

DOĞU AKDENİZ ATMOSFERİNDE SÜLFAT SEVİYELERİNİ ETKİLEYEN KAYNAK BÖLGELERİNİN BELİRLENMESİ

Zeynep MALKAZ¹, Seda ASLAN KILAVUZ², R. Fikret YIKMAZ³, ,
Zuhal AKYUREK⁴, Gürdal TUNCEL¹

¹: Ortadođu Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliđi Bölümü

²: Kocaeli Üniversitesi, Çevre Mühendisliđi Bölümü

³: Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, Ankara

⁴: Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliđi Bölümü, Ankara

Çalışmanın Amacı

- Doğu Akdeniz bölgesi ülkelerinden biri olan Türkiye'nin Antalya ve Çubuk illerinde SO_4^{2-} konsantrasyonlarını etkileyen muhtemel kaynak bölgelerinin belirlenmesi
- SO_4^{2-} kaynak bölgelerinin zaman içerisindeki değişimlerinin incelenmesi

1. Giriş

- Doğu akdeniz bölgesi çeşitli yerel ve bölgesel kaynaklardan yayılan güçlü doğal ve antropojenik kirleticilere maruz kalmaktadır. Bu nedenle Doğu Akdeniz atmosferi Dünya'daki en karmaşık hava kütesidir
- Atmosferin karmaşık bir yapıda olması Kuzey Afrika ve Orta Dođuda bulunan doğal kaynakların, havzanın kuzeyinde bulunan antropojenik kaynakların çok yoğun olmasından kaynaklanmaktadır.
- Etrafındaki kaynak bölgelerinde farklı ekonomik seviyelerdeki ülkeler doğu Akdeniz'i etkilemektedir.

Giriş

- Sülfat anomalisi Doğu Akdeniz atmosferinin en önemli özelliklerinden biridir.
- Doğu Akdeniz havzasında çeşitli araştırmacılar tarafından ölçülen sülfat konsantrasyonları $5 \mu\text{g m}^{-3}$ ve $12 \mu\text{g m}^{-3}$ arasında değişmektedir.
- Avrupa'daki Hava Kirleticilerinin Uzun Menzilli İzleme ve Değerlendirme Programı (EMEP) tarafından Avrupa'da 100 istasyonda ölçülen konsantrasyonlar ise $2 - 3 \mu\text{g m}^{-3}$ arasında değişmektedir.
- Doğu Akdeniz'de oldukça yüksek SO_4^{2-} konsantrasyonları çok fazla kaydedilmesine rağmen, bu yüksek konsantrasyonların nedeni tam olarak açıklığa

Yöntem

Çalışma Alanı

- Doğu-Batı doğrultusunda İzlanda'nın batısından başlayıp hazar denizinin doğusuna (20° Batı ve 60° doğu enlemleri), kuzey-güney doğrultusunda İskandinav ülkelerinin kuzeyinden başlayıp kızıl denizin güneyine kadar uzanmaktadır (71° kuzey ve 14° kuzey enlemleri).
- Sülfat kaynak bölgelerinin belirlenmesi için çalışma alanı $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ lik gridlere bölünmüştür. Ancak denizler çok güçlü antropojenik SO_4 kaynağı olmadıklarından dolayı grid sisteminden çıkarılmışlardır
- Sülfat kaynak bölgelerinin yıllar içerisinde değişiminin belirlenmesi amacıyla Türkiye'de en fazla sülfat verisinin elde edilebildiği Çubuk (Ankara) ve Antalya seçilmiştir. Her iki istasyon da kent merkezinden ve lokal emisyonlardan uzak kırsal alanlara kurulmuştur.

