

SAHRA TOZLARI VE ALG PATLAMALARI ARASINDAKİ İLİŞKİ

A. C. Saydam^{1,3}, H. Z. Senyuva² ve İ. Polat³

1. ODTÜ Erdemli Deniz Bilimleri Enstitüsü

2. TÜBİTAK Enstrümantel Analiz Laboratuvarı, Ankara

3. TÜBİTAK Bilgi Teknolojileri ve Elektronik Araştırma Enstitüsü

Çöl kökenli tozların sinoptik ölçekli meteorolojik olaylar sonucunda atmosferde taşınımı, izlenmesi ve örneklenmesi uzun zamandan beri yapılan bir uygulamadır (Kubilay ve Saydam, 1996); Kubilay, (1995). Yapılan çalışmalar Sahra kökenli tozların özellikle bahar mevsiminde ülkemizi etkilediği ve senelik ortalamanın 20 milyon ton gibi rakamlara ulaşabildiğini göstermiştir. Bugün yürütülen NMC Eta toz modeli çalışmaları ile Sahra kökenli tozların muhtemel taşınım yolları üç gün önceden tahmin edilebilmektedir. Gelişen uzay teknolojisi bu izleme programlarına çok daha değişik boyutlar getirmiş ve toz taşınımının global ölçekte rahatlıkla izlenebilmesine olanak sağlamıştır. Günümüzde SEAWIFS uydusu toz taşınımının boyutlarını günlük olarak net bir şekilde ortaya koymaktadır. Özellikle Mart 2000 süresince hem Sahra hem de Gobi çöllerinden kalkan tozlar aşırı boyutlara ve alışılmışın dışında yollar izlemeye başlamışlardır. Bilim dünyası toz taşınımını sadece kuru toz olarak algılamış ve izlenmesindeki zorluklar nedeni ile toz bulut ilişkisine gerekli önemi vermemiştir. İşte bu bildiride Saydam (1996) tarafından ortaya atılan ve daha sonra *Cemilania hipotezi* olarak adlandırılan yaklaşımın geçerliliği örneklerle gösterilecektir. (Guerzoni ve ark, 1999) Tabiatla +3 halde bulunan ve hemen kullanılmaya hazır olmayan demir, Sahra kökenli tozların içerisindeki özel mineralojik yapısı ve bulut içerisindeki fotokimyasal indirgenme reaksiyonu sonucunda +2 hale indirgenmekte ve yerküreye bu halde inebilmektedir. Bu amaçla yapılan örneklemeler gündüz vakti yağmur suyu içerisinde kullanılabilir demirin varlığını göstermiştir. Kullanılabilir demirin gündüz vakti deniz ortamına inmesi halinde alıcı ortamın besin tuzu oranlarından bağımsız olarak alg patlamasına neden olmaktadır. Bu alg patlaması özellikle ortama aşırı miktarda DMSP salabilen ve kalsiyum karbonat kabukları olan *Emiliana huxleyi* (*Ehux*) patlaması şeklinde olmaktadır. Dip çamuruna büyük miktarlarda kalsiyum karbonat taşıyabilen bu alg karbon dengesi yanı sıra ortama saldığı DMSP ile de iklim üzerinde etkili olmaktadır. Deniz ortamından atmosfere çıkan DMSP, DMS, MSA aracılığı ile Sülfatla sonuçlanan bu döngü bulut oluşturmaktadır. Bulutların Güneş ışığını yansıtma özelliği nedeni ile de dünyanın yansımaya katsayısı artmakta ve iklim üzerinde etkili olmaktadır. Bu ilişki bilim dünyasında ilk kez Türk bilim adamları tarafından ortaya atılmış olup insanlığa iklimlerle oynayabilme olanağını sunmaktadır. Tabiatın şans olarak birleştirebildiği toz, bulut, ve güneş ışığını uygun zamanda uygun yerde ve istenilen süreçte gerçekleştirebilecek teknolojiye sahibiz.

