ozonemaps2/archive.php?gType=perDate> 25.03.2013
9. Crutzen, P.J., (1971). Ozone production rates in an oxygen-hydrogen-nitrogen oxide atmosphere, Geophysical Research Letters, 76, 7311-7327.
10. URL: <http://www.mgm.gov.tr/arastirma/ozon-ve-uv.aspx#sfU> 25.03.2013

11. Demirhan Bari, D., Topçu, H S., (2011). Kuzey yarıküredeki toplam ozon değişiminin sıcaklık ve girdap ısı akısı ile etkileşimi, İTÜ Dergisi/D Mühendislik, 10: 3, 116-124
12. WMO, (2010). Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2010. Global Ozone Research and Monitoring Project, Report No. 52, Geneva World Meteorological Organization.
13. Acar, Y., Ekici, M., ve Yağan, S., (2012) Ozon ve Ultraviyole Radyasyon Veri Analizi, Teknik Rapor, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Araştırma Dairesi Başkanlığı, Ankara, 2012.
14. URL: <http://www.mgm.gov.tr/FILES/arastirma/ozonuv/ozondegerlendirmesi-2012.pdf> 25.03.2013
15. URL: <http://www.theozonehole.com/ozone.htm> 25.03.2013
16. URL: 80.251.40.59/agri.ankara.edu.tr/sonmez/havakut.ppt 25.03.2013