

13/4-2 26

**KİRLETİCİLERİN
UZUN DÖNEMLİ AKTARIM
MODELİNİN (SERTAD)
TÜRKİYE' YE UYGULANMASI**

Kim. Müh. Fatih SÜNEL

Yüksek Lisans Tezi

Kimya Mühendisliği Ana Bilim Dalı

1997

Fatih SÜNEL' in Yüksek Lisans Tezi olarak hazırladığı "Kirleticilerin Uzun Dönemli Taşınım Modelinin (SERTAD) Türkiye'ye Uygulanması" başlıklı tez ..6.10.1997.....tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Lisansüstü Öğretim Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Üye : Yrd. Doç. Dr. Süleyman KAYTAKOĞLU

Üye : Doç. Dr. M. Rıza ALTIOKKA

Üye : Yrd. Doç. Dr. Erdem ALBEK

Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu' nun
8.10.1997.tarih ve18/10.....sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Ersan PÜTÜN
Fen Bilimleri Enstitüsü
Müdürü
Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Yüksek Lisans Tez konumu öneren, çalışmalarım süresince hoşgörü ve yardımlarını esirmeyen Yüksek Lisans eğitiminde bugünlere gelmemde büyük emeği geçen maddi ve manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen saygıdeğer hocam Yrd. Doç. Dr. Figen VAR'a

Çalışmalarım süresince bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım tezimin her aşamasında maddi ve manevi destek sağlayan değerli Danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Süleyman KAYTAKOĞLU'na

Yardımlarından dolayı Mühendislik Mimarlık Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü Araştırma Görevlisi S. Eren ÖCAL , Kimya Mühendisi Uzman Levent AKYALÇIN ve Anadolu Teknoloji Araştırma Parkı (A.T.A.P) çalışanlarına,

Yardım ve Dostluğundan dolayı Halil KÜÇÜKKEKOVALI'ya

Yüksek Lisans Tezimin bilgisayar programlama kısmında yardımlarını esirgemeyen Yrd. Doç Dr. Naci SÜNEL'e

Yüksel Öğrenimim süresince maddi ve manevi desteklerinden dolayı Sayın Yıldırım SÜNEL'e

Son olarak, bugüne kadar hiç bir zaman maddi ve manevi desteğini esirgemeyen ve bu günlere gelmemde sonsuz emeği geçen AİLEM'e

sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Kim. Müh. FATİH SÜNEL

ÖZET
Yüksek Lisans Tezi

**KİRLETİCİLERİN UZUN DÖNEMLİ TAŞINIM MODELİNİN (SERTAD)
TÜRKİYE' YE UYGULANMASI**

FATİH SÜNEL

**Anadolu üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman : Yrd. Doç. Dr. Süleyman KAYTAKOĞLU
1997, 165 Sayfa**

Bu çalışmada, Türkiye üzerindeki asidik çökeltme üzerine termik santrallerin etkilerini araştırmak için bir bölgesel taşınım modeli uygulanmıştır. Bu amaç için Bölgesel Taşınım ve Asidik Çökeltme İstatistiksel Tahmin Modeli kullanılmıştır. Bu modelde, meteorolojik parametrelerin konum ve zaman içerisinde istatistiksel ortalamaları girdi olarak kullanılmıştır.

Önce, Türkiye için, 1995 ve 1996 yılı meteorolojik parametrelerin değerleriyle bir veri seti oluşturulmuştur. Bu veri seti, yıllık rüzgar gülü sıklığının, değişik ortalama ıslak ve kuru süreleri olan yağış sınıflarının, rüzgar hızının, düşey Eddy difüzyon sabiti ve karışma yüksekliğinin ortak frekanslarını içermektedir.

Modelin Türkiye üzerine uygulanmasıyla, Türkiye üzerindeki SO_2 ve SO_4^{2-} 'ün dağılımı tahmin edilmiş, modelden elde edilen sonuçlar uzun vadeli sınır (U.V.S.) değerleriyle karşılaştırılmış ve böylece Türkiye üzerindeki kirlilik seviyeleri belirlenmiştir. Toplam maksimum S çökeltmesi 1995 yılı için 26 kg. SO_2 /ha, 1996 yılı için 42 kg. SO_2 /ha olarak bulunmuştur.

Buna ilaveten mevcut termik santrallerin tüm emisyon miktarları SO_2 giderim üniteleri ile % 90 oranında azaltıldığı varsayıldığında toplam maksimum çökeltme 4,61 kg. SO_2 /(ha.year) bulunmuştur. Ayrıca, kurulması planlanan termik santrallerle birlikte tüm termik santrallerde SO_2 giderim sistemleri kullanılmadığı durumda uzun dönemde oluşabilecek toplam maksimum kükürt çökeltmesi 153,78 kg. SO_2 /(ha.year) olacaktır.

Anahtar Kelimeler : Hava kirliliği, uzun dönemli taşınım modeli, SERTAD modeli, S çökeltmesi

ABSTRACT
Master Thesis

**APPLICATION OF LONG RANGE TRANSPORT MODEL (SERTAD)
FOR POLLUTANTS OVER TURKEY**

FATİH SÜNEL

ANADOLU UNIVERSITY
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Chemical Engineering Program
Supervisor: Asst. Prof. Süleyman KAYTAKOĞLU

1997, Pages 165

In this study, a regional transport model has been applied to investigate the effect of power plants on deposition of acidic compounds over Turkey. The Statistical Estimates of Regional Transport and Acidic Deposition (SERTAD) model was used for this purpose. In this model, time and space averages of meteorological parameters were used as inputs.

First, a data set for Turkey was established from the values of 1995 and 1996 meteorological parameters. This data set includes the annual frequency of wind rose, various rainfall categories with its own mean duration of wet and dry period, wind speed, vertical Eddy diffusivity and mixing height.

By means of the application of the model over Turkey, the distributions of SO_2 and $\text{SO}_4^{=}$ over Turkey have been estimated and the result obtained from the model compared with Long Range Boundary Values and thus pollution levels over Turkey have been determined. Total maximum S deposition has been obtained for 1995 and 1996 26 kg SO_2 /(ha.year) and 42 kg SO_2 /(ha.year) respectively.

Additionally, assuming the total emissions of present power plants were reduced by 90 % by SO_2 removal processes, maximum total deposition was found to be 4,61 SO_2 /(ha.year). In the case of SO_2 removal processes were not used in power plants, together with planned power plant, total maximum S deposition will be 153,78 kg SO_2 /(ha.year) in long term.

Keywords : Air pollution, long term transport model, SERTAD model, S deposition.

İÇİNDEKİLER**Sayfa**

ÖZET	v
SUMMARY	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xv
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı.....	3
1.2. Çalışmanın Gerekçesi ve Dayanağı.....	4
1.3. Çalışmanın Kapsamı.....	5
2. UZUN DÖNEMLİ TAŞINIM MODELLEMESİ VE KONUYLA İLGİLİ ÇALIŞMALAR	6
2.1. Modellerin Sınıflandırılması.....	6
2.2. Genel Taşınım Eşitliği.....	8
2.3. Uzun Dönemli Aktarım Modellerinde İçerilmiş mekanizmalar.....	9
2.3.1. Emisyon.....	10
2.3.2. Yatay Taşınım ve Difüzyon.....	10
2.3.3. Düşey Taşınım ve Difüzyon.....	11
2.3.4. Kimyasal Dönüşüm.....	11
2.3.5. Islak ve Kuru Çökeltme.....	13
2.4. Uzun Dönemli Taşınım Modellerinde Literatür Araştırması.....	13
2.4.1. Avrupa Gözleme ve Değerlendirme Programı (EMEP).....	14
2.4.2. Bölgesel Klimatolojik Dispersiyon Modeli (RCDM).....	14
2.4.3. Gelişmiş İstatistiksel İzlenen yol Bölgesel Hava Kirliliği Modeli (ASTRAP).....	15
2.4.4. Ontario Çevre Bakanlığı Modeli (OME).....	16
2.4.5. Bölgesel Taşınım ve Asidik Çökeltmenin İstatistiksel Tahmini Modeli (SERTAD).....	17
2.5. Modellerin Karşılaştırılması.....	18
3. SERTAD MODELİNİN TÜRETİLMESİ VE UYGULANMASI	20
3.1. SERTAD Modelinin Türetilmesi.....	20
3.2. Formülasyondaki Belirsizlikler.....	26
3.3. Gerekli Veriler.....	27
3.3.1. Emisyon Verileri.....	27
3.3.2. Meteorolojik Veriler.....	33
3.3.2.1. Rüzgar yönü verileri.....	33
3.3.2.2. Yağış verileri.....	36
3.3.3. Dispersiyon verileri.....	44
3.3.4. Fiziksel ve kimyasal parametreler.....	46
3.4. Programda yapılan düzenlemeler.....	47

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	48
4.1. Duyarlılık Çalışmaları.....	48
4.1.1. Model parametreleri için duyarlılık çalışmaları.....	48
4.1.1.1. $\text{SO}_4^{=}$ 'ün başlangıç kesri için duyarlılık çalışmaları.....	49
4.1.1.2. SO_2 'nin dönüşüm hızı için duyarlılık çalışmaları.....	50
4.1.1.3. Kuru çökelme hızı için duyarlılık çalışmaları.....	51
4.1.1.4. Süpürülme hızı için duyarlılık çalışmaları.....	52
4.1.1.5. Baca yüksekliği için duyarlılık çalışmaları.....	52
4.2 Türkiye Üzerindeki Kükürt Çökelmesinin Tayini için Modelin Uygulanması	67
4.2.1. Türkiye'deki Termik santralların Emisyon Miktarının % 50 ve % 90 oranında azaltılması Durumunda Toplam.....	78
4.2.2. 2010 yılına kadar kurulması planlanan termik santralların neden olduğu Türkiye üzerindeki toplam kükürt çökelmesi.....	115
5. ÖNERİLER.....	118
6. KAYNAKLAR.....	119
EKLER.....	122
EK1. Rüzgar Gücü Frekansı Programı 1.....	123
EK 2. Rüzgar Gücü Frekansı Programı 2.....	125
EK 3. Yağış Programı.....	128
EK 4. Dispersiyon Verilerini yapılayan Program.....	130
EK 5. SERTAD program.....	135
EK 6. 1995 yılı SERTAD.in dosyası.....	156
EK 7. 1996 yılı SERTAD.in dosyası.....	158
EK 8. EM.L1 dosyası.....	160
EK 9. EM.L2 dosyası.....	161
EK 10. EM.L3 dosyası.....	162
EK 11. 1995 ve 1996 yılı için NAME dosyası.....	163
EK 12. 1995 ve 1996 yılı için RCPTR dosyası.....	164
ÖZGEÇMİŞ	165

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Açıklama</u>	<u>Sayfa</u>
2.1	Atmosferik dispersiyon	10
3.1	Türkiye Üzerindeki Grid Sistemi	29
3.2	Türkiye’deki Termik Santrallerin Konumu	30
3.3	Duman yükselmesi (Plume rise)	31
3.4	1995 yılı rüzgar gülü frekansı	38
3.5	1996 yılı rüzgar gülü frekansı	39
3.6	1995 yılı için Türkiye üzerindeki yağmur kategorileri	42
3.7	1996 yılı için Türkiye üzerindeki yağmur kategorileri	43
4.1	$\text{SO}_4^{=}$ ün başlangıç kesri için duyarlılık testi 1	54
4.2	$\text{SO}_4^{=}$ ün başlangıç kesri için duyarlılık testi 2	55
4.3	$\text{SO}_4^{=}$ ün başlangıç kesri için duyarlılık testi 3	56
4.4	SO_2 ’nin $\text{SO}_4^{=}$ e dönüşüm hızı için duyarlılık testi 1	57
4.5	SO_2 ’nin $\text{SO}_4^{=}$ e dönüşüm hızı için duyarlılık testi 2	58
4.6	SO_2 ’nin $\text{SO}_4^{=}$ e dönüşüm hızı için duyarlılık testi 3	59
4.7	SO_2 ve $\text{SO}_4^{=}$ ün çökelme hızları için duyarlılık testi 1	60
4.8	SO_2 ve $\text{SO}_4^{=}$ ün çökelme hızları için duyarlılık testi 2	61
4.9	SO_2 ve $\text{SO}_4^{=}$ ün süpürülme hızları için duyarlılık testi 1	62
4.10	SO_2 ve $\text{SO}_4^{=}$ ün süpürülme hızları için duyarlılık testi 2	63
4.11	Etkin baca yüksekliği için duyarlılık testi 1	64
4.12	Etkin baca yüksekliği için duyarlılık testi 2	65

4.13	Türkiye üzerindeki 1995 yılı toplam çökelme (kg/ha)	79
4.13a	Türkiye üzerindeki 1995 yılı toplam çökelme miktarının üç boyutlu gösterimi	80
4.14	Türkiye üzerindeki 1996 yılı toplam çökelme (kg/ha)	81
4.14a	Türkiye üzerindeki 1996 yılı toplam çökelme (kg/ha)	82
4.15	Türkiye üzerindeki 1995 yılı toplam ıslak çökelme (kg/ha)	83
4.15a	Türkiye üzerindeki 1995 yılı toplam ıslak çökelme miktarının üç boyutlu gösterimi	84
4.16	Türkiye üzerindeki 1996 yılı toplam ıslak çökelme (kg/ha)	85
4.16a	Türkiye üzerindeki 1996 yılı toplam ıslak çökelme miktarının üç boyutlu gösterimi	86
4.17	Türkiye üzerindeki 1995 yılı toplam $\text{SO}_4^{=}$ çökmesi (kg/ha)	87
4.17a	Türkiye üzerindeki 1995 yılı toplam $\text{SO}_4^{=}$ çökelme miktarının üç boyutlu gösterimi	88
4.18	Türkiye üzerindeki 1996 yılı toplam $\text{SO}_4^{=}$ çökmesi (kg/ha)	89
4.18a	Türkiye üzerindeki 1996 yılı toplam $\text{SO}_4^{=}$ çökelme miktarının üç boyutlu gösterimi	90
4.19	Türkiye üzerindeki 1995 yılı ıslak SO_2 çökmesi (kg/ha)	91
4.19a	Türkiye üzerindeki 1995 yılı ıslak SO_2 çökelme miktarının üç boyutlu gösterimi	92
4.20	Türkiye üzerindeki 1996 yılı ıslak SO_2 çökmesi (kg/ha)	93
4.20a	Türkiye üzerindeki 1996 yılı ıslak SO_2 çökelme miktarının üç boyutlu gösterimi	94
4.21	Türkiye üzerindeki 1995 yılı kuru SO_2 çökmesi (kg/ha)	95
4.21a	Türkiye üzerindeki 1995 yılı kuru SO_2 çökelme miktarının üç boyutlu gösterimi	96
4.22	Türkiye üzerindeki 1995 yılı kuru SO_2 çökmesi (kg/ha)	97

4.22a	Türkiye üzerindeki 1996 yılı kuru SO ₂ çökeltme miktarının üç boyutlu gösterimi	98
4.23	Türkiye üzerindeki 1995 yılı toplam SO ₂ çökeltmesi (kg/ha)	99
4.23a	Türkiye üzerindeki 1995 yılı toplam SO ₂ çökeltme miktarının üç boyutlu gösterimi	100
4.24	Türkiye üzerindeki 1996 yılı toplam SO ₂ çökeltmesi (kg/ha)	101
4.24a	Türkiye üzerindeki 1996 yılı toplam SO ₂ çökeltme miktarının üç boyutlu gösterimi	102
4.25	Türkiye üzerindeki 1995 yılı SO ₂ yers seviyesi derişimi (µg/m ³)	103
4.25a	Türkiye üzerindeki 1995 yılı SO ₂ yers seviyesi derişim değerin üç boyutlu gösterimi	104
4.26	Türkiye üzerindeki 1996 yılı SO ₂ yers seviyesi derişimi (µg/m ³)	105
4.26a	Türkiye üzerindeki 1996 yılı SO ₂ yers seviyesi derişim değerin üç boyutlu gösterimi	106
4.27	Türkiye üzerindeki 1995 yılı SO ₄ ⁼ yers seviyesi derişimi (µg/m ³)	107
4.27a	Türkiye üzerindeki 1995 yılı SO ₄ ⁼ yers seviyesi derişim değerin üç boyutlu gösterimi	108
4.28	Türkiye üzerindeki 1996 yılı SO ₄ ⁼ yers seviyesi derişimi (µg/m ³)	109
4.28a	Türkiye üzerindeki 1996 yılı SO ₄ ⁼ yers seviyesi derişim değerin üç boyutlu gösterimi	110
4.29	Termik santralların emisyon miktarının % 50 oranında azaltılması sonucu Türkiye üzerindeki toplam çökeltme (kg/ha)	111
4.29a	Termik santralların emisyon miktarının % 50 oranında azaltılması sonucu Türkiye üzerindeki toplam çökeltme miktarının üç boyutlu gösterimi	112
4.30	Termik santralların emisyon miktarının % 90 oranında azaltılması sonucu Türkiye üzerindeki toplam çökeltme (kg/ha)	113

4.30a	Termik santrallerin emisyon miktarının % 90 oranında azaltılması sonucu Türkiye üzerindeki toplam çökelme miktarının üç boyutlu gösterimi	114
4.31	2010 yılında Türkiye üzerindeki toplam çökelme (kg/ha)	116
4.31a	2010 yılında Türkiye üzerindeki toplam çökelme miktarının üç boyutlu gösterimi	117

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge	<u>Açıklama</u>	<u>Sayfa</u>
2.1	Hava kirliliğinin modellenmesinin amaçlarına göre sınıflandırılması	6
3.1	Türkiye’ deki Termik Santraller Hakkında Bilgiler	34
3.2	1995 yılı için ortalama mevsimlik ve yıllık rüzgar gülü	37
3.3	1996 yılı için ortalama mevsimlik ve yıllık rüzgar gülü	37
3.4.	1995 yılı için herbir İstasyonun yağış bilgileri	41
3.5	1996 yılı için herbir İstasyonun yağış bilgileri	41
3.6	1995 yılı için herbir yağmur kategorisi için ıslak ve kuru periyodun ortalama sürekliliği	44
3.7	1996 yılı için herbir yağmur kategorisi için ıslak ve kuru periyodun ortalama sürekliliği	44
3.8	1995 yıllı için dispersiyon verileri	46
4.1	Model başlangıç parametreleri	48
4.2	Model parametreleri için duyarlılık testinde değiştirilen parametreler	49
4.3	Tek kaynak testi için model duyarlılığı özeti	66
4.4	Türkiye üzerindeki 1995 yılı için SO_2 ve $SO_4^{=}$ ’ün çökelme ve derişim değerleri	69
4.5	Türkiye üzerindeki 1996 yılı için SO_2 ve $SO_4^{=}$ ’ün çökelme ve derişim değerleri	73
4.6	Asidik çökelme ile ilgili sınır değerler	77
4.7	Türkiye’de tahmin edilen maksimum çökelme	77

4.8	1996 yılı meteorolojik durumlara bağlı Türkiyedeki güç santrallerinin emisyon miktarlarının %50 ve % 90 azaltılması durumunda maksimum toplam çökelmedeki değişim	78
4.9	2010 yılında termik santrallerin emisyon miktarları	115

SİMGELER VE KISALTMALAR

- a : Karışım yüksekliği, m
- C : Bir zaman aralığında birim kütle başına kirleticinin derişimi (Eşitlik 2.1)
- C_2 : SO_2 'nin yer seviyesi derişimi, $\mu g/m^3$
- C_4 : $SO_4^{=}$ 'nin yer seviyesi derişimi, $\mu g/m^3$
- D : difüzivite, m^2/s (Eşitlik 2.1)
- E : Kimyasal dönüşümden gelen kaynak terimi (Eşitlik 2.1)
- G_d : kuru SO_2 çökmesi için süpürülme (Eşitlik 2.17)
- G_w : ıslak SO_2 çökmesi için süpürülme (Eşitlik 2.17)
- h : karışım yüksekliği, m (Eşitlik 2.11)
- k : SO_2 'nin reaksiyon sabiti (Eşitlik 2.9)
- K_h :yatay eddy difüzivitesi, m^2/sn (Eşitlik 2.13)
- k_t : SO_2 'nin $SO_4^{=}$ e dönüşüm hızı, (Eşitlik 2.11)
- $k_{w,q}$: SO_2 'nin ıslak uzaklaştırılma hızı (Eşitlik 2.11)
- $k_{w,s}$: $SO_4^{=}$ 'ün ıslak uzaklaştırılma hızı (Eşitlik 2.12)
- k^I : SO_2 'nin reaksiyon sabiti (Eşitlik 2.9)
- M : toplam kaynak sayısı, (Eşitlik 2.15)
- N :herbir plume için toplam üfleme sayısı (Eşitlik 2.15),
- u : Sırasıyla x yönünde m/s olarak rüzgar hızı (Eşitlik 2.1)
- V_d : SO_2 'nin çökme hızı, (Eşitlik 2.11)
- V_g : SO_2 için kuru çökme hızı
- V_{g4} : $SO_4^{=}$ için kuru çökme hızı (Eşitlik 3.13-14)
- W_2 : SO_2 'nin ıslak çökme derişimi, g/m^2
- W_4 : $SO_4^{=}$ 'ün ıslak çökme derişimi, g/m^2
- P_h ve P_{zk} : sırasıyla yatay ve düşey derişim dağılımlarıdır. (Eşitlik 2.15)
- Q_{ijk} : i. kaynaktan yayılan j. üflemedeki k. kirletici kaynak türüdür, (Eşitlik 2.15)
- q , kükürtdioksitin için derişim (Eşitlik 2.11)
- R : Kuru ve ıslak çökmede gösterilen yok olma (Eşitlik 2.1)
- s : Askıda kalan sülfat için derişim (Eşitlik 2.11)

t_0 : Kuru periyodun ortalama sürüsü

t_1 : Islak periyodun ortalama sürüsü

α : emisyon grid karesinde ilaveten yerel SO_2 'nin kuru çökmesi, (Eşitlik 2.11)

β : kükürt emisyonunun bir kısmının doğrudan $\text{SO}_4^{=}$ olarak yayıldığını temsil eder, (Eşitlik 2.11)

β : birincil kirleticinin birim kütlesi başına oluşmuş ikincil kirleticinin kütle oranıdır. (Eşitlik 2.14)

τ : ıslak çökme, kuru çökme ve kimyasal dönüşümle uzaklaştırılan kirleticinin zaman sabitidir. (Eşitlik 2.13)

Λ_2 : SO_2 için süpürülme hızı

Λ_4 : $\text{SO}_4^{=}$ için süpürülme hızı

λ_0 : Kuru periyod süresinde SO_2 'nin $\text{SO}_4^{=}$ 'e dönüşüm hızı

λ_1 : Islak periyod süresinde SO_2 'nin $\text{SO}_4^{=}$ 'e dönüşüm hızı

Kısaltmalar

ASTRAP :Gelişmiş İstatistiksel İzlenen Yol Bölgesel Hava Kirliliği modeli

EMEP : Avrupa Gözleme ve Değerlendirme Programı

GMT : Greenwich Zamanı

OME : Ontario Çevre Bakanlığı modeli

RCDM : Bölgesel Klimatolojik Dispersiyon Modeli

SERTAD : İstatistiksel Tahmini Bölgesel Taşıyım ve Asit Çökmesi modeli

YSD : Yer seviyesi derişimi,

1. GİRİŞ

Son yıllarda kirleticilerin uzun mesafeli taşınımına olan ilgi artmıştır. Modellemede yüz kilometre mesafeden bin kilometre mesafeye taşınım için uzun mesafeli taşınım modelleri tercih edilir. Bu uzun mesafeden dolayı, kirleticilerin uzun mesafeli taşınımı ulusal sınırları aştığından uluslararası bir problem olmaktadır.