Giriş

Sahra kaynaklı tozların atmosferik taşınımı uzun senelerden beri bilinen bir olgudur. (Chester ve arkadaşları, 1981, 83, 84a, b, 92). Taşınan tozların kimyasal (Guerzoni et al., 1996), mineralojik, organik özellikleri tüm detayları ile çalışılmış ve Sahra kökenli tozların yapısının averaj yerkabuğundan farklı olmadığı ortaya konmuştur. İlerleyen teknoloji günümüzde Sahra kökenli tozların taşınımını önceden tahmin edebilmemize olanak tanımakta ve artık bu modellerin çıktılarını günlük meteorolojik raporlara konu olmaktadır. Sahra tozu taşınımı günlük hayatta boyutlarına bağlı olarak görüntüyü, ve hava kalitesini bozan bir olgu olarak algılanmaktadır. Özellikle 2000 baharında ülkemizi etkileyen yoğun toz kütleleri de kimi bölgelerde felaket olarak adlandırılmıştır. Gelişen uydu teknolojisi günümüzde bize çöl kökenli tozların renk özellikleri ile de tanımlanmasına olanak tanımış bulunmaktadır. Seawifs uydu verileri ile çöl kökenli tozların global etkileri daha da anlaşılır hale gelmiş bulunmaktadır. Aynı

uydu görüntüleri denizlerde oluşan alg patlamalarını da net bir şekilde izlenir hale getirmiş bulunmaktadır. Bu bildiride konu edilen ve ortaya çıkardıkları DMSP maddesi ile iklimsel değişimlere neden oldukları bilinen *Emiliana huxleyi* patlamaları da uydular aracılığı ile takip edilebilmektedir. Uzun senelerden bu yana yörüngede olan NOAA TIROS serisi uydularda bulunan AVHRR algılayıcıları da Ehux patlamalarını optiksel yansıma özellikleri nedeni ile algılayabilmektedir. (Ackleson ve Holligan, 1994) Normalde güneş ışığını yansıtma kapasitesi zayıf olan okyanus yüzeyi Ehux patlamaları döneminde, Ehux'ı oluşturan kalsiyum karbonat kabukların güneş ışığını yansıtma nedenine bağlı olarak yansıtma katsayısını %25 arttırabilmektedir (Holligan ve ark, 1983). NOAA AVHRR algılayıcısının görünür dalga boyunda olan 1 ve 2 kanalları, belirli yörüngelerde ve güneş ışığı altında bu yansımayı algılayabilmekte ve Ehux patlamalarının alansal dağılımını bu algin 15 günlük hayat evresinde sadece kokolitlerini yaymaya başladığı 6 ve 7 günlerinde takip edilebilmektedir (Balch ve Holligan, 1994).

Öte yandan toz taşınım modelleri aracılığı ile Sahra kökenli tozların olası taşınım yolları 72 saat önceden tahmin edilebilmektedir. Bu verilere http://www.icod.org.mt/Modelling/hyddyn_main.htm sayfasından ulaşmak mümkün olmaktadır. Toz taşınım modeli çıktıları SEAWIFS uydu verileri aracılığı ile de gerçekleştirilebilir hale gelmiştir http://seawifs.gsfc.nasa.gov/cgihrs/seawifs_browse.pl Halen yörüngede olan ve TRMM olarak adlandırılan uydu ile de büyük ölçekli yağışların 30°N 30°S enlemleri arasında izlenmesi de mümkün olabilmektedir <http://trmm.gsfc.nasa.gov/>

Tüm bu teknolojik gelişmeler bilim dünyasına tozun nerede ve ne zaman olabileceğini, izlenmesini ve deniz üzerindeki olası yağmurlu bölgelerin tespitini mümkün kılmaktadır.