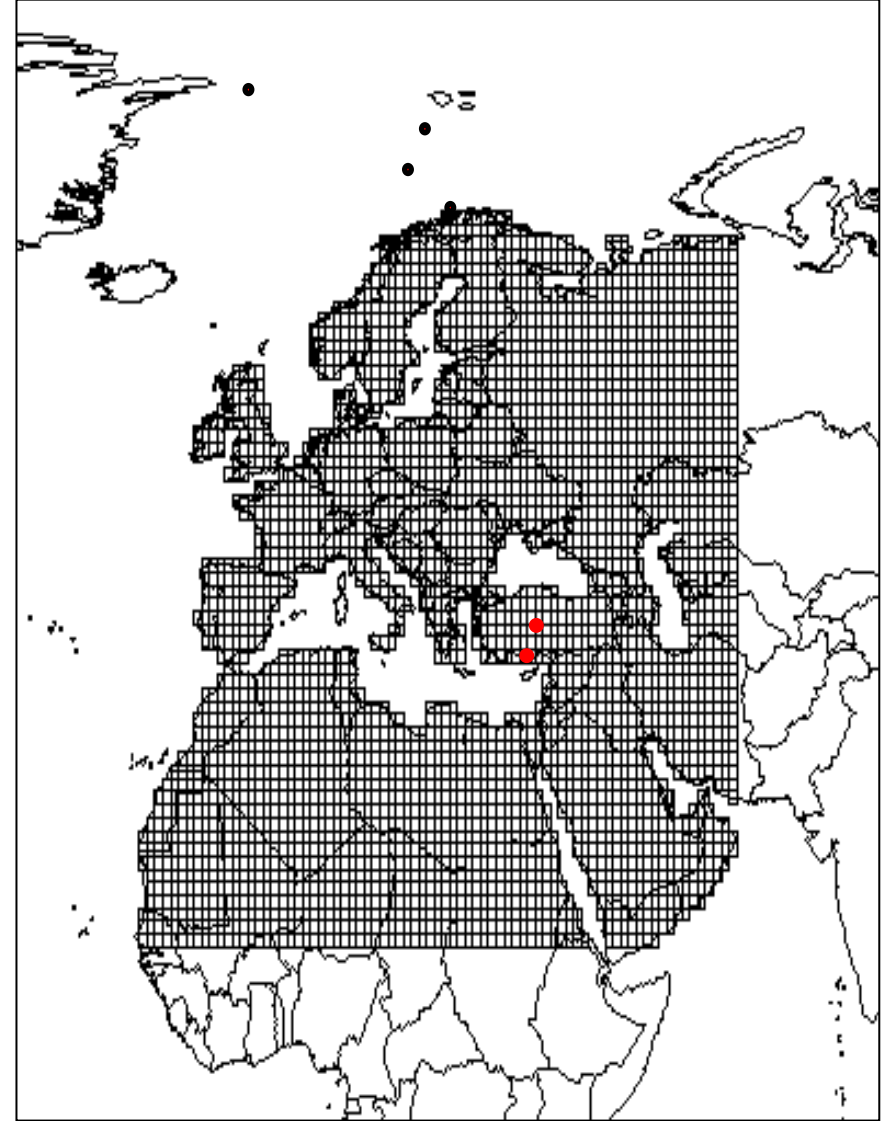


Figure 2: $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ gridded domain

Yöntem

Veri hazırlama

SO₄ ve Geri yörünge verileri  **PKKF modeli**

SO₄

- ❖ Çubuk istasyonu için, EMEP tarafından yüksek hacimli örnekleyiciler kullanılarak toplanan aerosol örneklerinde iyon kromatografi (IC) yöntemi kullanılarak ölçülen SO₄ verileri kullanılmıştır. 1993-2006 yılları arasında ölçülen toplam 3686 SO₄ verisi sağlık bakanlığından alınmıştır.
- ❖ Antalya istasyonu için ise ODTÜ tarafından kurulan istasyonda yüksek hacimli örnekleyici ile toplanan aerosol örneklerinde IC yöntemi kullanılarak ölçülen SO₄ verileri kullanılmıştır. İstasyon 1992-2001 yılları arasında işletilmiş olup. 1992-2000 yılları arasında SO₄ verileri elde edilmiştir.

Yöntem

Veri hazırlama

Geri yörünge verileri:

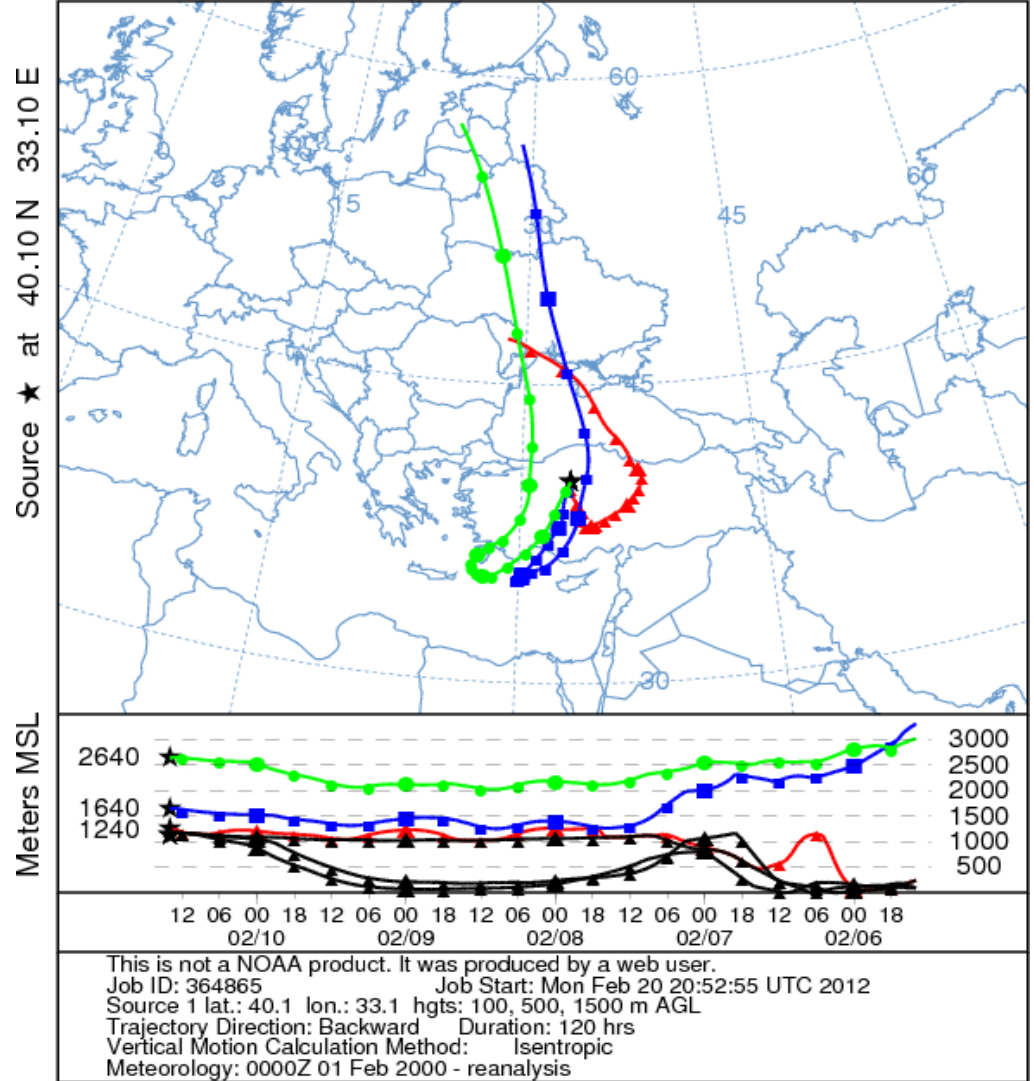
Geri yörüngeler bir hava kütesinin tarihçesi hakkında bilgi verir.

