

2001-275



TÜRKİYE BİLİMSEL VE
TEKNİK ARAŞTIRMA KURUMU

THE SCIENTIFIC AND TECHNICAL
RESEARCH COUNCIL OF TURKEY

2001-275

ULUSAL DENİZ ÖLÇME, İZLEME ve ARAŞTIRMA PROGRAMI
ATMOSFERİK KİRLİTİCİLERİN TAŞINIMI
(KUZEYDOĞU AKDENİZ)

PROJE NO: DEBAG-72/G
1992 YILI NİHAİ RAPORU

Yer Deniz Atmosfer Bilimleri ve
Çevre Araştırma Grubu

Earth Marine Atmospheric Sciences and
Environmental Researches Grant Group

2001-275

**ULUSAL DENİZ ÖLÇME, İZLEME ve ARAŞTIRMA PROGRAMI
ATMOSFERİK KİRLETİCİLERİN TAŞINIMI
(KUZEYDOĞU AKDENİZ)**

**PROJE NO: DEBAG-72/G
1992 YILI NİHAİ RAPORU**

YÜRÜTÜCÜ : PROF.DR. CEMAL SAYDAM

**ARAŞTIRICILAR : DR.SEMAL YEMENCİOĞLU
NİLGÜN KUBİLAY
MUSTAFA ŞENHAN
AYHAN SAYIN**

**ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü
P.K. 28, 33731 Erdemli-İÇEL
Aralık 1995**

ÖZET

Bilimsel ve Teknolojik gelişmeler önceleri önemsiz gibi görünen bazı olayları daha iyi anlamamızı sağlamıştır. Bunlardan birisi de atmosfer yoluyla sağlanan uzun mesafeli materyal taşınımıdır. Bugün uzun mesafeli materyal ve kirleticilerin en az nehirler tarafından taşınanlar kadar önemli olduğu anlaşılmıştır.

Bu çalışmanın amaçlarından birisi kuzeydoğu Akdeniz ile ilgili atmosferik veri tabanını oluşturmaktır. Diğer bir amacı ise örnekleme bölgemize (kuzeydoğu Akdenize) ulaşan hava kütlelerinin ve bunların taşıdığı materyallerin kaynağını bulmaktır. Bu amaçla öncelikle atmosferimizde bulunan toz yükü için bir eşik değeri ($30 \mu\text{g m}^{-3}$) hesaplanmış ve bu değeri aşan miktarların ölçüldüğü günlerde atmosferimizi etkileyen hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri hesaplanmıştır. Bu çalışmalar sonunda atmosferimizi etkileyen hava kütlelerinin Afrika (Libya, Mısır, Tunus) ve Asya'dan (Suriye, Arap yarımadası) kaynaklandığı anlaşılmıştır. 1992 yılında toplanan örneklerde yapılan metal analizleri bu metallerin atmosferik parçacıklardaki derişimlerinin yıl içerisinde büyük değişimler gösterdiğini ortaya koymuştur.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	II
İÇİNDEKİLER	III
TABLULARIN LİSTESİ	IV
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	V
GİRİŞ	1
ATMOSFERDEN DENİZE ÇÖKELME PROSESLERİ	3
Atmosfer-Deniz akıllarının doğrudan hesaplanması	3
Atmosfer-Deniz akıllarının dolaylı yolla hesaplanması	5
Kuru çökeltme	5
Yaş çökeltme	5
SONUÇLAR VE TARTIŞMA	7
Naylon ağ tekniği ile toplanan örnekler	7
Yüksek debili pompa ile toplanan örnekler	16
Akdeniz'de ölçülen metal konsantrasyonlarının literatür değerleriyle karşılaştırılması	16
Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngelerinin hesaplanması	22
Atmosferdeki toz yükünün kaynaklarının hesaplanması (hava kütlelerinin yörüngeleri)	23
Elementlerin atmosferdeki dağılımı	46
Alüminyum (Al)	46
Demir (Fe)	48
Manganez (Mn)	49
Krom (Cr)	50
Nikel (Ni)	51
Kobalt (Co)	53

Vanadyum (V)	54
Çinko (Zn)	55
Kurşun (Pb)	56
Kadmiyum (Cd)	58
Sodyum (Na)	59
Kalsiyum (Ca)	60
Magnezyum (Mg)	61
Sonuç	62
Kaynaklar	67

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil 1. 12 Aralık 1990 tarihinde örnekleme sahamıza ulaşan hava kütlesinin kaynağı.

Şekil 2. 1990-1992 yılları arasındaki aylık ortalama yağış miktarları.

Şekil 3a. 1990-1992 yılları arasında naylon ağ tekniği ile toplanan örneklerdeki aylık ortalama Ca derişimi.

Şekil 3b. 1990-1992 yılları arasında naylon ağ tekniği ile toplanan örneklerdeki aylık ortalama Na derişimi.

Şekil 3c. 1990-1992 yılları arasında naylon ağ tekniği ile toplanan örneklerdeki aylık ortalama Mg derişimi.

Şekil 3d. 1990-1992 yılları arasında naylon ağ tekniği ile toplanan örneklerdeki aylık ortalama Al derişimi.

Şekil 3e. 1990-1992 yılları arasında naylon ağ tekniği ile toplanan örneklerdeki aylık ortalama Fe derişimi.

Şekil 3f. 1990-1992 yılları arasında naylon ağ tekniği ile toplanan örneklerdeki aylık ortalama Mn derişimi.

Şekil 3g. 1990-1992 yılları arasında naylon ağ tekniği ile toplanan örneklerdeki aylık ortalama Cr derişimi.

Şekil 3h. 1990-1992 yılları arasında naylon ağ tekniği ile toplanan örneklerdeki aylık ortalama Ni derişimi.

Şekil 3i. 1990-1992 yılları arasında naylon ağ tekniği ile toplanan örneklerdeki aylık ortalama Pb derişimi.

Şekil 3j. 1990-1992 yılları arasında naylon ağ tekniği ile toplanan örneklerdeki aylık ortalama Cd derişimi.

Şekil 3k. 1990-1992 yılları arasında naylon ağ tekniği ile toplanan örneklerdeki aylık ortalama Zn derişimi.

Şekil 3l. 1990-1992 yılları arasında naylon ağ tekniği ile toplanan örneklerdeki aylık ortalama Cu derişimi.

Şekil 4. Batı Akdeniz'deki atmosferik örnekleme yapılan istasyonların konumları.

Şekil 5. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri 3 Ekim 1991.

Şekil 6. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri 4 Ekim 1991.

Şekil 7. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri 12 Ekim 1991.

Şekil 8. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri 13 Ekim 1991.

Şekil 9. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri 21 Ekim 1991.

Şekil 10. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri 22 Ekim 1991.

Şekil 11. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri 12 Mart 1992.

Şekil 12. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri 13 Mart 1992.

Şekil 13. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri 6 Nisan 1992.

Şekil 14. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri 7 Nisan 1992.

Şekil 15. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri 8 Nisan 1992.

Şekil 16. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri 9 Nisan 1992.

Şekil 17. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri 10 Nisan 1992

Şekil 18. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri 11 Nisan 1992

Şekil 19. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri 12 Nisan 1992

Şekil 20. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri 19 Nisan 1992

Şekil 21. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri 20 Nisan 1992

Şekil 22. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri 21 Nisan 1992

Şekil 23. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri 4 Mayıs 1992.

Şekil 24. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri 8 Mayıs 1992.

Şekil 25. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri 26 Mayıs 1992

Şekil 26. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri 27 Mayıs 1992

Şekil 27. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri 28 Mayıs 1992

Şekil 28. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri 29 Mayıs 1992

Şekil 29. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri 6 Ekim 1992.

Şekil 30. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri 7 Ekim 1992.

Şekil 31. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri 8 Ekim 1992.

Şekil 32. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri 24 Ekim 1992.

Şekil 33. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri 25 Ekim 1992.

Şekil 34. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri 3 Kasım 1992.

Şekil 35. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri 4 Kasım 1992.

Şekil 36. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri 5 Kasım 1992.

Şekil 37. Yağış miktarı ve atmosferik parçacıklardaki alüminyum derişiminin 1992 yılı içerisindeki dağılımlar.

Şekil 38. Yağış miktarı ve atmosferik parçacıklardaki demir derişiminin 1992 yılı içerisindeki dağılımlar.

Şekil 39. Yağış miktarı ve atmosferik parçacıklardaki mangahez derişiminin 1992 yılı içerisindeki dağılımlar.

Şekil 40. Yağış miktarı ve atmosferik parçacıklardaki krom derişiminin 1992 yılı içerisindeki dağılımlar.

Şekil 41. Yağış miktarı ve atmosferik parçacıklardaki nikel derişiminin 1992 yılı içerisindeki dağılımlar.

Şekil 42. Yağış miktarı ve atmosferik parçacıklardaki kobalt derişiminin 1992 yılı içerisindeki dağılımlar.

Şekil 43 Yağış miktarı ve atmosferik parçacıklardaki vanadyum derişiminin 1992 yılı içerisindeki dağılımlar.

Şekil 44. Yağış miktarı ve atmosferik parçacıklardaki çinko derişiminin 1992 yılı içerisindeki dağılımlar.

Şekil 45. Yağış miktarı ve atmosferik parçacıklardaki kurşun derişiminin 1992 yılı içerisindeki dağılımlar.

- Şekil 46. Yağış miktarı ve atmosferik parçacıklardaki kadmiyum derişiminin 1992 yılı içerisindeki dağılımlar.
- Şekil 47. Yağış miktarı ve atmosferik parçacıklardaki sodyum derişiminin 1992 yılı içerisindeki dağılımlar.
- Şekil 48. Yağış miktarı ve atmosferik parçacıklardaki kalsiyum derişiminin 1992 yılı içerisindeki dağılımlar.
- Şekil 49a. Yağış miktarı ve atmosferik parçacıklardaki magnezyum derişiminin 1992 yılı içerisindeki dağılımlar.
- Şekil 49. Yağış miktarı ve atmosferik toz yükünün 1992 yılında zaman içerisindeki dağılımlar.
- Şekil 50. Demir'in EF diyagramı.
- Şekil 51. Mangan'ın EF diyagramı.
- Şekil 52. Krom'un EF diyagramı.
- Şekil 53. Nikel'in EF diyagramı.
- Şekil 54. Kobalt'ın EF diyagramı.
- Şekil 55. Vanadyum'un EF diyagramı.
- Şekil 56. Çinko'nun EF diyagramı.
- Şekil 57. Kurşun'un EF diyagramı.
- Şekil 58. Kadmiyum'un EF diyagramı.
- Şekil 59. Sodyum'un EF diyagramı.
- Şekil 60. Kalsiyum'un EF diyagramı.
- Şekil 61. Magnezyum'un EF diyagramı.
- Şekil 62. 1992 yılında bölgemizde etkili olan rüzgarların aylara göre tasnif edilmiş yönü ve şiddeti.

I. GİRİŞ

Deniz kirliliği, çevre konusuyla ilgili başlıca uluslararası organizasyonların (UN, UNEP, FAO, UNESCO, WHO, WMO, IMO, IAEA) katılımıyla oluşturulan bir komisyon olan GESAMP (Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution) tarafından alıcı ortama doğrudan yada dolaylı yollarla verilen atık madde veya enerjinin ortamdaki ekonomik değeri olan canlılara dolayısıyla insanlara zarar vermesi, deniz suyu kalitesini ve fiziksel görüntüsünü bozması olarak tanımlanmıştır. Önceleri, dolaylı yolla denize ulaşan kirleticilerin yalnızca nehirler vasıtasıyla taşındığı sanılıyordu. Ancak son yıllarda yapılan çalışmalar göstermiştir ki atmosferik taşınım ile deniz yüzeyine ulaşan ve çökelen madde miktarı göz ardı edilemeyecek düzeydedir. Bu durum gözönünde tutularak Akdeniz'in kirlenmeye karşı korunması protokolünü (Barcelona, 1976) imzalayan tarafların isteğiyle, GESAMP'in bir alt çalışma grubu olan ve deniz atmosfer ilişkisini inceleyen grup, 1981 yılında Akdeniz'e atmosferik taşınım ile ulaşan kirleticilerin araştırılması için görevlendirilmiştir. Atmosferik taşınım ile bölgeye ulaşan kirleticiler ve bu taşınımı kontrol eden fiziksel, kimyasal ve biyolojik proseslerin tanımlanmasını içeren bu konudaki ilk raporlarını hazırlamışlardır (GESAMP, 1985). Akdeniz için başlatılan bu çalışma daha sonra diğer denizler için de karşılaştırmalı olarak ayrı bir raporda sunulmuştur (GESAMP, 1989). Kirleticilerin atmosfer yoluyla denize ulaşması ve sebep olduğu kirlilik doğrultusunda başlatılan bu çalışmalar, daha sonra atmosferik taşınım ile denize ulaşan bazı elementlerin biyolojik aktiviteyi artırıcı yönde etkilediğini göstererek konuya farklı bir boyut kazandırmıştır (GESAMP, 1991). Bu raporlarda üzerinde çalışılan maddelerin seçimi, deniz ortamındaki canlılar üzerine yaptıkları pozitif veya negatif etkilerine ve biyojeokimyasal döngülerdeki önemlerine göre yapılmıştır. Atmosferik taşınımı izlenen maddeler üç ayrı başlık altında toplanmışlardır. Bunlar; alüminosilikat yapısındaki atmosferik parçacıklar (atmosferik toz) ve bunlara bağlı iz elementler, azotlu bileşenler ile sentetik organik maddelerdir. Atmosferik parçacıklara bağlı bir çok metalin

kaynağı antropojeniktir. Örneğin, atmosferdeki kurşun kaynağı olarak tetraetil-kurşun (TEL) katkılı benzin kullanımı, V kaynağı olarak fuel oil kullanımı, pestisit kaynağı ise kullanılan tarım ilaçları ve halokarbonların kaynağı ise çeşitli endüstriyel faaliyetlerdir. Atmosfer yoluyla denize taşınan maddeler ortamdaki biyolojik aktiviteyi iki yönlü etkileyebilirler. Kadmiyum, nikel, bakır ve kurşun gibi bazı metallere klorlu hidrokarbonlar ve pestisitler gibi bazı organik maddeler deniz organizmaları üzerinde toksik etki göstermektedirler. Bunun yanısıra denizdeki organizmalar varlıklarını sürdürürebilmek için bazı temel elementlere ihtiyaç duyarlar. Bunlar fosfat ve nitrat gibi belli başlı besin tuzları ile fitoplanktonların enzim sistemlerinin ihtiyaç duyduğu demir, mangan, çinko, kobalt ve molybdenum gibi bazı iz elementleridir. Bazı bölgelerde birincil üretim, besin tuzlarının biri veya birkaçının sınırlı miktarlarda olması yada yokluğu ile sınırlanmıştır. Bu bölgelerde atmosferden denize taşınan maddeler, birincil üretimin kontrolünde önemli rol oynarlar. Örneğin, birincil üretimin atmosferden çökelen demirle sınırlanması (Martin ve diğ., 1988; Martin ve Gordon, 1988) yada kıyı sularında üretimin nitrat miktarı yüksek yağışlarla artış göstermesi gibi (Pearl, 1985).

Akdeniz, Cebelitarık Boğazı ile Atlantik Okyanusuna açılan yarıkapalı bir denizdir. Cebelitarık ile İtalya arasındaki bölge Batı Akdeniz, İtalya ile Girit Adası arası Orta Akdeniz ve Girit Adası ile Suriye arasında kalan bölgeye Doğu Akdeniz denilmektedir. Batı ve Doğu Akdeniz, meteorolojisi ve hidrolojisi ile birbirinden farklı yapıya sahiptirler. Organik madde üretimi açısından oldukça fakir (oligotrophic) bir yapı gösteren Akdenizin batısında üretim nitrat ile sınırlanmış iken doğu Akdenizde fosfat ile sınırlanmıştır. Krom ve diğ., (1991) Doğu Akdeniz'deki birincil üretim kısıtlamasının fosfat eksikliğinden kaynaklanmasının nedeninin bölgeye ulaşan Sahra Çölü orijinli tozların deniz yüzeyine çökmesi ve su kolonu boyunca çözünmüş fosfatı demir oksit ve kil mineralleri üzerine adsorblayarak organizmaların kullanamayacağı bir forma dönüştürmesi olarak açıklamışlardır.

II. ATMOSFERDEN DENİZE ÇÖKELME PROSESLERİ

Atmosferden denize toplam materyal girdisi gaz, sıvı ve katı halde çökelen maddelerin toplamıdır. Maddenin gaz ve katı fazlarında denize çökmesine "kuru çökme" denir. Çözülmüş gazlar ve katılar ile atmosferde askıda bulunan katı parçacıkların sıvı fazında çökmesine "yaş çökme" denir.

Son yıllarda bu konuda yapılan araştırmaların sonucunda atmosferden denize materyal girdilerinin hesaplanması için bir takım metodlar geliştirilmiştir. Aşağıda bu metodlar hakkında bilgi verilmiştir.

II.1. Atmosfer-deniz akıllarının doğrudan hesaplanması

Atmosferden denize çökelen madde miktarını ölçmek için değişik metodlar vardır. Bu metodlar genelde yaş çökme için kullanılmıştır çünkü örnek toplaması kuru çökmeyle nazaran daha kolaydır. Basitçe, ağzına huni yerleştirilmiş bir şişeyle yaş çökmeyle toplamak mümkündür. Bu yöntemde dikkat edilmesi gereken husus, şişenin ağzını yağmur başlayınca açmak ve yağmur dinince kapatmaktır. Aksi takdirde kuru çökme ile çökelen maddelerin de şişeye toplanması mümkündür. Atmosferik örnek toplama aletlerinin ticari piyasasının açılmasıyla yaş çökmeyle toplayan otomatik örnekleyiciler geliştirilmiştir. Bu çalışmada da kullanılan bu örnekleyicilerin özellikleri suya hassas sensörleri sayesinde örnek toplanan kovanın ağzının yalnızca yağmur yağarken açık olması ve yağmur kesilince kapanmasıdır. Bu metodla yaş çökmeyle hesaplarken dikkat edilmesi gereken diğer bir husus da yağmur suyunda ölçümü yapılan parametrelerin çok değişken olmasıdır. Bu yüzden ki anlamlı çökme rakamları elde etmek için çok sayıda yağmur örnekleme yapılmalı ve analiz edilecek örneklerin kontamine olmaması için gerekli hassasiyet gösterilmelidir.

Yukarıda anılan zorluklarına rağmen yağmur suyunda direk yapılan ölçümler yaş çökmeyle kontrol eden ve ölçümü yapılan maddenin kimyası ile ilgili mekanizmaları anlamamızı

sağlar. Yağmur suyunda ölçülen maddenin konsantrasyonu aynı maddenin atmosferdeki konsantrasyonu ve kaynağına olan uzaklığı ile ilgilidir. Çözünürlüğü fazla ve reaktif olan gazlar (HNO_3 ve SO_2 gibi) yağmurla kolayca atmosferden yıkanırken zor çözünen gazlar (organo klorlu maddeler ve civa buharı) yağmurla tamamen çökelmezler. Yağmur suyunda iz miktarda bulunan zor çözünen gazların kaynağı ise yağmurla yıkanan atmosferik parçacıklara (aerosollere) adsorbe olmasıdır. Atmosferik parçacıkların yağmurla çökmesi, bu parçacıklarla yağmur damlalarının çarpışması, yağmur damlalarının bu parçacıkları yakalaması veya bu parçacıkların yağışı başlatan çekirdek görevini görmesiyle oluşur. Atmosferik parçacıkların bazıları yağmur suyunda kolayca çözünürken (deniz tuzu ve amonyum sülfat gibi), zor çözünen parçacıkların (bacalardan atılan kül parçaları ve toprak aşınımı ile oluşan kil mineralleri) çözünmesini yağmur suyunun pH'sı (asitlik derecesi) ve pE'si (redoks potansiyeli) kontrol eder.

Kuru çökelen madde miktarını belirlemek için disk şeklinde örnekleyiciler kullanılmaktadır. Örnek toplanması esnasında olabilecek kontaminasyon probleminin yanısıra bu tip örnekleyicilerin deniz yüzeyini ne kadar simule ettiği ise tartışmalı konulardır. Bu yolla toplanan kuru çökelen maddelerin büyük kısmı yerçekiminin etkisiyle çökelen büyük parçacıklardır (deniz tuzu ve karaların rüzgarla aşınması ile oluşan tozlar). Atmosferik parçacıkların deniz yüzeyine kuru çökmesini kontrol eden mekanizmalar yerçekimi, turbülent difüzyon, Brownian difüzyonu veya parçacıkların deniz yüzeyine çarpmasıdır. Genel olarak küçük parçacıkların ($< 0.1 \mu\text{m}$) çökmesi Brownian difüzyonu ile olurken büyük parçacıkların ($> 10 \mu\text{m}$) çökmesi yerçekiminin etkisi ile olur. Orta boyuttaki parçacıkların kuru çökmesi deniz yüzeyine çarpmaları ile gerçekleşir.

II.2. Atmosfer-deniz akılarının dolaylı yolla hesaplanması

II.2.1. Kuru çökeltme

Atmosferdeki parçacıkların kuru çökeltmesi dolaylı yolla aşağıdaki formülden hesaplanır.

$$F = V * C$$

Bu formülde kullanılan:

F: atmosferden denize akıyı gösteriyor.

V: parçacığın çökeltme hızı

C: atmosferde ölçülen derişim değerini göstermektedir.

Çökeltme hızı (V), yerçekimi, difüzyon ve çarpma gibi yukarda bahsedilen tüm kuru çökeltme işlemlerini kapsamaktadır. Rüzgar hızı, nisbi nem, atmosferin akışkanlığı, parçacığın boyutu ve deniz yüzeyinin düzgünlüğü gibi bir çok değişkene bağlı olan çökeltme hızının belirlenmesi için çalışmalar yapılmıştır (Slinn, 1980). Genel olarak, parçacıkların boyutlarına göre çökeltme hızları aşağıda verilen sınırlar içerisindedir.

- Bir mikrondan küçük parçacıklar: 0.1 ± 0.09 cm/s.

- Bir mikrondan büyük parçacıklar, alüminosilikatlar: 1 ± 0.99 cm/s.

- Deniz tuzu ve deniz tuzu üzerinde adsorplanmış elementler: 3 ± 2 cm/s

Bu çalışmada akı hesaplarında kullanılan çökeltme hızları her metal için ayrı ayrı belirlenmiştir. Bunun için yukarda verilen formülden, ölçülen akı ve konsantrasyon değerleri kullanılarak çökeltme hızları bulunmuştur.

II.2.2. Yaş çökeltme

Atmosferden yaş çökeltme ile denize giren maddeler için akı hesapları aşağıdaki formülle dolaylı olarak hesaplanabilir.

$$F = Y * C$$

Formülden:

Y: yağış miktarı.

C: çökelen maddenin yağmur suyunda ölçülen derişimini göstermektedir.

Aslında bu yolla hesaplanan yaş çökeltme doğrudan ölçümdür. Çünkü bu metod yağmur suyunda ölçüm yapılmasını gerektirmektedir. Yaş çökeltmeyi dolaylı yolla hesaplayabilmek için elementin yağmur suyu içerisindeki derişimi yerine yıkanma faktörü denilen (scavenging ratio) kullanılmaktadır. Yıkama faktörü elementin atmosferik parçacıklar içindeki derişimi ile yağmur suyu içindeki derişimi arasındaki ilişkiyi aşağıda gösterildiği şekilde veren bir faktördür.

$$YF = d * (C_{yağmur}/C_{aerosol})$$

Burada:

YF: yıkanma faktörü,

$C_{yağmur}$ ve $C_{aerosol}$: elementlerin sırasıyla yağmur suyu ve aerosollerdeki derişimleridir.

d: elementlerin aerosol ve yağmur suyundaki derişim birimleri aynı olmadığından YF ifadesini birimsiz kılmak için kullanılan havanın yoğunluğudur (1.2 kg m^{-3}).

Yukardaki ifadeden de anlaşıldığı gibi yıkanma faktörü bilinirse, elementlerin aerosollerdeki derişimleri kullanılarak yağmur suyunda olması beklenen derişimleri hesaplanabilir. Elementler için bu faktörler bazı çalışmalarda aerosol ve yağmur örneklerinin toplanıp analizleriyle belirlenmiş olup literatürde bulmak mümkündür. Yıkanma faktörleri deneysel olarak belirlendikleri yöredeki aerosol kütlesinin kimyasal yapısına ve parçacık boyut dağılımına bağlı olduklarından, başka yerlerde yapılan ölçümlerin Akdeniz aerosollerinde kullanılması bir miktar hata getirebilir. Burada dikkate alınması gereken nokta içerdiği belirsizliklere rağmen yaş çökeltme hesaplarında eldeki en iyi yöntem olması ve yaygın olarak kullanılmasıdır.

III. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

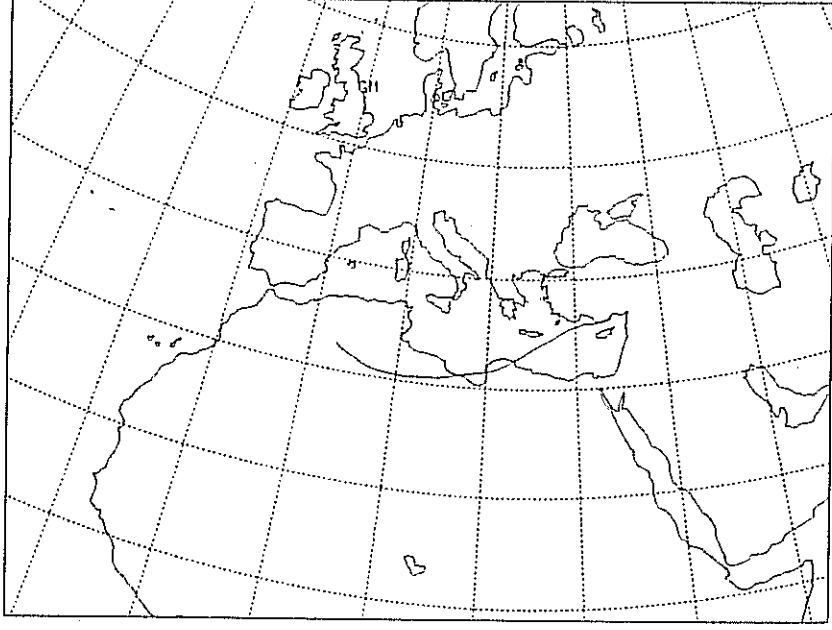
Bu bölümde 1992 yılında ve proje kapsamında toplanan örneklerde yapılan analiz sonuçları ve bu sonuçların yorumları verilecek. Elde edilen sonuçlar diğer denizlerde elde edilen verilerle karşılaştırılacak ve son olarak atmosfer yoluyla Doğu Akdenize giren element miktarları sunulacaktır.

III.1. Naylon Ağ Tekniği ile Toplanan Örnekler

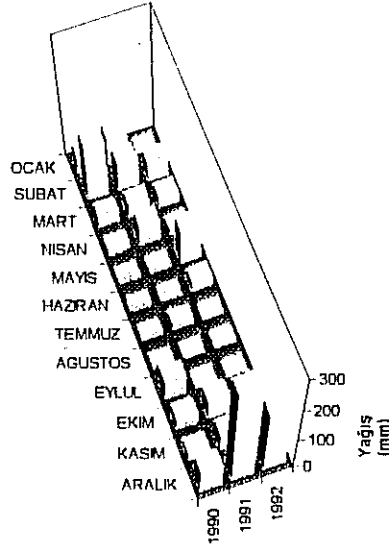
1992 yılı içerisinde naylon ağ tekniği ile toplanan örneklerde ölçümü yapılan metallerin sonuçları 1990 ve 1991 yılları ile karşılaştırmalı olarak tartışılacaktır. Bu yöntemle 1992 yılında toplam 71 örnek alınmıştır. Naylon ağ tekniği ile örnekleme yöntemleri 1991 yılı nihai raporunda detaylı bir şekilde anlatılmıştır. Yöntem atmosferik parçacıklara bağlı metaller hakkında kalitatif sonuçlar vermekle kalmayıp toplanan materyelde yapılan renk sınıflandırması ile kaynakların tanımlanmasına da olanak sağlamaktadır. Örneğin 1990 yılı 12-13 Aralık tarihleri arasında naylon ağ ile alınan örnek, renginin farklı olması ve toplanan toz miktarının fazla olması nedeniyle çöl kaynaklı olabileceği kuşkusunu uyandırmıştı. Örneklenen hava kütesinin beş gün önce nerede olduğu ve nasıl bir rota çizerek örnekleme koordinatlarımıza ulaştığını gösteren hava kütesinin geriye dönük yörüngesi (air-mass back trajectory) modelinin bu tarih için temin edilmesinden sonra örnekleme yapılan hava kütesinin Sahra Çölü kaynaklı olduğu görülmüştür. 12 Aralık 1990 tarihi için 850 mb yükseklikteki hava kütesinin yörüngesini ve dolayısıyla kaynak bölgesini gösteren harita Şekil 1'de sunulmuştur.

Atmosferdeki toz yükünün ve atmosferik parçacıklara bağlı elementlerin derişimlerini etkileyen parametrelerden biri de yağışlardır. Bu yüzden 1990, 1991 ve 1992 yıllarına ait aylık yağış miktarları Şekil 2'de verilmiştir. Akdeniz ikliminin genel karakteristiğine uygun olarak yağışlar kış ve bahar aylarında daha fazla olmasının yanında yıllar

arasında da farklılıklar göstermektedir. 1990 yılında bölgeye düşen ortalama yağış miktarı (408 mm), 1991 yılında (639 mm) ve 1992 yılındaki (530 mm) yağışlardan daha düşüktür.

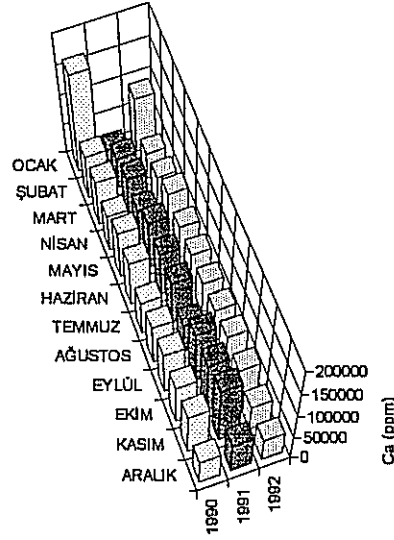


Şekil 1. 12 Aralık 1990 tarihinde örnekleme sahamaıza ulaşan hava kütleinin kaynağı.

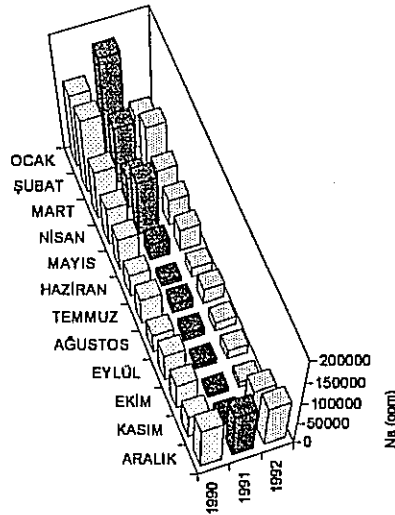


Şekil 2. 1990-1992 yılları arasındaki aylık ortalama yağış miktarları.

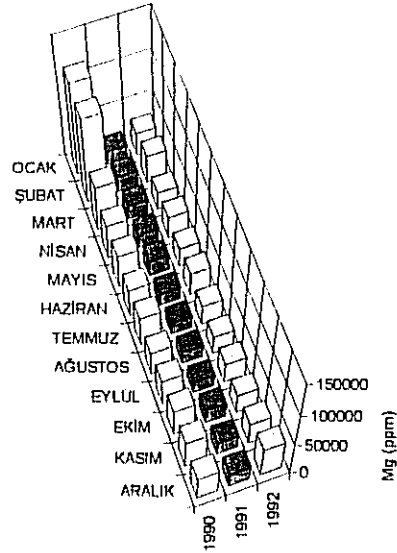
Şekil 3a, 3b ve 3c'de naylon ağ tekniği ile toplanan atmosferik parçacıklardaki Ca, Na ve Mg'un aylık ortalama derişimleri 1990, 1991 ve 1992 yılları için verilmiştir. Bu üç elementin atmosferdeki en önemli kaynakları deniz tuzu ve karbonatça zengin kayaçların rüzgarlarla aşınmasından oluşan parçacıklardır.



Şekil 3a. 1990-1991 yılları arasında naylon ağ tekniği ile toplanan örneklerdeki aylık ortalama Ca derişimi.



Şekil 3b. 1990-1991 yılları arasında naylon ağ tekniği ile toplanan örneklerdeki aylık ortalama Na derişimi.

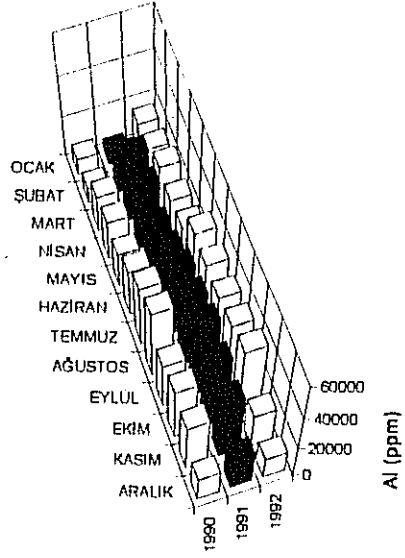


Şekil 3c. 1990-1991 yılları arasında naylon ağ tekniği ile toplanan örneklerdeki aylık ortalama Mg derişimi.