Cemiliana Hipotezi

Saydam(1996); Saydam ve Polat(1999); Guerzoni ve ark,(1999)'da bahsedilen ve denizlerde oluşturduğu *Emiliana huxleyi* alg patlaması nedeni ile Cemiliana hipotezi olarak adlandırılan yaklaşım çöl kökenli tozların içerisinde bulunan Fe(III)'ün, gündüz vakti, bulut içerisinde, güneş enerjisi aracılığı ile fotokimyasal indirgenme sonucunda Fe(II) hale indirgenmesine dayanmaktadır. Kapur ve ark(1999) da açıklanan yaklaşım ile bulut içerisindeki kalsifikasyon reaksiyonu sonucunda CaCO₃ içeren algin bulut içerisinde oluşumu tasarımı da ortaya atılmış bulunmaktadır. Gieray ve ark, 1997 araştırmaları bu olguyu destekleyen bulgular içermektedir. Pededontik karbonatların da oluşumuna açıklama getirebilen bu yaklaşım Cemiliana hipotezini desteklemektedir (Kapur ve diğ., 1999).

Atmosferik taşınım giren sahra kökenli tozlar bulut içerisinde şu ana iki reaksiyonu gerçekleştirebilmektedir

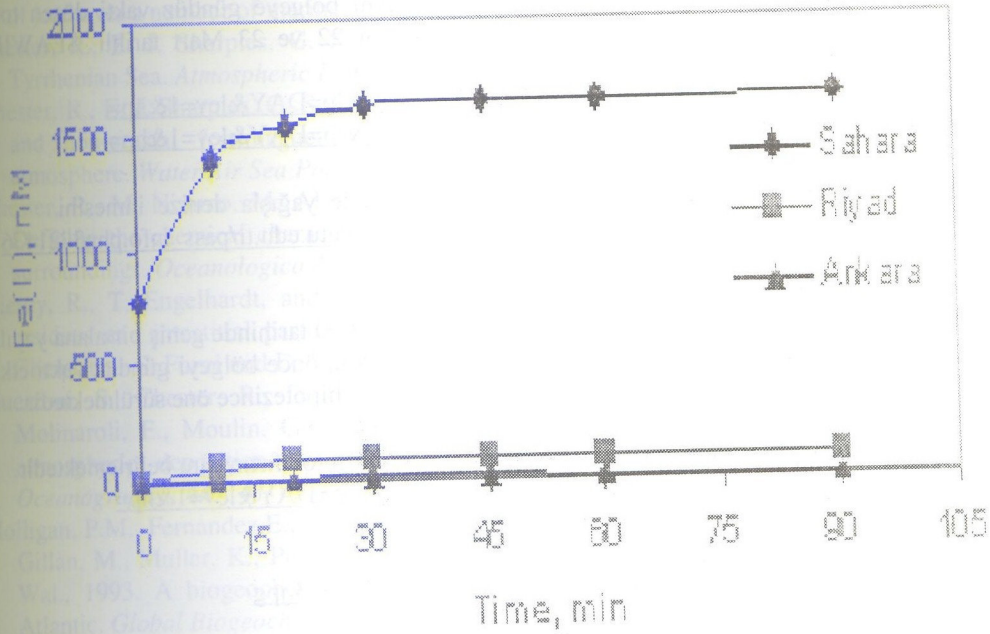


Literatürde atmosferde endüstriyel kökenli asetat format ve okzalik asit varlığından bahsedilmektedir. Okzalik asidin diğer bir kaynağı da mantarsal aktivite sonucunda oluşmaktadır. Kuru halde kendi varlığını uzun süre devam ettirme özelliği olan mantarların aktif hale gelmeleri için gerekli olan tek şey su olmaktadır. Sahra kökenli tozların içerisinde de var olan mantarların aktif hale gelmeleri atmosferik taşınım süresince bulut içerisinde olmaktadır. Bulut içerisinde su molekülleri ile karşılaşan mantarlar aktif hale gelince osmosolute olarak dışarıya okzalik asit salgılamaktadırlar. Cemiliana