Şekilde çubuk istasyonundan başlayan 5 günlük geri yörünge görülmektedir

Çubuk Station = starting point

- **Kırmızı geri yörünge**= başlangıç yüksekliği 100 m.
- **Mavi geri yörünge** başlangıç yüksekliği 500 m
- **Yeşil geri yörünge**= başlangıç yüksekliği 1500 m.
- Amerika Birleşik Devletleri ulusal okyanus ve atmosfer kurumu (NOAA) tarafından geliştirilen HYSPLIT modeli kullanılmıştır.
- Geri hava yörüngelerinin hesaplanması için CBS tabanlı bir yazılım olan Trajstat programı kullanılmıştır.

NOAA HYSPLIT MODEL
Backward trajectories ending at 1400 UTC 10 Feb 00
CDC1 Meteorological Data



Yöntem

Potansiyel Kaynak Katkı Fonksiyonu (PKKF) modeli

- Ashbaugh ve diğ. (1985) tarafından geliştirilen PKKF modeli kimyasal veriyi e geri yörüngeleri birleştiren bir modeldir

$$\text{PKKF}_{ij} = m_{ij} / n_{ij} \quad \text{PKKF}=0-1$$

- n_{ij} = gridin ij^{th} hücrendeki yörünge segmentlerinin toplam sayısını
 - m_{ij} = gridin ij^{th} hücrendeki toplam kirli yörünge segment sayısıdır ve bu değer çalışma periyodunda kirletici seviyesinin kriter bir değer üstünde olduğu günlerle ilişkilidir. Bu çalışmada toplam çalışma periyodunda en yüksek %40 oranında sülfat konsantrasyonu içeren günler kirli olarak kabul edilmiştir.
- Bir grid hücrendeki az sayıdaki toplam segment sayısından (n_{ij}) kaynaklanan belirsizliğin azaltılması için Zhao ve Hopke (2006) tarafından geliştirilen katsayılar kullanılmıştır.

$$W(n_{ij}) = \left\{ \begin{array}{ll} 1.0 & n_{ij} > 2 \cdot n_{avg} \\ 0.75 & n_{avg} < n_{ij} \leq 2 \cdot n_{avg} \\ 0.5 & \frac{n_{avg}}{2} < n_{ij} \leq n_{avg} \\ 0.15 & n_{ij} \leq \frac{n_{avg}}{2} \end{array} \right\}$$

Yöntem

Geri Yörünge Yüksekliği Ağırlıklandırılması

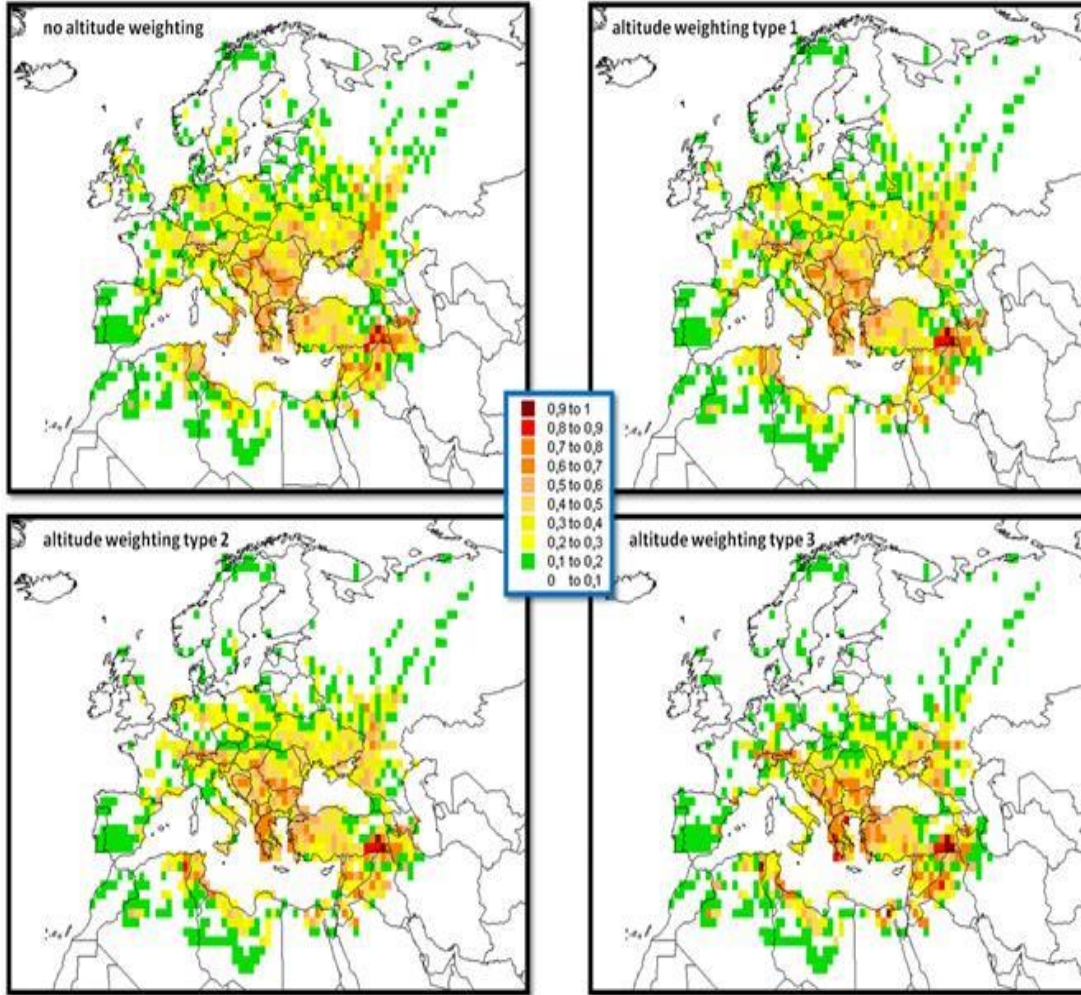
- Farklı irtifalardaki hava kütleleri kirletici partiküllerini farklı oranlarda toplar
- 100 m'deki bir hava yörünge segmentinin kirleticiyi tutma şansı 3000 m'den daha fazladır.
- Bu belirsizliği azaltmak amacıyla bu çalışmada farklı irtifadaki yörünge segment sayıları için katsayılar geliştirilmiş ve segment sayıları en doğru gösterimi veren katsayılarla çarpılmıştır.

