

Makale

ÇAY İŞLEME FABRİKALARINDA EMİSYONLABİN İNCELENMESİ

Burhan ÇUHADAROGLU'

GİRİŞ

Bu makalede; Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki yaş çay işleme fabrikalarında, prosesin gereği olarak kullanılan fosil yakıtlar nedeniyle ortaya çıkan gaz ve toz emisyonların durumu ve ayrıca yaş çaydan açığa çıkan suyun su buharı emisyonu şeklinde atmosfere atılması konusunda bir inceleme yapılmıştır. ÇAYKUR bünyesinde bulunan Sayın yaş çay işleme fabrikasında yapılmış olan emisyon ölçümlerine dayalı olarak yapılan inceleme sonucunda emisyonların azaltılabilmesi için bazı öneriler yapılmıştır.

Anahtar sözcükler: Çay işleme fabrikaları, gaz ve toz emisyonları, su buharı emisyonu

In this article; the flue gas and particulate matter emissions from the tea processing factories on East Black-Sea Region of Turkey have been analyzed and the water vapor removed from tea processing plants and discharged into atmosphere has been discussed. The flue gas and particulate matter emissions have been measured in the sources of the 8 tea processing factories of ÇAYKUR and some suggestions have been made in order to decrease the emissions.

Keywords: Tea processing factories, gas and particulate matter emissions, water vapor emission

Doç. Dr., Karadeniz Teknik Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümü

Ülkemizde çay üretiminin tamamı Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki Rize, Trabzon ve Giresun illerimizin sınırları içerisindeki tarım alanlarında yapılmaktadır. Sahilden ortalama 7-8 km içeriye kadar uzanan Araklı-Kalkandere arasındaki sahil şeridi, çay üreticiliğine en elverişli bölge olması dolayısıyla birinci sınıf çay bölgesi olarak kabul edilmektedir. Çay bitkisi bodur ve sık yapısı ile tarım alanlarında adeta bir çay denizi görüntüsü vermekte ve bazı yörelerde 1000m yüksekliğe kadar olan rakımlarda da yetiştirilmektedir. Çay tarımı çoğunlukla küçük aile işletmeciliği şeklinde yapılmaktadır. Mayıs-Ekim arasındaki 6 aylık süre içerisinde üç sürgün şeklinde hasat edilen çay bitkisi büyük ölçüde, halen bir İDT (İktisadi Devlet Teşekkülü) statüsünde bulunan ÇAYKUR'a ait çay fabrikaları tarafından işlenmekte ve piyasaya sunulmaktadır. Son yıllarda ÇAYKUR'un yanı sıra özel sektör de çay üretimine başlamış ve piyasaya girmiştir.

Çay alanlarının hızla artmasına paralel olarak günümüzde yaş çay işleme fabrikalarının sayısı da artmıştır. Halen ÇAYKUR, 45 adet tasnifi yapılmış dökme kuru çay üreten fabrika ve 3 adet de paketleme fabrikasıyla üretimine devam etmektedir. ÇAYKUR tarafından işlenen yaş çay miktarı ortalama 600.000 ton/yıl ve üretilen kuru çay miktarı da ortalama 120.000 ton/yıl civarındadır. Yıllık yaş çay rekoltesi ve dolayısıyla çay fabrikalarında üretilen kuru çay miktarı, iklim ve tarımsal teknik koşullara bağlı olarak yıldan yıla değişim göstermektedir. Özel sektör elinde ise 312 adet büyüklü küçüklü fabrika bulunmakta olup, bu fabrikaların toplam yaş çay işleme kapasitesi 11.089 ton/gün'dür [1].

ÇAYIN İŞLENMESİ AŞAMALARI

Çayın işlenmesi temel olarak içerisinde mevcut suyun alınması ve kurutularak içilecek kıvama gelmesi şeklinde olmaktadır. Çay işleme aşamaları; soldurma, kıvrırma, fermantasyon, kurutma ve tasnif şeklindedir. Bir çay işleme fabrikası, yaş çayı bu aşamalardan geçiren ünitelerden meydana gelmektedir.

