

2138/94-01
c.1

**ULUSAL DENİZ ÖLÇME VE ARAŞTIRMA PROGRAMI ATMOSFERİK
KİRLETİCİLERİN TAŞINIMI**

**TÜBİTAK PROJE KOD NO: DEBAG-114/G
1991 YILI NİHAİ RAPORU**

Proje Yürütücüsü: Prof.Dr. Cemal Saydam
Araştırmacı : Y.Doç.Dr.Semal Yemenicioğlu
Araştırmacı : Nilgün Kubilay

ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü
P.K. 28, 33731 Erdemli-MERSİN
OCAK, 1994



ÖZET

Yakın geçmişte ülkemizde ve komşu ülkelerde yaşanan asit yağmurları, Çernobil Kazası ve Körfez Savaşının kaynaklarından uzak bölgelerde tesbit edilen döküntüleri çevre kirliliğine uzun mesafeli atmosferik taşınımın katkısının gözardı edilemeyeceği gerçeğini ortaya koymuştur. Bu izleme programı Doğu Akdeniz atmosferinde bulunan parçacıkların tanımlanması, uzun mesafeli taşınım ile ulaşan materyalin kaynak bölgelerinin saptanması ve atmosferden denize giren akı miktarlarının tesbit edilmesi amacı doğrultusunda başlatılmıştır. Enstitü mendireğinde inşa edilen kuleden toplanan örneklerin atomik absorpsiyon ve oto analizör yöntemlerinin kullanılmasıyla 13 element ve besin tuzları analizleri yapılmıştır. Örneklerin toplandığı noktaya Sahra Çölünden uzun mesafeli taşınım ile toz taşındığı, kimyasal analizler ve meteorolojik bulgularla gösterilmiştir. Ayrıca atmosferik parçacıklarda ölçülen metal konsantrasyonlarının zaman içerisinde yağışların ve bölgeye ulaşan hava kütlelerinin fonksiyonu olarak değişim gösterdiği gözlemlenmiştir. Metaller için hazırlanan zenginleşme faktörü diyagramları yardımıyla atmosferik parçacıkların kaynakları tahmin edilmiş ve metaller doğal ve antropojenik olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Akdeniz'e atmosferden girebilecek materyal akılarının biyojeokimyasal devinimler üzerindeki olası etkilerinin ihmal edilmemesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

TEŞEKKÜR

Ulusal Deniz Ölçüm, izleme ve Araştırma Programı kapsamında Akdeniz atmosferindeki aerosollerin tanımlanması, izlenmesi ve deniz atmosfer ilişkisinin araştırılması ve ulusal çıkarlar doğrultusunda değerlendirilmesini sağlayacak olan bu projeyi destekleyen Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu Deniz Bilimleri ve Balıkçılık Araştırma Grubu'na teşekkürü bir borç biliriz.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
TABLoların LİSTESİ	v
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	vi
1. GİRİŞ	1
1.1. Atmosferik Aerosoller	1
1.2. Aerosollerin Çevresel Etkileri	5
1.3. Konuyla İlgili Çalışmalar	8
1.4. Doğu Akdeniz'in Meteorolojik Yapısı	10
2. DENEYSEL	27
2.1. Örneklerin Toplanması	27
2.2. Örneklerin Analizi	27
2.3. Ölçüm Tekniğinin Kalite Kontrolüne Yönelik Çalışmalar	29
3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	31
3.1. Atmosferik Parçacıklara Katkıda Bulunan Kaynak Türlerinin İncelenmesi	31
3.2. Naylon Ağ Tekniği İle Toplanan Örnekler	35
3.3. Yüksek Debili Pompalar İle Toplanan Örnekler	42
3.4. Yağmur Suları Analiz Sonuçları	56
4. SONUÇLAR	59
5. KAYNAKLAR	61

TABLolarIN LİSTESİ

- Tablo 1.1. Atmosferik parçacıklara kaynakların katkısı
- Tablo 2.1. BCR standart örneği için verilen sertifikalı değerler ile labratuvarımızda ölçülen sonuçların karşılaştırması.
- Tablo 2.2. Analitik yöntemin tekrarlanabilirliği.
- Tablo 3.1. Yüksek debili pompa ile toplanan örneklerdeki metallerin konsantrasyon ve EF değerleri.
- Tablo 3.2. Yağmur sularında yapılan analiz sonuçları.
- Tablo 3.3. Yağmurla atmosferden denize giren akı miktarları.
- Tablo 3.4. Filtre kağıtlarında ölçülen besin tuzu konsantrasyonları.

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

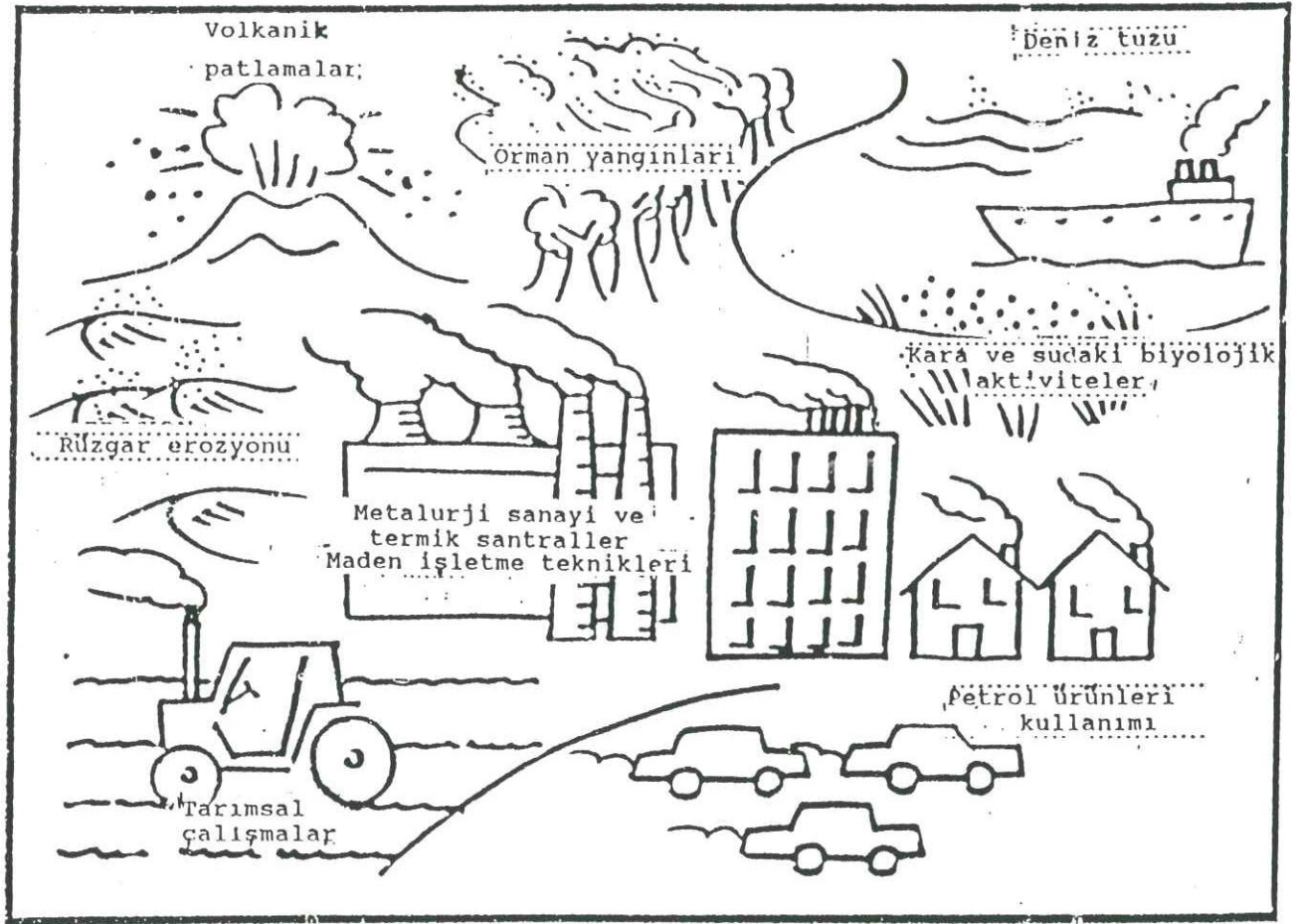
- Şekil 1.1. Atmosferik parçacıkların temel kaynakları.
- Şekil 1.2. Atmosferik parçacıkların boyutlarına ve oluşma proseslerine göre sınıflandırılması (Cawse, 1982).
- Şekil 1.3. Okyanuslar üzerindeki toz konsantrasyonlarının ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) dağılımı (Chester, 1985).
- Şekil 1.4. Deniz ortamındaki biyojeokimyasal devinim.
- Şekil 1.5. Akdeniz Bölgesini etkileyen başlıca yöresel rüzgarlar (Reiter, 1975).
- Şekil 1.6. Akdeniz Bölgesini etkileyen sistemlerin oluşum bölgeleri ve takip ettikleri yol. Rakamlar yıllık ortalama değerlerdir (Mediterranean Pilot, 1976).
- Şekil 1.7. 1991 yılı aylık ortalama yağış miktarları.
- Şekil 1.8.a. Rüzgar hızı ve yönünün vektörel gösterimi (Ocak, 1991).
- Şekil 1.8.b. Rüzgar hızı ve yönünün vektörel gösterimi (Şubat, 1991).
- Şekil 1.8.c. Rüzgar hızı ve yönünün vektörel gösterimi (Mart, 1991).
- Şekil 1.8.d. Rüzgar hızı ve yönünün vektörel gösterimi (Nisan, 1991).
- Şekil 1.8.e. Rüzgar hızı ve yönünün vektörel gösterimi (Mayıs, 1991).
- Şekil 1.8.f. Rüzgar hızı ve yönünün vektörel gösterimi (Haziran, 1991).
- Şekil 1.8.g. Rüzgar hızı ve yönünün vektörel gösterimi (Temmuz, 1991).
- Şekil 1.8.h. Rüzgar hızı ve yönünün vektörel gösterimi (Ağustos, 1991).
- Şekil 1.8.i. Rüzgar hızı ve yönünün vektörel gösterimi (Eylül, 1991).
- Şekil 1.8.j. Rüzgar hızı ve yönünün vektörel gösterimi (Ekim, 1991).
- Şekil 1.8.k. Rüzgar hızı ve yönünün vektörel gösterimi (Kasım, 1991).

- Şekil 1.8.1. Rüzgar hızı ve yönünün vektörel gösterimi
(Aralık, 1991).
- Şekil 3.1. Zenginleşme (EF) Diyagramlarının genel formları
(Rahn, 1976).
- Şekil 3.2. Zenginleşmemiş elementlerin EF Diyagramları.
- Şekil 3.3. Zenginleşmiş elementlerin EF Diyagramları.
- Şekil 3.4. Naylon ağ tekniği ile toplanan örneklerin
renklerine göre sınıflandırılması.
- Şekil 3.5. Naylon ağ tekniği ile toplanan örneklerdeki metal
konsantrasyonlarının aylık ortalama değerleri.
a. Aliminyum (Al) b. Demir (Fe) c. Manganez (Mn)
d. Krom (Cr) e. Bakır (Cu) f. Nikel (Ni).
- Şekil 3.5. Naylon ağ tekniği ile toplanan örneklerdeki metal
konsantrasyonlarının aylık ortalama değerleri.
g. Çinko (Zn) h. Kurşun (Pb) i. Kadmiyum (Cd)
j. Sodyum (Na) k. Magnezyum (Mg) l. Kalsiyum (Ca)
- Şekil 3.6. Toz yükünün zaman içerisindeki dağılımı.
- Şekil 3.7. 3-4 Ekim 1991'de koordinatlarımıza ulaşan hava kütlesinin
kaynak bölgesi.
- Şekil 3.8. Yüksek debili pompa ile toplanan örneklerdeki metal
konsantrasyonları. a. Al b. Fe c. Mn d. Co.
- Şekil 3.8. Yüksek debili pompa ile toplanan örneklerdeki metal
konsantrasyonları. e. V f. Cr g. Ni.
- Şekil 3.8. Yüksek debili pompa ile toplanan örneklerdeki metal
konsantrasyonları. h. Zn i. Pb j. Cd.
- Şekil 3.8. Yüksek debili pompa ile toplanan örneklerdeki metal
konsantrasyonları. k. Na l. Ca m. Mg.
- Şekil 3.9. Elementlerin EF Diyagramları.
a. Co b. Mn c. Fe.
- Şekil 3.9. Elementlerin EF Diyagramları.
d. Zn e. V f. Ni
- Şekil 3.9. Elementlerin EF Diyagramları.
g. Ca h. Mg i. Na
- Şekil 3.9. Elementlerin EF Diyagramları.
j. Pb k. Cd l. Cr
- Şekil 3.10. Pb için genel EF Diyagramı.

1. GİRİŞ

1.1. Atmosferik Aerosoller (parçacıklar)

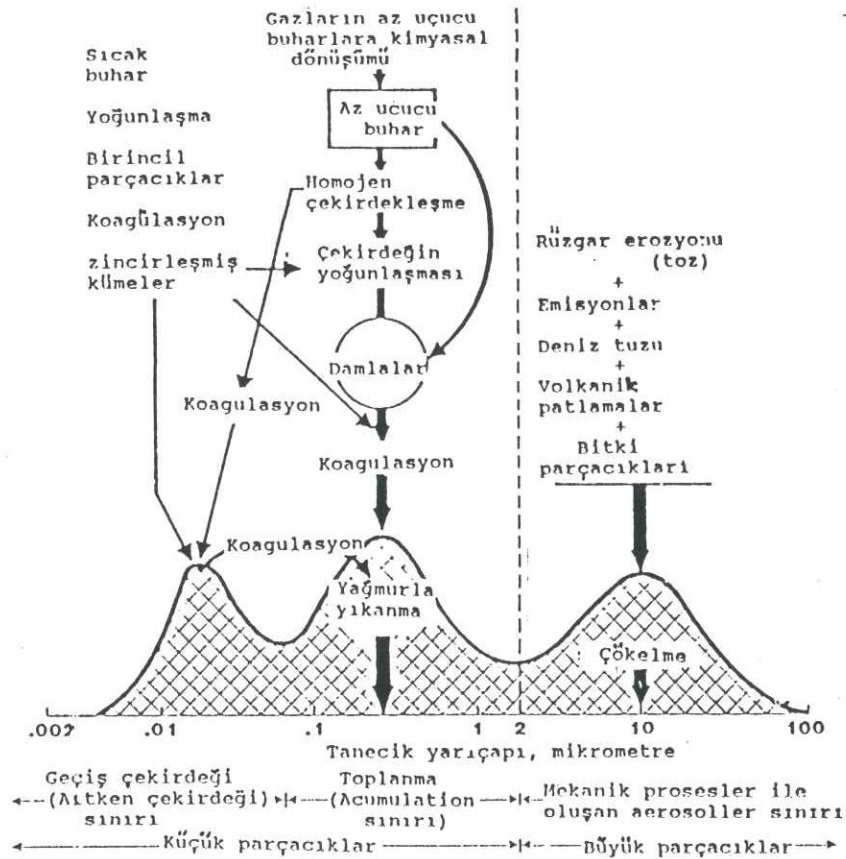
Aerosoller, genel olarak katı ve sıvı maddelerin gaz ortamı içinde askıda bulunmaları hali olarak tanımlanmıştır. Atmosferde bulunan aerosollerin çok çeşitli kaynakları vardır. Bunlar doğal ve kirletici (antropojenik) kaynaklar olarak ikiye ayrılır. Şekil 1.1'de temel kaynaklar gösterilmektedir. Doğal kaynaklar; rüzgarlar ile karaların aşınması sonucu oluşan aluminasilikat yapısındaki tozlar, orman yangınları ve volkanik patlamalarla açığa çıkan parçacıklar, deniz tuzları ve biyolojik aktivite sonucunda oluşan aerosoller olarak tanımlanmıştır. Deniz tuzu aerosollerini, denizdeki dalga hareketleri ile oluşan hava kabarcıklarının yüzeye çıkıp patlaması sonucu oluşmaktadır.



Şekil 1.1. Atmosferik parçacıkların temel kaynakları.

Kirletici kaynaklar ise uygarlıkla paralel olarak ortaya çıkmış ve artmıştır. Bunun en belirgin örneği, otomobil kullanımının artmasıyla atmosferdeki kurşun seviyesinin artmasıdır. Motorlu taşıtlarda yakıt olarak kullanmak için rafine edilen benzinin içine oktanını arttırmak amacıyla kurşun (tetraethyl lead, TEL) katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda çevreye olan duyarlılığın artmasıyla özellikle gelişmiş ülkelerde kurşunsuz benzin kullanımına geçilmiştir. Bu alınan önlem sayesinde son on yıl içerisinde atmosferdeki kurşun miktarının kronolojik olarak azaldığı gözlenmiştir. Enerji üretimi amacıyla kullanılan vanadyumca (V-porphyrins) zengin fuel oil, bu metalin atmosferik parçacıklar içerisindeki miktarının artmasına yol açmıştır.

Cawse (1982), atmosferik parçacıkları boyutlarına ve kaynaklarına göre belirli sınıflara ayırmıştır. Atmosferik parçacıkların boyutlarına göre sınıflandırılması ve her sınıftaki parçacığın oluşma prosesleri Şekil 1.2'de verilmiştir. Aerosoller öncelikle büyük ve küçük diye



Şekil 1.2. Atmosferik parçacıkların boyutlarına ve oluşma proseslerine göre sınıflandırılması (Cawse, 1982).

iki ana gruba ayrılmıştır. Küçük aerosoller gaz olarak verilen emisyonun yoğunlaşması ile oluşurken büyük aerosoller mekanik prosesler sonucunda oluşmaktadır. Küçük parçacıklar Şekil 1.2'de görüldüğü gibi çekirdek ve toplanma modu olarak iki ayrı alt grup oluştururlar. Büyük parçacıklar (yarıçapı, $d > 1 \mu\text{m}$), rüzgar erozyonu ile toprağın aşınması sonucu oluşan tozdur. Gaz fazında ortama verilen emisyonun yoğunlaşması sonucu oluşan küçük parçacıklar ise sis ve buhar diye adlandırılmıştır. Buhar diye nitelenen aerosollerin yarıçapları 0.01 ile $1 \mu\text{m}$ arasında olup daha küçük boyuttaki aerosollerin birleşmesi ile oluşmaktadır. Yarıçapı $15 \mu\text{m}$ 'den küçük havada askıda bulunan aerosoller ise sis tanımına girmektedirler. Yarıçapı 5 ile $40 \mu\text{m}$ arasındaki su damlalarıda aerosol kavramının içine girmektedir. Küçük nem çeker parçacıklar yada yoğunlaşmış çekirdek ise Aitken çekirdeği ($d < 0.2 \mu\text{m}$) diye sınıflandırılmıştır.

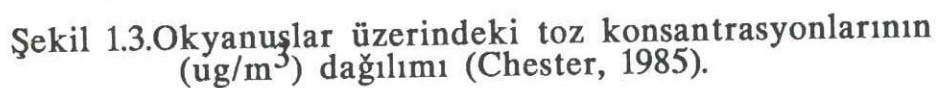
Kaynakların, atmosfere yıllık emisyon miktarları global ölçekte belirlenmiştir (Nriagu, 1979; Lantzy ve Mackenzie, 1979). Bu miktarlar Tablo 1.1'de verilmiştir. Tablodan da görüldüğü gibi atmosferdeki aerosollerin en önemli kaynakları rüzgarla taşınan toz ve deniz tuzudur. Okyanusların üzerindeki atmosfer için deniz tuzu sistemin kendi içerisinde ürettiği parçacıklar olduğu için sisteme dışardan giren en önemli net girdi kaynağı karaların erozyonu ile taşınan tozdur.

Tablo 1.1. Atmosferik parçacıklara kaynakların katkısı
(Nriagu, 1979; Lantzy ve Mackenzie, 1979).

	x1000 ton/yıl
Rüzgarla taşınan toz	5000
Orman yangınları	36
Volkanik parçacıklar	10
Tarımsal faaliyetler	75
Deniz tuzu	1000
Endüstriyel aktiviteler	200

Atmosferik parçacıkların kaynaklarından atıldıkları andan farklı çökelme mekanizmaları ile atmosferden ayrıldıkları ana kadar geçen zaman süresi kalış süresi (residence time) olarak tanımlanmıştır. Bu kalış süresi aerosollere bağlı farklı metaller için belirlenmiş ve bu

Chester (1985), karaların aşınması ile oluşan tozların okyanusların üzerindeki atmosferi bir örtü gibi sardığını ve zaman içinde homojen hale gelip zemin (background) aerosolü oluşturduğunu göstermiştir. Şekil 1.3'te okyanuslar üzerindeki atmosferde toz konsantrasyonunun nasıl bir dağılım gösterdiği görülmektedir. Zemin aerosollerin kompozisyonu anlamak için karalardan uzak deniz ortasındaki adalara veya kirletici kaynaklardan uzak dağ başlarına istasyonlar kurulup örnekleme yapılmıştır (Prospero ve diğ., 1989). Şekilden de görüldüğü gibi karalara yakın denizler üzerindeki atmosferde toz konsantrasyonu yüksek karalardan uzak adalar üzerine kurulmuş istasyonlardan toplanan örneklerde ise düşüktür. Bunun nedeni rüzgar erozyonu ile oluşan parçacıkların büyük boyutlu olmalarından dolayı kaynaklarına yakın bölgelerde yerçekimi



sonucu çökeldikleri ancak küçük boyuttaki parçacıkların uzun mesafeli taşınmalarıdır. Şekilde Akdeniz atmosferi için verilen toz konsantrasyonu göreceli olarak yüksektir ($1-10 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Akdeniz'in lojistik pozisyonu atmosferindeki yüksek toz konsantrasyonunun nedenidir. Dar bir enlem kuşağında yer almasına rağmen Akdeniz kuzey ve güneyden farklı karakterde aerosol kaynakları olabilecek bölgelerle çevrilmiştir. Kuzeyde endüstrileşmiş (Fransa ve İtalya) yarı endüstrileşmiş (Yugoslavya, Türkiye, Yunanistan) ülkeler güneyde ise Kuzey Afrika ve Orta Doğu çölleri yer almaktadır. Bu durum Akdeniz üzerindeki zemin aerosollerinin bu iki farklı yapıdaki parçacıkların karışması ile oluştuğu gerçeğini ortaya koymuştur.

Atmosferdeki mineral parçacıkların konsantrasyonunun üç önemli faktör tarafından kontrol edildiği sonucuna varılmıştır. Birinci faktör, kurak ikliminden dolayı rüzgar aşınmasına elverişli toprak yapısına sahip kaynak oluşturan bölgelere olan uzaklıktır. İkincisi, tozları taşıyan meteorolojik sistemlerin takip ettikleri yol ve üçüncüsü ise bu tozların yağmurla veya kuru çökeltme sonucunda atmosferden ayrılmasıdır.

