



ÇÖL TOZLARININ TÜRKİYE’DE DOĞAL VE BEŞERİ ORTAM ÜZERİNE ETKİSİ

The Effects of Desert Dusts on Natural and Human Environment in Turkey

M. Taner ŞENGÜN*, Kemal KIRANŞAN**

ÖZET

Çok küçük boyutlardaki partikül maddeler, rüzgarlar tarafından yeryüzünden havalandırılarak atmosfer içinde çok uzak mesafelere kadar taşınmaktadır. Bu taşınım olayında tozların nereden kaynaklandığı, hangi yönlere taşındığı, kuru ve yaş halde nereleri ne ölçüde etkilediği hakkında uydular aracılığıyla tahminler yapılabilmektedir. Bu tozların büyük bir kısmı çöl kaynaklıdır. Çöl kaynaklı tozların atmosferik taşınımı son 200.000 seneden bu yana var olan ve kimi zaman olağanüstü artan ve kutuplarda dahi derin izler bırakan bir doğa olayıdır.

Bu çöl kaynaklı tozlar Türkiye’yi de son dönemlerde bölgesel veya daha geniş olanlı olarak etki altında bırakmaktadır. Türkiye’de etkili olan çöl tozları genellikle Büyük Sahra Çölü ve Arabistan çölleri kökenlidir. Coğrafi konum itibarıyla Arabistan çöllere yakın olması ve Afrika’dan kaynaklanan hava hareketlerinin yolu üzerinde bulunması Türkiye’yi belirli dönemlerde bu çöl kaynaklı tozların etkisine maruz bırakmaktadır. Çöl tozları ile Türkiye’yi etkileyen rüzgar sistemleri arasında da yakın bir ilişki vardır.

Türkiye’de çöl tozları, doğal ve beşeri ortam üzerinde çok önemli çevresel etkilerde bulunmaktadır. Doğal ortamda iklim, bitki ve toprak örtüsü, su kaynakları ve hava kalitesini etkilemektedir. Beşeri ortamda ise insan sağlığını ve faaliyetlerini etkilemektedir.

Bu çalışmada Türkiye’yi etkileyen çöllere ile çöl tozlarının doğal ve beşeri ortam üzerindeki etkileri, çeşitli kurumlardan temin edilen verilerin sonuçlarının arazide gözlemlenmesine ve değerlendirilmesine dayalı olarak araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çöl Tozu, Doğal ve Beşeri Ortam, Türkiye, Atmosferik Taşınım.

SUMMARY

Very small particulate matters are moved by winds being raised from earth to very long distances. Forecasts about dusts where it originated, direction to move, in the affected dry and wet state are able to do by satellites in the convection event. A large part of this dusts are desert-based. Atmospheric transport of desert dust origin is a natural phenomenon because since the last 200.000 years, sometimes extraordinary increased and also generated deep scars in the poles.

Desert-based powders also affect Turkey recently as partial or wide area. Desert dusts in Turkey are originate generally Arabia and the Sahara desert. Desert dusts affect Turkey during certain periods because of Turkey’s geographical position close to the Arabia Peninsula and taking place on the way winds originated African. There is close relationship between desert dusts and affecting the winds to Turkey.

Desert dust effect on natural and human environment in Turkey. It effect climate, vegetation and soil cover, water resources and air quality in natural environment. It effect human health and the activities in human environment.

Deserts affecting to Turkey and effects of the desert dusts on the natural and human environment have been researched this study according to the results of monitoring, and evaluation of data obtained from a variety of agencies in the field.

Key Words: Desert dusts, natural and human environment, Turkey, atmospheric transport.

* Fırat Üniversitesi İnsani ve Sosyal Bilimler Fakültesi Coğrafya Bölümü – Elazığ. mtsengun@firat.edu.tr

** Bingöl Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü – Bingöl kemalkiransan@hotmail.com

GİRİŞ

Yeryüzünde geniş alanlar kaplayan çöller günümüzde verimsiz, işe yaramayan ve ona sahip olan ülkeler için bir şanssızlık olarak değerlendirilmektedir. Bununla birlikte rüzgârlar ile çöl alanlarından kalkarak her iki yarım kürede geniş alanlara taşınan çöl tozlarının yeryüzünde çok önemli işlevler gördüğü belirtilmektedir. Rüzgarlar vasıtasıyla çöl alanlarından kalkarak her iki yarım kürede daha ılıman enlemlere taşınan tozların bulut ile temas etmesi sonucunda Fe₂'yi ürettiği ve yağışlara neden olduğu son yıllarda yapılan çalışmalarda ortaya konulmuştur (Bennama, 2006: 15). Çöllerden kaynaklanan mineral tozlar, atmosfer yolu ile uzun mesafelere taşındıktan sonra kara ve deniz yüzeylerine çökmekte ve o bölgedeki ekosistemler üzerinde olası bir takım etkiler oluşturmaktadır.

Atmosferik taşınım ile çöl kökenli tozların uzun mesafelere taşındığı uzun zamandan beri bilinmektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalar, taşınan çöl kökenli toz miktarının Türkiye için milyonlarca tonla ifade edilebilen rakamlara ulaştığını ortaya koymaktadır. Yaklaşık bir asırlık dönemde yapılmış çalışmalar ortalama toz yükünün yıllık 20 milyon ton seviyesine ulaştığını göstermektedir. Taşınan tozun % 80'e varan kısmı Mart-Nisan ayları içerisinde ve her biri birkaç günlük periyotlar halinde Anadolu'ya ulaşmaktadır (Eren, 2006: 2'ye göre Kubilay ve Saydam, 1995). Özellikle mart, nisan ve mayıs aylarında yurdumuza ulaşan tozlar, otomobil, ev, ofis gibi insanların yaşama alanlarında ve kullandığı araç gereçler üzerinde olmaktadır. Çoğumuz tarafından Türkiye'de rüzgâr erozyonu sebebiyle oluştuğu düşünülen bu tozlar, aslında Sahra Çölü, Arabistan Yarımadası çölleri ve İran çöllerinden kaynaklanmaktadır.

Çöl tozları içinde bulunan demir^{III}, bulut içerisinde Güneş ışığının etkisiyle +3 halden +2 hale indirgenmektedir. İndirgenmiş demir^{II} yağışlar sonucunda yeryüzüne indiğinde bitki, toprak ve su kaynakları için önemli fonksiyonlar görmektedir (Saydam, 2010: 38).

AMAÇ

Türkiye, coğrafi konumu itibariyle çöl bölgelerine yakın olması ve batı rüzgârları kuşağında yer alması nedeniyle son yıllarda bol miktarda çöl tozu taşınımına uğramaktadır. Taşınan çöl tozları doğal ve beşeri ortam üzerinde çok önemli etkilerde bulunmaktadır. Dünya ölçeğinde çöl tozları ile ilgili birçok çalışma yapılmış iken (Goudie ve Middleton (2006), Guerzoni vd. (1997), Kallos (2011), Laity (2008)...) Türkiye'de bu konu hakkında az sayıda çalışmanın olduğu ve bunların da çöl tozlarının kimyasal analizlerine dayalı olduğu görülmektedir. Çöl tozlarının doğal ve beşeri ortam üzerine olan çevresel etkileriyle ilgili çalışmalar ise çok azdır. Bu çalışmada son yıllarda Türkiye'yi etkileyen çöller ile çöl tozlarının doğal ve beşeri ortam üzerine etkileri ana hatlarıyla ele alınmış ve ortaya konulmaya çalışılmıştır.