Soldurma ünitesinde; taze çay yapraklarının içerdiği %70-%80 oranındaki su, yaklaşık 32°C sıcaklığında hava ile buharlaştırılarak %50-%55 değerlerine düşürülür. Çay işlemenin zorunlu ve en önemli ilk işlemi soldurmadır. Soldurma sonucunda yaprakların hücre öz suları daha yoğun hale gelir ve kıvrırma işlemi için uygun elastiki yapı sağlanmış olur. Soldurma işlemi iki gözülü soldurma makinalarında alttan verilen sıcak hava ile yapılır. Soldurma işlemi 6-8 saat sürer. Soldurma işlemi boyunca homojenliğin sağlanması

Makale

için yaş çayın iki kere karıştırılması gerekmektedir. Soldurma sıcaklığının gereğinden yüksek olması durumunda çay yeşil olarak kurur ve sonuçta kalitesi düşük çay elde edilir. Bu nedenle soldurma sıcaklığının iyi ayarlanması ve karıştırma işleminin özenle yapılması son derecede önemlidir.

Kıvrırma işlemi; çay yaprak hücrelerinin zararını parçalayıp, hücre özsuyunun yaprak düzeyine ulaşmasına ve havanın oksijeni ile reaksiyona girmesine olanak hazırlamak için yapılır. Halen çeşitli çay işleme fabrikalarında farklı yöntemler ile kıvrırma işlemi yapılmaktadır.

Fermantasyon; kıvrılan yaş çay yaprağının hücre öz suyunda bulunan kimyasal bileşiklerin, oksidaz enziminin etkisi ile biyolojik değişikliğe uğrayarak siyah çayda istenen renk, burukluk, koku ve aromanın oluşması olayıdır. Fermantasyon aşamasında uygun sıcaklık, nem, temiz hava, zaman ve temizlik gibi faktörler önemli rol oynar.

Kurutma aşamasında, kıvrılmış ve okside olmuş çay yaprağının nem oranı kurutma fırınlarında %3-%4

ÇAY İŞLEME FABRİKALARINDA ISI ENERJİSİ ÜRETİMİ ve KULLANIMI

Yaş çayın soidurulması, fermantasyonu ve kurutulması aşamalarında kullanılan beHrli sıcaklıktaki havayı elde etmek üzere, fosil yakıt kullanan buhar kazanlarında üretilen buhardan yararlanılmaktadır. ÇAYKUR bünyesinde bulunan 45 adet çay işleme fabrikasının 32 tanesi kömür, 13 tanesi de fuel-oil kullanan buhar kazanları ile çalışmaktadır. Buhar kazanları İskoç tipi olup, 100 m² veya 150 m² asıl ısıtma yüzeyine sahiptirler. 100 m² asıl ısıtma yüzeyine sahip kazanın ısı kapasitesi 1.200.000 kcal/h ve 150 m² yüzeyli kazanın ısı kapasitesi ise 1.750.000 kcal/h değerindedir. Kazanlar 8 atü basınçta doymuş buhar üretecek şekilde tasarlanmışlardır.

ÇAYKUR'a ait yaş çay işleme fabrikaları genel özellikleri ve kapasiteleri açısından benzerlik göstermektedirler. Bu bakımdan ortalama değerler ile üretim yaptığı varsayılan sanal bir fabrika göz önüne alınarak bazı ısı enerjisi hesapları yapılacaktır.

Yaş çay işleme kapasitesi.....	: 150 ton/gün
Üretilen kuru çay miktarı.....	: 30 ton/gün
Üretilen kuru çay / işlenen yaş çay oranı.....	: %20
Soldurma makinası sayısı (n _S).....	: 30
Kurutma fırını sayısı (n _K).....	: 10
Soldurma makinası hava debisi (V _S).....	: 20.000 m ³ /h
Kurutma fırını hava debisi (V _K).....	: 20.000 m ³ /h
Minimum dış hava sıcaklığı (t ₁).....	: 10 °C
Yaş çay soldurma ideal sıcaklığı (t _{2S}).....	: 32 °C
Kurutma fırını hava sıcaklığı (t _{2K}).....	: 100 °C
Hava için sabit basınçtaki özgül ısı (C _p).....	: 0,24 kcal/kg°C
Soldurma makinası için hava ortalama yoğunluğu (ρ _S).....	: 1,16 kg/m ³
Kurutma fırını için hava ortalama yoğunluğu (ρ _K).....	: 1,12 kg/m ³
Kazan yakıtı (Zonguldak-Amasra kömürü) alt ısı değeri (H _U)...	: 6.000 kcal/kg

düzeylelerine indirilerek, çay depolanabilir ve paketlenilebilir duruma getirilir. Kurutma işlemi fırın girişinde 95-100°C ve fırın çıkışında 50-55°C arasında yapılır.