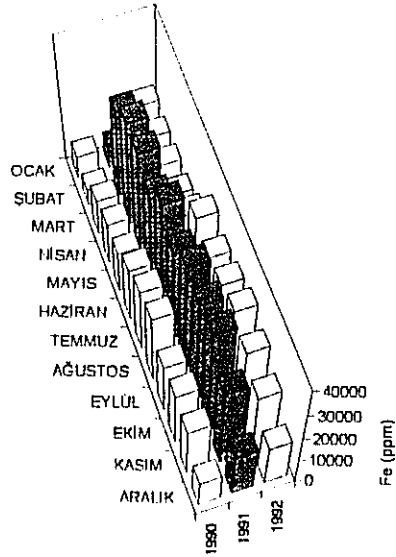
Şekil 3d, 3e ve 3f'de Al, Fe ve Mn'nın aylık ortalama değerleri üç yıl için sunulmuştur. Alüminasilikat yapısındaki toz parçacıklarının temel öğeleri olan bu metallerin yaz aylarında göreceli olarak artmasının nedeni bu aylarda yağış olmaması veya çok az olmasıdır. Ayrıca bu aylarda bölgede sinoptik ölçekli hava hareketleri görülmediği için toplanan örnekler genelde yöresel atmosferik toz parçacıklarının kimyasal özelliklerini karakterize etmektedir.

Şekil 3g ve 3h'de Cr ve Ni'in derişimlerinin aylık ortalama dağılımları verilmiştir.

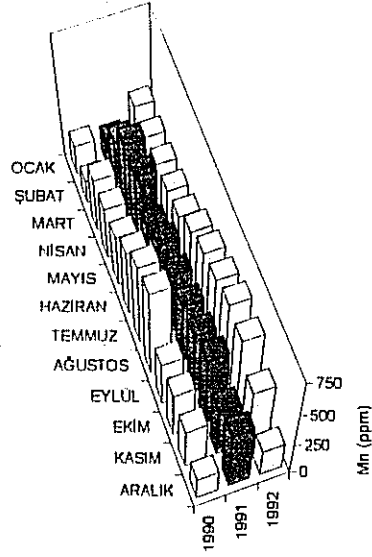
Yapay (Antropojenik) kaynaklardan atmosfere atılan ağır metallerin (Pb, Cd, Zn ve Cu) derişimlerinin aylık ortalamalarının dağılımları ise Şekil 3i, 3j, 3k, 3l'de verilmiştir. Antropojenik kaynaklı metaller atmosferde daha çok küçük parçacıklar üzerinde absorplanmış veya adsorplanmış olarak bulunurlar. Ağ tekniği ile yapılan örneklemelemlerde ancak büyük boyuttaki parçacıkların toplanması mümkündür,



Şekil 3d. 1990-1991 yılları arasında naylon ağ tekniği ile toplanan örneklerdeki aylık ortalama Al derişimi.

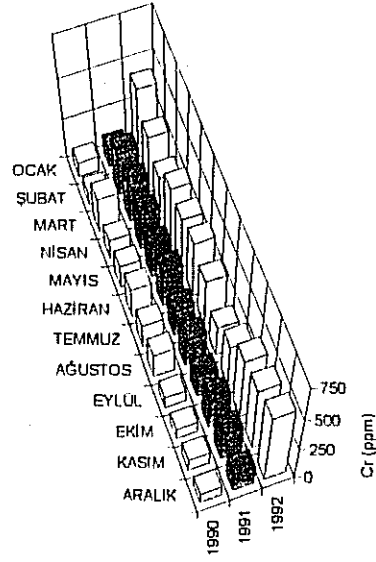


Şekil 3e. 1990-1991 yılları arasında naylon ağ tekniği ile toplanan örneklerdeki aylık ortalama Fe derişimi.

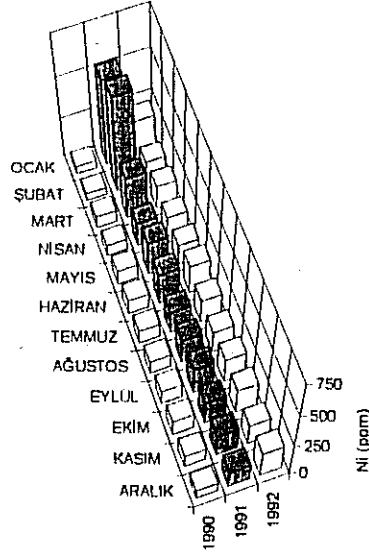


Şekil 3f. 1990-1991 yılları arasında naylon ağı tekniği ile toplanan örneklerdeki aylık ortalama Mn derişimi.

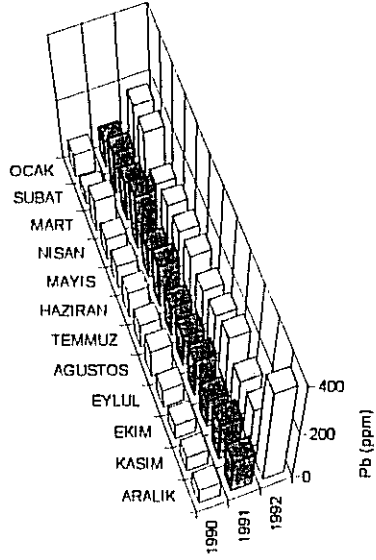
Antropojenik kaynaklı metaller atmosferde daha çok küçük parçacıklar üzerinde absorplanmış veya adsorplanmış olarak bulunurlar. Ağı tekniği ile yapılan örneklemelelerde ancak büyük boyuttaki parçacıkların toplanması mümkündür, dolayısıyla bu yöntemle atmosferdeki antropojenik metallerin miktarı tam olarak verilemez. Ancak büyük parçacıklar üzerine adsorbe olmuş miktarını ölçmek mümkündür.



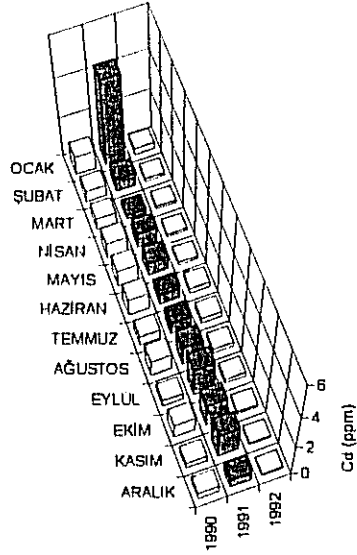
Şekil 3g. 1990-1991 yılları arasında naylon ağ tekniği ile toplanan örneklerdeki aylık ortalama Cr derişimi.



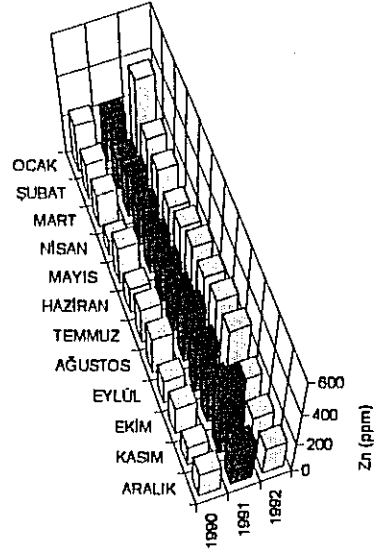
Şekil 3h. 1990-1991 yılları arasında naylon ağ tekniği ile toplanan örneklerdeki aylık ortalama Ni derişimi.



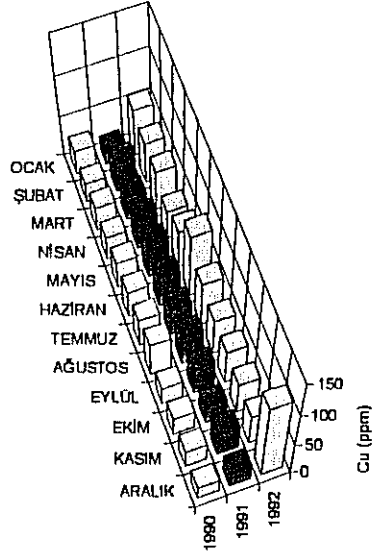
Şekil 3i. 1990-1991 yılları arasında naylon ağ tekniği ile toplanan örneklerdeki aylık ortalama Pb derişimi.



Şekil 3j. 1990-1991 yılları arasında naylon ağ tekniği ile toplanan örneklerdeki aylık ortalama Cd derişimi.



Şekil 3k. 1990-1991 yılları arasında naylon ağ tekniği ile toplanan örneklerdeki aylık ortalama Zn derişimi.



Şekil 3l. 1990-1991 yılları arasında naylon ağ tekniği ile toplanan örneklerdeki aylık ortalama Cu derişimi.

III.2. Yüksek debili pompa ile toplanan örnekler:

Yüksek debili pompalarla 1992 yılı içerisinde 235 örnek alınmıştır. Whatman-41 filtre kağıtları üzerine toplanan örnekler HF/HNO₃ karışımı ile parçalanmış ve bilgisayara bağlı tam otomatik atomik absorpsiyon spektrofotometresi (GBC 906) ile toplam 12 metalin (Al, Fe, Mn, Ni, Cr, Cd, Pb, V, Zn, Na, Ca, Mg) ölçümleri yapılmıştır. Analitik yöntem hakkında detaylı bilgi 1991 yılı raporunda verilmiştir.

III.3. Akdeniz'de ölçülen metal konsantrasyonlarının literatür değerleriyle karşılaştırılması:

Yüksek debili pompa ile toplanan örneklerde yapılan metal analizlerinin ortalama değerleri ve standart sapmaları Tablo 1'de toplu olarak özetlenmiştir.

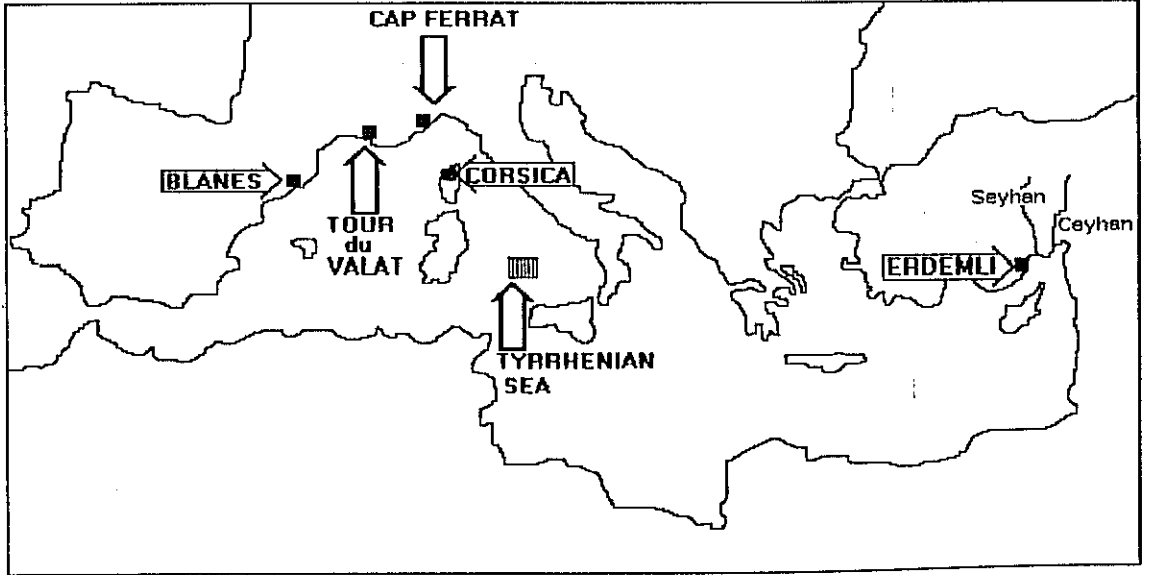
Tablo 1. Yüksek debili pompa ile toplanan örneklerdeki ortalama toz yükü ($\mu\text{g m}^{-3}$) ve metal derişimleri (ng m^{-3}).

	aritmetik ortalama	geometrik ortalama	σ	min	max
Al	1310	660	1940	20	14840
Fe	1400	730	2590	40	30390
Mn	20	13	22	1.1	191
Cr	13	9	12	0.1	61
Ni	7.5	5.6	5.9	0.1	45
Co	0.84	0.46	1.15	0.01	10.5
V	10.2	7.7	7.5	0.29	38
Zn	27	19	26	1.5	206
Pb	59	30	92	1.4	733
Cd	0.36	0.25	0.41	0.02	3.7
Ca	5390	3600	5500	420	52800
Mg	1930	1330	2100	70	16750
Na	3500	1990	5210	44	44960
Toz yükü	16	8	24	0.26	183

Görüldüğü gibi elementlerin standart sapma değerleri çok yüksektir. Atmosferden toplanan örneklerin analiziyle

oluşan veri setlerinde bu tür yüksek standart sapma değerleri her zaman görülmekte olup, nedenleri analitik hatalar değil, metal konsantrasyonların zaman içerisinde gerçekten çok değişmesidir. Bunun gibi zaman içerisinde büyük değişim gösteren parametrelerde ortalama değerler alınırken geometrik ortalama tercih edilmektedir.

EROS 2000 projesi çerçevesinde Akdeniz'in batısında atmosferik örnekleme yapan istasyonlar toplu olarak Şekil 4'te verilmiştir. Görüldüğü üzere bu tip çalışmalar batı Akdeniz'de uzun süreden beri varken doğu Akdenizde böyle bir veri seti henüz yeni oluşmaktadır. Bu çalışmanın temel amaçlarından biri de ilerideki atmosferik çalışmalara temel oluşturabilecek veri setinin hazırlanması ve değişimlerin zaman içerisinde izlenmesidir. Tablo 2'de EROS-2000 projesi çerçevesinde toplanan veri seti özetlenmiştir.



Şekil 4: Batı Akdenizdeki atmosferik örnekleme yapılan istasyonların konumları.

Tablo 3'de Karadeniz ve Tiren Denzinde araştırma gemileriyle toplanmış örneklerin analizinden elde edilen sonuçlar özetlenmiştir. Bu iki çalışmada toplanan örnek

sayısı sefer süresi ile kısıtlı olduğu için bölgenin atmosferini tamamıyla temsil ettikleri söylenemez. Tiren Denizinde toplanan örneklerde naylon ağ tekniği kullanılarak örnekleme yapıldığı için, bu çalışmada elde edilen sonuçlar değerlendirilirken yapay (antropojenik) orijinli elementlerin derişim değerlerinin verilen değerlerden daha yüksek olacağı gerçeğini gözönünde bulundurmak gerekir.

Toplanan atmosferik örneklerde metal analizlerinin yanısıra $\text{NO}_3+\text{NO}_2\text{-N}$ ve $\text{PO}_4\text{-P}$ analizleri de yapılmıştır. Atmosferik parçacıklar üzerinde bulunan besin tuzlarının ($\text{NO}_3+\text{NO}_2\text{-N}$ ve $\text{PO}_4\text{-P}$) analizleri otoanalizör ile yapılmış ve analiz yöntemi 1991 yılı raporunda verilmiştir. Burada yöntemle ilgili detaylara girilmeyecektir. Analiz yöntemini kısaca özetlersek; filtrelerin 1/8'i 60 mL distile-deiyonize su ile 30 dakika süreyle çalkalandı ve çözölen miktar çözeltide tayin edildi.

Tablo 2. Kuzeybatı Akdeniz'de toplanan örneklerdeki metal derişimlerinin geometrik ortalamaları (ng m^{-3}).

	Blanes ⁽¹⁾	Cap Ferrat ⁽²⁾	Tour du Valat ⁽³⁾	Corsica ⁽⁴⁾
Al	398	370	380	168
Fe	316	320	275	144
Mn	10	11	13	5.3
Cr	1.8	2.5	--	--
Ni	5.5	2.8	--	--
Co	0.2	0.17	--	--
Zn	50	41	60	19
Pb	50	58	56	19
Cd	0.6	0.36	0.51	--

⁽¹⁾Chester ve diğ., (1991)

⁽²⁾Chester ve diğ., (1990)

⁽³⁾Guieu, (1991)

⁽⁴⁾Bergametti, (1989)

Tablo 3. Karadeniz ve Tiren Denizinde toplanan atmosferik örneklerdeki metal derişimlerinin aritmetik ortalaması (ng m^{-3}) ve toz yükü ($\mu\text{g m}^{-3}$).

	Karadeniz ⁽¹⁾	Tiren Denizi ⁽²⁾
Al	960±455	1747±1830
Fe	1380±955	1236±1382
Mn	20±20	17±21
Cr	9.2±9.0	3.3±3.2
Ni	4.8±2.7	3.4±3.8
Co	0.14±0.12	---
V	1.15±1.43	5±5.6
Zn	17±16	23±30
Pb	19±13	16±18
Cd	1.45±1.28	0.11±0.15
Ca	600±690	830±1714
Mg	620±550	515±800
Na	470±2140	---
Toz Yüğü	--	24±27

⁽¹⁾ Kubilay ve diğ., (1995) ⁽²⁾ Guerzoni ve diğ., (1989)

Tablo 4. Atmosferik parçacıklarda ölçülen besin tuzu konsantrasyonları ($\mu\text{g m}^{-3}$).

	NO ₃ +NO ₂ -N			PO ₄ -P		
	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
Bu çalışma	1.26	0.83	0.01-4.2	0.025	0.05	0.00004-0.36
Batı Akd.	1.25	1.34	0.07-5.46	0.005	0.008	0.0-0.08

1: Aritmetik ortalama;
2: Standart sapma;
3: Ölçüm aralığı

Atmosferden denize giren besin tuzlarının önemi, birincil üretime (primary productivity) katkıları anlaşıldıktan sonra artmıştır. Bu çalışmada aerosollerde ölçülen besin tuzlarının sonuçları Batı Akdeniz'de yapılmış olan bir çalışmayla (Alarcon ve Cruzado, 1990) karşılaştırmalı olarak Tablo 4'te verilmiştir.

Elde edilen sonuçlardan besin tuzlarının doğu Akdenize çökme hızları hesaplanmış ve Tablo 5'te verilmiştir.

Karşılaştırma açısından doğu Akdenize diğer kaynaklardan olan girdiler de aynı tabloda özetlenmiştir. Atmosferden doğu Akdenize olan akı hesaplamalarında kuru çökeltme hızının 0.2 cm san^{-1} olduğu kabul edilerek nitrat ve fosfat için Doğu Akdenize olabilecek kuru çökeltme miktarı, yağmur sularında ölçülen nitrat ve fosfat değerleri kullanılarak da yağ çökeltme miktarı hesaplanmıştır. Doğu Akdenizin yüzey alanının $3.2 \times 10^5 \text{ km}^2$ olduğu göz önüne alınarak yapılan hesaplamalara göre, atmosferden Doğu Akdenize 1992 yılında toplam (kuru+yağ) 1.4×10^5 ton azot ve 2830 ton fosfat girdisi olmuştur. Atmosfer yoluyla doğu Akdenize taşınan fosfat ve nitrat miktarlarını diğer yollardan yapılan girdilerle (evsel atık, endüstriyel atık, zirai atıklar ve nehir girdileri) karşılaştırdığımızda, atmosfer yoluyla yapılan taşınımın çok önemli miktarlarda olduğunu görürüz. UNEP, 1984 raporunda atmosfer harici kaynaklardan (evsel, endüstriyel, zirai ve nehir) Doğu Akdenize toplam 19000 t y^{-1} fosfat ve 51000 t y^{-1} nitrat girdisinin var olduğu hesaplanmıştır. Buna göre atmosfer yoluyla taşınan azot miktarı diğer kaynakların toplamının yaklaşık üç katıdır. Atmosfer yoluyla taşınan fosfatın da toplam girdi içerisindeki oranı küçümsenemeyecek miktardadır ve diğer kaynaklardan yapılan girdi toplamının yaklaşık %15'ine eşittir. Karşılaştırma amacıyla değişik çalışmalarda hesaplanan fosfat ve nitrat girdileri Tablo 5'te verilmiştir.

Daha öncede değindiğimiz gibi literatürde bulunan Akdeniz atmosferine ait veriler batı Akdeniz'den toplanmış örneklere aittir. Bu verilerin değerlendirilmesi sonucunda görülmüştür ki Akdeniz atmosferine doğal ve yapay (antrapojenik) kaynaklardan taşınan elementler bu denizin jeokimyası üzerinde önemli bir rol oynamaktadır (Dulac ve diğ., 1987; Chester ve diğ., 1981, Chester ve diğ., 1984).

Tablo 5. Doğu Akdenize yıllık fosfat ve nitrat girdileri.

	fosfat x10 ³ t/y	nitrat x10 ³ t/y	Kaynak
Evsel atık	0.24	1.9	UNEP, 1984
Evsel atık	0.14	0.03	Yemenicioğlu ve diğ. 1993
Endüstriyel	0.05	0.5	UNEP, 1984
Endüstriyel	0.05	0.05	Yemenicioğlu ve diğ. 1993
Zirai atıklar	5.6	12.2	UNEP, 1984
Zirai atıklar	5.6	12.2	Yemenicioğlu ve diğ. 1993
Nehir	13	36	UNEP, 1984
Nehir	2.64	11	Yemenicioğlu ve diğ. 1993
Atmosfer	2.83	140	(bu çalışma)

Atmosferik parçacıklarda ölçülen elementlerin derişimlerinin zaman içerisinde çok değişken olmasından dolayı atmosferden denize akı miktarlarının hesaplanması oldukça zordur. Bu çalışmanın sonuçlarından da görüleceği üzere atmosferik parçacıklarda ölçülen elementlerin derişimleri gün mertebesinde bile büyük miktarda değişmektedir. Bunun nedeni meteorolojik şartların (hava kütlelerinin kaynakları ve yağışların dağılımı, nisbi nem oranı gibi) değişkenlik göstermesidir. Son yıllarda gerçekleştirilen atmosferik parçacıkların izlenmesi konulu örnekleme stratejileri çökeltme miktarlarının daha güvenilir bir biçimde hesaplanmasına olanak kılmıştır. Batı Akdeniz'de Korsika adasında yürütölen iki ayrı izleme programı sonucunda atmosferden denize çöken alüminasilikat yapısındaki toz ve elementlerin miktarları hesaplanmıştır (Loye-Pillot ve diğ., 1986; Bergametti, 1989). Batı Akdenizde toplanan aerosol örneklerindeki element konsantrasyonları da mevsimsel değişim göstermekte ve yağış miktarı ve frekansı ile ters orantılıdır. Öyle ki, elementlerin konsantrasyonları en yüksek değerlerine yağış miktarlarının az olduğu aylarda (Mayıs ve Ekim arasında) ulaşmaktadır. Alümina-silikat yapısındaki tozun göstergesi olan alüminyum ve demir gibi elementler, bölgeye uzun mesafeli taşınım ile ulaşan çöl

tozlarının bulunduğu bahar aylarında en yüksek konsantrasyon değerlerine ulaşmaktadır (Şekil 36, 37). Kurşun gibi yapay (antropojenik) kaynaklı elementler ise kuzeyden ve batıdan bölgeye taşınmaktadır.

Batı Akdenizde atmosferden denize çökelen toz miktarı (alüminasilikat minerali) $12125 \text{ mg m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır (Bergametti, 1987). Bu çalışmada 1992 yılında elde edilen bulgulardan Doğu Akdenize çökelen toz miktarı $20500 \text{ mg m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. Görüldüğü gibi Doğu Akdeniz için hesaplanan girdi miktarı Batı Akdeniz için verilenden yaklaşık iki kat daha fazladır. Batı Akdenizde yine aynı araştırmacı tarafından hesaplanan kurşun'nun atmosferden denize toplam (kuru+yaş) girdisi $29 \text{ mg-m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ olarak verilmiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlardan doğu Akdeniz için bizim hesapladığımız atmosferik kurşun girdisi (kuru+yaş) $11.45 \text{ mg m}^{-2} \text{ y}^{-1}$. Görüldüğü üzere yapay (antropojenik) kaynaklı olan kurşun elementinin batı Akdeniz'e olan yıllık akı miktarı aynı elementin doğu Akdeniz'e olan akı değerinin iki buçuk katıdır.

III.4. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngelerinin hesaplanması:

Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngelerinin hesaplanması için CRAY model bir bilgisayar ve bu bilgisayarda bulunana hazır program kullanıldı. Bu paket program standart basınç seviyesinde kafeslenmiş rüzgar elemanlarını (gridded wind components) 6 saat arayla alarak arşivlemektedir. Daha sonra bu veriler kullanılarak arşivlenmiş zaman aralıklarından daha küçük artışlarla doğrusal olarak hesaplar yapılır ve bir seri hava kütlesi paketleri elde edilir. Bu hava kütlesi paketlerinin konumları emlem, boylam, ve basınç cinsinden ifade edilir.

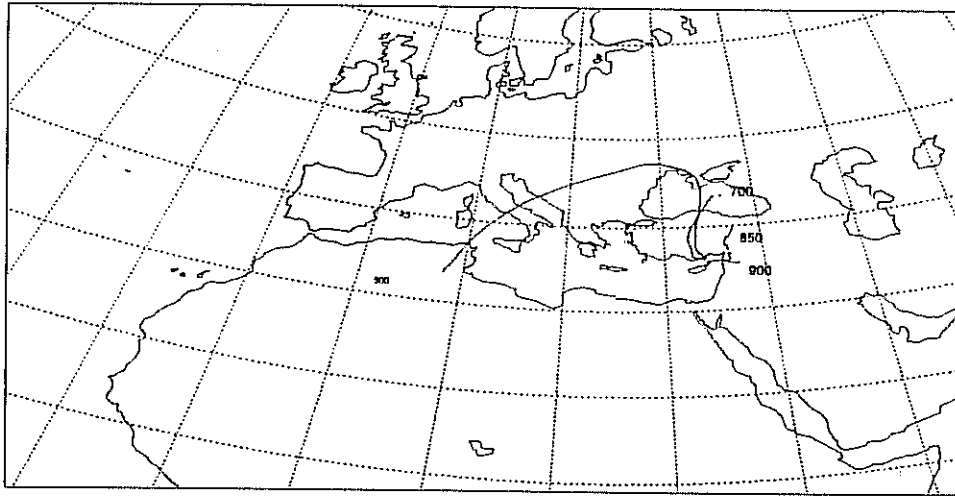
Bu çalışmada hava kütlesi paketlerinin hesaplanma sıklığı 1.5x1.5 derece ve 15 dakikadır. Bu model ile hem iki boyutlu hem de üç boyutlu yörüngeler elde etmek mümkündür. Bu model atmosferik taşınımı anlamayı mümkün kılmak için hem geleceğe dönük hem de geçmişe dönük hava kütlesi yörüngelerini hesaplamaya imkan verecek şekilde hazırlandı. Bu çalışmada kullanılan hava kütle yörüngeleri 3 boyutlu olarak hesaplandı ve yatay iz düşümleri alınarak harita üzerine yerleştirildi. Yörüngeler hesaplanırken örnekleme gününden itibaren 3 gün geriye gidilerek hava kütlelerinin bulunduğu konum hesaplandı ve yörüngeler ona göre çıkarıldı. Örneğin; örnekleme süresinin saat bazında ortasına rastlayan zaman diliminden başlayarak 3 gün geriye gidilip, 900 mba (988 m), 850 mba (1460 m), 700 mba (3000 m) ve 500 mba (5560 m) seviyelerdeki hava kütlelerinin 3 boyutlu geriye dönük yörüngeleri hesaplandı. 850 mba seviyesinin üstü bölgeler yerel hava hareketlerinden etkilenmekte fakat bu seviyenin altındaki basınçlardaki bölgeler yöresel hava hareketlerinden etkilenmemektedir. 850 mba ise bu iki bölge arasındaki sınırı oluşturmaktadır.

III.5. Atmosferdeki toz yükünün kaynaklarının hesaplanması (Hava Kütlelerinin yörüngeleri):

Bugüne kadar yapılan çalışmalar atmosferdeki toz yükünün zamana bağlı olarak değiştiğini göstermiştir. Şekil 49'da lokal yağışlar ve atmosferde ölçülen toz yükünün zamana bağlı olarak değişimi görülmektedir. Atmosferik toz yükünde meydana gelen bu değişimler yağışlardan olduğu kadar Sahra'dan gelen çöl orijinli toz parçacıklarından da kaynaklanmaktadır. Guerzoni ve diğ., (1989) yaptıkları çalışmalarda doğu Akdeniz atmosferindeki toz yükünün dünyadaki diğer denizlere oranla daha yüksek olduğunu göstermiştir. Orta Akdenizde kurulmuş olan örnekleme

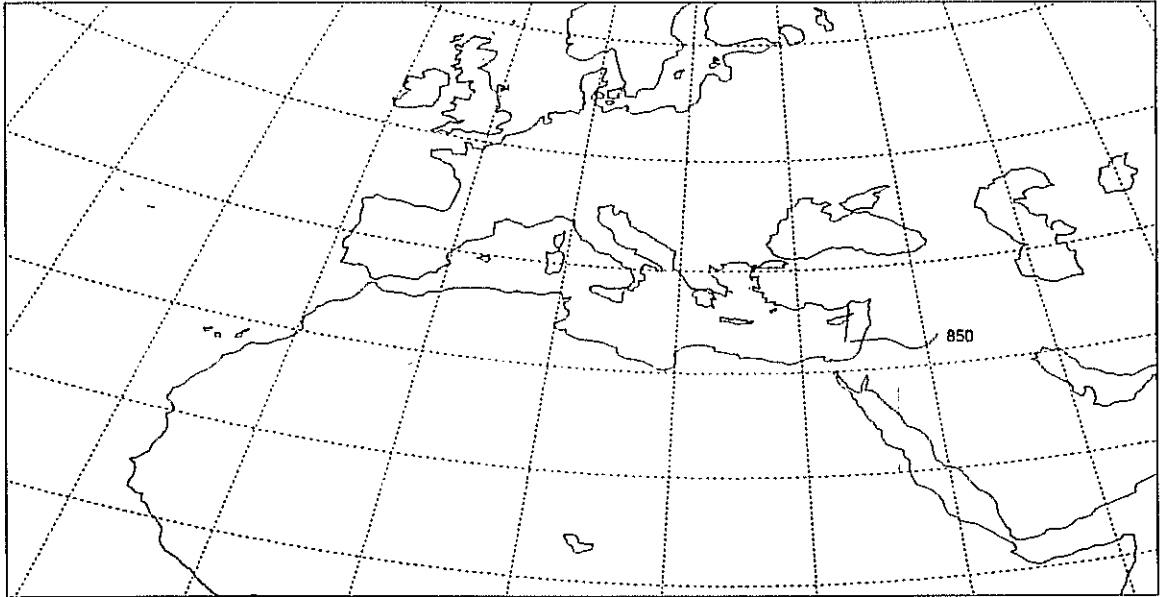
kulesinden yürütülen sürekli örnekleme programı neticesinde elde edilen bulgular atmosferdeki yüksek miktardaki toz yükünün Sahradan taşındığını ortaya koymuştur. Yapılan diğer çalışmalarda da bunu gösteren bulgular elde edilmiştir (Guerzoni et al. 1992). ODTÜ-Deniz Bilimleri Enstitüsünde yapılan çalışmalarda eşik değeri olarak kabul edilen toz yükü $30 \mu\text{g m}^3$ 'dür. Bu miktarı aşan toz yükünün ölçüldüğü tarihler saptanarak bu tarihlerde örnekleme bölgemizi etkileyen hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri (air mass back trajectories) hesaplanıp bölgemize ulaşan toz yükünün kaynakları ve hava kütlelerinin orijinleri saptanmıştır.

Bu çalışmanın kapsadığı süreç içerisinde eşik değeri olarak kabul edilen $30 \mu\text{g m}^3$ miktarını aşan atmosferdeki toz yükü ilk kez Ekim 1991'de ölçülmüştür (Şekil 49). 3 Ekim 1991'de ölçülen atmosferdeki toz yükü bu tarihe kadar ölçülen en yüksek miktarına ulaşmıştır ($287 \mu\text{g m}^3$). Bu tarihte örnekleme bölgemizi etkileyen hava kütlelerinin yörüngesi geriye dönük olarak hesaplanmış (air mass back trajectory) ve elde edilen yörüngeler Şekil 5'de gösterilmiştir. Bu hava kütlelerinin ve dolayısıyla taşıdığı toz yükünün Suriye kaynaklı olduğu Şekil 5'ten kolayca görülmektedir.



Şekil 5. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri Ekim 3, 1991 (12 h UT)

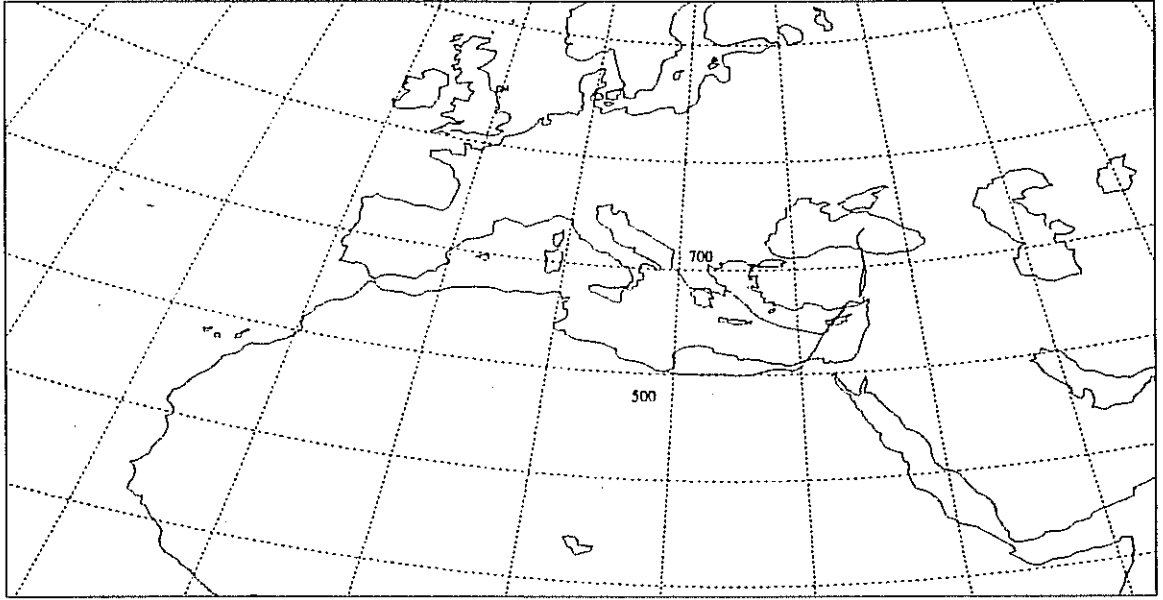
Şekil 5'teki hava kütlelerine ait yörüngeler incelendiği zaman düşük seviyeli yörüngeyi (900 mb) takip eden hava kütesinin Suriye üzerinden kaynaklandığı görülür. Öte yandan yüksek seviyeli yörüngeleri (500 mb, 700 mb) takip eden hava kütlelerinin Anadolu ve Balkanlar üzerinden kaynaklandığını görürüz. Yine 4 Ekim 1991'de 850 mb seviyesinde bölgemize ulaşan hava kütesinin yörüngesinin hesabı yapılmış ve bu hava kütesinin de Suriyeden geçtiği görülmüştür (Şekil 6). Şekil 5 ve 6'dan görüldüğü gibi düşük seviyeli yörüngeleri takip eden hava kütleleri örnekleme bölgesinde etkili olmakta ve bu bölgeye materyal taşımaktadır.