1.2. Aerosollerin Çevresel Etkileri

İnsanoğlunun çevreyi ve denizleri koruma ihtiyacı, kontrolsüz nüfus artışı, endüstriyel devrim, atmosferin yapısının ve iklim değişikliği gibi global ölçekteki sorunlarla karşılaşması sonucunda doğmuş ve önem kazanmıştır. Atmosferik araştırmalar göstermiştir ki, atmosferin fiziği ve dinamiği (diğer bir deyişle meteorolojisi) ve dünya iklimi atmosferin bileşenleri ile yakından ilintilidir. Dolayısıyla atmosferin kimyasıda üzerinde çalışılması gerekli bir konudur. Dünya atmosferinin kimyasal bileşenleri güneş sistemi içindeki diğer gezegenleri kavrayan gaz karışımından farklıdır. Dünya atmosferi ile Venüs'ün ve Mars'ın atmosferleri karşılaştırıldığında bizim atmosferimizde oksijen seviyesinin yüksek karbondioksit seviyesinin ise düşük olduğu gözlenmiştir. Atmosferimizin bileşenlerinin fizikokimyasal denge değerlerinden farklı miktarlarda bulunmasının yegane nedeni biyosfer yani diğer gezegenlerde olmayan canlılardır. Atmosferdeki oksijen, azot ve karbon ise su ve kara ekosistemlerindeki canlılar için besin kaynağıdır. Ayrıca atmosferin bu bileşenleri

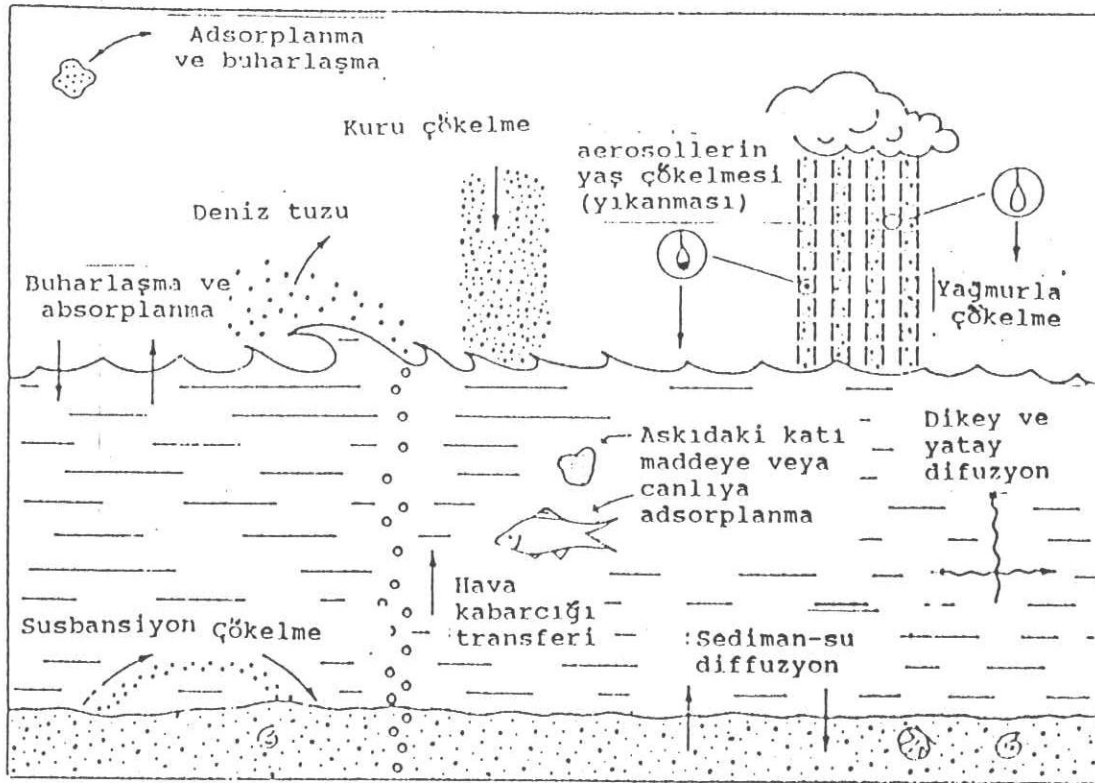
canlıları güneşin zararlı UV-B (290-320 nm) ışınlarından korur. Atmosferimizin en önemli özelliği bileşenlerinin, güneşin kısa dalga ve karaların uzun dalga ışımlarını absorplaması ve saçmasıdır. Yani atmosferimizin radyasyon dengesi ve bunun sonucu olarak sıcaklık dağılımı ve rüzgar sistemleri atmosferin bileşenlerinin bir fonksiyonudur. Bu durum, antropojenik etkinliklerin atmosferin kompozisyonunu lokal ve global ölçekte etkilediği günümüzde iklim değişikliği olarak kendini göstermektedir. İlginçtir ki bu güneş ve kara radyasyon transferini atmosferin temel bileşenleri olan azot ve oksijen değil atmosferde eser miktarda bulunan gazlar ve aerosoller kontrol etmektedir. Ayrıca su buharı ve bulutlar da atmosferin radyasyon dengesi üzerinde etkinlerdir. Bulutsuz atmosferde ışınların absorplanması ve saçılımı birincil olarak aerosoller tarafından kontrol edilmektedir. Bulutlu atmosferde ışınların absorplanması ve saçılması bulutlar tarafından kontrol edilmekle birlikte bulutların özellikleri aerosollerin fiziksel ve kimyasal özellikleri ile ilgilidir. Çünkü aerosoller (deniz tuzu, sülfat ve nitrat gibi nem çeken aerosoller) yoğunlaşmayı başlatan çekirdek görevini görürler. Sonuç olarak aerosoller bulut oluşumunu dolayısıyla bulutların ışınları absorplama ve saçma özelliklerini, atmosferdeki kalış sürelerini ve yağış olaylarını etkilemektedir. Aerosoller atmosferdeki gaz reaksiyonları için yüzey teşkil etmektedirler. Sonuç olarak, aerosoller yağmurların pH'sını ve kimyasal kompozisyonunu da değiştirirler ve yağışlar yeryüzüne düştüklerinde biyojeokimyasal sistemleri etkilerler.

Denizleri ve üzerlerindeki atmosferi kapalı bir sistem olarak düşünürsek farklı kompartmanlar ve canlılar arasındaki iletişime genel olarak biyojeokimyasal devinim denilmektedir. Bu devinim basitçe Şekil 1.4'te şematize edilmiştir.

Aerosollerin hava kalitesi ve iklim üzerindeki önemi büyüktür. Bu yüzden ki aerosollerin atmosferdeki konsantrasyonları, dağılımları ve yapılarındaki değişiklikler yerküre üzerindeki atmosferik prosesleri etkilemektedir. Atmosferdeki aerosollerin özelliklerinin karakterize edilmesi, bu özelliklerini ve dağılımlarını kontrol eden proseslerin anlaşılması için araştırmalar yapılması gerekmektedir.

Deniz bilimciler, okyanuslar üzerindeki aerosolleri değişik amaçlarla araştırmışlardır. Sedimanda yapılan çalışmalar da rüzgarlarla karalardan taşınan tozların sedimanın mineral kompozisyonunu

belirlediği görülmüştür (Prospero, 1981). Atmosferik parçacıklar deniz yüzeyine çökdiklerinde su kolonuna eser element ve besin tuzu kaynağı oluşturlar. Besin tuzu etkisi göstererek üretimin artmasını sağlayan önemli atmosfer girdileri nitrat ve demirdir (Duce, 1986; GESAMP, 1991). Açık denizlerde üretimi kontrol eden mikro-besin tuzu olan Fe'in atmosfer ile deniz ortamına taşınmasının önemi son yıllarda önem kazanmaya başlayan bir konudur. Aerosoller ile denize taşınan bazı elementlerin (Cu, Cd, Pb) ise toksik etkisi olduğundan biyolojik aktiviteyi engelleyip denizlerin kirlenmesine yol açmaktadır.



Şekil 1.4. Deniz ortamındaki biyojeokimyasal devinim.

1.3. Konuyla İlgili Çalışmalar

Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO), 1960 ortalarında üye ülkelerin katılımıyla global ölçekte atmosferin bileşenlerinin belirlenmesi amacıyla bir çalışma başlatmıştır. Hava kirliliğinin izlenmesi (BAPMoN) adı altında üye ülkelerin meteoroloji teşkilatlarının yürüttüğü bu izleme programının sonucunda atmosferin bileşenlerinin antropojenik katkılarla değişime uğradığı bununda dünyanın ısıma dengesini bozarak iklim değişikliğine neden olduğu görülmüştür. Ayrıca gene aynı teşkilatın yürüttüğü Ozon tabakasının izlenmesi (GO3OS) adı altında toplanan istasyon ağlarından toplanan veriler yardımıyla atmosferdeki toplam ozon miktarı, ozonun atmosfer kolonu boyunca dağılımı ve zaman içerisindeki değişimi saptanmıştır. Bu iki izleme programı 1989 yılında atmosferin global izlenmesi (GAW) adı altında toplanmıştır. GAW'ın temel amaçlarından birisi atmosferin biyosfer ve okyanuslarla ilişkisini anlamaktır. Atmosferik taşınım ve atmosfer-deniz arasındaki ilişkinin araştırılması amacıyla WMO 1976 yılında kirleticilerin atmosfer ve okyanuslar arasındaki değişimini inceleyen bir çalışma grubu oluşturmuştur. Bu grup bazı eser elementlerin atmosferden deniz ortamına akılarını belirlemişlerdir (GESAMP, 1989). WMO'nun organize ettiği bu global çalışmaların benzeri başka uluslararası çalışmalar da vardır. Bunlar

EMEP

Avrupa'daki hava kirleticilerinin taşınımını belirlemek için kurulmuştur. Bu grubun çalışma konuları kirleticileri izlemek, atmosfere emisyonlarını belirlemek ve dağılımlarının numerik modellenmesidir.

UNEP-MED/POL

Akdeniz'e atmosfer yoluyla ulaşan eser elementlerin ve besin tuzlarının zaman içerisinde izlenmesinin ve miktarının belirlenmesinin önemli bir ihtiyaç olduğu anlaşılmıştır. Bu amaçla Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) kapsamında yürütülen Akdenizin kirliliğinin araştırılması ve uzun dönemli izlenmesi (MED POL) projesi ile WMO'nun işbirliği altında bölgesel hava kirliliğinin izlenmesi ve modellenmesi adı altında bir çalışma başlatılmıştır.

SEAREX (The Sea/Air Exchange Program)

Pasifik üzerindeki aerosollerin kaynaklarını, taşınım mekanizmalarını ve atmosferden denize taşınan miktarların belirlenmesi amacıyla başlatılmış bir programdır. Bu amaç çerçevesinde hali hazırda güney ve kuzey Pasifikteki adalar üzerinde kurulmuş toplam 13 istasyondan örnek toplanmaktadır.

PHYCEMED (Program on Physics and Chemistry of the Mediterranean Sea)

Bu programın amacı Akdenizdeki kirleticilerin atmosfer-deniz arasındaki taşınımını kontrol eden fiziksel, kimyasal ve biyolojik olayların tanımlanması ve atmosferik parçacıkların deniz yüzeyine çökelmelerinden sonra su kolonundan sedimana taşınımını incelemek üzere planlanmış bir Fransız ulusal bilimsel projesidir.

EROS-2000 (European River Ocean System)

EROS-2000 programı 1988 yılında başlatılmış ve 1992'de bitmiş olan uzun dönemli bir uluslararası projedir. Disiplinler arası çalışmayı gerektiren bu projenin amacı genel olarak şöyle özetlenebilir; Ekonomik gelişmenin global ölçekteki biyojeokimyasal döngüler üzerine etkilerini belirlemek ve olası tehlikelere karşı önlem alınması için uyarılar oluşturmaktır. Bu çerçeve içerisinde amaçlanan çalışmalar ile;

- (1) Kuzeybatı Akdeniz kıyılarındaki doğal ve antropojenik kaynaklardan ortama verilen organik ve inorganik bileşiklerin kaynaklarını ve taşınım yollarının belirlemek (2) Nehirler ve atmosfer yolu ile denize olan materyal akılarının hesaplanması, sediman/deniz suyu arasındaki transfer ilişkilerinin belirlenmesi.
- (3) Antropojenik girdilerin denizlerde yol açtıkları ekolojik denge bozukluğunun (ötröfikasyon gibi) kıyı ekosistemlerine uzun dönemde etkilerinin belirlenmesi planlanmıştır.

Proje kapsamında oluşturulan alt gruplardan biri kuzeybatı Akdeniz kıyılarında kurulan atmosferik kulelerden toplanan örneklerde eser element, besin tuzu ve organik bileşiklerin analizlerini yapmış ve sonuçlarını dört kitapçıkta toplamışlardır (Water Pollution Reports 13, 20, 28, 30).

1.4. Doğu Akdeniz'in Meteorolojik Yapısı

Son yılların önemli çevre sorunlarını teşkil eden asit yağmurlarının, Çernobil kazasının ve Körfez Savaşının serpintilerinin kaynaklarından uzak bölgelerde tesbit edilmesi bilim adamlarını atmosferik uzun mesafeli taşınım üzerinde çalışmaya yöneltmiştir. Bu konudaki araştırmalarda neden ve niçin sorularına daha kolay cevap bulabilmek amacıyla, bölgenin meteorolojisini tanımlamak gerekmektedir.

Akdeniz Bölgesi, tüm dünyada bölgenin adı ile anılan bir iklim kuşağı içindedir. En önemli karakteristiği yazları kurak ve sıcak kışları ise ılık ve yağışlı olmasıdır. Kış döneminde (Kasım, Aralık, Ocak, Şubat) siklonik hava hareketleri ve güçlü rüzgarlar hakimdir. Yaz dönemi (Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül) hakim olan yüksek basınç sistemi, hava sıcaklığına nisbeten düşük sıcaklıkta olan deniz yüzeyine oturmuştur. Bu aylarda hava ve deniz suyu arasındaki sıcaklık farklılığı kıyılarda kara ve deniz meltemlerinin hakim olmasına neden oluşturmaktadır. Geçiş mevsimleri olan ilkbahar ve sonbahar ayları farklı uzunluktadır. Göreceli olarak uzun olan ilkbahar mevsimi (Mart, Nisan, Mayıs) Afrika orijinli siklonların geçişi haricinde yaz mevsiminin özelliklerini gösterir. Sonbahar genellikle yalnızca bir ay (Ekim) sürer ve kış mevsiminin oturmamış hava koşullarına geçişle karakterize edilir.

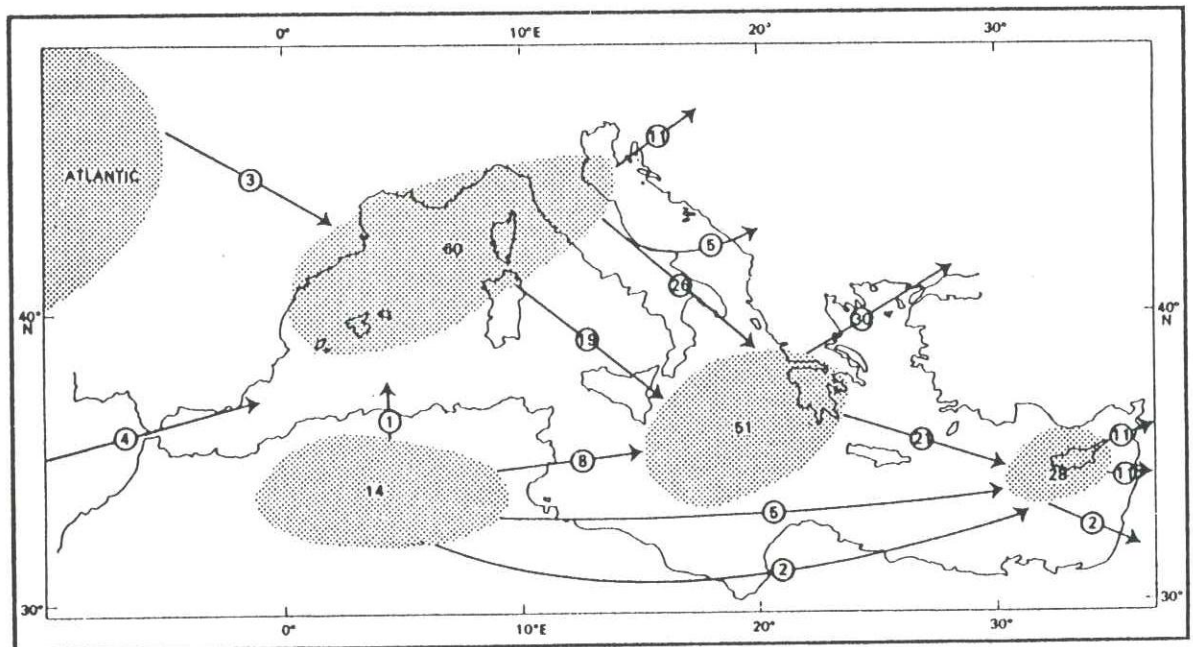
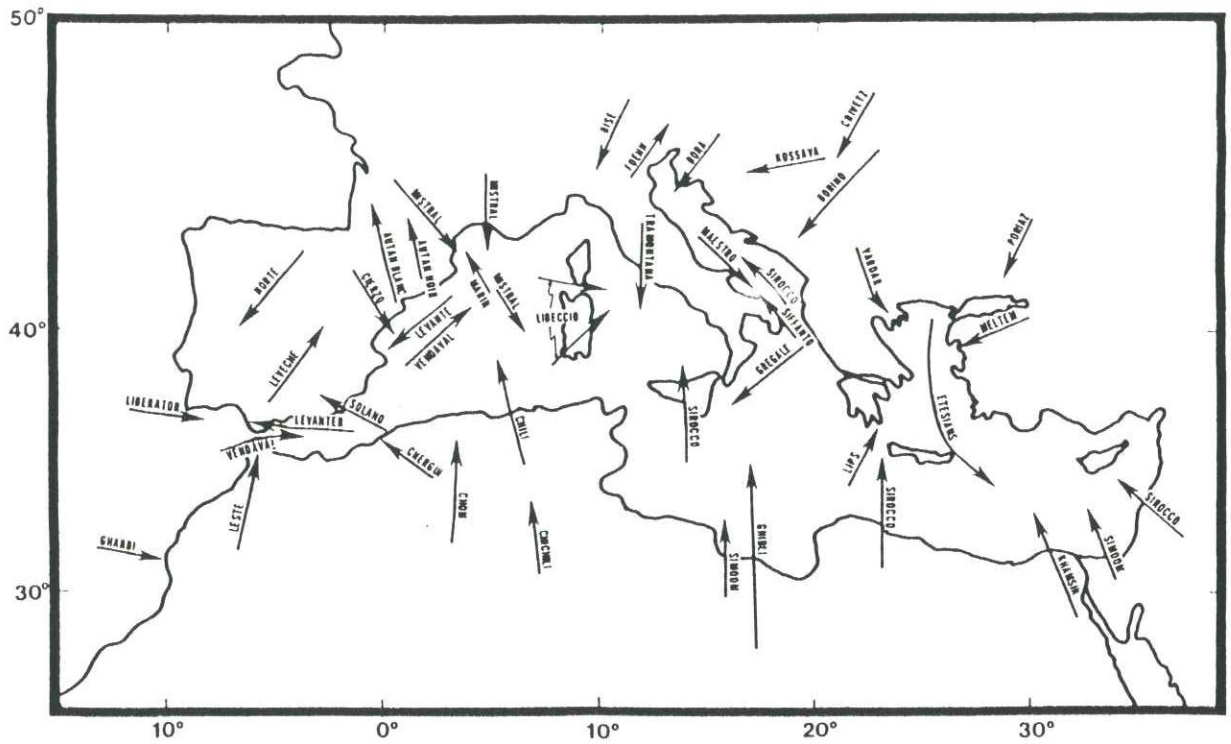
Doğu Akdeniz'deki hava hareketlerinin yolları muson karakteri göstermektedir. Şekil 1.5'te gösterilen bölgeyi etkileyen rüzgarlar farklı mevsimlerde gözlenmektedir. Örneğin, Etesian rüzgarları kuzeyli ve batılı olup yaz aylarında bölgede baskındır. Doğu Akdeniz'de, etesian rüzgarları Ege Denizinde görülen rüzgar rejimlerinin güneydoğu uzantısıdır (Rodos ve Girit geçitinden). Etesian rüzgarları Doğu Akdeniz'de genel olarak kuru ve görüş mesafesini bozmayan karakterdedir. Bora soğuk sonbahar rüzgarıdır. Bu rüzgarlar genel olarak Yugoslavya'da görülmekle beraber, Ege Denizinde'de rastlanır ve uzantıları Doğu Akdeniz kıyılarında görülür. Bora rüzgarları bölgede batı ve kuzeybatı yönlerinden eser. Kuzey Afrika orijinli olan Sirocco rüzgarları güneydoğu ve güneybatı yönlerinden eser. Hava akımının oluşma bölgesi (kaynağı) kurak ve sıcak çöl bölgeleri olduğu için bu rüzgarlar kış aylarında ılık yaz ve ilkbahar aylarında ise sıcaktır. Doğu Akdeniz'de görülen bu rüzgarların kaynağı Libya ve Birleşik

Arap Cumhuriyetleri ile güneydoğudaki Arap   lleridir. Genellikle mart-mayıs ayları arasında görülen bu rüzgarlar oluşum bölgelerinden toz/kum bulutları taşırlar. Türkiye'nin güney kıyılarına kadar ulaşan bu hava kütleleri deniz yüzeyinden yüksek miktarda nem topladıkları için bölgeye ulaştıklarında yağmur olarak yeryüzüne düşer. Bölgede bilinen lokal kuvvetli rüzgar ise kuzeybatılı Poyraz r zgarlarıdır. Toros dağlarından kıyıya geçit veren Göksu vadisi bu rüzgarların oluşum bölgesidir. Bu rüzgarlar kış aylarında etkin olmakla beraber bazı yaz aylarında da (Ağustos) görülür ( zsoy, 1981).

Hava kütlelerinin dolaşımının belirlenmesi, atmosferdeki aerosollerin uzun mesafeli taşınımını açıklaması açısından önemlidir. şekil 1.6'da Doğu Akdenizi etkileyen basınç merkezlerinin oluştukları bölgeler ve taşınım yolları yıl bazında gösterilmiştir.

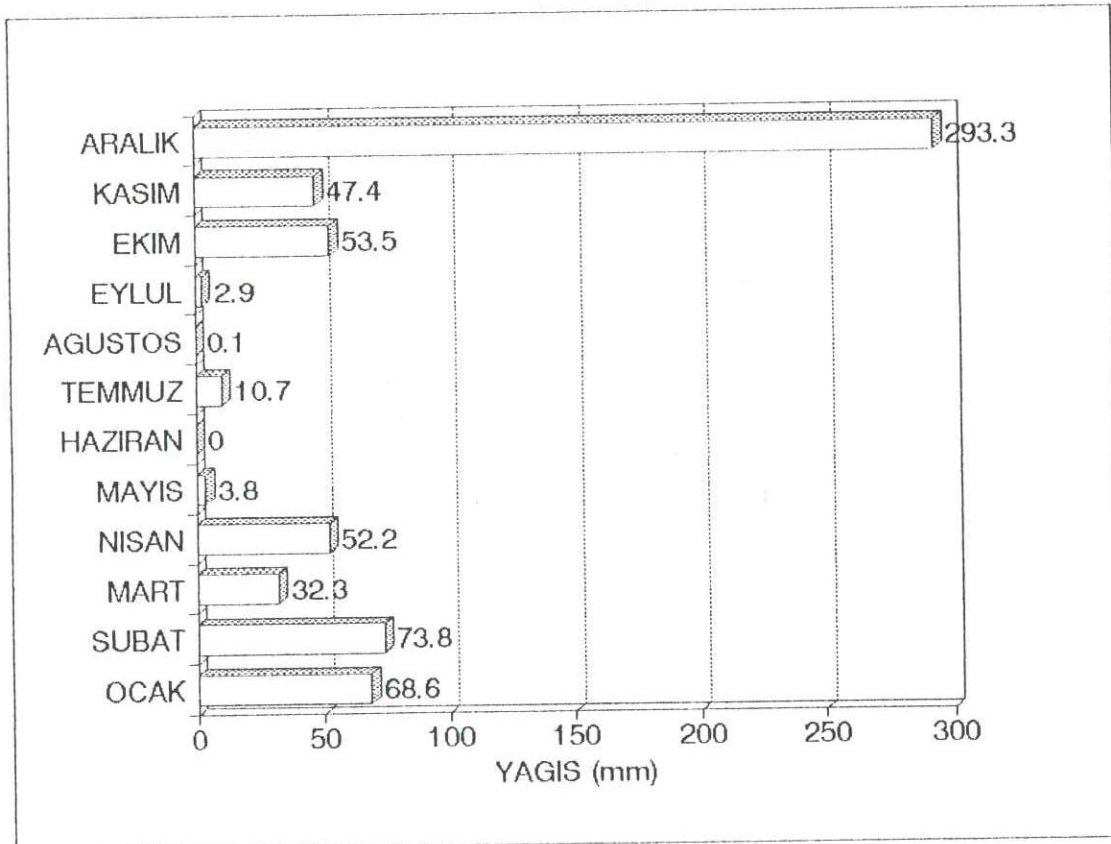
Atmosferdeki hava kütlelerinin kaynaklarının belirlenmesi amacıyla trajektory modelleri kullanılmaktadır. Bu modeller basitçe anlatılmak istenirse eş basınç yüzeylerinde taşınan hava kütlelerinin örnekleme koordinatlarına ulaşmadan önceki birkaç günü hangi bölgelerin üzerinden geçerek geldiğinin rotasının çizilmesidir. Bu modellerin uygulanmaya konabilmesi için yalnız örnekleme yapılan bölgenin değil tüm dünyada toplanmış üst hava katmanlarının meteorolojik bulguları gerekmektedir. Bu tip veriler İngiltere'de Dünya Meteoroloji Teşkilatına bağlı Orta  l ekli Hava Tahmin Merkezinde (ECMWF-European Center for Medium Range Weather Forcast) tüm Avrupa için toplanmaktadır. Merkeze  ye ülkeler on-line sistemi ile bu tip verilerden faydalanabilmektedir. Ülkemizde bu teşkilatın  yesi olan müessese Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'd r. Fakat Müdürlük'te bu tip veriler seri kullanıma geçirilmemiştir.