En önemlileri SO_2 , NO_x ve bunların yan ürünleri olan çoğu kirleticiler bölgesel ve global ölçekte taşınırlar. Taşınımları sırasında kimyasal tepkimeler geçirirler ve su ile birleşerek pH düşmesine neden olan asidik bileşikler oluştururlar. Düşük pH'lı bu yağmur, asit yağmuru olarak bilinir. Ekonomiye zarar veren asit yağmurlarına çoğunlukla Kanada, İngiltere, Almanya, Fransa ve İskandinavya'da rastlanmıştır. Yağmurun normal pH aralığı yağmur damlacığında CO_2 'in çözünmesi nedeniyle 5,6 ve 5,7 aralığındadır. Hava kirliliği üzerine yapılan bir çok çalışmalarda da, düşük pH'lı yağmurlar gözlenmiştir. Kanada Ontario ortalama 4,36 pH değerinde bir yağmura ve Birleşik Krallık ise ortalama 4,16 pH değerinde bir yağmura sahiptir [1; 2]. Birleşik Devletlerin kuzeydoğusunun büyük bir kısmı pH değeri 4 ve daha düşük olan asit yağmurlarına maruz kalmıştır [3].

Asit yağmurları 1960'lı yıllardan bu yana bilim adamları tarafından üzerinde durulan önemli bir konudur. "Asit yağmuru" deyimi, ilk kez İngiliz kimyacı Robert Smith tarafından 1872 yılında, Manchester bölgesindeki fabrikalardan çıkan asitlerin tarifinde kullanılmış, bilinçli olarak ise ancak 100 yıl sonra kullanılmaya başlanmıştır. Uluslararası bir problem olduğundan beri, endüstrileşmiş ülkelerin emisyonlarının azaltılması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bununla beraber, etkin emisyon stratejilerinin belirlenmesi için, kaynakla alıcı arasındaki ilişkileri ortaya koymak gerekir [4; 5; 6].

Asit yağmurları, toprakta bulunan alüminyumun çözünerek içme sularına karışmasına ve bu yolla insanların zehirlenmesine neden olmakta; göl ve akarsularda asit dengesini bozarak, önce hassas canlılar olmak üzere tüm canlıları etkilemekte, hatta bazı türlerin ölümüne yol açmakta; tarihsel kalıntıların, çelik köprülerin, demiryollarının aşınmasına ve ormanlar üzerinde tahribatına neden olmaktadır.

Son yirmi yılda ABD'nin kuzey eyaletlerinde kayın ağaçlarında ciddi zayıflamaların olduğu görülmüş, yapılan incelemeler sonunda yıllık büyüme halkalarında incelmeye olduğu saptanmıştır. Doğal sistemler içinde en zararlı etkiye sahip SO_2 havada 2 - 5 gün sülfat ise 5 - 8 gün asılı kalabilmektedir. Sülfat 1000 km'den daha uzak bölgelere taşınabilmektedir. Bu durumda uzun süreli bir birikim söz konusu olmaktadır. Yapılan tahminler sonucu, Kanada'ya düşen asit yağmurlarının % 50'sinin ABD kaynaklarından geldiği, buna karşılık ABD'nin kuzeybatı bölgesine düşen asit yağmurlarının ancak % 10'unun Kanada'dan geldiği belirtilmiştir. Asit yağmurları, Kanada'da ormancılık, balıkçılık ve turizmden elde edilen milli gelirin % 8'ini tehdit etmektedir. ABD'nin doğudaki eyaletlerinde asit yağmurlarının yıllık zarar değerinin 500 milyon dolar olduğu ve gelecek 15 yıl içinde bunun 3 kat artacağı belirtilmiştir [7].

Türkiye ormanlarında da, endüstriyel faaliyetler sonucu atmosfere deşarj edilen kirlenici bileşenlerin orman ağaçları üzerine olumsuz etkileri lokal olarak görülmektedir. Bunların başında Göktaş (Murgul), Samsun-Gelemen ve Muğla-Yatağan bölgeleri gelmektedir.

Murgul bakır fabrikasında günlük ortalama 41 ton kükürdün yanmasıyla oluşan SO_2 , fabrikanın vadi tabanında kurulması nedeni ile hava akımı ile yükselmekte, çevresindeki ziraat ve orman bitkilerine zarar vererek, büyük ölçüde tahribata neden olmaktadır. Bölgede bu şekilde zarar gören ormanlık alan 9125 hektardır.

Samsun-Tügsaş ve KBİ fabrikaları çevresinde yapılan araştırmalara göre, fabrikaların güneydoğu yönündeki Tekkeköy ve aşağı Çinik ovaları ile ardındaki yamaçlarda bulunan tütün tarlalarında ve Samsun kent merkezine doğru batı yönündeki tütün tarlalarında ağır tahribat belirlenmiştir. Tütün yapraklarında görülen sararma ve kuruma gibi belirtiler tipik SO_2 belirtileridir. Güneydoğu yönündeki topraklarda rüzgarın hakim yönüne bağlı olarak üst toprak reaksiyonunda bir asitleşme ortaya çıktığı görülmüştür [7].

Ülkemizde ayrıca Kazdağlarındaki Karaçam ve Gökmar ormanlarında Orta Avrupa ülkelerindekine benzer orman ölümleri tesbit edilmiştir. Sağlıklı ve hasta ağaçlardan alınan örneklerde, birbirinden farklı önemli derecede kükürt miktarı bulunmamıştır. Bununla beraber yağmur pH değerleri de 5,1-5,4 arasında olup, orman

ölümlerine etkili olacak sınırlardan uzaktır. Ancak görülen ölümler tipik gaz bileşenlerin etkisine benzemektedir [7].

Diğer yandan, İzmit çevresi ormanları da kirli havanın olumsuz etkileriyle karşı karşıyadır. Yağışlardaki pH değeri, zaman zaman 4,2'ye düşmesine karşın ortalama değerlerle asidik özellik göstermemektedir. Bunun nedeni doğu- batı yönündeki sürekli hava akımlarının dumanı dağıtması ve havadaki tozun etkisiyle yağış suyundaki asidin tamponlanmasıdır. Bu etkilerle, çevre ormanlarındaki kirli havaya karşın görülebilir bir zararın ortaya çıkması engellenmektedir. Ancak bu denli bir kirli havanın kısa süreli etkisiyle bile zararlar oluşturabileceği düşünülmekte ve bu durumu kanıtlayabilmek için çalışmalar devam etmektedir. Ankara'da yapılan ölçümlerde de ortalama yağmur pH değerinin 5,4 olması, asit yağmurlarının varlığını göstermektedir. Bu yağışlardan Ankara çevresindeki tarım alanlarının etkilenmemesi ise büyük bir şans olarak ana kayanın bazik karakterde olmasındandır [7].

Erzurum'da ise kış mevsiminde atmosfere deşarj edilen çok miktarda NO_x , SO_x gibi bileşenler nedeniyle toprak yapısında H^+ , NO_3^- , NH_4^+ derişimleri artmakta ve yağışların etkisiyle bir kısım maddeler toprak derinliklerine sızarak içme suyu kaynaklarına karışabilmektedir [7].

Uzun dönemli taşınım modelleri, kaynak ve alıcı arasındaki ilişkiyi belirlemede ve büyük ölçekli bir bölge de asit çökmesini tahmin etmek için en ekonomik araç olarak kabul edilmektedir. Taşınım süresince, iyi bilinmemesine rağmen kimyasal ve fiziksel süreçler gerçekleşmektedir. Bu süreçleri ele almak için uzun dönemli taşınım modellerinde oldukça çok varsayım kullanılır.

Bir uzun dönemli taşınım modelinin amacı, verilen kaynaktaki emisyonlar ve verilen alıcı alanındaki çökme arasında bir ilişki sağlamak ve aynı zamanda alıcılarda kaynak etkilerini tahmin etmektir.

1.1. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı, uzun dönemli taşınım modeli kullanarak Türkiye'deki termik santrallerin neden olduğu Türkiye üzerindeki toplam kükürt çökme miktarını tahmin etmek, SO_2 ve SO_4^{2-} 'ün dağılımını incelemek ve elde edilen sonuçları uzun vadeli

sınır (U.V.S.) değerleriyle karşılaştırmak ve böylece bölgelerin kirlilik seviyelerini belirleyerek gelecek için önerilerde bulunabilmektir. Bunu başarmak için, model parametreleri birkaç duyarlılık testi ile optimize edilmiş ve üst atmosferik meteorolojik veriler model için uygun bir formata konmuş ve derlenmiştir. Bir çok uzun dönemli taşınım modeli, emisyonların konumlarını göstermek için bir grid sistemi kullanır ve aynı zamanda modelden bulunan sonuçlar aynı grid sistemi üzerinde gösterilir. Bu çalışmada, Türkiye için kenar uzunluğu 87,5 km olan 9x19'luk bir grid sistemi kullanılmıştır.

1.2. Çalışmanın Gerekçesi ve Dayanağı

Bu günün enerji kaynakları primer olarak yenilenemeyen kömür, petrol, doğal gaz ve nükleer enerji ile yenilenebilen odun, bitki artıkları, jeotermal enerji, rüzgar, hidrolik ve gel-git enerji kaynaklarıdır. Dünyada yenilenemeyen enerji kullanılıyor olması çevre sorunlarını önemli ölçüde artırmıştır. Bu nedenle, çevresel etkileri az olan yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik her bakımdan avantajlı bulunmaktadır. Ancak bazı teknik sorunların çözümlenebilmesi için zamana ihtiyaç vardır ve bu da söz konusu geçişin oldukça uzun bir süre alacağını göstermektedir [4].

Burada dikkat edilecek husus, rasyonel bir çevre politikasında, ne kaynakların kısa dönemli amaçlar uğruna heba edilmesi, ne de doğal kaynakların kullanımının engellenmesi gibi bir yaklaşım olmamasıdır. Ancak yapılacak olan, gelişmekte olan endüstriler yoluyla atıkların yeniden değerlendirilmesi ile çevre kirliliğini dikkate alan yeni ve gelişmiş teknolojileri de kapsayan bir çevre yönetimi politikasının belirlenmesidir.

Enerji üretimi ve tüketimine bağlı çevre sorunları, başta uluslararası örgütler olmak üzere pek çok ülke ve kuruluş bünyesinde enerji üretimi ve tüketiminde kullanılan teknolojiler ile ilgili araştırmalar yapılmasına ve bu teknolojilerden kaynaklanan kirliliğin giderilmesi için ortak tedbir ve kriterleri tespit etmek ve uygulamaya geçirmek için işbirliğine gidilmesine neden olmuştur [7].

Dolayısıyla, mevcut ve gelecekte beklenen hava kalitesinin tespiti, hava kalitesinin doğrudan kaynağında en uygun teknolojiyi kullanarak en etkin tarzda kontrol

edilebilmesini, sonuçta doğanın tahribatının önlenmesi yanında süreç verimliliğinin bir ölçüsü olan kütle ve enerji kayıplarının da asgariye indirilmesini sağlar.

1. 3. Çalışmanın Kapsamı

Amaçları, gerekçeleri ve dayanağı önceki paragraflarda belirtilen bu çalışma kapsamında,

- Uzun dönemli modellerin sınıflandırılması, uygun modelin seçimi ve uzun dönemli modellerde içerilmiş mekanizmalar hakkında teorik bilgiler Bölüm 2' de,
- Modelin türetilmesi ve gerekli verilerin hazırlanması hakkında bilgiler Bölüm 3' de,
- Sonuç ve Tartışma Bölüm 4' de,
- Öneriler Bölüm 5 de verilmiştir.

Çalışmanın Ekler bölümünde ise,

- Her bir istasyon için aylık rüzgar gülünü oluşturan bilgisayar programı (Ek 1) de,
- Yıllık rüzgar gülünü oluşturan bilgisayar programı (Ek 2) de,
- Yağış kategorisini oluşturan bilgisayar programı (Ek 3) de,
- Dispersiyon kategorisini oluşturan bilgisayar programı (Ek 4) de,
- SERTAD modelinin bilgisayar programı (Ek 5) de,
- SERTAD bilgisayar programı için 1995 ve 1996 yılı için fiziksel, kimyasal ve meteorolojik veri dosyası (Ek 6-7) de,
- SERTAD bilgisayar programı için termik santrallerin emisyon miktarlarını veren dosya (Ek 8-9-10) da,
- SERTAD bilgisayar programı için kaynak konum dosyası (Ek 11) de,
- SERTAD bilgisayar programı için alıcı bölgesi dosyası (Ek 12) de,

verilmiştir.

2. UZUN DÖNEMLİ TAŞINIM MODELLENMESİ VE KONUyla İLGİLİ ÇALIŞMALAR

Uzun dönemli taşınım modelleri, kaynak ve alıcı arasındaki ilişkilerin araştırılmasında kullanılan araçlardan birisidir. Kaynak ile alıcı arasındaki atmosferik ortamda meydana gelen fiziksel ve kimyasal prosesler çok karmaşık ve bu konu hakkındaki bilgiler oldukça sınırlı sayıdadır. Uzun dönemli taşınım modelleri (LRT) belirli varsayımlara dayanır. Bütün bu belirsizliklere rağmen, LRT modelleri, emisyon kontrol stratejilerinin belirlenmesinde denetim birimleri tarafından sık sık kullanılmaktadır.

2.1. Modellerin Sınıflandırılması

Makro, mezo, sinoptik ve mikro ölçekte ve yatay ve düşey yönlerde dağılan kirleticilerin neden olduğu kirliliğin önlenmesi ve kaynağında giderilmesi, yani hava kalitesi yönetim sistemlerinin etkin şekilde geliştirilmesi için, herbiri farklı varsayımlara dayanan ve değişik tarzlarda sınıflandırılabilen çok sayıda atmosferik dağılım ve difüzyon modelleri geliştirilmiştir. En genel haliyle hava kirliliği modelleri kullanım amaçlarına göre aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1. Hava kirliliği modellerinin kullanım amaçlarına göre sınıflandırılması

Kullanım sınıfı	Amaç
Bilimsel araştırma	• Atmosferik prosesleri araştırmak • Yeni teoriler ispatlamak • Eğitim
Hava yönetimi ve karar verme	• Ulaşım ve toprak kullanım sisteminin planlanmasına hava kalitesinin dahil edilmesi
Hava kirliliği kontrolü	• Kontrol stratejileri geliştirmek, hava kirliliği öngörülerini yapmak
Çevresel etki değerlendirme	• Bir hava kalitesi alt modeli ile çevre modelini ispat etmek • Yeni kaynakların hava kirliliğine etkisini incelemek
Hava kirliliği episodları	• Hava kirliliği episodları için uyarı sistemi oluşturmak • Hava kirlenmesi olaylarında tehlikesiz alanları belirlemek

Hava kirliliği modellerinin kullanım amaçlarına göre sınıflandırılması sonucu ortaya çıkan temel farklılıklar, modellerin kendi arasında değişik şekilde sınıflandırılmasına olanak verir. Bu durumda modeller,

a) Modelin temel yapısı

- Deterministik veya stokastik
- Zamana bağlı veya bağımsız

b) Referans çevresi

- Eulerian tipi
- Lagrangian tipi

c) Hesaplama ortamının boyutu (1-B, 2-B, 3-B, çok seviyeli) göz önüne alınarak yeniden sınıflandırılabilir.

Model denkleminin çözüm yöntemleri esas alındığında, modeller analitik ve numerik olmak üzere ikiye ayrılırlar. Bu kapsamda sistemin özelliklerini,

1. Ölçek (lokal, bölgesel, ulusal, global)
2. Zaman (saat, gün, ay, yıl, on yıl)
3. Kirlletici bileşen (SO_2 , CO , NO_x , HC , PM , O_3)

olarak üç grupta incelemek mümkündür [7].

Yukarıda sınıflandırılması yapılan modeller arasında uzun dönemli taşınım modelleri ise kendi arasında bir kaç şekilde sınıflandırılabilirler. Bu sınıflandırmalardan biri, modelleri fiziksel ve tahmini modeller olarak ayırmaktır. Tahmini modeller keyfi seçilmiş dağılım fonksiyonu serilerini temel alırlar. Bunların gözlemlere dayandırılması, parametrelerinin ayarlanması ve daha sonra uygunluğunun denenmesiyle yapılır. Öte yandan, fiziksel temelli modeller, kütle, enerji ve momentumun korunumu gibi temel fiziksel özelliklerden yola çıkar ve daha sonra basitleştirici varsayımlar kullanılarak oluşan matematiksel eşitlikler çözülür. Tahmini modellerde, geçmişe ait çok fazla miktarda veriye ihtiyaç vardır. Bu nedenle, modele temel teşkil eden önceki mekanizmalar biliniyorsa fiziksel temelli modeller tercih edilir [8].

Uzun dönemli taşınım modelleri, Eulerian ve Lagrangian modellerin içeriğine (temellerine) bağlı olarak sınıflandırılabilir. Eulerian modeller, her bir zaman aralığında dünya üzerinde belirli bir noktada ne tür süreçlerin meydana geldiğini tanımlar. Buna rağmen, Lagrangian modeller, zamanla, kontrollü bir hacimde izlenen yollar boyunca ne tür süreçlerin meydana geldiğini tanımlar.

Bir diğer sınıflandırma yolu da, basit ve karmaşık istatistiksel modellerdir. İstatistiksel modeller, uzun zaman ve büyük alanlar üzerinde istatistiksel ortalamalar gibi parametrelerin girilmesine ihtiyaç duyan modellerdir. Basit modeller, zaman ve uzayda çeşitli kimyasal ve fiziksel proseslerin modellenmesini optimize etmek için standart meteorolojik verilerin kullanıldığı modellerdir. Bunlar, kısa zaman aralıkları için uygundur. Karmaşık modeller, daha hassas bir gridda üç boyutlu hava hareketini izleyen ve standart olmayan meteorolojik verilerin kullanımını ve topografik şartların etkilerini içeren modellerdir. Bunlar, özellikle potansiyel tehlikesi olan, kazara meydana gelmiş durumlarda kullanılır [9].

Modellerin sınıflandırılmasının dördüncü yolu, modelde çözüm metodunu içeren modellerdir. Model eşitliği, basitleştirici varsayımlarla analitik olarak çözülebilir fakat, daha fazla doğruluk isteniyorsa eşitlikler nümerik olarak çözülmelidir [9].

2.2. Genel Taşınım Eşitliği

Atmosfere dağılan hava kirleticileri, atmosferik hareketler ile düşey ve yatay yönde aktarılırlar. Kirletici parselinin ortalama hareketi, adveksiyon (advection) olarak isimlendirilir. Aktarım süresince, kimyasal reaksiyonlar oluşabilir ve dağılan kirleticiler çok tehlikeli olabilen ikincil kirleticilere dönüşebilir. Birincil ve ikincil kirleticiler, kuru çökme (birikim) veya yağışla (ıslak çökme) dünya yüzeyine inerler.

Boyutları dx , dy , dz olan kontrollü sabit bir hacimde kütlenin korunumu prensibine dayanarak türetilen genel aktarım eşitliği aşağıdaki gibidir.

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -u \frac{\partial C}{\partial x} - v \frac{\partial C}{\partial y} - w \frac{\partial C}{\partial z} - \overline{\frac{\partial C^1 u^1}{\partial x}} - \overline{\frac{\partial C^1 v^1}{\partial y}} - \overline{\frac{\partial C^1 w^1}{\partial z}} + D \left(\frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial z^2} \right) + E - R \quad (2.1)$$

Burada, C belirli bir t zaman aralığında, birim kütle başına kirleticinin derişimi, u, v, w ise x, y, z yönlerinde m/s olarak rüzgar hızı, D m²/s olarak difüzivite, E kimyasal dönüşümden gelen kaynak terimi, R kuru ve ıslak çökeltmede gösterilen azalma terimidir.

$\frac{\partial C}{\partial t}$ terimi kontrollü hacimdeki derişimin, zamanla değişimini, $u \frac{\partial C}{\partial x}, v \frac{\partial C}{\partial y}, w \frac{\partial C}{\partial z}$ terimleri

x, y, z yönlerinde adveksiyonla aktarılan kirleticinin miktarını, $\frac{\partial C^1 u^1}{\partial x}, \frac{\partial C^1 v^1}{\partial y}, \frac{\partial C^1 w^1}{\partial z}$

terimleri ortalama t zaman aralığında rüzgarın düzensiz değişiminden kaynaklanan

türbülant difüzyonu ve $D \left(\frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial z^2} \right)$ terimleri ise ortalama t zaman aralığında

moleküllerin hareketiyle meydana gelen moleküler difüzyonu tanımlar.

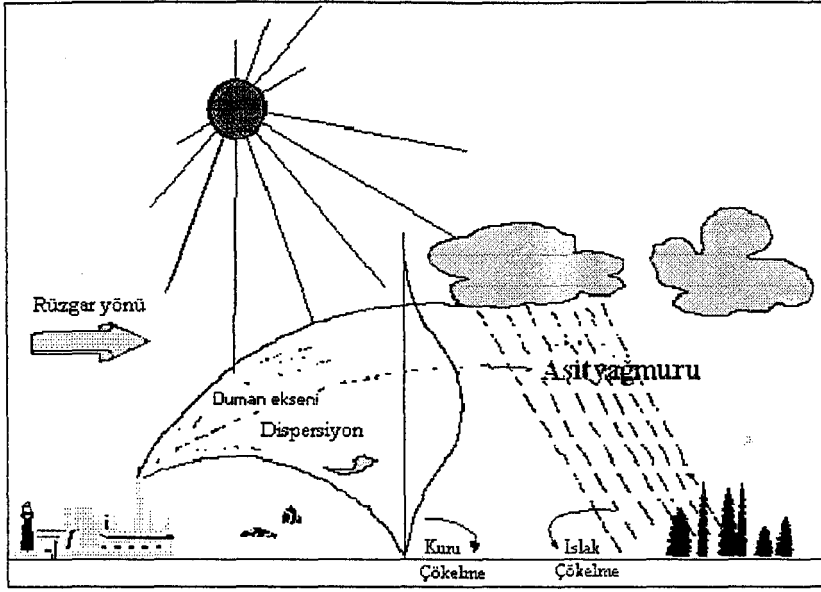
Taşıyım eşitliği genellikle tek bir emisyon kaynağı için çözülür. Birden fazla emisyon kaynağı için, her bir emisyon kaynağından dağılan emisyonlar, difüzyon denkleminin doğrusallığından yararlanılarak, alıcıdaki toplam derişimi bulmak üzere toplanır.

Genel denklemde moleküler difüzyon, türbülent difüzyonun yanında çok küçük olduğundan ihmal edilir.

Uzun dönemli aktarım modelleri, işlem basamaklarındaki sürecin karmaşıklığı nedeniyle, kontrollü hacimde, momentum, enerji ve kütle denkliklerinde rüzgar ve rüzgarın düzensiz değişimlerini değerlendirmek yerine, ölçölmüş ve analiz edilmiş rüzgar verilerini kullanırlar [8].