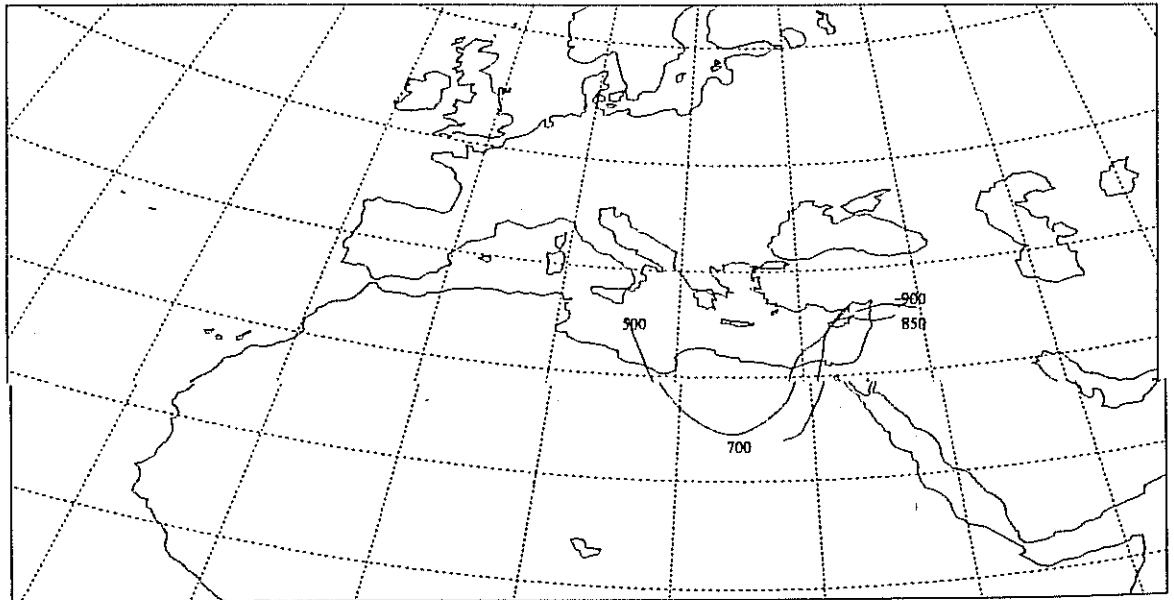
Şekil 6. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri Ekim 4, 1991 (12 h UT).

Atmosferdeki toz yükündeki ikinci artış ($40 \mu\text{g m}^3$) 12-13 Ekim 1991 tarihinde gözlenmiştir. Bu tarihlere ait hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri hesaplandığında 12 Ekim 1991 tarihli hava kütesinin Mısır kaynaklı, 13 Ekim 1991 tarihinde örnekleme yapılan hava kütesinin ise Suriye ve Mısır kaynaklı olduğu görülmüştür. Bu iki tarihte örneklenen hava kütlelerine ait "Geriye dönük hava kütesi yörüngesi" (air-mass back trajectory) yörüngeler Şekil 7 ve

Şekil 8'de verilmiştir. Böyle bir durumda hangi hava kütlelerinin baskın olduğunu ve gelen materyalin nereye ait olduğunu kestirmek zordur ve kaynak bölgesinin özellikleri çok önemlidir. Örneğin kaynak bölgesinin atmosfere sağlayacağı toz yükü potansiyeli önemlidir. Bölgenin atmosfere sağlayacağı toz yükü potansiyeli ise sinoptik ölçekli atmosferik dolaşımlara ve daha kısa ölçekte dikey taşınımına, havadaki nem oranına ve yağışlara bağlıdır.

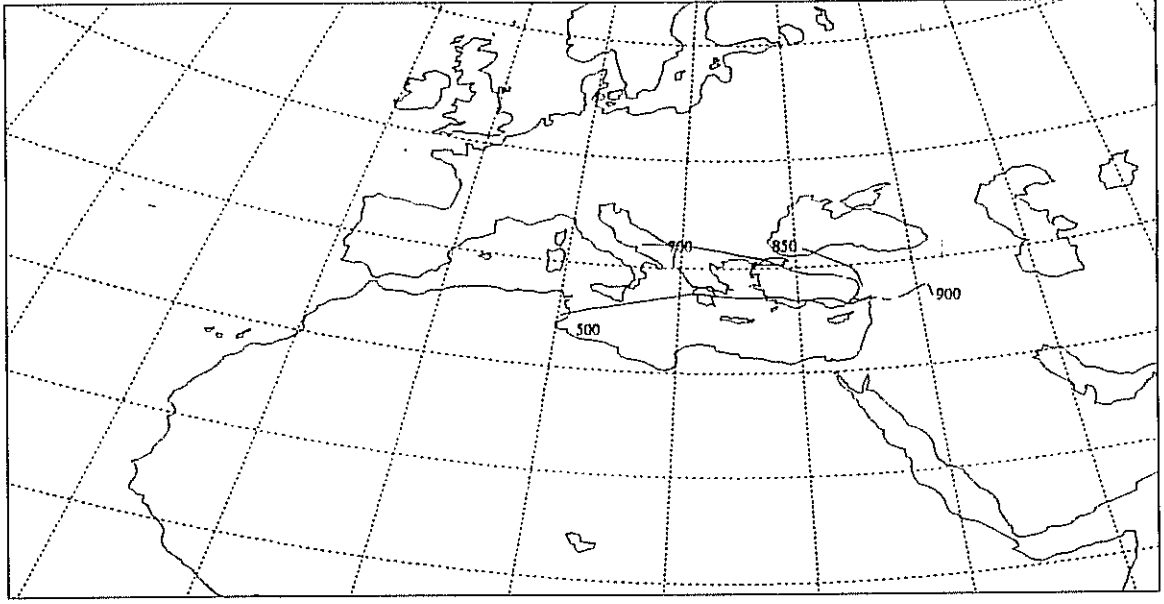


Şekil 7. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri Ekim 12, 1991 (12 h UT)

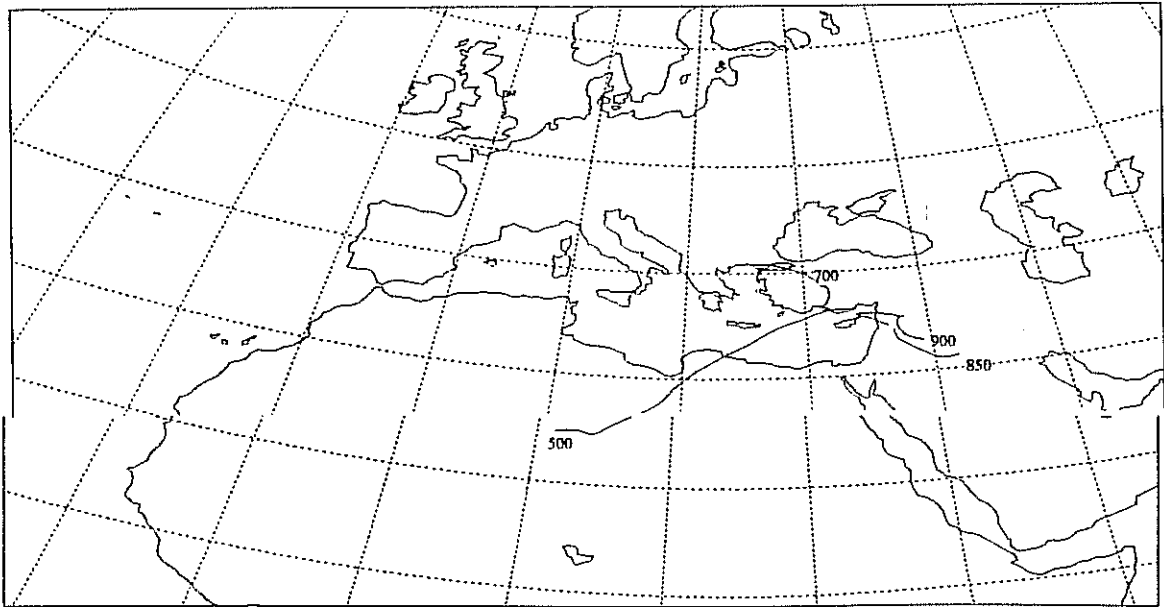


Şekil 8. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri Ekim 13, 1991 (12 h UT).

12-13 Ekim 1991'deki toz yükü artışına benzer bir durum da 21-22 Ekim 1991 tarihinde gözlenmiştir. Fakat burada gözlenen artış 12-13 Ekimdeki artış kadar yoğun olmamıştır ($34 \mu\text{g m}^3$) (Şekil 9 ve Şekil 10). Bu tarihlerdeki toz yükünün daha düşük olmasının nedeninin 19 Ekim 1991'de

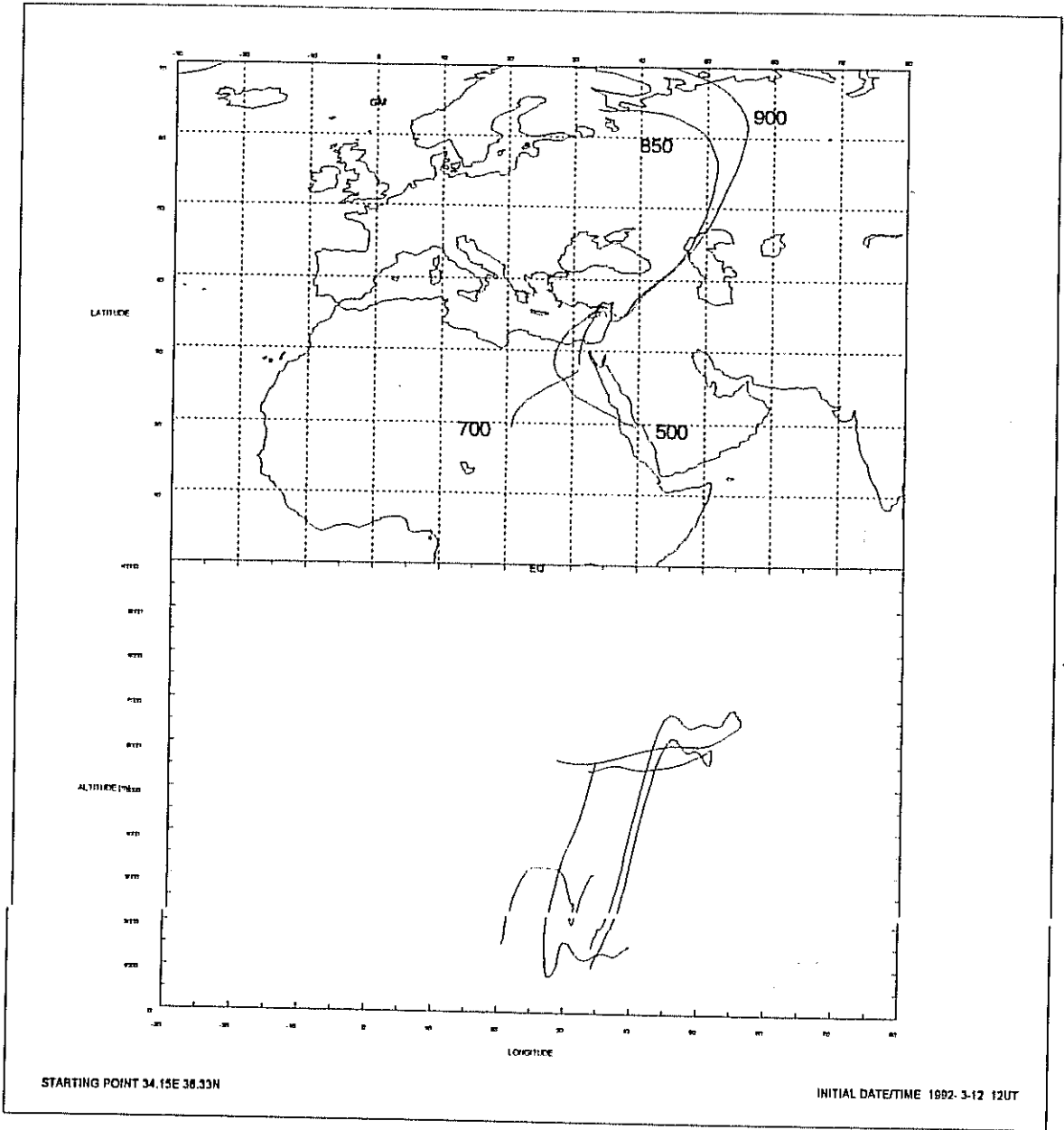


Şekil 9. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri Ekim 21, 1991 (12 h UT)

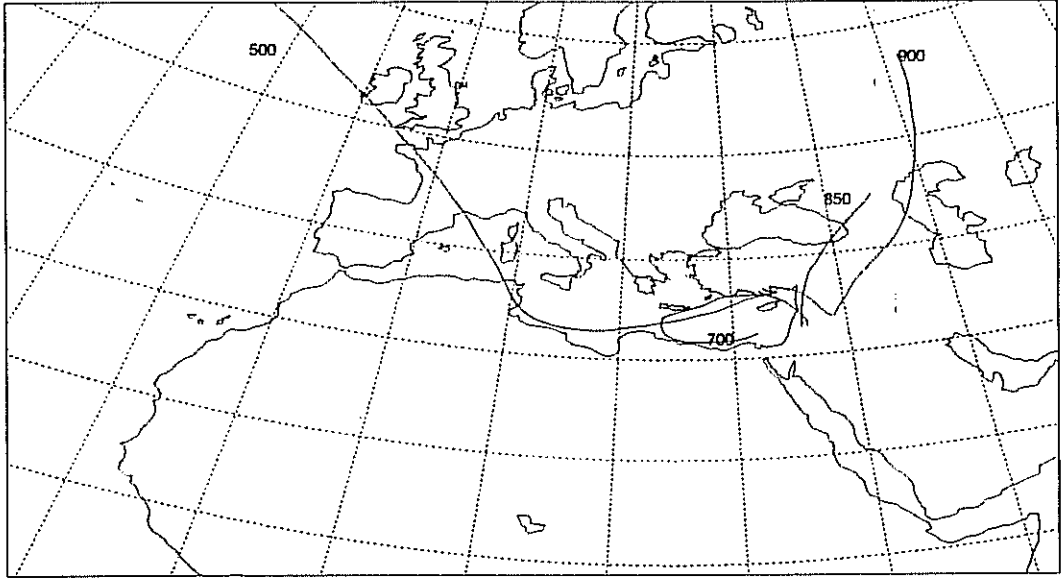


Şekil 10. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri Ekim 22, 1991 (12 h UT).

yoğun olarak yağın yağmurlar olduğu sanılmaktadır. Bilindiği gibi yağışlar atmosferdeki parçacıkları ve aynı zamanda çözünmüş maddeleri de yıkayıp yeryüzüne ve denizlere taşıyor. Dolayısı ile atmosferdeki yük yağış sonrası azalıyor. 22 Ekim 1991 tarihinden itibaren kış ayları süresince atmosferdeki toz yükünde herhangi bir artış görülmedi (Şekil 49). 1992'nin ilk artışı ise 12-13 Mart'ta gözlendi. 12-13 Mart 1992 tarihlerindeki atmosferik toz yükünde artış gözlenmesi bu tarihlerde örneklenen hava kütlelerinin orijinini araştırmamızı gerektirdi. Yapılan hesaplamalar bu tarihlerdeki yüksek seviyeli hava kütlelerinin yörüngesinin Sahradan geçtiğini düşük seviyedeki hava kütlelerinin ise kuzeyden geldiğini göstermiştir. Şekil 11 ve Şekil 12'de 12-13 Mart 1992 tarihlerinde örneklenen hava kütlelerinin takip ettiği yörüngeler görölmektedir. Bu tarihlerde ölçölen atmosferik toz yükü $98 \mu\text{g m}^3$ 'tür.

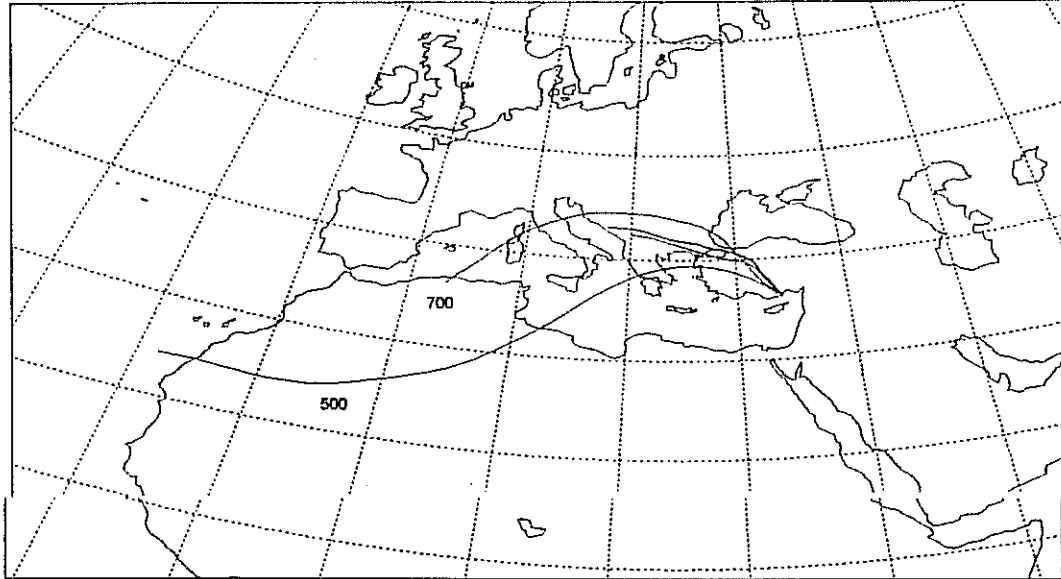


Şekil 11. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri Mart 12 1992 (12 h UT). Üstteki yörüngeler hava külesinin yatay hareketini alttaki yörüngeler ise dikey hareketini göstermektedir..

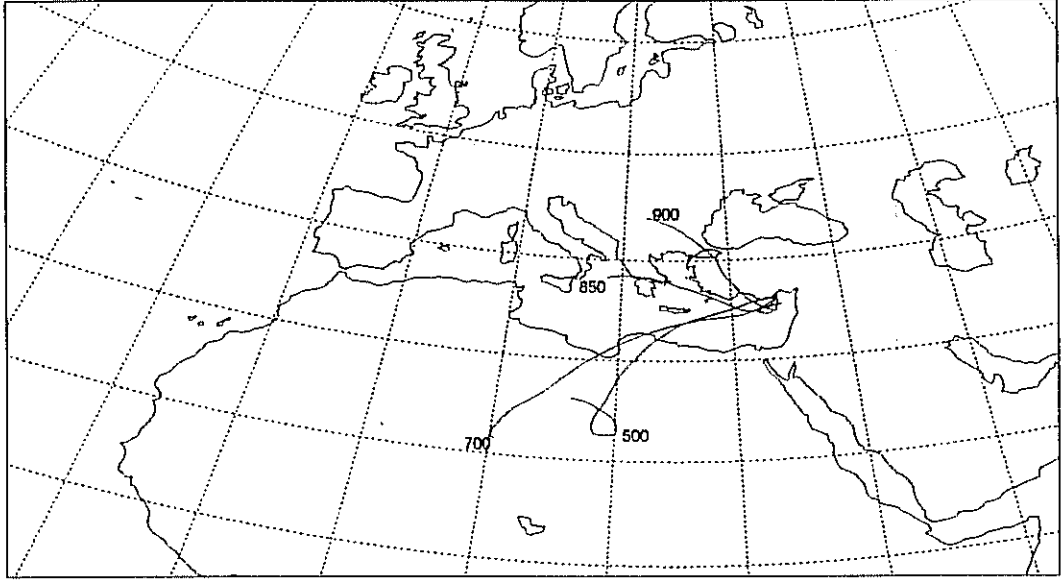


Şekil 12 Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri Mart 13, 1992 (12 h UT)

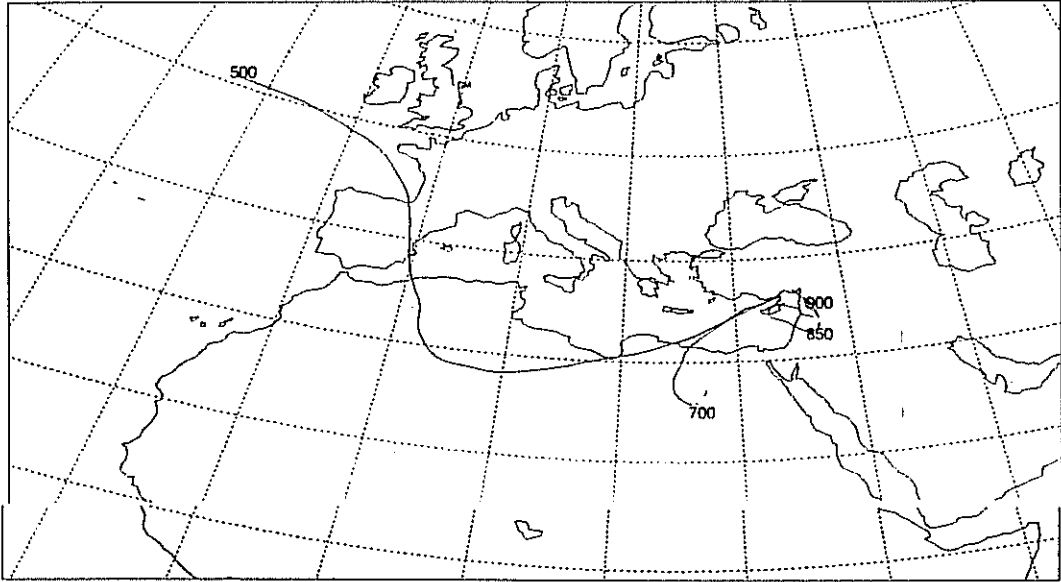
Nisan 1992'de atmosferdeki toz yükünde iki kez artış görüldü. Bunlardan ilki 7 Nisanda başlayıp 12 Nisanda sona erdi. Bu artış çalışmalarımız süresince karşılaştığımız en uzun süreli artış oldu. Bu örnekleme süresinde 9 Nisanda örneklenen hava kütlelerinin tamamen Sahra orijinli olduğunu görürüz.



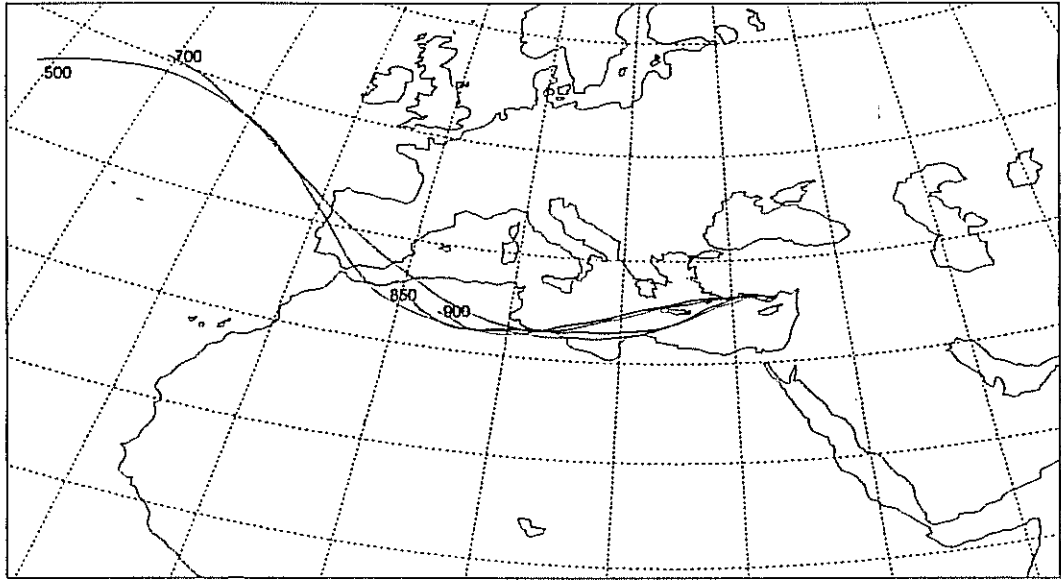
Şekil 13. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri Nisan 6 1992 (12 h UT)



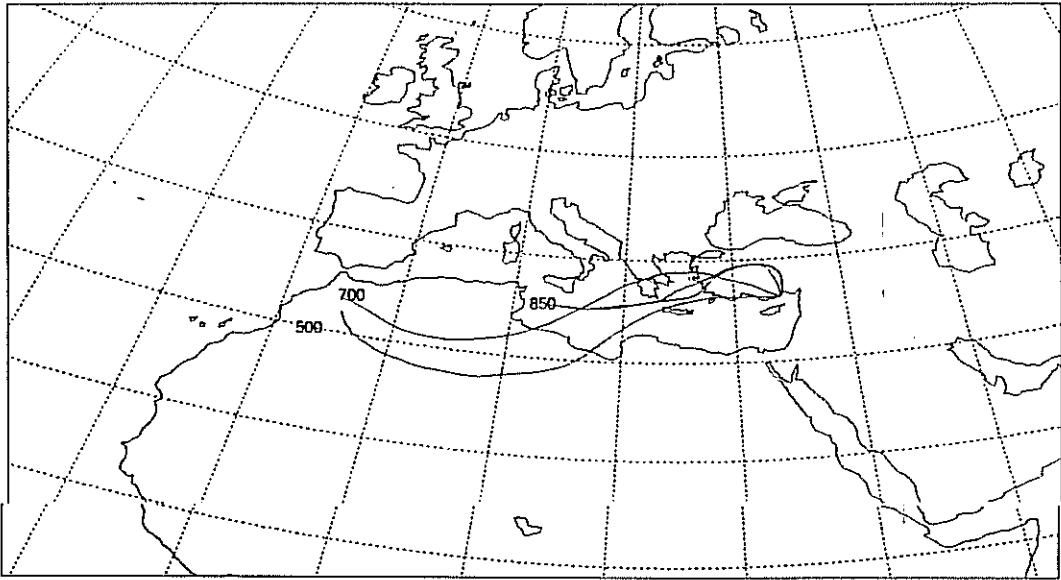
Şekil 14. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri Nisan 7 1992 (12 h UT) .



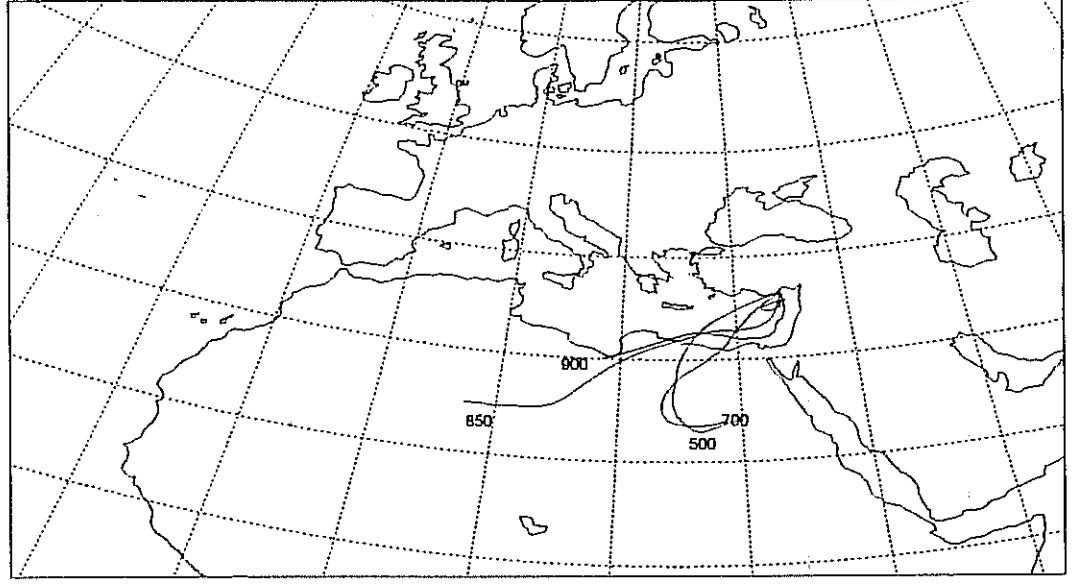
Şekil 15. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri Nisan 8 1992 (12 h UT) .



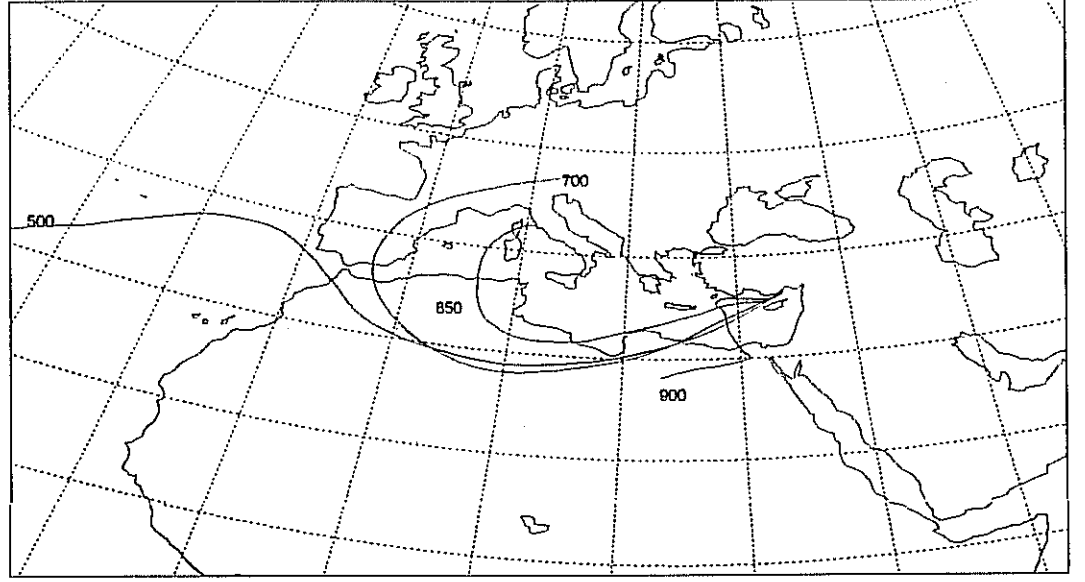
Şekil 16. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri Nisan 9 1992 (12 h UT)



Şekil 17. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri Nisan 10 1992 (12 h UT)

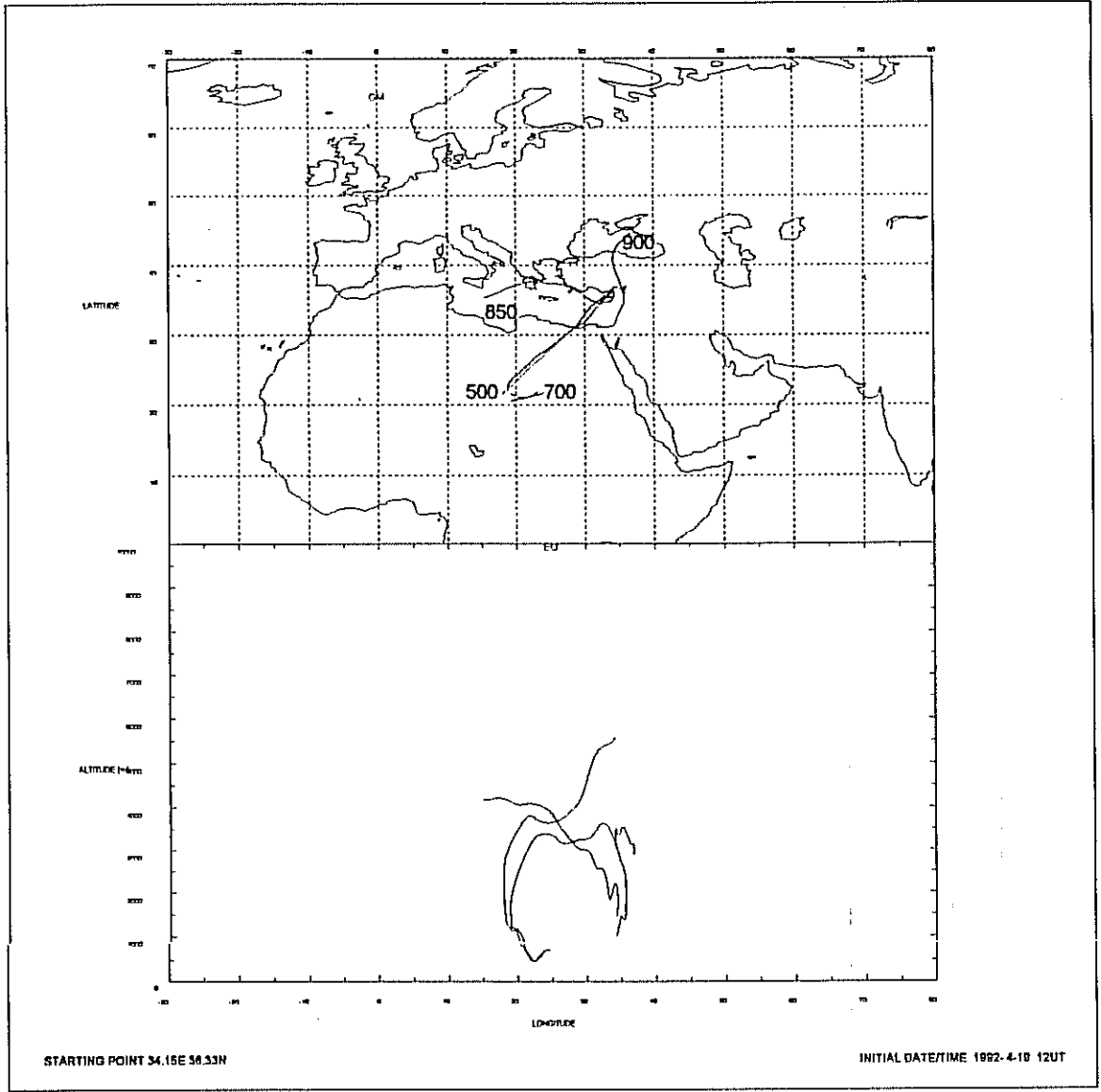


Şekil 18. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri Nisan 11 1992 (12 h UT)



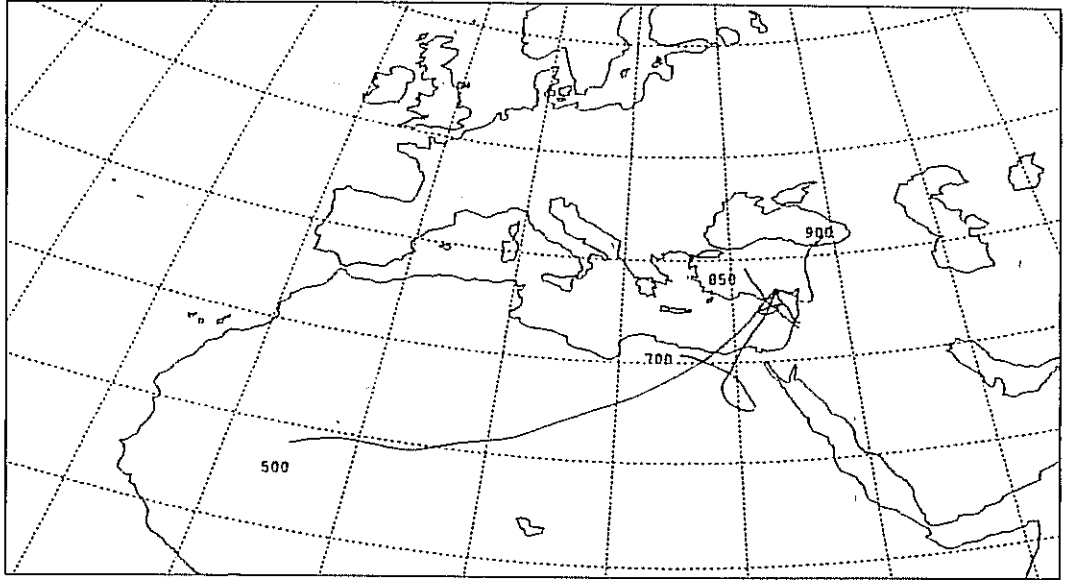
Şekil 19. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri Nisan 12 1992 (12 h UT).