Tasnif olarak adlandırılan son aşamada ise; fırından çıkan kuru çayların önceden belirlenen standart elek tellerinden geçirilmek suretiyle incelik, kalınlık ve kalitelerine göre ayrılması işlemi yapılır.

$$Q_S = n_S \cdot V_S \cdot \rho_S \cdot C_p \cdot (t_{2S} - t_1) = 30 \times 20.000 \times 1,16 \times 0,24 \times (32 - 10) = 3.674.880 \text{ kcal/h}$$

olarak hesaplanır. Benzer şekilde 10 adet kurutma fırınında kullanılan ısı enerjisi akışı ise;

$$Q_K = n_K \cdot V_K \cdot \rho_K \cdot C_p \cdot (t_{2K} - t_1) = 10 \times 20.000 \times 1,12 \times 0,24 \times (100 - 10) = 4.838.400 \text{ kcal/h}$$

Makale

değerindedir. Bu değerlerden soldurma ve kurutma işlemleri için gereksinim duyulan ısı enerjisi akıları toplamı

$$Q_{\text{TOP}} = Q_s + Q_k = 3.674.880 + 4.838.400 \\ = 8.513.280 \text{ kcal/h}$$

olarak belirlenir. Bu değerde ısı enerjisi akısı buhar kazanlarından karşılanacağından ve buhardan havaya ısı geçişinin olduğu kanatçıklı yüzeylerin ortalama veriminin %80 olarak alınması durumunda, ısı kapasitesi 1.750.000 kcal/h olan 150 m² asil ısıtma yüzeyli kazan sayısı;

$$\text{Kazan sayısı} = [8.513.280 / (0,8)] / 1.750.000 = 6$$

olarak belirlenir. Buraya kadar yapılan hesaplar; minimum dış hava sıcaklığı esas alınarak yapılan projelendirme hesabıdır. Ancak gerçekte dış hava sıcaklığı, çayın işlenmeye başlandığı bahar aylarından itibaren güz aylarına kadar olan süre içerisinde değişim göstermektedir. Çay işleme sezonu boyunca, ağırlıklı ortalama dış hava sıcaklığının 22 °C olduğu göz önüne alınacak olursa, soldurma makinaları ve kurutma fırınlarındaki gerçek ısı enerjisi akısı değerleri;

$$Q_j = 30 \times 20.000 \times 1,16 \times 0,24 \times (32-22) = 1.670.400 \text{ kcal/h} \\ Q_k = 10 \times 20.000 \times 1,12 \times 0,24 \times (100-22) = 4.193.280 \text{ kcal/h}$$

olmak üzere toplam gerçek ısı enerjisi akısı değeri;

$$Q_{\text{TOP}} = Q_s + Q_k = 1.670.400 + 4.193.280 \\ = 5.863.680 \text{ kcal/h}$$

olarak hesaplanır. Kazanların işletme verimlerinin yaklaşık %70 olduğu düşünülerek bir fabrika için gerekli günlük yakıt debisi (B_{YAKIT}) hesabı yapılacak olursa;

$$B_{\text{YAKIT}} = \frac{Q_{\text{TOP}}}{(Hu \cdot 0,7)} = \frac{24 \times 5.863.680}{(6.000 \times 0,7)} = 33.507 \text{ kg-yakıt / gün}$$

değeri elde edilir. Üretilen birim kuru çay miktarı başına fabrikada kullanılan yakıt miktardan ise;

$$33.507 / 30.000 = 1,12 \text{ kg-yakıt / kg-kuru çay}$$

olarak hesaplanır. ÇAYKUR tarafından toplam 45 fabrikada üretilmekte olan 120.000 ton/yıl kuru çayın,

bu fabrikaların kan yakıt kullanarak üretim yapmakta olan 32 tanesinde üretilen miktarı ortalama olarak; $120.000 \times 32 / 45 = 85.330$ ton/yıl olmaktadır. Bu değer esas alınarak, bu 32 fabrika için yıllık kömür gereksinimi;

$$B_{\text{TOP-YAKIT}} = 1,12 \times 85.330 = 95.570 \text{ ton-yakıt / yıl}$$

olarak belirlenmiş olur.