MATERYAL VE METOD

Çalışmanın materyalini Orman ve Çevre Bakanlığı'na bağlı İl Çevre Müdürlüklerinin PM ölçümü yapan istasyonların ölçüm değerleri, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden sağlanan meteorolojik veriler, çöl tozu konsantrasyon haritaları, bazı illerin sağlık verileri, tozlu ve tozsuz günlerde bazı illerde insanlarla yapılan görüşmeler ve fotoğraf çekimlerinden oluşan arazi çalışmaları ve bu çalışmalardan elde edilen veriler ile çöl tozu konsantrasyon haritalarından çıkarılan tablolar ve grafikler oluşturmaktadır. Elde edilen veriler ışığında, çöl tozlarının Türkiye'de doğal ve beşeri ortam üzerine olan etkileri Coğrafi prensiplere ve geniş ölçüde literatüre dayalı olarak değerlendirilmiştir.

1. TÜRKİYE’Yİ ETKİLEYEN ÇÖLLER

Türkiye, coğrafi konumu itibariyle birçok çölün etkisi altında bulunmaktadır. Türkiye’yi etkileyen çöller arasında en önde gelenleri Büyük Sahra, Arabistan Yarımadası çölleri ve İran çölleri (Şekil 1). Bu çöllerin konum itibariyle Batı Rüzgârlarının esiş güzergâhlarında olması ve Anadolu yarımadasına yakın olması gibi nedenlerle Türkiye bu çöllerden kaynaklanan tozlardan yılın belli dönemlerinde önemli ölçüde etkilenmektedir.



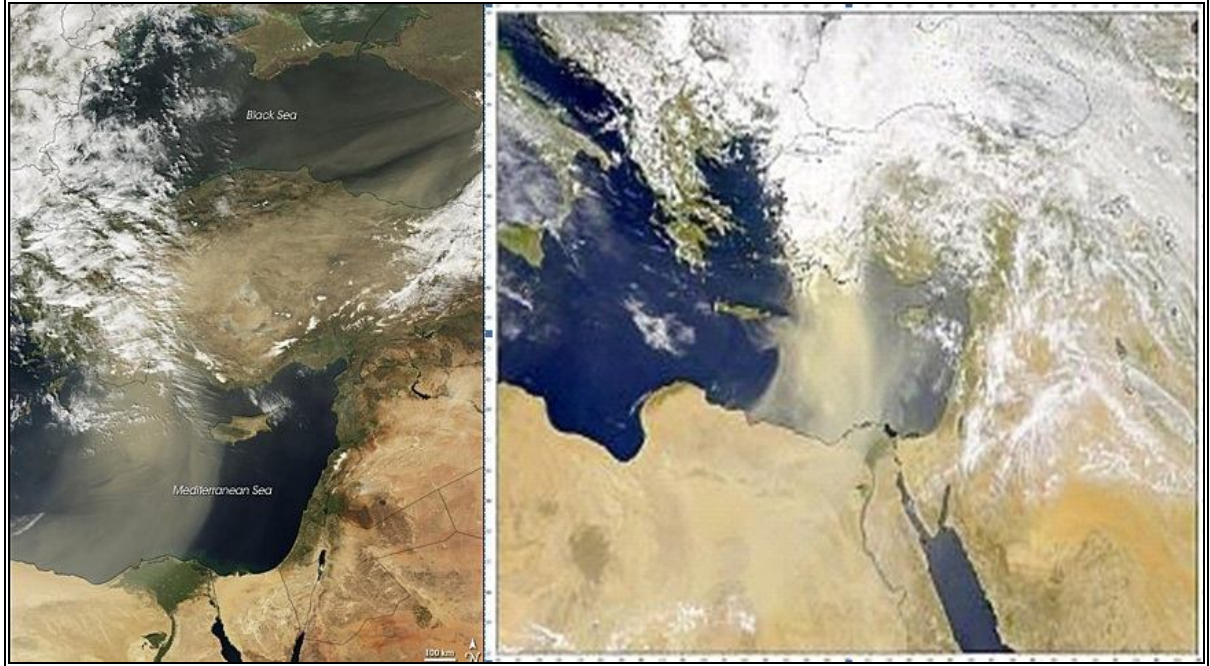
Şekil 1: Türkiye’yi etkileyen çöller

1.1. Büyük Sahra Çölü:

Batıda Atlas Okyanusu, kuzeyde Akdeniz, doğuda da Kızıldeniz’e kadar uzanır. Toplam yüzölçümü 9.149.000 km² ‘dir. Doğu-batı doğrultusunda 5000 km, kuzey-güney doğrultusunda 1500 km uzunluğa sahiptir (Laity, 2008: 15) (Şekil 2). Sahra’da son buzul döneminin sonunda gayet verimli torakların ve göllerin bulunması, yeşilliklerle kaplı bir yer olduğu göstermektedir. İşte o dönemlerde Sahra tabanında biriken humuslu topraklar yani Sahra’nın verimli kısmı şimdi tozlarla taşınmaktadır. Sahra’da kuraklık artmakta ve dolayısıyla buradan kalkan tozlarda bir artış gözlenmektedir (Alp ve Sarı, 2002: 14’e göre Saydam, 2000). Sahra Çölü’nün çok geniş bir alan kaplaması, gezici depresyonların oluşum ve hareket yönleri üzerinde bulunması ve jeomorfolojik yapının toz taşınımına uygun olması gibi faktörler çölün yeryüzünün en önemli toz kaynak bölgesi olmasını sağlamıştır (Şekil 3).

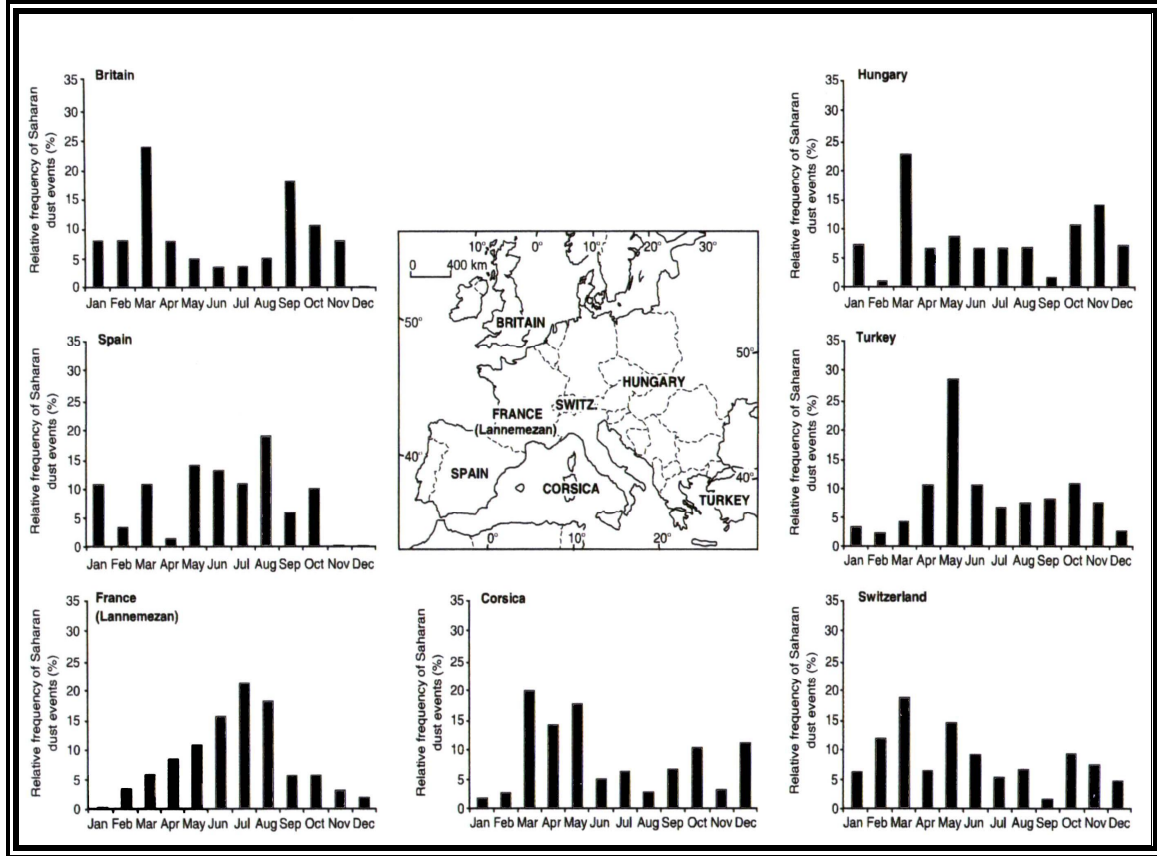


Şekil 2: Afrika Kıtası'nda Sahra Çölü'nün Yeri (www.wpmap.org)



Şekil 3: Sahra Tozunun Taşınımından Genel Görünüm 24 Mart 2008 NASA Modis (Yücekutlu vd., 2011).