Nisan ayında toz yükündeki ikinci artış 19-21 Nisan tarihleri arasında oldu. Bu artış sırasında elde edilen

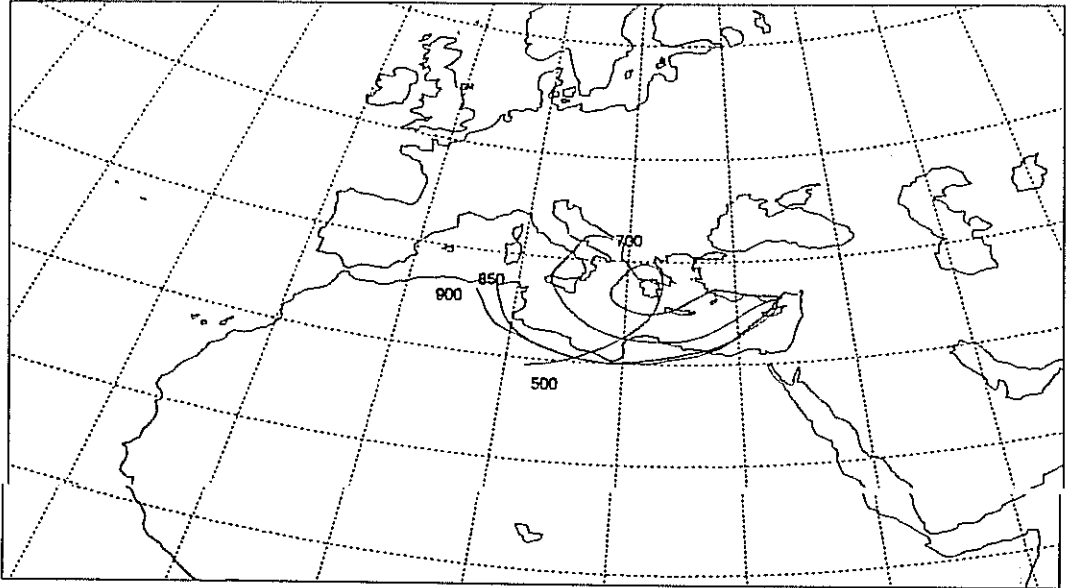


Şekil 20. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri Nisan 19 1992 (12 h UT).

hava kütleleri yörüngelerine baktığımızda hepsinin yüksek seviyeli yörüngelerinin Sahra'dan geçtiğini görürüz.

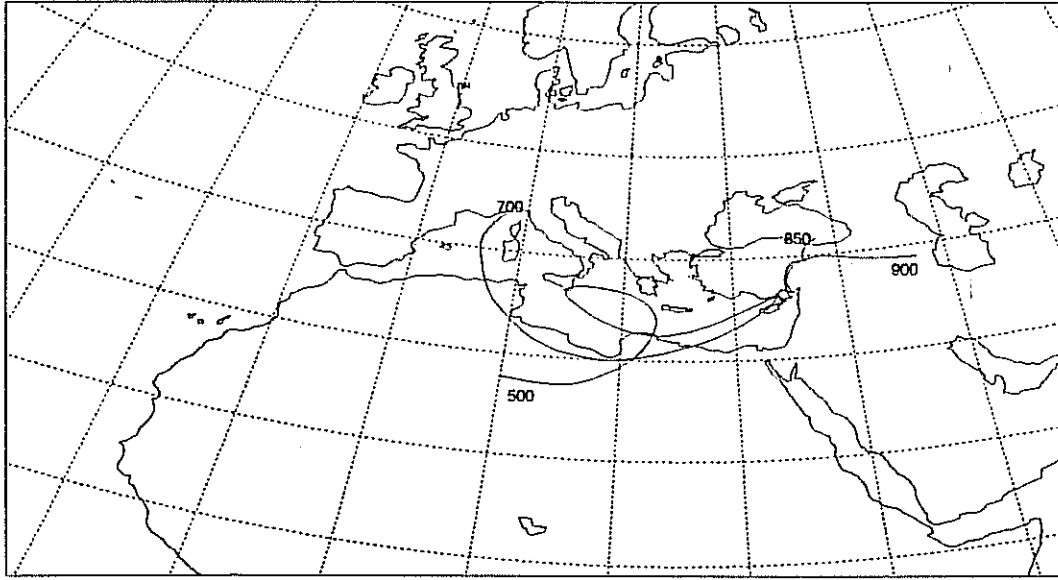


Şekil 21. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri Nisan 20 1992 (12 h UT)

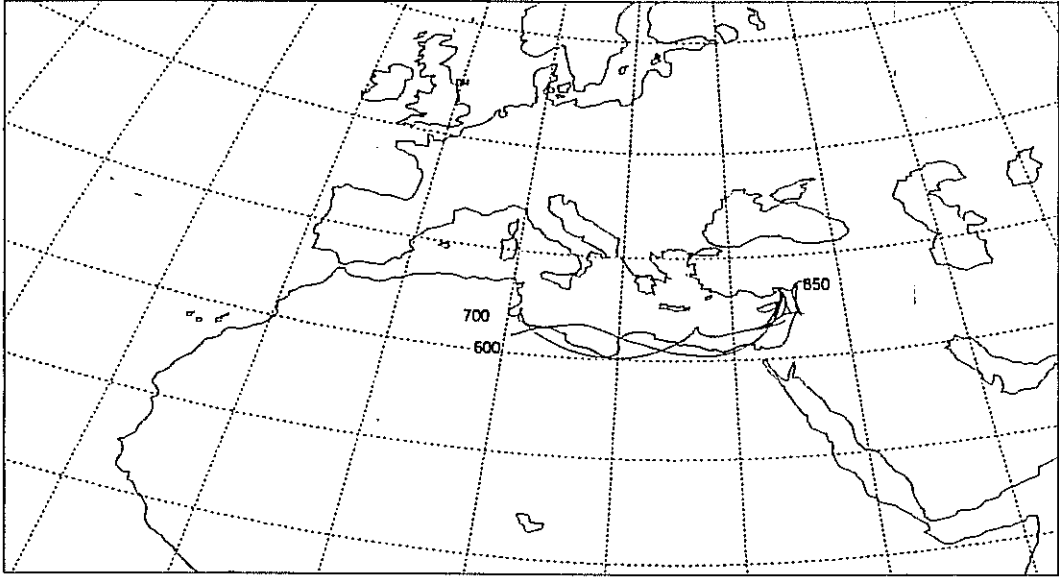


Şekil 22. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri Nisan 21 1992 (12 h UT).

Mayıs ayının ilk haftası içerisindeki örnekleme döneminde atmosferik toz yükünde iki kez artış görülmüştür. Her iki artış süreci de ikişer günlük zaman dilimlerini kapsamaktadır. Bunlardan birincisi 4-5 Mayıs 1992 tarihlerindeki örnekleme dönemini, ikincisi ise 7-8 Mayıs 1992 tarihlerindeki örnekleme dönemini kapsamaktadır. Bu iki artışla ilgili örnekleme yapılan hava kütlelerinin yörüngeleri Şekil 23 ve Şekil 24'te verilmiştir. Bu tarihlerdeki hava kütlelerinin yörüngeleri incelendiğinde her iki hava kütlelerinin de Sahra orijinli olduğu ve toplana atmosferik toz yükünün Sahra çölünden kaynaklandığı görülmektedir. 4-5 Mayıs 1992 tarihlerinde ölçülen toz yükü miktarının iki günlük ortalaması $39 \mu\text{g m}^{-3}$ 'tür. 7-8 Mayıs 1992 tarihlerinde ölçülen toz yükü miktarının iki günlük ortalaması ise $139 \mu\text{g m}^{-3}$ 'tür



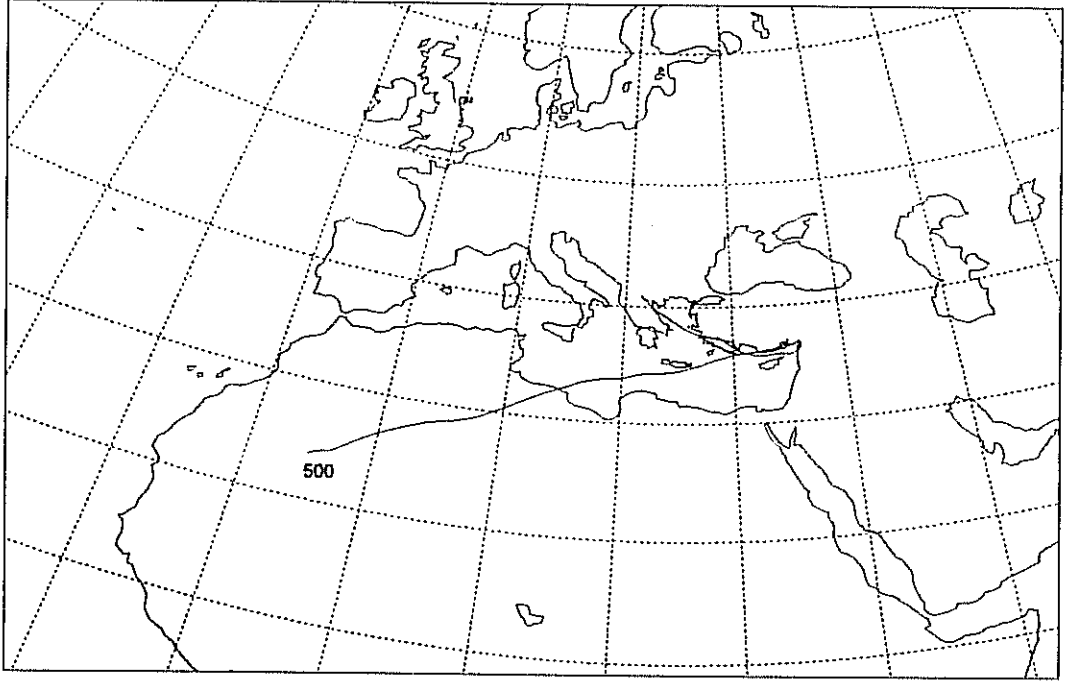
Şekil 23. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri Mayıs 4 1992 (12 h UT).



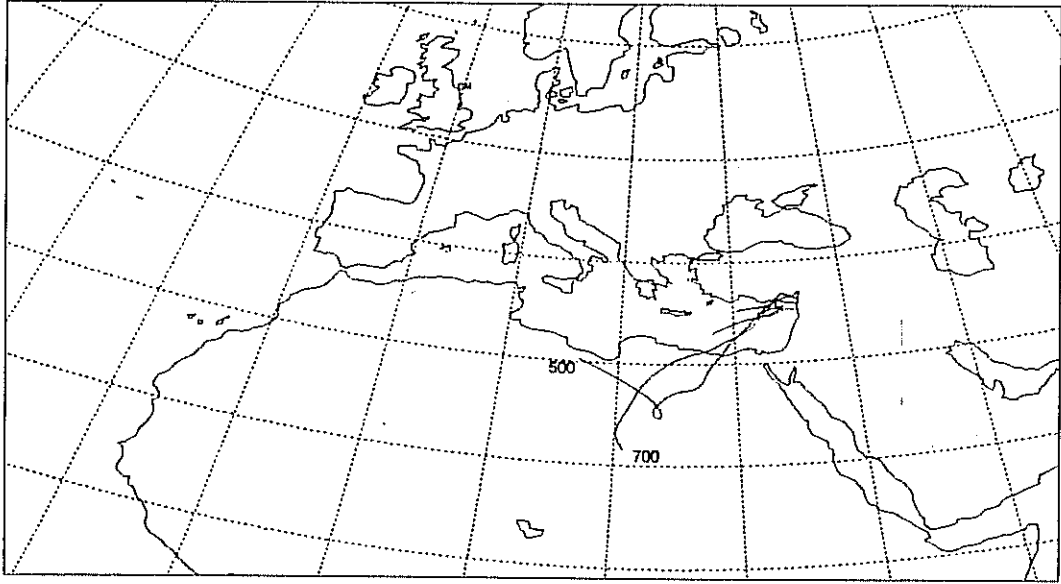
Şekil 24. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri Mayıs 8 1992 (12 h UT).

Mayıs ayının ilk haftasında gözlenen toz yükü artışını takip eden günlerde atmosferdeki toz yükü miktarı azalarak normal seviyesine ($30 \mu\text{g m}^{-3}$) gerilemiştir (Şekil 49) ve ayın son haftasına kadar bu seviyesini korumuştur. Mayıs ayının son haftasına gelindiğinde atmosferik toz yükünde üçüncü bir artış gözlenmiştir. Bu artış 26 Mayıs-29 Mayıs arasındaki tarihlere rastlayan dört günlük bir zaman dilimini kapsamaktadır. Bu dört günlük zaman dilimi içerisinde ölçülen ortalama atmosferik toz yükü miktarı $150 \mu\text{g m}^{-3}$ 'tür. Bu tarihlere rastlayan süre içerisinde örnekleme yapılan hava kütlelerine ait geriye dönük yörüngelerin hesapları yapılmış ve elde edilen yörüngeler Şekil 25, 26, 27, ve 28'de verilmiştir. Şekiller incelendiğinde 28 Mayıs günü örnekleme yapılan hava kütlelerinden düşük seviyeli olanlar Arap çölünden, yüksek seviyedeki hava kütleleri ise Sahra çölünden kaynaklanmaktadır, dolayısı ile bu tarihte toplanan örnekler hem Arap çölünün hem de Sahra çölünün etkisi altındadır. Yine Şekil 28'e bakıldığında 29 Mayıs günü örnekleme yapılan hava kütlelerinin tamamı (hem düşük seviyeli olanları hem de yüksek seviyeli olanları) Sahra

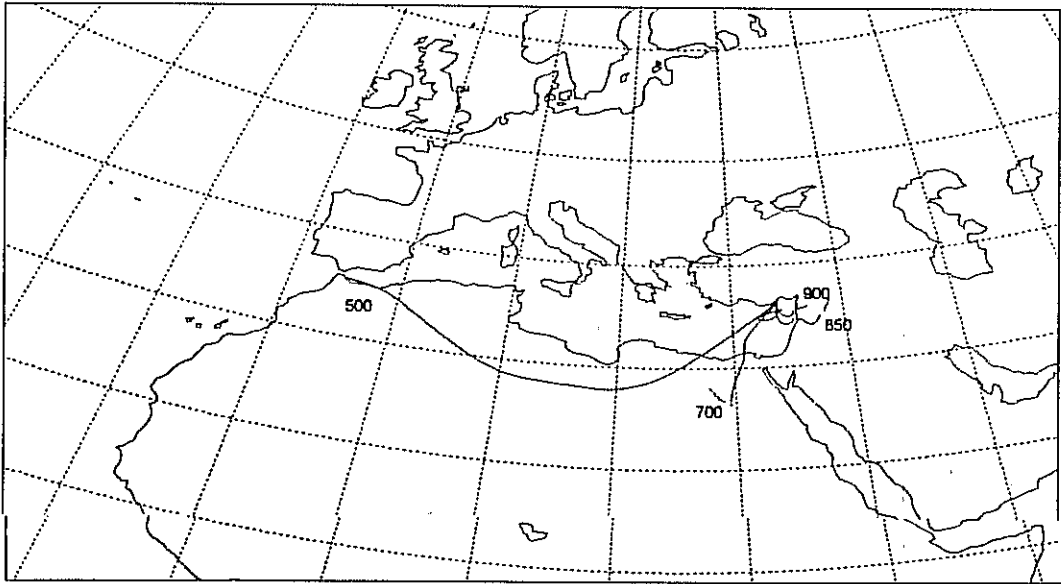
ölünden kaynaklanmaktadır, dolayısı ile taşıdığı materyal tamamen Sahra ölü orijinlidir ve bu tarihte alınan örnekler Sahra ölünden taşınabilen maddelerin özelliklerini temsil etmektedir. 29 Mayıs günü toplanan örneklerde ölçülen toz yükü miktarı göz önüne alındığında, bu güne kadar yapılan çalışmaları kapsayan süreç içerisinde ölçülen ve tamamını Sahra ölü orijinli olan en yüksek miktardaki atmosferik toz yükü bu tarihe rastlamaktadır. Bu olay Şekil 49'dan da kolayca görülebilmektedir.



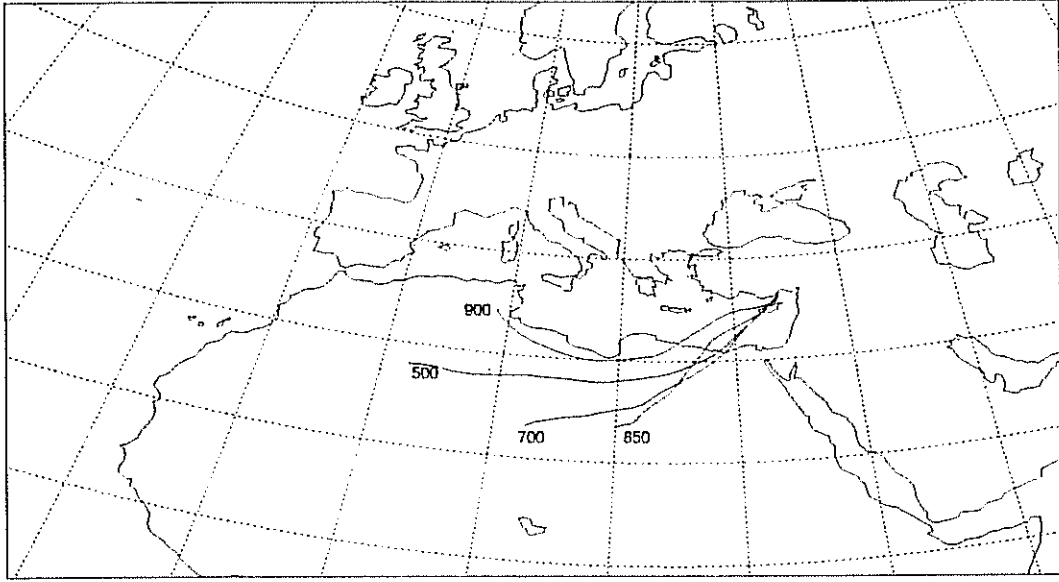
Şekil 25. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri Mayıs 26 1992 (12 h UT).



Şekil 26. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri Mayıs 27 1992 (12 h UT).



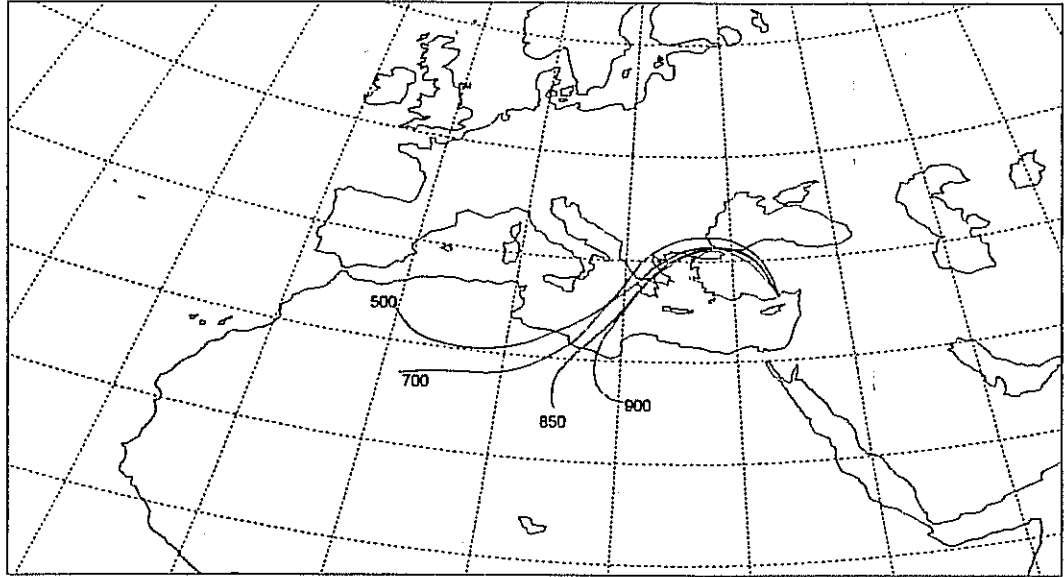
Şekil 27. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri Mayıs 28 1992 (12 h UT).



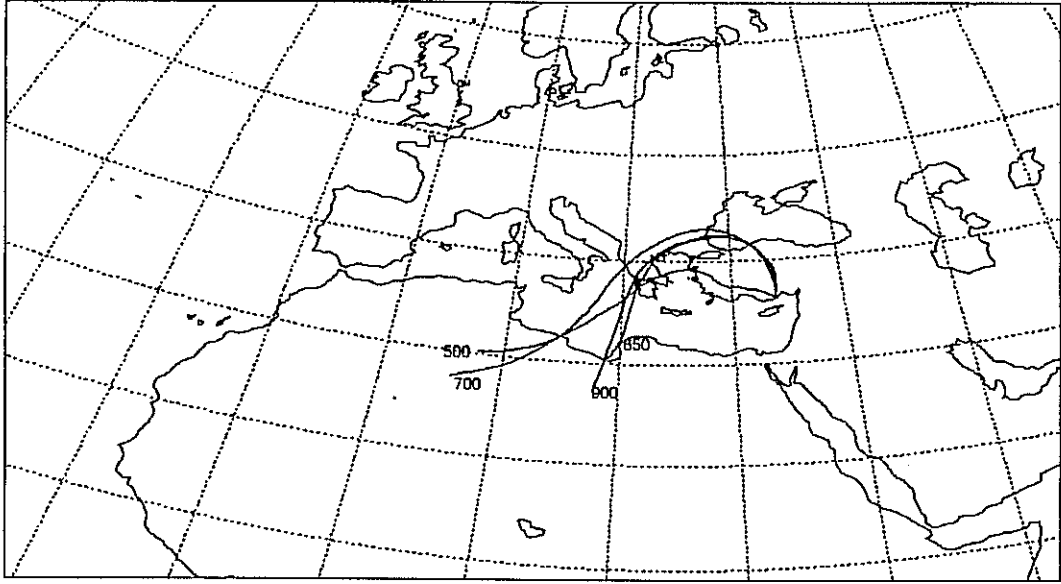
Şekil 28. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri Mayıs 29 1992 (12 h UT).

Mayıs ayından itibaren Ekim ayına kadar olan zaman dilimi içerisinde atmosferdeki toz yükünde kayda değer bir artış olmamıştır. Bu süre içerisinde atmosferik toz yükü miktarı eşik değeri olan $30 \mu\text{g m}^{-3}$ civarında kalmıştır. 6-8 Ekim tarihleri arasında toz yükünde ilk defa bir artış görülmüş ve bu artış üç gün süreli olmuştur. Bu üç günlük süre içerisinde ölçülen ortalama toz yükü miktarı $44 \mu\text{g-m}^{-3}$ 'tür. Bu tarihlerde örnekleme yapılan hava kütlelerinin geriye dönük üç gün süreli yörüngeleri hesaplanmış ve Şekil 29-31'de verilmiştir. Hava kütlelerinin yörüngelerinden (Şekil 29-31) görüleceği gibi bu dönemde örneklenen hem düşük hem de yüksek seviyeli hava kütleleri ve taşıdığı materyal Mayıs ayının son haftasında örneklenen hava kütleleri gibi tamamen Sahra çölünden kaynaklanmaktadır.

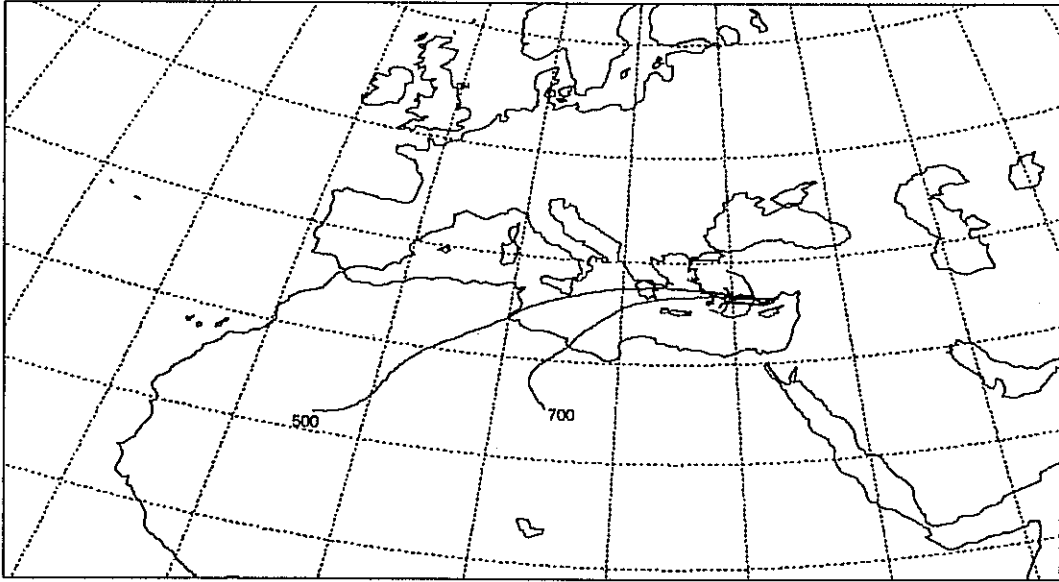
Ekim ayında atmosferik toz yükünde ikinci bir artış ise ayın 24 ve 25'inde tespit edilmiş ve birincisine oranla daha kısa süreli olmuştur. Bu artışın ölçüldüğü günlere ait hava kütlelerinin üç günlük geriye dönük yörüngeleri hesaplanmıştır. Elde edilen hava kütle yörüngeleri 24 Ekim için Şekil 32'de ve 25 Ekim için ise Şekil 33'de verilmiştir. 24 Ekim günü ölçülen atmosferik toz yükü miktarı $45 \mu\text{g m}^{-3}$ 'tür ve 6-8 Ekim'deki olaya benzemektedir. Yani bu tarih'te de hem alçak seviyeli hava kütleleri hem de yüksek seviyeli hava kütleleri tamamen Sahra orijinli olup taşıdığı materyal Sahra çölu materyallerini temsil etmektedir. Şekil 32'den de görüleceği gibi 24 Ekim'de örnekleme bölgemize ulaşan hava kütlelerinin düşük seviyede olanının yörüngesi Libya kıyıları boyunca çok alçaktır (yer seviyesinde).



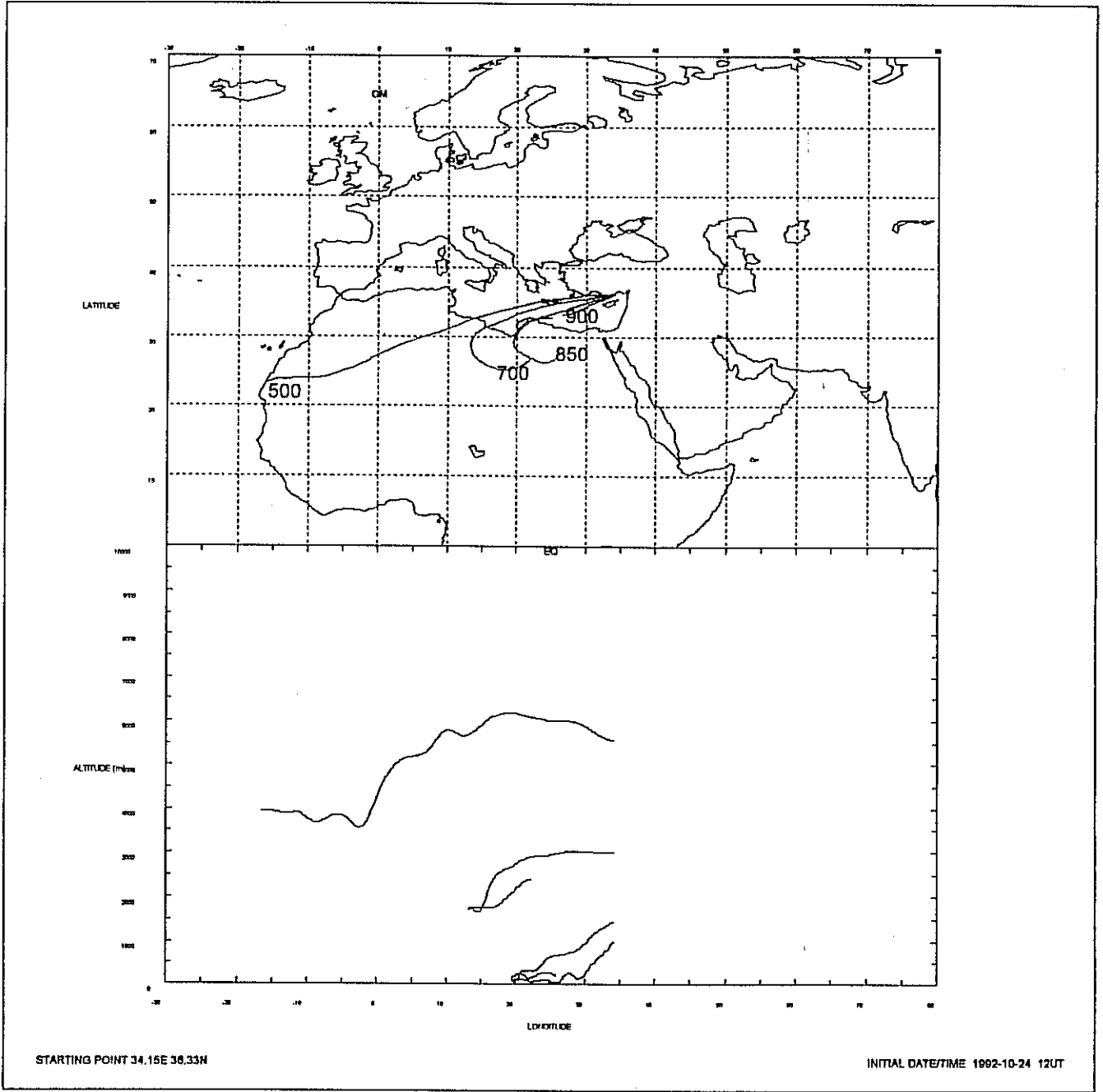
Şekil 29. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri Ekim 6, 1992 (12 h UT).