Hava kütlelerinin izledikleri yolların tesbit edilmesi ve yıllık, mevsimsel ortalamalarının çıkarılmasına klimatolojik açıdan trajektorylerin sinoptik izahı denilir. Bu tip  alışmalar Doğu Akdeniz için yapılmıştır (UNEP, 1985; Dayan, 1986). Girit adası referans alınarak yıl boyunca Doğu Akdeniz'e ulaşan hava kütlelerinin kaynakları belirlenmiştir. Hava kütleleri kaynaklarına göre dört ayrı sektöre bölünmüş ve her sektörün yıl bazındaki katkısı yüzde olarak verilmiştir. Bunlar; (1) Kuzey-kuzeybatı ve kuzey-kuzeydoğu orijinli (Yunanistan, Doğu Avrupa) hava kütleleri, bölgeye ulaşan hava



k t lelerinin %39'unu temsil etmektedirler (2) Batı/kuzeybatı kaynaklı ( talya, Fransa, İngiltere, İspanya) hava k t leleri, %27'sini oluşturmuşlardır (3) %17'sini oluşturan hava k t lelerinin doğu kaynaklı (Türkiye ve Orta Doğu) (4) Yıl bazında ulaşan hava k t lelerinin %16'sının ise güneyden geldiği ve oluşma bölgesinin Sahra ve Kuzey Afrika olduğu gösterilmiştir. 1978-1982 yıllarını kapsayan diğer bir çalışmada İsraili etkileyen hava akım yolları beş sınıfa ayrılmıştır. Bunlar yıl boyunca görülen kuzeybatı Avrupa, yaz mevsiminde görülen kuzeydoğu Avrupa, sonbaharda nadir olarak görülen ve Arap Yarımadasından gelen güneydoğu, k ş sonu ve ilkbaharda görülen kuzey Afrika üzerinden gelen güneybatı yönlü hava hareketleridir.

Bu çalışmada tüm örnekler için hava k t lelerinin sinoptik izahını yapabilmek mümkün olmadığından meteorolojik parametreler ile izahına gidilmiştir. Enstitü'ye 15 km uzaklıktaki Alata Meteoroloji istasyonundan alınan yağış miktarları 1991 yılı için aylık ortalamalar halinde şekil 1.7'de verilmiştir. Yıllık toplamı 625 mm olan yağışın %47'si Aralık ayında gözlenmiştir.

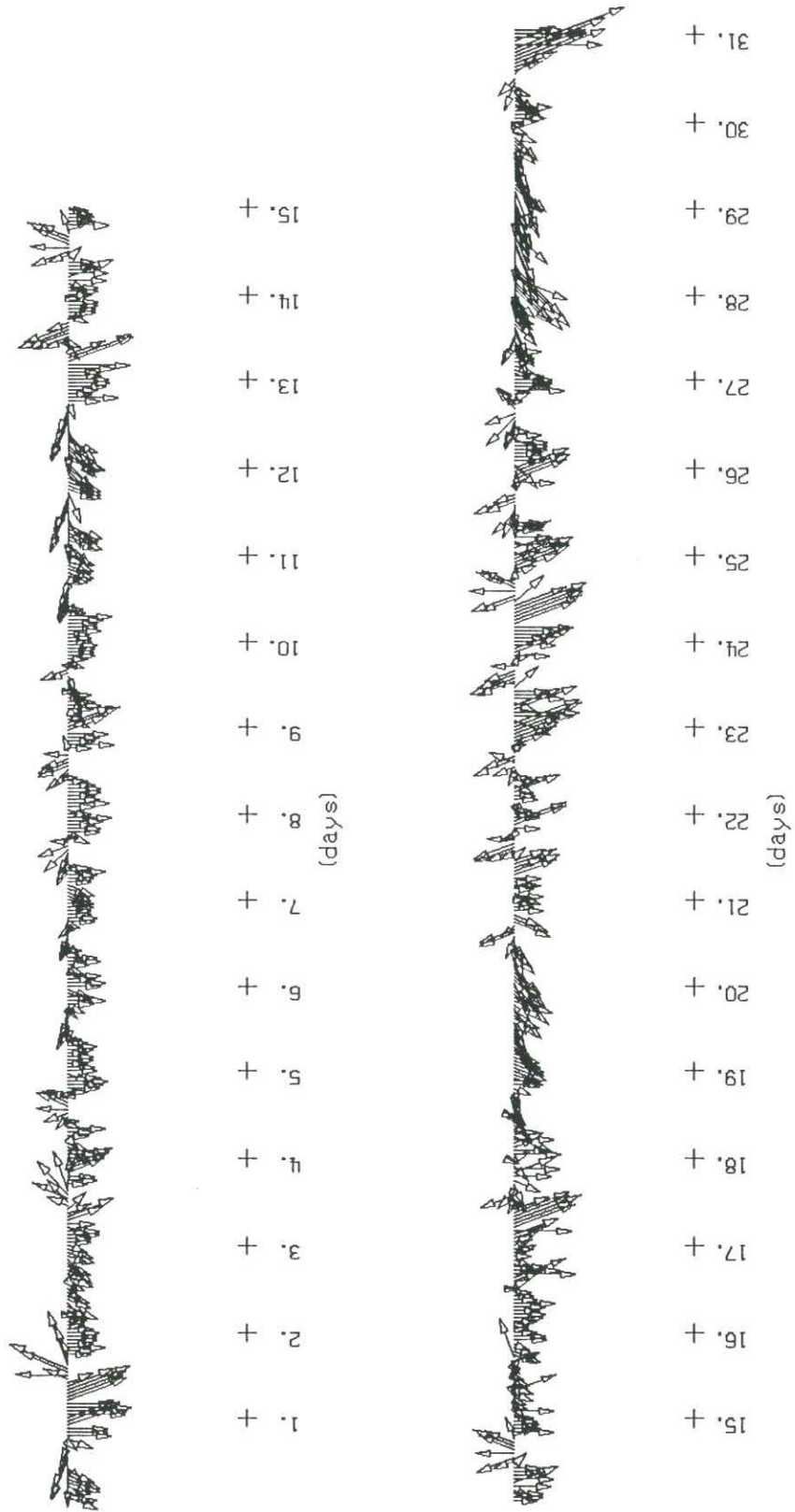


şekil 1.7.1991 yılı aylık ortalama yağış miktarları.

Şekil 1.8.(a-l)'de örnekleme kulesinde bulunan otomotik Aandreaa marka meteorolojik istasyonunda saatbaşı kaydedilen rüzgar hızı ve yönünün vektörel çizimi, her ay için ayrı ayrı verilmiştir. Şekil 1.8.a. ve b'de görüldüğü üzere Ocak ve Şubat aylarında baskın olan rüzgar kuzeylidir. Şekil 1.8.c, d ve e'de verilen Mart, Nisan ve Mayıs aylarında ise kuzeyli rüzgarların yanısıra baskın güneyli rüzgarlar da görülmektedir. Şekil 1.8.f, g, h, i'de verilen Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında yer seviyesinde güneyli rüzgarlar hakimdir. Şekil 1.8.j,k ve l'de Ekim, Kasım ve Aralık ayları görülmektedir. Bu aylarda şiddetli ve seyrek görülen güneyli rüzgarların haricinde baskın yön kuzeylidir.

plot of wind vel vectors OCAK 1991

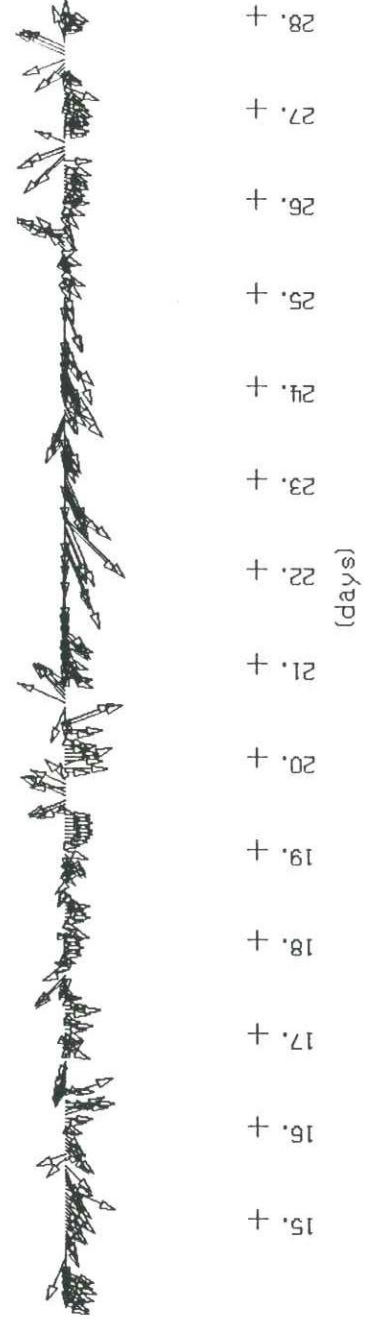
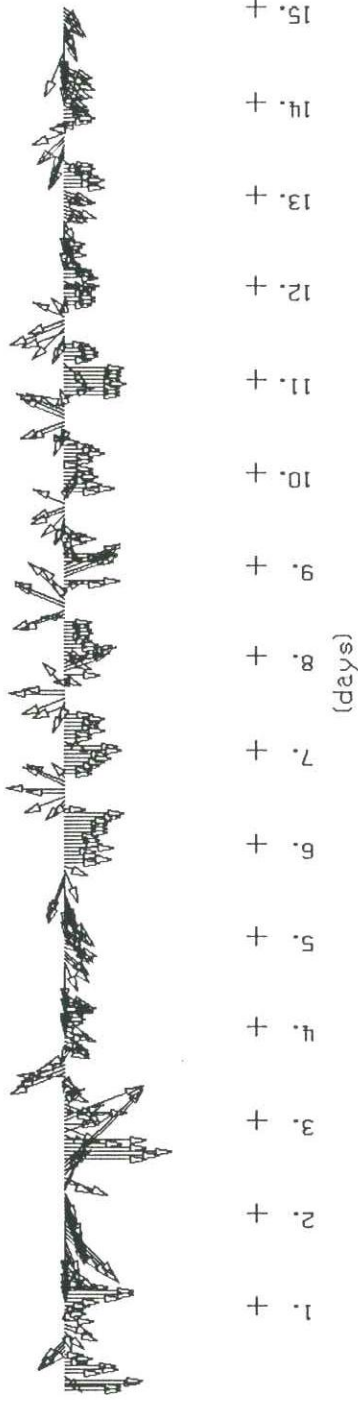
vel scale: 1 cm = 3. m/s.



Şekil 1.8.a.Rüzgar hızı ve yönünün vektörel gösterimi
(Ocak, 1991).

plot of wind vel vectors SUBAT 1991

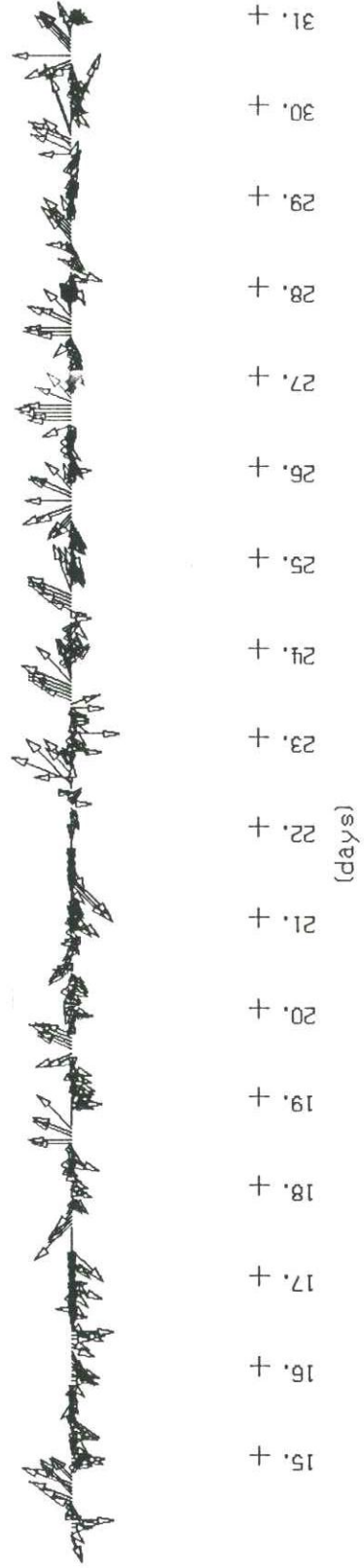
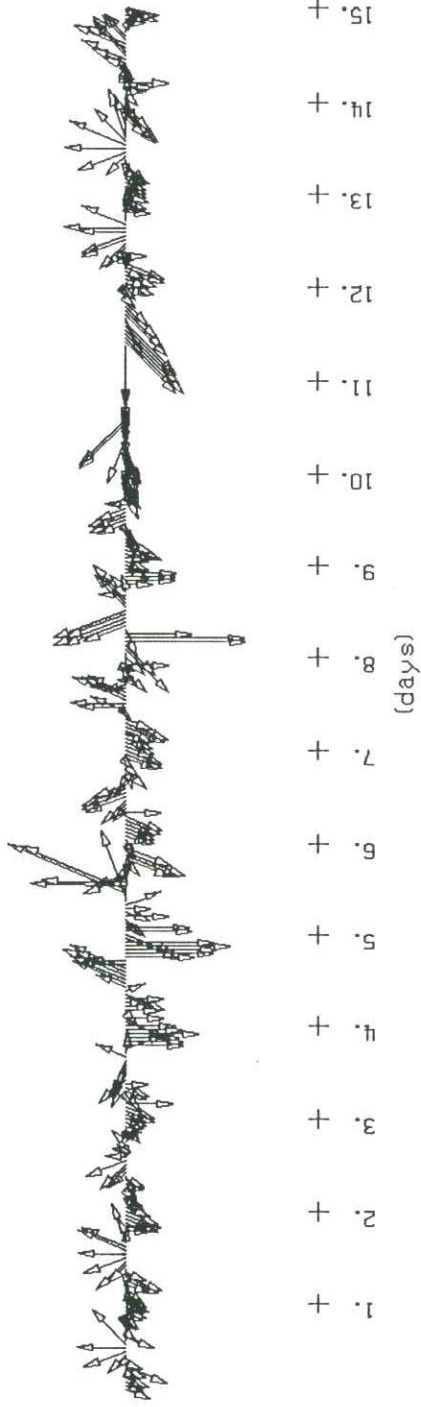
vel scale: 1 cm = 3. m/s.



Şekil 1.8.b.Rüzgar hızı ve yönünün vektörel gösterimi
(Şubat, 1991).

plot of wind vel vectors MART 1991

vel scale: 1 cm = 3. m/s.



Şekil 1.8.c.Rüzgar hızı ve yönünün vektörel gösterimi
(Mart, 1991).

plot of wind vel vectors NISAN 1991

vel scale: 1 cm = 3. m/s.



1. + 2. + 3. + 4. + 5. + 6. + 7. + 8. + 9. + 10. + 11. + 12. + 13. + 14. + 15. +
(days)



15. + 16. + 17. + 18. + 19. + 20. + 21. + 22. + 23. + 24. + 25. + 26. + 27. + 28. + 29. + 30. +
(days)

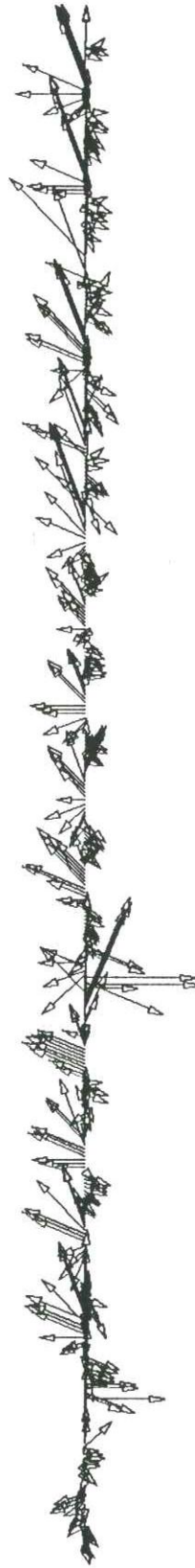
Şekil 1.8.d.Rüzgar hızı ve yönünün vektörel gösterimi
(Nisan, 1991).

plot of wind vel vectors MAYIS 1991

vel scale: 1 cm = 4. m/s.



1. + 2. + 3. + 4. + 5. + 6. + 7. + 8. + 9. + 10. + 11. + 12. + 13. + 14. + 15. +
(days)



15. + 16. + 17. + 18. + 19. + 20. + 21. + 22. + 23. + 24. + 25. + 26. + 27. + 28. + 29. + 30. + 31. +
(days)

Şekil 1.8.e.Rüzgar hızı ve yönünün vektörel gösterimi
(Mayıs, 1991).

plot of wind vel vectors HAZIRAN 1991

vel scale: 1 cm = 4. m/s.



1. +
2. +
3. +
4. +
5. +
6. +
7. +
8. +
9. +
10. +
11. +
12. +
13. +
14. +
15. +



15. +
16. +
17. +
18. +
19. +
20. +
21. +
22. +
23. +
24. +
25. +
26. +
27. +
28. +
29. +
30. +

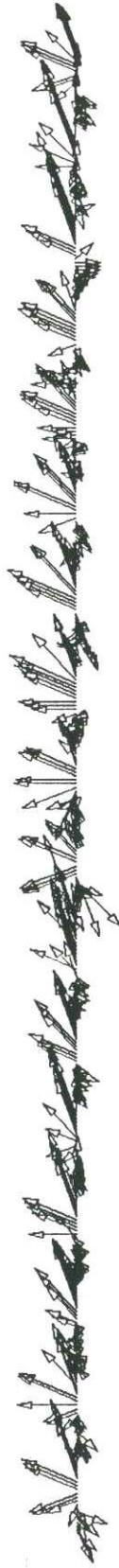
Şekil 1.8.f.Rüzgar hızı ve yönünün vektörel gösterimi
(Haziran, 1991).

plot of wind vel vectors TEMMUZ 1991

vel scale: 1 cm = 4. m/s.



1. + 2. + 3. + 4. + 5. + 6. + 7. + 8. + 9. + 10. + 11. + 12. + 13. + 14. + 15. +
(days)



15. + 16. + 17. + 18. + 19. + 20. + 21. + 22. + 23. + 24. + 25. + 26. + 27. + 28. + 29. + 30. + 31. +
(days)

Şekil 1.8.g.Rüzgar hızı ve yönünün vektörel gösterimi
(Temmuz, 1991).

plot of wind vel vectors AGUSTOS 1991

vel scale: 1 cm = 3. m/s.



1. + 2. + 3. + 4. + 5. + 6. + 7. + 8. + 9. + 10. + 11. + 12. + 13. + 14. + 15. +

(days)



15. + 16. + 17. + 18. + 19. + 20. + 21. + 22. + 23. + 24. + 25. + 26. + 27. + 28. + 29. + 30. + 31. +

(days)

Şekil 1.8.h.Rüzgar hızı ve yönünün vektörel gösterimi
(Ağustos, 1991).

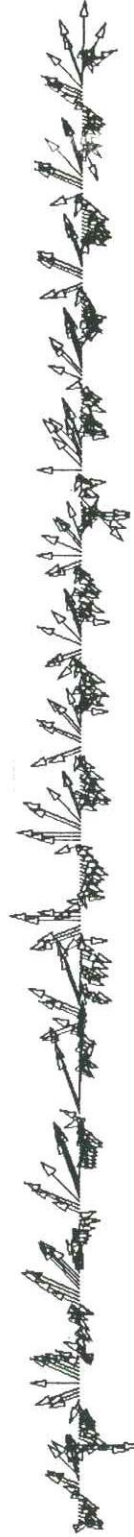
plot of wind vel vectors EYLUL 1991

vel scale: 1 cm = 3. m/s.



| | |
|-----|---|
| 1. | + |
| 2. | + |
| 3. | + |
| 4. | + |
| 5. | + |
| 6. | + |
| 7. | + |
| 8. | + |
| 9. | + |
| 10. | + |
| 11. | + |
| 12. | + |
| 13. | + |
| 14. | + |
| 15. | + |

(days)



| | |
|-----|---|
| 15. | + |
| 16. | + |
| 17. | + |
| 18. | + |
| 19. | + |
| 20. | + |
| 21. | + |
| 22. | + |
| 23. | + |
| 24. | + |
| 25. | + |
| 26. | + |
| 27. | + |
| 28. | + |
| 29. | + |
| 30. | + |

(days)

Şekil 1.8.i.Rüzgar hızı ve yönünün vektörel gösterimi
(Eylül, 1991).

plot of wind vel vectors EKİM 1991

vel scale: 1 cm = 3. m/s.



1. + 2. + 3. + 4. + 5. + 6. + 7. + 8. + 9. + 10. + 11. + 12. + 13. + 14. + 15. +

(days)



15. + 16. + 17. + 18. + 19. + 20. + 21. + 22. + 23. + 24. + 25. + 26. + 27. + 28. + 29. + 30. + 31. +

(days)

Şekil 1.8.j.Rüzgar hızı ve yönünün vektörel gösterimi
(Ekim, 1991).

plot of wind vel vectors KASIM 1991

vel scale: 1 cm = 4. m/s.