2.3. Uzun Dönemli Aktarım Modellerinde Bulunan Mekanizmalar

Tüm uzun dönemli aktarım modellerinde, emisyon karakteristiği, adveksiyon, difüzyon, kimyasal dönüşüm ve çökeltme olarak isimlendirilen beş proses ele alınır. Bu prosesler Şekil 2.1’de gösterilmiş ve burada meydana gelen olaylar detaylı bir şekilde ele alınmıştır [10].



Şekil 2.1. Atmosferik dispersiyon

2.3.1. Emisyon

Uzun dönemli aktarım modelleri kaynak ve alıcı arasındaki ilişkileri inceler. Bu aşamada, deşarj edilen kirletici miktarı, kaynak yüksekliği, tipi ve yeri gibi kaynak hakkında detaylı bilgiye ihtiyaç duyulur. Emisyon envanteri, baca gazı gözlem değeri ve/veya kütle dengliği hesaplamaları, emisyon miktarlarının tahmininde kullanılır.

Emisyonlar, belirli yükseklik ve konumda bir Dirac delta fonksiyonu şeklinde düşünülüp genel aktarım eşitliğinde, hem başlangıç (puff) hem de sınır koşulu (plume) olarak kullanılır [8].

2.3.2. Yatay Taşınım ve Difüzyon

Yatay yönde ve büyük ölçekli atmosferik akış düşünüldüğünden, yatay taşınım ve difüzyon tanımları LRT modellerinde önemlidir.

Atmosferde herhangi bir seviyede yatay taşınım ve difüzyon, alt-sinoptik ölçekteki türbülansdan çok sinoptik ölçekli rüzgar verilerine bağlıdır.

Yatay aktarımı ve difüzyonu içeren istatistiksel modeller, ilgili varsayımlarla büyük alanlar üzerine ve uzun zaman periyodlarında uygulanabilir [8]. Bu parametreler

uzun zaman periyodlarında sinoptik ölçekli rüzgarlara, istatistiksel uygulamalarla elde edilir. Ancak, ortalama değerlerin kullanılması sonuçlarda konumsal ve zamansal duyarlılık kaybına yol açar.

2.3.3. Düşey Taşınım ve Difüzyon

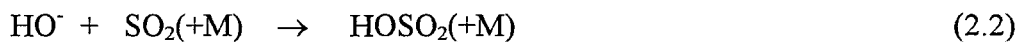
Düşey karışma türbülansla oluşur. Hızlı yatay aktarımın olduğu yüksek seviyelerde, kirleticiler türbülansla sevk edilir ve kirleticilerle bulutların arasında bir etkileşme mümkündür. Aynı zamanda kirleticiler, kuru çökelmeyle uzaklaştırılabilir ve yeryüzüne ulaşırlar. Türbülant karışımın modellenmesinde küçük ölçekli ve mezo ölçekli türbülant prosesler ile büyük ölçekli düşey hareketlere dikkat edilmelidir.

Bir çok istatistiksel modellerde, hareketler, hacim içinde, kaynak, azalma terimleri ve çökme hızı sabit alınarak parameterizasyona gidilir. Bu modellerin bazılarında konumsal hassasiyet kaybı nedeniyle ani düşey karışma olduğu varsayılır. Diğer modellerde, taşınım denkleminde düşey difüzyon terimi kullanılmış ve düşey akı, çökme hızları ve yıkanma (süpürülme) sabitleri için ortalama parametrelerin kullanılmasıyla taşınım denklemi çözülmüştür [8]. Bu yaklaşım farklı kaynak yüksekliklerinin ele alınmasına izin verir.

2.3.4. Kimyasal Dönüşüm

Uzun dönemli taşınımdaki önemli bileşenler, kükürtdioksit (SO_2) ve azot oksitlerdir (NO ve NO_2) ve sırasıyla sülfürik asit (H_2SO_4) ve nitrik asite (HNO_3) kimyasal olarak dönüştüklerinden birincil kirletici bileşenler olarak kabul edilir. Bu reaksiyonlar hem gaz hemde sıvı fazda meydana gelir.

Gaz fazdaki en önemli oksidasyon reaksiyonu, SO_2 ile hidroksit radikallerinin reaksiyonudur.



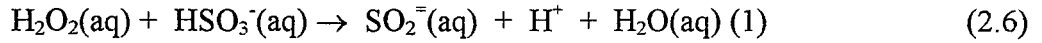
Oluşan HOSO_2 kararlı molekül değildir. Atmosferde farklı bileşenlerle tepkime verir. Bu reaksiyonlar hakkında farklı görüşler bulunsa da, henüz tam olarak

netleşmemiştir. Aşağıda verilen ardışık reaksiyonlar en çok kabul görenleri göstermektedir.

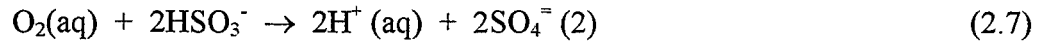


SO₂'nin sıvı fazdaki oksidasyonu çoğunlukla bulut ve sis damlacıklarında meydana gelir. Bu tip oksidasyonun, (1) SO₂ damlacıkta çözünmesi (2) sulu çözeltide sülfata yükseltgenmesi şeklinde iki basamakta meydana geldiğine inanılır. Birinci basamakta, damlacıktaki SO₂, SO₂.H₂O şeklinde adsorplanır ve aniden H⁺, HSO₃⁻ ve SO₃⁼ iyonlarının oluşmasına neden olur. Daha sonra, aşağıdaki reaksiyonlar meydana gelir [8].

- Hidrojenperoksitle reaksiyon (H₂O₂)



- Çözünmüş oksijenle reaksiyon (Fe⁺³ ve Mn⁺² katyonlarıyla katalizlenmiş)



- Çözünmüş ozonla reaksiyon



Bu eşitliklerin reaksiyon hızları, yıllık ve mevsimlik sıcaklık değişimlerine bağlıdır. Bu kimyasal proseslerin modellerde detaylı bir şekilde uygulanması için tam olarak anlaşılmamış karmaşık kimyasal mekanizmalara ihtiyaç vardır. Bazı yeni modellerde otuz veya daha çok maddenin kimyasal reaksiyonları ele alınır. Ancak, bu çok bilgisayar kaynağı ve zamanı gerektirir. Diğer yandan, istatistiksel modeller, basitleştirilmiş kavramların uygulanmasıyla atmosferik kimya süreçlerini inceler. Bu tip modellerde, ölçülmüş verilere ve muhakemeye dayanılarak sonuca varılır. Bazı istatistiksel modellerde ise SO₂'nin SO₄⁼ e kimyasal dönüşümü göz önüne alınmamıştır.

SO₂ için basitleştirme, homojen faz varsayımıyla yapılır ve oluşan reaksiyonlar da sis ve/veya bulut yokluğunda gaz fazı reaksiyonlarının hakim olduğu düşünülür. Bu yüzden dönüşüm hızı aşağıdaki şekildedir.

$$-\frac{d[\text{SO}_2]}{dt} = \frac{d[\text{SO}_4^{=}]}{dt} = -k[\text{OH}][\text{SO}_2] \quad (2.9)$$

Hidroksit radikallerinin ortalama derişimi yerel kirletici derişiminden bağımsız olarak ölçüldüğünde, hız ifadesi aşağıdaki birinci dereceden ifadeye indirgenir.

$$R = -\frac{d[\text{SO}_2]}{dt} = \frac{d[\text{SO}_4]}{dt} = k^1[\text{SO}_2] \quad (2.10)$$

Yukarıda belirtilen k^1 yıllık ve mevsimlik değerlere sahiptir. Bu basitleştirme ortamda seyreltik çözeltinin bulunması durumunda geçerli değildir [8].

2.3.5. Islak ve Kuru Çökme

Çökme, hem kuru hem de ıslak mekanizmalarla kirleticilerin atmosferden uzaklaştırılmasıdır. Kuru çökme, dünya yüzeyine yakın kirleticilerin yüzeyde sıkışması ve oraya yapışmasıyla meydana gelen bir olaydır. Islak çökme, kirleticilerin yağışla uzaklaştırıldığı bir olaydır.

Islak çökme, tam olarak anlaşılmamış birçok faktöre dayanır. Kirleticinin yıkanması (süpürülme) bulut içinde veya bulut altında meydana gelir. Mekanizma çok karışık ve tam olarak tanımlanamadığından, modelde hacim veya sınır azalması terimleri şeklinde basit parameterizasyonlar kullanılmıştır [8].

Kuru çökme, kuru çökme hızı terimiyle parameterize edilmiştir. Kirleticiler için kuru çökme hızı direk ölçülmüş olabilir. Düşey gradyanın homojen olduğu varsayılan modellerde, kuru çökme, hesaplamalarda hacim azalması olarak ele alınır [8]. Bu, modelin zamansal ve konumsal hassasiyet kaybına yol açar. Diğer modeller, kuru çökme hızı yüzeyde bir sınır şartı olarak parameterize ederler.

2.4. Uzun Dönemli Taşınım Modellerinde Literatür Araştırması

Günümüzde bir çok uzun dönemli taşınım modelleri vardır, bunlardan başlıcaları ve en genel olanları EMEP, RCDM, ASTRAP, OME ve SERTAD modelleridir.

2.4.1. Avrupa Gözleme ve Değerlendirme Programı (EMEP)

Kirleticilerin EMEP modelindeki derişimleri, 925 kPa seviyesinde, 96 saatlik izlenen yol müddetince hareket eden bir hava parselinde takip edilir. İzlenen yollar, 150 km*150 km grid elemanlarının merkez noktalarına hergün 00, 06, 12, 18 GMT' de ulaşırlar. İzlenen yollar farklı bir karışım yüksekliğinin üstüyle atmosferik sınır tabakası temeline dayanan iyi karışmış bir yerin hareketini temsil ettiği varsayılır. Bu tabaka içinde derişim ve yatay rüzgar hızının yükseklikden bağımsız olduğu varsayılır. Bu varsayımlar ışığında, kükürtdioksit için q, askıda kalan sülfat için s derişim eşitlikleri aşağıdaki gibidir [11].

$$\frac{dq}{dt} = - \left[\frac{V_d}{h} + k_t + k_{w,q} \right] q + (1 - \alpha - \beta) \frac{Q}{h} \quad (2.11)$$

$$\frac{ds}{dt} = - \left[\frac{W_d}{h} + k_{w,s} \right] s + k_t q + \beta \frac{Q}{h} \quad (2.12)$$

Burada, V_d , SO_2 'nin çökelme hızı, k_t , SO_2 'nin $SO_4^{=}$ 'e dönüşüm hızı, h , karışım yüksekliği, α , emisyon grid karesinde ilaveten yerel SO_2 ' nin kuru çökmesi, β , doğrudan $SO_4^{=}$ olarak yayılan kükürt emisyonu, W_q ve W_s , sırasıyla SO_2 ve $SO_4^{=}$ için süpürülme oranları, $k_{w,q}$ ve $k_{w,s}$, sırasıyla SO_2 ve $SO_4^{=}$ 'ün ıslak uzaklaştırılma hızlarıdır.

EMEP modeli, Norveç Meteoroloji Enstitüsünde, Batı Meteoroloji Analiz Merkezi tarafından Avrupa üzerinde kükürt çökmesini tahmin etmek için uygulanmıştır [12]. Modelden elde edilen sonuçlar bazı gözlem istasyonlarındaki verilerle devamlı olarak uyum göstermiş, fakat diğer istasyonlarla tutarsızlıklar gözlenmiştir. Bu zıtlıklar, muhtemelen model hatalarıyla beraber gözlenmiş veri niteliğinden kaynaklanır [11].

2.4.2. Bölgesel Klimatolojik Dispersiyon Modeli (RCDM)

RCDM modeli Fay ve Rosenzweig (1980) tarafından geliştirilmiş basit, analitik ve uzun dönemli bir taşınım modelidir. RCDM modelinde, bir nokta kaynaktan verilen uzun dönemli kirletici derişiminin, iki boyutlu yatışkın durum adveksiyon-difüzyon eşitliğinin analitik çözümüyle tanımlanabileceği varsayılır. Ayrıca, kirleticilerin düşey

yönde homojen karışmış olduğu, aynı zamanda da yatay eddy difüzivitesinin, kimyasal dönüşümün, ıslak çökeltme ve kuru çökeltmenin konum ve zaman içinde homojen olduğu varsayılır.

Bu varsayımlar ışığı altında aktarım eşitliği aşağıdaki şekli alır [8].

$$u \frac{\partial C}{\partial x} = K_h \left(\frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} \right) - \frac{C}{\tau} \quad (2.13)$$

Burada, u ortalama taşınım rüzgar hızı, x , y rüzgar hızıyla ortalama taşınım yönünde yatay eksen, y , x 'e dik açılı yatay eksen, K_h , yatay eddy difüzivitesi, τ , ıslak çökeltme, kuru çökeltme ve kimyasal dönüşümle uzaklaştırılan kirleticinin zaman sabitidir.

Kimyasal dönüşümle oluşan ikincil kirleticiler için aktarım eşitliği aşağıdaki şekildedir [8].

$$u \frac{\partial C_s}{\partial x} = K_h \left(\frac{\partial^2 C_s}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C_s}{\partial y^2} \right) - \frac{C_s}{\tau_s} + \frac{C}{\tau_c} \beta \quad (2.14)$$

Buradaki alt indisler ikincil kirleticiyi işaret eder. β , birincil kirleticinin birim kütlesi başına oluşmuş ikincil kirleticinin kütle oranıdır.

Taşınım eşitlikleri Q şiddetinde bir nokta kaynak için analitik olarak çözülür ve diğer kaynaklar çözüme ilave edilir.

Model Birleşik Devletler üzerinde, fosil yakıt yakan termik santraller için uygulanmıştır. Modelden elde edilen sonuçlar, model parametreleri optimum seçildiğinde ve küçük bir coğrafik ölçekte değişimlerin azalması için ölçülmüş veriler düzeltildiği zaman ölçümlerle iyi uyum sağlamıştır [13].

2.4.3. Gelişmiş İstatistiksel İzlenen Yol Bölgesel Hava Kirliliği Modeli (ASTRAP)

ASTRAP, istatistiksel izlenen yol üfleme modelidir. Model, üfleme modelinin bir serisiyle herbir kirletici kaynaktan uzun dönemli ortalama duman modeline yaklaşır. Bir

noktadaki derişim her bir üflemenin katkısının düşünülmesiyle aşağıdaki gibi hesaplanır [14].

$$C_k(x, y, z) = \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^M Q_{ijk} P_h(x - \bar{x}_j, y - \bar{y}_j) P_{zk}(z, t) \quad (2.15)$$

Burada, C , kirletici derişimi, $k=1$ ve 2 sırasıyla SO_2 ve $SO_4^{=}$ ü temsil eder, Q_{ijk} , i. kaynaktan yayılan j. üflemedeki k. kirletici kaynak türüdür, M , toplam kaynak sayısı, N , herbir duman için toplam üfleme sayısı, P_h ve P_{zk} , sırasıyla yatay ve düşey derişim dağılımlarıdır. Yatay ve düşey difüzyonun bağımsız olduğu varsayılır ve kirleticinin dispersiyonu, P_h ve P_{zk} olan iki bağımsız fonksiyonla ifade edilir.

Üfleme oluşturmak için, atmosfere günde iki kere bir izleyici salıverilir ve konumu, elde edilen rüzgar verilerinin kullanılmasıyla her üç saatte hesaplanmaktadır. Herbir üflemenin merkez konumu, belirli bir zamanda, tüm partiküllerin koordinatlarının ortalamasının alınmasıyla hesaplanmaktadır. Partiküllerin merkezden sapması üflemenin boyutuyla tayin edilir. Herbir üflemedeki partiküllerin düşey dağılımı, SO_2 ve $SO_4^{=}$ birikimini tanımlayan iki eşitlikle nümerik teknikler kullanarak hesaplanmaktadır. Bu iki eşitlik inversiyon yüksekliği, yüzey çökelme, etkin yükseklik ve kimyasal dönüşüm gibi önemli parametreleri içine alır.

ASTRAP modeli, Birleşik Devletlerin kuzeybatında 53 adet büyük güç santraline uygulanmıştır. Tüm alan üzerinde SO_2 derişim aralığı, yerden iki metre yükseklikte $0,6 - 5,2 \mu g/m^3$ olduğu bulunmuştur [14]. Bu derişim aralığı, arka plan SO_2 derişimi için Georgli (1970), Lodgeand ve Pate (1968)' in elde ettiği $0,5 - 4 \mu g/m^3$ aralığına yakındır [14]. Önceden tahmin edilen $SO_4^{=}$ derişimi $0,2$ ve $1,9 \mu g/m^3$ ve kuru çökelme hızı $0,16$ ve $1,4 g/(m^2.yıl)$ aralığındadır [14].

2.4.4. Ontario Çevre Bakanlığı Modeli (OME)

OME istatistiksel modeli, Venkatram (1982) tarafından geliştirilmiş basit bir modeldir. Kaynak içinde, sabit yatay difüziviteler ve x yönünde ortalama bir, u , akışı varsayılır. K-teorisinin uygulanmasıyla genel taşınım eşitliği aşağıdaki şekli alır.

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} = K_z \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + K_y \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_z \frac{\partial C}{\partial z} \right) + E - R \quad (2.16)$$

Bu eşitliğe üfleme çözümü uygulanmıştır. Çözümde kirleticilerin düşey yönde homojen dağıldığı varsayılır ve kuru çökeltme bir hacim azalması olarak içerilmiştir [8].

Model, dispersiyon yanında bir süpürülme bölümü içerir. Bu süpürülme bölümü, kuru ve ıslak periyotta var olmalarına göre kirleticilerin sınıflandırılmasına dayanır. Islaktan kuru özelliğe ve kurudan ıslak özelliğe ortalama dönüşüm hızı, bir Lagrangian duyarlılığında sırasıyla ıslak periyodların ve kuru periyodların ortalama uzunluğunun tersinin oranlanmasıyla farzedilir. Süpürülme katsayısı zamana göre sabit varsayılır, kuru SO₂ çökmesi için süpürülme eşitliği (G_d) aşağıda şekilde verilmiştir.

$$\frac{\partial G_d}{\partial t} = \frac{1}{\tau_w} G_w - \left(\lambda_d + K_d + \frac{1}{\tau_d} \right) G_d \quad (2.17)$$

Aynı zamanda, ıslak SO₂ (G_w), ıslak SO₄⁼ (S_w) ve kuru SO₄⁼ (S_d) çökelmeleri için süpürülme eşitlikleri verilmiştir. Süpürülme için verilen dört eşitlik analitik olarak çözülmüş ve çözüm daha sonra dispersiyon eşitliğinin çözümünde yerine konulmuştur.

OME modeli Birleşik Devletlerin kuzeydoğusu ve Kanada' ya uygulanmıştır. Modelden elde edilen sonuçlar, ölçümlerle karşılaştırılmış ve karşılaştırma, gözlemlerin % 77'sinin tahminlerin iki katı civarında çıktığını göstermiştir [15].

2.4.5. Bölgesel Taşınım ve Asidik Çökeltme Modelinin İstatistiksel Tahmini, (SERTAD)

SERTAD modeli, Fisher (1975) tarafından geliştirilmiş istatistiksel uzun dönemli taşınım modelidir. SERTAD modelinde, SO₂'nin ortalama dağılımı modeldeki parametrelerin sıklık dağılımından doğrudan hesaplanır. Model, bazı temel varsayımlara dayanır, meteorolojik ve fiziksel durumların dalgalanmalarının detayları hesaba alınmamıştır. Bu dalgalanmaların etkileri küçük olduğundan, elde edilen ortalama dağılım örneğinde model verimi çok etkilenmemektedir [16].

2.5. Modellerin Karşılaştırılması

Uluslararası Kükürt Çökelme Model Değerlendirme kurumu (ISDME), onbir bölgesel taşınım modeli ile hava derişimleri ve kuru çökelmenin miktarını önceden tahmin etmek ve karşılaştırmak için bir çalışma yürütmüşlerdir [17]. Bu çalışmada, ASTRAP, OME, SERTAD modelleri içerilmiştir. OME ve SERTAD modelleriyle, değerlendirme bölgesinin en az % 85' inde karşılıklı olarak karşılaştırılabilen tahminler elde edilmiştir. ASTRAP modeli, çalışma bölgesinde anlamlı bir tahmini çökelmeler göstermemiştir [17]. Böylece, tartışmanın dışında bırakılmıştır. Aynı zamanda, ASTRAP modeli izlenen yol hesaplamaları gerektirir. Bugün kullanılan modellerin çoğu, rüzgar yönünün ortalama ağırlık faktörlü basit bir fonksiyonunu kullanarak izlenen yol hesabından kaçınmışlardır. Ortalama ağırlık faktörünün kullanımı çok kolay olmuştur ve izlenen yol hesabıyla yaklaşık benzer sonuçlar vermiştir. Aynı zamanda, EMEP modeli de trajektörler gerektirir. Bundan başka, alışılmış elde mevcut verilerden daha iyi konum ve zaman duyarlılıklı yağış verisi gerektirir. Böylece EMEP modeli de tartışmanın dışında bırakılmıştır.

Geriye kalan modeller, önemli proseslerin parameterizasyon terimlerindeki fazla miktarda detayla tartışılmıştır. OME düşey çizgi kaynaklardan kuru ve ıslak periyodlarda dışarı verilen SO_2 ve $SO_4^{=}$ emisyonlarını içerir. Aynı zamanda RCDM'de SO_2 'yi düşey bir çizgi kaynaktan salıveriliyor gibi içerir. Diğer yandan SERTAD modeli, farklı emisyon seviyelerini ele alır, bu yönde SO_2 'yi yatay bir çizgi kaynaktan salıveriliyor gibi kabul eder. OME ve RCDM' nin her ikisi de yatay adveksiyonun meydana gelen rüzgar vektörlerinin ortalamalarıyla oluştuğunu varsayar. Bununla beraber, SERTAD modeli, rüzgar hızı ve yönünü ortaklaşa olarak rüzgar gülü ile hesaplamalara yatay adveksiyonu alır. OME modeli, yatay difüzyonu, yatay dispersiyon parametreleri ile işleminden geçirir, aynı zamanda, RCDM modelinde de yatay difüzyonu, yatay eddy difüvizite katsayısıyla ele alınır. SERTAD modelinde ise, rüzgar yönündeki yatay difüzyon ihmal edilir ve yandan esen rüzgar, rüzgar gülü sıklığı ifadesi ile birlikte ele alınır. OME ve RCDM modelinin her ikisinde, düzenli ve ani düşey karışım ve sabit karışma yüksekliği varsayılır. Diğer yandan SERTAD modeli, düşey difüzyonu, düşey difüzyon eşitliğinin analitik

çözümüyle ele alır. Sonuç olarak, SERTAD modelinde, sabit eddy difüzivitesi ile farklı karışım yükseklikleri ele alınır. Tüm modellerde SO_2 'nin $\text{SO}_4^{=}$ 'e kimyasal dönüşümü birinci dereceden hız sabiti, k , ile ele alınır. Kimyasal dönüşüm, kaynak ve azalma terimlerini hacim içinde göz önüne almıştır. OME ve RCDM modelinin her ikisinde kuru çökeltme, sabit bir çökeltme hızıyla hacim azalması olarak ele alınır. SERTAD modeli, SO_2 için kuru çökeltmeyi, sabit bir çökeltme hızıyla düşey difüzyon eşitliğinde sınır şartı olarak ele alır. OME modelinde, ıslak ve kuru SO_2 ve $\text{SO}_4^{=}$ için farklı süpürölme katsayıları varsayılır. RCDM modelinde, düzenli sabit hız, hacim azalması teriminde bir bütün olarak düşünölür. SERTAD modelinde sabit süpürölme hızı yıkanma olabilirlik fonksiyonuyla orantılı alınır.