Sahra'dan kaynaklanan çöl tozları her ülkede farklı mevsimlerde etkili olmaktadır. Ülkemizde Sahra kaynaklı çöl tozları, daha çok ilkbahar aylarında özellikle de Mayıs ayında etkinliğini artırmaktadır (Şekil 4).



Şekil 4: Çeşitli Avrupa Ülkelerinde Sahra Çölü Tozlarının Mevsimlere Göre Ortalama Durumu (Goudie ve Middleton, 2006: 108).

1.2. Arabistan Yarımadası ve İran Çölleri

Arabistan Yarımadası’ndaki çöllere Negev, Sina, Suriye, Ürdün, Suudi Arabistan çölleri. Negev, İsrail’de; Sina ise Mısır’da yer almaktadır. Suriye ve Ürdün Çölleri Arabistan Yarımadası’nın kuzeyinde bulunmaktadır. Arabistan Çölü 2.6 milyon km² lik bir alan kaplar ve yıllık yağış miktarı 100mm’den daha azdır (Laity, 2008: 25-26). İran’da bulunan çöllere ise Deşt-i Kevir ve Deşt-i Lut çölleri. Türkiye’ye çöl tozu taşınımında bu çöllere önemli bir etkiye sahiptir.

2. TÜRKİYE’DE ÇÖL TOZLARININ DOĞAL VE BEŞERİ ORTAM ÜZERİNE ETKİLERİ

Çöl bölgelerinden rüzgârlar vasıtasıyla taşınan tozlar doğal ve beşeri ortam üzerinde çok önemli etkilerde bulunabilmektedir. Bu etkiler doğal ortamda öncelikle iklim elemanları, bitki ve toprak örtüsü, su ekosistemi ve hava kalitesi üzerinde olmaktadır. Beşeri ortamda ise insan sağlığı ve faaliyetleri üzerinde olmaktadır.

2.1. Doğal Ortama Etkisi

Çöl tozlarının taşınımını atmosferik bir olay olduğundan doğal ortam üzerinde önemli etkilerde bulunmaktadır. Çöl tozu taşınımını doğal faktörlerden etkilendiği gibi; iklim, bitki örtüsü, toprak ve su kaynakları gibi doğal kaynakları da etkilemektedir.

2.1.1. İklim Olan Etkisi

Dünyanın çeşitli yerlerinde etkili olan çöl tozları Güneş’ten gelen ışınları tutarak yeryüzüne ulaşmasını engellemektedir. Bunun sonucunda yeryüzü yeterince Güneş ışığı alamadığından

soğumaktadır. Yani çöl tozları global anlamda çok yaygın hale gelirse küresel bir soğuma gerçekleşecektir. Doğu Akdeniz atmosferinde artan mineral toz yükü, Güneş ışınlarını doğrudan yansıtmasıyla radyasyon dengesi üzerinde önemli bir rol oynamaktadır (Özsoy, 1999: 19'a göre Levin 1993, Gilman ve Garretti 1994).

Güneşlenmenin olmadığı günler bulutlu veya kapalı gün, bulutlanmanın olmadığı açık günler ise güneşli günler olarak kabul edilmektedir. Çöl tozları, etkili oldukları dönemlerde Güneş'ten gelen ışınları tutmaları veya yansıtmaları nedeniyle güneşlenme sürelerini de etkilemektedir (Foto 1). Çöl tozlarının güneşlenme sürelerini etkilemesi sonucunda sıcaklık ve ısınma süreleri de değişmektedir. İklim elemanlarından sıcaklık üzerinde çok önemli etkilerde bulunan böyle bir doğa olayı doğal olarak basınç, rüzgârlar, nem ve yağış gibi iklim elemanlarını da etkileyecektir.



Foto 1: Siirt (12 Nisan 2011:14.30) (Emin SADIK, 2011).

Çöl tozlarının sıcaklık üzerindeki etkisinin yanında yağış ve bulut oluşumu üzerinde de etkileri vardır. Çöl tozlarının hava sıcaklığını düşürmesinden dolayı havada bulunan nem soğumanın etkisiyle daha çabuk yoğunlaşabilmekte ve yağışa neden olabilmektedir. Çöl tozları, sülfat aerosolleri gibi bulut yoğunlaşma çekirdeği şeklinde davranarak bulut albedosunu değiştirmekte ve dolaylı yoldan soğumaya neden olmakta; bunun sonucunda yağış oluşma ihtimalini yükselmektedir. Saydam tarafından geliştirilen “Akıllı Bulut Yönetimi” isimli projede, bulutların çöl tozlarıyla tohumlanması sonucunda kar ve yağmur elde edilebileceği laboratuvar ortamında kanıtlanmıştır. Projede, bulutların içinde buhar ve buz kristallerinin bulunduğu ve bunların kar ve yağmur yağışlarını belirlediği, çöl tozlarının bulutlarla birleştiğinde yağışları tetiklediği belirtilmiştir. Ayrıca aşırı kar yağışının, bulutların güneyden gelen çöl tozlarıyla birleştiğinde gerçekleştiğini tespit ettiklerini belirtmişlerdir (Saydam, 2010: 67).

Çöl tozlarının soğutma etkisinin sonucunda sıcaklığa bağlı olarak oluşan basınç merkezleri ve rüzgârlar da çöl tozlarından etkilenmektedir. Çöl tozlarıyla kasırgalar arasında önemli ilişkiler olduğu son yıllarda yapılan araştırmalarda ortaya konulmuştur. Wisconsin-Maddison Üniversitesi araştırmacılarının yaptıkları araştırmada 1981-2006 yılları arasını kapsayan 25 yıllık uydu verileri incelenmiş ve Atlas Okyanusu'ndaki kasırğa sıklığıyla Sahra Çölü'nden kalkıp Afrika'nın batı kıyısından yola çıkan kalın toz bulutları arasında şaşırtıcı bir ilişkinin olduğu ortaya konulmuştur. Kasırğa hareketinin yoğun ve güçlü olduğu dönemlerde atmosferdeki tozun nispeten az, toz

fırtınalarının daha güçlü olduğu dönemlerde de okyanusu süpüren kasırgaların az olduğu belirtilmektedir (Bilim-Teknik, Ekim 2006: 9).

Sahra üzerinden gelen çöl tozları Doğu Akdeniz Bölgesi’ndeki yağışlar üzerinde çok önemli etkilerde bulunmaktadır. Sahra tozları Doğu Akdeniz’deki yağışların PH değerini artırmaktadır. Doğu Akdeniz Bölgesi’ndeki yağışların PH’ını etkileyen faktörün Ca olduğu ve bunun CaCO₃ olarak Kuzey Afrika’dan gelen Sahra tozlarından kaynaklandığı belirtilmektedir (Işıkdemir vd., 2005: 426).