1. +
2. +
3. +
4. +
5. +
6. +
7. +
8. +
9. +
10. +
11. +
12. +
13. +
14. +
15. +

(days)



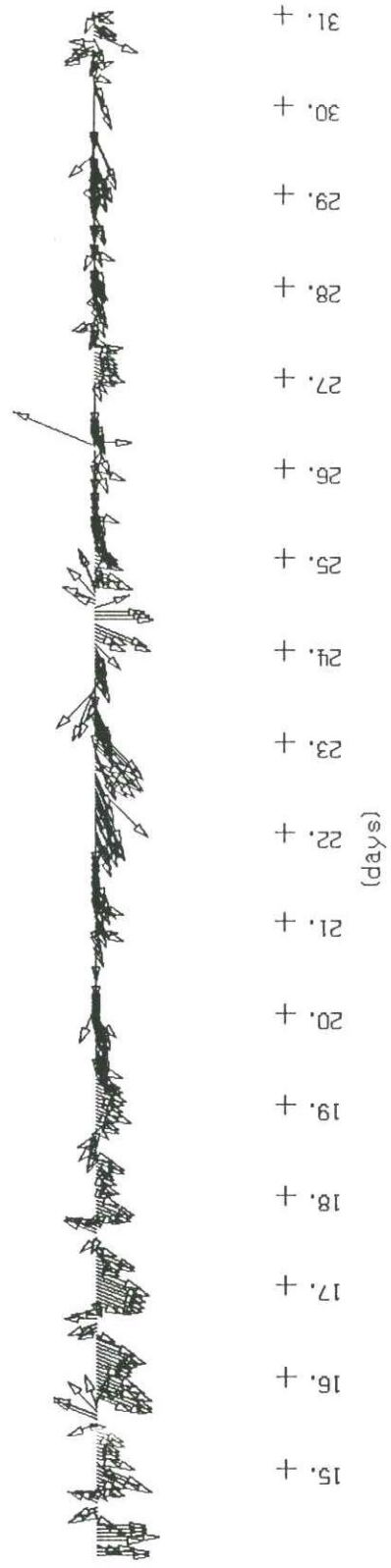
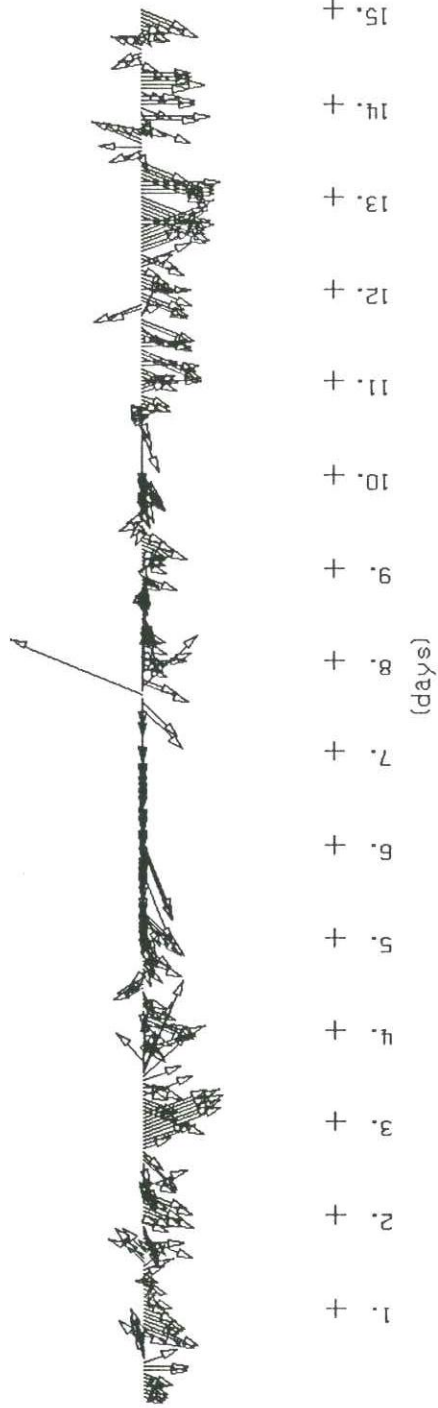
15. +
16. +
17. +
18. +
19. +
20. +
21. +
22. +
23. +
24. +
25. +
26. +
27. +
28. +
29. +
30. +

(days)

Şekil 1.8.k.Rüzgar hızı ve yönünün vektörel gösterimi
(Kasım, 1991).

plot of wind vel vectors ARALIK 1991

vel scale: 1 cm = 4. m/s.



Şekil 1.8.1. Rüzgar hızı ve yönünün vektörel gösterimi
(Aralık, 1991).

2. DENEYSEL

2.1 Örneklerin Toplanması

1990 yılı içerisinde başlatılan ağ tekniği ile örnek toplama 1991 yılı içerisinde de devam etmiştir. Bu teknikle ilgili bilgiler daha önceki raporda sunulmuştur. Bu toplama tekniğine ek olarak 1991 Ağustos ayı başlangıcı itibariyle yüksek debili pompa (General Motor Works) ile de örnekleme yapılmaya başlanmıştır. Örnekler Whatman-41 (20.3x25.4 cm) selüloz filtre kağıtları ile 24 saatlik toplanmıştır. Whatman 41 selüloz fiber filtreler, hem yüksek debili pompalar ile örnekleme yapmaya uygun dirençleri hem de eser element tayinlerinde sorun çıkarmayan blank özelliklerinden dolayı bu tür çalışmalarda tercih edilmektedir. Filtrelerden geçen ortalama hava miktarı 1500 m³'tür. Pompanın havayı vakumlama hızı sürekli olarak takometre üzerine kaydedilmektedir. Üretici firmadan alınan kalibrasyon kiti kullanılarak, kayıt edilen hızın kalibrasyonu düzenli bir biçimde yapılmaktadır. Örnekleme esnasında dikkat edilen en önemli husus kontaminasyon problemine yol açmamaktır. Bu amaçla örnekleme esnasında polyethylene eldivenler kullanılmış ve filtreler yalnızca teflon forsepe ile tutulmuştur. Belirli aralıklarla alınan blank filtreler örneklerin toplandığı filtreler ile aynı işleme tabi tutulmuştur, ancak hava geçirilmemiştir.

Yağmur suları ise, iki plastik kovası ve suya hassas sensörü olan kuru-yaş örnekleyici ile (dry-wet deposition sampler) toplanmıştır. Kuru günlerde yağmur kovasının ağzı kapalı kuru kovasının ise açıktır. Yağmurun ilk damlası sensöre değdiği anda yağmur kovasının ağzı açılıp kuru kovanın ağzı kapanmaktadır. Yağmur dindiği zaman sensor kuruduğu için yağmur kovasının ağzını otomatik olarak kapayıp kuru kovanın ağzının açmaktadır. Yağmur kovası ağzı kapatılarak labratuvara getirilip temiz hava kabininde işlem görmektedir.

2.2. Örneklerin Analizi

Laboratuvara naylon torbalar içerisinde getirilen filtre kağıtları temiz bir bölgede saklanmıştır. Asitle parçalama işlemleri için torbalarından temiz hava kabininde çıkartılan filtre kağıtlarının 1/4'ü

nylon misina yardımıyla kesilip teflon beherlerin içersine konulmuştur. Üzerlerine 15 mL nitrik asit (HNO_3) eklenip onaltı saat boyunca $\sim 140^\circ\text{C}$ sıcaklıkta bekletilip organiklerin parçalanması sağlandıktan sonra 5 ml hidrofilyorik asit (HF) eklenip bir on altı saat daha ısıtıcı üzerinde ağızları teflon saat camı ile kapalı olarak bekletilmiştir. Böylelikle silikat fazında bulunan metallerde çözeltiye geçmiş olmaktadır. Parçalama işleminin sonucunda beherlerin ağızı açılarak asitlerin buharlaşması sağlanmıştır. Buharlaştırma işlemi iyice kuruyana kadar devam ettirilmiştir aksi takdirde iz miktarda içersinde kalan HF analitik ölçümlerde zarar verir. Beher içersinde kalan tortu bir iki damla nitrik asitle yıkanarak balon jojelere alınır ve Milli-Q su cihazından alınan su ile 25 mL'ye hacmi tamamlanır. Daha sonra örnekler plastik şişelere konularak ölçüm anına kadar buzdolabında bekletilir.

Örneklerde ölçülen metaller şunlardır: Al, Fe, Mn, Cr, Ni, Co, Pb, Zn, Cd, Na, V, Ca ve Mg. Ölçüm işlemleri için Enstitü'ye 1992 yılı içersinde alınan bilgisayar kontrollü ve otomatik örnek alıcısı olan GBC-906 model atomik absorpsiyon spektrometresi (AAS) kullanılmıştır. Cd, V, Co ve Pb metalleri için AAS cihazının elektrotermal atomlaştırıcı başlığı diğer metaller için ise alevli atomlaştırma başlığı kullanılmıştır.

Yağmur sularında ve Ekim, Kasım, Aralık aylarında toplanan filtre kağıtlarında $\text{NO}_3+\text{NO}_2\text{-N}$ ve $\text{PO}_4\text{-P}$ analizleri yapılmıştır. Yağmur suları labratuvura getirildikten sonra pH metre ile pH'larına bakıldıktan sonra membran filtreler ile süzölmektedir. Süzmenin amacı ortamdaki askı maddeyi kaldırarak biyolojik aktivitenin başlamasını önlemektir. Süzölmüş yağmur suları iki ayrı plastik şişeye ayrılıp buzdolabında korunmaktadır.

Nitrat ve fosfat analizleri Technicon marka otoanalizör ile Technicon el kitapçığında verilen metoda uygun olarak ölçölmüştür. Bu method Strickland ve Parsons (1972) tarafından yazılan deniz suyu analizleri el kitabında verilen methodla uyumlu olup nitrat için hassasiyeti 0.05 fosfat için ise $0.02\ \mu\text{M}$ 'dır. Filtrelerde nitrat ve fosfat analizleri yapmak için, filtrenin 1/8'inin üzerine 60 mL deiyonize su konulup 12 saat süreyle çözölmüş ve çözeltide analizler yapılmıştır.

Yağmur sularında Toplam Çözünmüş Organik Karbon (TÇOK) analizleri, platinyum kaplı alimünyum oksit katalizörü üzerinde yüksek ısıda oksitlenme metodu (HTCO-Shimadzu TOC 5000) ile yapılmıştır.

2.3. Ölçüm Tekniğinin Kalite Kontrolüne Yönelik Çalışmalar

Atomik absorpsiyon spektrometresi ile gerçekleştirilen metal ölçüm metodunun doğruluğu ve tekrarlanabilirliği için deneyler yapılmıştır. Yöntemin doğruluğunu test etmek amacıyla çevre analizlerinin kalitesini ölçmek için hazırlanmış BCR (Community Bureau of Reference) standart numuneleri (CRM 142, light sandy soil) örneklerle uygulanan yöntem kullanılarak asitle parçalanmış ve metal miktarları ölçülmüştür. Verilen sertifikalı değerler ile labratuvarımızda elde edilen sonuçlar Tablo 2.1'de sunulmuştur. Asitle parçalama işlemi için hazırlanan her sete bir adet standart BCR örneği ve bir kaç tanede blank filtre kağıdı eklenmiştir. Tablodan da görüldüğü üzere labratuvarımızda elde edilen sonuçlar ile verilen sertifikalı değerler uyum içerisindedir.

Tablo 2.1. BCR standart örneği için verilen sertifikalı değerler ile labratuvarımızda ölçülen sonuçların karşılaştırılması.

| Element | Ölçülen değerler | Sertifikalı değerler |
|----------------------------------|------------------|----------------------|
| Cd | 0.25±0.08 | 0.25±0.09 |
| Co | 9.03±0.1 | (7.9) |
| Cr | 77.3±5.3 | (74.9) |
| Ni | 27.2±1.5 | 29.2±2.5 |
| Mn | 628.5±45 | (569) |
| Pb | 35.9±4.6 | 37.8±1.9 |
| Zn | 99.2±13.2 | 92.4±4.4 |
| Al ₂ O ₃ * | 48.1±3.1 | (50.2) |
| Fe ₂ O ₃ * | 19.5±1.4 | (28) |
| MgO* | 11.1±0.5 | (10.9) |
| CaO* | 47.2±2.2 | (49.4) |
| Na* | 6.3±1 | (9.7) |

*Parantez içindeki değerler sertifikalı değildir.

*işaretli metaller için verilen sonuçlar mg/g, diğer metaller için verilen sonuçlar µg/g cinsindendir.

Ayrıca kullanılan yöntemin tekrarlanabilirliğini göstermek amacıyla naylon ağ tekniği ile toplanan bir örnekten altı adet alınarak aynı koşullarda asitle parçalanıp analiz edilmiş ve sonuçları Tablo 2.2'de verilmiştir. Tablodan da görüleceği üzere her metal için hesaplanan coefficient of variation (c.v.) (yöntemin tekrarlanabilme belirsizliği) değeri %10'dan düşüktür.

Tablo.2.2. Analitik yöntemin tekrarlanabilirliği (tüm konsantrasyonlar $\mu\text{g/g}$ cinsindedir).

| Al | Fe | Mn | Cr | Ni | Zn | Pb | Cd | Co | Na | Ca | Mg | V | |
|-----------|-------|-------|-----|-----|-----|-----|------|------|-------|-------|-------|-------|-----|
| 30686 | 23622 | 398 | 368 | 160 | 298 | 149 | 0.2 | 20.5 | 34449 | 68724 | 30454 | 93 | |
| 32223 | 25160 | 389 | 360 | 158 | 320 | 140 | 0.21 | 20.0 | 35073 | 69651 | 32964 | 107 | |
| 34846 | 22494 | 396 | 356 | 166 | 305 | 140 | 0.21 | 22.6 | 35036 | 68527 | 30029 | 98 | |
| 33823 | 24074 | 386 | 363 | 158 | 310 | 132 | 0.22 | 20.2 | 35444 | 67911 | 30085 | 100 | |
| 31020 | 24684 | 375 | 372 | 163 | 300 | 132 | 0.23 | 22.6 | 36034 | 66834 | 30494 | 94 | |
| 30885 | 24228 | 376 | 364 | 162 | 289 | 132 | 0.20 | 20.8 | 34813 | 65341 | 30743 | 102 | |
| 30804 | 25799 | 385 | 369 | 168 | 305 | 134 | 0.20 | 20.2 | 35891 | 60767 | 31312 | 110 | |
| $\bar{X}$ | 32043 | 24286 | 386 | 364 | 162 | 304 | 137 | 0.21 | 21.0 | 35248 | 66822 | 30869 | 101 |
| σ | 1553 | 986 | 8 | 5 | 4 | 9 | 6 | 0.01 | 1.1 | 531 | 2792 | 944 | 6 |
| c.v. | 5 | 4 | 2 | 1 | 2 | 3 | 5 | 5 | 5 | 2 | 4 | 3 | 6 |

$$\text{c.v.} = (\bar{X}/\sigma) \times 100$$

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

3.1. Atmosferik Parçacıklara Katkıda Bulunan Kaynak Türlerinin İncelenmesi (Toprağa göre zenginleşme faktörleri)

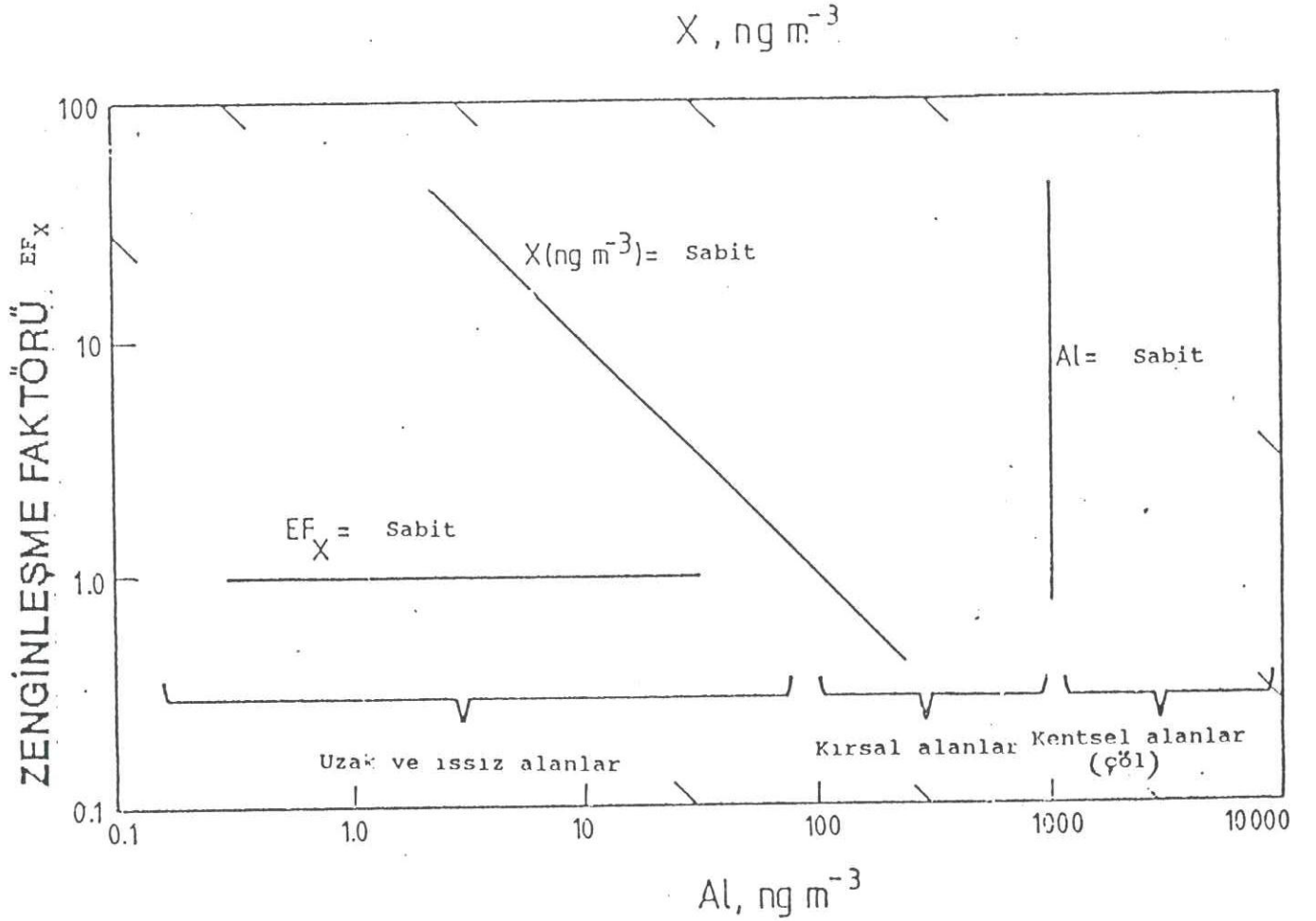
Daha önceki bölümlerde de değindiğimiz gibi deniz atmosferlerindeki aerosollerin en önemli bileşenleri toprak ve deniz tuzu parçacıklarıdır. Gene daha öncede değindiğimiz gibi deniz tuzu aerosolleri denizin kendi ürettiği parçacıklar olduğu için sisteme net girdi sayılmazlar. Dolayısıyla global ölçekte atmosferden denize en önemli net materyal kaynağı topraktır. Bu kaynağın ölçülen element konsantrasyonlarına ne kadar katkıda bulunduğu anlaşılmaması için toprağa göre zenginleşme faktörleri (crustal enrichment factors - EF_{crust}) hesaplanmaktadır. Bir X elementi için toprağa göre zenginleşme faktörü aşağıda verilen eşitlikle hesaplanmaktadır.

$$EF=(X/Al)_n/(X/Al)_c$$

Bu eşitlikte $(X/Al)_n$, toplanan numunede X elementinin alüminyuma oranını, $(X/Al)_c$ ise aynı oranın yer kabuğundaki değerini göstermektedir. Eğer bir elementin toplanan numunedeki konsantrasyonu tamamen atmosferdeki aluminasilikat yapısındaki toz parçalarıyla açıklanabiliyorsa, bu element için EF değeri 1 olacaktır. EF değerinin 1'den büyük olması, o elementin atmosferdeki konsantrasyonuna katkıda bulunan toz parçalarından başka kaynakların da bulunduğu anlamına gelmektedir. EF değerleri hesaplanırken ideal olarak örneklerin toplandığı bölgenin toprağının elemental kompozisyonunun kullanılması gereklidir. Fakat bu pratikte elimizde olmayan bir bilgi olduğu için benzeri çalışmalarda uygulanan metodu seçerek global toprak kompozisyonu seçilmiştir (Krauskopf, 1979). Lokal toprak kompozisyonu yerine elementlerin global toprak için verilen ortalama değerlerinin kullanılmasının getirdiği belirsizliği göz önünde tutmak amacıyla EF değerleri onun üstünde olan elementler atmosferde toprağa nazaran zenginleşmiş sayılmıştır.

Atmosferik parçacıklar içindeki elementlerin konsantrasyonları ile zenginleşme faktörleri aynı grafik üzerinde değerlendirilmiştir (Rahn, 1976). Genel formu Şekil 3.1'de verilen bu diyagramlar log-log eksenler

üzerinde elementin konsantrasyonunun ve zenginleşme faktörünün gösterilmesidir. Bu tip diyagramlarda Al, atmosferik parçacıklardaki toprak orijinli metaryalin göstergesi olarak kullanılmıştır. Bu diyagramlar genel olarak bir elementin zenginleşme



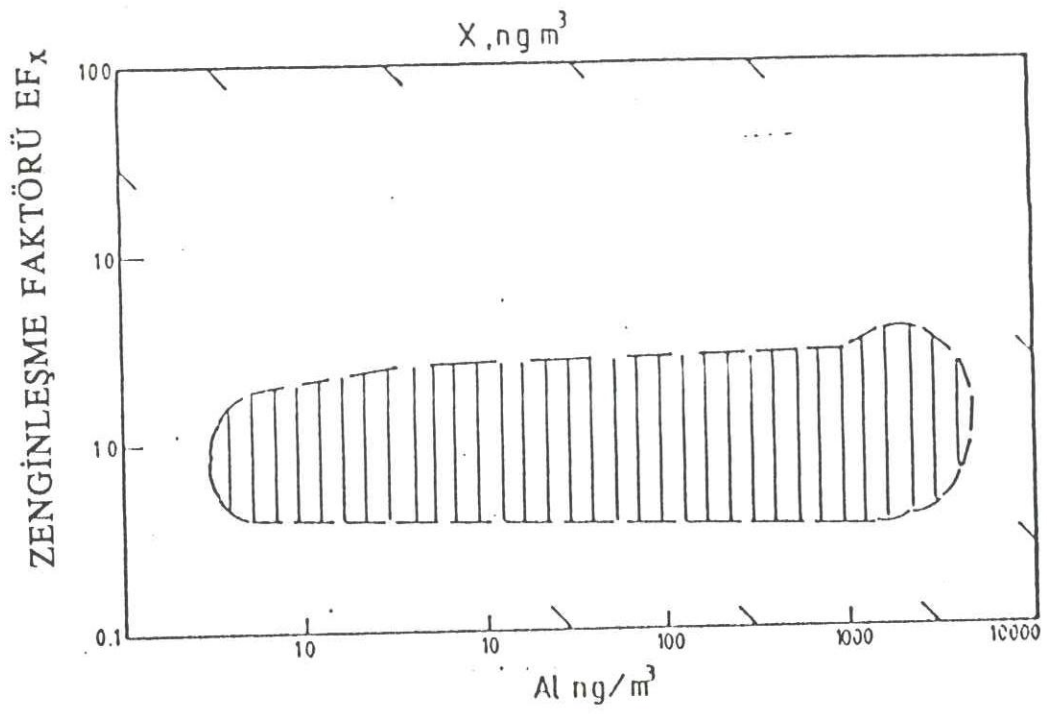
Şekil 3.1. Zenginleşme (EF) Diyagramlarının genel formları (Rahn, 1976).

faktörünün (EF), aynı örnekteki Al konsantrasyonu ile değişimini gösterirler. Bu tip diyagramlar üzerine saatin dönüşünün tersi yönünde 45° 'lik doğrular çizildiğinde görülmüştür ki element konsantrasyonları aynı olan noktalar aynı doğru (eş konsantrasyon eğrileri) üzerine düşmektedir. Rahn (1976) bu diyagramlar üzerinde, Al konsantrasyonunu referans alarak üç farklı bölge tanımlamıştır. Bunlar; karalardan uzak yerlerden (deniz ortasındaki bir ada) toplanan ve Al

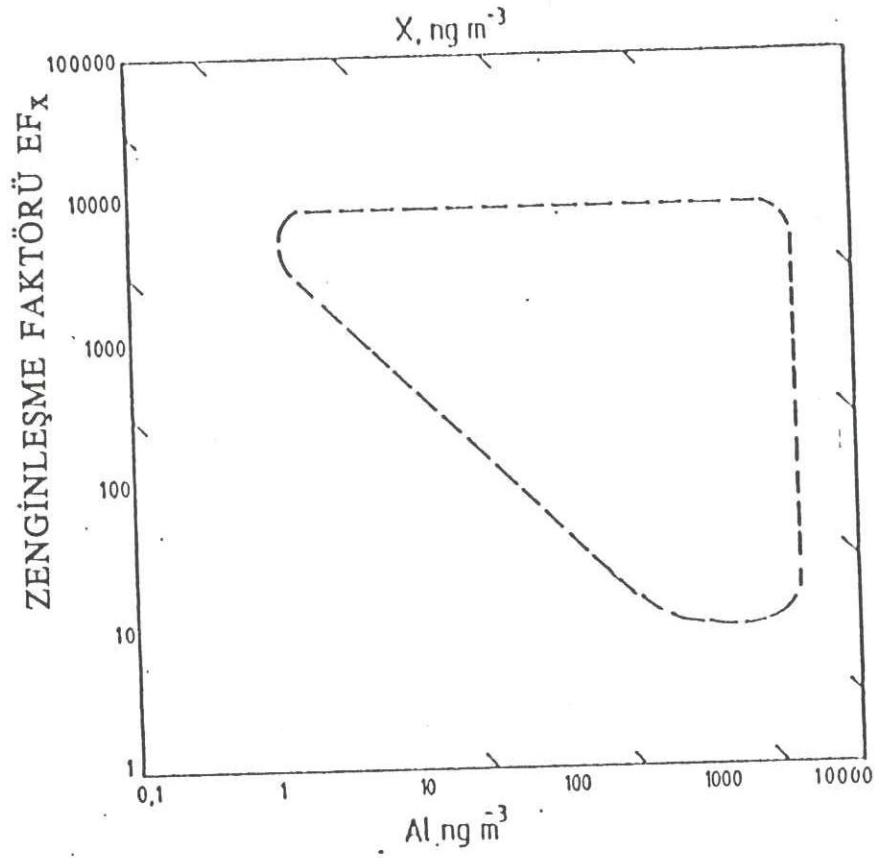
konsantrasyonu 0.1 ile 100 ng/m³ arasında değişen örneklerin toplandığı bölge, kırsal yerlerden toplanan ve Al konsantrasyonu 100 ile 1000 ng/m³ arasında değişen örneklerin toplandığı bölge, kentlerden ve çöllerden toplanan ve Al konsantrasyonu 1000 ile 10000 ng/m³ arasında değişen bölgelerdir. Toplam 73 element üzerinde çalıştıktan sonra Rahn (1976) bu diyagramları iki genel sınıfa ayırmıştır.