Table 3. 4 Height weightings used in calculations

	0 m < altitude < 500 m	500 m < altitude < 1000 m	1000 m < altitude
weighting factor of altitude weighing type 1	1.0	0.8	0.5
weighting factor of altitude weighing type 2	1.0	0.5	0.3
weighting factor of altitude weighing type 3	1.0	0.3	0.1

Yöntem

Geri Yörünge Yüksekliği Ağırlandırılması

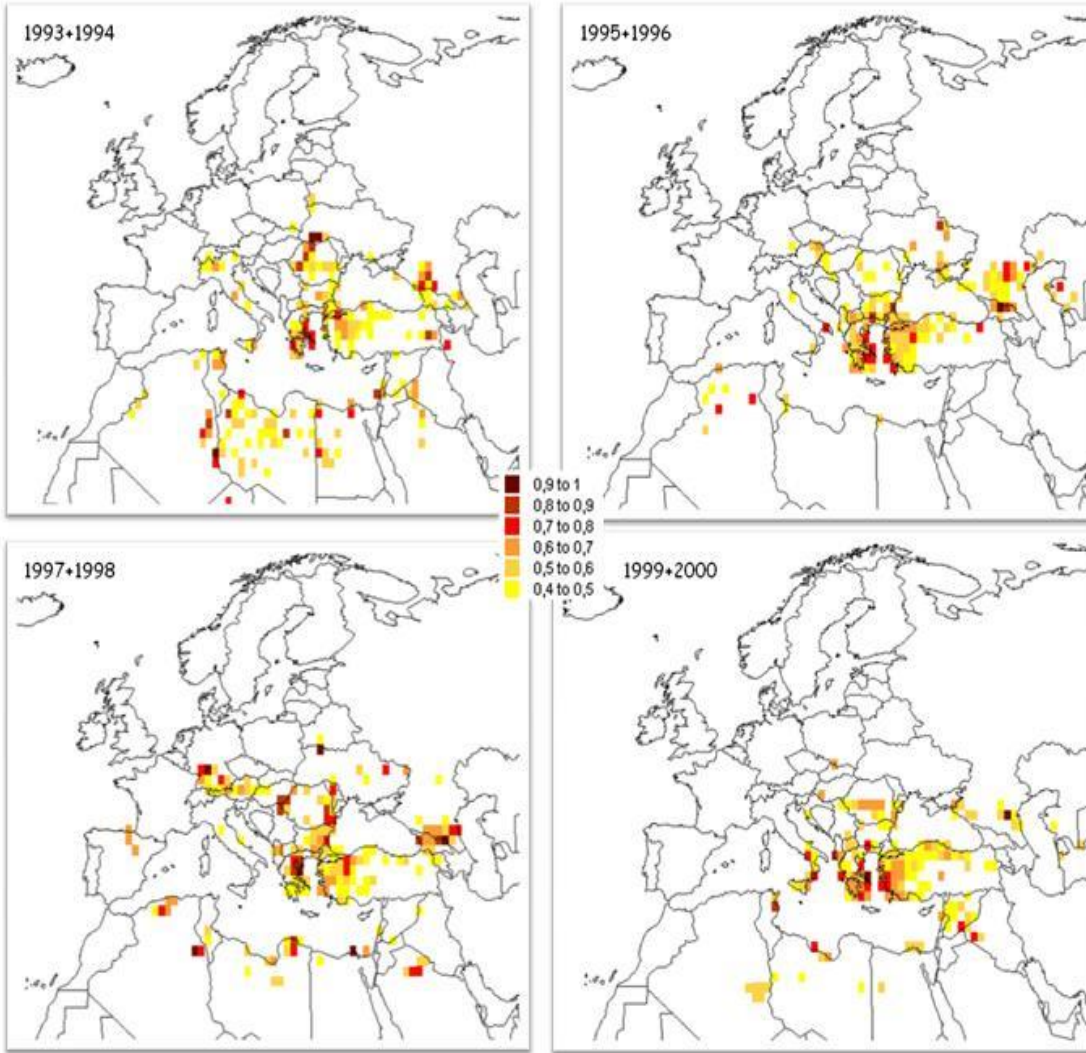


1993-1994 yılları için Çubuk istasyonunda PKKf değerlerine irtifa katsayılarının etkisi

z: yükseklik	0 < z < 500	500 < z < 1000	1000 < z
Tip 3	1.0	0.3	0.1

- Tip 1 ve 2 çok farklı değil çok uzak bölgeler temizlenmemiş.
- Önceden yapılan çalışmalar ışığında en doğru gösterim tip 3 olarak belirlenmiştir.