yaklaşımında ise bu olay çok önemlidir. Bulut içerisinde bulunan atmosferik tozlar ile birleşen okzalat mantarların kil mineraline yapışmasına neden olmaktadır. (2) numaralı reaksiyon zincirinin oluşması için gerekli olan güneş enerjisi yeterli seviyede ise mantar kendisi için gerekli olan Fe(II) oluşumuna yol açan bu reaksiyon zinciri ile ortama bir mol kullanılabilir demir bir mol karbon dioksit ve karbonil radikali çıkarabilmektedir.

Cemilania hipotezi de, gündüz vakti, bu şekilde oluşan Fe(II) nin deniz ortamına inmesi ile özellikle Emiliana huxleyi adlı algin patlamasına neden olduğunu ileri sürmektedir.

Hipotez sahra kökenli tozlardan yukarıda açıklanan mekanizma ile ortama Fe(II) çıkarmasına dayanmaktadır. Bu yaklaşımın doğruluğunun araştırılması amacı ile Tunus'tan ithal edilen, Riyat yakınlarından getirilen tozlar ve Anadolu toprağı kullanılarak yapılan deneyler Cemilania hipotezinin ana temel unsuru olan Fe(II) oluşumunu kanıtlamıştır.



(Sekil.1). Değişik örneklerde pH 3'te ışınlama sonucu oluşan Fe(II) konsantrasyonlarının zamana karşı değişimi.

Cemilania yaklaşımının ikinci ana unsuru olan Sahra kökenli tozların su ile teması sonrası ortama oksalat çıkarması da deneyler ile tespit edilmiş bulunmaktadır.

Bulut içerisinde güneş enerjisinin yeterli olduğu dönemlerde dekarboksilasyon reaksiyonu sonucu oluşması beklenen karbon dioksit İtalya'da Mount Cimmine tepesinde yapılan uzun dönemli ölçümler sonucu ölçülmüş ancak araştırmacılar tarafından izah edilememiştir. Sahra kökenli tozlarla beraber Ağustos döneminde izlenen bu karbon dioksit artışı Sahra kaynaklı bir kaynak bilinmemesi nedeni ile açıklanamamış olmakla beraber Cemilania yaklaşımının ana unsuru olan Fe(II) oluşumu süresince

ortaya çıkmaktadır. Bu araştırmada ayrıca toz taşınımı süresince ortamdaki ozonun da ani azalma gösterdiği tespit edilmiştir.

Cemiliana hipotezinin en önemli varsayımlarından biri olan ve Sahra kökenli yağmurlarda olması beklenen Fe(II) ölçümleri de yapılmış ve geliştirilen yeni örnekleme tekniği ile gündüz vakti yağmur içerisinde Fe(II)'nin varlığı gösterilmiştir. Sahra kökenli yağmurların yerde ölçülen asiditesi ile içerisinde stokiyometrik olarak olmaması gereken Fe(II)'nin varlığı ve gündüz vakti daha yoğun konsantrasyonları en son Nisan 2000 ayında Sahradan gelen yağmurların içerisinde gösterilmiştir.

Testler

Cemiliana hipotezi ortaya atıldığı 1996 yılından bu yana uydu veya yer bulguları ile izlendiği bilinen her Ehux patlamasında denenmiş ve şu ana kadar bu yaklaşımın yanlışlığı gösterilememiştir. Gelişen uydu teknolojisi ve modeller 2000 baharı süresince de bu yaklaşımın bir çok kez denenmesine olanak tanımış bulunmaktadır. 30 Mart 2000 tarihinde Korsika Mayorka arasında NOAA AVHRR uydu verileri ile izlenen olası Ehux patlamasının http://noaa.bilten.metu.edu.tr/pass_info.php3?21514 Cemiliana hipotezinde öngörüldüğü şekilde 1 hafta önce aynı bölgeye gündüz vakti düşen tozlu yağışla oluşması beklenmektedir. Hipotezde öne sürüldüğü gibi 22 ve 23 Mart tarihli SEAWIFS uydu verileri bölge üzerinde etkili olan tozları görüntülemektedir.