1- Zenginleşmemiş elementler: Bu tip elementlerin diyagramların da Al konsantrasyonunun değişmesine rağmen EF değerinde belirgin bir değişiklik görülmez. Bu tip diyagramların genel formu Şekil 3.2'de verilmiştir.

2- Zenginleşmiş elementler: Bu tip elementlerin diyagramları (Şekil 3.3) zenginleşmemiş elementlerinkinden tamamıyla farklıdır. Genel görünüm hipotenüsü eş konsantrasyon eğrileri üzerine oturmuş bir üçgen biçimindedir. Zenginleşmiş elementlerin EF değerleri zenginleşmemiş elementlere oranla daha değişkendir.



Şekil 3.2.Zenginleşmemiş elementlerin EF Diyagramları.



Şekil 3.3.Zenginleşmiş elementlerin EF Diyagramları.

3.2. Naylon Ağ Tekniği İle Toplanan Örnekler

Bu yöntemle toplanan örneklerden alınan sonuçlar kantitatif olmaktan ziyade kalitatif olarak değeriendirilmiştir. Bu alanda başlatılan ilk çalışmalarda kullanılan ağ tekniği, atmosferik parçacıkların kaynaklarını belirleme amacıyla yapılan minerolojik analiz için yeterli miktarda örnek toplayabilmesi açısından hala geçerliliğini korumaktadır. 1990 ve 1991 yıllarında ağ tekniği ile toplanan örneklerin değeriendirilmesiyle varılan sonuç şu olmuştur. Toplanan örneklerde yapılan renk sınıflandırması ve toplanan örneğin miktarı, çöl topraklarının uzun mesafeli taşınım ile Kuzeydoğu Akdeniz'e ulaştığını göstermek amacıyla kullanılabilecek önemli ipuçlarıdır. Görülmüştür ki, kimyasal analiz gerektirmeden sadece toplanan materyalin fiziksel yapısına bakarak atmosferimizde kurak bölgelerden taşınmış toz olduğunu söyleyebiliriz.

Örnekleme yönteminin handikapları şunlardır:

- 1- Kullanılan ağların göz açıklığı 300 μm 'dir. Dolayısıyla ağ yöntemiyle ancak belirli boyuttaki parçacıkların örnekleme mümkündür. Bu teknik ile aerosollerin belirli bir fraksiyonu (toprak orijinli aerosoller) toplanabilmektedir. Bu yüzdendir ki bu tip örnekleme ile alınan örneklerden elde edilen sonuçlara bakarak aerosollerin toplam elemental kompozisyonlarından söz etmek yanlış sonuçlara götürebilir. Duce ve diğ. (1983) göstermişlerdir ki atmosferik parçacıkların içerisindeki elementlerin önemli bir bölümü toprak orijinli olup büyük boyutlu parçacıklar içinde tutulmaktadır ve bu boyuttaki parçacıkların ağ tekniği ile efektif olarak tutulduğu gösterilmiştir (Chester ve Stoner, 1974). Toprak orijinli parçacıkların atmosferde yoğun olduğu zamanlarda, ağ tekniği ile küçük parçacıkların (endüstriyel orijinli) bir kısmının da tutulabildiği görülmüştür (Chester ve diğ., 1986).
- 2- Yağışlı günlerde örneğe anında müdahale etmek imkansız olduğu için, toplanan tozlar yağmurla yıkanmakta ve yıkanan miktar yorum yaparken eksik sonuçlara götürebilmektedir.

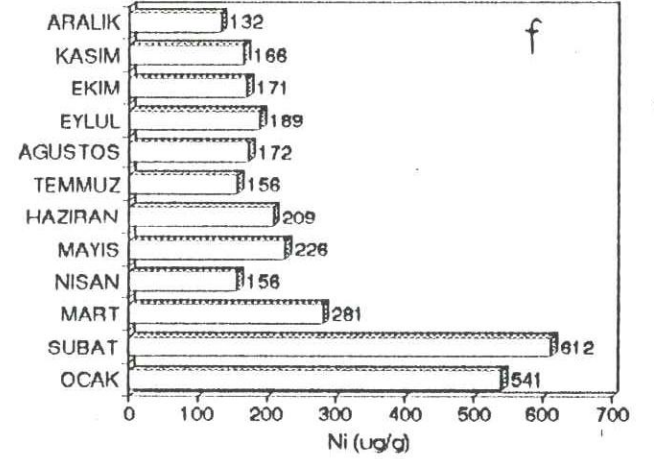
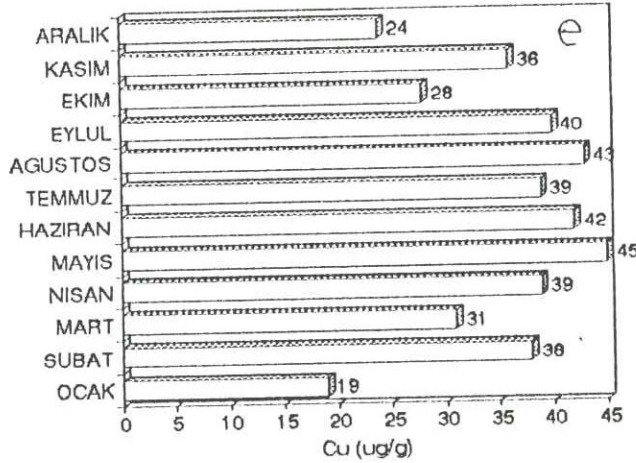
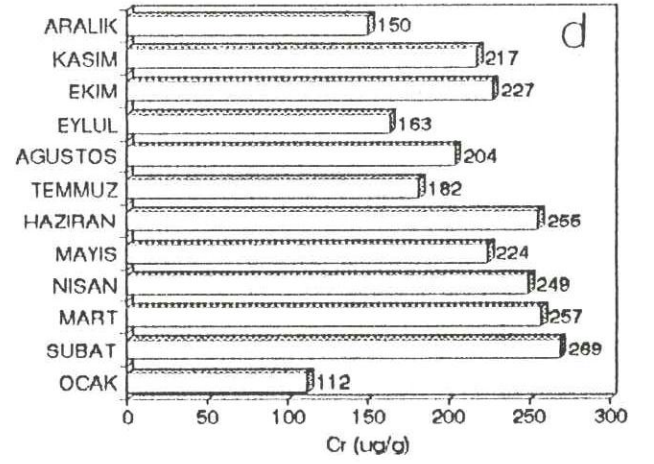
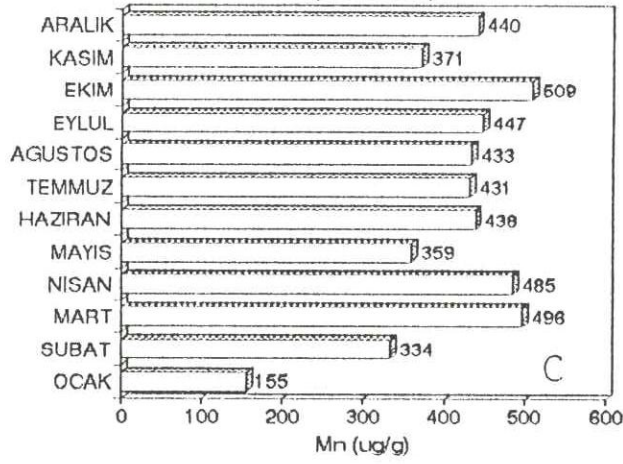
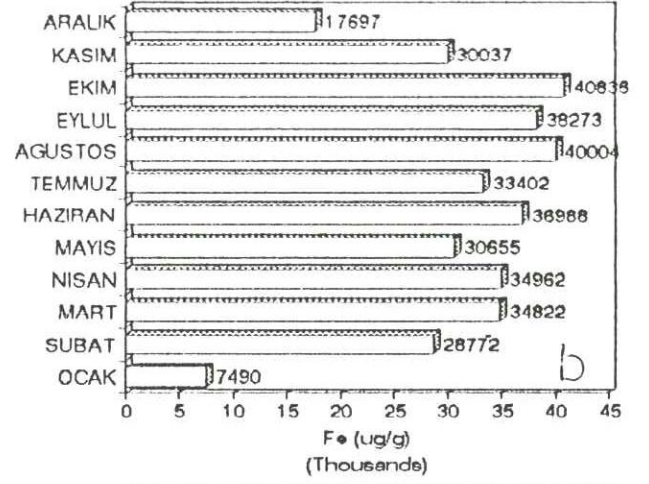
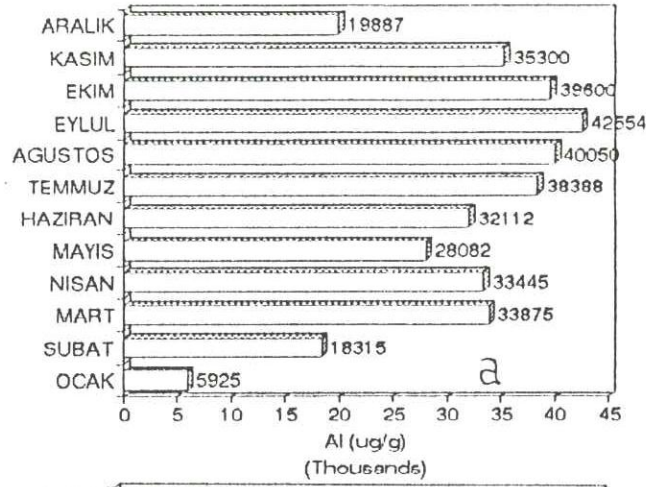
Ağ tekniği ile toplanan örnekler renklerine göre sınıflandırılmıştır. Bunun için toprak bilimcilerinin kullandıkları standart toprak renklerini gösteren kitapçık kullanılmıştır. Bu metodla örnekleme süresi içerisinde elde edilen tozların renkleri arasındaki

çarpıcı farklılık net bir biçimde ölçülmektedir. Şekil 3.4'te bu sınıflandırma görülmektedir.



Şekil 3.4. Nylon ağ tekniği ile toplanan örneklerin renklerine göre sınıflandırılması.

1991 yılı içerisinde bu yöntemle toplam 65 örnek toplanmış ve bu örneklerde 12 element (Al, Fe, Mn, Cr, Ni, Cu, Pb, Cd, Zn, Mg, Na ve Ca) ölçülmüştür. Şekil 3.5 (a-1)'de bu metallerin aylık ortalama konsantrasyon dağılımları gösterilmektedir.



Şekil 3.5.Naylon ağ tekniği ile toplanan örneklerdeki metal konsantrasyonlarının aylık ortalama değerleri.

a.Aliminyum (Al)

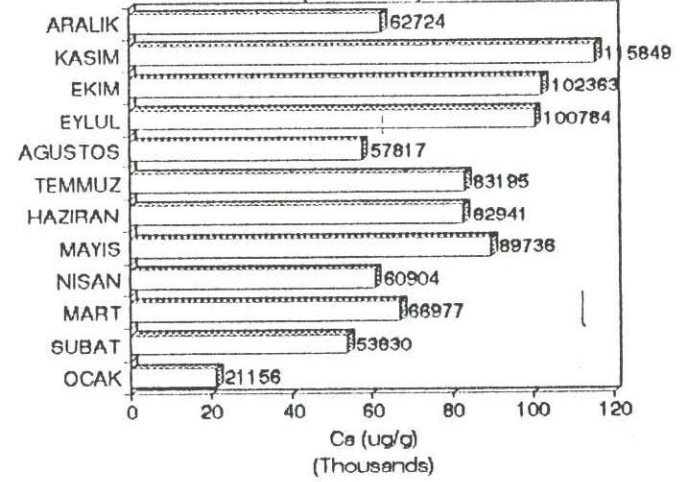
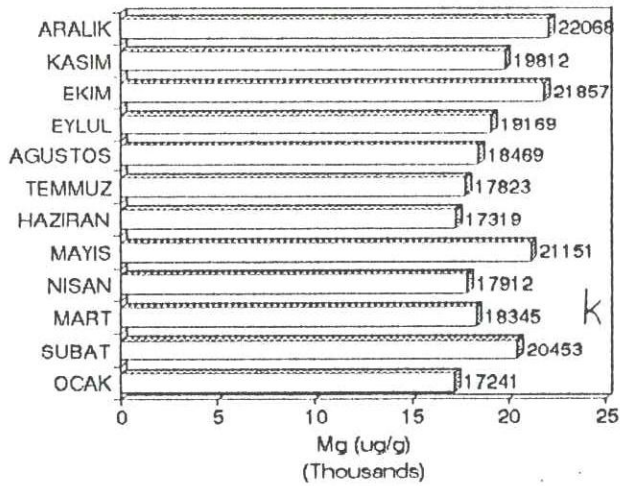
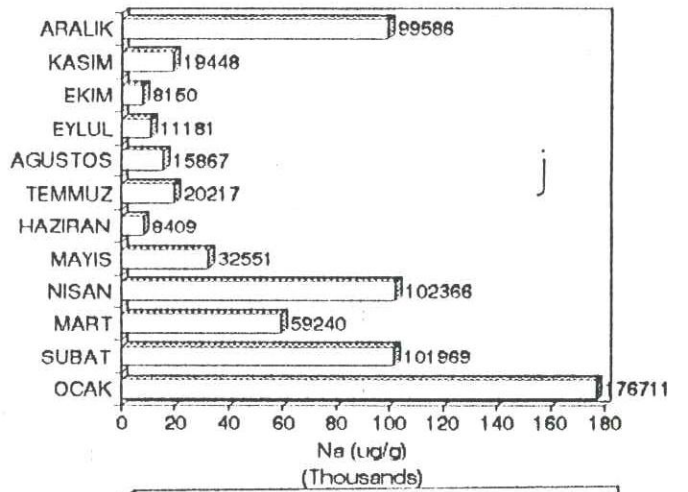
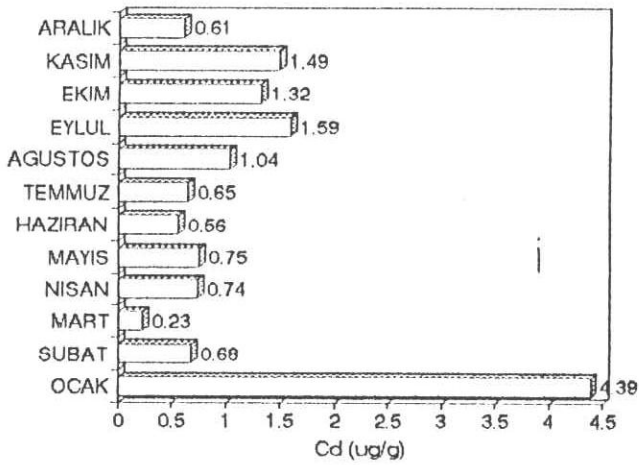
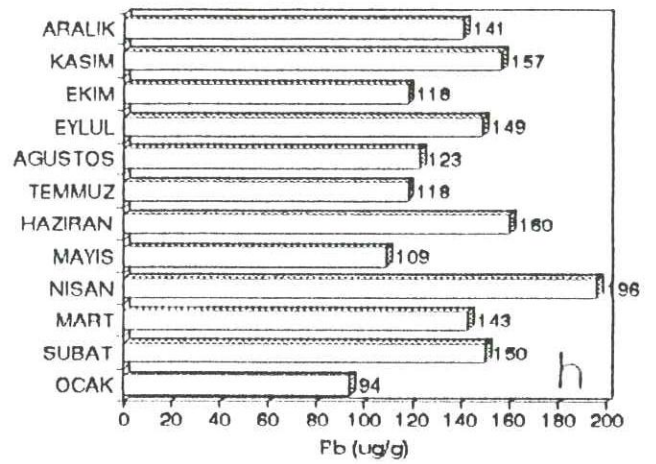
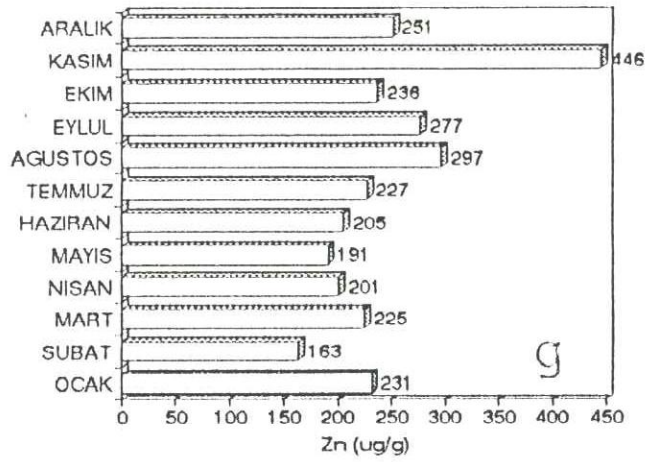
b.Demir (Fe)

c.Manganez (Mn)

d.Krom (Cr)

e.Bakır (Cu)

f.Nikel (Ni)



Şekil 3.5.Nylon ağ tekniği ile toplanan örneklerdeki metal konsantrasyonlarının aylık ortalama değerleri.

g.Çinko (Zn)

j.Sodyum (Na)

h.Kurşun (Pb)

k.Magnezyum (Mg)

i.Kadmiyum (Cd)

l.Kalsiyum (Ca)

Alimunyum (Al):

Şekil 3.5.a'da Al için aylık ortalama dağılımı verilmiştir. Al topraktaki yüzdesi fazla (%8) ve antropojenik kaynağı az olan bir element olduğu için bu alanda çalışanlar tarafından, örnekteki toprak (alüminasilikat minerali) miktarının göstergesi olarak kullanılmıştır. Böyle kabul edilmesinin diğer ve önemli bir nedeni ise analitik ölçümünün nisbeten kolay oluşudur. Toplanan tüm örneklerdeki aritmetik ortalama konsantrasyon %3.2 (% 0.2-5.11) dir. Ocak, Şubat ve Aralık aylarında ortalama konsantrasyon değerleri nisbeten düşüktür. Bunun iki nedeni vardır. Şekil 1.7'den de görüldüğü üzere bu aylar yağışların olduğu dolayısıyla atmosferin yıkandığı bir dönemdir. Şekil 1.7'de Mart, Nisan, Mayıs, Ekim ve Kasım aylarında yağışlı gözükmesine rağmen bu aylardaki Al konsantrasyonları nisbeten yüksektir. Bu durumda atmosferin yıkanmasının Al konsantrasyonunu kontrol eden birinci faktör olmadığı sonucuna varılmıştır. Daha önceki bölümlerde de bahsedildiği gibi bahar aylarında bölgeye uzun mesafeli taşınım ile çöl toprağı taşınmakta iken kış aylarında ulaşan hava kütlelerinin kuzey yönünden sadece endüstriyel kirliliği taşıdığıdır. Dolayısıyla bu yağışlı aylarda Al konsantrasyonunun yüksek olmasının nedeni uzun mesafeli taşınımdır. Yaz aylarındaki yüksek Al konsantrasyonu ise lokal atmosferimizi temsil etmektedir. Bu aylar tüm yurttaki kuru geçtiği için atmosferimizde toprakların aşınması ile oluşan toz miktarı yükselmektedir.

Demir (Fe):

Şekil 3.5.b'de Fe'in aylık ortalama konsantrasyon değerleri görülmektedir. Toprak için verilen global ortalama Fe konsantrasyonu % 5.6'dır. Ağ tekniği ile toplanan örneklerdeki yıllık aritmetik ortalama konsantrasyonu %3.2'dir (%0.4-6.2). Hesaplanan ortalama zenginleşme faktörü (EF) değeri 1.6 'dır (1-5.5).

Manganez (Mn):

Şekil 3.5.c'de Mn'in aylık ortalama değerleri verilmiştir. Toprak için verilen global ortalama konsantrasyonu 950 ppm olan Mn'in bu

çalışmada toplanan örneklerdeki yıllık ortalama konsantrasyonu 414 ppm'dir (96-708 ppm) iken EF değeri 1.2'dir (0.6-6.4).

Krom (Cr):

Şekil 3.5.d'de Cr'un aylık ortalama konsantrasyon değerleri görülmektedir. Toprak için verilen global ortalama 100 ppm'dir. Yıllık aritmetik ortalama konsantrasyonu 212 ppm (25-598 ppm) iken EF değeri 6'dır (0.9-26).

Bakır (Cu):

Şekil 3.5.e'de Cu'nun aylık ortalama konsantrasyon değerleri görülmektedir. Atmosferik kirleticilerin taşınımı programlarında ölçülmesi gereken metaller arasında adı geçen bakır analizleri yalnızca ağ tekniği ile toplanan örneklerde gerçekleştirilebilmiştir. Yüksek debili pompalar ile filtre kağıtları üzerinde toplanan örneklerde bu metalin analizini yapmak mümkün olmamıştır. Çünkü bu pompaların motorlarının bakırdan yapılan fırçaları kontaminasyona neden olmuştur.

Yıllık aritmetik ortalama Cu konsantrasyonu 38 ppm (10-69 ppm) iken EF değeri 2'dir (0.6-11). Toprak için verilen global ortalama değer 55 ppm'dir.

Nikel (Ni):

Şekil 3.5.f'de Ni'nin aylık ortalama konsantrasyon değerleri verilmiştir. Ocak ve Şubat aylarında görülen yüksek Ni konsantrasyonunun gene bu aylarda Körfez savaşının serpintilerinin bölgeye "kara yağmurlar" şeklinde düşmesiyle bir ilintisinin olabileceği düşünülmüştür.

Yıllık aritmetik ortalama Ni konsantrasyonu 234 ppm (28-1612 ppm) iken EF değeri 17'dir (3-540). Toprak için verilen ortalama değer 75 ppm'dir.

Çinko (Zn):

Şekil 3.5.g'de Zn'nun aylık ortalama konsantrasyon değerleri verilmiştir. Yıllık aritmetik ortalama Zn konsantrasyonu 247 ppm'dir (60-229 ppm) iken EF değeri 11'dir (3-56). Toprak için verilen global ortalama değer 70 ppm'dir.

Kurşun (Pb):

Şekil 3.5.h'de Pb'nun aylık ortalama konsantrasyon değerleri verilmiştir. Yıllık aritmetik ortalama Pb konsantrasyonu 137 ppm (32-387 ppm) iken EF değeri 35'dir (9-201). Toprak için verilen global ortalama değer 12 ppm'dir. Kurşun miktarları tüm örneklerde topraktaki miktarından yüksektir. Bu, kurşunun atmosferik parçacıklar içindeki dağılımının tamamıyla antropojenik aktiviteler ile kontrol edildiğinin göstergesidir.