Yukarıdaki tartışmalar ışığı altında, RCDM ve OME modelleri, SERTAD modeline göre bazı prosesleri basit bir yolla ele almaktadır. Bununla beraber, SERTAD modeli önemli süreçleri ayrıntılı bir şekilde parametre etmektedir.

Bu çalışmanın amacı, Türkiye'deki termik santrallerinden kaynaklanarak Türkiye üzerinde çökelen kükörtü ve derişimlerini tahmin etmek için SERTAD modelini uygulamaktır.

3. SERTAD MODELİNİN TÜRETİLMESİ VE UYGULANMASI

Bu çalışmada kullanılmak üzere seçilen ve kısaca SERTAD (Statistical Estimates of Regional Transport and Acidic Deposition) olarak adlandırılan uzun dönemli taşınım modeli Fisher tarafında geliştirilmiş istatistiksel bir modeldir. Bu modelin ilk versiyonu 1975 yılında ve Norveç üzerinde yıllık SO₂ çökmesini tahmin etmek için geliştirilmiştir. Model 1978 yılında SO₂'nin SO₄⁼ e kimyasal dönüşümünü ele alabilmek için modifiye edilmiştir. Son olarakta model 1985 yılında modifiye edilmiş ve Acid Rain Review Grubu tarafından Büyük Britanya'ya uygulanmıştır [18].

3.1 SERTAD Modelinin Türetilmesi

SERTAD formülasyonu iki temel kısım içerir. İlk kısım kirleticilerin genel taşınımını ikinci kısım ise kimyasal ve fiziksel dönüşümler ile azalma ve kaynakları içerir. Birinci kısım, genel taşınım eşitliğinin aşağıdaki temel varsayımlar eşliğinde çözülmesini kapsar. Bu çözümde :

- Kararlı hal varsayılmıştır ;
- Rüzgar yönünde difüzyon, rüzgar yönündeki adveksiyon ile karşılaştırıldığında ihmal edilmiştir ;
- Taşınım denkleminde yandan esen rüzgar difüzyon hesaplamalarında ihmal edilir, ancak rüzgar gülü hesaplamalarında göz önüne alınmıştır ;
- Kuru çökme bir sınır koşulu olarak kabul edilmiştir ;

Düşey difüzyon için K teorisi kullanılmıştır.

Bu varsayımlardan sonra taşınım eşitliği aşağıdaki şekle dönüşür. Aşağıdaki ifade de K_z düşey eddy difüzyon hızıdır.

$$u \frac{\partial C}{\partial x} = K_z \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} \quad (3.1)$$

Ayrıca, işlemlerde içinde düşey taşınım ve difüzyonun yer almadığı bir inversiyon tabakası varsayılır. Çökme hızı (V_g) ise, yüzeydeki çökmeyi ifade etmek için kullanılır.

Modelde emisyon şiddeti Q , genişliği L ve yüksekliği h olan çizgisel kaynakların olduğu ve deşarj edilen SO_2 ' nin bir kısmının (F_4), derhal sülfata dönüştüğü kabul edilmiştir. Bu varsayımlar aşağıdaki sınır koşulları da beraberinde getirmektedir.

$$\frac{\partial C}{\partial z} = 0 \quad z = a' \text{ da üst sınır koşulu}$$

$$K_z \frac{\partial C}{\partial z} = V_g C \quad z = 0' \text{ da alt sınır koşulu}$$

$$C(0, z) = (1 - F_4) \frac{Q}{L \cdot u} \delta(z - h) \quad x = 0' \text{ da başlangıç koşulu}$$

Burada $\delta(z)$ dirac delta fonksiyonu, a ise inversiyon tabaka yüksekliğidir.

Düşey Eddy difüzivitesi ve yatay rüzgar hızı sabit kabul edilirse, Eşitlik (3.1) bahsedilen sınır koşullarında aşağıdaki gibi analitik olarak çözülebilir.

$$C(x, z) = (1 - F_4) \frac{Q}{L \cdot u} \sum_n \frac{2 \cos \phi_n (a - h) \cos \phi_n (a - z)}{a \left(1 + \frac{\sin 2\phi_n}{2\phi_n} \right)} * \exp \left[-k_n \frac{x}{u} \right] \quad (3.2)$$

Burada $k_n = K_z \phi_n^2 / a^2$, ϕ_n ise $\phi \tan \phi = \frac{a V_g}{K}$ ifadesinin artan derecede pozitif kökleridir.

Uzun mesafeler için, sabit bir nokta üzerinde, dumanın kalma süresi (zaman kesri) $L(x)/2\pi x$ faktörüyle ifade edilir. Böylelikle, duman yönündeki tüm değişimler göz önüne alınmış olur. Rüzgar yönleri aynı sıklıkta olmadığından, bu faktör rüzgarın estiği her θ yönünde frekans oranı ($F(\theta)$) ile çarpılmalıdır.

Dolayısıyla zaman kesri, $F(\theta)L(x)/2\pi x$ şeklinde ağırlıklı faktör haline dönüştürülür ve bu aynı zamanda rüzgar yönünde dumanın dağılma olasılığını gösterir. Bir diğer ağırlıklı faktör, dispersiyon kategori setinin olasılığıdır $F(u, a, K_z)$. Bu terim uzun dönemli derişim dağılımlarını oluşturmak için derişim denklemde içermelidir.

Dispersiyon kategorileri, rüzgar hızı, karışma yüksekliği ve eddy difüzivitesinin bir fonksiyonudur.

SO₂'nin uzun dönemli konsantrasyon ifadesi aşağıdaki şekildedir.

$$\bar{C}(x, z) = \sum_{u, a, K_z} F(\theta) \frac{L(x)}{2 \pi x} F(u, a, K_z) C(x, z) \quad (3.3)$$

Eşitlik (3.2), Eşitlik (3.3)' de yerine konulursa, SO₂ çökmesi için denklem aşağıdaki hale gelir.

$$\bar{C}(x, z) = \sum_{u, a, K_z} (1 - F_4) \frac{Q}{2 \pi u x} F(u, a, K_z) F(\theta) \sum_n \frac{2 \cos \phi_n (a - h) \cos \phi_n (a - z)}{a \left(1 + \frac{\sin 2 \phi_n}{2 \phi_n} \right)} \exp \left[-k_n \frac{x}{u} \right] \quad (3.4)$$

Birden fazla emisyon kaynağı olması durumunda, öncelikle herbir kaynağın bağıl katkısı hesaplanır ve sonra, yukarıdaki (3.4) bağıntısında, $\cos(\phi_n (a-h))$ ifadesi yerine Eşitlik (3.4.1) yazılır.

$$\sum_{i=1}^{NL} \cos(\phi (a - h_i)) RC_i \quad (3.4.1)$$

Burada NL etkin kaynak yüksekliği seviye sayısıdır, h_i ve RC_i sırasıyla etkin kaynak yüksekliği ve her bir i seviyesinin bağıl katkısıdır.

Modelin ikinci kısmı ise kimyasal ve fiziksel azalmaları veya meteorolojik durumlara bağlı olarak bu olayların kuru veya ıslak zaman süreçlerinde meydana gelme esaslarını içerir. Modelin yeni düzenlenmesinde, bir öncekinden farklı olarak, SO₂'nin SO₄⁼'e kimyasal dönüşümü, kuru veya yaş dönemlerde SO₂ ve SO₄⁼'ün ortamda bulunabilme olasılığı hesaplamalarda göz önüne alınmıştır. Burada SO₂'nin toplam ortamda bulunabilme olasılığı, taşınım ve kuru çökelden bağımsız olacağından, hesaplamalarda Eşitlik 3.4 ile doğrudan çarpılması yeterli olacaktır.

Bu durumda SO₂'nin ortamda bulunma olasılığı, aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\frac{dg_0}{dt} = -\left(\lambda_0 + \frac{1}{t_0}\right)g_0 + \frac{1}{t_1}g_1 \quad (3.5.1)$$

$$\frac{dg_1}{dt} = \frac{1}{t_0}g_0 - \left(\lambda_1 + \Lambda_2 + \frac{1}{t_1}\right)g_1 \quad (3.5.2)$$

Burada, g_0 ve g_1 kuru ve ıslak periyod süresinde SO_2 'nin ortamda bulunma olasılığıdır; λ_0 , λ_1 ıslak ve kuru periyod süresince SO_2 'nin $SO_4^{=}$ 'e dönüşüm hızlarıdır; Λ_2 , SO_2 için süpürülme katsayısıdır; t_0 ve t_1 sırasıyla, kuru ve ıslak periyodun ortalama süresidir. Hem süpürülme hem de kimyasal dönüşüm, SO_2 derişiminde bir azalmaya neden olacaktır. Dolayısıyla Eşitlik 3.5.1 ve 3.5.2'nin sağ tarafındaki $\lambda_i g_i$ terimi negatif olacaktır. g_i/t_i terimi bu eşitlikte rasgele yürüyüş varsayımının sonucu olarak ortaya çıktığından ıslak veya kuru çökeltme periyodu bir önceki çökeltme periyodundan bağımsızdır. Bu varsayım her hangi bir anda periyod değişikliğine izin verir. Bir dönüşüm meydana gelirse önceki olasılık diğer olasılıkla yer değiştirir [19].

Böylece Eşitlik 3.5.1'deki g_0/t_0 terimi, kuru periyoddan yaş periyoda ani bir geçişin sonucu olarak bir olasılık kaybını gösteriyorken, g_1/t_1 terimi ortamda bulunma olasılığının artışı gösterir. Benzer irdeleme ıslak dönemden kuru döneme geçiş olduğu zaman Eşitlik 3.5.2'ye uygulanır.

Eşitlik 3.5.1 ve 3.5.2'yi çözmek için g_i 'deki başlangıç koşulları $i = 0$ ve 1 için $\lim_{t \rightarrow 0} g_i = t_1/t_0 + t_1$ 'dir. Bu durum kuru ve yaş periyodlar boyunca emisyonların olabilirliğini gösterir ve aşağıdaki gibi çözülür.

$$g_i = \frac{a_i(p_0)}{p_0 - p_1} e^{p_0 t} + \frac{a_i(p_1)}{p_1 - p_0} e^{p_1 t} \quad (3.6)$$

Burada p_i eşitliğin kökleridir.

$$\left(p + \lambda_0 + \frac{1}{t_0}\right) \left(p + \lambda_1 + \frac{1}{t_1} + \Lambda_2\right) - \frac{1}{t_0 t_1} = 0 \quad (3.7)$$

ve

$$a_i(p) = \left(t_i(p + \lambda_j + \Lambda_2 \delta_{ji}) / (t_0 + t_1) + (1/t_j)\right) \quad (3.8)$$

Burada karşılıklı olarak $i = 0$ iken $j = 1$ veya $i = 1$ iken $j = 0$ dır [18; 19].

Bu durumda SO_2 'nin yer seviyesi derişimi C_2 aşağıdaki eşitlikten hesaplanır.

$$C_2 = \sum_{u,a,K} (1 - F_4) \frac{Q}{2\pi u x} F(u, a, K_z) F(\theta) \sum_n \frac{2 \cos \phi_n (a - h) \cos(\phi_n a)}{a \left(1 + \frac{\sin 2\phi_n}{2\phi_n} \right)} e^{-kn \frac{x}{u}} (g_0(t) + g_1(t)) \quad (3.9)$$

Burada farklı yükseklikte etkin baca yüksekliği sahip kaynak varsa, diğer kaynakların etkisi bu kaynak etkisiyle toplanır.

SO_2 'nin kuru çökmesi $V_g C_2$ 'ye eşittir, bununla beraber ıslak çökme (W_2) ise aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$W_2 = a \Lambda_2 (1 - F_4) F(\theta) F(u, a, K_z) \frac{Q}{2\pi u x} \bar{g}_1 \Big|_{t=x/u} \quad (3.10)$$

Burada

$$\bar{g}_1 = \frac{1}{a} \int_0^a \sum_n \frac{2 \cos \phi_n \left(1 - \frac{z}{a} \right) \cos \phi_n \left(1 - \frac{h}{a} \right)}{a \left(1 + \frac{\sin 2\phi_n}{2\phi_n} \right)} e^{-k_n t} dz g_i \quad (3.10.1)$$

şeklindeir. g_i terimi tüm uzaklaştırma mekanizmalarının içerildiğinin varsayıldığı ortalama karışma derinliği boyunca, SO_2 moleküllerinin ortamda bulunma olasılığını gösterir.

$SO_4^{=}$ 'ün düşey yönde düzenli dağıldığı varsayımıyla genel kütle denklemi sülfat için de çözülebilir. Bu varsayım mantıklıdır, çünkü havadaki sülfat derişimi kaynak yüksekliğinden bağımsızdır ve sülfatın kuru çökmesi ihmal edilebilir durumdadır. Kuru ve ıslak zaman sürecinde ortamda bulunma olasılığına dayanarak fiziksel ve kimyasal azalma veya $SO_4^{=}$ 'ün kaynak formülü aşağıdaki gibidir.

$$\frac{dS_0}{dt} = - \left(\frac{V_{g4}}{a} + \frac{1}{t_0} \right) S_0 + \frac{1}{t_1} S_1 + \lambda_0 \bar{g}_0 \quad (3.11.1)$$

$$\frac{dS_1}{dt} = \frac{1}{t_0} S_0 - \left(\frac{V_{g4}}{a} + \Lambda_4 + \frac{1}{t_1} \right) S_1 + \lambda_1 \bar{g}_1 \quad (3.11.2)$$

Burada V_{g4} sülfatın çökme hızı ve Λ_4 ıslak zaman süresince sülfat için süpürülme katsayısıdır. Eşitlik 3.11.1 ve 3.11.2'nin çözümü aşağıdaki gibidir.

$$S_i = \sum_{n=1}^n \sum_{m=1}^m \frac{b_{in}(q_m)}{F(q_m)} e^{-q_m t} \quad (3.12)$$

Burada n köklerin sayısıdır ve m , 0 dan 3'e kadar dört değer alır, $q_0=P_0-k_n$, $q_1=P_1-k_n$, q_2 ve q_3 ise aşağıdaki eşitliğin kökleridir.

$$\left(q + \frac{V_{g4}}{a} + \frac{1}{t_0}\right) \left(q + \frac{V_{g4}}{a} + \Lambda_4 + \frac{1}{t_1}\right) - \frac{1}{t_0 t_1} = 0 \quad (3.13)$$

Diğer parametreler Eşitlik 3.14.1 ve 3.14.2 ile tanımlanır.

$$b_{on}(q) = \left(\lambda_o \left(q + V_{g4} + \Lambda_4 + \frac{1}{t_1} \right) a_o + \frac{\lambda_1 a_1}{t_1} \right) V_n \quad (3.14.1)$$

$$b_{in}(q) = \left(\lambda_{10} \left(q + \frac{V_{g4}}{a} + \frac{1}{t_0} \right) a_1 + \frac{\lambda_o a_o}{t_0} \right) V_n \quad (3.14.2)$$

$$\text{Burada } V_n = \frac{4 \sin \phi_n \cos \left(\phi_n \left(1 - \frac{h}{a} \right) \right)}{a (2 \phi_n + \sin 2 \phi_n)} \quad (3.14.3)$$

ve $F(q_i) = \prod_j (q_i - q_j)$ ' dir. Ayrıca j, i ' ye eşit değildir [18; 19].

Başlangıçta $SO_4^{=}$ 'e dönüşmüş kesir, yukarıda tartışılan olasılıktan bağımsız olarak azalır. Bu terimin azalması aşağıdaki gibi kuru ve ıslak çökelmeyle kontrol edilir.

$$E_{Azalma} = \exp \left[- \left(\lambda_4 \frac{t_1}{t_1 + t_0} + \frac{V_{g4}}{a} \right) t \right] \quad (3.15)$$

Böylece ıslak ve toplam olabilirlikler aşağıdaki şekilleri alır [19].

$$S_{1eff} = S_1 \left(\frac{1}{S_T} - \frac{F_4}{a} \right) + S_1 (F_4 E_{Azalma}) \quad (3.16)$$

$$S_{\text{Teff}} = S_T(1 - F_4) + \left(\frac{F_4}{a} E_{\text{Azalma}} \right) \quad (3.17)$$

Sülfatın yer seviyesi derişimi aşağıdaki ifade ile verilmiştir.

$$C_4 = \sum_{(u,a,K_z)} \frac{Q}{2\pi ux} F(\theta) F(u,a,K_z) (S_{\text{Teff}}) \quad (3.18)$$

Farklı etkin baca yüksekliğine sahip emisyon kaynakları var ise Eşitlik 3.15 kaynaklar üzerindeki toplamı içerir. Kuru çökelme $V_{g4}C_4$ 'e eşittir ve ıslak çökelme Eşitlik 3.19 ifadesiyle verilir [18].

$$W_4 = a\Lambda_4 \frac{Q}{2\pi ux} F(\theta) F(u,a,K_z) (S_{\text{leff}}) \quad (3.19)$$

3.2 Formülasyondaki Belirsizlikler

Fisher'in modelindeki basitleştirmeler, modelin yalnızca uzun ortalama zamanlara ve nispeten uzun mesafelere uygulanabileceği varsayımına dayanmaktadır. Bu basitleştirmeler nedeniyle konumsal ve zamansal hassasiyet kaybı oluşur. Bu özellikle episod durumlarında veya cephesel bölgelerde önemlidir [18].

Modeldeki diğer sınırlama, alt grid ölçüsü etkileridir. Model, kendi karesinin kükürt birikimi ve derişimine katkısıyla etkin şekilde ilgilenmez. Eğer kaynak ve alıcı aynı gridde ise o zaman kendi karesinin kükürt katkısını gözönüne almak gerekir. Bu, kaynakları gridin dört köşesine yerleştirerek yapılır. Gridin kendi katkısını ayrıntılı tahmin etmek, kaynakların bir grid içerisindeki dağılımının ayrıntılı bilgisini gerektirdiği için bu yaklaşım yapılmıştır [18].

Bir diğer belirsizlik, ıslak uzaklaştırmanın orantılı olmamasından kaynaklanır. SO_2 'nin süpürülme katsayısının büyük nokta kaynak yakınında, uzaklaştırmanın mevcut oksidantlardan etkilenmesi veya SO_2 'nin yağmur sistemine difüzyonunun zaman alması nedeniyle düşük olması beklenir. Bu probleme, SO_2 'nin kritik dolaşım zamanından daha

kısa süre alan dolaşma uzaklıklarında ıslak gidermenin olmadığı varsayımıyla yaklaşılır [18].

Diğer belirsizlik, SO_2 'nin çökelme hızındaki düzensizlikten gelmektedir. Modelde, SO_2 için sabit çökelme hızı kullanılır. Kuru çökelme hızı oldukça değişken olmasına rağmen eğer değişimlerin ölçüsü SO_2 'nin ortalama dolaşım uzaklığından küçükse SO_2 derişimleri bu tür değişimlere karşı duyarsızdır. Bölgesel birikimlerin mahalli çökelme değişimlerinden çok fazla etkilenmemesine karşın, mahalli bölgelerdeki çökelme hızları, mahalli çökelme hızlarına karşı oldukça duyarlıdır [18].

Troposferik kükürtten gelen arka plan katkısı aynı zamanda bir sülfat kaynağı olduğu için ıslak çökelme tahmininde içerilmelidir. Bu hatayı ortadan kaldırmak için, temiz havada ölçülmüş sülfat derişimi, sülfat çökelme oranını elde etmek için, yağış miktarıyla çarpılır ve buradan elde edilen değer daha sonra modelden elde edilen çökelmeye eklenir [18].

Son belirsizlik, modelde belirgin bir şekilde içerilmemesine rağmen, bulut damlacıkları içerisinde SO_2 'nin SO_4^{2-} 'e dönüşümüyle ilgilidir. Bu çeşit bir çökelme, bulut ve sis damlacıklarının yeryüzüne çarpmasıyla oluşur. Bu durum, yer seviyesinden yükseklerde önemlidir. Bu nedenle, damlaların etkin çökelme hızları kullanılarak modelden elde edilen derişimleri çarparak işlem yapılır [18].

3.3 Gerekli Veriler

SERTAD modeli için aşağıdaki veriler gereklidir.

- Emisyon verileri
- Meteorolojik veriler
- Dispersiyon verileri
- Fiziksel ve kimyasal parametreler

3.3.1 Emisyon Verileri

SERTAD modeli, çalışma bölgesinde herbir grid için SO_2 kaynaklarının mevsimlik veya yıllık emisyon envanterini gerektirir. Nokta kaynaklar birlikte bir araya

getirilir ve grid karesinden tüm emisyonlara katkıda bulunduğu varsayılır ve aynı zamanda emisyonların bir grid karesinde düzenli olduğu varsayılır [20; 21].

Fisher (1975) emisyon kaynaklarının etkin kaynak yüksekliği $200 + (100/\text{rüzgar hızı})(m)$ olduğu durumlar için emisyon kaynaklarını düşük seviyeli ve yüksek seviyeli kaynaklar olarak göz önüne almıştır. Ayrıca emisyonun, kaynak alanından dağıldıktan sonra yatay dağılımının homojen olduğunu kabul etmiştir [16; 21].

Emisyonu bir grid temeli üzerinde tayin etmek için, ilk önce bir grid sistemi oluşturulmalıdır. Bu çalışmada emisyon verilerinin gelişimi iki kısımda yapılmıştır. Öncelikle bir grid sisteminin oluşturulmuş, sonrada Türkiye de güç santralleri için SO_2 emisyon envantari oluşturulmuştur. Bu çalışmada, Şekil 3.1’de görülen Türkiye haritası üzerinde hazırlanan 9 x 19’luk ve kenar uzunluğu 87,5 km olan grid sistemi kullanılmıştır.