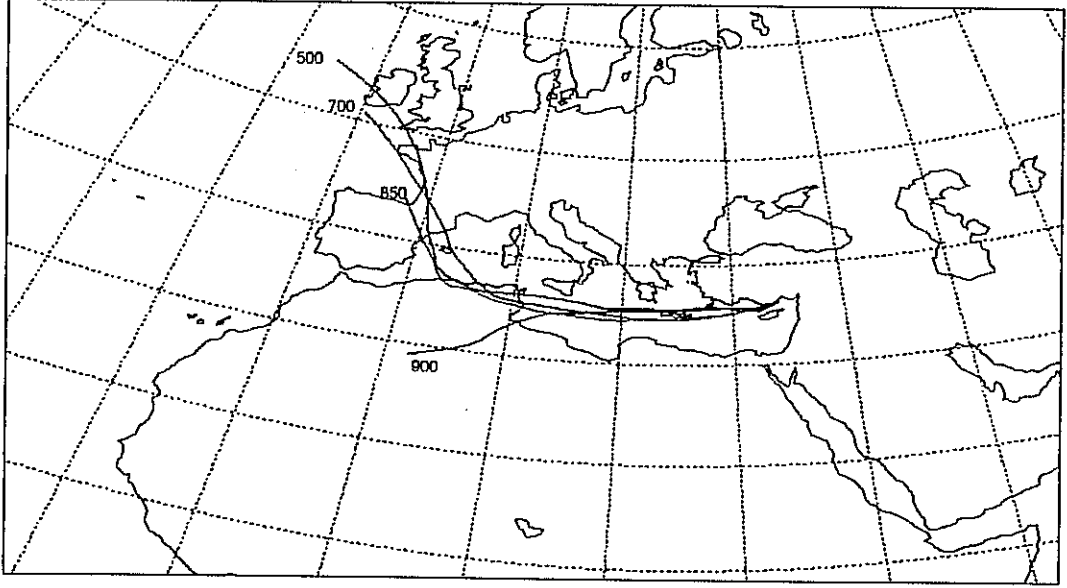
Şekil 30. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri Ekim 7, 1992 (12 h UT).



Şekil 31. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri Ekim 8, 1992 (12 h UT).



Şekil 32. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri Ekim 24, 1992 (12 h UT).



Şekil 33. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri Ekim 25, 1992 (12 h UT).

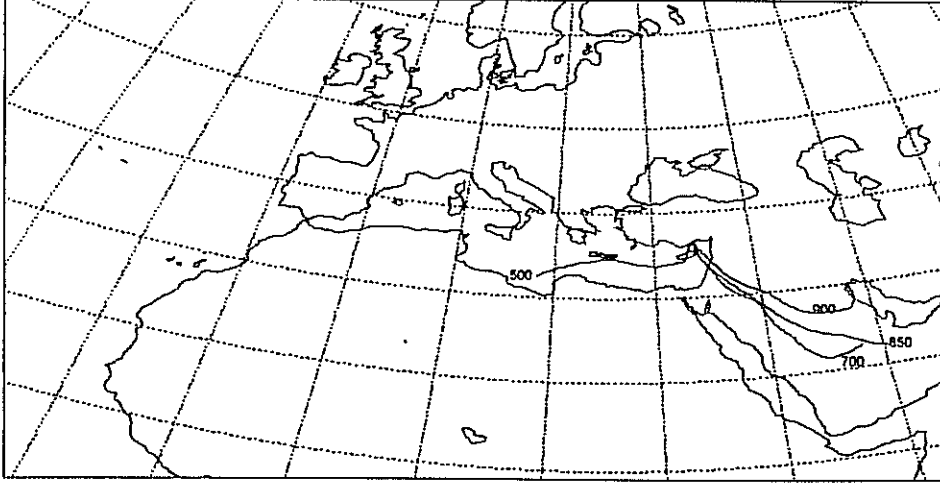
Öte yandan Şekil 33'ten de kolayca görüleceği gibi 25 Ekim tarihinde örneklenen hava kütleleri -900 mb seviyesinde bölgemize ulaşan hava kütlesi haricinde- tamamen Atlantik okyanusundan kaynaklanmakta ve örnekleme bölgemize toz yükü miktarı çok düşük olan hava kütlelerini taşımaktadır. Bu özellik 25 Ekim'de toplanan örneklerden de kolayca görülebilmektedir. 25 Ekim günü ölçülen atmosferik toz yükü miktarı 24 Ekim'de ölçülen toz yükü miktarının yarısından daha az bir seviyeye düşmüştür ($19 \mu\text{g m}^{-3}$).

Örnekleme atmosferindeki toz yükündeki bir başka artış da 3-5 Kasım 1992 tarihleri arasında olmuştur. Bu tarihlerde örnekleme bölgemize ulaşan hava kütlelerinin geriye dönük üç gün süreli yörünge hesaplamaları yapılmış ve Şekil 34-36'da verilmiştir. Bu dönemde ölçülen toz yükünün bir özelliği bu güne kadar geçen dönemi kapsayan çalışma süreci içerisinde ilk defa olarak örnekleme yapılan hava

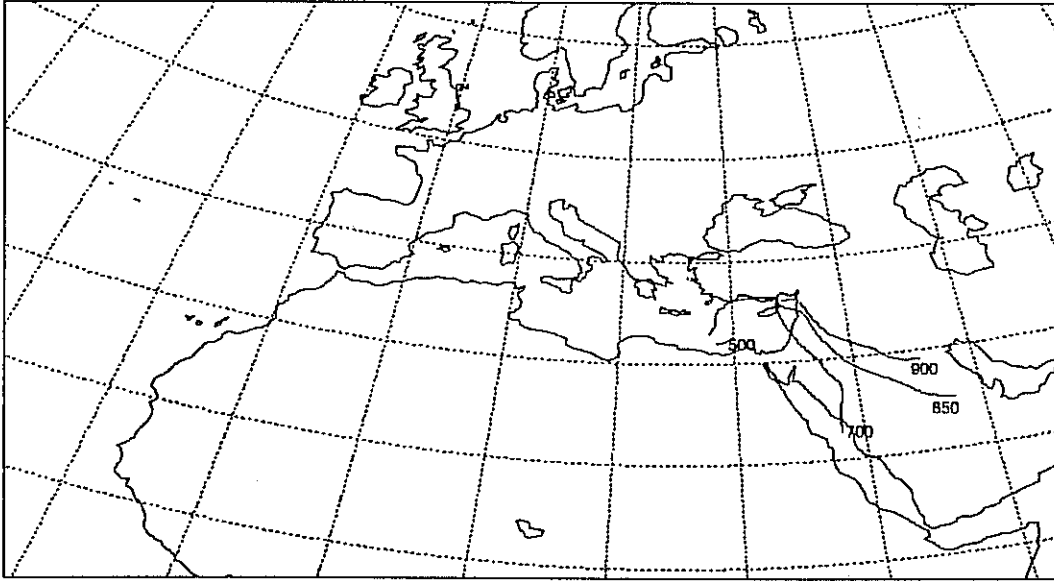
kütleleri her seviyede (hem düşük seviyeli hem de yüksek seviyeli hava kütleleri) Arap çölü orijinli olduğu ve taşınan materyalin tamamen Arap çölünden kaynaklanmasıdır. Örneğin 4-5 Kasım tarihli hava kütlelerinin yörüngeleri incelendiğinde (Şekil 35, 36) 500 mb seviyesindeki hava kütlesi haricinde diğer seviyelerdeki (900 mb, 850 mb, ve 700 mb) hava kütleleri Arap çölünden kaynaklanmaktadır. Aynı şekilde 3 Kasım tarihinde bölgemize ulaşan hava kütlelerinden 850 mb ve 700 mb seviyesinde olanları yine Arap çölünden kaynaklanırken 900 mb ve 500 mb seviyesindeki hava kütleleri Balkanlar üzerinden kaynaklanmaktadır. 3-5 Kasım 1992 tarihlerini kapsayan süre içerisinde ölçülen atmosferik toz yükünün üç günlük ortalaması $57 \mu\text{g m}^{-3}$ 'tür.



Şekil 34. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri Kasım 3, 1992 (12 h UT).



Şekil 35. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri Kasım 4, 1992 (12 h UT).



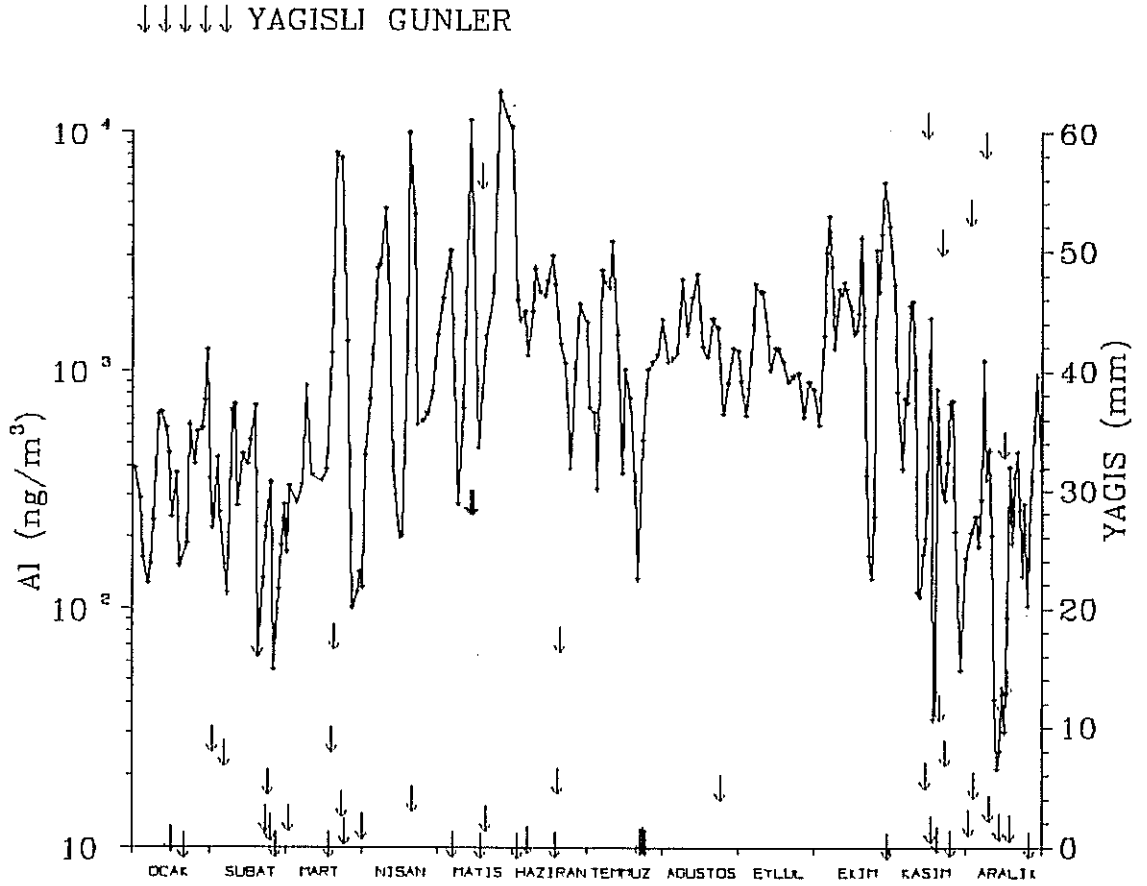
Şekil 36. Hava kütlelerinin geriye dönük yörüngeleri Kasım 5, 1992 (12 h UT).

Elementlerin Atmosferdeki Dağılımı

Yıl boyunca toplanan örneklerde ölçümü yapılan elementlerin derişimlerinin dağılımı Şekil 37-48'de özetlenmiştir. Aynı grafik üzerinde elementlerin derişimlerinin yanı sıra yağış miktarları ve yağışlı olan günler de işaretlenmiştir.

Alüminyum (Al)

Alüminyum reaktif bir element olmadığı için çevre derişiminde fazla bir değişim olmamaktadır. Bu özelliğinden dolayı alüminyum çevre ile ilgili çalışmalarda çeşitli amaçlarla referans element olarak kullanılmaktadır. Alüminyumun yer kabuğundaki ortalama derişimi %8.13'tür. 1992 yılı boyunca pompa ile toplanan atmosferik



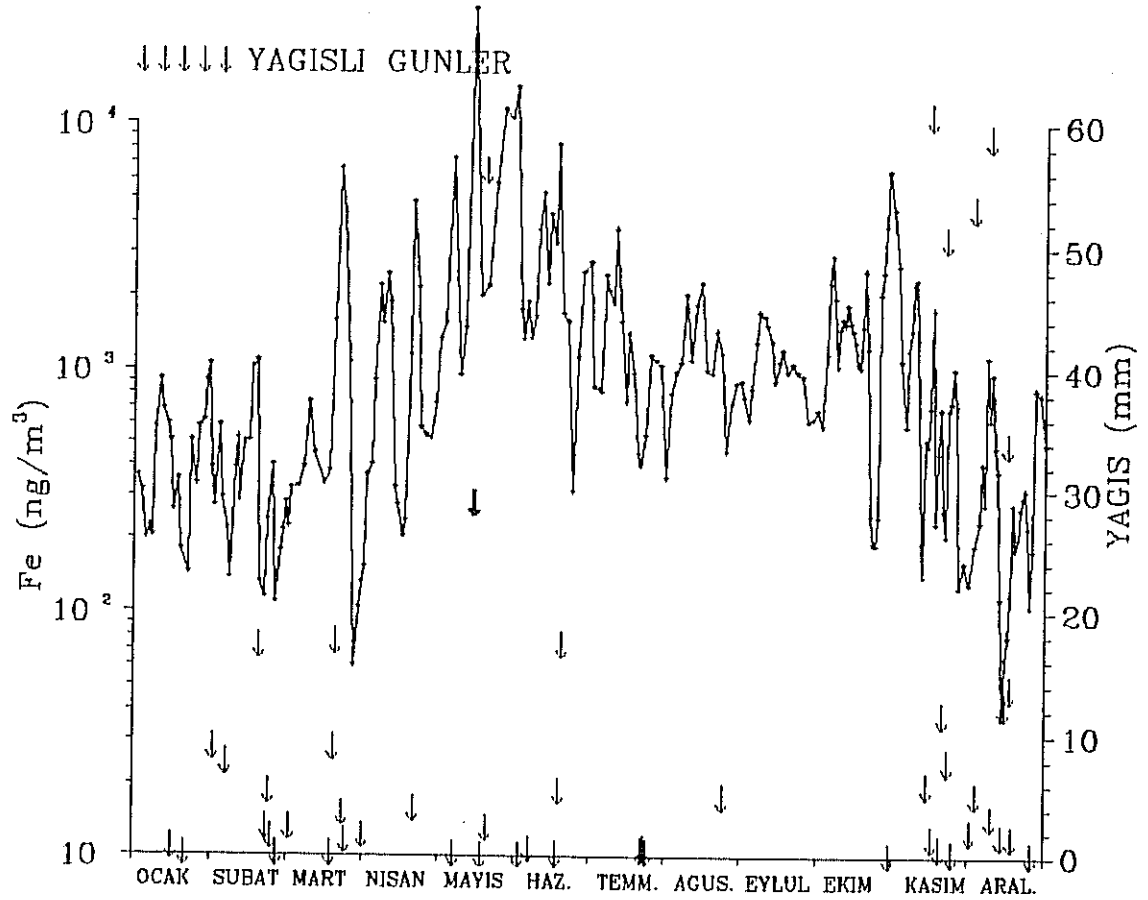
Şekil 37. Yağış miktarı ve atmosferik parçacıklardaki alüminyum derişimi'nin 1992 yılı içerisindeki dağılımları.

örneklerde ölçülen alüminyum derişimi 20-14840 ppm arasında değişmekte olup aritmetik ortalaması 1310 ppm ; geometrik ortalaması ise 660 ppm olarak hesaplanmıştır. Standart sapmanın (σ) fazla olması daha önce de belirtildiği gibi alüminyum derişiminin zaman içerisinde büyük değişim göstermesinden kaynaklanmaktadır. Şekil 37 alüminyum derişiminin 1992 yılı içerisinde zamana göre değişimini aynı yıla ait yağış miktarları ile birlikte göstermektedir. Şekil 37'da görüldüğü üzere Al derişimi Mart ayından itibaren artmaya başlıyor ve yağışın nispeten az olduğu yaz ve sonbahar aylarında en yüksek değerlerine ulaşıyor. Aralık ayından itibaren alüminyumun atmosferik parçacıklar

içerisindeki derişimi düşmeye başlıyor ve kış ayları süresince nispeten düşük derişimlerde kalıyor.

Demir (Fe)

Demirin derişiminin 1992 yılı içerisinde zamana bağlı



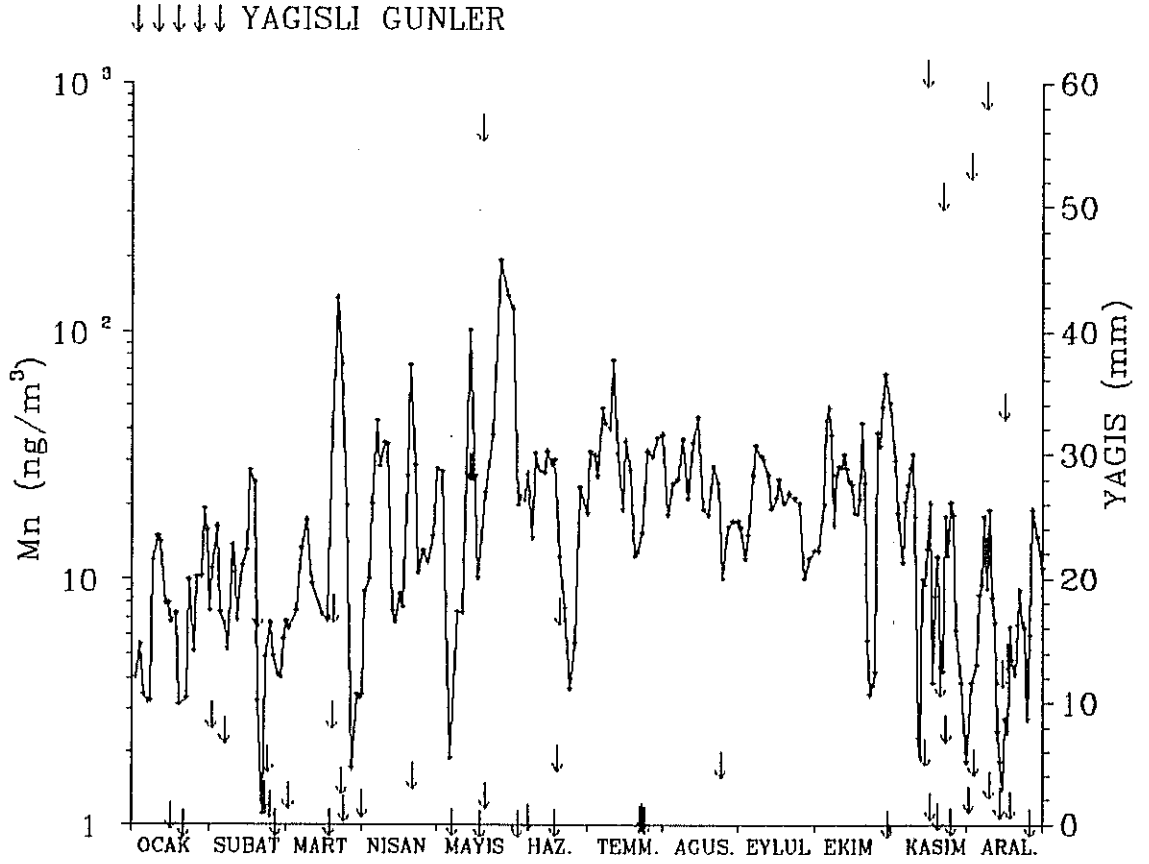
Şekil 38. Yağış miktarı ve atmosferik parçacıklardaki demir derişimi'nin 1992 yılı içerisindeki dağılımları.

değişimini gösteren grafik Şekil 38'de verilmiştir. Demirin zaman içerisindeki değişimi alüminyumla hemen hemen aynı modeli izlemektedir (Şekil 37 ve Şekil 38). Yalnız yaz aylarında demir derişiminde görülen artışın alüminyuma oranla daha fazla olduğunu söylemek mümkündür. Atmosferik parçacıklar içerisinde ölçülen demir derişimi 40-30390 ppm arasında değişirken yıllık aritmetik ortalaması 1400 ppm'dir. Demir için hesaplanan yıllık ortalama zenginleşme katsayısı (EF) 1.55'dir ki bu değer 1991 yılı için hesaplanan zenginleşme katsayısı ile aynıdır. EF değerinin 10'dan küçük olması demirin atmosferik parçacıklar içerisinde zenginleşmemiş olduğunu göstermektedir.

Manganez (Mn)

Manganezin 1992 yılı içerisinde atmosferik parçacıklarda ölçülen yıllık derişiminin aritmetik ortalaması 20 ppm olup 1.1-191 ppm arasında bir salınım göstermektedir. Manganez konsantrasyonunun 1992 yılı içerisinde atmosferik parçacıklardaki zamana bağlı değişimi Şekil 39'da yağış miktarları ile birlikte verilmiştir. Atmosferik parçacıklardaki Manganez derişiminin de demir ve alüminyum gibi kış aylarında daha düşük olduğunu görürüz. Mart ayından itibaren manganez derişimi artmakta ve bahar ayları süresince (Mart, Nisan, Mayıs aylarında) en yüksek derişimlerine ulaşmaktadır. Yaz mevsimi başlarında ise Mn derişiminin düşmeye başladığı ve yaz ayları süresince ortalama 40 ppm civarında kaldığı görülmektedir. Kış aylarında yağışların başlamasıyla birlikte atmosferik parçacıklardaki Mn derişimi daha da düşmekte ve kış süresince ortalama 15 ppm civarında kalmaktadır. Manganez için hesaplanan 1992 yılı zenginleşme katsayısı (EF) 1.3 olup yaklaşık geçen yılki değerine eşittir. EF değerine

baktığımızda Mn'in atmosferik parçacıklar içerisinde zenginleşmediği görülür.

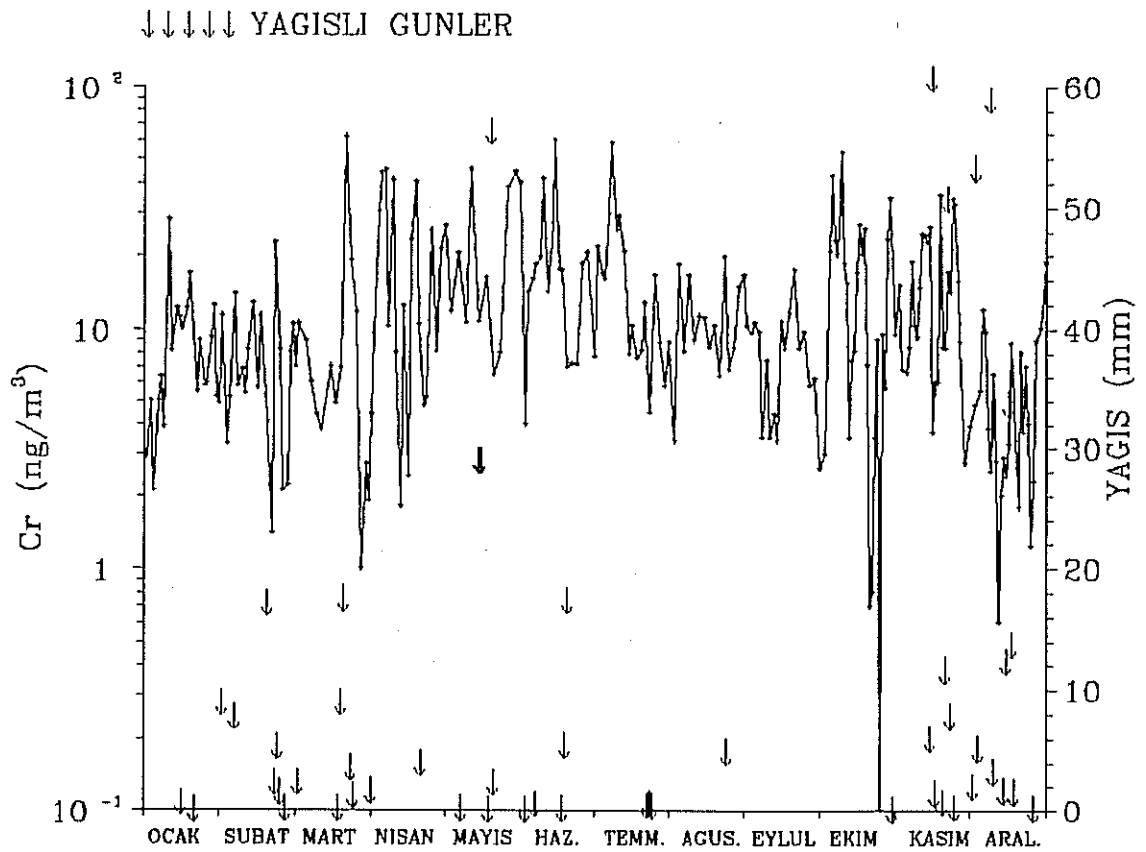


Şekil 39. Yağış miktarı ve atmosferik parçacıklardaki mangan derişimi'nin 1992 yılı içerisindeki dağılımları.

Krom (Cr)

Atmosferik parçacıkların analizinden krom için elde edilen zamana bağlı değişim grafiği Şekil 40'da verilmiştir. 1992 yılı yıllık aritmetik ortalaması 13 ppm olan kromun frekans aralığı 0.1-61 ppm'dir. Şekil 40'dan görüldüğü üzere atmosferik parçacıklardaki krom derişimi ilkbahar ve sonbahar aylarında artarak en yüksek değerlerine ulaşmaktadır, kış aylarında ise yağışların artmasıyla

birlikte krom derişiminde bir azalma olmakta ve kiş ayları boyunca nispeten düşük seviyede kalmıştır. Kış aylarında kromun ölçülen ortalama derişimi 35 ppm'dir. Krom için 1992 yılında hesaplanan zenginleşme katsayısı (EF) 8'dir. Buna göre krom da demir ve manganez gibi atmosferik parçacıklarda zengileşmemiş elementler sınıfına girmektedir.

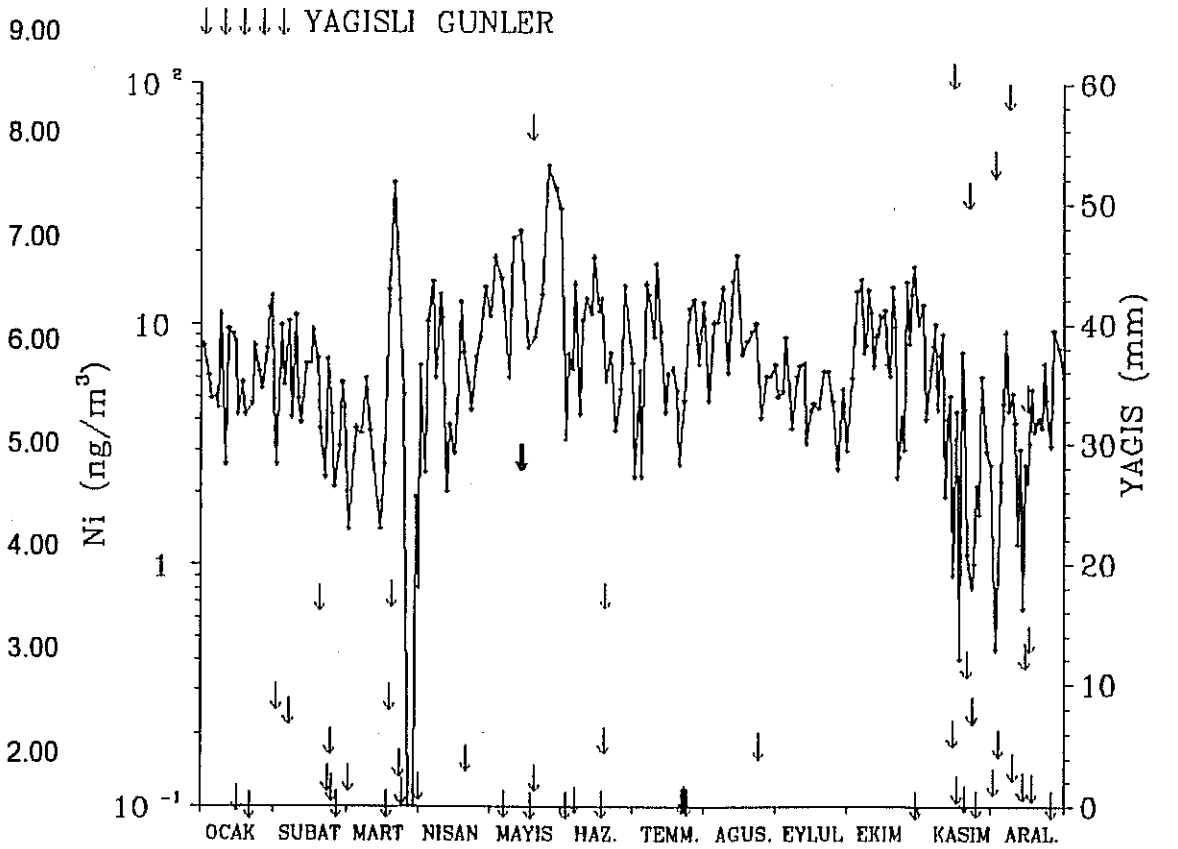


şekil 40. Yağış miktarı ve atmosferik parçacıklardaki krom derişimi'nin 1992 yılı içerisindeki dağılımları.

Nikel (Ni)

Ölçülen Nikel derişiminin 1992 yılı içerisinde atmosferik parçacıklardaki yıllık aritmetik ortalaması 7.5 ppm'dir. Nikel derişiminin frekans aralığı ise 0.1-45 ppm'dir. 1992 yılındaki ölçümlere göre hesaplanan atmosferik parçacıklardaki zenginleşme katsayısı (EF) 6'dır.

EF katsayısının 10'dan küçük olması nikel'in 1992 yılı içerisinde atmosferik parçacıklarda zenginleşmediğini göstermektedir. Geçen yıl nikel için hesaplanan zenginleşme katsayısı (12) bu yılki zenginleşme katsayısının iki katı idi ve nikel'in atmosferde zenginleşmiş olduğunu göstermekteydi. Atmosferik parçacıklarda ölçülen nikel derişimi için çizilen 1992 yıl'ına ait zamana bağlı değişim grafiği Şekil 41'de verilmiştir. Nikel derişimi Mart ayında artmaya başlamış ve Mart ortalarında en yüksek değerine ulaşmıştır. Mart sonu düşen yağmurlarla birlikte nikel konsantrasyonu en düşük seviyesine inmiştir. Daha sonra

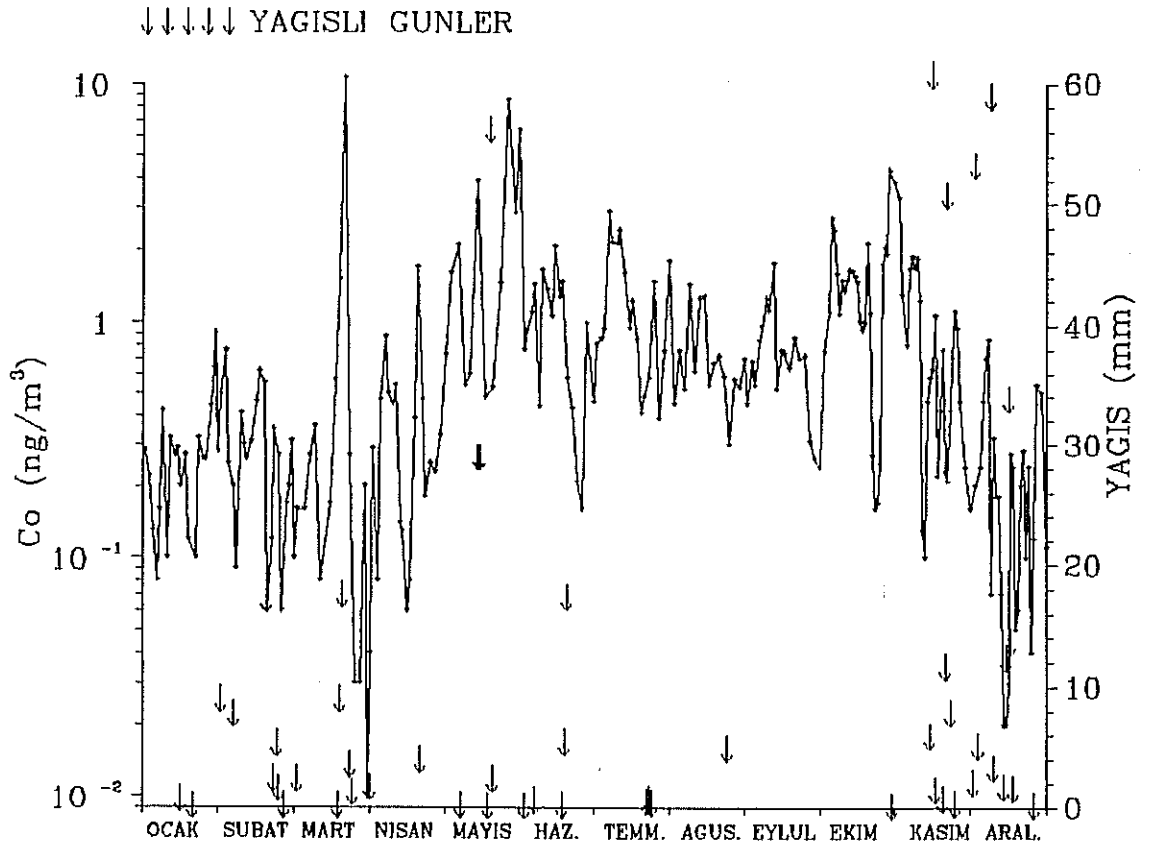


Şekil 41. Yağış miktarı ve atmosferik parçacıklardaki nikel derişimi'nin 1992 yılı içerisindeki dağılımları.

(yaz aylarında) tedrici bir artışla yükselmiş ve Kasım ayındaki ilk yağmurlara kadar yüksek derişimlerde kalmıştır. Kasım ayındaki yağışlarla birlikte nikelin derişiminde de yeniden düşme başlamış ve kış ayları süresinde nispeten düşük seviyelerde kalmıştır.