Kadmiyum (Cd):

Şekil 3.5.i'de Cd'un aylık ortalama konsantrasyon değerleri verilmiştir. Ocak ayında ölçülen yüksek Cd konsantrasyonunun gene bu ayda ölçülen yüksek Na konsantrasyonu ile ilgili olabileceği düşünülmüştür. Na, atmosferdeki aerosollere denizin yaptığı katkının göstergesidir.

Yıllık aritmetik ortalama Cd konsantrasyonu 1.1 ppm'dir (0.02-12.5 ppm) iken EF değeri 43'dür (0.4-969). Toprak için verilen global ortalama konsantrasyon değeri 0.15 ppm'dir.

Sodyum (Na):

Şekil 3.5.j'de Na'un aylık ortalama konsantrasyon değerleri verilmiştir. Na konsantrasyonu kış ve bahar aylarında yaz aylarına nisbeten yüksektir. Bunun nedeni bu mevsimlerde fırtınalı günlerin fazla olması dolayısıyla dalgaların rüzgarla yüzeyde kırılması ve atmosfere deniz tuzu atmasıdır.

Yıllık ortalama Na konsantrasyonu %4.2'dir (%0.3-24) iken EF değeri 18'dir (0.2-425). Toprak için verilen global ortalama konsantrasyon değeri %2.4'tür.

Magnezyum (Mg):

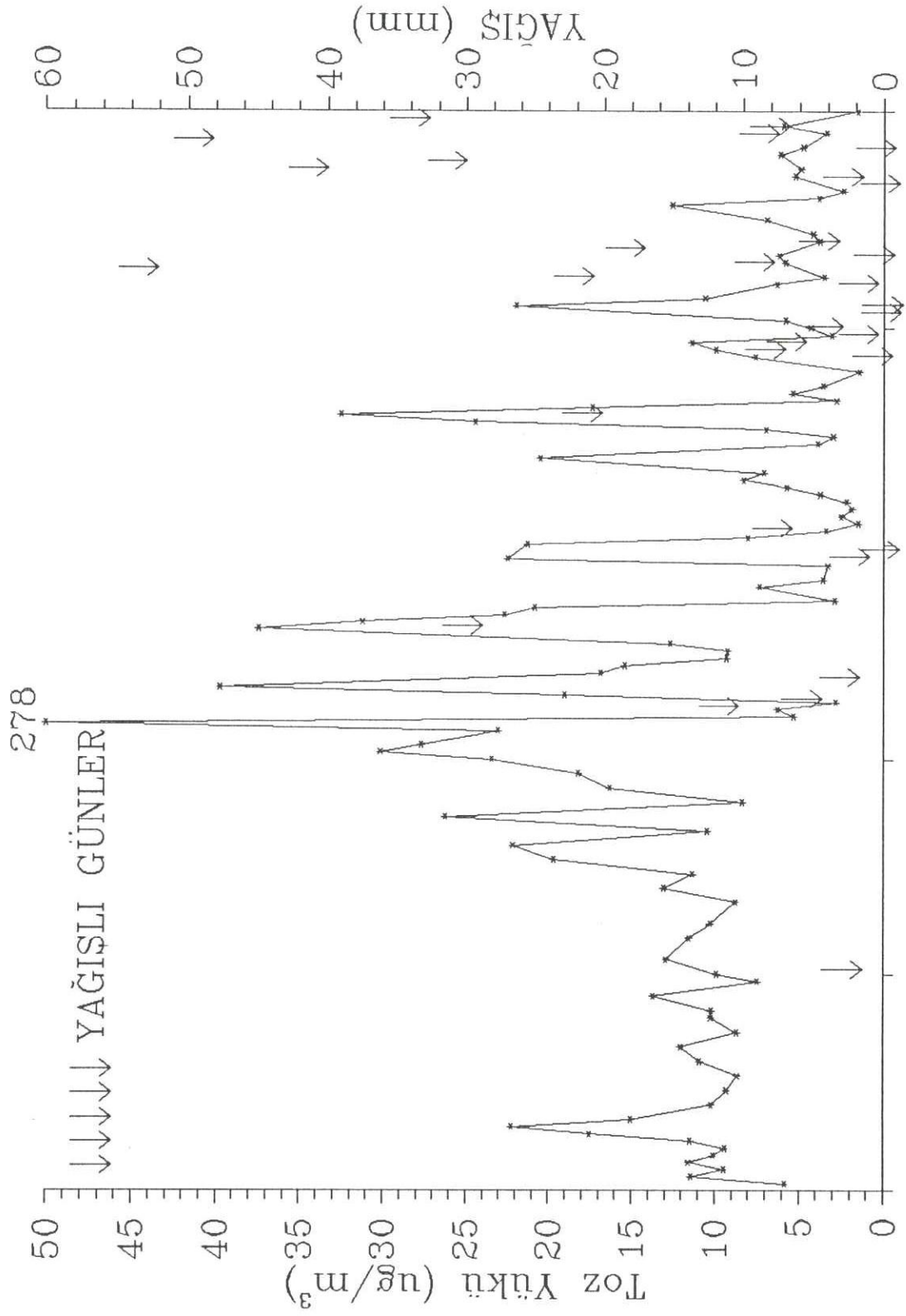
Şekil 3.5.k'da Mg'un aylık ortalama konsantrasyon değerleri verilmiştir. Yıllık aritmetik ortalama Mg konsantrasyonu %1.9'dur (%0.5-3.2) iken EF değeri 4'tür (1-52). Toprak için verilen global ortalama konsantrasyon değeri %2.3'tür.

Kalsiyum (Ca):

Şekil 3.5.l'de Ca'un aylık ortalama konsantrasyonları verilmiştir. Yıllık aritmetik ortalama Ca konsantrasyonu %7.8'dir (%0.3-16) iken EF değeri 6'dır (0.1-21). Toprak için verilen global ortalama konsantrasyon değeri %4.1'tir.

3.3. Yüksek Debili Pompalar İle Toplanan Örnekler

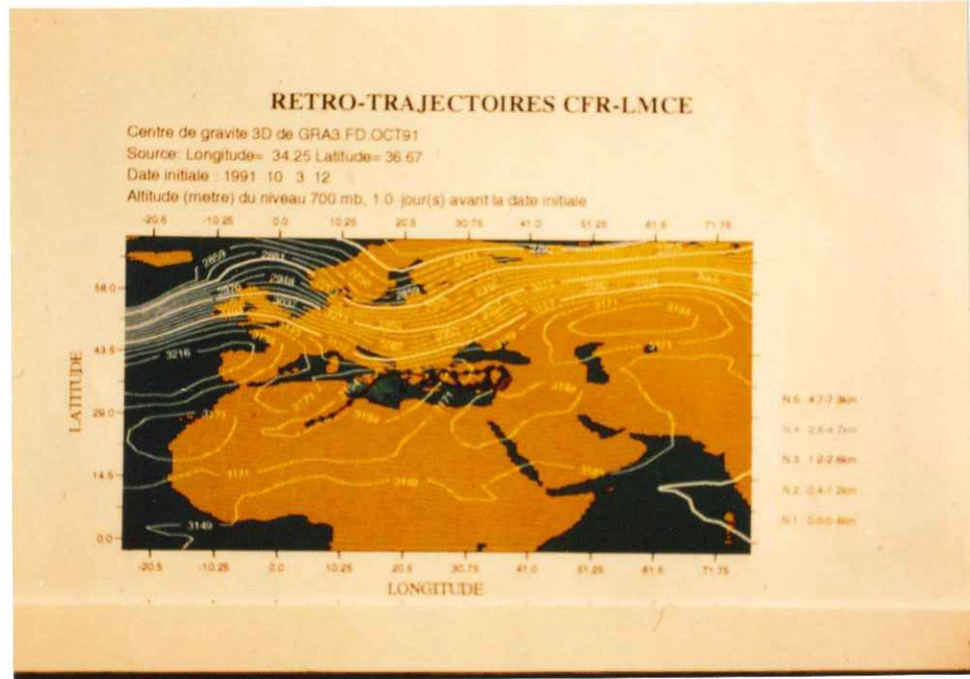
1991 yılında yüksek debili pompalar ile filtreler üzerine toplam 104 adet örnek toplanmıştır. Al sonuçlarından çıkılarak (toprağın %8'inin Al olduğu kabul edilerek) atmosferdeki toz konsantrasyonları hesaplanmıştır. Şekil 3.6'da toz yükünün zamana göre dağılımı verilmiştir. Aynı şekil üzerinde yağışlı günlerde gösterilmiştir. Görüldüğü gibi yağmurla atmosferin yıkanması ile düşen toz yükü konsantrasyonu iki gün içinde yükselmektedir. Örnekleme süresince ortalama toz yükü $13.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür ($1.4-278 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Bu ortalama değer daha önceki bölümde Şekil 1.3'te verilen global haritadaki Akdeniz atmosferi için verilen konsantrasyon aralığı ile uyumludur. Ekim ayında görülen yüksek değer ($278 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Sahra çölünden uzun mesafeli taşınım ile ilintilidir.



Agustos 91 Eylül 91 Ekim 91 Kasım 91 Aralık 91

Şekil 3.6.Toz yükünün zaman içerisindeki dağılımı.

3-4 Ekim 1991'de alınan filtre üzerinde toplanan tozun farklı renkte olduğu gözlenmişti. Şekil 1.8.j'de Ekim ayı için verilen rüzgar vektörlerinden de görüldüğü üzere bu tarihte yer seviyesinde kuvvetli güneybatılı (Sirocco) rüzgarları kaydedilmiştir. Aynı örnek için, Fransa'da bulunan İklim ve Çevre Modellemesi yapılan labratuvardan (Laboratoire de Modelisation du Climat et de l'Environnement) sağlanan trajektory analiz sonucu hava kütlesinin yüksek seviyelerde Tunus-Libya üzerinden taşındığını göstermiştir (Şekil 3.7). Bu analiz için 700 mb'daki (yerden 3000 m yükseklikte) meteorolojik parametreler kullanılarak örnekleme koordinatlarında bulunan hava kütlesinin beş gün önce hangi bölge üzerinde olduğu saptanmış ve nasıl bir rota çizerek bölgeye ulaştığı gösterilmiştir.



Şekil 3.7. 3-4 Ekim 1991'de koordinatlarımıza ulaşan hava kütlesinin kaynak bölgesi.

Tablo 3.1'de yüksek debili pompalar ile toplanan örneklerde ölçülen metal konsantrasyonları ve hesaplanan EF değerleri verilmiştir. Bu yöntem ile toplanan örneklerin naylon ağ tekniği ile toplanan örneklerden farkı bu yöntemin atmosferdeki parçacıkların bütün boyutlarını örnekleyebilmesi ve kantitatif sonuçlar verebilmesidir.

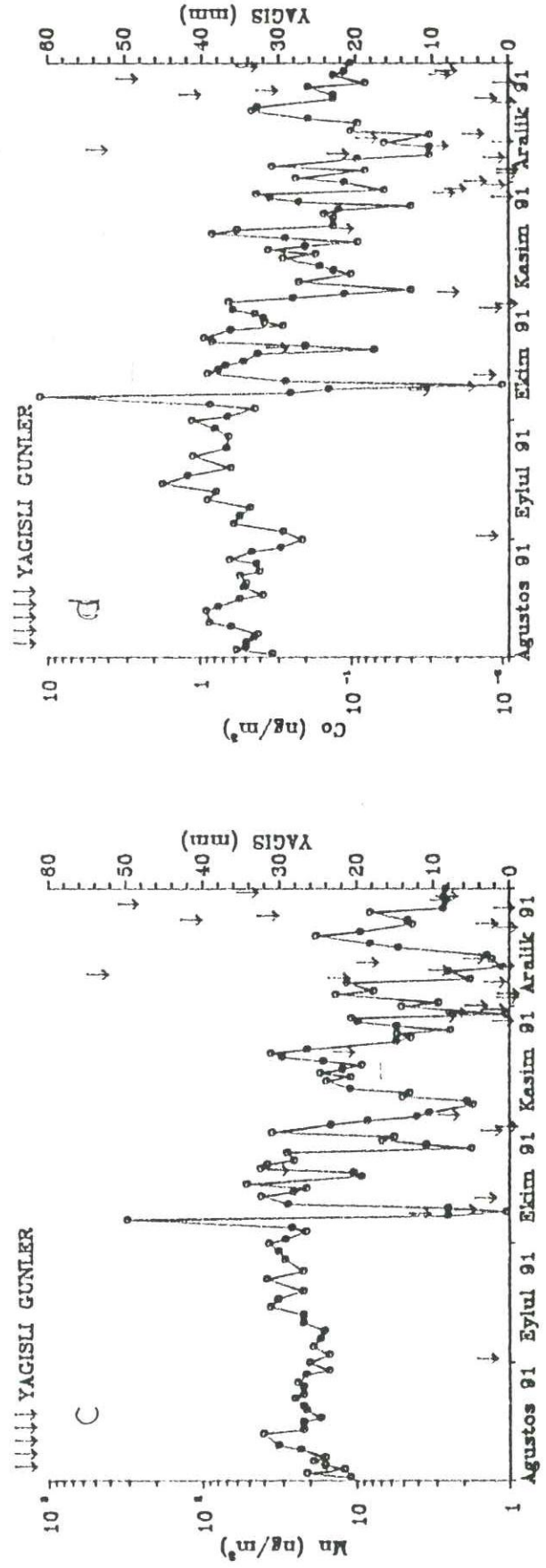
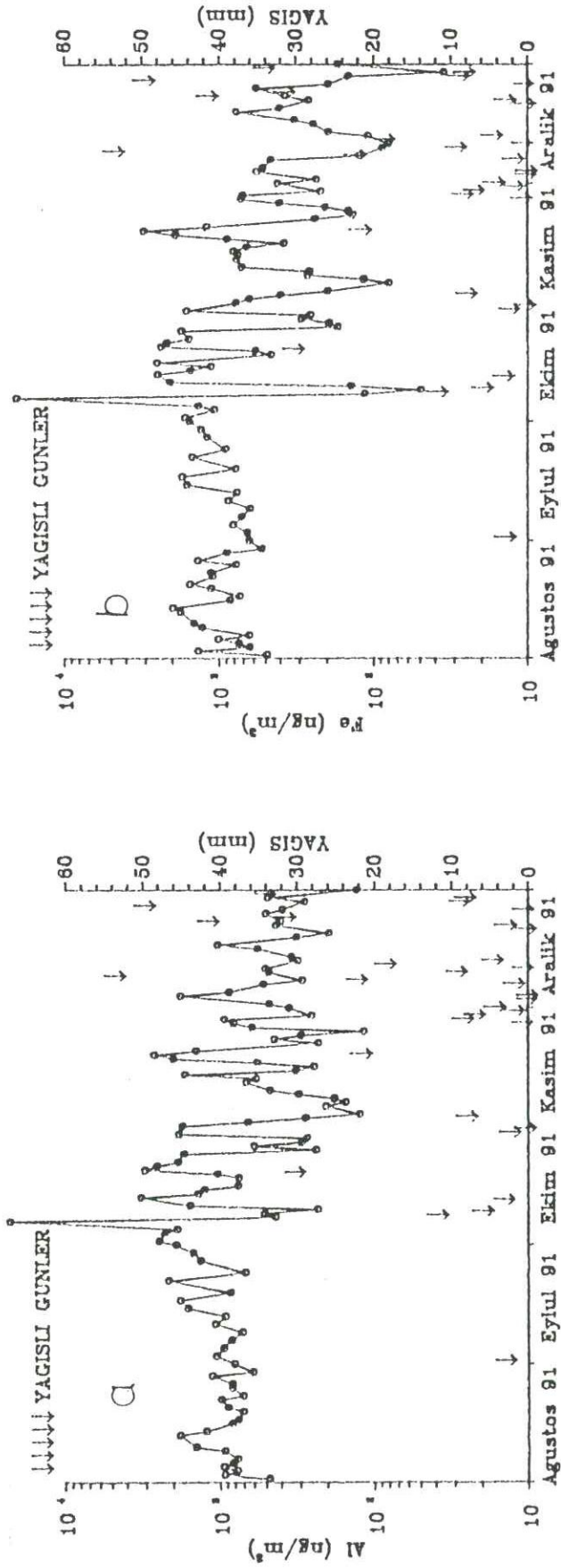
Atmosferik parçacıkların tüm boyutlarını örnekleyebilmesi özelliğinden dolayı, antropojenik aktiviteler ile atmosfere verilen ve küçük boyutlu parçacıklara tutunmuş olan Cd, Pb ve Zn gibi metallerin zenginleşme faktörleri naylon ağ ile toplanan örnekler için hesaplanan değerlerden yüksektir. Cr ve Ni'in zenginleşmiş gözökmelerinin nedeni Toros Dağlarında bulunan ophiolitik mineral yataklarıdır.

Tablo 3.1.Yüksek debili pompa ile toplanan örneklerdeki metallerin konsantrasyon ve EF değerleri.

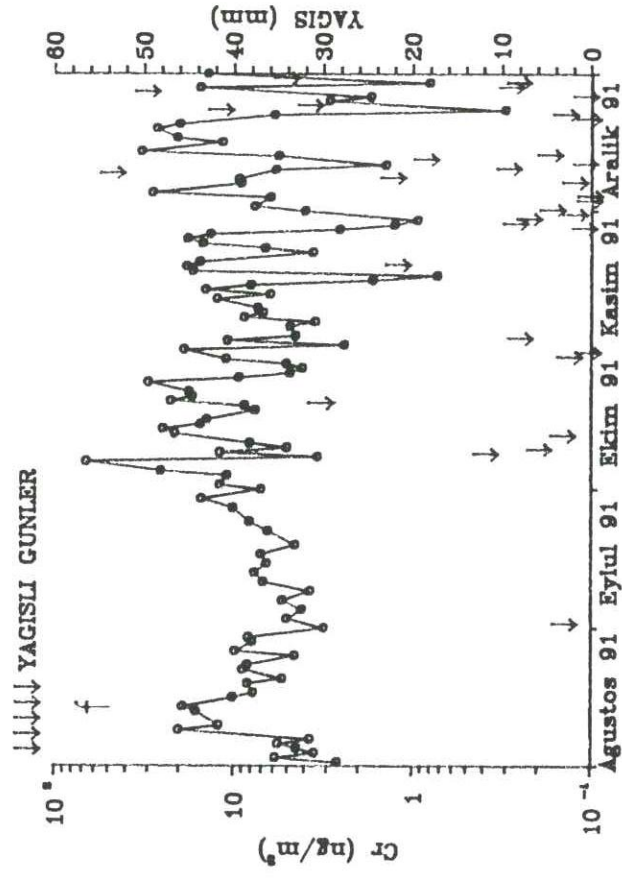
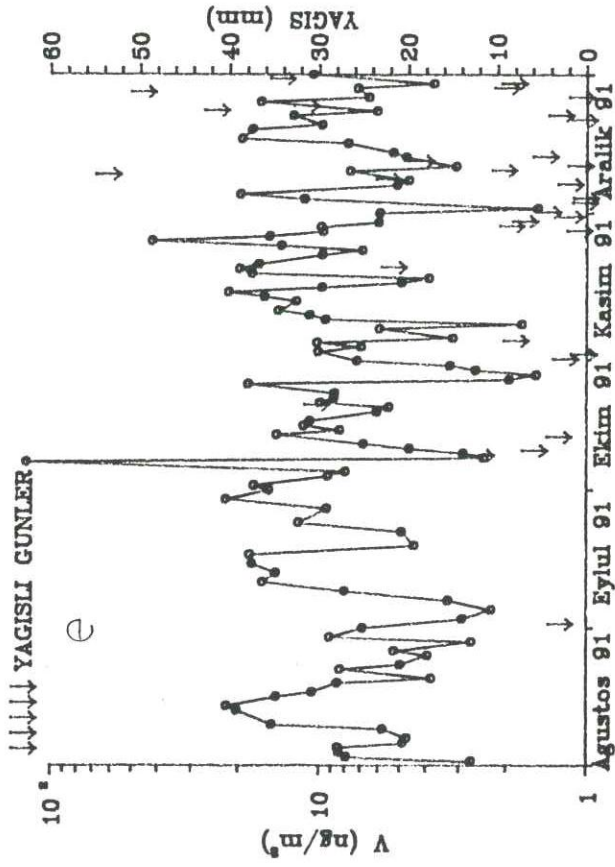
| | Konsantrasyon (ng/m ³) | | | Zenginleşme Faktörü (EF) | | |
|----|------------------------------------|-------|-------|--------------------------|------|------|
| | (1) | (2) | (3) | (1) | (2) | (3) |
| Al | 1116 | 116 | 22568 | 1 | - | - |
| Fe | 998 | 35 | 20047 | 1.4 | 0.11 | 4.9 |
| Mn | 19 | 1.1 | 306 | 1.5 | 0.2 | 5.5 |
| Ni | 6.9 | 0.9 | 56 | 12 | 1.9 | 190 |
| Cr | 10.2 | 0.3 | 66 | 14 | 0.7 | 125 |
| Co | 0.5 | 0.005 | 11.2 | 1.8 | 0.1 | 7.9 |
| V | 10.6 | 1.5 | 123 | 13 | 1.7 | 265 |
| Pb | 44 | 3.1 | 400 | 517 | 13 | 3510 |
| Zn | 27 | 0.97 | 78 | 45 | 2.7 | 258 |
| Cd | 0.14 | 0.005 | 1.39 | 239 | 11 | 2749 |
| Ca | 3213 | 232 | 37602 | 7.3 | 1.2 | 23 |
| Mg | 1315 | 147 | 14296 | 6.7 | 1.1 | 63 |
| Na | 3029 | 150 | 24756 | 17 | 0.3 | 162 |

(1) Aritmetik ortalama; (2) Minimum; (3) Maksimum

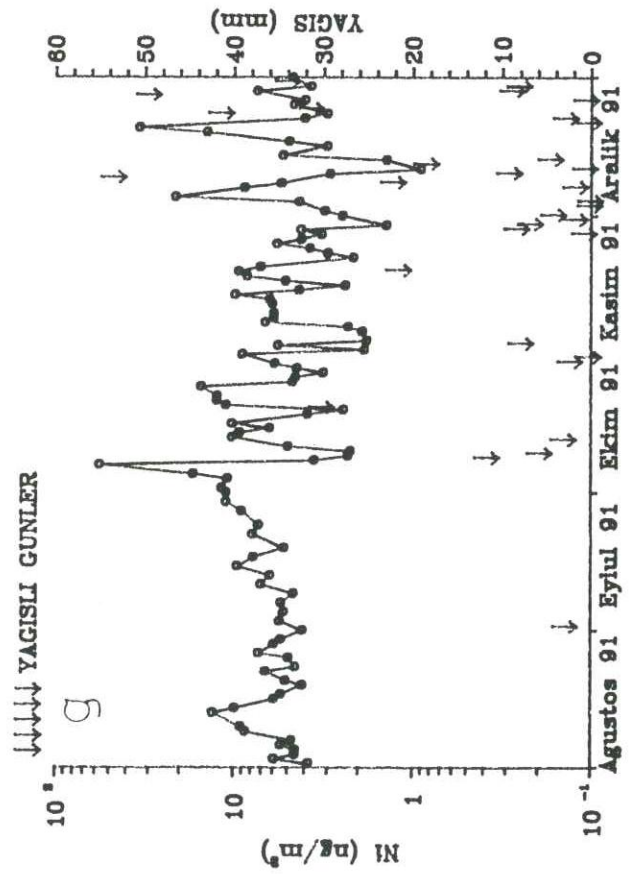
Tablo 3.1.'de ortalama değerleri verilen elementlerin konsantrasyonlarının zaman içerisindeki değişimleri ve yağışlarla olan ilişkileri Şekil 3.8.(a-m)'de verilmiştir. Şekil 3.8.a,b,c,d'de görülen Al, Fe, Mn ve Co gibi toprak orijinli metaller maksimum konsantrasyon değerlerine 3-4 Ekim 1991'de kaydedilen Sahra Çölü orijinli örnekte ulaşmışlardır. Bu olayın hemen arkasından gelen yağışla konsantrasyon değerleri minimum seviyelere düşmüştür. Ayrıca bu metallerin