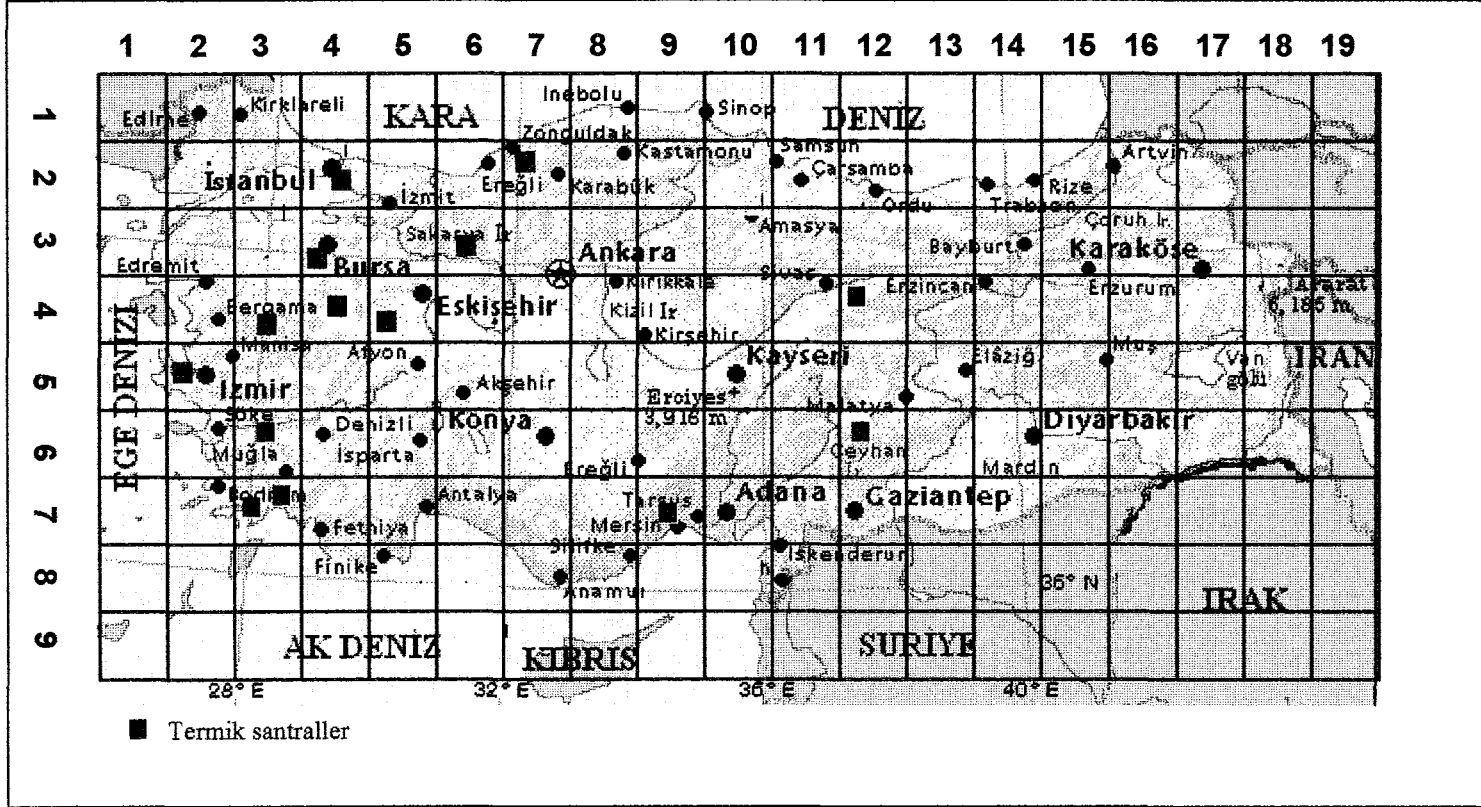
Bu çalışmada göz önüne alınan Türkiye’deki güç santralleri için emisyon envanteri, Amerika Çevre Koruma Ajansı (EPA) verileri esas alınarak hazırlanmış listeler halindeki emisyon faktörlerinden yararlanılarak oluşturulmuştur. Emisyon faktörleri, yanmış yakıtın miktarı, ham maddenin kullanılışı, ürün şekli gibi parametrelerle atmosfere deşarj edilen kirleticinin ortalama nicel değeridir [7; 22; 23].

Emisyon envanteri, emisyonlarla ilgili veri temininde kullanılan en önemli araçlardan biridir. Emisyon envanteri, endüstrilerin özelliklerinin, yakıt tüketimlerinin ve üretim miktarlarının araştırılmasıyla oluşturulabilir.

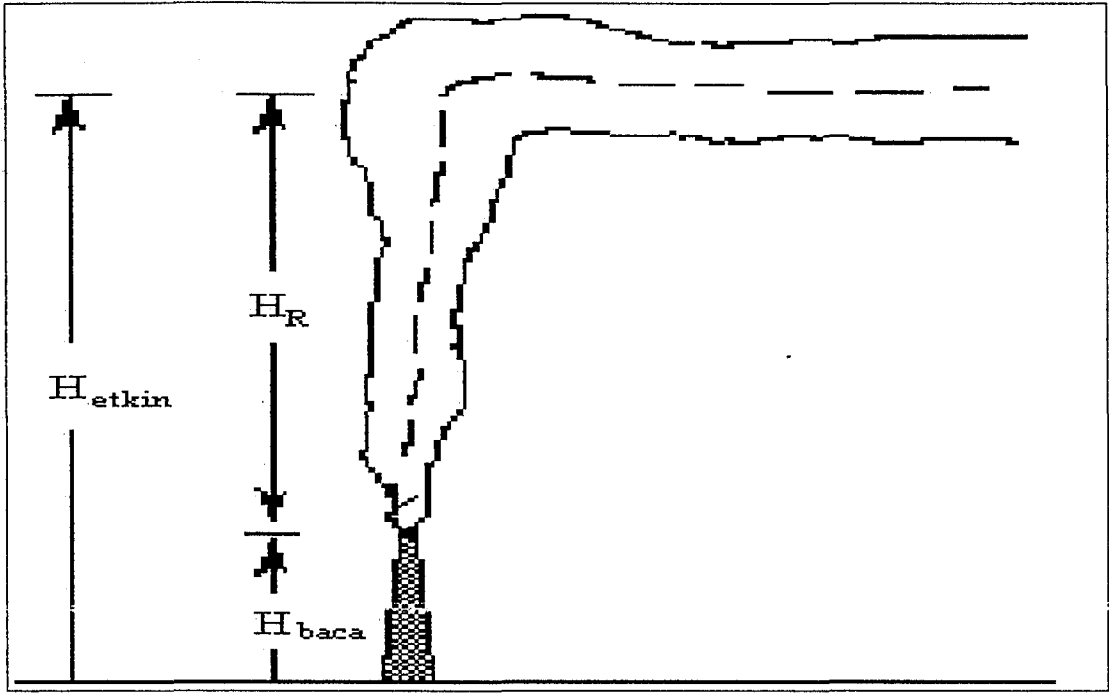
Emisyon envanteri, hava kirliliği modellenmesinde ve kirletici kaynakların belirlenerek bunların zararlı etkilerinin ortaya çıkarılması çalışmalarında kullanılan en önemli kaynaklardan biridir. Genel olarak, envanterden elde edilen emisyon verileri, emisyon standartlarının oluşturulmasında ve gelecekteki kirlilik problemlerinin çözümü için kontrol stratejilerinin oluşturulmasında gereklidir [24].

Türkiye’deki emisyon envanterlerine dahil 14 adet termik santralin konumları Şekil 3.2’de gridlere ayrılmış Türkiye haritası üzerinde gösterilmiştir. Bir envanterin güvenilirliği, emisyon verilerinin ve emisyon faktörlerinin nitelikli olmasına bağlıdır.

Bir bacadan çıkan duman Şekil 3.3’den de görüldüğü gibi hemen yatay şekilde hareket etmez, bir müddet yükselir, dumanın bu yükselmesi, ΔH , baca yüksekliğine, H_s ,



Şekil 3. 2. Türkiye’deki termik santrallerin konumları



Şekil . 3.3 Duman yükselmesi (Plume rise)

ilave edilerek toplam yükseklik bulunur. Bu toplam yükseklik, H_e , dispersiyon hesaplamalarında kullanılan yüksekliktir ve etkin baca yüksekliği olarak da isimlendirilir [22].

Herbir emisyon kaynağı için duman yükselme değerleri Briggs (1972) duman yükselme denkleminin kullanılmasıyla hesaplanmıştır. Nötral ve kararlı olmayan atmosferde, yüzen dumanın yükselişini ifade eden ilişki Eşitlik (3.22), (3.23) ile verilmiştir.

$$H_R = \frac{1,6 F^{1/3} X^{2/3}}{U_s} \quad \text{ise } X < X^* \quad (3.22)$$

$$H_R = \frac{1,6 F^{1/3} (3,5 X^*)^{2/3}}{U_s} \quad \text{ise } X \geq 3,5 X^* \quad (3.23)$$

Burada

$$X^* = 14F^{5/8} \quad \text{ise } F < 55$$

$$X^* = 34F^{2/5} \quad \text{ise } F \geq 55$$

Burada X rüzgar yönünde mesafe (m); U_s , baca yüksekliğinde rüzgar hızı (m/s); H_s , baca yüksekliği (m); F ise Eşitlik (3.24) ile tanımlanan yüzen ısı akısıdır (m^4/s^3).

$$F = g V_s R_s^2 \frac{T_s - T_A}{T_s} \quad (3.24)$$

Burada g yerçekimi ivmesi ($9,81 \text{ m/s}^2$); V_s , gaz akış hızı; R_s , baca yarıçapı; T_s , gaz akımının sıcaklığı (K°); T_A , ortam sıcaklığıdır (K°).

Durgun atmosferde yüzen duman yükselmesi Eşitlik (3.25) ile verilir.

$$H_R = 2,6 \left(\frac{F}{U_s S} \right)^{1/3} \quad (3.25)$$

Burada S , sn^{-2} biriminde olup aşağıdaki eşitlik ile verilen kararlılık parametresidir [25].

$$S = \frac{g}{T_A} \frac{\partial \theta}{\partial z} \quad (3.26)$$

Burada $\partial \theta / \partial z$, potansiyel sıcaklığın düşey gradyentidir ve Pasquill kararlılık E sınıfı için 0,01 ile 0,03 aralığında; F sınıfı için ise 0,03 ile 0,1 aralığında değer alır.

Duman yükselmesi, Çiğli meteoroloji istasyonundan elde edilen yıllık ortalama hava sıcaklık verilerinin kullanılması ile hesaplanmıştır. Afşin-Elbistan, Mersin ve Kangal termik santralleri hariç güç santrallerinin hemen hemen tamamı bu bölgede bulunduğu için, Çiğli istasyonundan elde edilen yıllık ortalama sıcaklık değerlerinin kullanılması mantıklı bir varsayımdır. Bu alanların yıllık ortalama sıcaklığı, Çiğli istasyonundan elde edilen veriler ile karşılaştırıldığında, yıllık ortalama sıcaklık değeri $5^\circ C$ 'den fazla bir farklılık göstermemektedir. Bu kadar farklılık ise duman yükselme değerini çok etkilememektedir. Böylece, Çiğli istasyonundan elde edilen yıllık ortalama sıcaklık verilerinin kullanılmasıyla hesaplanan etkin baca yüksekliği kabul edilebilir hata sınırları içerisinde. Çatalağzı, İzmir, Anbarlı güç santralleri için baca gazı çıkış sıcaklığı ve, baca çıkış hızı verileri elde edilemediğinden duman yükselme değeri

hesaplanamamıştır. Bu güç santralleri için ilk emisyon yüksekliği 300 m olarak varsayılmıştır. Bu tahmin mantıklıdır, çünkü bu güç santrallerinin kapasiteleri diğerlerine göre daha küçüktür. Diğer güç santralleri için duman yükselme değerleri nötral, kararsız ve kararlı atmosfer durumları için hesaplanmıştır. Herbir kaynak için özel bilgiler ve hesaplanan yıllık ortalama etkin baca yüksekliği Çizelge 3.1’de listelenmiştir. Zamanla değişim gösterebildiğinden etkin baca yüksekliği meteorolojik durumlara bağlı bir parametreyle belirtilmelidir. Çizelge 3.1’den görüleceği üzere, bu çalışmada etkin baca yükseklikleri 300-450 m aralığındadır. Sadece, 300 m baca yüksekliğine sahip Kemerköy güç santralinde, etkin baca yüksekliği yaklaşık 500 m’dir. Dolayısıyla bu çalışmada, kullanılan etkin baca yükseklik kategorileri 300, 400, 500 m olarak alınmıştır. Birinci kategoriye etkin baca yüksekliği 350 m’den küçük güç santralleri ikinci kategoriye etkin baca yüksekliği 350-450 m olan güç santralleri ve üçüncü kategoriye ise etkin baca yüksekliği 450 m’den büyük güç santralleri girmektedir.

3.3.2. Meteorolojik Veriler

Bu çalışma için gerekli meteorolojik veriler rüzgar yönü ve yağış verileri olarak sınıflandırılmıştır:

3.3.2.1 Rüzgar yönü verileri

SERTAD modeli, bir hava parselinin, θ yönünde, kaynaktan uzağa doğru bir yol izleme sıklığını tanımlayan, bir yönsel ağırlık faktörünü, $F(\theta)$ gerektirir. Burada θ rüzgar yönü sektör sayısıdır ve $F(\theta)$ ’nın dağılımı rüzgar gülü olarak isimlendirilir. Model, tüm model alanını temsil edecek şekilde tek bir rüzgar gülünü gerektirir.

Çizelge 3.1 Türkiye’deki termik santralleri hakkında bilgiler

Grid Koordinatı	Santral adı	Baca yüksekliği, m	Baca ağız iç çapı, m	Baca gazı sıcaklığı, °C	Baca gazı çıkış hızı, m/s	Etkin baca yüksekliği, m	Emisyon miktarı, tonS ₂ O/yıl
(6,3)	Yatagan*	120	6	160	16,85	339.630	244798
(6,12)	Afşin-Elbistan*	140	6,6	170	22,16	438,028	588672
(7,3)	Yeniköy*	200	6	170	10,22	367.080	294336
(4,5)	Seyitömer, 1-2-3*	100	5,8	150	14,92	290,411	157680
(4,5)	Seyitömer, 4*	100	5,54	150	15,46	284,101	69904
(4,3)	Soma A*	49	3,2	160	3,06	177,042	8208
(4,3)	Soma B, 1-2*	150	5,9	157	11,26	317,584	42748
(4,3)	Soma B, 3-4*	150	5,9	157	11,26	317,584	65437
(4,3)	Soma B, 5-6*	275	9,25	165	5,76	471,547	107423
(4,4)	Tunçbilek, 1-2*	40	2	120	36,66	228,360	15768
(4,4)	Tunçbilek, 3*	120	3	140	18,40	338,524	13140
(4,4)	Tunçbilek, 4-5*	120	4,8	160	15,74	281,306	53812
(3,6)	Çayırhan*	120	9,5	160	3,73	274,259	15557
(4,12)	Kangal*	120	6,32	160	12,93	319,422	145591
(3,4)	Orhaneli*	270	6	154	13,41	458,259	49932
(7,3)	Kemerköy*	300	5	170	19,33	496,772	196224
(2,7)	Çatalagzı****						7229
(5,2)	Aliağa***						1454
(2,4)	Anbarlı**						69650
(7,9)	Mersin**						11718

* Linyit

*** Motorin

** Ful-oil

**** Taş kömürü

$F(\theta)$ 'nın belirlenmesinde bazı problemler vardır. Bunlardan ilki, izlenen yolların artan mesafeyle eğri yapma eğiliminde olmalarıdır. Bu modelin Avrupa üzerindeki uygulamalarında, izlenen yollar hafifçe eğimli olduğundan, izlenen yolun eğri yapmaya başladığı noktalar hesaplamalarda göz önüne alınmamıştır. İkinci olarak, yörünge yüksekliği belirtilmelidir. Herbir seviyedeki hava parseli, farklı yön takip eder. Bazı çalışmalarda ileri sürüldüğü gibi, sektörler geniş alınırsa, izlenen yol yönündeki değişme farklı seviyedeki bir sektörden fazla olmayacaktır [18]. Bu yüzden sınır tabakası içinde bir seviyeyi hesaplamak için yörünge gülü kullanır. Ancak model bölgesi karmaşık bir topoğrafik yapıya sahipse, yüzey rüzgarları kullanılarak oluşturulan yörünge gülleri sonuç olarak gerçek özellikleri temsil etmeyebilir. Sonuç olarak, izlenen yol gülleri, özellikle topografyanın etkisiyle düşük seviyeli izlenen yolları olan değişik yerlerde farklı olabilir. Fisher (1975, 1978, 1987) kuzey Avrupa için tek bir yörünge gülü kullanmıştır. Lagrangian modellerinden elde edilen sonuçlar SERTAD'dan elde edilen sonuçları teyit ettiğinden, çalışmada tek bir ağırlık faktörünün kullanılmasının yeterli olduğuna karar verilmiştir [18].

Concord Scientific Corporation tarafından bu modelin Kanada üzerinde uygulanmasında her bir gride ait olan istasyonlardan alınan ham veriler kullanılmıştır. Üst atmosferik veriler, bu istasyonlardan elde edilmiş ve bu nedenle üst seviye rüzgar yönleri (850 milibar'da), yıllık rüzgar gülü sıklığını belirlemek için kullanılmıştır. Daha sonrada bölge üzerinde alınan ortalamalar ile mevcut olan rüzgar gülü frekans verileri tüm bölgede şekillendirilmiştir [21].

Türkiye de üst seviye rüzgar hızı ve yönünü ölçen yedi istasyon vardır. Bu istasyonlar Ankara, İzmir, İstanbul, Samsun, Diyarbakır, Isparta ve Adana'dadır. Düşük seviyeli katmanın üstündeki hava ölçümleri günde iki kere yapılmaktadır (12:00 ve 00:00 GMT).

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan 1995 ve 1996 yılı rüzgar verileri bir veri tabanı oluşturmak için bilgisayara girilmiştir. Veriler, bir bilgisayar programı ile her istasyon için aylık rüzgar gülü frekansına dönüştürülmüş ve ikinci bir bilgisayar programı ile aylık rüzgar gülü frekansı verileri işlenerek mevsimlik ve yıllık rüzgar gülü frekansları oluşturulmuştur. Her bir istasyon için oluşturulan aylık rüzgar güllerinin tüm bölgeyi

temsil etmesi için ortalaması alınarak Türkiye için 1995 ve 1996 yılı için mevsimlik ve yıllık rüzgar gülleri oluşturulmuştur. Verileri işlemek için hazırlanan programlar Ek 1 ve Ek 2’de verilmiştir. Mevsimlik ve yıllık rüzgar gülü frekansları ise sırasıyla Çizelge 3.2 - 3.3 ve Şekil 3.4 ve Şekil 3.5’de gösterilmiştir.

3.3.2.2 Yağış verileri

Yağış verileri, kirleticilerin ıslak çökmesinin bilinmesinde önemli bir parametredir. SERTAD modeli ıslak ve kuru zaman süreçleri olan farklı yağmur kategorilerine ihtiyaç duyar. Islak ve kuru zaman süreçleri için belirlenmiş değerler, Rodhe ve Grandall (1972) metoduna göre ıslaktan kuruya veya tersine geçiş ihtimalinin hesaplanmasında kullanılmıştır [8].

Kurudan ıslak zaman sürecine veya tersine geçiş ihtimali, Lagrangian istatistiğiyle atmosferik hareketi takip eden hava parseline uygulanır. Bununla beraber, ıslak ve kuru zaman süreci hesaplamalarını kolaylaştırmak için meteorolojik istasyonlarda tespit edilen veriler esas alınır. Bu nedenle, kuru ve yağ periyodların zamanı Eulerian istatistiğinin bir sonucudur. Eğer yağışlı bir bulutun içinde sezilebilir bir hava akımı var ise bu yaklaşım kabul edilebilir. Fisher (1978), her bir grid karesinde ıslak ve kuru zaman süreçlerine sahip dört yağmur kategorisinin birisi kesin olarak kararlaştırılsın diye yağmurdaki değişimlere ek olarak Rodhe ve Grandell’in (1972) çalışmasını modifiye etmiştir.

Grid arazisi içinde, her bir grid hücresi için yağış kategorileri yağış frekansının kullanılmasıyla tayin edilir. Bu durum, her bir yağış olayı kirleticileri oldukça etkili süpürdüğü ve yağış olayının sayısının her bir yağış süresince toplam yağmur miktarından daha önemli olduğu varsayımına bağlıdır [21].

Modelin Kanada’ya uygulanmasındaki yağış frekansının tayininde, her bir grid için saatlik yağış verileri kullanılmıştır [21]. Bu çalışmada, Türkiye üzerinde oluşturulan, grid sistemindeki her bir grid için saatlik ham verilerin bilgisayara girilmesi ve elde edilmesi zor olduğundan, bu çalışmada sadece on istasyon seçilmiştir. Bu istasyonlar Ağrı, Hopa, Bolu, Tokat, Nevşehir, Tunceli, Mardin, Antalya ve Balıkesir dir. Çalışmada

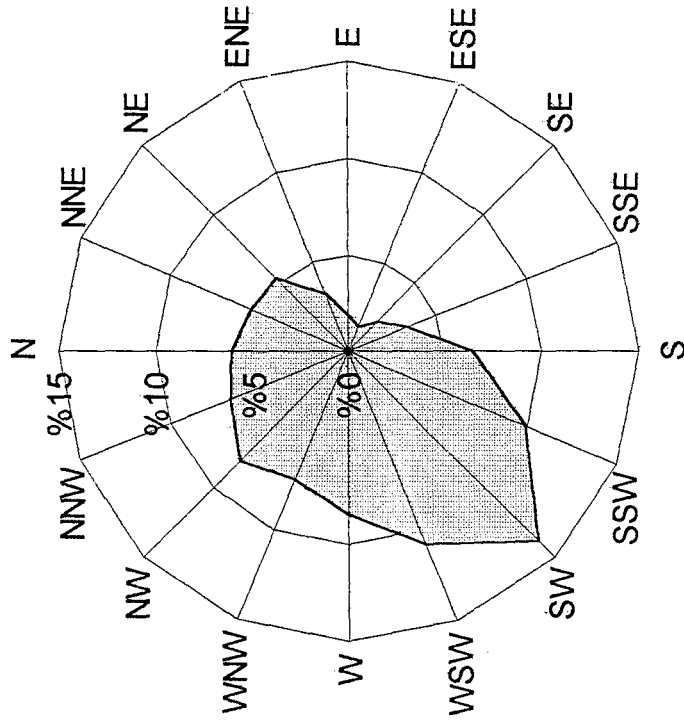
ilk önce bu istasyonlardaki saatlik veriler bir veri tabanına girilmiş ve sonra da yağmur kategorilerini düzenlemek için bu verileri işleyen bir program yazılmıştır (Bkz. Ek 3).