ÇAY İŞLEME FABRİKALARINDAN OLAN EMİSYONLAR

Çay işleme fabrikalarında; çay bitkisi ile ilgili herhangi bir kimyasal işlem yapılmadan tamamen doğal yöntemler kullanılarak kuru çay üretimi yapılmaktadır. Bu nedenle çay bitkisinin işlenmesi sürecinde herhangi bir kimyasal kan atık söz konusu değildir. Sadece ürün aracı olarak çıkan ve çayın çöpü ve posası olarak adlandırılan çay lifleri söz konusu olup, bu atıkların çevre üzerinde herhangi bir olumsuz etkisi yoktur. Çay lifleri çiftçiler tarafından yörede gübre olarak kullanılmaktadır.

Çay işleme fabrikalarının çevresel etkileri tamamen havaya verilen emisyonlardan dolayı olmaktadır. Bu emisyonlar; fosil yakıt kullanımı sonucu buhar kazanları bacasından atılan $S O_2$, CO , $C O_2$, NO_x ve taneçikli madde (TM) gibi klasik çevre kleticiler ve bunların yanı sıra fabrikanın tamamındaki proses boyunca hiçbir şekilde kontrol altına alınmadan atmosfere salınan su buharı emisyonudur (Şekil 1). Klasik çevre kleticilerin bölgedeki çevre üzerine olası etkileri konusunda ilgili makamların genel bir bilgi sahibi oldukları görülmektedir. Ancak konu ile ilgili detaylı bir çalışma günümüze değin yapılmamıştır. Fabrikalardan atmosfere salınan su buharının çevresel etkileri konusu ise günümüze değin farkına varılmamış önemli bir inceleme konusu olarak ortada durmaktadır.

Fosil Yakıt Kaynaklı Emisyonlar

Bu çalışmada; ÇAYKUR bünyesinde ve Trabzon İli sınırları dahilinde bulunan 8 çay işleme fabrikasında 1999 yılına ait çay üretim sezonunda yapılan emisyon ölçümleri [2] göz önüne alınarak bir değerlendirme yapılmıştır. Emisyon ölçümleri "Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği (H.K.K.Y.)" [3] ile verilen esaslar dahilinde yapılmıştır. Emisyon ölçümü yapılan çay işleme fabrikaları ve ölçüm sonuçları topluca Tablo 1'de görülmektedir. Toz emisyon ölçümleri; EPA 17 (Sabit

Makale

kaynaklardan çıkan parrikül emisyonunun belirlenmesi-baca içi filtreleme yöntemi) ile tanımlanan, izokinetik koşullarda örnekleme ve gravimetrik yöntemi esas alan bir toz ölçüm cihazı ile yapılmıştır. Tablo 1'de verilen

hava sıcaklığına bağlıdır. Kurak bölgelerdeki çevre havasında hacimca %0,02 düzeyinde olan su buharı miktarı, ılıman nemli iklimlerde %6 düzeylerine kadar çıkabilmektedir [4]. Yerel ölçekte ortaya çıkan yağışlar

Tablo 1. ÇAYKUR'a Altı Bazı Çay İşleme Fabrikalarında 1999 Yılı İçin Baca Gazı Emisyon Ölçüm Değerleri [2]

Çay İşleme Fabrikası	Bacada Ölçülen Toz Emisyonu Konsantrasyonu ¹ (mg/Nm ³)	Bacada Toz Emisyonu Kütleli Debi (kg/h)	Bacada Ölçülen %S O ₂ Esaslı SO ₂ Emisyonu Konsantrasyonu ² (mg/Nm ³)	Bacada Ölçülen %7 O ₂ Esaslı CO Emisyonu Konsantrasyonu ³ (mg/ Nm ³)	Bacada Ölçülen %5 O ₂ Esaslı NO _x Emisyonu Konsantrasyonu (mg/ Nm ³)
Çamlı	233	5,7	545	2496	261
Of	733	14,5	839	4662	265
Eskipazar	414	10,93	1498	8415	324
Sürmene	158	2,85	194	2107	434
Bölümlü	78	1,79	72	1106	316
Araklı	214	4,39	430	6451	406
Karaca	370	8,34	2191	15300	242
Hayrat	354	7,44	1052	12257	264
Ortalama	319	6,99	853	6599	314