Kobalt (Co)

Atmosferik parçacıklardaki kobalt derişimi için hazırlanan 1992 yılı zamana bağlı değişim grafiği Şekil 42'de verilmiştir. Kobalt derişiminin zaman içerisindeki değişim modelinin nikel'in değişim modeli ile aynı olduğu görölmektedir. Kobalt için ölçölen yıllık ortalama derişim 0.84 ppm'dir ve frekans aralığı 0.01-10.5 ppm olarak

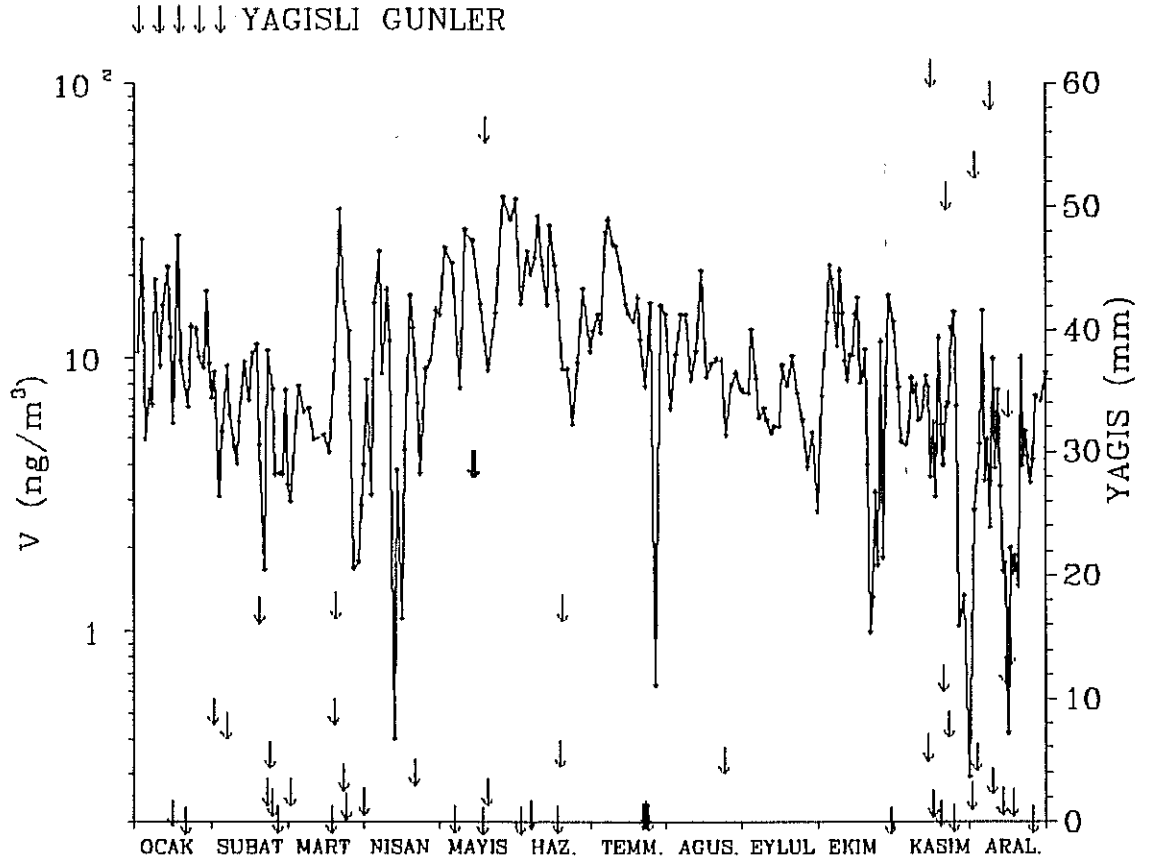


Şekil 42. Yağış miktarı ve atmosferik parçacıklardaki kobalt derişimi'nin 1992 yılı içerisindeki dağılımları.

ölçülmüştür. Zenginleşme katsayısı (2) geçen yıl hesaplananla (1.8) aynıdır. Kobaltın da atmosferde zenginleşmemiş elementler sınıfına dahil olduğu görülüyor.

Vanadyum (V)

Atmosferik parçacıklarda ölçülen vandyumun derişiminin 1992 yılındaki aritmetik ortalaması 10.2 ppm'dir ve 0.29-38 ppm arasında değişmektedir. Vanadyum yıllık ortalama derişimlerinden hesaplanan zenginleşme katsayısı (EF) 5'tir ve buna göre kobalt 1992 yılında atmosferde zenginleşmemiş elementler sınıfına girmektedir. Geçen yılki ölçümler

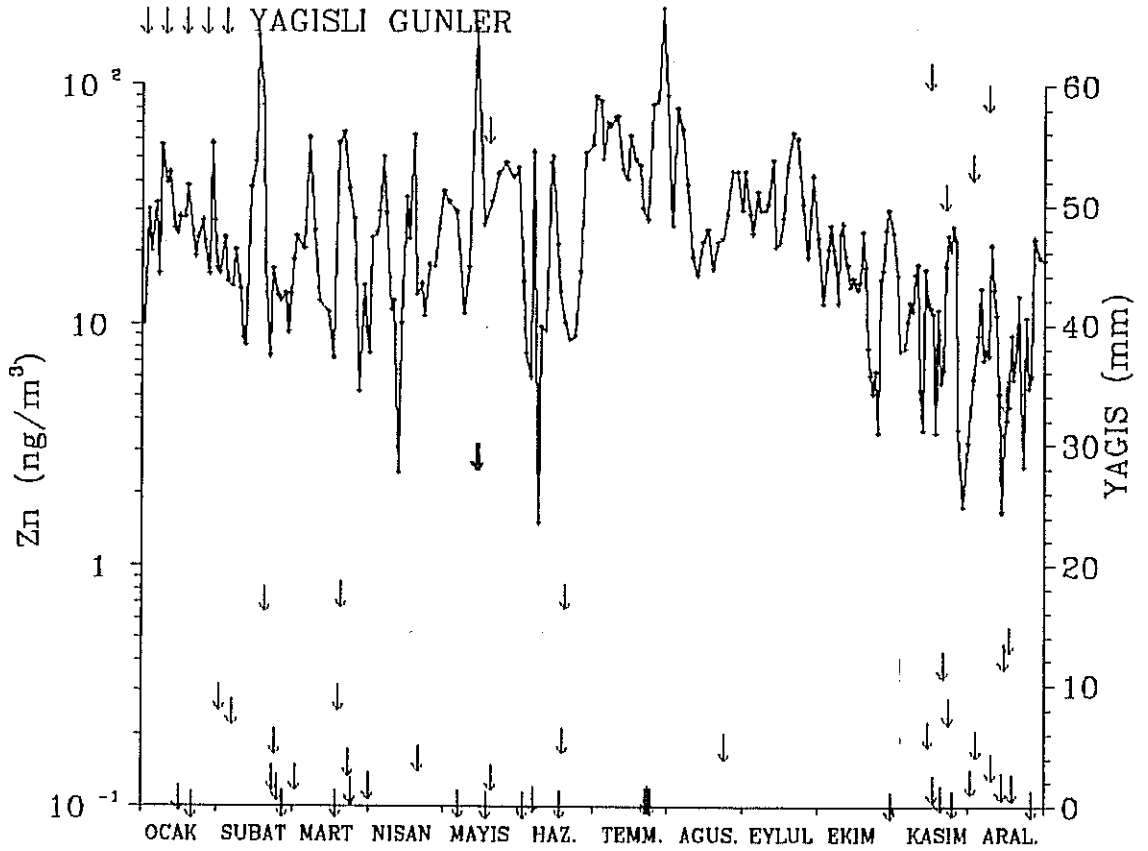


Şekil 43. Yağış miktarı ve atmosferik parçacıklardaki vanadyum derişimi'nin 1992 yılı içerisindeki dağılımları.

sonucu vanadyumun EF'ü 13 olarak hesaplanmıştı ve atmosferde zenginleşmiş elementler arasında olduğu görülmüştü. Vandyum için çizilen zamana bağlı değişim diyagramı Şekil 43'de verilmiştir. Şekil 43'den görüldüğü gibi vanadyumun değişim modeli kobalt ve nikel ile aynidir.

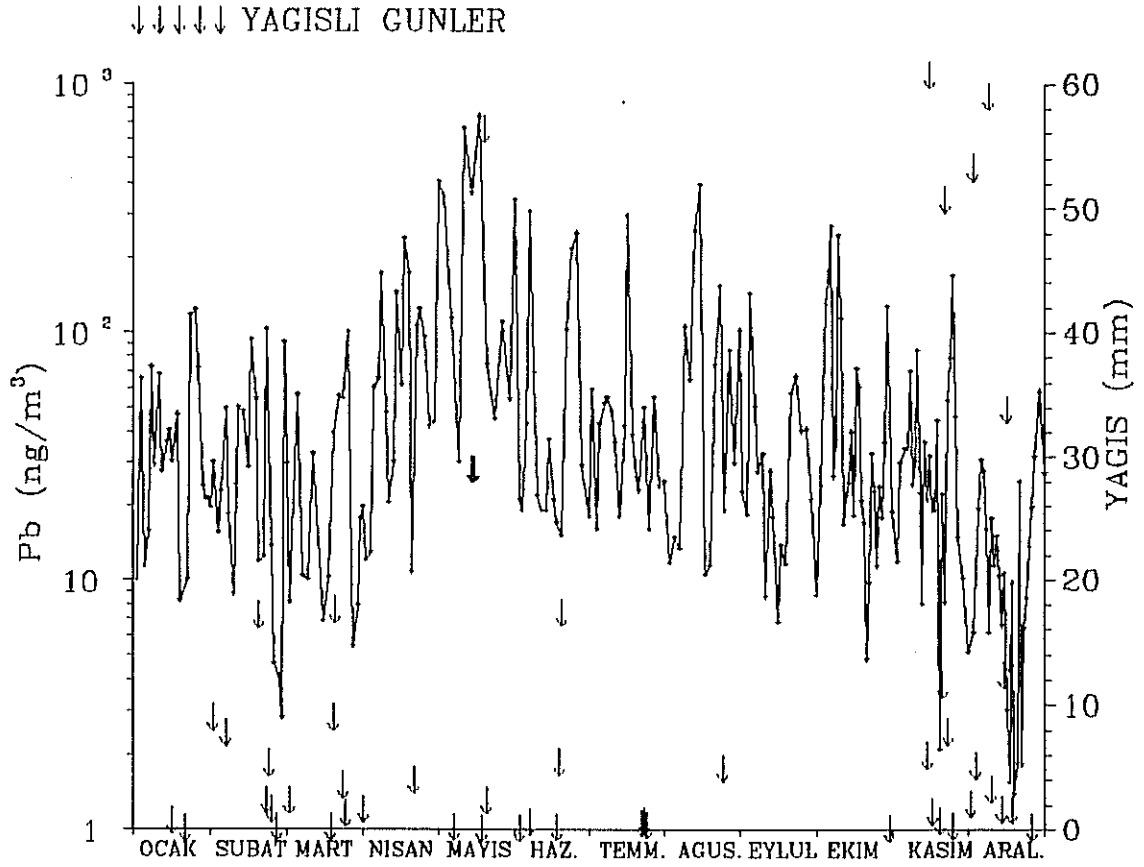
Çinko (Zn)

Çinko için çizilen zamana bağlı değişim grafiği Şekil 44'de verilmiştir. Çinko derişiminde diğer metallerde olduğu gibi yaz aylarında bir artış görülmektedir. Fakat bunun yanı sıra şubat ayında da çinko konsantrasyonunda bir artış gözlenmiştir. Çinkonun yıllık ortalama derişimi



Şekil 44. Yağış miktarı ve atmosferik parçacıklardaki çinko derişimi'nin 1992 yılı içerisindeki dağılımları.

27 ppm'dir. Frekans aralığı ise 1.5-206'dır. Buna göre çinko frekans aralığı fazla olan elementlerden birisidir. Çinkonun zenginleşme faktörü ise 24 olarak hesaplanmıştır. Buna göre çinko atmosferde zenginleşmiş elementler sınıfına girmektedir. Bütün bu özellikler, çinkonun insanlar tarafından, endüstriyel faaliyetler sonucu yoğun bir şekilde çevreye atıldığını göstermektedir.

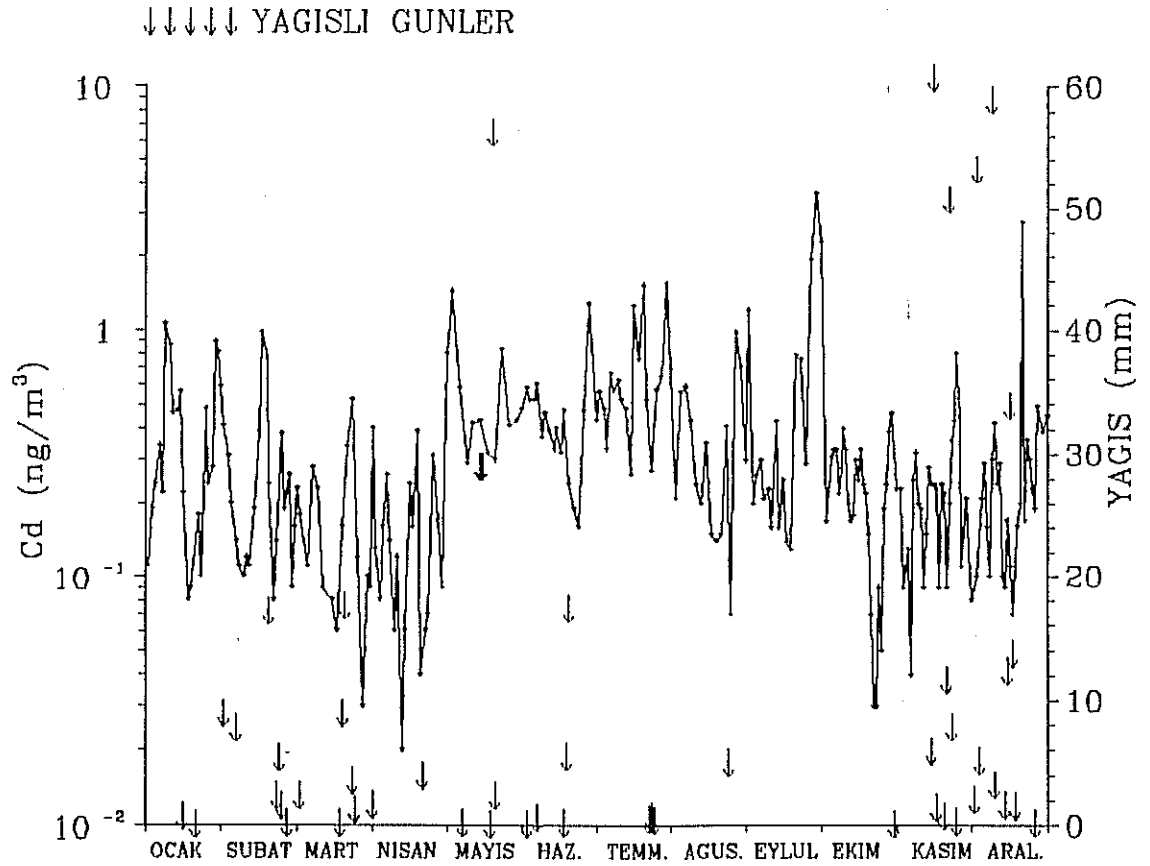


Şekil 45. Yağış miktarı ve atmosferik parçacıklardaki kurşun derişimi'nin 1992 yılı içerisindeki dağılımları.

Kurşun (Pb)

Atmosferik parçacıklarda 1992 yılında ölçülen kurşun derişimlerinin yıllık aritmetik ortalaması 59 ppm'dir.

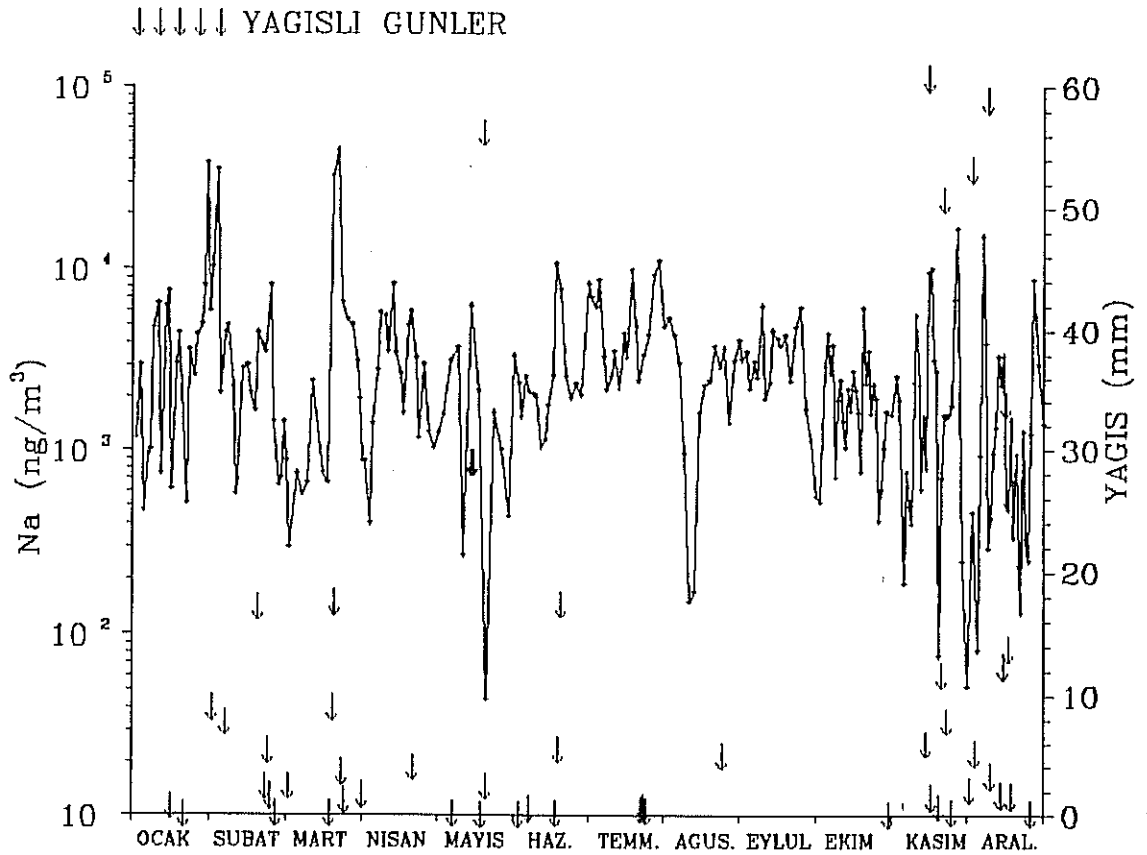
Frekans aralığı ise (1.4-733 ppm) en yüksek elementler arasında yer almaktadır. 1992 yılında hesaplanan zenginleşme katsayısı (EF) 305 olan kurşun, ölçümü yapılan elementler arasında en yüksek zenginleşme katsayısına sahip element olarak ortaya çıkmaktadır. Kurşun için çizilen zamana bağlı değişim grafiği Şekil 45'de verilmiştir. Görüldüğü gibi kurşun için yapılan ölçümlerden elde edilen derişimler iki ölçüm arasında oldukça büyük farklılıklar göstermektedir. Yani kurşunun atmosferdeki derişimi oldukça değişkendir. Böyle elementler için trend analizi yapmak oldukça zordur ve yanıltıcı sonuçlar verebilir.



Şekil 46. Yağış miktarı ve atmosferik parçacıklardaki kadmiyum derişiminin 1992 yılındaki zamana bağlı derişimi.

Kadmiyum (Cd)

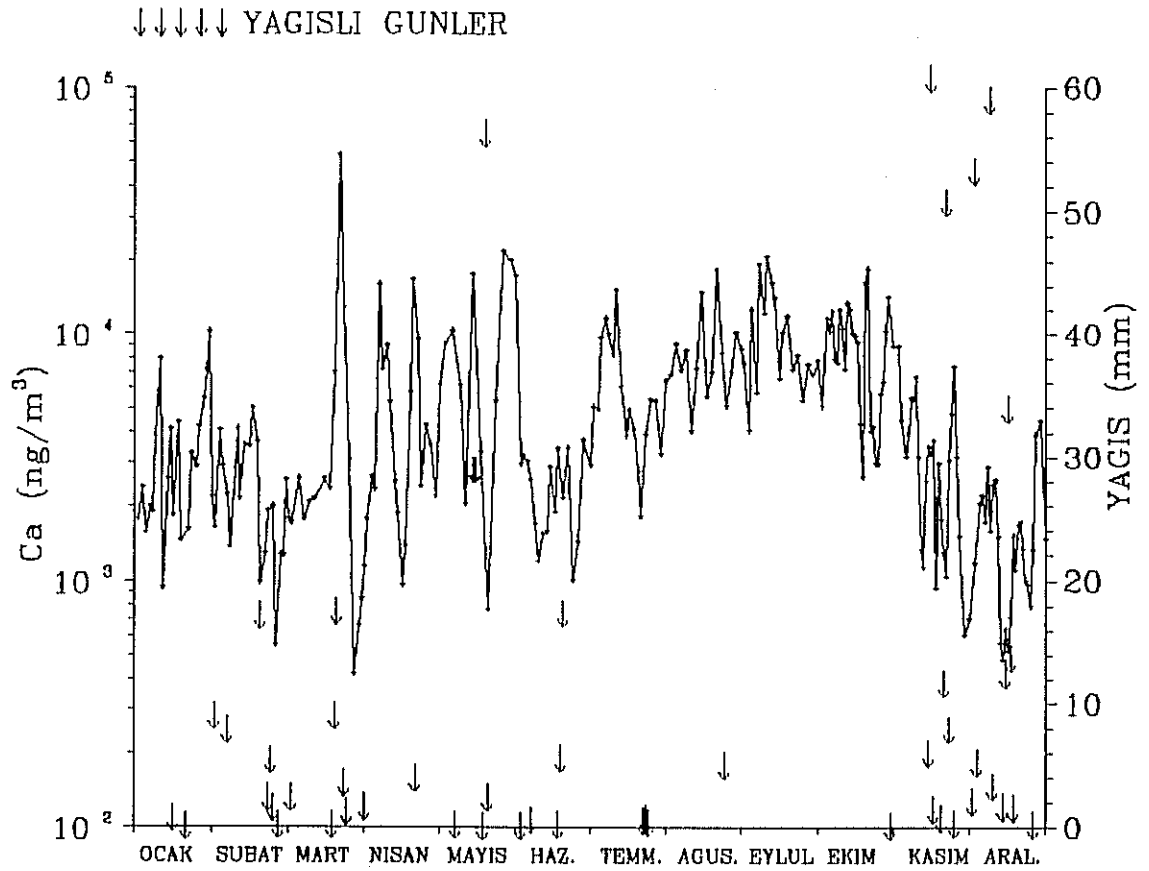
Kadmiyum doğada az bulunan (doğal konsantrasyonu düşük olan) bir elementtir. Kadmiyumun kaynağı da kurşun ve çinkoda olduğu gibi yapaydır (antropojeniktir). 1992 yılında toplanan atmosferik örneklerde ölçülen kadmiyum derişimlerinin yıllık ortalaması 0.36 ppm olup frekans aralığı 0.02-3.7 ppm'dir. 1992 yılında elde edilen değerlere göre zenginleşme katsayısı (EF) hesaplandığında (149) kadmiyum'un da kurşun ve çinko gibi atmosfer içerisinde zenginleşmiş bir element olduğu görülmüştür. Kadmiyum için hazırlanan zamana bağlı değişim grafiği Şekil 46'da verilmiştir.



Şekil 47. Yağış miktarı ve atmosferik parçacıklardaki sodyum derişiminin 1992 yılı içerisindeki zamana bağlı değişimi.

Sodyum (Na)

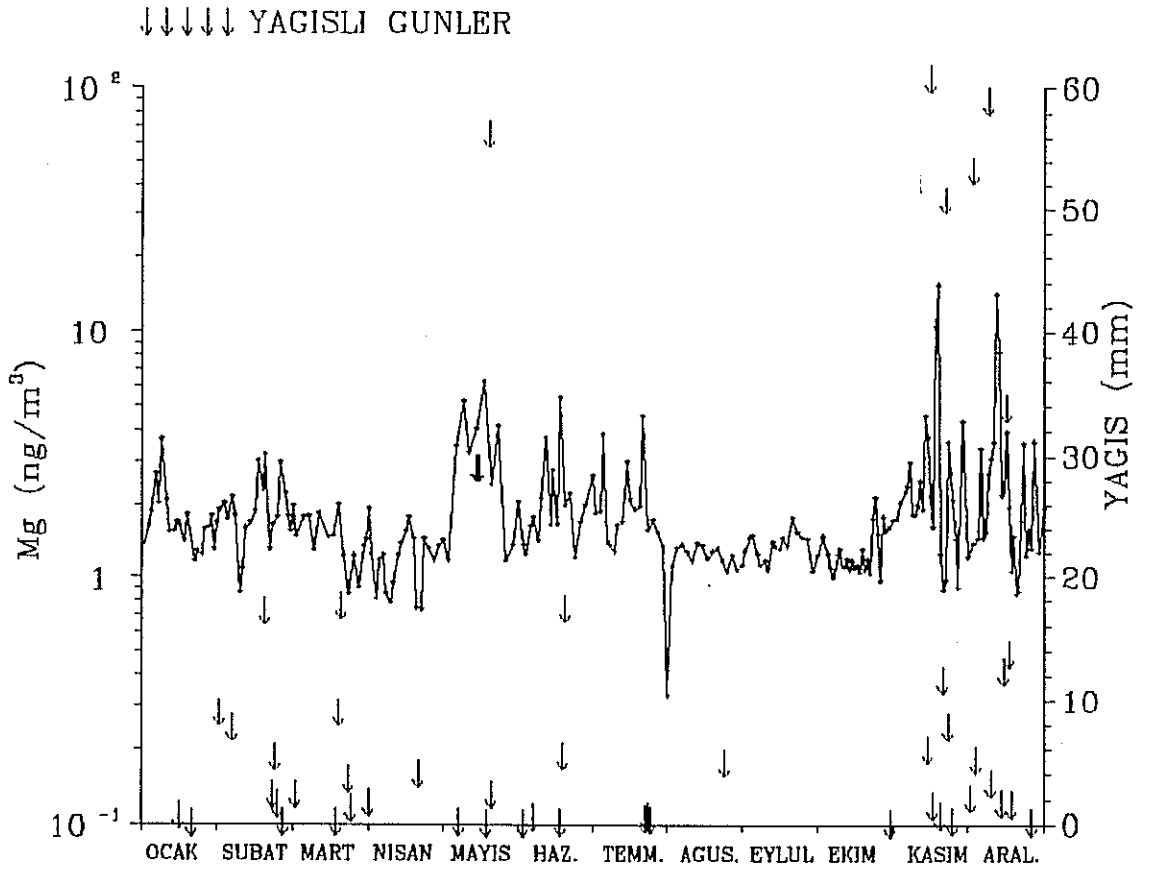
Sodyumun ölçülen yıllık ortalama derişimi 3500 ppm'dir. Frekans aralığı ise 44-44960 ppm olarak ölçülmüştür. Sodyum için hesaplanan zenginleşme katsayısı (EF=9) geçen yıl ölçülen zenginleşme katsayısından (17) daha düşüktür. Sodyum için çizilen zamana bağlı değişim grafiği Şekil 47'de görölmektedir. Sodyumun en yüksek derişimlerine kış ayları olan Şubat, Mart, Kasım ve Aralık aylarında ulaştığını görürüz. Bunun sebebi denizden atmosfere olan girdinin fazla olması ve kış şartlarında rüzgarların etkisiyle oluşan dalga kırılmalarının atmosfere savurduğu deniz suyu zerrecikleridir.



Şekil 48. Yağış miktarı ve kalsiyum'un 1992 yılında zaman içerisindeki değişimi.

Kalsiyum (Ca)

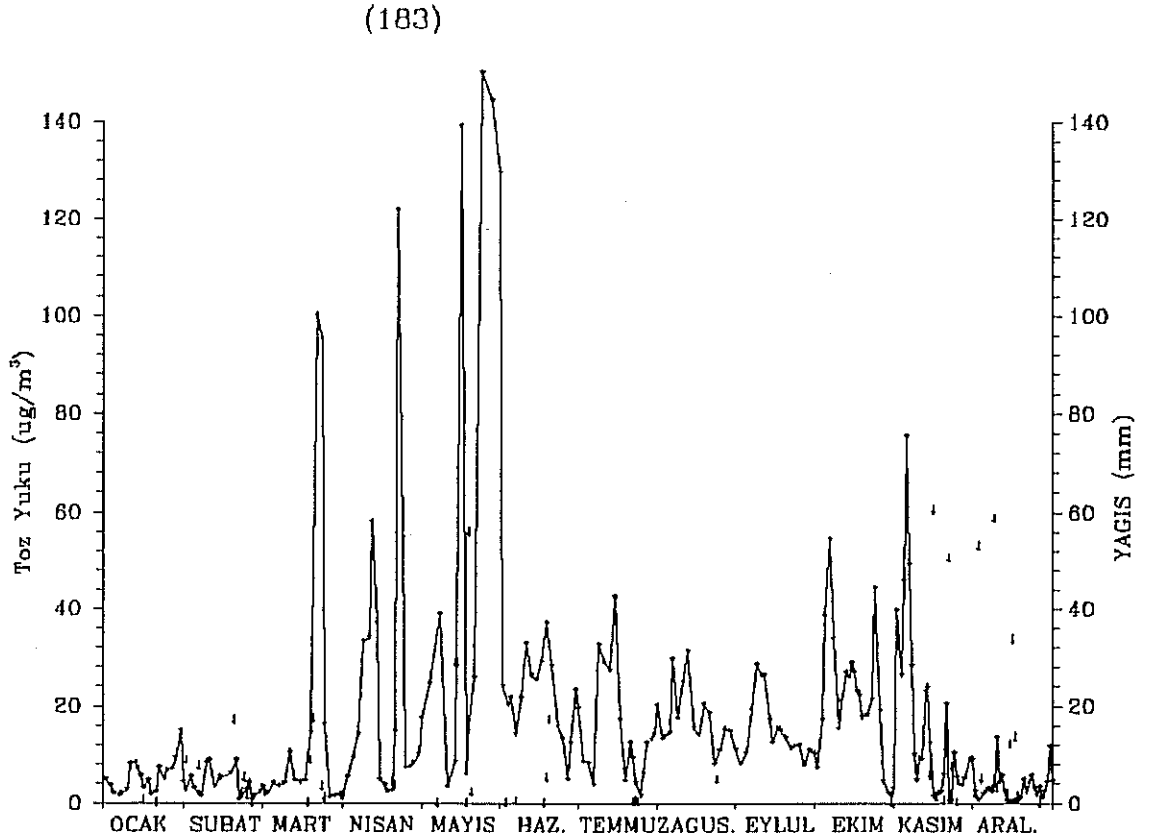
1992 yılında toplanan atmosferik parçacıklarda ölçülen yıllık ortalama kalsiyum derişimi 5390 ppm olup 420-52800 ppm arasında değişmektedir. Yapılan hesaplara göre kalsiyum atmosferik parçacıklarda zenginleşmemiştir. 1992'de toplanan örneklerin analizinden elde edilen sonuçlara göre hesaplanan zenginleşme katsayısı (EF 8) geçen yıl hesaplanan zenginleşme katsayısına (6) yakındır. Kalsiyumun zamana bağlı değişim grafiği Şekil 48'de verilmiştir. Kalsiyum derişimi genelde yaz aylarında yükselme göstermesinin yanında Mart Nisan ve Mayıs aylarında da palslar halinde yükselmeler göstermektedir.



Şekil 49a. Yağış miktarı ve magnezyum'un 1992 yılında zaman içerisindeki değişimi.

Magnezyum (Mg)

Magnezyumun zamana bağılı değişim grafiği ve bölgemizdeki yağış miktarları Şekil 49a'da verilmiştir. Magnezyum'un zaman içerisindeki değişimi sodyum'ununki ile benzerlikler göstermektedir. Atmosferik parçacıklardaki magnezyum derişimi de kış aylarında artış göstermektedir. 1992 yılında ölçülen yıllık ortalama magnezyum derişimi 1930 ppm olup değişim aralığı 70-16750 ppm'dir. Magnezyumun hesaplanan zenginleşme katsayısı (EF) 5'tir. buna göre magnezyum atmosferik parçacıklarda zenginleşmemiş elementler sınıfına girmektedir.



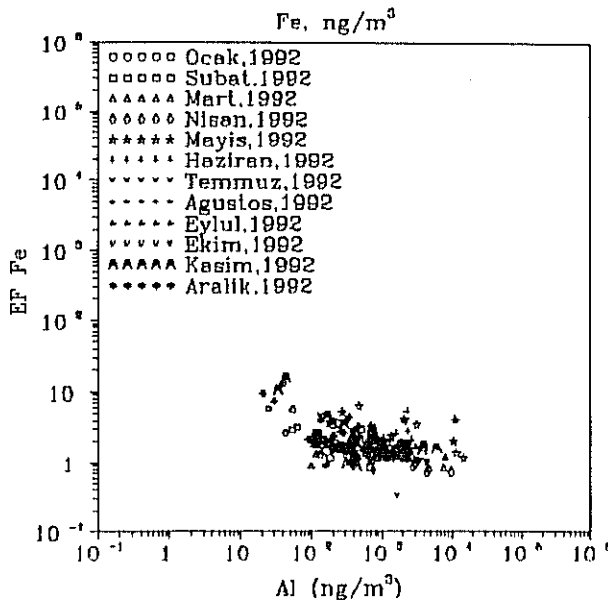
Şekil 49. Yağış miktarı ve atmosferik toz yükünün 1992 yılında zaman içerisindeki değişimi.