Çöl tozlarıyla fitoplanktonlar arasında da önemli ilişkiler vardır. Çöl tozlarının deniz ve okyanuslara taşınmasıyla deniz ve okyanuslarda fitoplankton denilen tek hücreli deniz bitkilerinde patlamalar olmaktadır. Bu patlamalar dolaylı olarak iklim değişmesi üzerinde etkili olmaktadır. Şöyleki; fitoplankton türlerinden olan kokkolitler su yüzeyinden atmosfere geçen “dimetil sülfür(CH₃)₂S” denilen kimyasal maddeyi üretir. Bu madde oksijenle birleşerek sülfat haline geçer. Sülfatlar okyanus üzerindeki su buharı için yoğunlaşma çekirdekleri oluşturarak bulutları meydana getirirler ve belirli koşullar altında yağmura neden olurlar. Dimetil sülfürler dolaylı olarak bulutların Güneş ışınlarını yansıtma emme derecesini yani albedoyu etkiler. Bunun sonucunda Güneş’ten gelen enerji miktarı azalmakta ve soğuma gerçekleşmektedir. Dolayısıyla çöl tozlarının küresel atmosferik taşınımı soğumaya neden olmaktadır (Eren, 2006:6-7).

Çöl tozlarının yağış oluşumlarına olan etkisi buz çekirdeği vazifesini görmesi şeklinde olmaktadır. Laboratuvar ortamında yapılan deneylerin sonucunda çöl tozu parçacıklarının -12°C’nin altında etkin buz çekirdeği vazifesi gördüğü ortaya çıkmıştır. Türkiye’nin bulunduğu coğrafi konum göz önüne alınırsa atmosferde -12°C’nin altındaki sıcaklıklara ve deneylerde kullanılan üstün doyumlara rastlanma sıklığının çok fazla olduğu dikkate alınarak, çöl tozu transferinin bulut çekirdeklenme yolu ile buz kristali oluşturma ihtimali çok yüksek görülmektedir (Oraltay vd., 2005: 20).

2.1.2. Bitki ve Toprak Örtüsüne Olan Etkisi

Çöl tozları içerisinde bulunan demir_{III} (Fe₃) bulut içerisinde indirgenme sonucunda Fe₂ ‘ye dönüşmektedir. Fe₂ tabiiatta canlılar için kullanılabilen demirdir ve tabiiatta çok az bulunur. Tabiiatta Fe₃ ise çok bulunmasına rağmen canlılar tarafından kullanılamaz. Fe₂ eğer yağışlarla gündüz vakti toprağa düşüp bitki örtüsüne ulaşırsa bitkiler Fe₂ açısından zenginleşmekte, büyümeleri hızlanmakta ve verimlilikleri artmaktadır. Nitekim çöl tozlarıyla hazırlanmış karışım belli aralıklarla asma yaprağına püskürtülerek asma yaprağındaki gelişmeler deneylerle kanıtlanmıştır (Saydam, 2002: 42) (Foto 2).

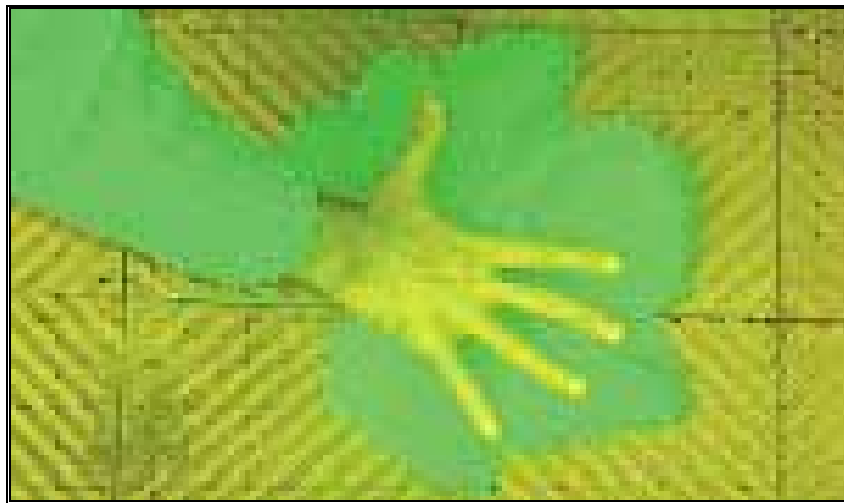


Foto 2: Çöl tozu suyuyla büyütülen dev asma yaprağı (Saydam, 2002: 42).

Sahra çöl tozlarının Amazon ormanlarında bitki örtüsünün zenginleşmesi üzerinde etkileri olduğu bilim adamları tarafından son yıllarda ortaya çıkarılmıştır. Bunlardan biri Bilim-Teknik dergisinin Şubat 2007 sayısında İsrail'deki Weizman Enstitüsü'ndeki araştırmacılar tarafından ortaya konulmuştur. Çalışmada Sahra'dan Amazon Havzası'na her yıl milyonlarca tonluk mineral tozun taşındığı ve bunun Brezilya yağmur ormanlarının topraklarını zenginleştirdiği belirtilmektedir. Weizman Enstitüsü araştırmacılarının keşfi, tozun % 56'sının tek bir yerden, Çad'daki Bodele Depresyonu'ndan kaynaklandığını ortaya koymaktadır. Bir diğer bulguları da Sahra'dan Amazonlara gelen toz miktarının daha önce düşünülenin üç katı kadar, yani 40 milyon tonun üzerinde olmasıdır. Toz taşınımının izlediği yolu ortaya çıkarmak için hem uydu verileri ve hem de jeolojik verilerden yararlanılmıştır. Bodele Vadisi, Amazon Havzası'ndan 200 kat daha küçüktür ve Sahra'nın da ancak % 0,2 kadarını oluşturmaktadır. Vadinin bu kadar çok tozun kaynağı olmasının nedeni, iki dağ sırtı arasında kalmasıdır. Bu konumuyla hava akışını hızlandıran bir tünel oluşturarak daha fazla tozun taşınmasına aracılık etmektedir. Kış mevsimlerinde vadiden kaynaklanan tozun miktarı, günde 700.000 tona ulaşmaktadır.

Çöl tozları ayrıca deniz ve okyanuslardaki bitkiler olan Algler üzerinde de önemli etkilerde bulunmaktadır. Çöl tozları içerisindeki Fe₂ okyanuslara ve denizlere ulaştığında buralarda alg patlamalarına ve çoğalmalarına neden olmaktadır. *Emiliana huxleyi* adı verilen alg türü toz taşınımı sonucunda okyanuslarda patlamalar göstermektedir. Bu durum uydular tarafından ortaya konulmuştur(Bilim-Teknik, Mayıs 2010: 21) (Foto 3).



Foto 3: Haziran 2008 Tarihinde Karadeniz'de gerçekleşen fitoplankton patlamalarının Nasa'nın Aqua uydusu tarafından çekilmiş uydu görüntüsü (Bilim-Teknik, Mayıs 2010:21).