http://seawifs.gsfc.nasa.gov/cgi/brs/seawifs_browse.pl?dy=11038&tp=DAY&lev=1&hp=
http://seawifs.gsfc.nasa.gov/cgi/brs/seawifs_browse.pl?dy=11039&tp=DAY&lev=1&hp=

Sahra kökenli tozların taşınımı ve gündüz vakti bu bölge üzerinde yağışla denize inmesini destekleyen 23 Mart 2000 tarihli uydu verisine http://noaa.bilten.metu.edu.tr/pass_info.php3?21436 görüntüde verilmektedir.

Uydu verileri incelendiğinde Batı Akdeniz'in genelinde 22 Mart 2000 tarihinde geniş bir alana yayılan olası Ehux patlaması izlenmektedir. Yine aynı yaklaşımla bir hafta önce bölgeyi gündüz vakti etkisi altına almış olması gerekli toz ve yağışlı havanın varlığı cemiliana hipotezince öne sürülmektedir.

13 Mart 2000 tarihli SEAWIFS uydu görüntüsü bölge üzerinde etkili toz fırtınasını belirlemektedir. http://seawifs.gsfc.nasa.gov/cgi/brs/seawifs_browse.pl?dy=11029&tp=DAY&lev=1&hp=

Olası gündüz vakti yağışlı alanlarında

http://noaa.bilten.metu.edu.tr/cgi-bin/find_image?200003141424234553.jpg

uydu verilerinden izlenmesi mümkün olmaktadır. Bu iki olay Cemiliana hipotezinin bir kez daha kanıtlanmasından da öte aynı bölgede patlama süresince dahi sahra kökenli tohumlama olayı olması halinde Ehux patlamasının izlenebileceğini göstermektedir. Bölgede besin tuzlarının sadece kıyı bölgelerde ve nehir girdilerinden dolayı olabilmesi ve Akdeniz'in genel oşinografik yapısının bu kadar kısa sürede besin tuzlarını yenilemesine olanak olmaması ortaya yepyeni bir yaklaşımı atmaktadır. Bu yaklaşım denizlerdeki Ehux patlamasını kontrol eden faktörlerin atmosferde oluştuğunu göstermekte alıcı ortamdaki besin tuzu miktarı ile Ehux patlamasının ilgisi olmadığını ortaya koymaktadır.

Sonuç

Cemiliana hipotezi sonuçları itibarı ile çok önemli bir olgudur. İklim değişikliği ile ilişkisi bilinen kokolit patlamalarının nedeninin izahı yanı sıra bu olayın arkasında atmosferde meydana gelen bir dizi fotokimyasal reaksiyon ve bunların ana nedeninin Sahra kökenli tozlara dayanması bilim dünyasına çok önemli bir olgunun kontrol edilebilme olasılığını vermektedir. İnsanoğlunun bu yöntem ile iklim

değişikliğini kontrol edebilmesi olasıdır. Yaklaşımın ana unsuru olan toz bulut güneş ışığı birleşenini tabiatın ihtimal hesaplarından öte kontrol edebilmemiz ve istenilen yerde ve uygun zamanda bu olguyu gerçekleştirebilme olanağına sahibiz. Martin' tarafından ortaya atılan "Bana bir tanker demir verin iklimi değiştireyim" cümlesini "Bana Jumbo Jet dolusu Sahra kökenli toz verin iklimi değiştireyim" sözü ile değiştirmemiz gerekiyor.