Çizelge 3.2 1995 yılı ortalama mevsimlik ve yıllık rüzgar gülü

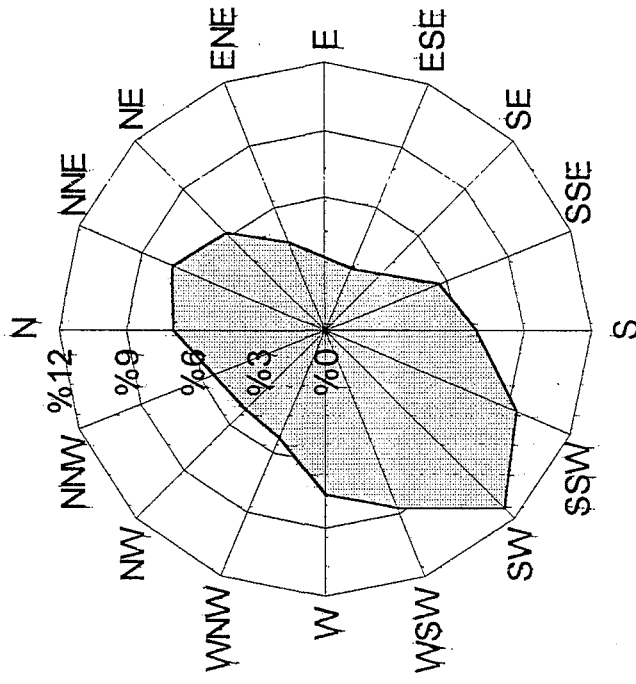
Yön	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Yıllık
N	4,69	5,34	7,96	6,39	0,98
NNE	3,74	6,05	5,44	6,88	0,88
NE	3,76	6,30	4,04	7,43	0,86
ENE	2,38	2,95	2,49	4,83	0,51
E	1,17	2,02	1,28	2,99	0,30
ESE	1,47	1,29	1,09	1,35	0,21
SE	2,19	2,48	1,62	2,06	0,33
SSE	4,05	3,88	3,25	2,16	0,53
S	8,18	6,67	3,58	7,21	1,03
SSW	13,95	9,45	6,82	9,19	1,58
SW	18,79	10,62	11,77	13,98	2,21
WSW	13,38	9,69	11,20	8,67	1,72
W	7,70	8,87	9,35	8,13	1,36
WNW	4,24	9,39	8,68	6,49	1,15
NW	6,13	8,56	10,97	6,65	1,29
NNW	4,17	6,43	10,45	5,60	1,07
Toplam	100	100	100	100	16

Çizelge 3.3 1996 yılı ortalama mevsimlik ve yıllık rüzgar gülü

Yön	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Yıllık
N	4,59	9,66	6,23	4,08	1,10
NNE	5,95	10,85	7,92	4,91	1,19
NE	5,33	8,01	6,77	4,82	1,00
ENE	4,46	4,12	4,79	3,55	0,68
E	4,49	3,00	2,64	2,95	0,52
ESE	3,70	2,63	2,52	3,14	0,48
SE	5,14	2,92	1,69	4,61	0,57
SSE	8,05	3,80	4,30	5,88	0,88
S	9,75	4,77	6,44	6,41	1,09
SSW	10,17	7,62	8,31	11,12	1,49
SW	10,69	10,59	10,85	13,62	1,83
WSW	8,35	6,91	10,43	9,43	1,40
W	5,90	6,78	9,18	7,89	1,19
WNW	4,81	5,32	6,10	5,06	0,85
NW	5,28	5,99	5,77	3,31	0,81
NNW	3,36	6,84	5,54	5,80	0,86
Toplam	100	100	100	100	16



Şekil 3.4. 1995 yılı rüzgar gültü frekansı



Şekil 3.5. 1996 yılı rüzgar gücü frekansı

Yağmur kategorilerine ek olarak, yağışlı gün sayısı ve yağışsız gün sayısı ayrıca hesaplanmıştır. Bu hesaplamalarda daha önceki periyodlar göz önünde bulundurulmuştur. Şu anki periyodla birlikte bir önceki periyod da yağış varsa yağış sayısı artmaz. Benzer bir tartışma yağışsızlığın hesaplanması içinde geçerlidir. Bu durumda, yağış olayının ortalama sürekliliği, ıslak periyodun sürekliliğinin olay sayısı ile bölünmesiyle hesaplanmıştır. Yağışsızlığın zaman sürekliliğinin ortalamasını hesaplamak için de aynı metod kullanılmıştır ve her bir istasyon için ıslak ve kuru periyodun sürekliliği ve olay sayıları Çizelge 3.4 ve 3.5’de verilmiştir.

Yağmur kategorileri, yağış sayılarının sınıflandırılmasıyla tayin edilmiştir. 1995 yılı için, ilk kategoriyi, 300 den fazla yağış içeren bölgeler, ikinci kategoriyi 200 ile 300 arasında yağış içeren bölgeler ve son kategoriyi ise 200 den az yağış içeren bölgeler oluşturmuştur. 1996 yılı için, ilk kategoriyi ise 500 den fazla yağış içeren bölgeler, ikinci kategoriyi 400 ile 500 arasında yağış içeren bölgeler ve son kategoriyide 400 den az yağış içeren bölgeler oluşturmuştur.

Herbir yağmur kategorisinin ıslak ve kuru periyodlarının ortalama sürekliliği, herbir kategorinin ortalamaların alınmasıyla hesaplanmıştır. Herbir yağmur kategorisi ve ıslak ve kuru periyodların yerini tutan ortalama süreklilik ayrı bir program ile işlendikten sonra Çizelge 3.6 ve 3.7’de verilmiştir. Çalışma alanının herbir gridindeki yağmur kategorileri Şekil 3.6 ve 3.7’de gösterilmiştir. Yağmur kategorilerinin tahmini hesaplanmasında kesinlik olmadığı gözden kaçırılmamalıdır. Yağmur kategorilerinin hesaplanmasında kullanılmış olan istasyon verilerinin sayısı sınırlı olması nedeniyle kesinlik arz etmediği düşünülmelidir. Diğer bir belirsizlik de, yağmur rasatlarının yapıldığı pluviogarflar cihazından kaynaklanmaktadır. Yağış miktarı saatlik kayıt edilmiştir. Bununla beraber, donma durumlarında, cihaz, çalışmayabileceğinden bu gibi durumlarda elle okuma yapılmıştır. Kışın sert geçtiği bölgelerde elle okuma 6 aya kadar çıkabilmektedir. Bu aylar süresince, yağmur günde üç kere kayıt edilmiştir (7:00 ; 14:00 ; 21:00).

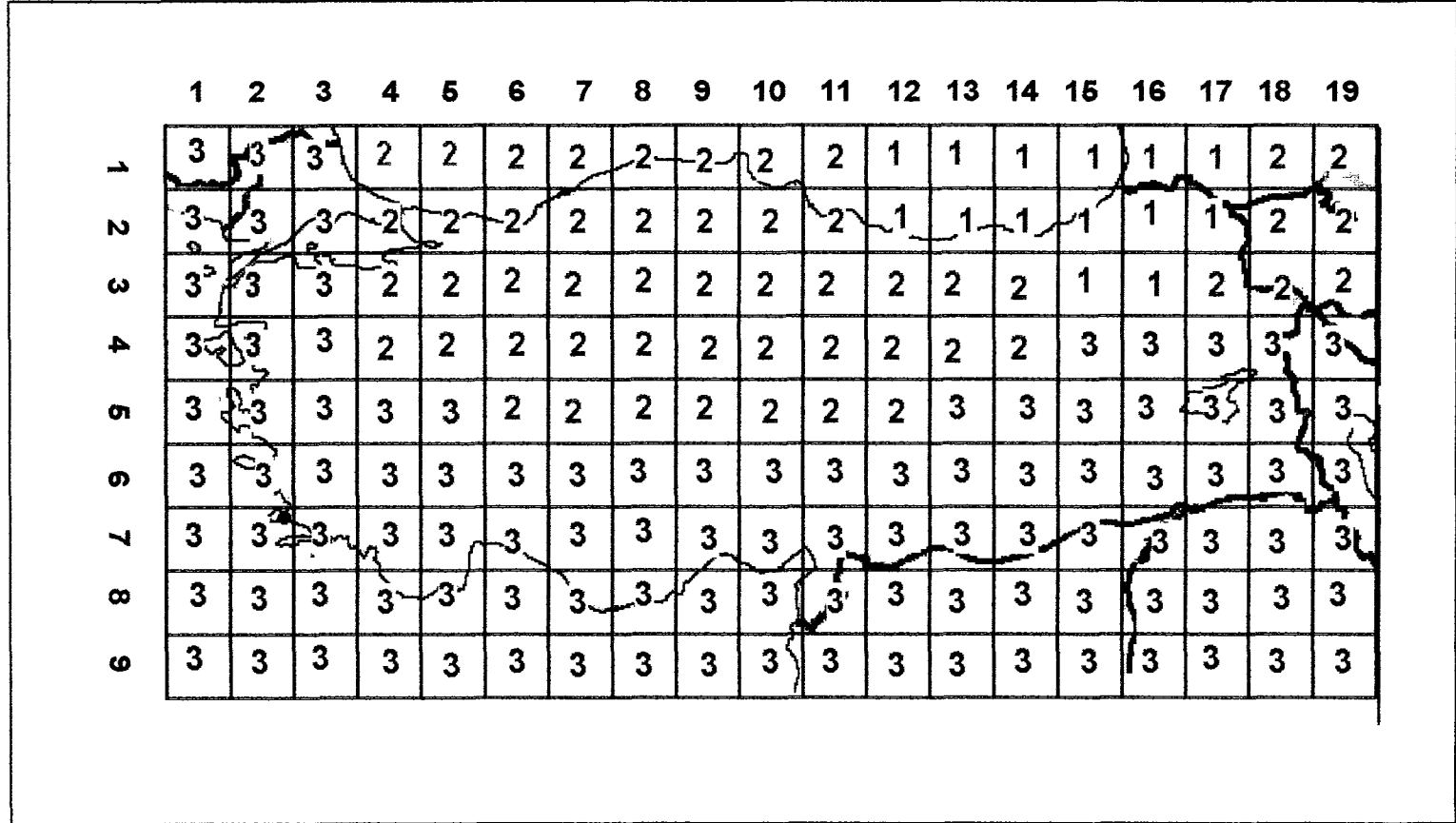
Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nden elde edilen yağış verileri bir değişiklik yapılmadan olduğu gibi girdi olarak yağmur kategorilerini hazırlayan bilgisayar programında kullanılmıştır.

Çizelge 3.4 Herbir istasyon için 1995 yılı yağış bilgileri

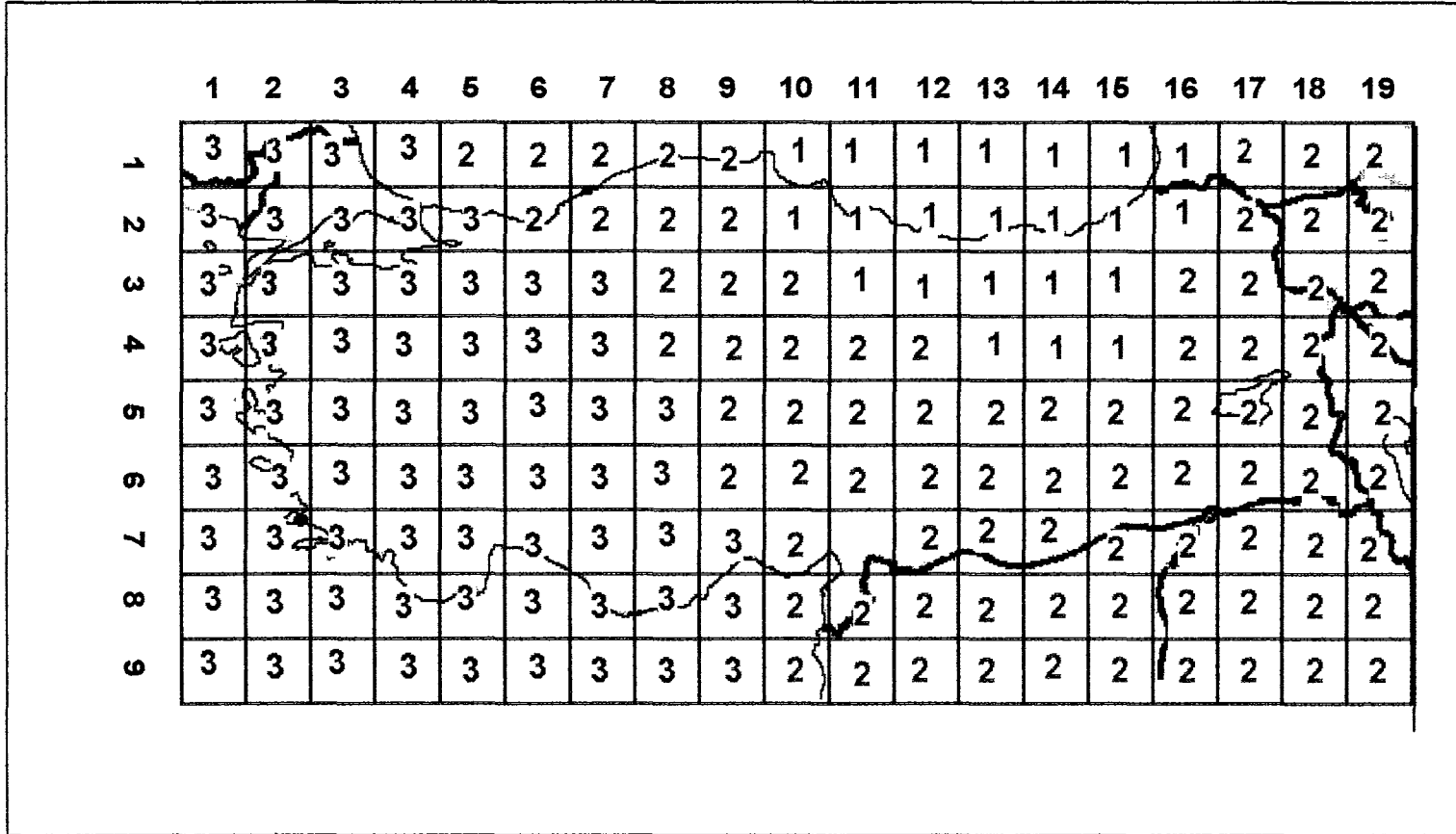
İSTASYON	Islak Periyod	Kuru Periyod	Olay	Olaysızlık	OIP	OKP	OIPT	OKPT
	saat	saat			saniye	saniye	(saniye) ⁻¹	(saniye) ⁻¹
AĞRI	350,0	8410,0	137	138	9197,08	219391,30	0,109*10 ⁻³	0,456*10 ⁻⁵
HOPA	1523,0	7237,0	515	516	10646,21	50490,70	0,939*10 ⁻⁴	0,198*10 ⁻⁴
HAKKARİ	224,0	8536,0	104	105	7753,85	292662,80	0,129*10 ⁻³	0,342*10 ⁻⁵
BOLU	624,0	8136,0	286	287	7854,55	102054,40	0,127*10 ⁻³	0,980*10 ⁻⁵
TOKAT	518,0	8242,0	233	234	8003,43	126800,00	0,125*10 ⁻³	0,789*10 ⁻⁵
NEVSEHİR	345,0	8415,0	160	161	7762,50	188161,50	0,129*10 ⁻³	0,531*10 ⁻⁵
TUNCELİ	354,0	8406,0	153	154	8329,41	196503,90	0,120*10 ⁻³	0,509*10 ⁻⁵
MARDİN	264,0	8496,0	115	116	8264,35	263669,00	0,121*10 ⁻³	0,379*10 ⁻⁵
ANTALYA	705,0	8055,0	259	260	9799,23	111530,80	0,102*10 ⁻³	0,897*10 ⁻⁵
BALIKESİR	284,0	8476,0	121	122	8449,59	250111,50	0,118*10 ⁻³	0,400*10 ⁻⁵

Çizelge 3.5 Herbir istasyon için 1996 yılı yağış bilgileri

İSTASYON	Islak Periyod	Kuru Periyod	Olay	Olaysızlık	OIP	OKP	OIPT	OKPT
	saat	saat			saniye	saniye	(saniye) ⁻¹	(saniye) ⁻¹
AĞRI	715,0	8045,0	476	476	5407,563	60844,540	0,185*10 ⁻³	0,164*10 ⁻⁴
HOPA	1570,0	7190,0	593	594	9531,197	43575,760	0,105*10 ⁻³	0,229*10 ⁻⁴
HAKKARİ	580,0	8180,0	436	436	4788,991	67541,280	0,209*10 ⁻³	0,148*10 ⁻⁴
BOLU	734,0	8026,0	414	414	6382,608	69791,300	0,157*10 ⁻³	0,143*10 ⁻⁴
TOKAT	1036,0	7724,0	580	580	6430,345	47942,070	0,156*10 ⁻³	0,209*10 ⁻⁴
NEVSEHİR	581,0	8179,0	432	432	4841,667	68158,340	0,207*10 ⁻³	0,147*10 ⁻⁴
TUNCELİ	887,0	7873,0	513	513	6224,561	55249,120	0,161*10 ⁻³	0,181*10 ⁻⁴
MARDİN	1315,0	7445,0	617	617	7672,609	43439,220	0,130*10 ⁻³	0,230*10 ⁻⁴
ANTALYA	804,0	7956,0	331	330	8744,411	86792,730	0,114*10 ⁻³	0,115*10 ⁻⁴
BALIKESİR	536,0	8224,0	264	264	7309,091	112145,500	0,137*10 ⁻³	0,892*10 ⁻⁴



Şekil 3. 6. Türkiye üzerindeki 1995 yılı yağmur kategorileri



Şekil 3.7. Türkiye üzerindeki 1996 yılı yağmur kategorileri

Çizelge 3.6 Herbir yağmur kategorisi için 1995 yılı ıslak ve kuru periyodun ortalama sürekliliği

Yağmur Kategorisi	Ortalama Islak Periyodun Tersi (sn^{-1})	Ortalama Kuru Periyodun Tersi (sn^{-1})
1	$9,39 \cdot 10^{-5}$	$1,98 \cdot 10^{-5}$
2	$1,18 \cdot 10^{-4}$	$8,88 \cdot 10^{-6}$
3	$1,21 \cdot 10^{-4}$	$4,36 \cdot 10^{-6}$

Çizelge 3.7 Herbir yağmur kategorisi için 1996 yılı ıslak ve kuru periyodun ortalama sürekliliği

Yağmur Kategorisi	Ortalama Islak Periyodun Tersi (sn^{-1})	Ortalama Kuru Periyodun Tersi (sn^{-1})
1	$1,38 \cdot 10^{-4}$	$2,12 \cdot 10^{-5}$
2	$1,89 \cdot 10^{-4}$	$1,51 \cdot 10^{-5}$
3	$1,26 \cdot 10^{-4}$	$5,04 \cdot 10^{-5}$

3.3.3. Dispersiyon Verileri

SERTAD modeli, verilen meteorolojik durum setlerinin oluşma olasılığını veren $F(u,a,K_Z)$ 'nin tayinini gerektirir. Bu meteorolojik veriler rüzgar hızı (u), karışma yüksekliği (a) ve eddy difüzivitesi (K_Z)'nin bir kombinasyonudur. Bu üç parametrenin sonsuz sayıda alternatifi olmasına rağmen bu çalışmada büyük olası olan değerlerin küçük bir seti kullanılmıştır.

Modelin Avrupa üzerindeki uygulanmasında, bulutlu durumlarda orta ve kuvvetli rüzgarların olduğu mekanik sınır tabakası sistemi (kararlı durumlar) ve ısı akısına bağlı sınır tabakası için konvektif sınır tabaka sistemi (kararlı olmayan durumlar) göz önüne alınmıştır [16; 21; 26].

Modelin Kanada için Ontorio Hydro (1982) tarafından uygulanmasında ise, her mevsim için, kararlı ve kararsız şartlar arasında değişen sekiz dispersiyon kategorisi kullanılmıştır.

Model Avrupa üzerine uygulandığında, karışım yüksekliği ve atmosferik difüzivite, rüzgar hızının ve kararlılığın bir fonksiyonu olarak göz önüne alınmıştır [26]. Mekanik durumlar altında karışma tabaka yüksekliği $60u$ 'ya eşit olduğu kabul edilmiştir. Burada u rüzgar hızı olup birimi m/s dir. Bununla beraber, tüm dumanların karışma tabakasında içinde kalmasını sağlamak için karışma tabakasının minimum yüksekliği 450 m olarak alan bir sınır şartı vardır. Konvektif durumlar altında ise bu sınır şartı 1500 m 'ye eşit alınmıştır [16; 21; 26]. Konvektif sınır tabakası için ortalama eddy difüzivitesi ise 30

m^2/s olarak alınmıştır. Mekanik sınır tabakası rejiminde ise eddy difüzyon hızı aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$K_z = \frac{1}{2} * \frac{u}{20} * (0,04a) \quad (3.27)$$

Burada a karışım tabaka yüksekliğidir [16; 21].

Verilen herhangi bir dispersiyon setinin oluşma olasılığı, $F(u, a, K_z)$, toplam güneş ışınlarının saatlik ortalamalarından aylık ortalamalarına geçilmesiyle tahmin edilmiştir. Bundan sonra, mevsimlik toplam güneş ışınlarının saati hesaplanmıştır ve her bir mevsim için güneş ışınlarının yüzde meydana gelebilmesine dönüştürülmüştür. Konvektif sınır tabakasının güneş ışınlarının sıklığı gibi mevsim başına aynı sıklıkla olduğu varsayılır [21].

Sınır tabakası tipi kararlılık sınıflarının kullanılmasıyla tahmin edilir. Türkiye’de bugüne kadar kararlılık sınıfları oluşturulmamış ve malesef Ankara, Isparta, İzmir, Adana, İstanbul (Göztepe) istasyonlarında ölçülmüş karışım yükseklik verileri de güvenilir değildir [27].

Sınır tabaka rejimi, atmosfer kararsız olduğu zaman konvektif gibi, atmosfer nötral veya kararlı olduğu zaman mekanik gibi düşünülmüştür.

Mekanik ve konvektif sınır tabakaları için, karışma yüksekliği ve rüzgar hızının mevsimlik ortalamaları Ek 4’de verilen programla yapılmıştır. Eddy difüzyon hızı her bir mekanik sınır tabakası için hesaplanmış ve daha sonra da bunların mevsimlik ortalamaları alınmıştır. Herbir dispersiyon setinin olasılığı bir yılda her mevsim için mekanik ve konvektif durumun meydana gelme yüzdesinden hesaplanmıştır.

Sürekli saatlik veriler 1995 yılı için Çiğli istasyonundan elde edilmiştir. Ancak, karışım yüksekliklerini hesaplayabilmek için gerekli veriler elde edilemediğinden, karışım yükseklikleri Pervan (1991) çalışmasından alınmıştır [27].

Bu yüzden, dispersiyon veri seti bu özel istasyondan (Çiğli) elde edilen veriler kullanılarak oluşturulmuş ve 1995 ve 1996 yılı için Türkiye üzerine uygulanmıştır. Termik santrallerin çoğu bu bölge etrafında bulunduğu için, bu varsayım mantıklıdır. Benzer yaklaşım bu modelin Kuzey Amerika üzerine uygulanmasında da kullanılmıştır.

Emisyonların çoğu Birleşik Devletlerin ortabatında olduğundan, bu alanda bulunan istasyonlardan elde edilen meteorolojik veriler modelde kullanılmıştır [21]. Sonuç olarak dispersiyon verileri Çizelge 3.9'da gösterilmiştir.

Çizelge 3.9 1995 yıl dispersiyon verileri

MEVSİM	SINIR TABAKASI TİPİ	RÜZGAR HIZI (m/s)	KARIŞIM YÜKSEKLİĞİ, m	DİFÜZİVİTE m ² /s	OLABİLİRLİK F(u, a, K _z)
KIŞ	MEKANİK	8,0	949,7	4,1	0,19947
KIŞ	KONVEKTİF	6,3	592,8	30,0	0,05053
İLK BAHAR	MEKANİK	5,6	839,1	2,9	0,15565
İLKBAHAR	KONVEKTİF	4,9	742,8	30,0	0,10297
YAZ	MEKANİK	6,0	984,2	3,9	0,14823
YAZ	KONVEKTİF	6,3	785,1	30,0	0,07878
SONBAHAR	MEKANİK	7,8	992,8	3,2	0,21935
SONBAHAR	KONVEKTİF	6,3	504,9	30,0	0,04502

3.3.4. Fiziksel ve Kimyasal Parametreler

SERTAD modeli, SO₂'nin SO₄'e başlangıç dönüşüm kesrinin, SO₂ ve SO₄'ün kuru ve ıslak çökelme hızının, yaş ve kuru çökelme periyodlarında SO₂'nin SO₄'e dönüşüm hızının, kuru ve yaş periyod süresince yağmurla SO₂ ve SO₄'ün uzaklaştırılma hızlarının bilinmesini gerektirir.