Sonuçlar ve Değerlendirme



1993-2000 yılları arasında Antalya'da PKKf verilerinin dağılımı

Balkanlar (Yunanistan, Bulgaristan, Romanya), Gürcistan, Azerbaycan, Ukraynanın doğusu

93+94 : kaynak bölgeleri italyanın kuzeyine ve orta Avrupa'ya kadar uzanmaktadır

95+96, 99+00 : kaynak bölgeleri daha çok lokal, Ukrayna'nın doğusu, Türkiye'nin batısı ve Türkiye'nin kuzey doğu sınırlarıyla kısıtlı kalmıştır.

97+98 : Farklı bir eğilim göstermiştir. Kaynak Bölgeleri Almanya'nın güneyine kadar uzanmaktadır. Farklı meteorolojik rejimden kaynaklanabilir

Sülfür Protokolü (1994):

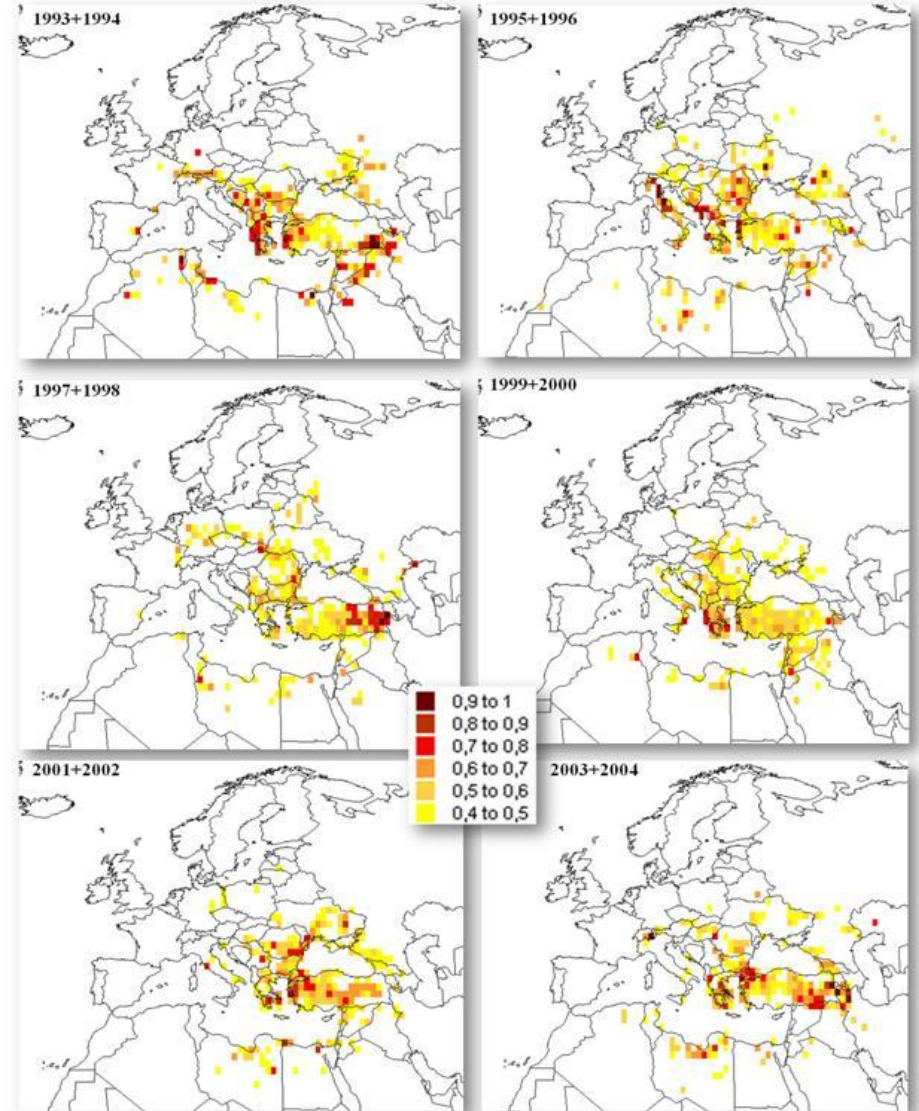
Batı Avrupa SO₂ emisyonlarını azalttı
Doğu Avrupa ülkeleri Rusya'nın parçalanmasından sonra (1991) ekonomik olarak zayıfladığından Doğu Avrupa'daki SO₂ emisyonları daha sonra azaltılmaya çalışılmıştır.