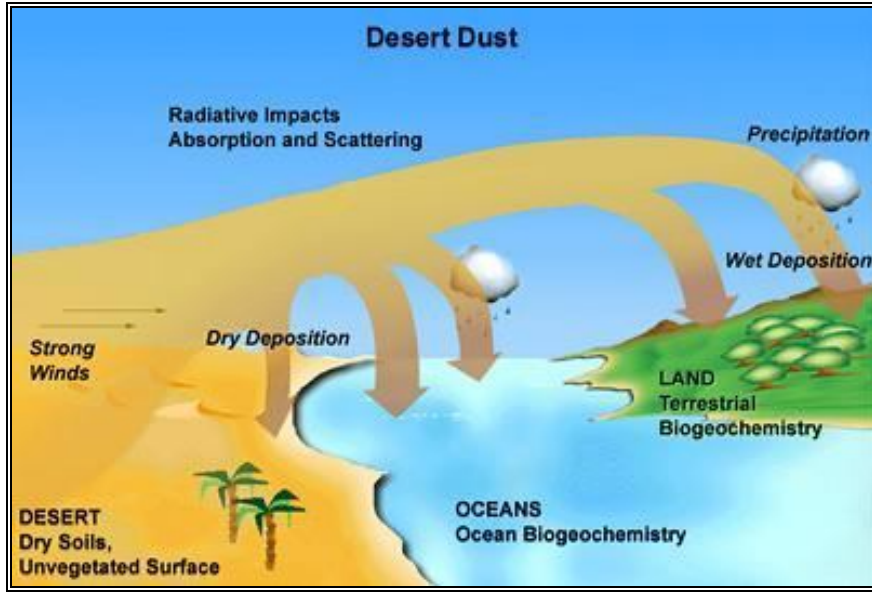
Çöl tozlarının buğday üretimine etkisi önemli ölçüde olmakla beraber buğdaylar için belirli koşullarda organik gübre olarak kullanılabilir (Ezzati, 2009:137). Çöl tozları, yağmurlarla beraber toprağa karıştığında demir, kil, mantar ve bakteriler toprağın yapısını zenginleştirmektedir. Yine çöl tozlarının *Spirulina* denilen ve ticari amaçlı üretilen bir mikro alg türünün üretimine olan katkıları da tespit edilmiştir.(Yılmaz, 2006:3).

Çöl tozlarının bitki gelişimleri üzerine olan etkileriyle ilgili olarak Ezzati, 2009'daki çalışmada atmosferik taşınımına giren değişik kaynaklı toprakların bitki gelişimlerine olan etkilerini laboratuvar ortamında incelemiştir. Bu çalışmada Sahra, Zabol (İran) ve Ankara gibi değişik coğrafyalardan alınan toprakların buğday bitkisine olan etkileri iklim dolaplarında incelenmiştir. Harran Ovası'nda TÜBİTAK'ın deneme tarlasında çöl tozlarının pamuk üretimine olan etkisi bir sezon boyunca uygulanmıştır. Bir metre küplük tankta çözülen çöl tozu gün boyunca güneş altında

bekletilmiş ve deneme tarlasına verilmiştir. Kontrol tarlasına ise Atatürk Barajı’ndan gelen normal su verilmiştir. Sezon sonunda her iki tarladan örnekler toplanmış ve elde edilen ürünler tartılmıştır. Yapılan tahliller ve analizler sonucunda % 11 lik bir fark ortaya çıkmıştır. Çöl tozlarıyla sulanan deneme tarlasında demir oranı % 300 artmış ve ayrıcı organik madde ve fosfat miktarlarında da artışlar olmuş, tuzluluk oranı ise bir nebze de olsa düşmüştür (Saydam, 2002: 45).

2.1.3. Su Kaynaklarına Olan Etkisi

Çöl tozlarının taşındığı ve çökeldiği en önemli ortamlardan biri akarsu, göl, deniz ve okyanuslardan oluşan su kaynaklarıdır. (Şekil 5) Okyanuslara atmosfer yoluyla taşınan demir (Fe) nehirler yoluyla taşınan miktarın yaklaşık olarak 3 katı kadardır (Feyzioğlu ve Ögüt, 2005:267’e göre Eker-Develi ve ark., 2003). Su ekosisteminde çok çeşitli canlılar yaşamaktadır. Bu canlılar doğada meydana gelen olaylardan önemli ölçüde etkilenmektedir. Çöl tozlarının buldukları ortamlardan ayrılıp su ekosistemleri üzerine taşınarak birikmesi sonucunda su ekosisteminde çok önemli olaylar cereyan etmektedir. Bunlardan biri deniz bitkileri olan Alglerdir. Okyanus yüzeyinin Güneş ışığını yansıtma kapasitesi az olmasına karşın Emiliania Huxley patlamaları döneminde Emiliania Huxley’i oluşturan kalsiyum karbonat kabuklarının Güneş ışığı yansıtma katsayısını % 25 oranında artırması ile 15 günlük hayat evresine sahip olan Emiliania Huxley alginin kokolitlerini yaymaya başladığı 6. ve 7. günlerinde gözlemlenebilmektedir (Eren, 2006: 9).



Şekil 5: Çöl tozlarının kara ve deniz ekosistemlerine olan etkisi (www.tiimes.ucar.edu).

Çöl tozlarının taşındığı deniz ve okyanuslarda alg patlamalarının olduğu, çöl tozu taşımının olmadığı okyanus ve denizlerde ise gerekli şartlar olduğu halde alg patlamalarının olmadığı belirtilmektedir. Pasifik okyanusu açıklarında yeterince besin tuzu ve bol ışık olmasına rağmen beklenen alg patlamalarının olmaması bu yerlerin karalardan uzak olmasına ve yeterli demir₂ almamasına bağlanmaktadır (Bennama, 2006: 2-3’e göre Martin et al. 1994). Toz taşımının olmadığı deniz ve okyanuslarda alg patlamalarının olmamasıyla ilgili yapılan deneyler de bu konuyu ispatlamıştır. En son gerçekleştirilen SOFEX(Güney Pasifik Okyanusu demir tohumlama deneyi) ve daha önce yapılmış olan İRONEX(Demir tohumlama deneyi) deneyleri okyanuslara demir eksikliğinin yapay şekilde giderilmesi ile alg patlamalarının oluştuğu ve hatta bu oluşumun uydular aracılığıyla de tespit edilebildiği gösterilmiştir (Bennama, 2006:3’e göre Boyd et al. 2000).

Çöl tozlarının Dünyanın çeşitli alanlarında bulunan su kaynaklarını etkilemesinin yanında Türkiye ve çevresindeki denizlerde de önemli değişimlere neden olduğu belirtilmektedir. Temmuz 2001 yılında Güneydoğu Karadeniz’de *Gymnodinium Sanguineum* adı verilen bir bloom (Alg patlaması) meydana gelmiştir. Bloomun olduğu tarihlerden 3 günlük geriye dönük hava yörüngelerinin izlenmesi sonucunda bloomun ana nedeninin Sahra’dan gelen çöl tozları olduğu anlaşılmıştır (Feyzioğlu ve Öğüt, 2005: 268). Çöl tozları Türkiye’de özellikle Akdeniz’de İskenderun Körfezi ve çevresi üzerinde etkili olmaktadır. Özsoy 1999’daki çalışmasında İskenderun Körfezi kıyusal sistemine taşınan atmosferik kirleticilerin kaynaklarının belirlenmesi ve bunların deniz ekosistemi üzerine olan etkileri araştırmıştır. Kuzeydoğu Akdeniz bölgesine ulaşan hava kütlelerinin ve bunların taşıdığı tozların kaynağı 1991 yılında araştırılmış ve bu tozların Kuzey Afrika (Sahra) ve Asya’dan (Suriye ve Arap Yarımadası) kaynaklandığı ortaya çıkmıştır. Akdeniz ve Karadeniz havzalarında etkili olan hava kirleticilerinin kaynakları bu bölgelere üst atmosfer taşınım frekansları ile buraları etkileyen kaynak bölgeleri bulunması şeklinde olmuştur. Akdeniz ve Karadeniz havzaları daha çok kuzey ve kuzeybatı yönünden gelen rüzgarlar vasıtasıyla kirletici ve toz taşınımına uğramakla beraber Kuzey Afrika ve Ortadoğu kökenli rüzgarlar tarafından da taşınımına uğramaktadır (Güllü vd., 2003: 24).