SERTAD modelinin ilk versiyonunda ihmal edilen SO₂'nin SO₄'e dönüşümü, ikinci versiyonda içerilmiştir [16; 26]. Son versiyonda ise daha önceki versiyonlarda ihmal edilen, partiküllerin ortamda bulunma olasılığı da göz önüne alınmıştır [18].

Bu çalışmada kullanılmış kimyasal ve fiziksel parametreler Bölüm 4'de tanımlanan duyarlılık çalışmalarından tayin edilmiş ve aşağıda verilmiştir.

SO ₂ 'nin SO ₄ 'e dönüşmüş başlangıç kesri	: % 30
Islak ve kuru periyodda SO ₂ 'nin SO ₄ 'e dönüşme hızı	: % 1 h ⁻¹
SO ₂ ve SO ₄ 'ün süpürülme katsayısı	: 10 ⁻⁴ sn ⁻¹
SO ₂ 'nin çökelme hızı	: 0,5 cm.sn ⁻¹
SO ₄ 'ün çökelme hızı	: 0,0 cm.sn ⁻¹

3.4. Programda Yapılan Düzenlemeler

Sonuçların kalitesini artırabilmek için Fisher (1978; 1987) tarafından Avrupa'ya ve Wright et. al.,(1985) tarafından Kanada'ya uygulanan programda, bazı düzenlemeler yapılmıştır [18; 26; 28]. Bu düzenlemeler:

1. Programın önceki versiyonunda, sadece 80 emisyon kaynağına izin verilmiştir. Bu sınırlama model sonsuz sayıda kaynağa izin versin diye değiştirilmiştir.
2. Program, emisyonun sadece bir seviyede olduğu ve kaynak yüksekliğinin karışma yüksekliğinden daha yüksek olduğu yerdeki şartlara izin vermiyordu. Yukarıdaki şartların olduğu andaki dispersiyon kategorisini kullanabilmek için program, bir hata mesajı vermeyecek şekilde düzenlenmiştir.

Bu düzenlemeler, Ek 5'de verilen programda açıklama (comment) satırlarıyla belirtilmiştir.

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

4.1 Duyarlılık Çalışmaları

Duyarlılık testi, sadece (5,2) koordinatlı gridde bir emisyon kaynağını gözönüne alınarak ve model parametreleri değiştirildiği zaman derişimlerde oluşabilecek değışiklikleri incelemek amacıyla yapılmıştır.

4.1.2. Model Parametreleri İçin Duyarlılık Çalışmaları

Bu çalışma, kuru çökelme, dönüşüm hızı, başlangıç dönüşüm kesri, süpürölme hızı, etkin baca yüksekliğı gibi parametrelerle modelin duyarlılığını araştırmak için yapılmıştır. Modeli test etmek için, (5,2) gridinde bir kaynak düşünölünüş ve rüzgar yönündeki uzaklık boyunca herbir parametre için bu grid esas alınarak yüzde değışimler incelenmiştir.

Duyarlılık testinin birinci seti için (Ç1) modelin başlangıç parametreleri Çizelge 4.1’de verilmiştir. Bu parametreler Bölüm 3’de detaylı bir şekilde tartışılmıştır. Duyarlılık çalışmaları sırasında değıştirilmiş parametreler ve değeri Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Model başlangıç parametreleri

Parametre	Değeri
Emisyon şiddeti	1454000 ton SO ₂ /yıl
Grid no	5,2
Etkin baca yüksekliğı	400 m
SO ₄ ²⁻ ’ün başlangıç kesri	0,3
SO ₂ ’nin SO ₄ ²⁻ e dönüşüm hızı	% 1 sa ⁻¹
Süpürölme hızları, (SO ₂ ve SO ₄ ²⁻)	10 ⁻⁴ sn ⁻¹
Çökelme hızı, (SO ₂)	0,5 cm/sn
Rüzgar yönü sayısı	16
Yağmur katagorisi sayısı	1
Ortalama ıslak periyod tersi	1,38*10 ⁻⁴ sn ⁻¹
Ortalama kuru periyod tersi	2,12*10 ⁻⁵ sn ⁻¹
Dispersiyon katagorisi sayısı	8

Çizelge 4.2. Model parametreleri için duyarlılık testinde değiştirilen parametreler

Çalıştırma No	Değişen parametre	Duyarlılık çalışmasında Aldığı değer
Ç2	SO ₄ ⁼ 'ün başlangıç kesri	0,0
Ç3	SO ₄ ⁼ 'ün başlangıç kesri	0,1
Ç4	SO ₄ ⁼ 'ün başlangıç kesri	0,6
Ç5	Dönüşüm hızı	% 0,1 sa ⁻¹
Ç6	Dönüşüm hızı	% 5 sa ⁻¹
Ç7	Dönüşüm hızı	% 10 sa ⁻¹
Ç8	Çökelme hızı,(SO ₂)	0,1 cm/sn
Ç9	Çökelme hızı,(SO ₂)	1,0 cm/sn
Ç10	Süpürülme hızı	10 ⁻³ sn ⁻¹
Ç11	Süpürülme hızı	10 ⁻⁵ sn ⁻¹
Ç12	Etkin baca yüksekliği	200 m
Ç13	Etkin baca yüksekliği	600 m

4.1.1.1. SO₄⁼'ün başlangıç kesri için duyarlılık çalışmaları (Ç2-Ç4)

Bacalardan atmosfere deşarj edilen kükürtün büyük bir çoğunluğu SO₂ şeklindedir. Ancak küçük kesirlerde SO₄⁼'de deşarj edilir. Toplam kükürt emisyonundaki birincil sülfat kesri kesin değildir, yanma koşullarına bağlı olarak az bir yüzde den % 40'a kadar değişir. Modelin ilk uygulamasında, sülfatın başlangıç kesri % 30 olarak kabul edilmiştir [21; 27].

Bu üç duyarlılık testinde, toplam deşarj edilmiş S'ün % 0 % 10ve % 60' nın SO₄⁼ şeklinde olduğu varsayımı yapılmıştır. Çökelme ve yer seviyesi derişimleri uzaklığın bir fonksiyonu olarak Şekil 4.1 - 4.3'de verilmiştir.

Birincil sülfat % 0 alındığında, veri tabanına bağlı tüm mesafelerde daha çok SO₂ olacağından, SO₂'ye bağlı tüm parametreler artmış ve yüzde artış uzaklık boyunca değişmemiştir. Başlangıçta SO₄⁼ bulunmadığından emisyon noktasındaki sülfat (SO₄⁼) derişimi sıfırdır. Ancak rüzgar yönündeki mesafe boyunca kimyasal dönüşümle, SO₄⁼'e bağlı tüm parametreler artar. Burada, birincil sülfatın (% 0) toplam ve toplam ıslak çökelme üzerindeki net etkisi ihmal edilebilir düzeydedir.

Birincil sülfat % 10 alındığında, veri tabanına bağlı tüm mesafelerde SO₂ miktarında artış olacağından, SO₂'ye bağlı tüm parametreler artmış ve bu yüzde artış uzaklık boyunca değişmemiştir. SO₄⁼'e bağlı tüm parametreler kaynak yakınında da % 60 oranında azalmış ve bu azalma SO₂'nin zaman içinde SO₄⁼'e dönüşmesi nedeniyle % 10'a

kadar düşmüştür. Burada birincil sülfatın (% 10), toplam ve toplam ıslak çökeltme üzerindeki net etkisi ihmal edilebilir durumdadır.

$\text{SO}_4^{=}$ 'ün başlangıç kesri % 30'dan % 60'a değiştirildiğinde, SO_2 'ye bağlı tüm parametreler azalmıştır. $\text{SO}_4^{=}$ bileşenindeki yüzde değişim kaynak yakınında artmış ve mesafeyle azalmıştır, çünkü kimyasal dönüşüm nedeniyle SO_2 daha da azalmıştır. Yine toplam ve toplam ıslak çökeltmedeki değişim nispeten küçük olduğundan net etki ihmal edilebilir durumdadır.

Bu üç çalıştırma göstermiştir ki, birincil $\text{SO}_4^{=}$ kesri geniş bir aralıkta değiştiğinde, toplam çökeltme etkilenmemiş, ancak çöken SO_2 ve $\text{SO}_4^{=}$ bileşenleri değişmiştir. % 0, % 10 ve % 60 durumları, % 30 birincil $\text{SO}_4^{=}$ durumları ile karşılaştırıldığında son derece geniş bir aralık içermektedir, bunlardan birinin seçimiyle büyük hatalar yapılması söz konusu değildir. Bu nedenle, bu çalışmada birincil $\text{SO}_4^{=}$ 'ün başlangıç kesri için % 30 değeri sonraki çalıştırmalar için temel olarak alınmıştır.

4.1.1.2. SO_2 'nin dönüşüm hızı için duyarlılık çalışmaları (Ç5-Ç7)

Daha önceki çalışmalarda SO_2 'nin $\text{SO}_4^{=}$ 'e dönüşüm hızının % 0,3 ile 3 sa^{-1} aralığında olduğu gösterilmiştir [29]. Modelin ilk uygulamalarında, % 1 sa^{-1} dönüşüm hızı kabul edilmiştir [21; 27]. Bu üç duyarlılık testi % 0,1, % 5 ve %10 sa^{-1} dönüşüm hızları esas alınarak yapılmıştır. Temel durumdan yüzde değişimler, uzaklığın bir fonksiyonu olarak Şekil 4.4-4.6 da verilmiştir.

Şekil 4.4'den de görüleceği gibi SO_2 'den $\text{SO}_4^{=}$ 'e dönüşüm hızı, % 1'den % 0,1'e azaldığında, SO_2 'ye bağlı parametrelerde temel duruma göre artış olmuştur. Diğer taraftan $\text{SO}_4^{=}$ 'e bağlı parametre değerlerinde azalma olmuştur. Toplam ve toplam ıslak çökeltmede değişimler sırasıyla % 5 ve % 15 dir ki bu değişim çok fazla değildir.

Dönüşüm hızının % 5 sa^{-1} olduğu durumlarda, bu haliyle dönüşüm hızı temel durum olarak tanımlanandan 5 kat daha fazladır, Şekil 4.5'den görüldüğü gibi, toplam ve toplam ıslak çökeltmedeki değişim sırasıyla % 20 ve % 40'a kadar artmıştır. $\text{SO}_4^{=}$ 'ün yer seviyesi derişimi, kaynak yakınında % 20 artmış ve kaynaktan uzaklaştıkça SO_2 , $\text{SO}_4^{=}$ 'e dönüşeceğinden dolayı bu artış % 100'e kadar çıkmıştır. SO_2 'ye bağlı parametreler

kaynak yakınında % 20 civarında azalmış ve kaynaktan uzaklaştıkça bu azalış % 100'e kadar devam etmiştir.

Dönüşüm hızının % 10 sa^{-1} olduğu durumlarda, bu haliyle dönüşüm hızı temel durum olarak tanımlanandan 10 kat daha fazladır, Şekil 4.6'dan görüldüğü gibi, toplam ve toplam ıslak çökeltmedeki değişim kaynak yakınlığında ihmal edilecek durumda olup kaynaktan uzaklaştıkça sırasıyla % 40 ve % 50'e kadar artmıştır. Beklenildiği gibi, $\text{SO}_4^{=}$ 'e bağlı parametreler arttığında, SO_2 'e bağlı parametreler azalmıştır. SO_2 'ye bağlı parametrelerdeki yüzde azalış, $\text{SO}_4^{=}$ 'e bağlı parametrelerde yüzde artıştan daha azdır.

Görüldüğü gibi, dönüşüm hızındaki değişikliğin toplam çökeltme ifadesini fazla etkilemeyeceği gözlenmiştir. Bununla beraber, SO_2 ve $\text{SO}_4^{=}$ çökelmeleri ve yer seviyesi derişimleri veri tabanına göre % 100 ve % 150 arasında değişmiştir. Bu nedenle, sonraki çalışmalarda, % 1 sa^{-1} dönüşüm hızı temel olarak alınmıştır.

4.1.1.3. Kuru çökeltme hızı için duyarlılık çalışmaları (Ç8-Ç9)

Kuru çökeltme miktarı doğrudan kuru çökeltme hızına bağlıdır. Sonuç olarak, kuru çökeltme hızının belirlenmesi oldukça önemlidir. Kuru çökeltme hızı için değerler 0,04 ve 7,5 cm/s aralığında değişir [30]. Kuru çökeltme hızı 0,1 ve 1 cm/s olacak şekilde iki set duyarlılık testi yapılmıştır. Temel durum ile karşılaştırma Şekil 4.7 ve 4.8'de verilmiştir.

Kuru çökeltme hızındaki beş katlık bir azalma, 0,1 m/sn, tüm model çıktı parametrelerinde önemli bir değişime neden olmuştur. Şekil 4.7'den de görüleceği gibi, ilk etki, SO_2 'nin kuru çökeltmesinde önemli bir düşüş şeklinde olmuştur. Düşük çökeltme hızından dolayı, SO_2 'nin yer seviyesi derişimi % 170 civarında artmıştır.

Şekil 4.8'den görüleceği gibi, SO_2 'nin kuru çökeltme hızı iki katına çıkarıldığında kaynağa yakın çevredeki gridlerde SO_2 'nin kuru çökeltmesinde yaklaşık % 80'lik bir artış meydana gelmiştir. Ancak, kaynak etrafında SO_2 'nin çoğu çöktüğü ve çökeltme için daha az SO_2 ortamda olduğu için mesafeyle temel durumdan sapma yavaş yavaş azalır. SO_2 'nin kuru çökeltme hızındaki artış, yer seviyesi derişimlerinde ve SO_2 'nin ıslak çökeltmesinde keskin bir azalışla sonuçlanır. Daha büyük SO_2 çökeltme hızları $\text{SO}_4^{=}$ 'e bağlı parametrelerin azalmasına neden olur.

Kuru çökelme hızı $0,1 \text{ cm.s}^{-1}$ olduğunda tüm parametrelerde yüzde değişim kuru çökelme hızı 1 cm.s^{-1} olandan daha büyüktür. Sonraki testler için kuru çökelme hızı $0,5 \text{ cm.s}^{-1}$ olarak alınmıştır.

4.1.1.4. Süpürülme hızı için duyarlılık çalışmaları (Ç10-Ç11)

Modelin önceki yaklaşımlarında süpürme hızı 10^{-4} s^{-1} olarak alınmıştı [16; 18; 21; 26; 27]. Bu iki duyarlılık çalışmasında, SO_2 ve $\text{SO}_4^{=}$ ’ün her ikisi için 10^{-3} ve 10^{-5} s^{-1} süpürülme hızları kullanılmıştır. Veri tabanı ile karşılaştırılmış çökelmeler ve yer seviyesi derişimleri Şekil 4.9 ve 4.10’da verilmiştir.

Her iki bileşen için süpürme hızı 10^{-3} alındığında, Şekil 4.9’dan görüleceği üzere toplam çökelme, toplam ıslak çökelme, ıslak SO_2 çökmesi ve toplam SO_2 çökmesi kaynağa yakın yerlerde yaklaşık % 40 ile % 70 arasında bir artış göstermiş ve mesafeyle bu değişim % 100’e kadar azalmıştır. SO_2 ve $\text{SO}_4^{=}$ yerseviyesi derişimleri kaynak yakınlarında sırasıyla % 20 ve % 30’a kadar azalmış ve mesafeyle bu azalma devam ederek % 90’a ulaşmıştır.

Her iki bileşen için süpürme hızı 10^{-5} s^{-1} ’e değiştirildiğinde, Şekil 4.10’dan görüleceği üzere SO_2 , $\text{SO}_4^{=}$ yerseviyesi derişimleri ve kuru SO_2 çökmesi kaynağa yakın yerlerde % 30 civarında artmış ve mesafeyle bu değişim sırasıyla % 400, % 750 ve % 450’e kadar artmıştır. Toplam çökelme, toplam ıslak çökelme toplam ıslak SO_2 ve $\text{SO}_4^{=}$ çökmesi ve toplam SO_2 ve $\text{SO}_4^{=}$ çökmesi kaynağa yakın yerlerde yaklaşık % 50 ile % 100 arasında azalmış ve bu fark mesafeyle artış göstermiştir.

Sonuç olarak, süpürülme hızlarındaki bu değişiklikler tüm model çıktı parametrelerinde dikkate değer bir değişiklik göstermiş ve sonraki çalıştırmalar için süpürülme hızı 10^{-4} sn^{-1} olarak alınmıştır.

4.1.1.5. Baca yüksekliği için duyarlılık çalışmaları (Ç12-Ç13)

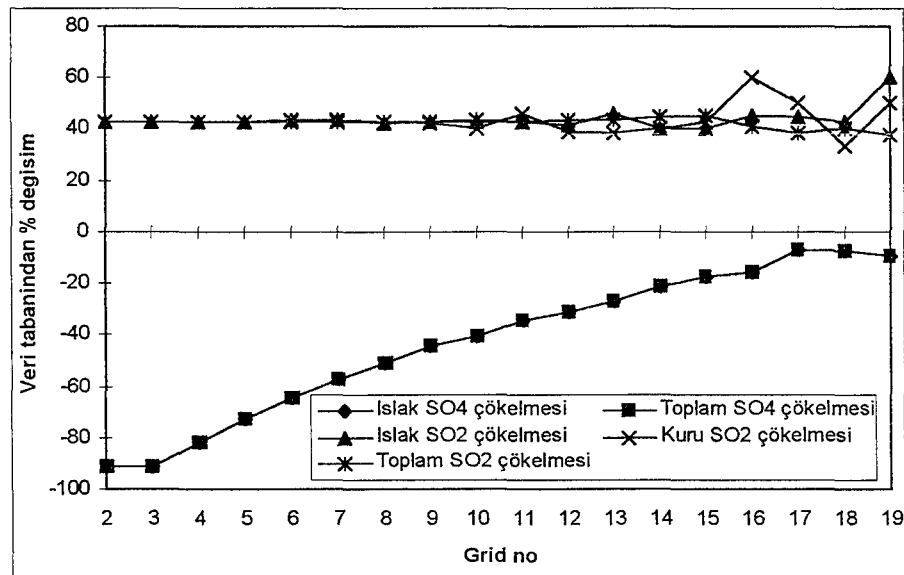
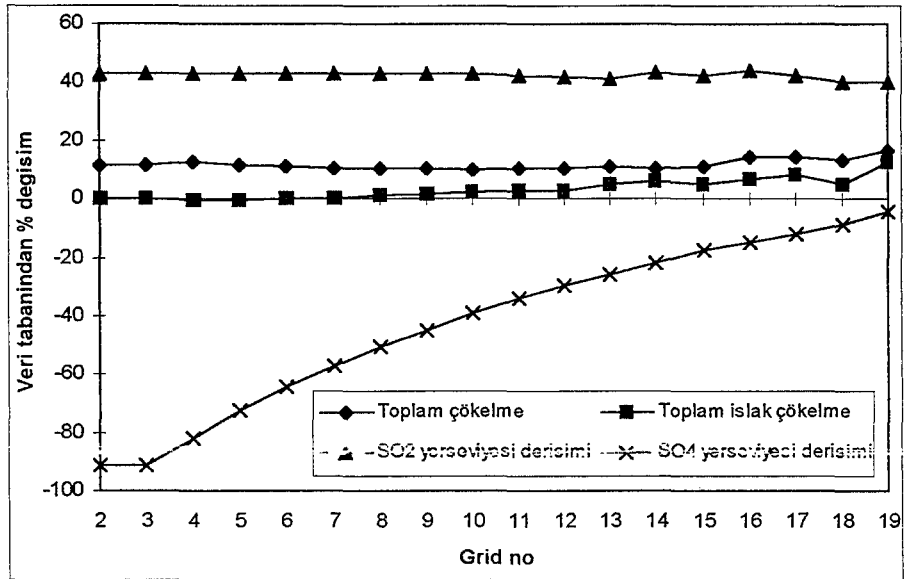
Uzun dönemli taşınım modellerinde etkin baca yüksekliği önemli bir parametredir. Çünkü etkin baca yüksekliği yüksek derecedeki kirleticilerin atmosfere nasıl deşarj edildiğini tayin eder. Etkin baca yüksekliği, baca çıkış hızı, baca çıkış

sıcaklığı, çevre sıcaklığı ve rüzgar hızı gibi bir çok parametreye bağlıdır, bu yüzden sabit değildir.

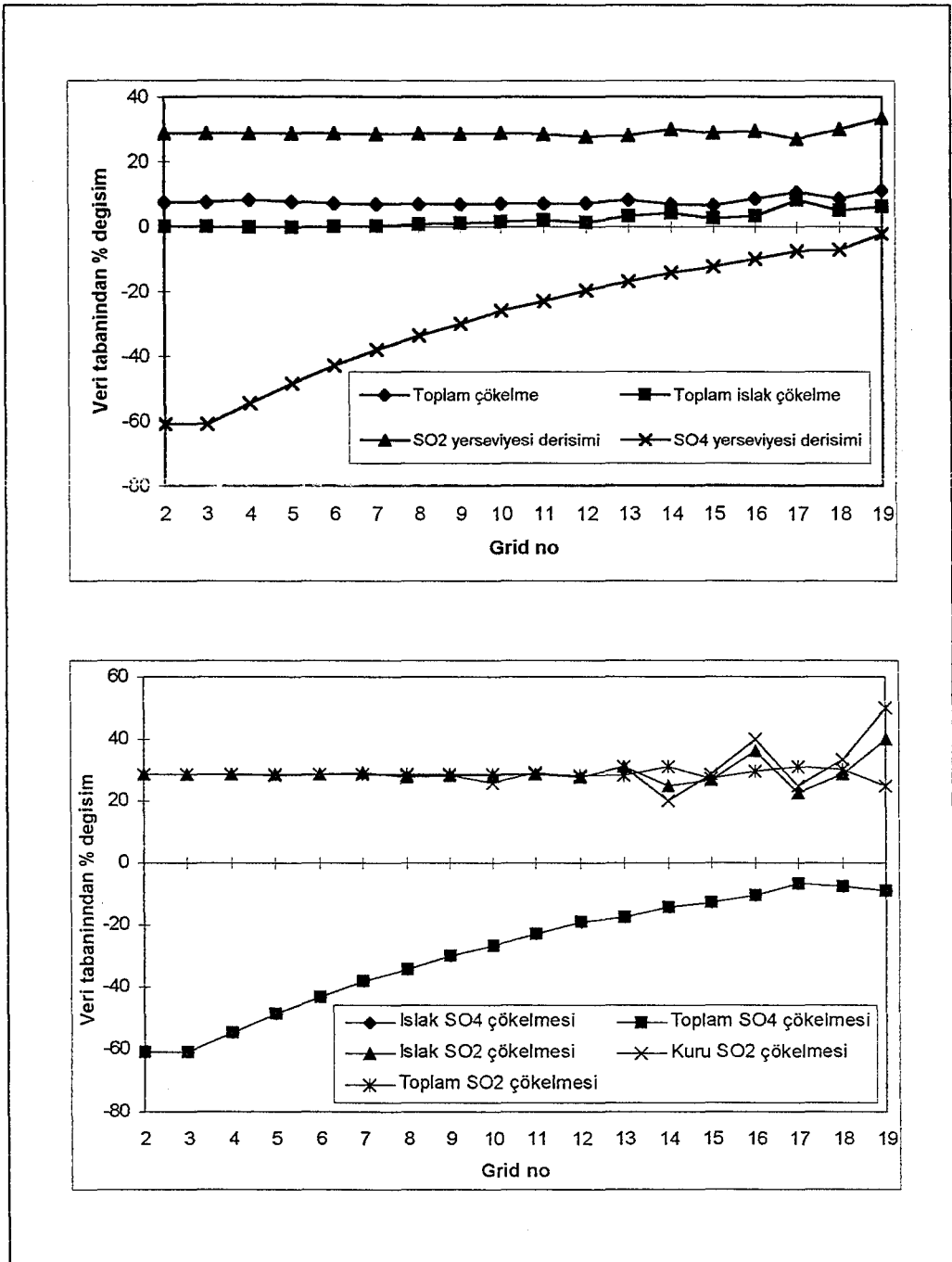
Etkin baca yüksekliğinin değiştirildiğindeki etkilerini görebilmek için, 200 ve 600 m baca yüksekliklerinde iki çalışma yapılmıştır. Şekil 4.11 ve 4.12 bu iki çalıştırmanın temel durumdan farklılıklarını göstermektedir.