¹ Toz emisyonu konsantrasyonu yönetmelik sınır değeri 250 mg/m³ (H.K.K.Y., EK-7, 1.1.1. a-4)

² SO₂ emisyonu konsantrasyonu yönetmelik sınır değeri 2000 mg/m³ (H.K.K.Y., EK-7, 1.1.4. a-1)

³ CO emisyonu konsantrasyonu yönetmelik sınır değeri 250 mg/m³ (H.K.K.Y., EK-7, 1.1.1. c)

toz emisyon değerleri, en büyük yükteki işletme koşullarında yapılan baca gazı hızı ölçümlerinin ortalaması olan baca gazı hızı değerlerinde cihaz tarafından emilen örnekler için yapılmış olan en az üç ölçümün ortalamasıdır. Baca gazındaki SO₂, CO ve NO^x emisyonlarına ait ölçümler ise elektrokimyasal esaslı bir emisyon ölçüm cihazı ile yapılmıştır.

Ölçüm sonuçları göstermektedir ki; emisyon ölçümü yapılan fabrikalarda bacadaki toz emisyonu ortalama değeri yönetmelik sınır değerini biraz aşmaktadır. Baca gazında SO₂ emisyonu ortalama değeri yönetmelik sınır değerinin altında olmasına rağmen, CO emisyonu ortalama değeri yönetmelik sınır değerinin oldukça üzerindedir. Bu sonuç; kau yakıt kullanılan çay işleme fabrikalarında yakıt içeriğindeki kükürt miktarının düşük olduğunu, ancak yakma sistemlerinin olması gerekenden çok fazla CO emisyonlarının oluşumuna neden olduğunu ve dolayısıyla yakma sistemlerinde enerji kaybının fazla olduğunu göstermektedir.

Su Buharı Emisyonu

Atmosferin en alt tabakası olan troposferde bulunan su buharı miktarı oldukça değişken olup, coğrafik konuma, su kütlelerine olan yakınlığa, rüzgar yönüne ve

iki aya mekanizma tarafından gerçekleşmektedir. Bunlar, bölgeyi çevreleyen alanlardan taşınarak gelen su buharı ve o bölgeden kaynaklanan buharlaşma ve terlemedir. Çevrimsel nem (bölgeden kaynaklanan) dolayısıyla gelen bölgesel yağış; potansiyel olarak önemli bir iklim geri besleme mekanizması olup, yeryüzü-atmosfer etkileşimi ile yakın ilgisi vardır [5].

Çevre havasındaki su buharının uzun süreli olarak normalin üzerindeki değerlerde bulunması, iklim özelliklerinin değişmesine ve dolayısıyla çeşitli çevresel etkilerin doğmasına neden olabilmektedir. Örneğin çevre havasındaki nem oranının normalin üzerine çıkması, yerel ölçekte yağış miktarının artması olasılığını önemli ölçüde artırmakta ve dolayısıyla ekili alanların zarar görmesi, toprak kaybı ve hatta sel baskınları gibi sonuçların ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Küresel ölçekte ise atmosferde bulunan su buharı, küresel ısınmaya neden olabilen bir sera gazı olarak göz önüne alınmaktadır. Ayrıca nemli ve yağışlı bir iklimin insan psikolojisi üzerindeki olumsuz etkileri de göz ardı edilmemelidir.

Çay işleme prosesinin bir sonucu olarak önemli miktarda su yağ çaydan ayrılarak buhar halinde atmosfere

Makale

Tablo 2. ÇAYKUR Tarafından Yapılan Kuru Çay Üretim Verilerinin Yıllara Göre Değişimi [6]