Sonuç:

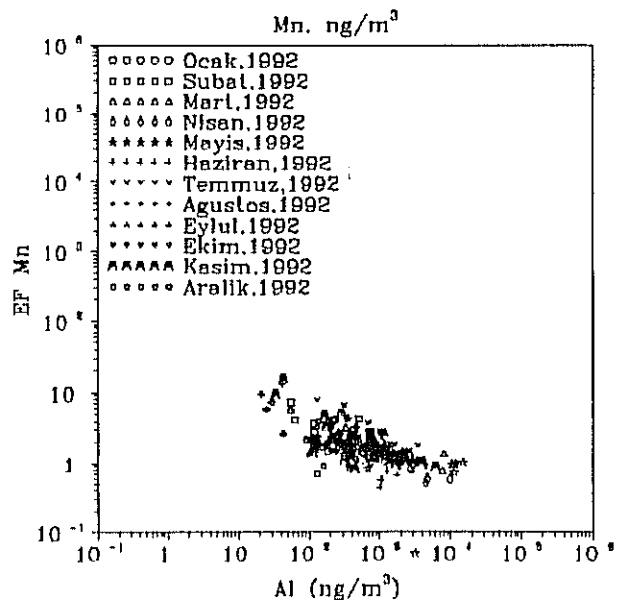
Bu çalışmanın sonucunda elde edilen bulgular, gerek doğal gerekse yapay (antropojenik) kirleticilerin ve materyallerin atmosfer yoluyla ve hava kütlelerinin hareketleri neticesinde uzak mesafelere taşınabildiğini göstermiştir. Atmosfer yoluyla yapılan taşınım nehirler tarafından yapılan taşınım oranla çok daha uzun mesafelidir. Nehirler tarafından taşınan materyaller genelde kıyı bölgelerinde etkili olmasına rağmen atmosfer yoluyla taşınan materyaller açık denizlerde de etkili olmaktadır. Ayrıca miktar olarak da atmosferle yapılan materyal taşınımı nehirler ve diğer yollarla yapılan taşınım ile karşılaştırırsak küçümsenemeyecek oranlarla karşılaşırız. Uzun mesafeli taşınım incelenirken atmosferik toz yükü kullanılan en ideal parametrelerden birisidir. Bu çalışmada da daha önce de değinildiği gibi çalışma bölgemizdeki atmosferik toz yükünün eşik değeri $30 \mu\text{g m}^{-3}$ olarak kabul edilmiş ve bu miktarı aşan toz yükünün atmosfer yoluyla uzun taşınım neticesi bölgemize ulaştığı düşünülmüştü ve bu örnekleme günlerine rastlayan tarihlere ait hava kütlelerinin yörüngeleri üç gün geriye giderek hesaplanmıştır. Hava kütlelerinin yörüngelerinin hesaplanması neticesinde elde edilen bulgular bu tarihlerde bölgemize ulaşan materyallerin uzun mesafeli taşınım neticesinde bölgemize geldiğini ve çöl orijinli olduğunu gösteriş ve bu konudaki haklılığımızı belgelemiştir. Bu çalışmada elde edilen bulguların ortaya çıkardığı diğer bir gerçek de, atmosferik toz yükünün arttığı bazı durumlarda değişik hava kütlelerinin farklı bölgelerden kaynaklanabileceğidir. Farklı bölgelerden kaynaklansa dahi uzun mesafeli atmosferik taşınımın gerçekleştiği ve bu hava kütlelerinin ulaştığı bölgedeki atmosferik toz yükünü eşik değerinin üzerinde artırdığı görülmüştür. Bölgemizi (kuzeydoğu Akdeniz bölgesini) etkileyen ve atmosferik toz yükünde artışa neden olan hava kütleleri ve taşıdığı materyal hem Afrika kıtasından (Mısır, Libya, Tunus) hem de Asya'dan (Suriye, Arap yarımadası) kaynaklanmaktadır.

Bu güne kadar toplanan örneklerden 1993, 1994, ve 1995 yılına ait olanların tasnif ve analizleri halen devam etmektedir. Bu yıllara

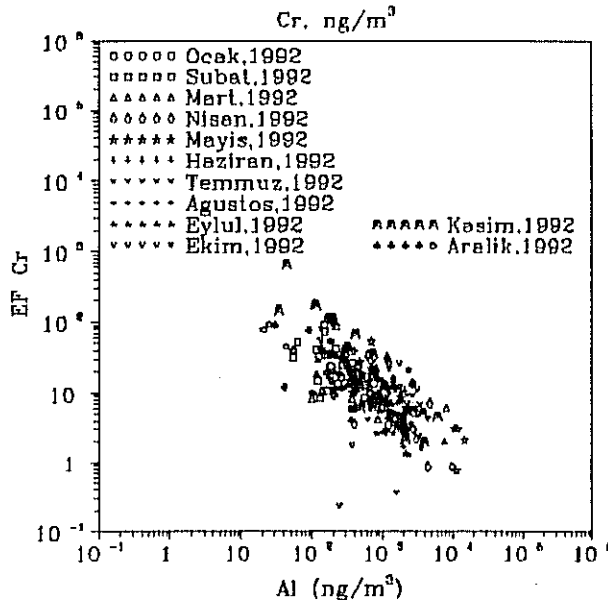
ait analizler de tamamlanıp gerekli veriler elde edildiği zaman yukarıda belirtilen hususlar daha açık bir şekilde görülecektir. Ayrıca bu analizlerin tamamlanması ile birlikte zenginleşme diyagramına (EF diagram) ait verilerin toplanması da tamamlanmış olacağından elementleri EF diyagramında işgal ettikleri bölgelere göre sınıflandırmak mümkün olacaktır.



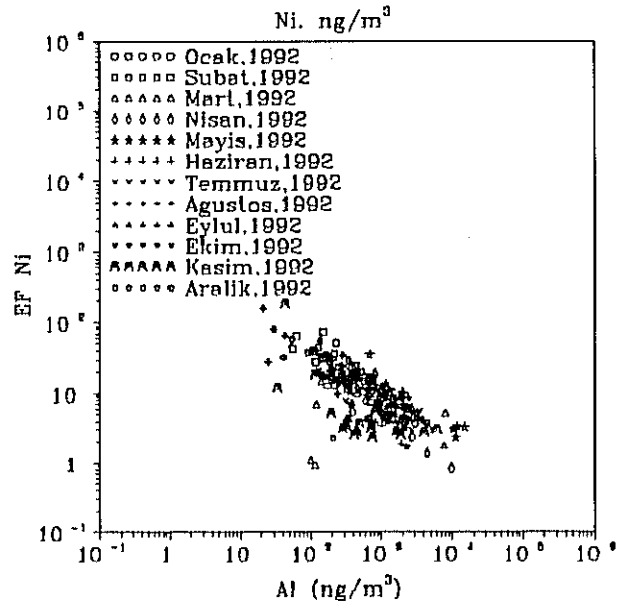
Şekil 50. Demir'in EF diyagramı.



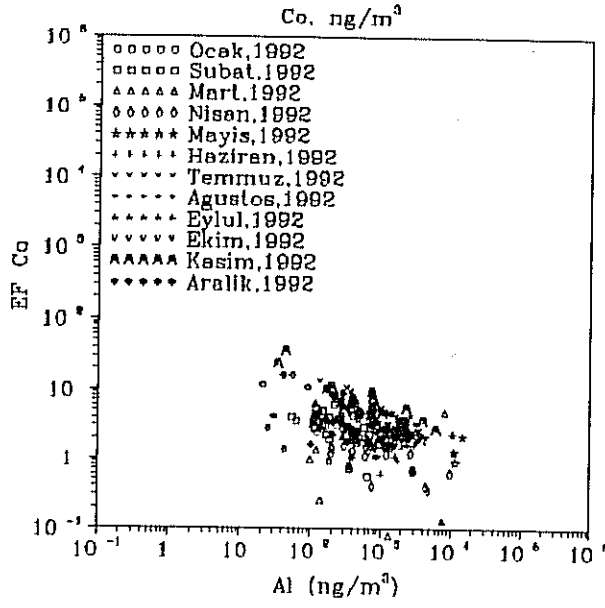
Şekil 51. Mangan'ın EF diyagramı.



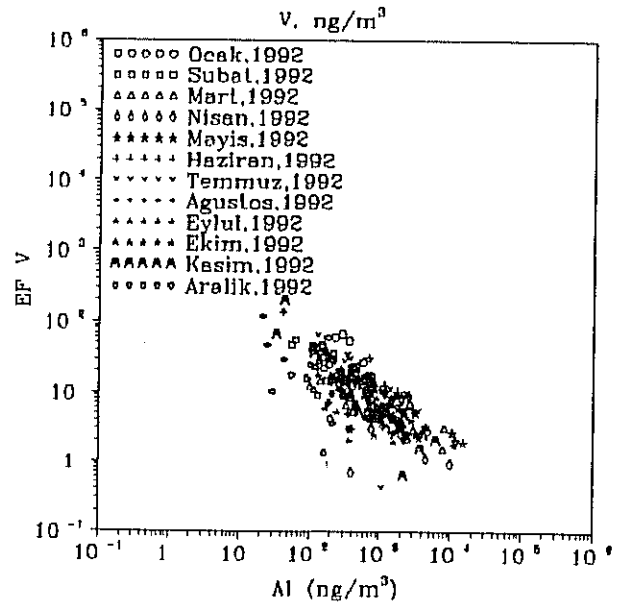
Şekil 52. Krom'un EF diyagramı.



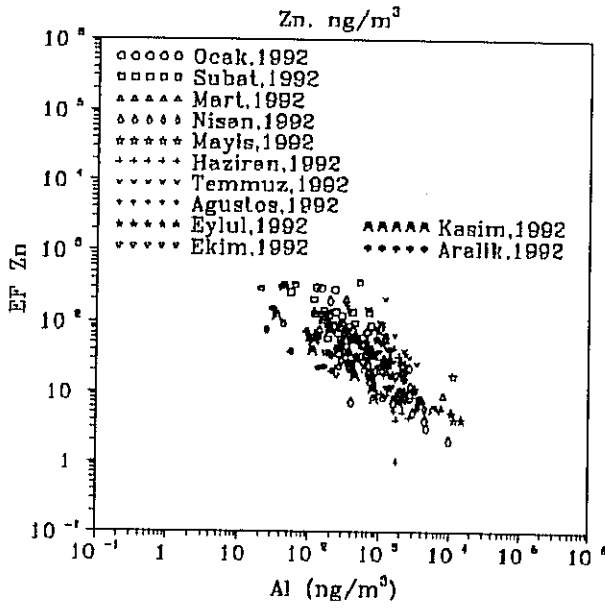
Şekil 53. Nikel'in EF diyagramı.



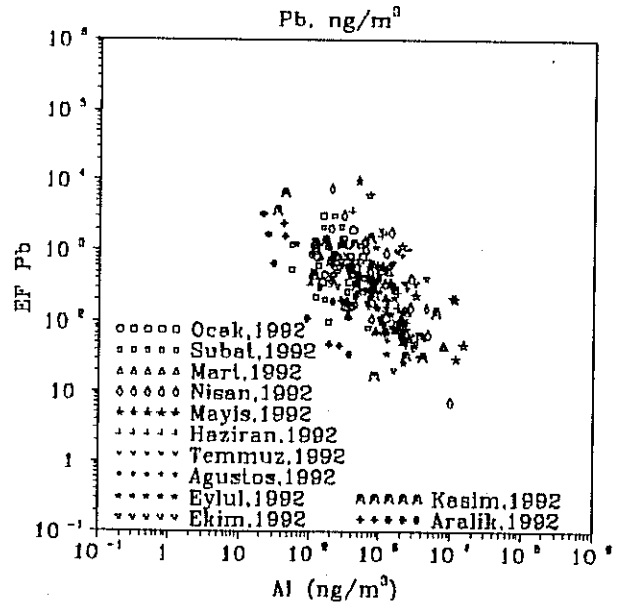
Şekil 54. Kobalt'ın EF diyagramı.



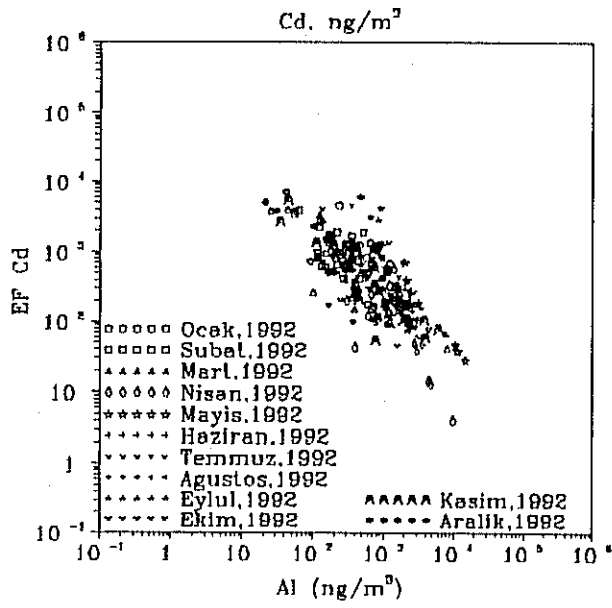
Şekil 55. Vanadyum'un EF diyagramı.



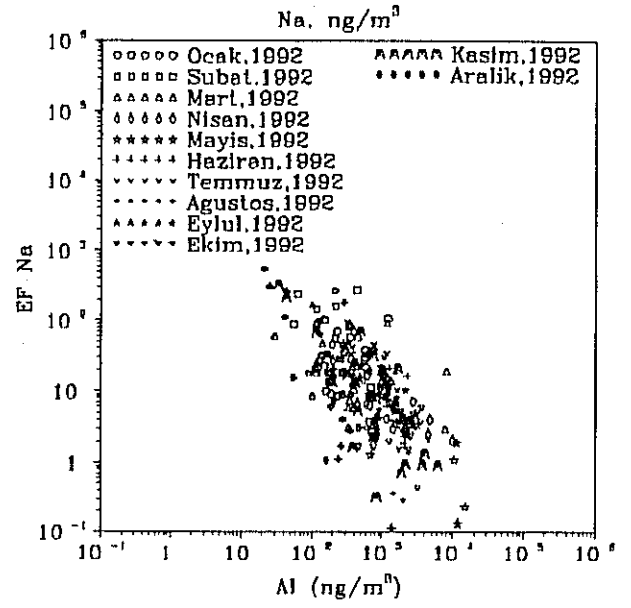
Şekil 56. Çinko'nun EF diyagramı.



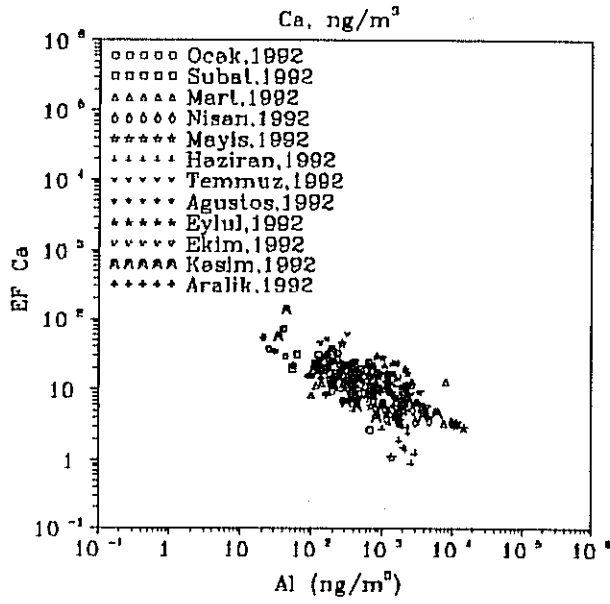
Şekil 57. Kurşun'un EF diyagramı.



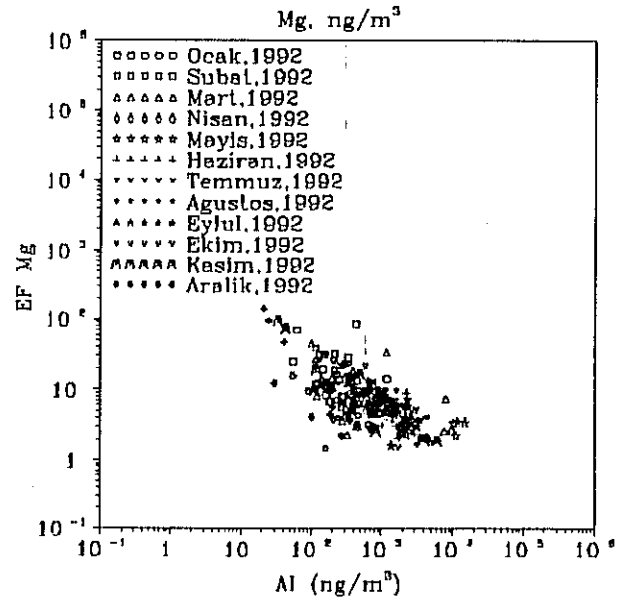
Şekil 58. Kadmium'un EF diyagramı.



Şekil 59. Sodyum'un EF diyagramı.



Şekil 60. Kalsiyum'un EF diyagramı.



Şekil 61. Mağanezyum'un EF diyagramı

KAYNAKLAR

Alarcon ,M. and A., Cruzado, (1990). "Particulate aerosol nutrient inputs into the north-western Mediterranean Sea". in: EROS 2000 (European River Ocean System) (J-M. Martin & H. Barth, eds.), Second Workshop on the NW-Mediterranean Sea. 635-644

Bergametti, F., (1987). "Apports de matière par voie atmosphérique a la Méditerranée Occidentale: Aspects géochimiques et météorologiques." Ph.D. Thesis, University Paris 7, France.

Bergametti, F., A-L., Dutot, P., Buat-Menard and E., Remoudaki, (1989). "Seasonal variability of the elemental composition of atmospheric aerosol particles over the northwestern Mediterranean". Tellus, 41B.

Bousquet, P., (1993). "Modelisation du transport atmospheque tridimensionnel du Rn-222: application a la campagna aeroportee TRPOZ II." Rapport de DEA, Univ. Paris.

Chester, R., A.C., Saydam and E.J., Sharples, (1981). "An approach to the assessment of local trace metal pollution in the Mediterranean atmosphere". Mar. Pollut. Bullet., 12: 426-431.

Chester, R., E.J., Sharples, G.S., Sanders and A.C., Saydam, (1984). "Saharan dust incursion over the Tyrrhenian Sea". Atmos. Environ., 18: 929-935.

Chester, R., M., Nimmo, K.J.T., Murphy and E., Nicolas , (1990). "Atmospheric trace metals transported to the Western Mediterranean: data from a station on Cap Ferrat". in: EROS 2000 (European River Ocean System), (J-M Martin & H.Barth, eds.). 597-612.

Chester, R., M., Nimmo, M., Alarcon and P., Corcoran, (1991). "The Chemical Character of the North Western Mediterranean Aerosol". in: EROS 2000 (European River Ocean System) : (J-M Martin & H.Barth, eds.), Third Workshop on the NW-Mediterranean Sea. 495-504.

Dulac, F., Buaat-Menard, M., Arnold and U., Ezat, (1987).
"Atmospheric input of trace metals to the western Mediterranean Sea:
1. Factors controlling the variability of atmospheric concentrations".
J. Geophys. Res., 92: 8437-8453.

Guerzoni, S., R., Lenaz, G., Quarantotto, G., Rampazzo, A.,
Correggiari and P., Bonelli, (1989). "Trace metal composition of
airborne particles over the Mediterranean Sea". *Giornale di Geologia*,
ser. 3^a, vol. 51/2, 117-130.

Guerzoni, S., G., Cesari, R., Lenaz, and L., Cruciani, (1992).
"A new sampling station at the coastal site of Copo Carbonara
(Sardinia, central Mediterranean): Preliminary data and technical
proposals". In: *Airborne pollution of the Mediterranean Sea. MAP
Technical Report Series*, 64:33-40.

Guieu, C., (1991). "Apports atmospheriques a la Mediterranee
nord-occidentale". These de doctorat de l'Universite de Paris; 225 pp.

GESAMP, 1985. IMO/FAO/UNESCO/WMO/IAEA/UN/UNEP Joint Group of
Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution. "Atmospheric
transport of contaminants into the Mediterranean region". Rep. Stud.
GESAMP (26), 53 pp.

GESAMP, 1989. IMO/FAO/UNESCO/WMO/IAEA/UN/UNEP Joint Group of
Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution. "The
atmospheric input of trace species to the world ocean". Rep. Stud.
GESAMP (38), 111 pp.

GESAMP, 1991. IMO/FAO/UNESCO/WMO/IAEA/UN/UNEP Joint Group of
Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution. "Global changes
and the air-sea exchange of chemicals". Rep. Stud. GESAMP (48), 67 pp.

Krom, M.D., N., Kress, and S., Brenner, (1991). "Phosphorus
limitation of primary productivity in the eastern Mediterranean Sea".
Limnol. Oceanogr., 36(3), 424-432.

Kubilay, N., S., Yemenicioğlu, C., Saydam, (1995). "Airborne
material collections and their chemical composition over the Black
Sea". *Marine Pollution Bulletin*, 30: 7, 475-483.

Loye-Pillot, M.D., J.M., Martin and J., Morelli, (1986).
"Saharan dust: influence on the rain acidity and significance for
atmospheric input to Mediterranean". Nature, 321: 427-428.

Martin, J.H., and S.E., Fitzwater, (1988). "Iron deficiency
limits phytoplankton growth in the northeast Pacific subarctic".
Nature,
331: 341-343.

Martin, J.H., and R.M., Gordon, (1988). "Northeast Pacific iron
distributions in relation to phytoplankton productivity". Deep-Sea
Res., 35: 177-196.

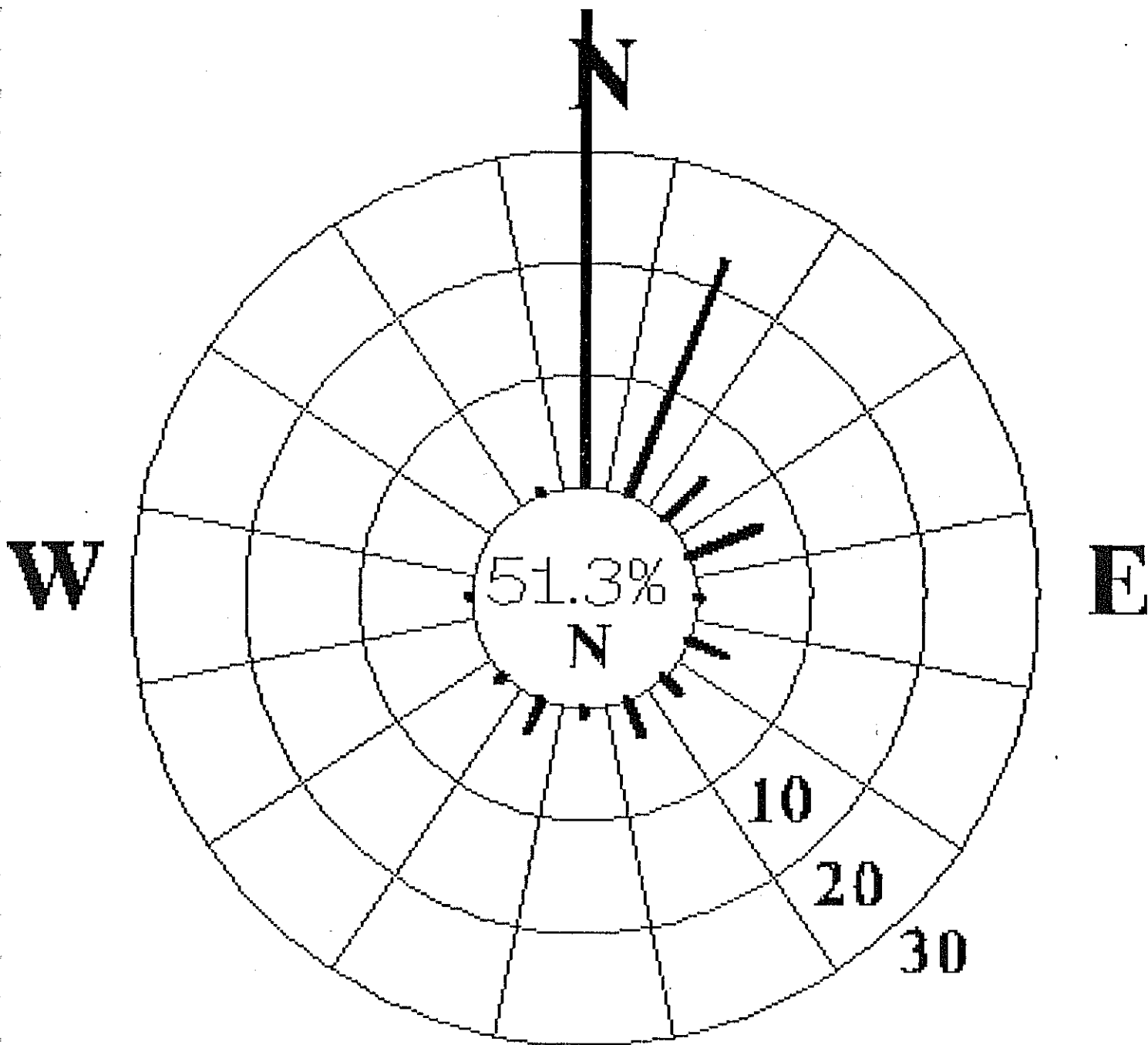
Pearl, H.W., (1985). "Enhancement of marine primary production
by nitrogen-enriched rain". Nature, 315:747-749.

Slinn, S.A., and W.G.N., Slinn, (1980). "Predictions for
particle deposition on natural waters". Atmos. Environ., 14: 1013-
1016.

UNEP, 1984. UNEP/ECE/UNIDO/FAO/UNESCO/WHO/IAEA: "Pollutants from
land-based sources in the Mediterranean. UNEP regional seas report and
studies. No. 32. UNEP, 1984.

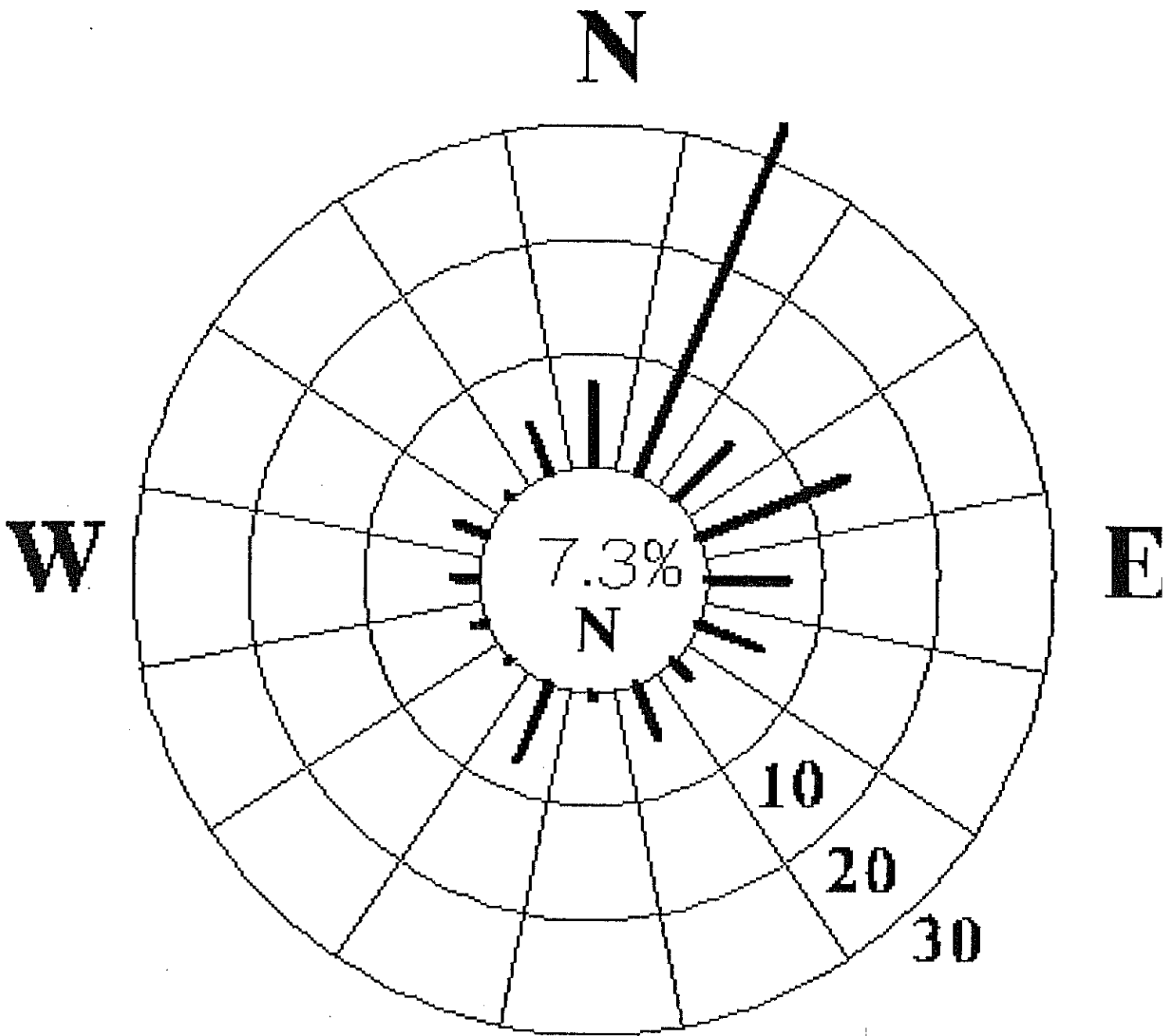
Yemenicioğlu, S., A. Yılmaz, İ. Salihoğlu, (1993). "Synthesis of
the MED-POL phase II studies related to the northeastern Levantine
Basin. Summary report submitted to DPT. 30 sayfa.

Şekil 62. 1992 yılında bölgemizde etkili olan rüzgarların aylara göre tasnif edilmiş yönü ve şiddeti.



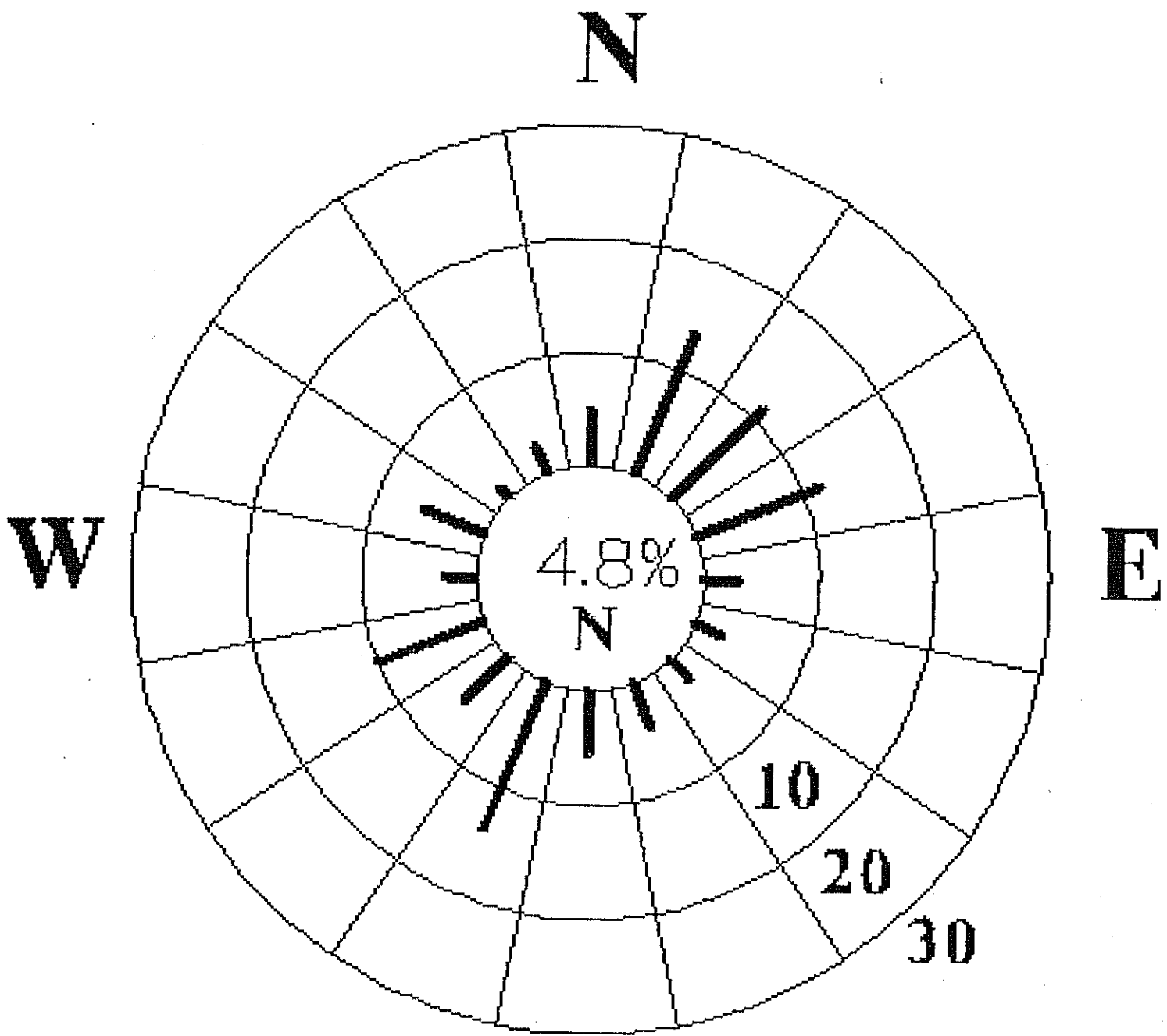
Date: Ocak, 1992.
 Place: ODTU-ERD.