2.1.4. Hava Kalitesine Olan Etkisi

Çöl tozları, atmosferde yüksek konsantrasyonda olduğu zamanlarda hava kalitesini önemli ölçüde etkilemektedir. Toz miktarı yüksek olduğu zamanlarda kara, hava, deniz ve demir yolları ulaşımı aksamaktadır. Türkiye’ye ulaşan kararlı-katman bulutlar, genel olarak Türkiye’nin batı ve kuzeybatısında görüş uzaklığının düşmesine, pus ve sis olaylarının yanı sıra çoğunlukla hafif-orta kuvvette yağmur, bazı yerlerde ise çisenti ve sağanak yağışların oluşmasına neden olmaktadır (Türkeş, 2010:525). 10.02.2009 tarihinde Antalya-Diyarbakır seferini yapan yolcu uçağı toz fırtınası nedeniyle Adana’ya zorunlu iniş yapmış bir süre bekleyip tozların dağılmasından sonra Diyarbakır’a normal olarak inebilmiştir (www.radikal.com). Çöl tozları yoğun şekilde etkili olduğu gündüz öğlen vakitlerinde havanın kararmasına neden olmakta ve bunun sonucunda sokak ve ev lambalarını yakma ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla çöl tozlarının etkili olduğu durumlarda enerji sarfiyatı artmaktadır (Foto 4-5).



Foto 4: Siirt Merkez (12 Nisan 2011 14:30) (Emin SADIK, 2011)



Foto 5: Mardin Kızıltepe (15 Mayıs 2011)

2.2. Beşeri ortama etkisi:

Çöl tozları, beşeri ortamda en fazla insan sağlığını ve faaliyetlerini etkilemektedir. İnsan sağlığında özellikle akciğer, solunum yolları, göz v.b hastalıklarına neden olmaktadır.

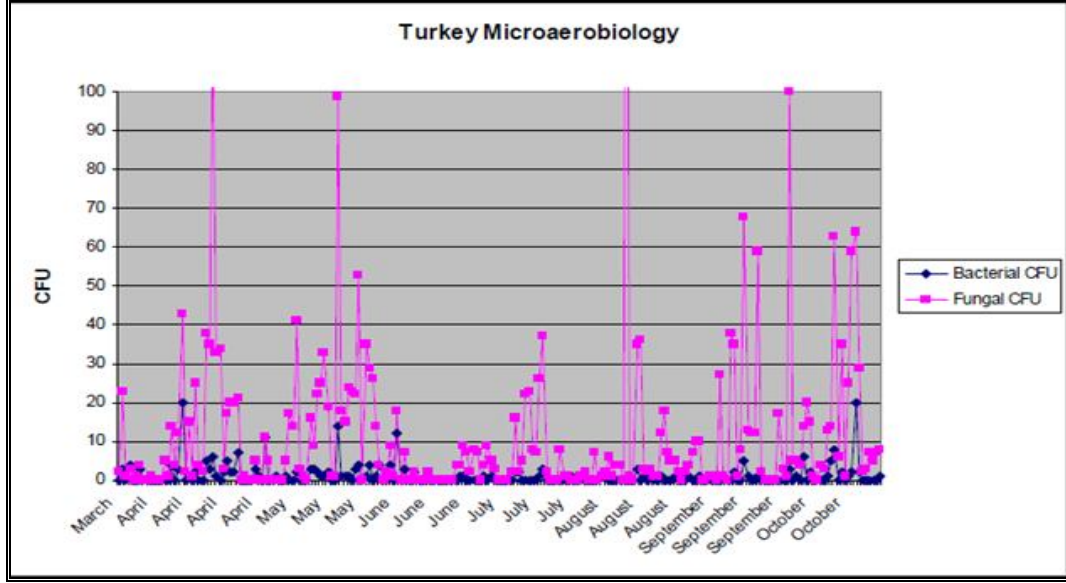
2.2.1. İnsan Sağlığına Etkisi

Çöl tozlarının içerisinde bulunan çeşitli maddeler insan sağlığını olumsuz etkilemektedir. Toz miktarının yüksek olduğu zamanlarda akciğer ve solunum yolları hastaları, kalp-damar hastaları ve migren hastaları havadaki tozdan olumsuz etkilenmekte ve hastalıkları tetiklenmektedir. Çöl tozlarının içerisinde bulunan mikroorganizmalar menenjit hastalığına yol açmaktadır (Eren, 2006: 8’e göre Afeti and Resh 2000). Çöl tozları dünyada bazı salgın hastalıklara kaynak olmaktadır. Bu hastalıklar, insanlarda *Coccidiomycosis* ve akciğer sendromudur (Eren, 2006: 8’e göre Griffin et al. 2001).

Bolay ve arkadaşlarının yaptığı çalışmalarda rüzgârla taşınan ve atmosferde su ve Güneşle değişime uğrayan çöl tozlarının migrene neden olduğu ve bunların belli dönemlerde hastalığı tetiklediğini ortaya konulmuştur (Doğanay vd., 2009: 1065).

Tozların ve tozlarla beraber minerallerin insan sağlığı üzerinde önemli derecede olumsuz etkileri vardır. Tozların zararları daha çok tane büyüklüğüne bağlıdır. Tozların ve minerallerin insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileriyle ilgili Kavak ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada 0,5µm’den küçük olan taneciklerin geri atılmasının tozun kimyasal yapısına ve özgül ağırlığına bağlı olduğu bildirilmiştir. Slikoz hastalığından ölen hastalar üzerinde yapılan araştırmada akciğer boyutu 5µm’ye kadar olan toz tanecikleri bulunmuştur. Akciğerde tutulan toz taneciklerinin büyüklüğü 0,2- 2.0µm arasında ve özellikle 1µm civarındadır. Yine aynı çalışmada tozların ve minerallerin çeşitli hastalıklara neden olduğu bildirilmiştir. Bu hastalıklar Pnömozozlar, Jinekolojik hastalıklar, Gastroenteroloji hastalıkları ve Ürolojik hastalıklarıdır (Kavak vd., 2004:70).

2002 yılında mart-ekim döneminde Türkiye’de toplanan çöl tozları içerisinde en fazla mantar baskın çıkmıştır. Mantarlar içerisinde ise en yaygın türler *Cladosporium* ve *Alternaria* olmuştur (Griffin vd., 2005: 22) (Şekil 6).



Şekil 6: Türkiye’de Toplanan Çöl Tozu Örnekleri İçerisinde Bakteri ve Mantarların Dağılımı (2002) (Griffin vd., 2005: 22).

Diyarbakır İl Sağlık Müdürlüğü’nün verilerine göre Diyarbakır’da çöl tozlarının yoğun olarak görüldüğü 2009 yılının Haziran ayında hastanelerin Acil ve Göğüs polikliniklerine günlük olarak başvuranların ortalaması 281 kişidir. Yine aynı yılda çöl tozlarının çok az görüldüğü Temmuz ayında ise Acil ve Göğüs polikliniklerine günlük başvuranların ortalaması ise 248.1 kişidir. Tozlu günler ile tozsuz günlerde başvuranlar arasındaki fark 33 kişidir. Çöl tozlarının göğüs hastalıkları üzerindeki etkisi yaklaşık olarak % 10-15 arasındadır (Tablo 1).

Tablo 1. Diyarbakır’da Haziran ve Temmuz Aylarında Acil ve Göğüs Polikliniklerine Başvuran Hasta Sayıları (2009).

| Ay | G ü n l e r | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Haz. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | |
| Hasta sayısı | 481 | 385 | 320 | 303 | 531 | 518 | 428 | 361 | 337 | 345 | 408 | 440 | 449 | 426 | 330 | 336 | 339 | 330 | 336 | 330 | 466 | 469 | 460 | 540 | 550 | 326 | 272 | 255 | 545 | 446 | 437 |
| Toz. Gün. | | | x | x | x | | x | x | x | | x | x | x | x | | x | x | x | x | x | | | | | | | | | | | |
| 2009 Haziran Ayı Göğüs ve Acil Polikliniklerine Gelen Toplam Hasta sayısı: 8439. Günlük Ortalama: 281 (Diyarbakır) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ay | G ü n l e r | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Temm | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
| Hasta sayısı | 320 | 353 | 293 | 573 | 266 | 329 | 324 | 289 | 306 | 251 | 339 | 332 | 330 | 333 | 331 | 263 | 336 | 333 | 337 | 330 | 337 | 330 | 280 | 225 | 268 | 335 | 338 | 330 | 290 | 295 | 228 |
| Tozlu Gün. | | | | | | | | | | | | x | x | x | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2009 Temmuz Ayı Göğüs ve Acil Polikliniklerine Gelen Hasta sayısı: 7692. Günlük ortalama: 248.1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

(Kaynak: Diyarbakır İl Sağlık Müdürlüğü Verileri) (Kırmızı renkler hafta sonlarını göstermektedir).