Yıllar	Satın Alman Yaş Çay (ton)	Üretilen Kuru Çay (ton)	Fark (ton)
1985	602.474	132.978	469.496
1986	669.770	140.261	529.509
1987	566.609	119.745	446.864
1988	581.339	121.486	459.853
1989	520.511	108.407	412.104
1990	472.211	95.948	376.263
1991	507.103	103.749	403.354
1992	620.000	123.961	496.039
1993	525.744	106.527	419.217
1994	566.467	116.547	449.920
1995	421.180	95.000	326.180
1996	526.690	100.376	426.314
1997	542.321	100.537	441.784
1998	718.000	130.426	587.574
1999	840.000	152.838	687.162
Ortalama	578.695	116.586	462.109

birakılmaktadır. Çevre havası içeriğinde bulunan su buharının, insan sağlığı üzerinde patojenik bir etkisinin olmayışı nedeniyle, çeşitli amaçlı üretim yapan işletmelerden çevre havasına verilen su buharı emisyonları hiçbir zaman sorun olarak görülmemiştir. Ancak Tablo 2'deki verilerden de görüldüğü gibi, sadece ÇAYKUR'a ait çay işleme fabrikalarında ortalama olarak yaklaşık 462.000 ton/yıl miktarında su, kurutma suretiyle yaş çaydan çekilmekte ve su buharı emisyonu olarak atmosfere bırakılmaktadır.

Yaş çaydan suyun çekilmesi işlemi, prosesin soldurma ve büyük ölçüde de kurutma aşamalarında olmaktadır. Soldurma işleminin yapıldığı ortam, üstü kapak yan kısımları dış atmosfere açık bir sundurma şeklinde olup, burada yaklaşık 32 °C sıcaklığındaki hava ile çayın bir miktar nemi alınmakta ve hava ile birlikte atmosfere bırakılmaktadır. Kurutma fırınlarında da benzer şekilde ortalama 75°C sıcaklığındaki hava kullanılarak yapılan nem alma işlemi sonucunda nemli hava, genellikle fabrika sahasının arka bölümünde bulunan bir menfezden herhangi bir önlem alınmaksızın atmosfere atılmaktadır.

Doğu Karadeniz Bölgesi'nde çayın işlenmesi sonucu atmosfere önemli düzeyde su buharının bırakıldığı görülmektedir. Ancak bu su buharının çevrede nasıl

yayıldığı ve çevresel etkilerinin ne düzeyde olduğu henüz araştırılmamış konulardır. Kaynak olarak seçilecek olan bir çay işleme tesisi etrafında gaz ve su buharı emisyonlarının yayılması; içerisinde meteorolojik parametreler, arazi durumuna ait veriler, tesis özellikleri vb. parametrelerin bulunduğu uygun bir yayılma modeli ile modellenilebilir.

SONUÇ

Bu makalede göz önüne alınan çay işleme fabrikalarına ait emisyon ölçüm sonuçları, CO emisyonlarının yüksek düzeyde olduğunu göstermektedir. Bu bağlamda; fabrika buhar kazanlarında kömür yüklemiş işleminin kuralına uygun yapılması gerekmekte ve hava-yakıt karışım oranlarının gerektiği gibi ayarlanması konusunda mudaka önlemler alınmalıdır. Böylece hem CO emisyonlarının olumsuz çevresel etkileri önlenmiş olur, hem de fabrikalarda enerji kullanımı daha da verimli bir duruma getirilmiş olur.

Çay işleme fabrikalarından çıkan su buharı emisyonunun iklim ve çevre özellikleri üzerindeki etkilerinin kesin olarak belirlenmesi konusunda deneysel ve sayısal araştırmalara gerek olmakla birlikte, çay işleme fabrikalarındaki su buharı emisyon kaynaklarını basit ve ekonomik bir şekilde kontrol altına almak olanaklıdır. Bu amaçla; prostenen ayrılan nemli hava içeriğindeki su buharı, yoğunlaştırıcı yüzeyler yardımıyla havadan alınarak atmosfere kuru havanın bırakılması sağlanabilir.

KAYNAKÇA

- <http://www.caykur.gov.tr/tarihce.htm>.
- Muhtelif Çay İşleme Fabrikaları İçin Emisyon Ölçüm Raporları, Eylül 1999.
- Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği, 2 Kasım 1986 Tarihli ve 19269 Sayılı Resmi Gazete.
- Stern, A.C., Air Pollution-Volume I, Academic Press, New York, 1976.
- Bmbaker, K.L., Entekhabi, D. ve Eagleson, P.S., "Atmospheric Water Vapor Transport Estimation of Continental Precipitation Recycling and Parameterization of a Simple Climate Model", NASA Report No: NAS 1.26:188647; R91-18, 1991.
- <http://www.caykur.gov.tr/istatistik.htm>.