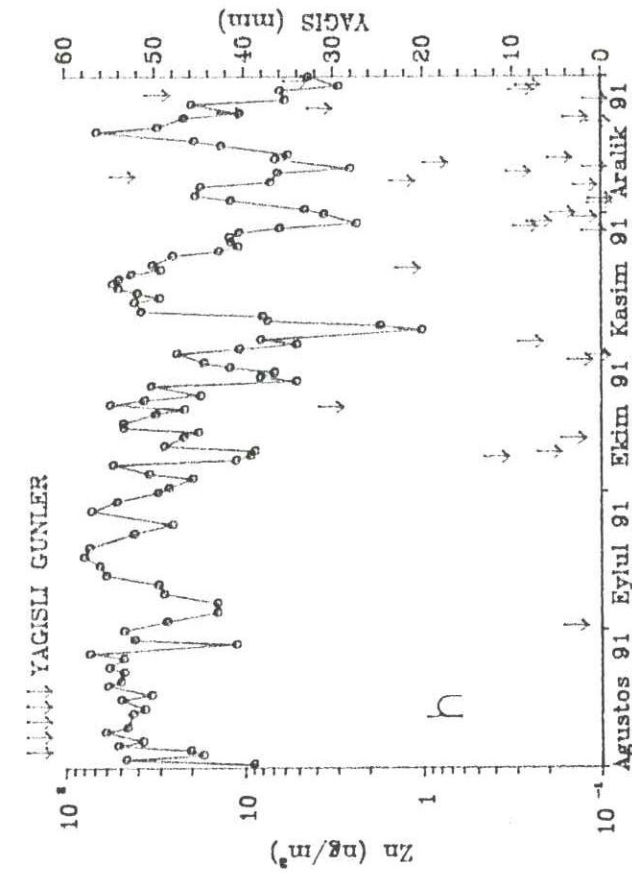
Şekil 3.8.Yüksek debili pompa ile toplanan örneklerdeki metal konsantrasyonları.
a.Al b.Fe c.Mn d.Co



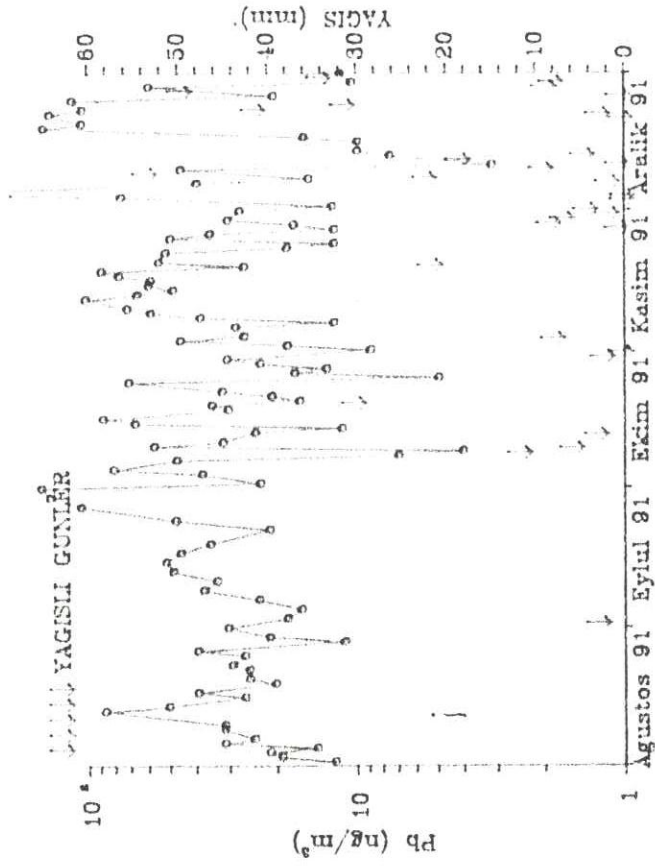
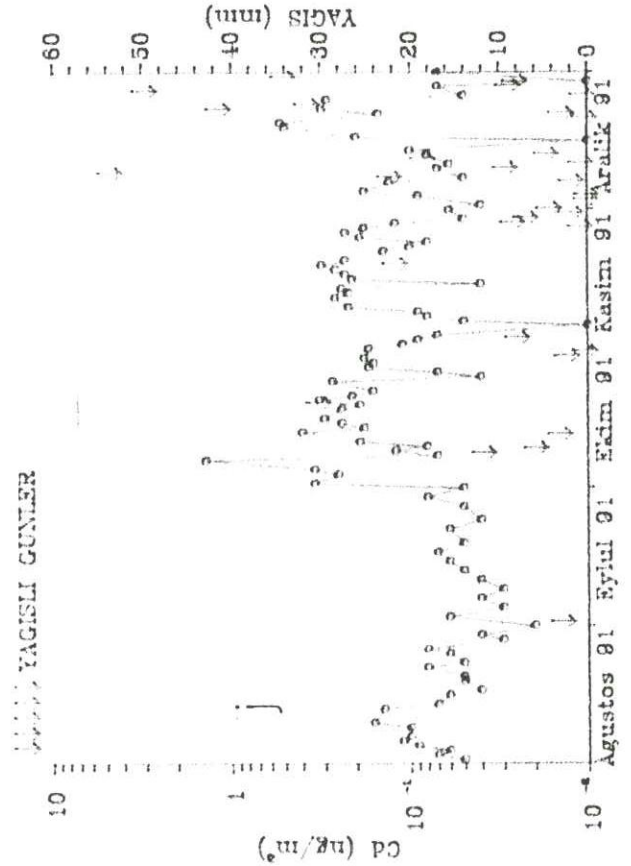
47



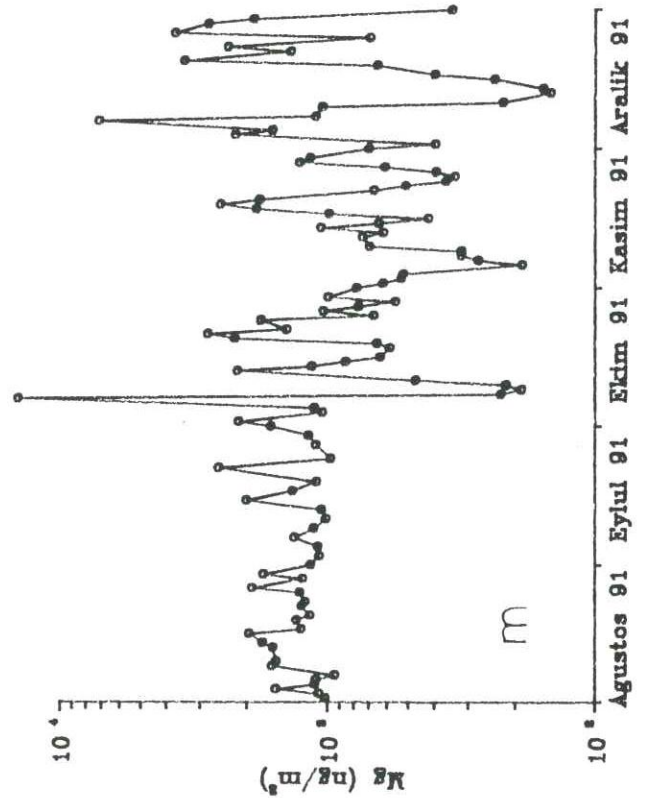
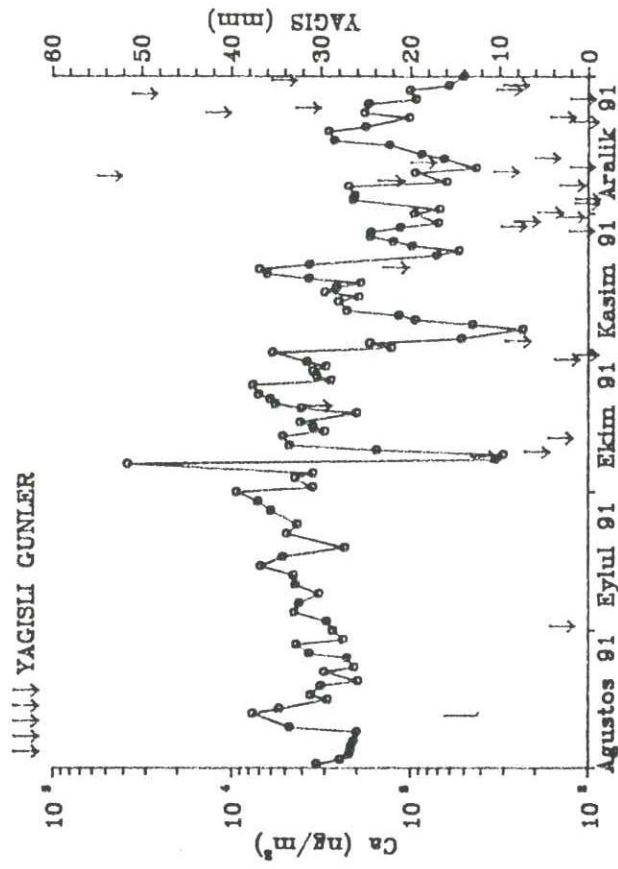
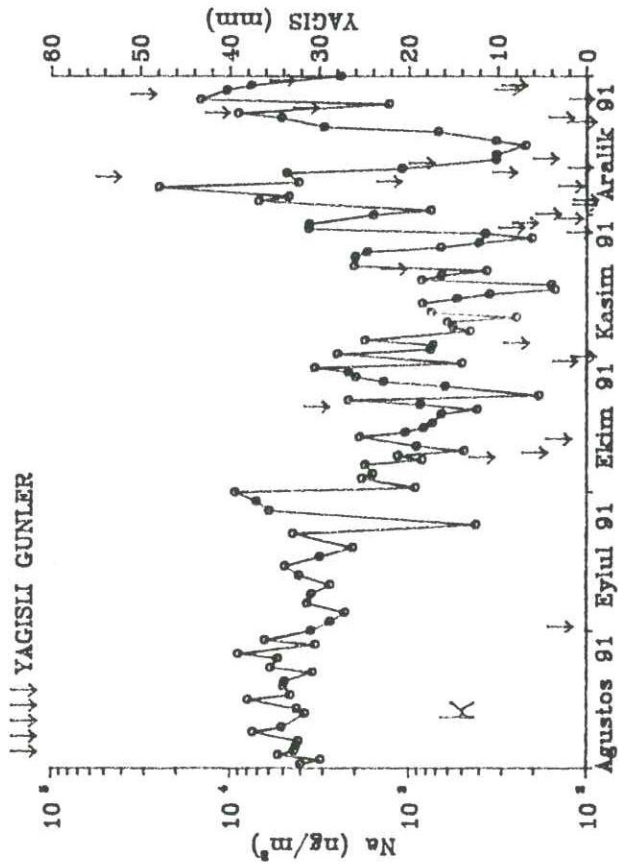
Şekil 3.8.Yüksek debili pompa ile toplanan örneklerdeki metal konsantrasyonları.
e.V f.Cr g.Ni



48



Şekil 3.8.Yüksek debili pompa ile toplanan örneklerdeki metal konsantrasyonları.
h.Zn i.Pb j.Cd

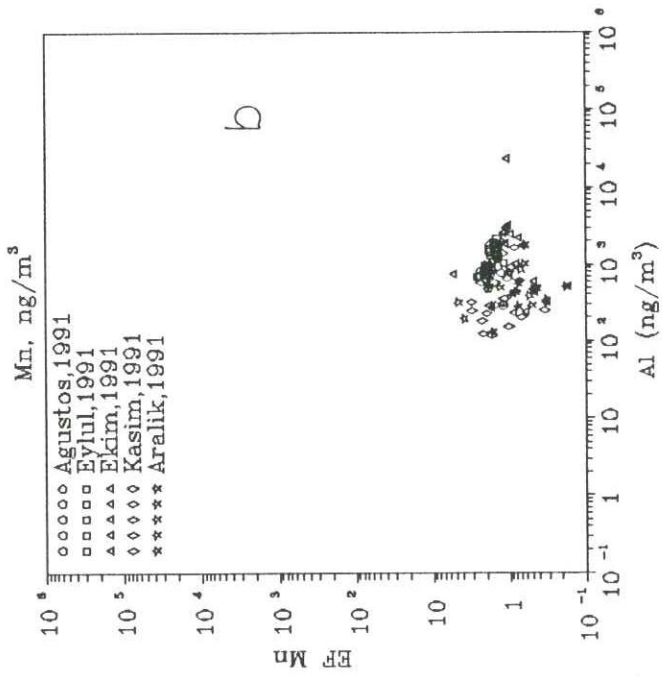


Şekil 3.8. Yüksek debili pompa ile toplanan örneklerdeki metal konsantrasyonları.
k.Na 1.Ca m.Mg

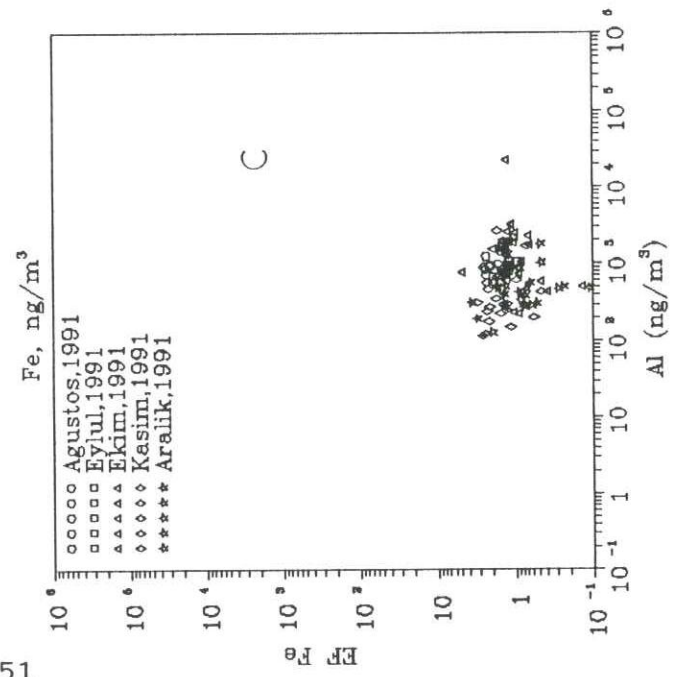
konsantrasyonları yağışsız aylarda (Ağustos, Eylül) sabit bir salınımla değişirken Ekim ayında başlayan yağışlar ve uzun mesafeli taşınım ile bölgeye ulaşan çöl toprakları ile büyük salınımlar yapmaya başlamıştır. Şekil 3.8.e,f ve g'de verilen V,Cr ve Ni'de aynı karakterde bir dağılım göstermektedir. Şekil 3.8.h,i ve f'de ise antropojenik kaynaklı Zn, Pb ve Cd'un dağılımları görülmektedir. Zn ve Pb için 3-4 Ekim örneğinde maksimum değer görülmezken Cd için maksimum konsantrasyona gene bu örnekte rastlanmıştır.

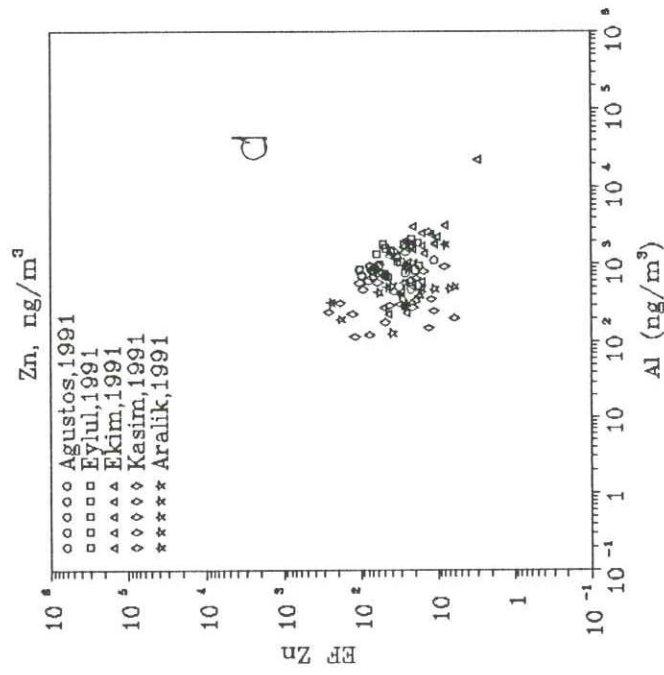
Şekil 3.8.k'da görülen Na konsantrasyonunun dağılımı maksimum değerine Aralık ayında ulaşmıştır. Şekil 3.8.l'de verilen Ca en yüksek değerine 3-4 Ekim örneğinde ulaşırken Şekil 3.8.m'de sunulan Mg'un dağılımı 3-4 Ekim'de maksimum değerine ulaşırken Na'un dağılımına da benzer bir karakter sergilemektedir. Bu dağılım özelliği Mg'un hem toprak hem de deniz kaynaklı olabileceğini düşündürmektedir.

Şekil 3.9.(a-l)'de metallerin zenginleşme faktörü diyagramları verilmiştir. Şekil 3.9.a,b ve c'de görülen Co, Mn ve Fe tipik zenginleşmemiş element diyagramlarına örnektirler. Görüldüğü gibi Al konsantrasyonları değişmesine rağmen EF değerleri bir ile on arasında kalmaktadır. Şekil 3.9.d,e ve f'de Zn, V ve Ni için EF diyagramları verilmiştir. Zn için hemen hemen tüm noktalar 10 ile 100 EF değerleri arasında toplanırken, V ve Ni için Kasım ve Aralık aylarına ait noktalar 10'dan büyük EF değerleri gösterirken diğer noktalar 1 ile 10 EF değerleri arasında kalmaktadır. Dolayısıyla bu iki metalin (Ni ve V) atmosferik parçacıklar içerisindeki zenginleşmelerinin mevsimsel karakteristik gösterdiği söylenebilir. Şekil 3.9.h,i ve j'de Ca, Mg ve Na için çizilen EF diyagramları görülmektedir. Na tamamıyla zenginleşmiş element karakterinde dağılım gösterirken Ca ve Mg orta zenginleşmiş karakter göstermektedir. Na'un toprağa nisbeten zenginleşmiş karakter göstermesi bu elementin atmosferik parçacıklar içerisindeki konsantrasyonunun deniz tuzu tarafından etkilendiğini göstermektedir. Şekil 3.9.k,l ve m'de Pb, Cd ve Cr için çizilmiş EF diyagramları verilmiştir. Pb ve Cd atmosferik parçacıklar içinde tamamıyla antropojenik kaynaklardan etkilendiği için zenginleşmiş element karakteri gösterirken Cr, mevsimsel zenginleşme karakteri göstermektedir.

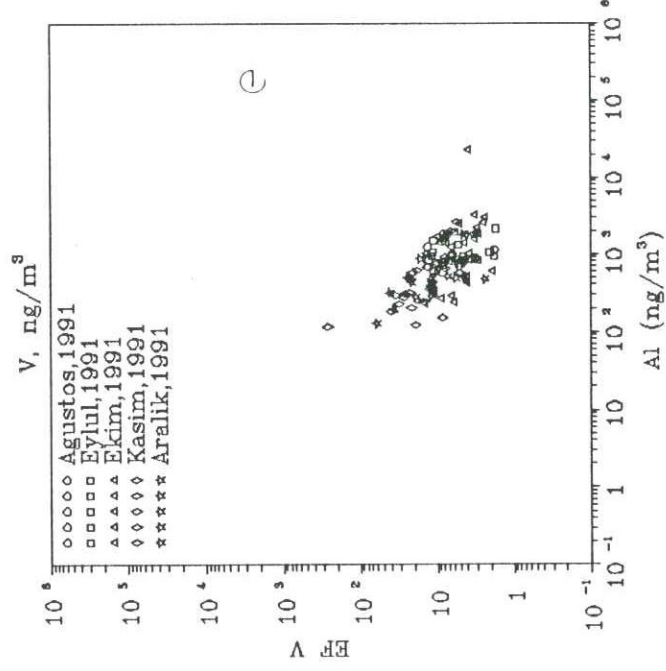
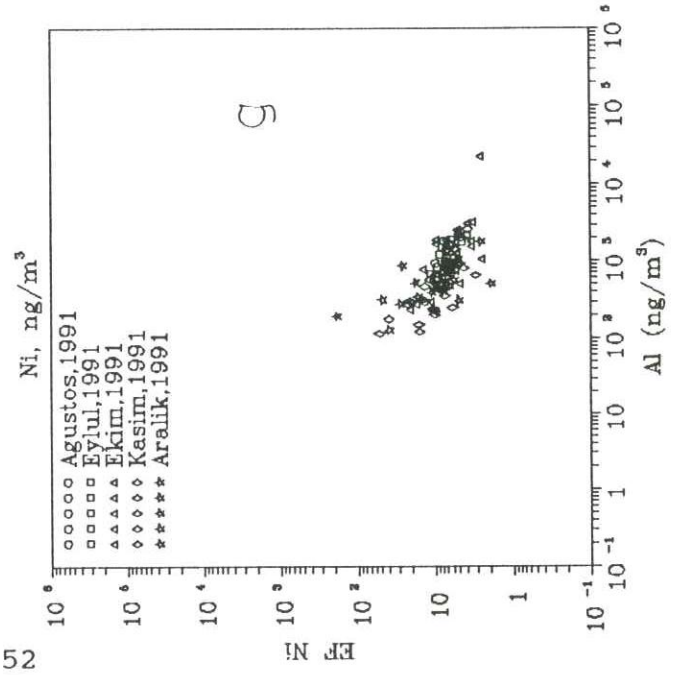


Şekil 3.9.Elementlerin EF Diyagramları.





52

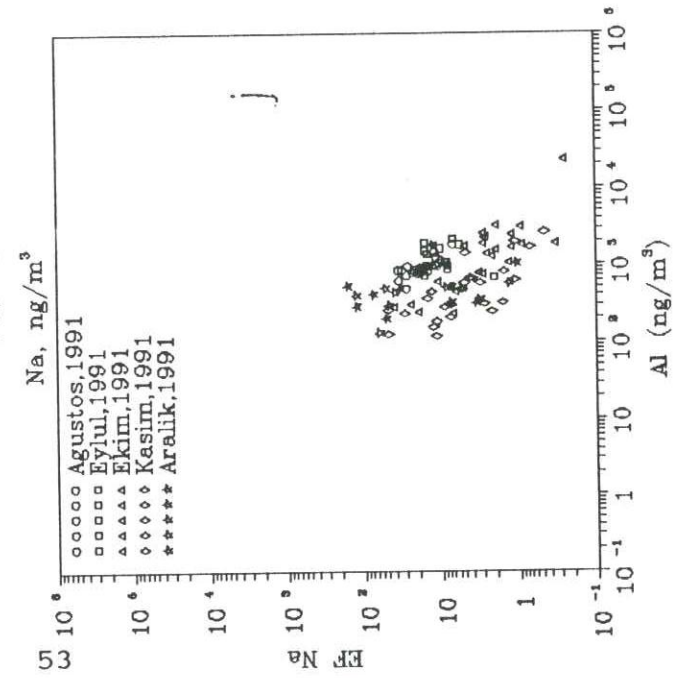
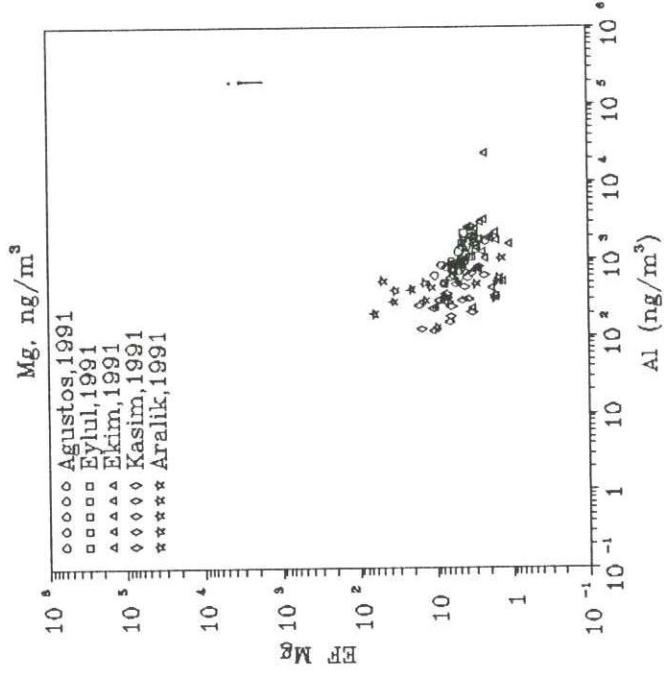


Şekil 3.9.Elementlerin EF Diyagramları.