Diyarbakır’da 7-14 Mart 2009 tarihleri arasında etkili olan çöl tozları sonunda Acil ve Göğüs Polikliniklerine başvuranların günlük ortalaması 414.75 kişidir. Tozsuz günlerde (16-23 Mart 2009) ise günlük ortalama 345.25 kişidir. Tozlu günlerde artış oranı % 20 ‘dir (Tablo 2) İnceleme alanında çöl tozlarının göğüs hastalıklarını tetikleyerek insanların hastanelere başvurmalarına etkisi % 10 ile % 20 arasında artmıştır.

Tablo 2. Diyarbakır’da Tozlu ve Tozsuz Günlerde Acil ve Göğüs Polikliniklerine Başvuranların Karşılaştırmalı Tablosu (2009 Mart).

| Günler Mart 2010 | Tozlu Günler | | | | | | | | | Tozsuz Günler | | | | | | | | | |
|--------------------------|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|--------------------------|---------------|-----|-----|-----|----|----|-----|-----|------------------------|----------------|
| | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | Tozlu 4 gün ort. - | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | Tozsuz 4gün ort. | Artış Oranı |
| Gelen Hasta Sayısı | 78 | 492 | 400 | 402 | 365 | 360 | 68 | 52 | 414.75 | 425 | 321 | 350 | 285 | 59 | 50 | 379 | 341 | 345.25 | % 20 |

(Kaynak: Diyarbakır İl Sağlık Müdürlüğü Verileri) (Kırmızı renkler hafta sonlarını göstermektedir).

2.2.2. İnsan Faaliyetlerine Etkisi

Çöl tozları, ulaşım ve turizm gibi insan faaliyetlerini de etkilemektedir. Özellikle turizm üzerinde çöl tozlarının çok önemli etkileri vardır. Toz konsantrasyonunun yüksek olduğu zamanlarda turistler açık havaya çıkamamakta ve güneşten yeteri ölçüde faydalanamamaktadırlar.

Çöl tozları ve çamurlu yağışlar, araç, ev ve işyeri klima sistemlerinin bozulmasına, fanların tıkanmasına ve filtrelerin erken dolmasına neden olmaktadır. Güneş enerjisi sistemlerinde panellerin ve camların kirlenmesine, çamurlu yağışlarla dış ortamda bulunan metalik yüzeylerin; çöl tozlardaki demirin etkisiyle oksitlenmesi, paslanması ve erken çürümelerine sebebiyet verirler. Ayrıca, çamurlu yağışlar ve çöl tozları binaların dış cephelerindeki boyaların çabuk solmasına, renginin değişmesine, dışarıya kurutmak için asılan çamaşırların kirlenmesine neden olurlar. Bunun yanında çöl tozları, insanların psikolojisini olumsuz etkileyerek çalışma gücünü ve verimi düşürmektedir.

Çöl tozları, biyolojik arıtım prosesleri üzerinde önemli etkilerde bulunmaktadır. Eren’in çalışmasında Sahra tozunun biyolojik arıtma tesislerinin çalışmalarına etkisinin olabileceği laboratuvar ortamında gözlemlenmiştir (Eren, 2006: 3). Çöl tozlarının deniz ve okyanuslarda fitoplankton ve algler üzerindeki artışına paralel olarak balık miktarında da artışlar olmaktadır. Çöl tozlarının yağmurlarla denizlere inmesiyle denizlerde alg patlamaları olmakta ve bu algler deniz ekosisteminde balıklar için önemli bir besin bolluğuna sebep olarak balık sürülerinin o bölgelerde yoğunlaşmasına neden olmaktadır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Türkiye, coğrafi konumu itibarıyla birçok çölün etkisindedir. Türkiye’yi etkileyen çöller arasında en önde gelenleri Sahra Çölü, Arabistan Yarımadası çölleri ve İran çölleri. Bu çöllerin konum itibarıyla Batı Rüzgârları ve Orta enlem siklonlarının etki sahalarında olması, Anadolu yarımadasına yakın olması ve bu çöllerden taşınan çöl tozlarının etkisini önleyecek geniş ve yüksek topoğrafik engellerin olmaması gibi nedenlerle Türkiye bu çöllerden kaynaklanan tozlardan yılın belli dönemlerinde önemli ölçüde etkilenmektedir. İran çöllerinden kaynaklanan çöl tozlarının Türkiye’ye olan etkileri Büyük Sahra ve Arabistan Yarımadası çölleri göre zayıftır. İran çöllerinden kaynaklanan tozlar ise Türkiye’ye çeşitli dönemlerde oluşan gezici yerel depresyonlarla taşınmaktadır.

Çöl bölgelerinden ayrılarak atmosfere taşınan çöl tozları atmosferde su, bulut ve Güneşle beraber çok önemli reaksiyonlar gerçekleştirmektedir. Çöl tozları içerisinde bulunan demir₃ (Fe₃) çeşitli aşamalardan sonra kullanılabilir demir olan demir₂ (Fe₂)’ye dönüşmektedir.

Türkiye’de çöl tozlarının etkili olduğu günlerde tozlar, ev ve işyerlerinin pencere ve kapılarından girerek tabakalar halinde birikimler oluşturmaktadır. İç ve dış ortam hava kalitesinin çöl tozları tarafından düşürülmesi özellikle canlı hayatı açısından büyük riskler oluşturmaktadır. Ayrıca inceleme alanında hava kalitesinin çöl tozlarından dolayı zayıflaması görüş mesafesini düşürmekte ve bunun sonucunda ulaşım güçleşmektedir.

Çöl tozları, beşeri ortamda en fazla insan sağlığını, faaliyetlerini, araç-gereçlerini, etkilemektedir. İnsan sağlığına etkileri, nefes darlığı, öksürük ve soluk borusunun tıkanması gibi solunum rahatsızlıklarında artışın olması, akciğer fonksiyonlarında düşüşün görülmesi, astım kötüleşmesi, kronik bronşit gelişimi, düzensiz kalp atışları, öldürücü olmayan kalp krizleri ile kalp ve akciğer hastalarında erken ölümler şeklinde sıralanabilir.

İnsan faaliyetlerinde ise çöl tozları, turizm ve ulaşım faaliyetlerini etkilemektedir. Çöl tozları, ev ve işyerlerinde kullanılan klimaların tıkanmasına ve bozulmasına, metalik eşyaların erken paslanmasına ve otomobillerin boyalarında toz ve kum fırtınaları sonucunda çiziklerin meydana gelmesine neden olmaktadır.