Sonuçlar ve Değerlendirme

1993-1996 : Balkanlar, Ukrayna'nın Doğusu, Gürcistan sınırları ve Rusya federasyonu ile Türkiye'nin batısı ile güney doğusu

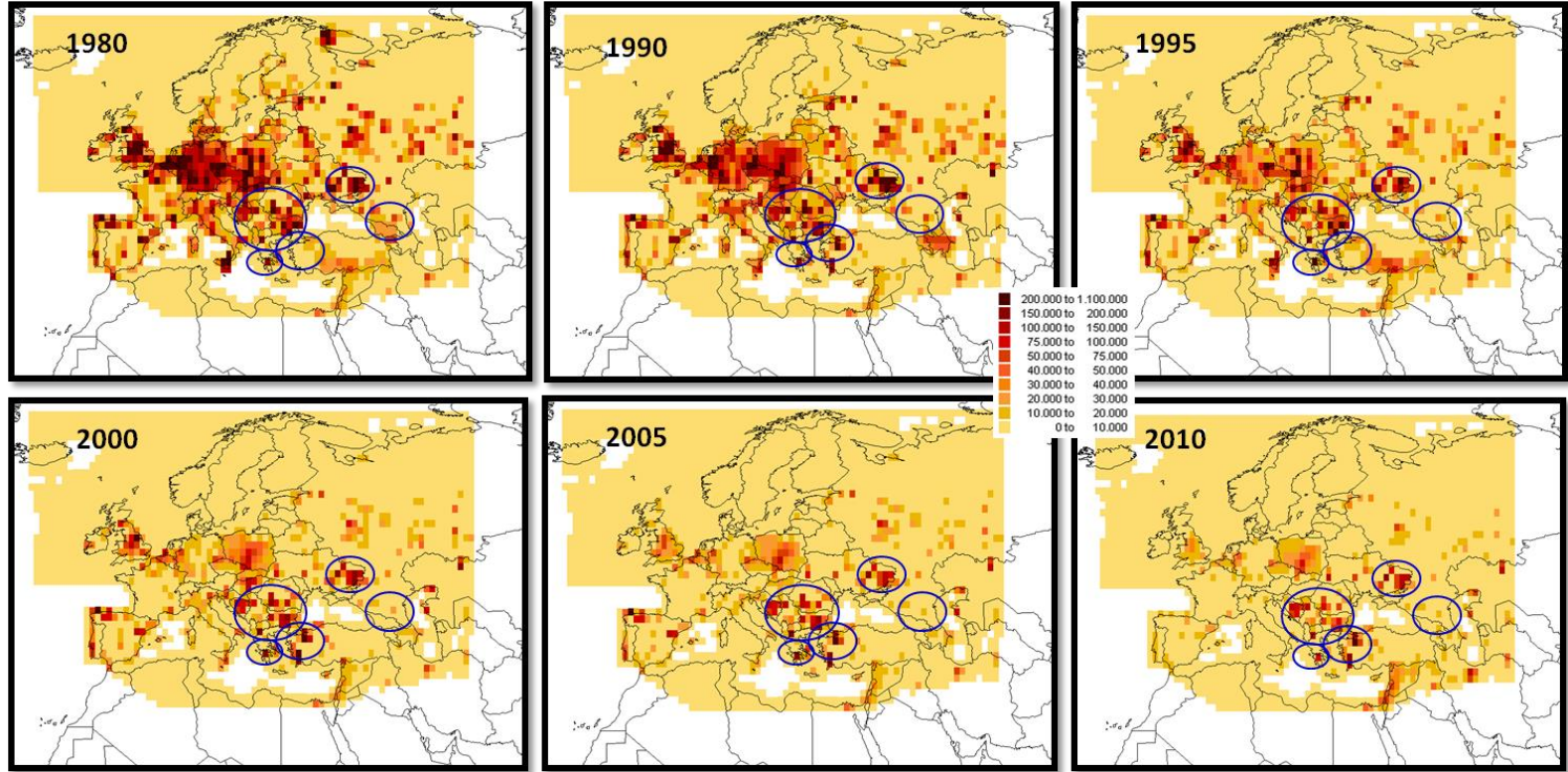
1997-2000 : Balkanlar (PKKF değerleri azalmış), Türkiye'nin doğusu ve batısı, Ukrayna'nın Doğusu, Gürcistan sınırları ve Rusya Federasyonu (PKKF değerleri azalmış)

2000-2004 : Türkiye'nin doğu ve batısının kaynak bölgeleri olarak öneminin arttığı görülmektedir. Balkanlar, Ukrayna'nın Doğusu, Gürcistan sınırları ve Rusya Federasyonu hala kaynak bölgeleri olup 1990'lı yıllara göre PKKF değerleri oldukça azalmıştır.