S



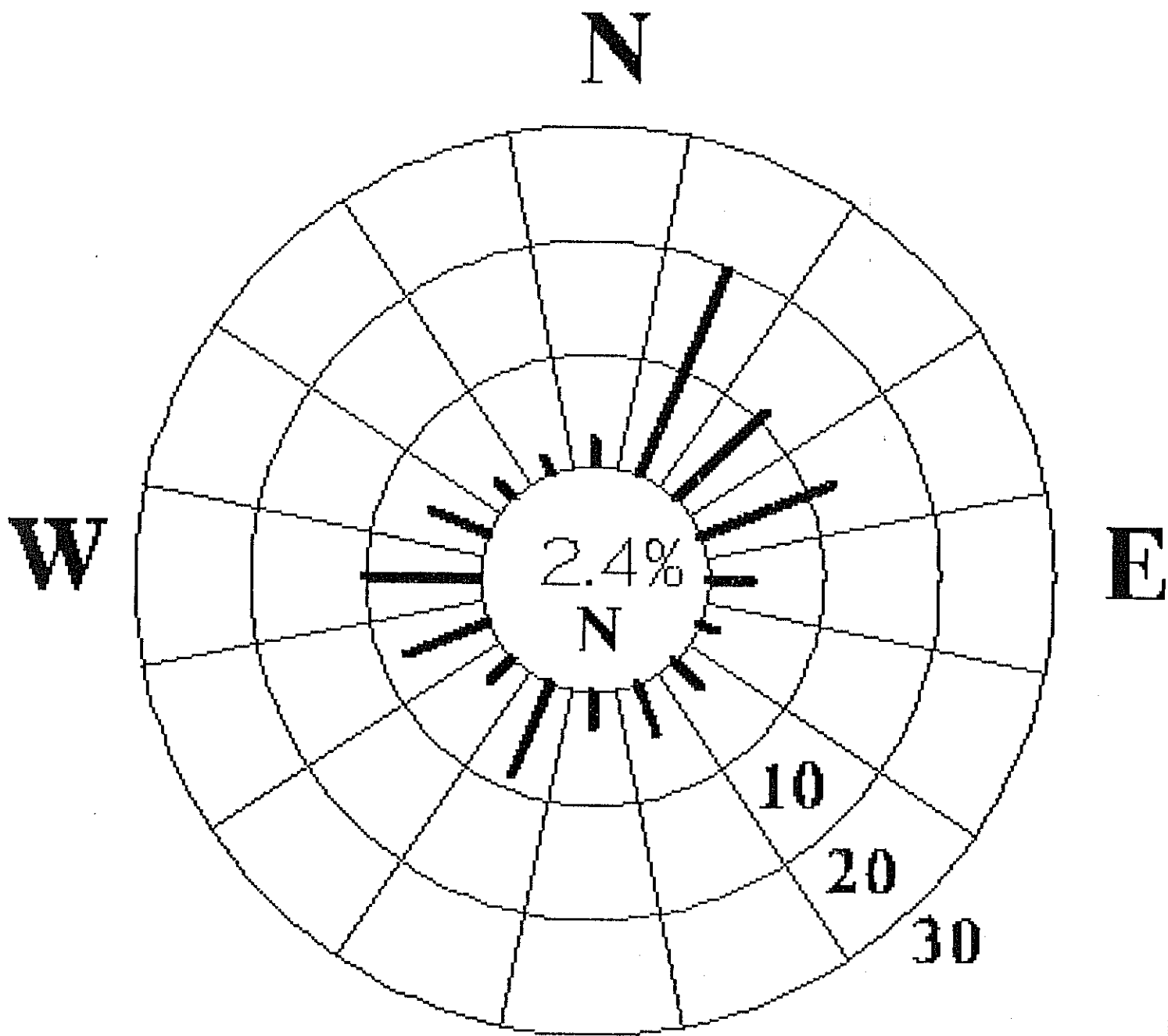
Date: şubat, 1992.
 Place: odtü-erd.

S



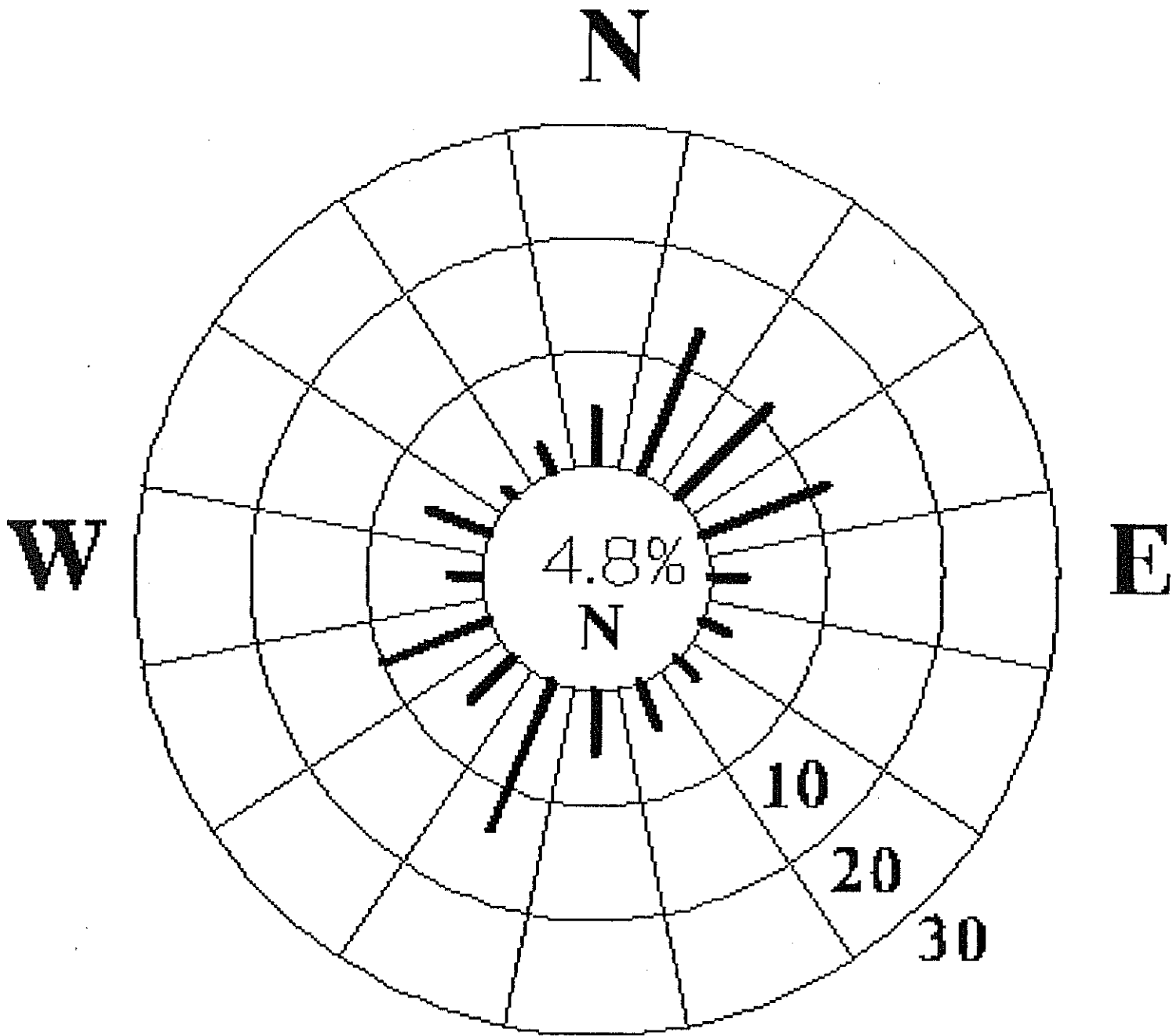
Date: mart,1992.
 Place: odtü-erd.

S



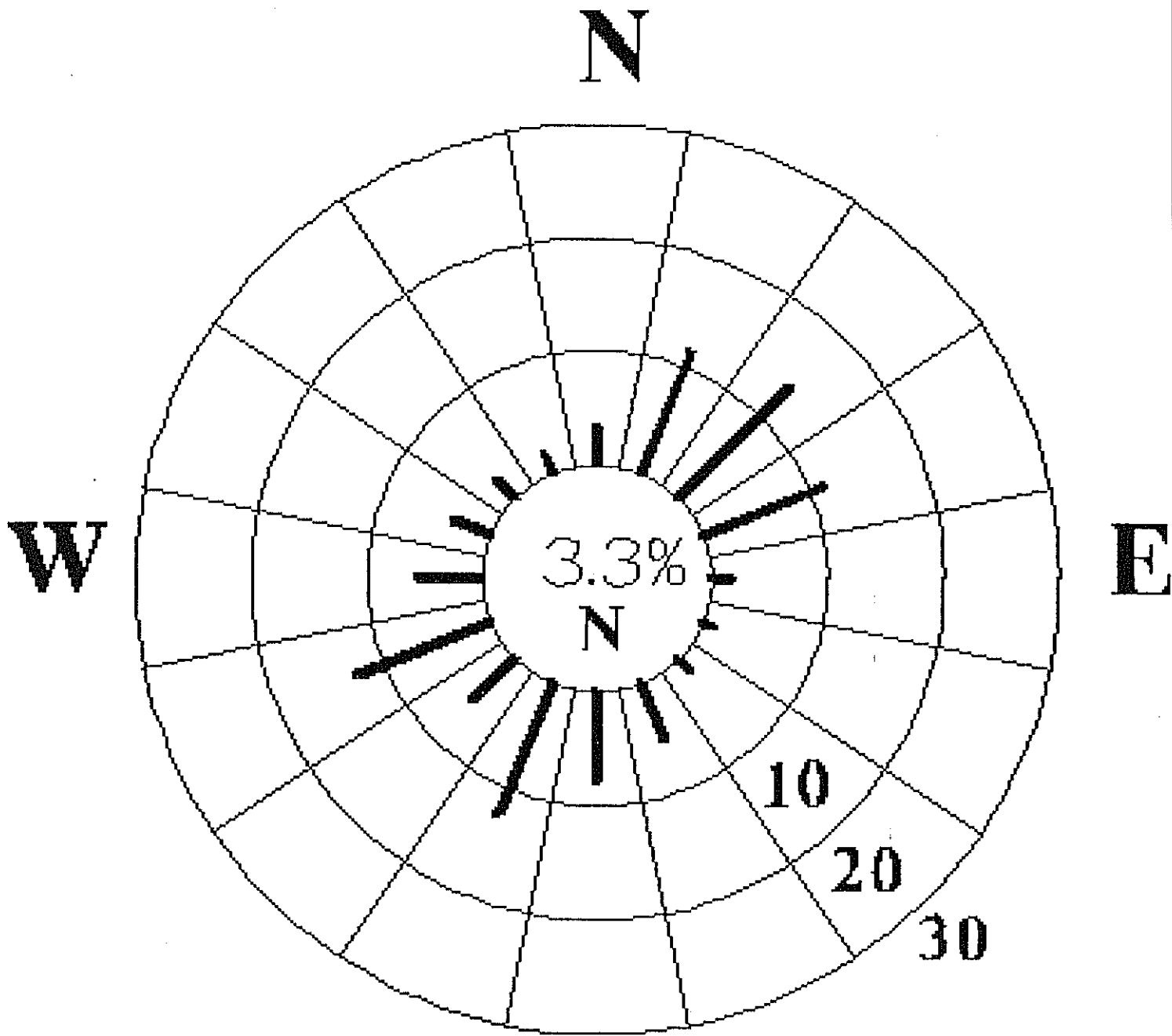
Date: nisan,1992.
Place: odtü-erd.

S



Date: mayıs,1992.
 Place: odtü-erd.

S



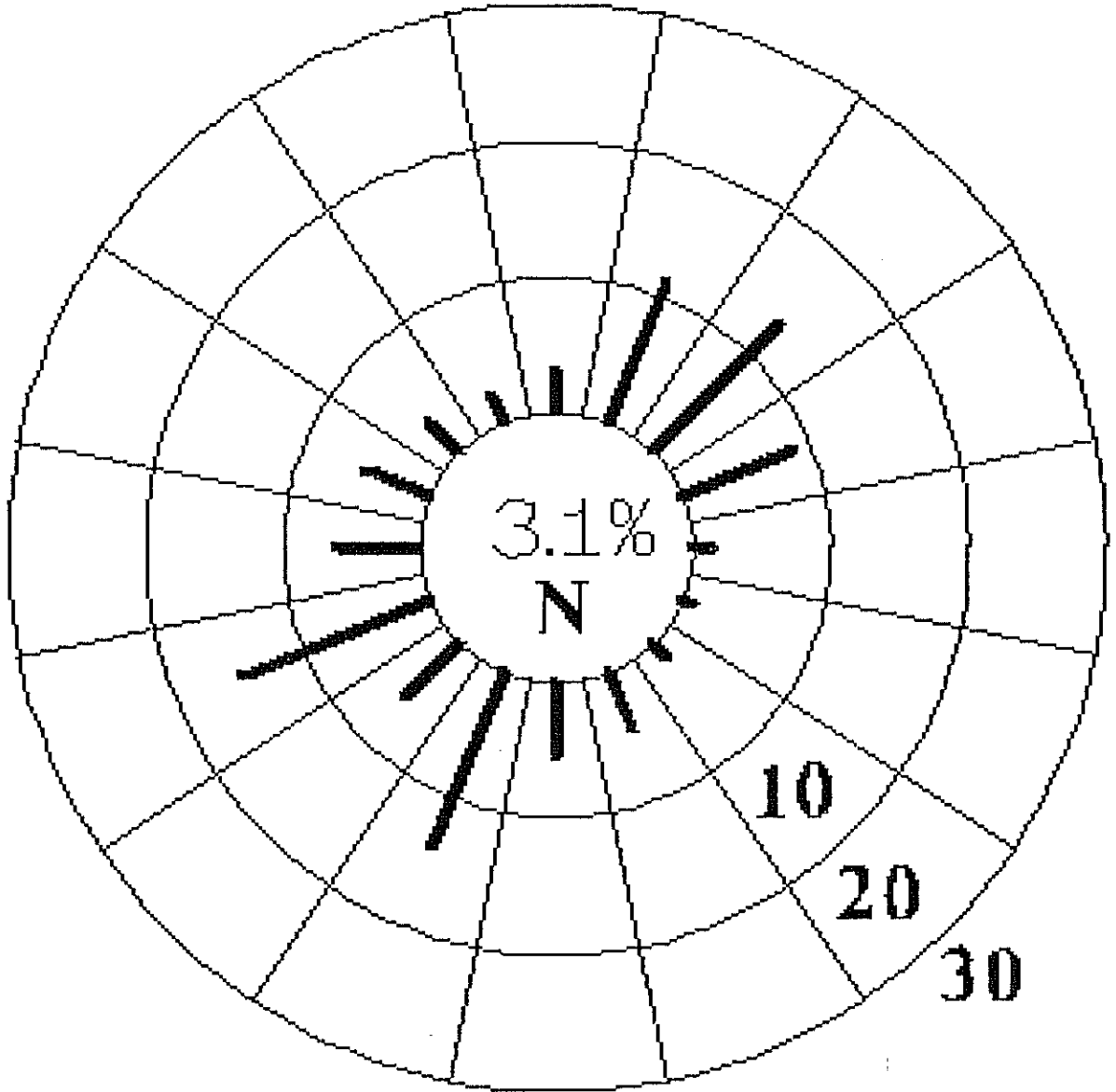
Date: haziran,1992.
Place: odtü-erd.

S

N

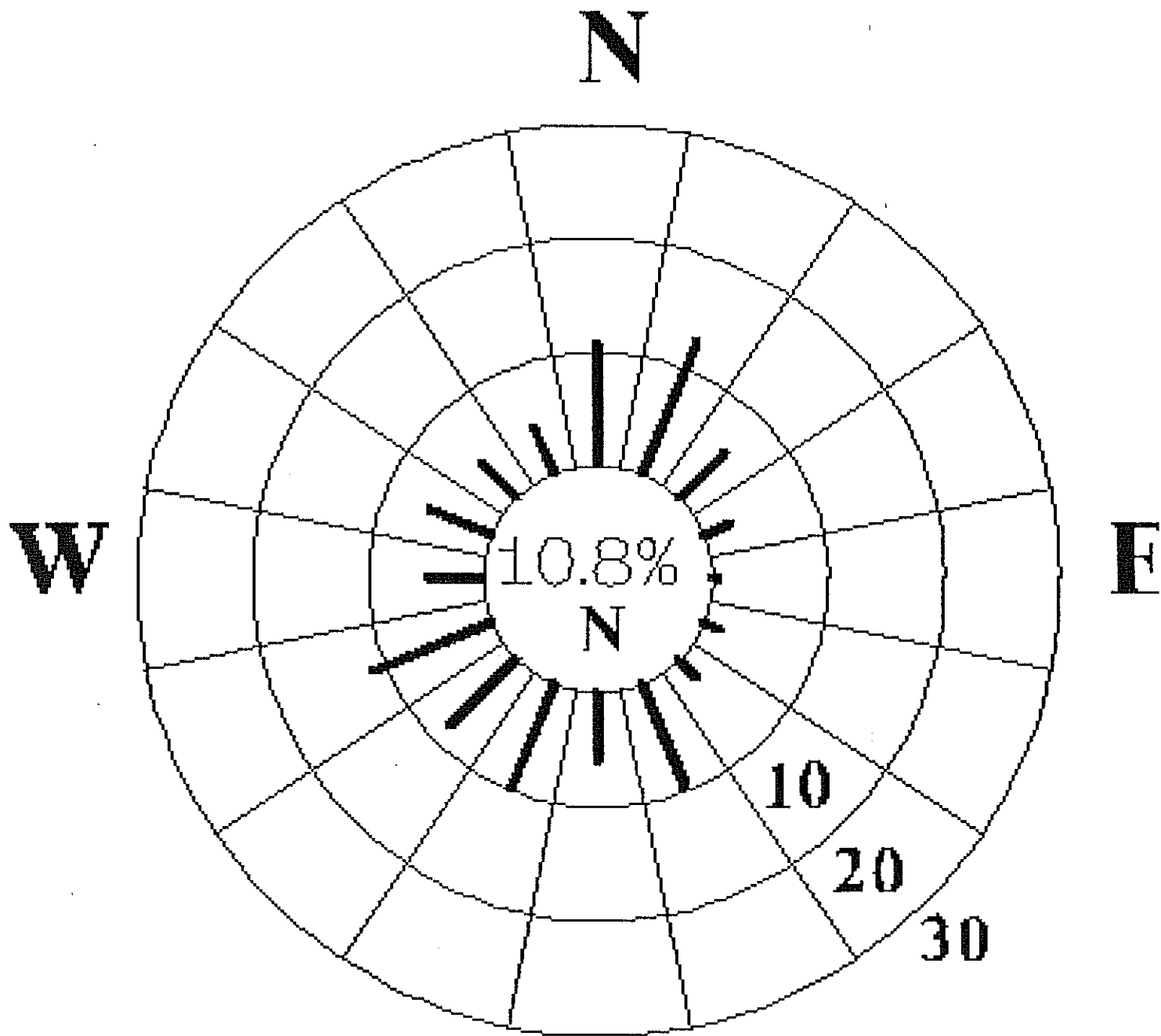
W

E



Date: temmuz,1992.
Place: odtü-erd.

S

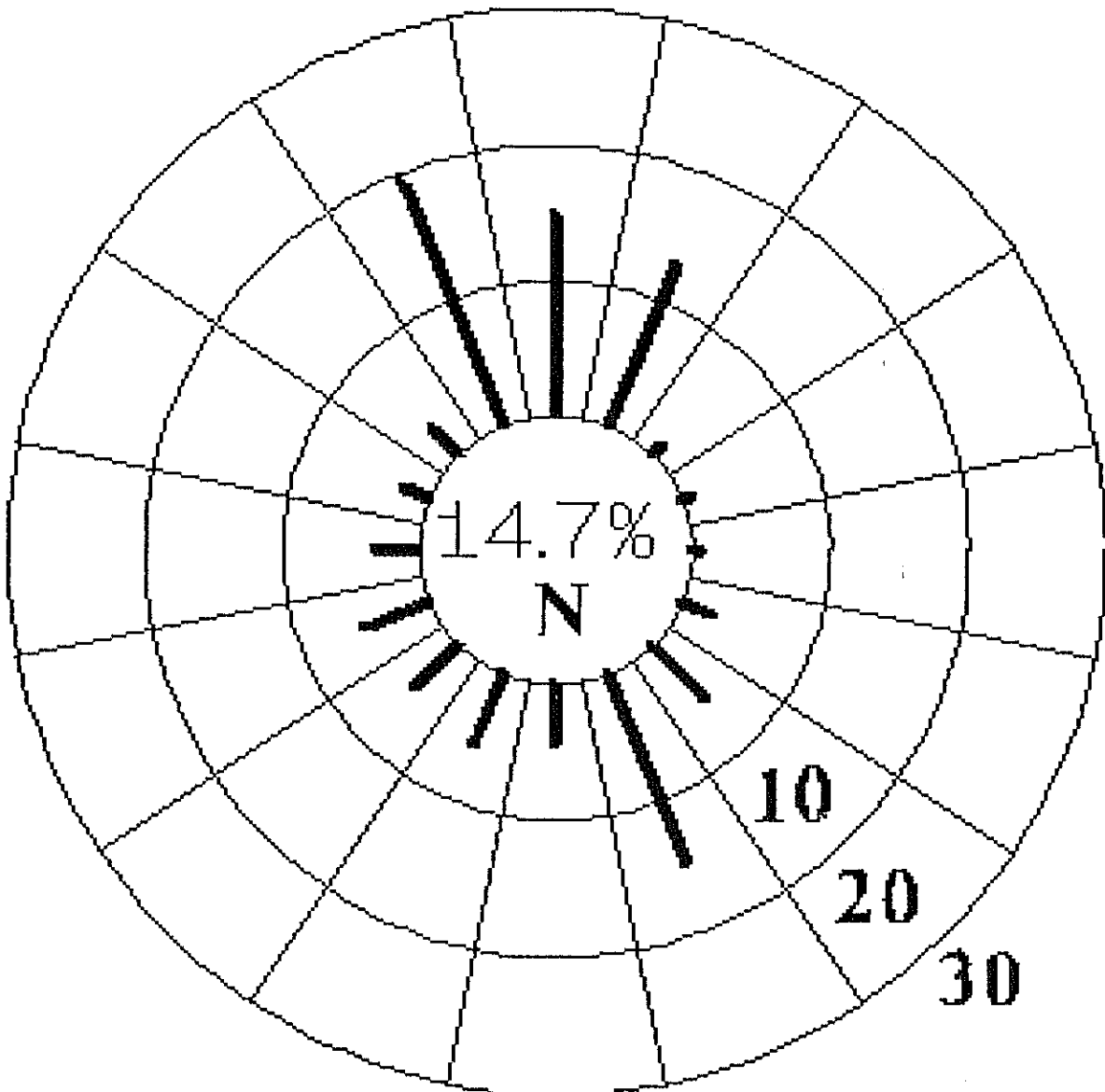


Date: agosto, 1992. **S**
 Place: odtü-erd.

N

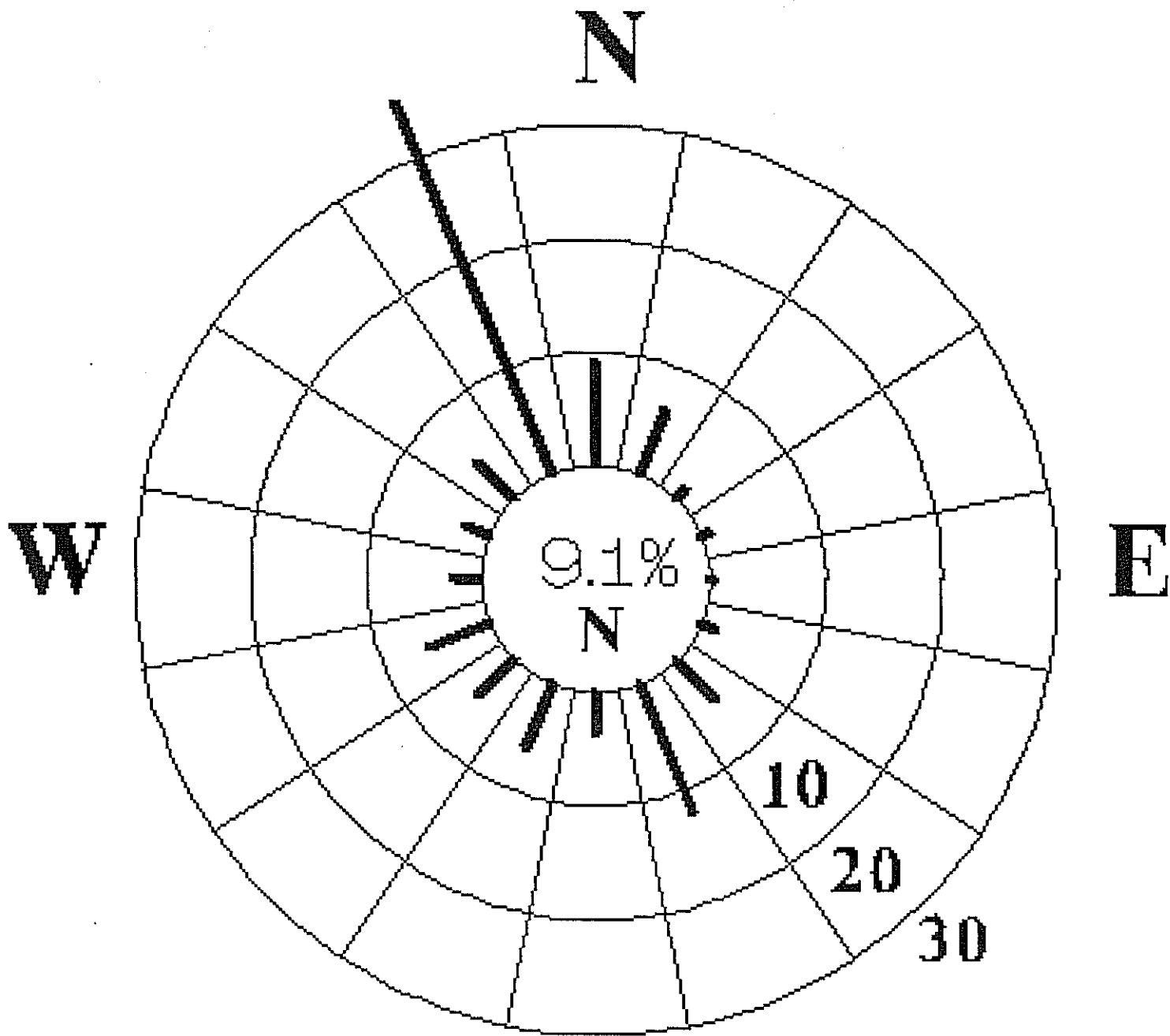
W

E



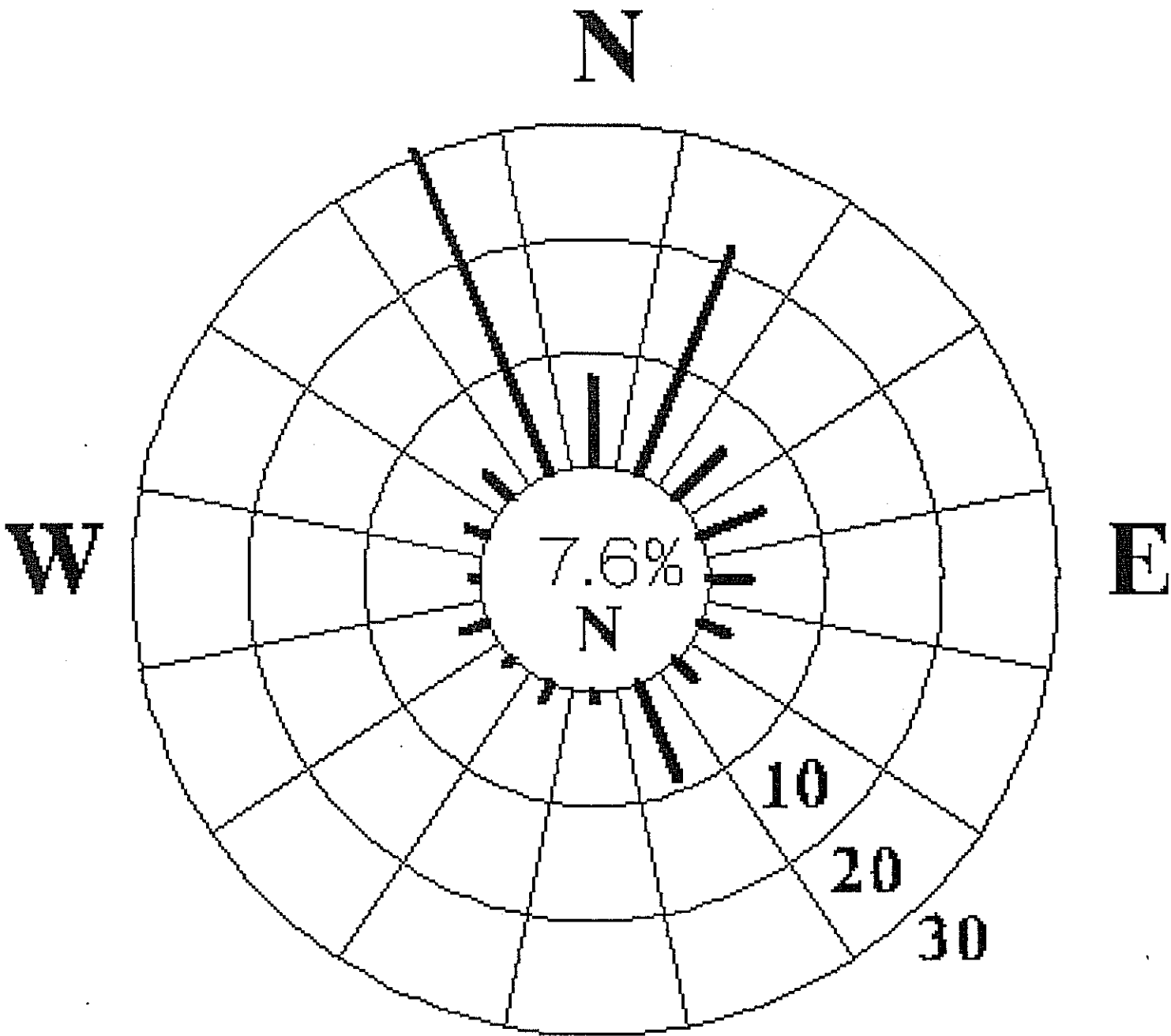
Date: eylül, 1992.
Place: odtü-erd.

S

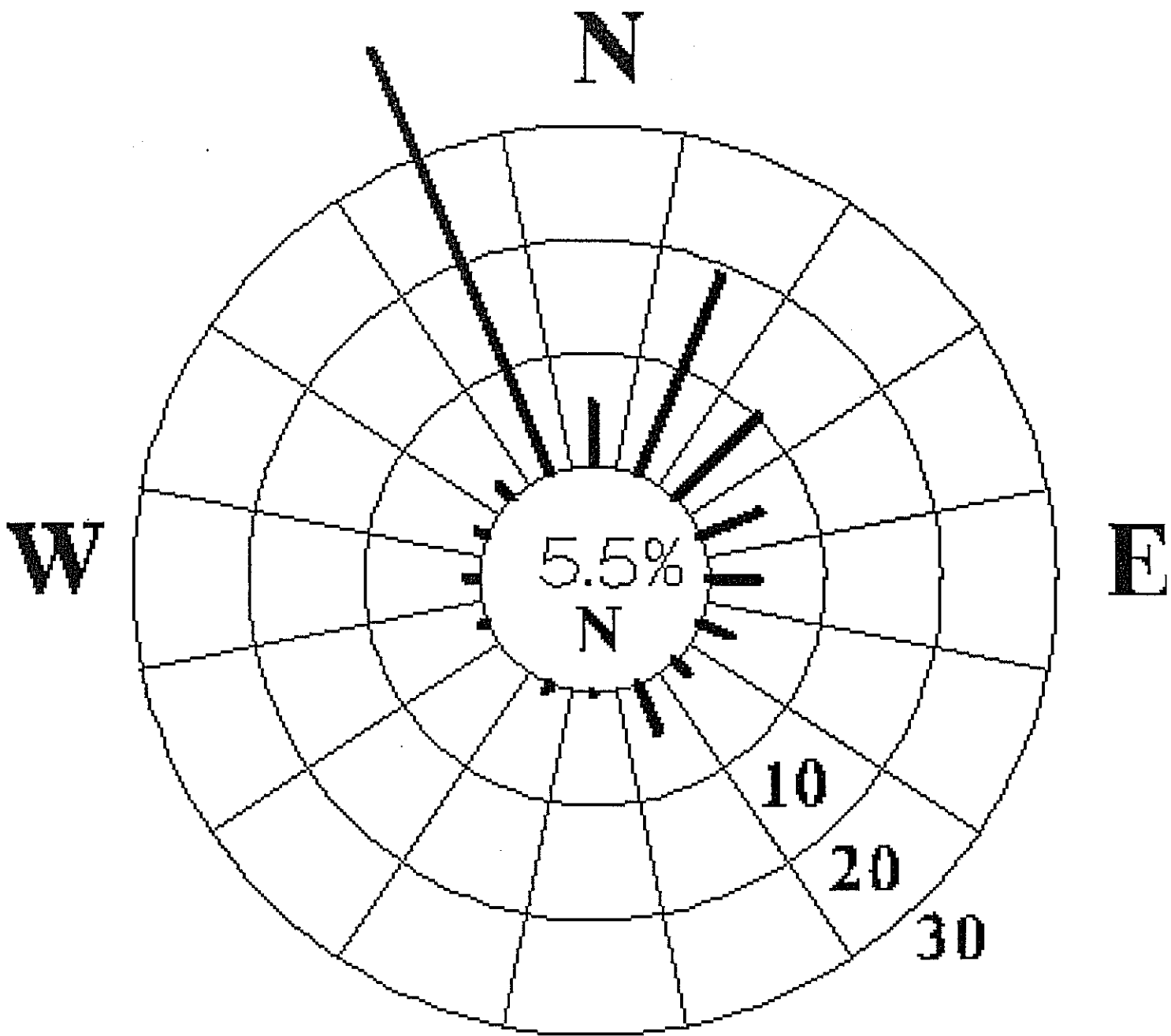


Date: ekim,1992.
Place: odtü-erd.

S



Date: kasım,1992.
Place: odtü-erd.



Date: aralık,1992.
 Place: odtü-erd.

S