Araştırma alanımızın yukarıda belirtilen klimatolojik ve jeomorfolojik özellikleri, gelişimleri, doğal ve beşeri süreçlerin etkileriyle birlikte değerlendirilmeye çalışılmıştır. Ancak bu mevcut durumda çöl tozlarının doğal ve beşeri ortam üzerinde meydana getirdiği bazı sorunlar dikkati çekmektedir. Aşağıda belirlenen bu sorunlara çeşitli çözüm önerileri geliştirilmiştir. Bunları şöyle sıralayabiliriz:

- ✓ Toz üretme kapasitesi olan çöllerin tespit edilmesi, etki alanlarının günümüz teknolojisiyle belirlenmesi ve bunun sonucunda elde edilen bilgilerin belli merkezlerde toplanması gerekmektedir.
- ✓ Çamur(kızıl) yağmurları, içerisindeki besleyici maddelerden dolayı potansiyel bir kaynak olarak görülmeli ve biyolojik sistemler ile birincil üretime olan katkısı araştırılmalıdır.
- ✓ Toz taşınımının olduğu günlerde meteoroloji tarafından haber kaynaklarında halk bilgilendirilmeli ve uyarılmalıdır.
- ✓ Çöl tozlarının uzun mesafelerde taşınımı doğal bir olay olup kontrol edilmesi ve engellenmesi mümkün değildir. Bunun için toz taşınımı gibi epizodik(düzensiz) olayların önceden tahminini sağlayacak modeller geliştirilmelidir. Bu modeller ise ancak ulusal destekli bir Çevre Bilgi Sistemi ile mümkündür.
- ✓ Gözlere takılan göz merceklelerinin çöl tozları içerisinde bulunan kuvars minerali tarafından çizilme riski olduğundan tozlu günlerde dikkatli olunmalı ve kullanılmamalıdır.
- ✓ Tozlu günlerde yaşlılar, çocuklar ve astım hastaları mecbur kalmadıkça dışarıya çıkmamalıdır.
- ✓ Çöl tozlarının etkili olduğu dönemlerde alerjik rahatsızlıklar, migren ve yüksek tansiyon gibi hastalıklar tetikleneceğinden tedbirli olunmalı ve önceden gerekli önlemler alınmalıdır.
- ✓ Çöl tozları, uçakların havalandırma, hidrolik, elektronik sistemlerinin bozulmasına; uçaklardaki hava radarlarının gece şartlarında tehlikeleri algılayamamasına, motordaki filtrelerin tıkanmasına neden olduğundan; yoğun olarak çöl tozundan etkilenen bölgelerdeki havaalanlarının ulaşımına açılmaması gerekmektedir.
- ✓ Günümüzde çöl tozları ve diğer endüstriyel tozların artmasıyla beraber bunları inceleyen bilim dalı olan Aerobiyoloji'nin (Hava Biyolojisi) önemi gittikçe artmakta ve Aerobiyoloji ile ilgili çalışmaların hızlandırılmasının gereği ortaya çıkmaktadır.

KAYNAKÇA

- Alp, Ş., Sarı, M. (2002). "Sahra Tozlarının Kar Depolanmasındaki Etkilerinin İncelenmesi", *Tübitak Proje No.199Y117*, Van.
- Bennama, M.M. (2006). "Libya Toprak Örneklerinin Bazı Özelliklerinin Saptanması", (Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi), Hacettepe Üniversitesi, Ankara, , s.125.
- Doğanay, H., Akçalı, D., Göktaş, T., Çağlar, K., Erbaş, D., Saydam, C., Bolay, H. (2009). "African dust-laden atmospheric conditions activate the trigeminovascular system. *Cephalalgia*; 29:1059–1068, London. ISSN 0333-1024.

- Eren, S. (2006). “Sahra Tozunun Biyolojik Arıtım Prosesine Olan Etkilerinin Araştırılması”, (Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi), Hacettepe Üniversitesi, Ankara, s.80.
- Erinç, S. (1996). *Klimatoloji ve Metodları*, Alfa Basım Yayım Dağıtım 4.Baskı, İstanbul, s.538.
- Ezzati, R. (2009). “Atmosferik Taşınma Giren Değişik Kaynaklı Toprakların Bitki Gelişimlerine Etkilerinin Araştırılması”, (Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi), Hacettepe Üniversitesi, Ankara, s.137.
- Feyzioğlu, A.M., Ögüt, H. (2005). “Sahra Tozları: Güneydoğu Karadeniz’de Temmuz 2001 Yılındaki *Gymnodinium Sanguineum* Bloomundan Sorumlu Olabilir mi?”, Ulusal Su Günleri, Trabzon.
- Goudie, A.S., Middleton, N.J.(2006). *Desert Dust in the Global System*, Springer, Printed in the Germany, s.287.
- Griffin, D.W., Kellogg,C., Shinn, E., Gray, M., Garrison, G., “Desert Storms and Their Ability to Move Microorganisms and Toxins Around the Globe”, U.S. Geological Survey, St. Petersburg, Florida, 25-28 July 2005,
- Güllü, G., Ölmez, İ., Öztaş, N.B., Tuncel, G. (2003). “Doğu Akdeniz’deki Atmosferik Eser Element Konsantrasyonları: Zamana Bağlı Değişimleri Etkileyen Faktörler”, *Çevre BilimTeknoloji*, Cilt:1, Sayı:3, s.23-38.
- Işıkdemir, Ö., Pekey, H., Tuncel, G. (24-26 Kasım 2005). “Doğu Akdeniz Bölgesi Yağışlarının Kimyasal Kompozisyonunun İncelenmesi”, *6.Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi*, s.421-427, İstanbul.
- Kavak, O., Dalgıç, A., Şenyiğit, A. (2004). “İnsan Sağlığına Etki Eden Mineraller ve Analiz Yöntemleri”, *Dicle Tıp Dergisi*, Cilt 31, Sayı 1, s.69-75.
- Laity, J. (2008). *Desert and Desert Environments*, Wiley-Blackwell, USA, 342.
- Oraltay, R., G., Keskin, S., Fersiz, N., Sahra Toz Transferinin Türkiye Yağışlarına Etkisi: Buz Çekirdeklenme ve Diğer Toplama Mekanizmalarının Laboratuvar İncelenmesi, TÜBİTAK PROJE KOD NO: ÇAYDAG-199Y019, İstanbul, 2005, 22.
- Özsoy, T. (1999). “*Kilikya Baseni Kıyusal Sistemine Taşınan Atmosferik Kirleticilerin Kaynaklarının Belirlenmesi Atmosferik Girdilerin Deniz Ekosistemi Üzerine Olan Etkileri*”, (Mersin Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi), Mersin Üniversitesi, Mersin, s. 209.
- Saydam, A.C. (2002). “İklim Kontrolü”, *Bilim-Teknik Dergisi*, s.39-48.
- Saydam, A.C. (2010), Havadan Tozdan, Heyamola Yayınları, No:187, İstanbul
- Selcen, P. (Ağustos 2006) “İklim Bilmececi”, *Atlas Dergisi*, s.32-34.
- Türkeş, M. (2010). *Klimatoloji ve Meteoroloji*, Kriter Yayınevi, İstanbul, s. 650.
- Yılmaz, G. (2006). “*Değişik Toprak Kökenli Doğal Besin Ortamlarının Spirulina Üretimine Etkilerinin Kesikli Reaktörler Kullanılarak İncelenmesi*”, (Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi), Hacettepe Üniversitesi, Ankara, s.93.
- Yücekutlu, N., Terzioğlu, S., Saydam, A.C., Bildacı, I., “Sahra Çöl Toprağının Buğday Çeşitlerinin Gelişimi Üzerine Etkisi”, *5.Atmosfer Bilimleri Sempozyumu*, (27-29 Nisan 2011), İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- İklim-Çevre, New Scientist, Bilim-Teknik Dergisi, Şubat 2007.
- Bilim-Teknik Dergisi, Mayıs 2010: 21
- Bilim-Teknik Dergisi, Ekim 2006
- Emin SADIK, 2011(Fotoğraf)

İnternet Siteleri

- www.radikal.com 12.06.2010 tarihli erişim.
- www.tiimes.ucar.edu 12.10.2011 tarihli erişim.
- www.wpmap.org 18.04.2012 tarihli erişim.