1993-2006 yılları arasında Çubuk'ta PKKF değerlerinin dağılımı

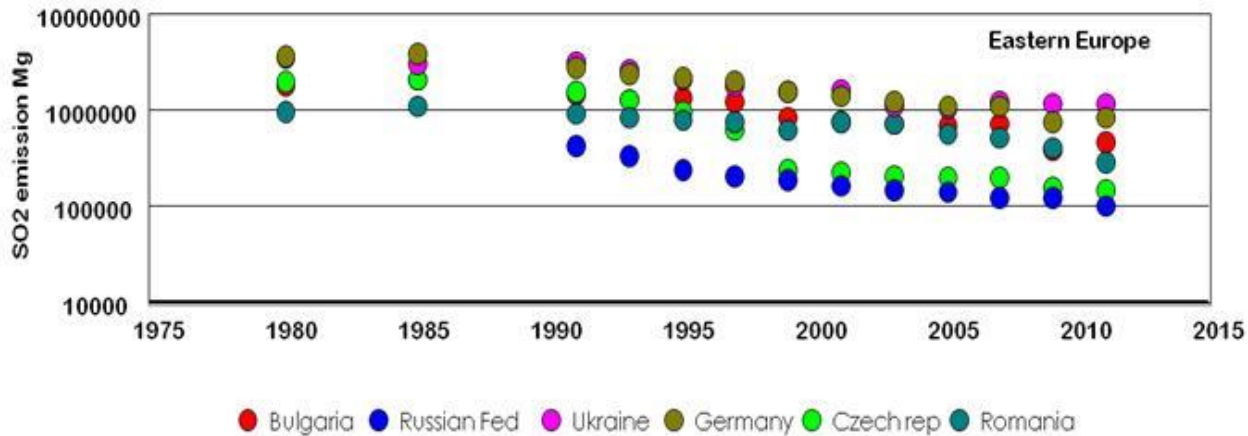
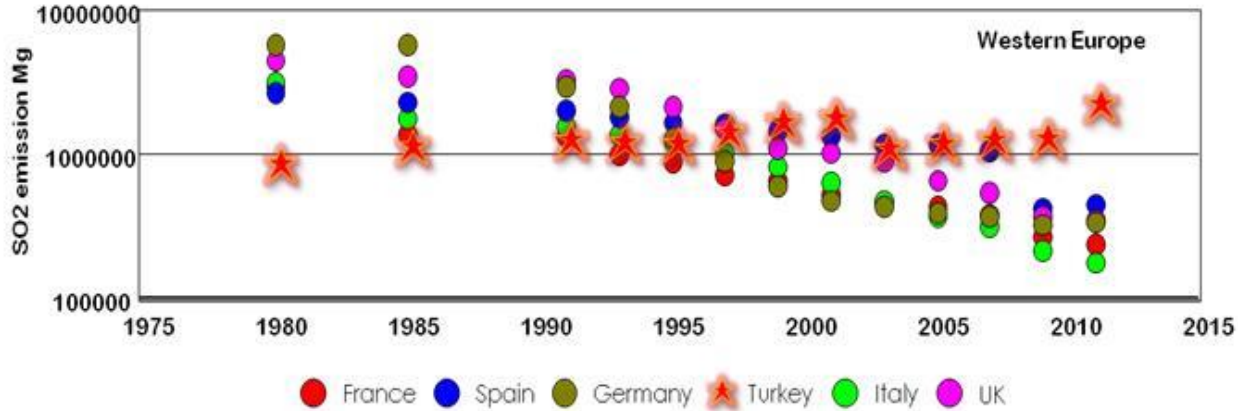
Sonuçlar ve Değerlendirme



1980-2000 yılları arasında Avrupa'da SO₂ emisyonlarının değişimi (EMEP)

- 1995'ten itibaren:** Avrupa'da emisyonlar azalmaya başlamış. Batı Avrupa daha hızlı, Doğu Avrupa daha yavaş bir azalma göstermiş
- Türkiye'nin Kuzey Batısı **1980'lerde** çok fazla emisyon yaymazken, 1990'lardan itibaren emisyonların arttığı ve azalmadığı görülmektedir
- Ukraynanın doğusu, Bulgaristan ve Balkan ülkelerinde SO₂ emisyonları 1995'ten itibaren bir miktar azalmasına rağmen emisyonların yüksek olduğu görülmektedir.

Sonuçlar ve Değerlendirme

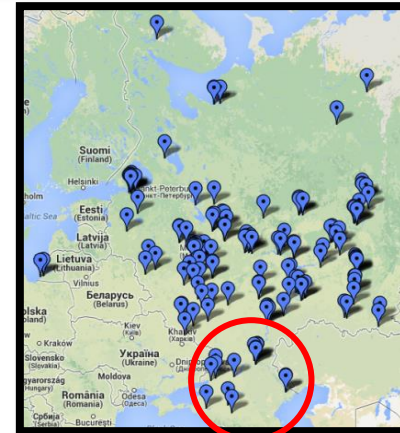
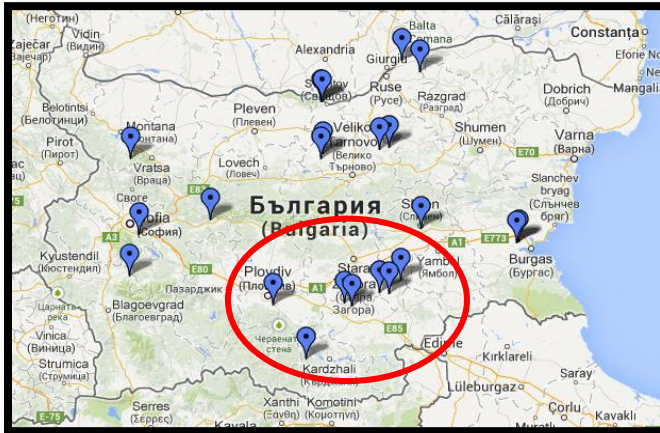
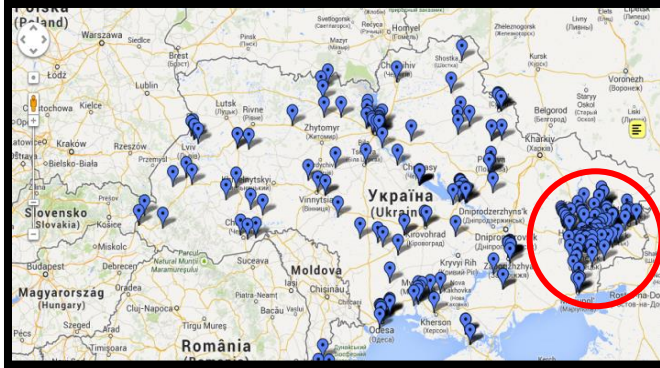


Bazı Batı ve Doğu Avrupa ülkeleri için SO₂ emisyonlarının değişimi

- Doğu Avrupa ülkelerinde emisyonların azalımı oldukça yavaştır
- Türkiye'de emisyonların arttığı görülmektedir.
- Gidişata göre emisyonların değişimi ileriki yıllarda da incelenecek olursa, Türkiyenin tek kaynak bölgesi olma olasılığı yüksektir