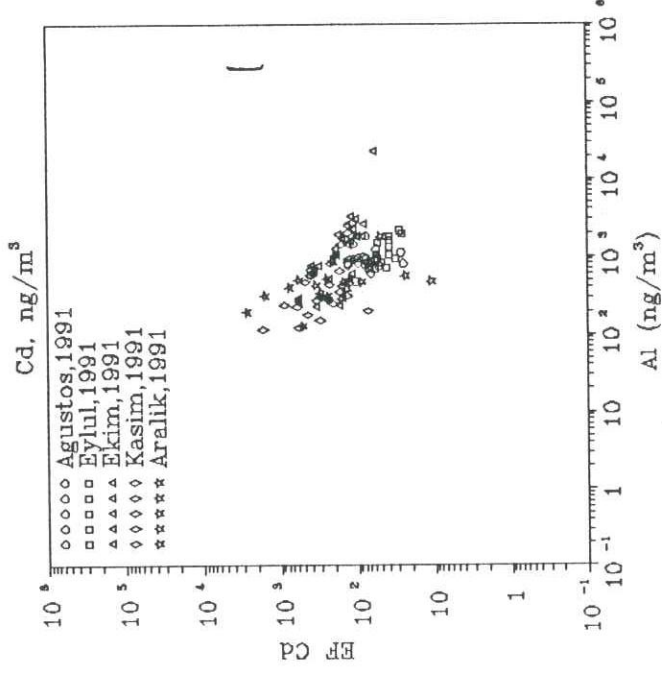
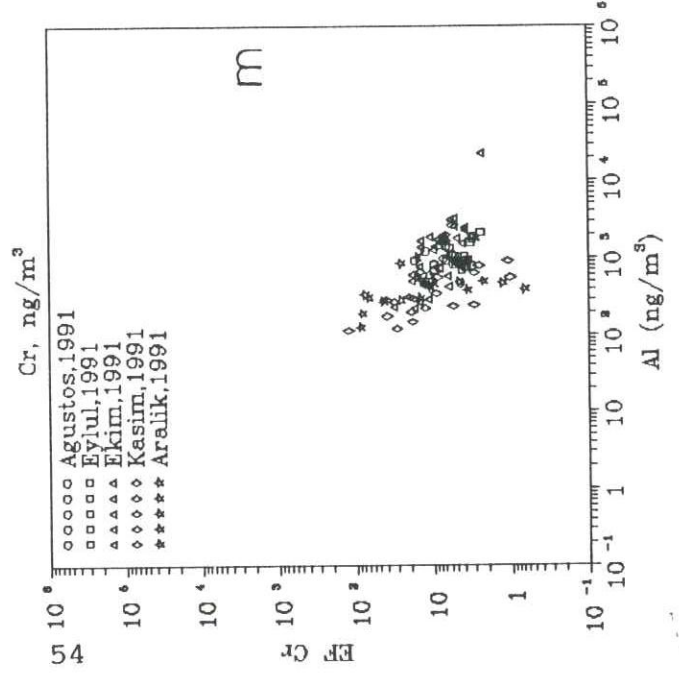
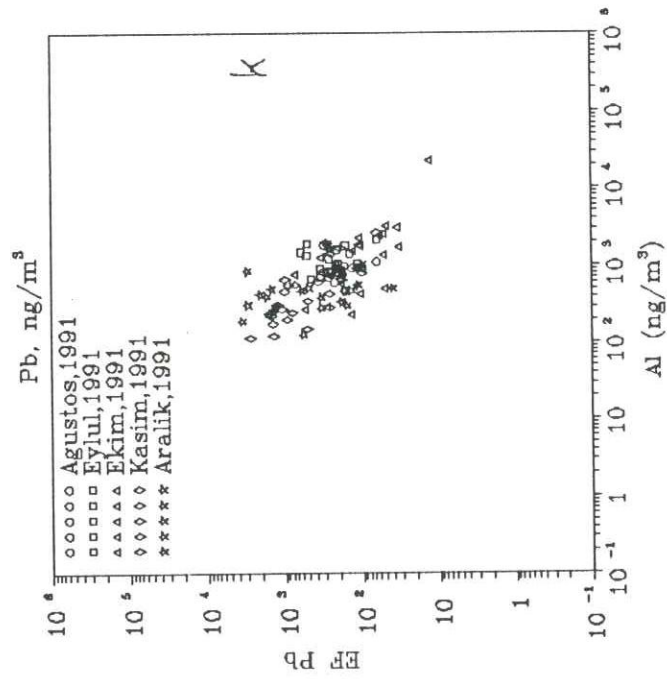
d.Zn

e.V

g.Ni

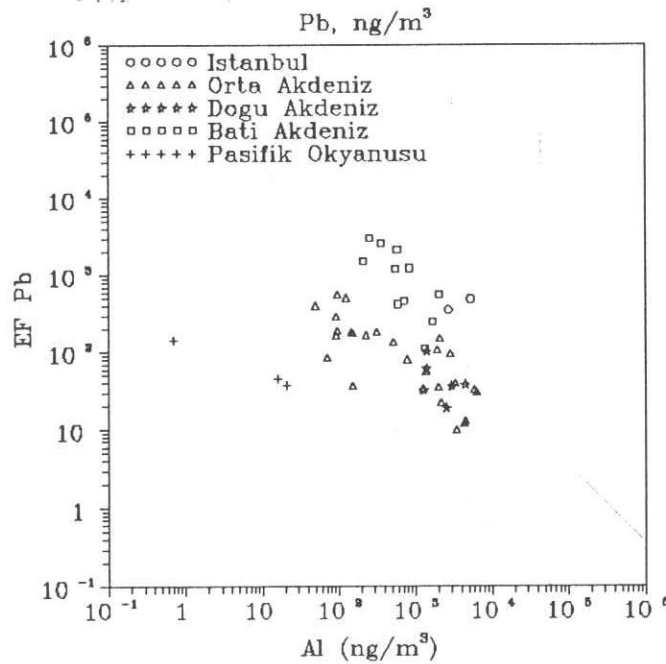


Şekil 3.9.Elementlerin EF Diyagramları.
h.Ca
i.Mg
j.Na



Şekil 3.9.Elementlerin EF Diyagramları.
k.Pb
l.Cd
m.Cr

Noktaların EF diyagramları üzerinde düştükleri bölgeye bakarak kaynakları hakkında fikir sahibi olabilmek amacıyla farklı bölgelerden toplanmış örnekler aynı EF diyagramı üzerine konularak bu diyagramlar üzerinde bölgeler belirlenmiştir. Bu amaçla endüstriyel kirliliği gösteren ve İstanbul'da Bilim gemisinde toplanmış iki örnek, Akdeniz üzerindeki atmosferi (deniz atmosferi) karakterize etmek amacıyla Orta Akdeniz'de Correggiari ve diğ.,(1989) tarafından gemide toplanan örnekler ve Doğu Akdeniz'de Bilim gemisinde toplanan örnekler ile EROS 2000 programı çerçevesinde kıyıda bulunan bir istasyonda toplanan örnekler ve SEAREX programı çerçevesinde Pasifik üzerinde toplanan örneklerde ölçülen Pb değerleri EF diyagramı üzerine konulmuştur (Şekil 3.10). Akdeniz üzerindeki atmosferi temsil eden örnekleri kullanarak min. ve mak. Pb değerlerinden geçen eş konsantrasyon eğrileri çizilmiştir. Bu bölge kirlilik kaynaklı atmosferik parçacıkların toprak kaynaklı tozlar ile karıştığı bölgeyi yani Akdeniz atmosferini temsil etmektedir. EROS-2000 çerçevesinde toplanan örnekler ile İstanbul'da toplanan örnekler bu bölgenin dışında sağ üstte ayrı bir bölge oluştururken Pasifik'te karalardan uzak adalar üzerinde toplanan örnekler ise gene Akdeniz atmosferini temsil eden bölgenin dışında solda yeni bir bölge oluşturmuştur. Sonuç olarak denilebilir ki örneklerin bu tip diyagramlar üzerinde düştükleri bölgeler kaynakları hakkında bilgi verebilir.



Şekil 3.10. Kurşun için kompozit zenginleşme diyagramı.

3.4.Yağmur Suları Analiz Sonuçları

991 yılı boyunca toplam 17 yağmur suyu örneği toplanmıştır. Bu örneklerde pH, $\text{NO}_3+\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$ ve Toplam Çözünmüş Organik Karbon (TÇOK) analizleri yapılmıştır. Tablo 3.2'de bu örneklerde yapılan analizlerin sonuçları verilmiştir.

Son yıllarda dünya üzerinde önem kazanan bölgesel kirlenme olaylarından biride asit yağmurlarıdır. Asit yağmuru, yağan yağmurun H_2SO_4 , HNO_3 ve organik asitler içermesi sonucu düşük pH'lı olması olayına verilen isimdir. Yağmur suyunun yalnızca su ve CO_2 'den oluştuğu varsayılarak yapılan teorik hesaplamalar yağmur suyunun pH'sının 5.65 olması gerektiğini göstermiştir (Ciattaglia, 1989). Yağmur suyu içerisindeki maddeler bu teorik pH değerinden farklı pH'lar görülmesinin nedenidir. Asit yağmurlarına (düşük pH) neden antropojenik aktiviteler (özellikle fosil yakıt kullanımı) sonucunda ortama verilen kükürt dioksit ve azot oksit gazlarıdır. Bizim ölçümlerimiz bölgeye yağan yağışların ortalama pH değerinin 6.5 olduğunu göstermiştir. Kuzeybatı Akdeniz'e yağan yağmurların pH'sının Sahra çölünden taşınan tozların içerdiği CaCO_3 ile yükseldiği Loye-Pilot ve diğ. (1986) tarafından gösterilmiştir. Ayrıca atmosfer yolu ile bölgeye taşınan tozun sedimantasyona katkısının önemli olduğu vurgulanmıştır. Ölçümü yapılan pH değerlerinden sadece birisi 6'dan düşük üç tanesinin de yüksektir. pH değerlerinin 6'dan yüksek olduğu zamanlarda bölgeye çöl topraklarının taşınmış olabileceği üzerinde durulmuştur.

Tablo 3.2. Yağmur sularında yapılan analiz sonuçları.

| Örnekleme
tarihi | NO ₃ +NO ₂ -N
(μmol/L) | PO ₄ -P
(μmol/L) | TÇOK
(ppm) | pH |
|---------------------|---|--------------------------------|---------------|-----|
| 3/1/1991 | 14 | 3.8 | - | - |
| 16/1/91 | 28 | 2 | - | - |
| 29/1/91 | 27 | 0.5 | - | - |
| 18/2/91 | 51 | 5.8 | 6.2 | - |
| 25/2/91 | 5.7 | 1.4 | 2.6 | - |
| 1/3/91 | 41 | 0.8 | 1.5 | - |
| 3/4/91 | 11.4 | 0.6 | 0.8 | 6.8 |
| 8/4/91 | - | - | 1.4 | - |
| 10/4/91 | 14.3 | 1.1 | 1.2 | 4.6 |
| 8/5/91 | 69.3 | 3 | 2.8 | 7.6 |
| 24/10/91 | 86.4 | 0.5 | 1.7 | 6.1 |
| 1/11/91 | 78.6 | 0.4 | 1 | 7.3 |
| 4/11/91 | 122 | 2.7 | 1.6 | 6.3 |
| 20/11/91 | - | - | 0.7 | - |
| 9/12/91 | 13.6 | 0.06 | 0.8 | 6.6 |
| 12/12/91 | 51.4 | 6.6 | 0.8 | 7.3 |
| 24/12/91 | 13.1 | 0.03 | 0.8 | 6.3 |
| 27/12/91 | 9.1 | 0.1 | 0.5 | 6.5 |
| 28/12/91 | 23.6 | 0.2 | 0.7 | 6.5 |
| 30/12/91 | 9.1 | 0.08 | 0.7 | 6.6 |

(-) ölçüm yapılmamıştır.

18/2/91'de toplanan yağmur suyundaki yüksek nitrat, fosfat ve toplam çözülmüş organik karbon değerlerinin bölgeye ulaşan körfez savaşıdan taşınan serpintileri ile ilintili olabileceği düşünülmüştür.

EROS 2000 projesi çerçevesinde, kuzeybatı Akdeniz'de toplanan 18 yağmur örneğinde TÇOK analizleri yapılmıştır (Loye-Pilot ve diğ., 1991). Bizim labratuvarımızda kullanılan aletin aynısı kullanılarak elde edilen sonuçların 16 tanesinin 2 ppm'de küçük (0.2-2 ppm) ve ortalama konsantrasyon değerinin 0.7 ppm olduğunu rapor etmişlerdir. Diğer iki örneğin konsantrasyon değerlerini 3.1 ve 7 ppm olarak vermişlerdir.

Yağmur sularında ölçülen nitrat, fosfat ve toplam organik karbon değerleri kullanılarak denize çökelen miktarlar hesaplanmıştır. Bu sonuçlar ve bölgede yapılan diğer çalışmaların sonuçları Tablo.3.3'de verilmiştir. Batı Akdeniz için EROS-2000 grubu tarafından verilen azot konsantrasyonu, yağmur suyundaki toplam inorganik azot (nitrat ve amonyum azotu) olduğu için diğer iki çalışmanın sonuçlarından yüksektir.

Tablo 3.3.Yağmurla atmosferden denize giren akı miktarları.

| | Yağış
(mm) | NO ₃ +NO ₂ -N | | PO ₄ -P | | TÇOK | |
|---------------|---------------|-------------------------------------|-------|--------------------|-------|------|------|
| | | (1) | (2) | (1) | (2) | (1) | (2) |
| Bu çalışma | 625 | 25.3 | 0.194 | 0.7 | 0.013 | 1 | 0.62 |
| İsrail | 500 | 22.2 | 0.155 | 0.67 | 0.01 | - | - |
| (Herut, 1992) | | | | | | | |
| EROS 2000 | 549 | 79.4 | 0.610 | - | - | | 0.5 |

(1). median konsantrasyon değerleri ;

(2). akı değerleri g-m⁻²-yıl⁻¹.

Denizlerin besin tuzu bütçeleri kurulurken atmosferik girdilerin de hesap edilmesinin önemi ortaya çıkmıştır. Yağmur suları ile Doğu Akdeniz'e çökelen besin tuzlarının deniz ortamındaki birincil üretime katkısının %5 olduğu hesaplanmıştır (Krom ve diğ., 1992). Yalnız bu yüzde değer, sadece yağmurla çökelen besin tuzu miktarı gözönüne alınarak hesaplanmıştır. Toplam atmosferik girdilerin etkisi hesaplanırken atmosferik tozların kuru çökmesi sonucunda deniz suyuna bırakacakları besin tuzu miktarının da göz önüne alınması gerekmektedir. Doğu Akdeniz'e atmosferden giren toplam besin tuzlarının hesaplanabilmesi amacıyla filtreler ile toplanan atmosferik örneklerde ölçülen suda çözülebilir nitrat ve fosfat miktarları Tablo 3.4.'de EROS-2000 projesinde ölçülen değerler ile karşılaştırmalı olarak verilmiştir. EROS-2000 projesinde, örnekler iki çeşit filtre kağıtları (cam elyaf ve asetat) ile toplanmış ve ölçümleri otoanalizör ile gerçekleştirilmiştir.

Tablo 3.4. Filtre kağıtlarında ölçülen besin tuzu konsantrasyonları.

| | N (µg/m ³) | P (µg/m ³) |
|------------|------------------------|------------------------|
| Bu çalışma | 0.76 (0.1-2.59) | 0.022 (0.0003-0.18) |
| EROS-2000 | | |
| cam elyaf | 0.70 (0.01-2.85) | 0.02 (0.0-0.06) |
| asetat | 1.25 (0.07-5.46) | 0.005 (0.0-0.08) |

Son yıllara kadar atmosferin denizlerdeki besin tuzlarına katkısı pek önemsenmeyen bir kavram değildi, çünkü nehirler vasıtasıyla taşınan

evre lkeleri geçen hava kütlelerinin katkıları ile zenginleşen aeresollerin rneklenebilmesi için mevcut kölenin en ideal bir konumda olduğunu göstermektedir.

Ekim 1991 ayında görülen ve kaynak noktası Sahra lne kadar takip edilebilen hava kütlesinin taşıdığı toz miktarının ulaştığı olağan üstü rakamların atmosferik izlemenin ülke menfaatleri açısından ne derece önemli olduğunu ortaya koymaktadır. Sahra lnden kaynaklanan bu tozların Avrupa kaynaklı asit yağmurlarını nötralize edebilmesi dahi ülkemiz için çok önemli bir olgudur. Deniz ortamında bu tozların uygun koşulların oluşması halinde ne denli önemli üretim patlamalarına yol açabileceği bilinmektedir ve bu konu 1992 senesi içerisinde özellikle incelenecektir. Çalışmanın şu ana kadar ortaya koyduğu sonuçlar atmosferik yüklerin sadece deniz ortamı için değil toprağın mineral yapısı ve dolayısı ile tahıl üretimi üzerinde de önemli katkıları olabileceğini göstermektedir.

Çalışmaların önemli bir boyutuda atmosferik kirleticilerin toz toplama ve analiz yöntemi ile direkt olarak tanımlanmasının yanısıra uydu verileri kullanılarak dolaylı yollardanda tesbit edilmesi şeklinde geliştirilmeye çalışılması şeklinde olmaktadır. Bu teknik halen kullanılan bir yöntem olup ülkemizde de bu teknikle atmosferik girdilerin takibi amacı ile enstitümüzde çalışmalar yapılmaktadır. Bu amaçla enstitümüzde NOAA uydularından APT olarak adlandırılan uydu verilerinin anında alınabileceği bir sistem mevcut olup bu sistem yardımı ile alınan IR ve VIS dalga boylu resimlerin atmosferik tozların taşınımında kullanılıp kullanılamayacağı olgusu incelenmektedir.

Ayrıca taşınan tozların deniz ortamında üretim patlamasına yol açabileceği ve bu patlamanın özellikle Akdeniz'in oligotrofik yapıya sahip sularında izlenebileceği varsayımı ile yeni bir çalışmanın başlatılması planlanmış bulunmaktadır. 1978-86 yılları arasında yörüngede faal olan Nimbus-7 uydusunda alışan CZCS algılayıcı bulgularının elde edilmesi ve toz fırtınalarını takip eden günlerde elde edilen resimlerin tekrar incelenerek bir üretim patlaması olup olmadığı araştırılacaktır. Bu amaçla NASA ve Avrupa Topluluğu ile çeşitli temaslar yapılmakta olup bu kuruluşların bünyesindeki çeşitli kurumlarda bulunan arşiv bulguların alınmasına çalışılmaktadır.

KAYNAKLAR

- Cawse, P.A., (1982). Inorganic particulate matter in the atmosphere. In: Bowen, H.J.M., (ed) Environmental Chemistry. R. Soc. Chem., London 2:1-68.
- Chester, R. and Stoner, J.H., (1974). The Distribution of Mn, Fe, Cu, Ni, Co, Ga, Cr, V, Ba, Sr, Sn, Zn, and Pb, In Some Soil-Sized Particulates From The Lower Troposphere Over The World Ocean. Marine Chemistry, 2, 157-188.
- Chester, R. (1985). The Marine Mineral Aerosol. In: Buat-Menard P. (ed) The Role of Air-Sea Exchange. Reidel, Dordrecht p. 443.
- Chester, R., Murphy, K.J.T., Towner, J. and Thomas A., (1986). The Partitioning of Elements in Crust-Derived Aerosols. Chem-Geol., 54, 1-15.
- Ciattaglia, I. and Cruciani, L., (1989). Review of Chemical Data by the Italian Meteorological Service. In: Airborne Pollution of the Mediterranean Sea. Report and Proceedings of a WMO/UNEP Workshop. Map Technical Report Series No.31, p.101.
- Correggiari, A., Guerzoni, S., Lenaz, R., Quarantotto, G. and Rampazzo, G. (1989). Dust deposition in the central Mediterranean (Tyrrhenian and Adriatic Seas): relationships with marine sediments and riverine input. Terra Nova, 1, 549-558.
- Dayan, U., (1986). Climatology of Back Trajectories from Israel Based on Synoptic Analysis. Journal of Climate and Applied Meteorology, 25, 5, 592-595.
- Herut, B., (1992). The chemical composition and sources of dissolved salts in rainwater in Israel. Ph. D. thesis, The Hebrew University of Jerusalem, Jerusalem, Israel.
- Duce, R.A., (1986). The Impact of Atmospheric Nitrogen, Phosphorus, and Iron Species on Marine Biological Productivity. In: Buat-Menard P. (ed). The Role of Air-Sea Exchange. Reidel, Dordrecht p.497.
- EROS 2000 (European River Ocean System), (1989). Water

- Pollution Research Report 13. Commission of the European Communities, pp.453.
- EROS 2000, (1990). Water Pollution Research Report 20, pp.673.
- EROS 2000, (1991). Water Pollution Research Report 28, pp.549.
- EROS 2000, (1992). Water Pollution Research Report 30, pp.311.
- GESAMP, (1989). The Atmospheric Input of Trace Species to the World Ocean. Reports and Studies No.38,
- GESAMP, (1991). Global Changes and the Air-Sea Exchange of Chemicals. Reports and Studies No.48, pp.67.
- Hidy, G.M. (1973). Removal processes of gaseous and particulate pollutants. In: Rasool S.I. (ed) Chemistry of the lower atmosphere. Plenum Press. New York London.
- Krom, M.D., Brenner, S., Kress, N., Neori, A. and Gordon, L.I. (1992). Nutrient dynamics and new production in a warm-core eddy from the Eastern Mediterranean Sea. Deep-Sea Research, vol. 39, No 3-4, pp. 467-480.
- Lantzy, R.J., MacKenzie, F.T. (1979). Atmospheric trace metals: global cycles and assessment of man's impact. Geochim Cosmochim Acta 43: 511-525.
- Loye-Pilot, M.D., Martin, J.M. and Morelli, J. (1986). Influence of Saharan dust on the rain acidity and atmospheric input to the Mediterranean, Nature, 321, 427-428.
- Loye-Pilot, M.D., Cauwet, M.G., Spitzzy, A. and Martin, J.M. (1991). Preliminary results on atmospheric wet deposition of organic carbon and nitrogen in Corsica. In: EROS 2000 Water Pollution Research Report 28, p.519.
- Mediterranean Pilot, (1976), volume 5, Hydrographer of the Navy, England.
- Nriagu, J.O. (1979). Global inventory of natural and anthropogenic emissions of trace metals to the atmosphere. Nature 279: 409-411.
- Özsoy, E. (1981), On the Atmospheric Factors Affecting the Levantine Sea. Technical Report No.25. European Centre for Medium Range Weather Forecasts, p.29.
- Prospero, J.M. (1981). The oceanic lithosphere. In: Emiliani, C. (ed). The Sea Wiley-Interscience New York 7: 801

- Prospero, J.M., Ueamatsu, M. and Savoie, D.L. (1989). Mineral aerosol transport to the Pacific ocean. In: Riley J.P. and Chester R. (eds) Chemical Oceanography. Acedemic Press Inc. 10: 187-218.
- Rahn, K.H., (1976), The chemical composition of the atmospheric aerosol. Technical Report, Graduate School of Oceanography. University of Rhode Island, Kingston, R.I., 265 pp.
- Reiter, E.R., (1975). Handbook for forecasters in the Mediterranean, weather phenomena of the Mediterranean Basin, Part 1: General Description of meteorological processes, environmental prediction research facility, Naval Postgraduate School, Monterey, California, Technical Paper No. 5-75, 344 p.
- Strickland, J.D.H. and Parsons T.R., (1972). A practical handbook of sea water analysis, 2nd edition, Bull.Fish.Res.Board Can., 167, 310 p.
- UNEP, 1985. Atmospheric Transport of Contaminants into the Mediterranean Region. UNEP Regional Seas Reports and Studies No.68, p.34.