Referanslar

- Ackleson, S. G. and Holligan, P. M., 1989. AVHRR Observations of a Gulf of Maine Coccolithophore bloom. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 55, 473-474.
- Balch, W. M., and Holligan, P. M. 1994, Response of water-leaving radiance to particulate calcite and chlorophyll a concentrations: A model for Gulf of Maine coccolithophore blooms, *J Geophys. Res.* 99:7483-7499.
- Chester, R., A. C. Saydam and E. Joanna Sharples An approach to the assessment of local trace metals pollution in the Mediterranean marine atmosphere. *Marine Pollution Bulletin*, 12(2), 426-431 (1981)
- Chester, R., E. J. Sharples, K. Murphy, A. C. Saydam and G. S. Sanders. The atmospheric distribution of lead over a number of marine regions. *Marine Chemistry*, 13, 57-72. (1983)
- Chester, R., E. J. Sharples, G. S. Sanders and A. C. Saydam. Saharan dust incursion over the Tyrrhenian Sea. *Atmospheric Environment*, 18, 929-935. (1984)
- Chester, R., E. J. Sharples, G. S. Sanders, F. Oldfield and A. C. Saydam. The distribution of natural and non-crustal ferrimagnetic minerals in soil-sized particulates from the Mediterranean atmosphere. *Water Air Sea Pollution*, 23(1), 25-35. (1984)
- Chester, R., M. Nimmo, M. Alarcon, C. Saydam, K.J.T. Murphy, G.S. Sanders and P. Corcoran. Defining the chemical character of aerosols from the atmosphere of the Mediterranean Sea and surroundings. *Oceanologica Acta*, 16(3): 231-246. (1992)
- Gieray, R., T. Engelhardt, and P. A. Wieser. A single particle approach to characterising droplet residues and interstitial particles. *Cloud Multi Phase Processes and High Alpine Air and Snow Chemistry*. S. Fuzzi and D. Wagenbach (eds). Springer-Verlag
- Guerzoni, S., Chester, R., Dulac, F., Herut, B., Loye-Pilot, M. D., Measures, C., Migon, C., Molinaroli, E., Moulin, C., Rossini, P., Saydam, C., Soudine, A and Ziveri, P. The role of atmospheric deposition in the biogeochemistry of the Mediterranean Sea. *Progress in Oceanography*, 44, 147-190 (1999)
- Holligan, P.M., Fernandez, E., Aiken, J., Balch, W.M., Boyd, P., Burkill, P.H., Finch, M., Groom B. S., Gillan, M., Muller, K., Purdie, A. D., Robinson, C., Trees, C. C., Turner, M. S. & Paul van der Wal., 1993. A biogeochemical study of the coccolithophore, *Emiliania huxleyi*, in the North Atlantic. *Global Biogeochemical Cycles*, 7, 879-900.
- Kubilay, N., S. Yemenicioglu and C. Saydam. Trace metal characterization of airborne particles from the northeastern Mediterranean. *Fresenius Envir. Bull.*, 3: 444-448. (1994)
- Kubilay, N., S. Yemenicioglu and C. Saydam. Airborne material collections and their chemical compositions over Black Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 30, 475-483, (1995).
- Kubilay, N and C. Saydam. Trace elements in atmospheric particulate over the Eastern Mediterranean: concentrations, sources, and temporal variability. *Atmospheric Environment*, 29, 2289-2300, (1995).
- Kubilay, N., A.C.Saydam., S.Yemenicioglu., G. Kelling., S. Kapur., C. Karaman and E. Akca. Seasonal chemical and mineralogical variability of atmospheric particles in the coastal region of the Northeast Mediterranean. *Catena*, 28, 313-328, (1997)
- Saydam, C. Can we predict harmful algae bloom? *Harmful Algae Newsletter*, 15: 5-9. UNESCO/IOC.. (1996)
- Saydam, A. C and Polat, I. The impact of Saharan dust on the occurrence of algae bloom. *Proceeding of EUROTRAC Symposium 98*. Pp. 656-663 Eds: Borrell, P. M. and Borrell, P. WITpress. Southampton. (1999)