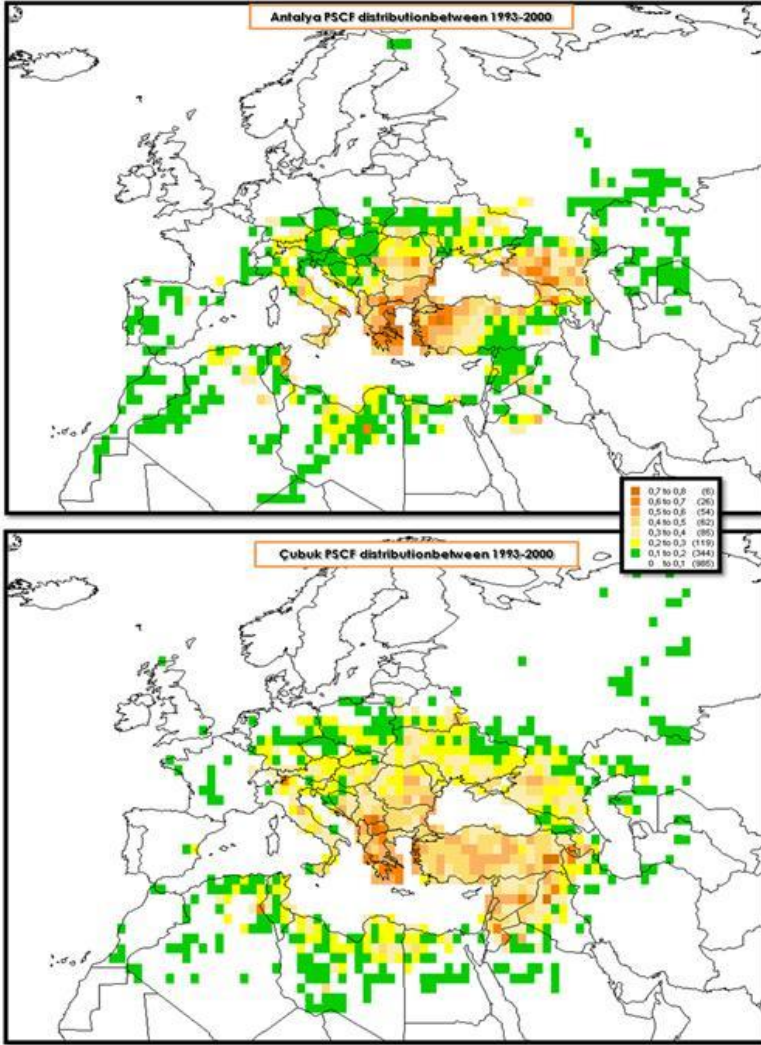
Sonuçlar ve Değerlendirme

Ukrayna'nın doğusu önemli bir endüstri bölgesidir.



Türkiye'nin çevresindeki bazı ülkelerde SO2 emionları yayan tesisleri

Sonuçlar ve Değerlendirme



1993-2000 yılları arasında Antalya ve Çubuk istasyonundaki PKKF değerlerinin dağılımı

❖ Yunanistan, Bulgaristan, Romanya, Türkiye'nin Batısı, Ukrayna'nın Doğusu ve Gürcistanın Kuzeyi her iki istasyon için de önemli kaynak bölgeleri

❖ Çubuk için Karadeniz'in tüm kıyıları önemli kaynak bölgeleri iken, Antalya'nın sülfat konsantrasyonlarını etkileyen kaynakların sadece Karadeniz'in kuzeydoğusunda olduğu görülmektedir.

❖ Türkiye'nin Batısı ve Doğu Bulgaristan her iki istasyon için önemli kaynak bölgeleri olmakla birlikte bu bölgelerin daha çok Antalya açısından önemli olduğu görülmektedir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

- Doğu Akdeniz atmosferi Batı Avrupa'daki SO₂ emisyonlarından çok fazla etkilenmemektedir
- Doğu Akdeniz için en önemli sülfat kaynak bölgeleri Balkan ülkeleri, Türkiye'nin kuzeyinde bulunan ülkeler ve Türkiye'nin kendisidir.
- 1995 yılından itibaren SO₂ emisyonları Batı Avrupa'da hızlı, Doğu Avrupa'da yavaş bir şekilde azalırken Türkiye'de arttığı görülmüştür.
- Türkiye'de SO₂ emisyonlarının azaltılması yönünde gerekli önlemler ve yaptırımlar yapılmazsa ilerleyen yıllarda Türkiye'nin en önemli sülfat kaynağı olacağı aşikardır. Bu durum Türkiye açısından çok ciddi sonuçlar doğurabilir. Bu nedenle Türkiye'de SO₂ emisyonlarının azaltılmasına yönelik önlem ve yaptırımların ve buna bağlı olarak denetimlerin acilen hayata geçirilmesi gerekmektedir.
- Çalışmada kısıtlı sayıda sülfat verisi olduğundan günümüze kadar olan güncel durum değerlendirilememiştir. Bu nedenle ilerleyen çalışmalarda kaynak bölgelerinin değişiminin daha iyi açıklanabilmesi için farklı yaklaşımlar kullanılarak sülfat kaynak bölgelerinin daha geniş aralıkta incelenmesi önerilebilir.

Dinlediğiniz için teşekkürler

Bilgi deneyimden gelir: "Bilgi malumat değildir. Bilmenin tek yolu deneyimlemektir."

Albert Einstein