Etkin baca yüksekliği temel durumda 200 metreye indirildiğinde, kesirsel değişimler diğer çalıştırmalara göre daha küçüktür. Kaynak seviyeleri düşük olduğundan, kaynağın bulunduğu gride SO_2 'nin yer seviyesi derişimi ve çökelme değerinin oldukça yüksek olduğu gözlenmiştir. Diğer yandan, $SO_4^{=}$ yer seviyesi derişimi yaklaşık olarak temel durumla benzerlik göstermiştir. Uzaklıkla SO_2 azalacağından SO_2 'nin yer seviyesi derişimi ve çökmesi uzaklıkla % 15 civarında azalmıştır. $SO_4^{=}$ 'e bağlı parametreler ise yavaşça azalmış ve sabit bir değere ulaşmıştır. Toplam çökelme kaynak bölgesi yakınında % 20'e kadar yükselmiş ve mesafeyle bu değişim azalmıştır.

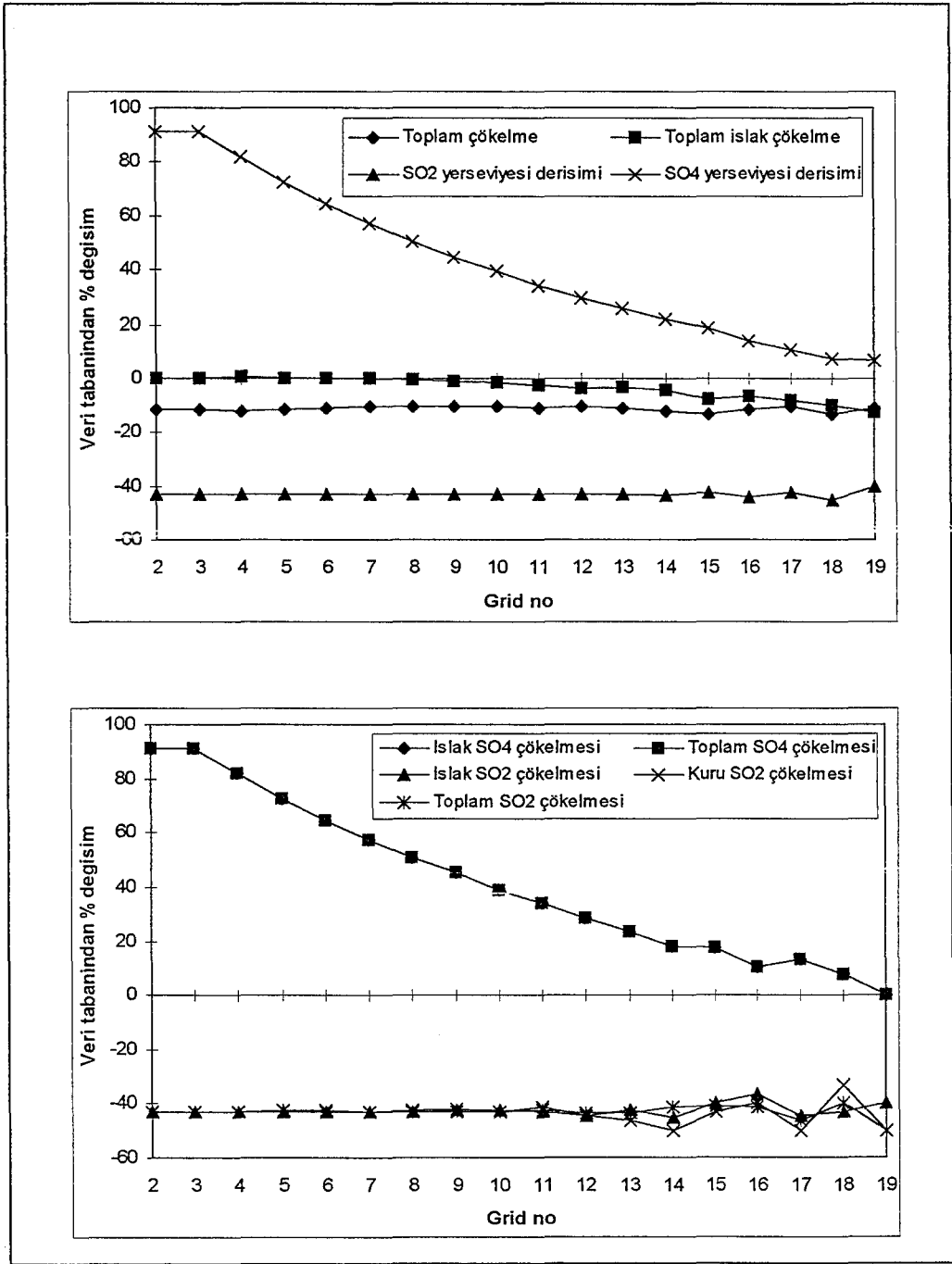
Etkin baca yüksekliği 600 metreye çıkarıldığında, kaynak yakınında bütün parametrelerde azalma gözlenmiş ve bu azalma kaynaktan uzaklaştıkça azalmıştır.



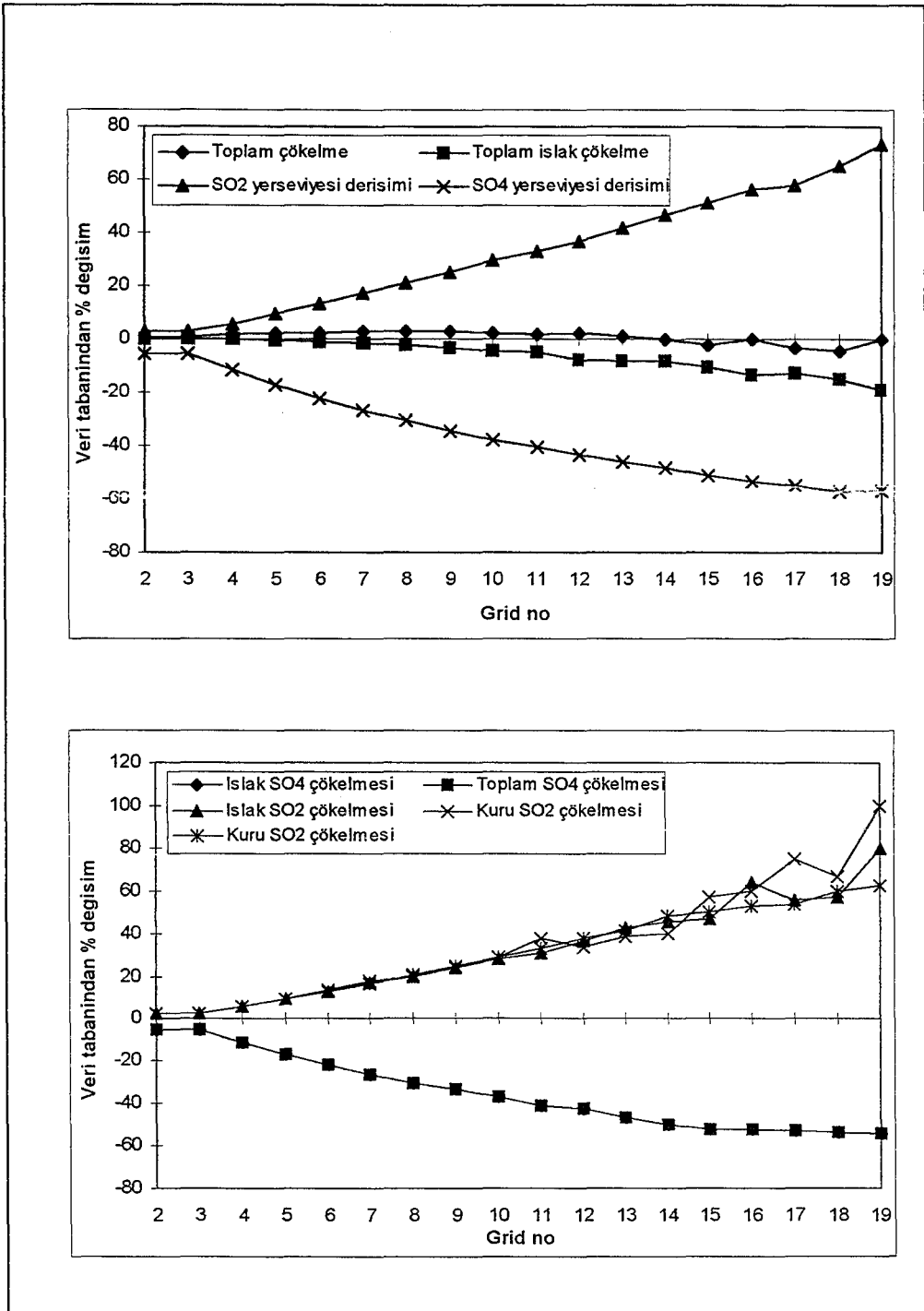
Şekil 4. 1. SO₄'ün başlangıç kesri için duyarlılık testi 1



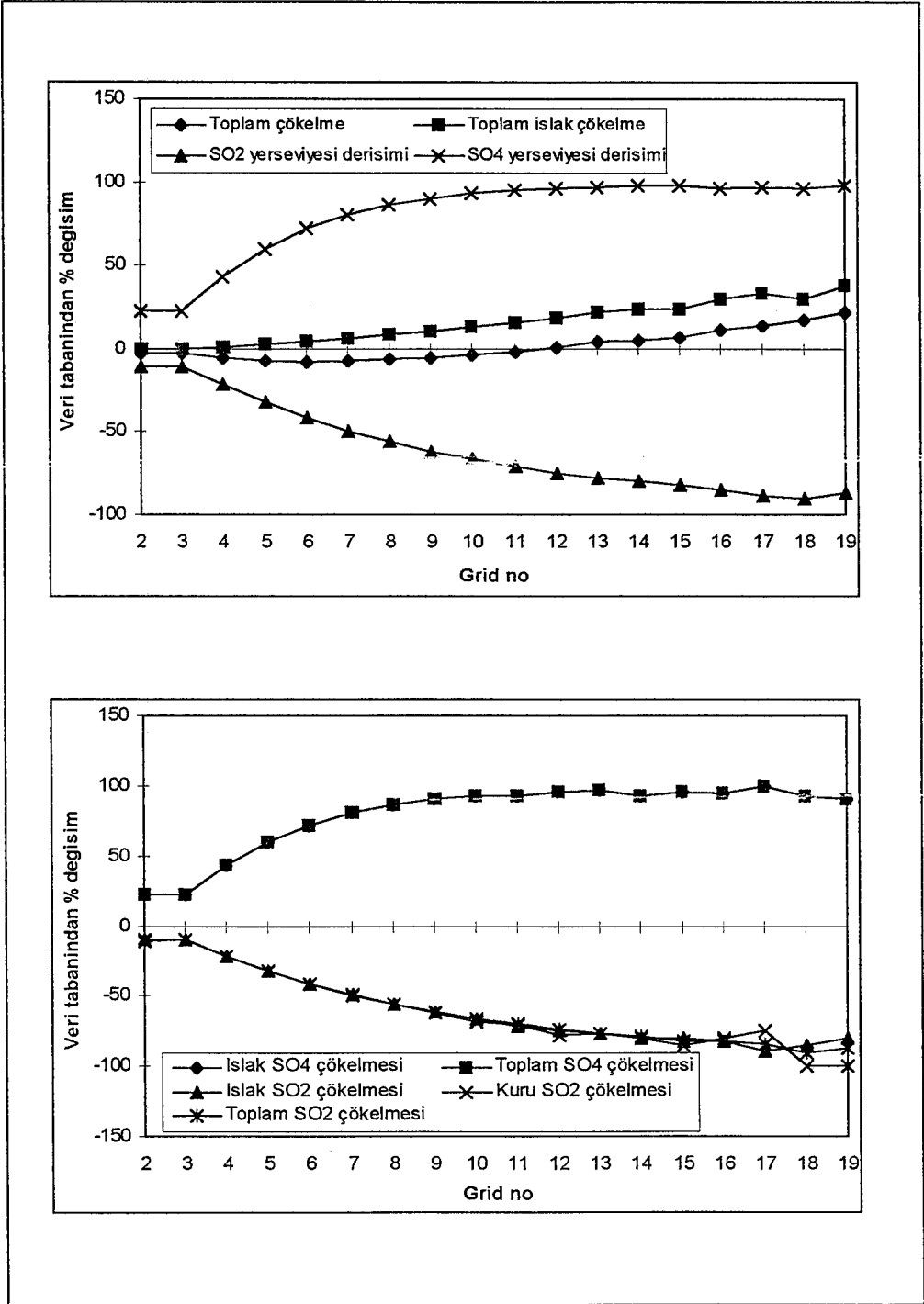
Şekil 4. 2. SO_4^{2-} 'ün başlangıç kesri için duyarlılık testi 2



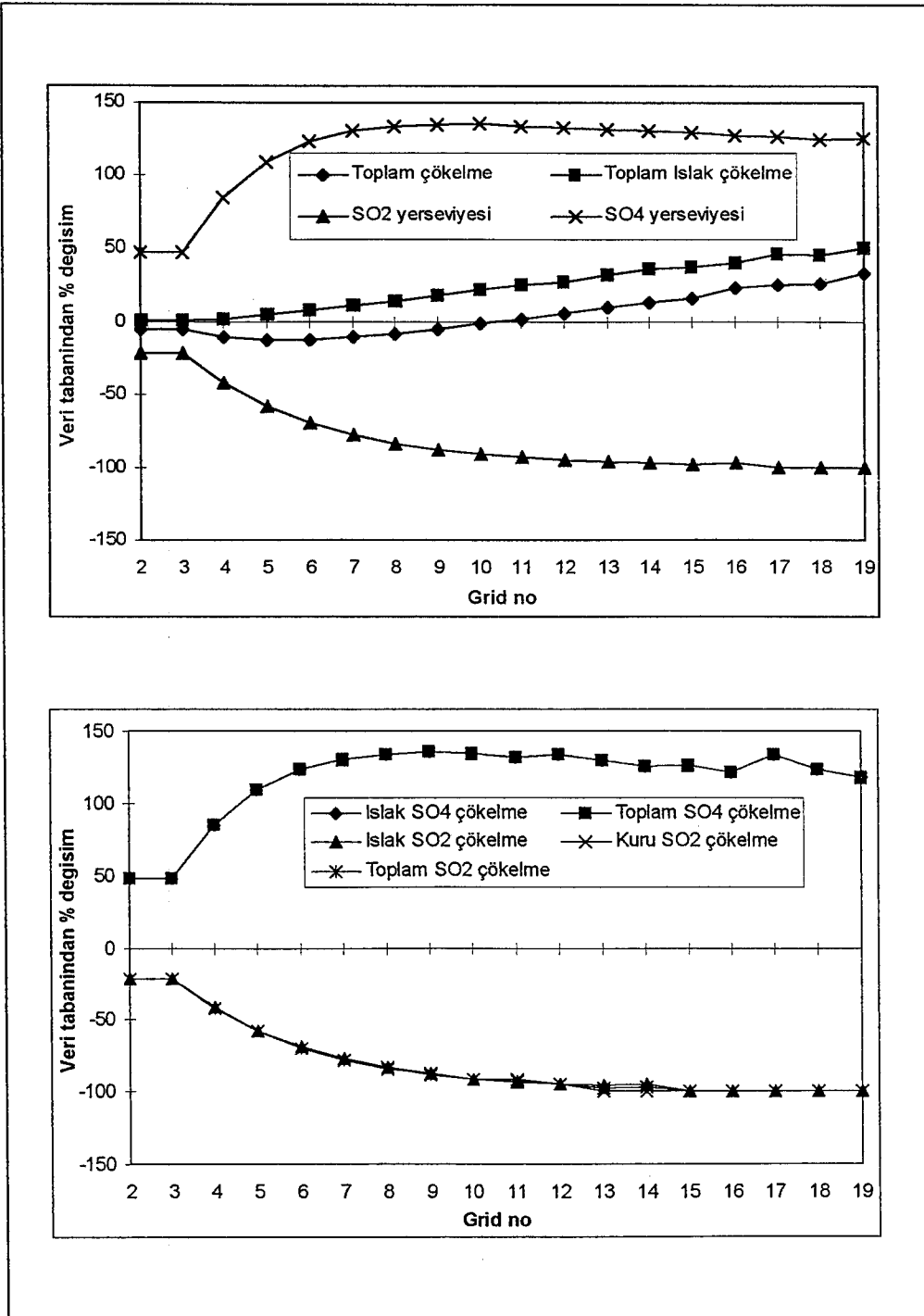
Şekil 4. 3. SO₄'ün başlangıç kesri için duyarlılık testi 3



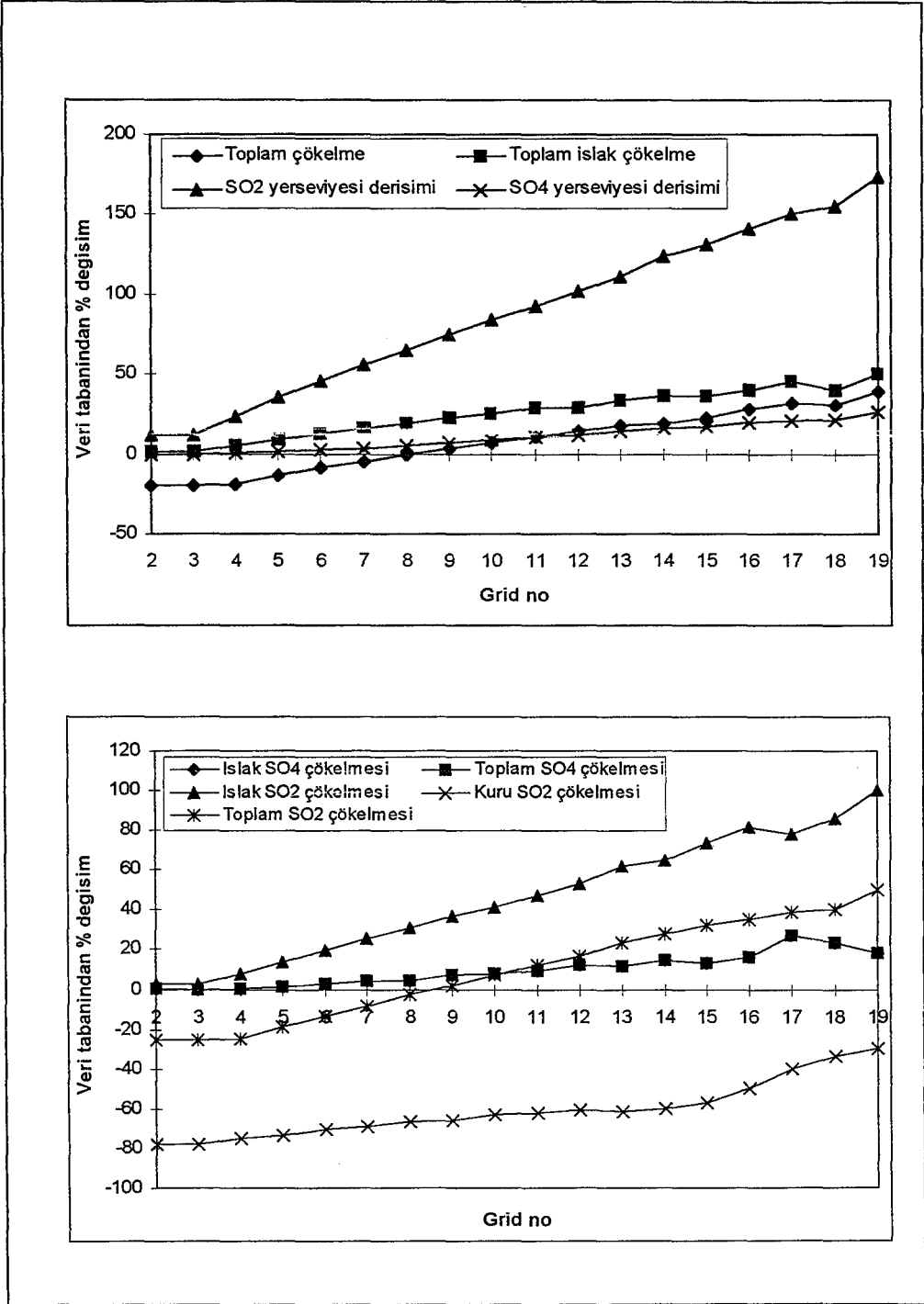
Şekil 4.4. SO₂'nin SO₄'e dönüşüm hızı için duyarlılık testi 1



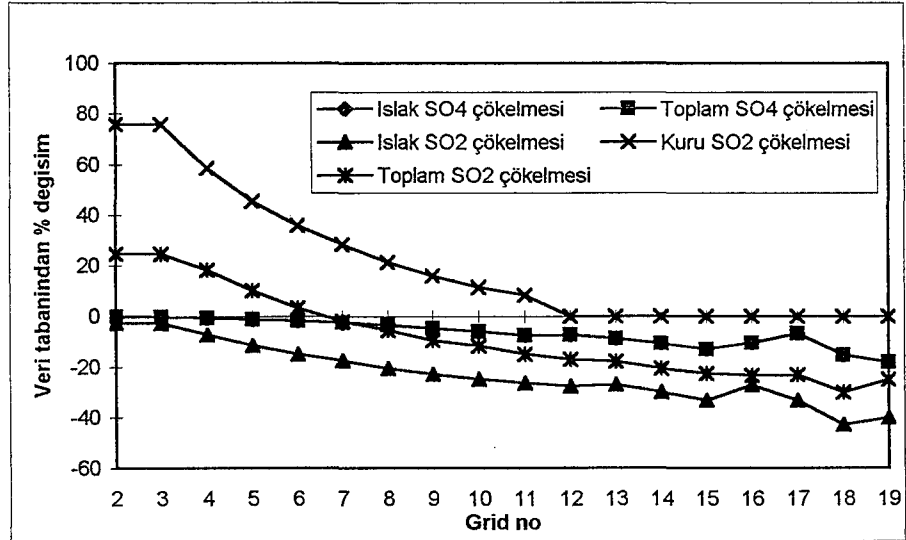
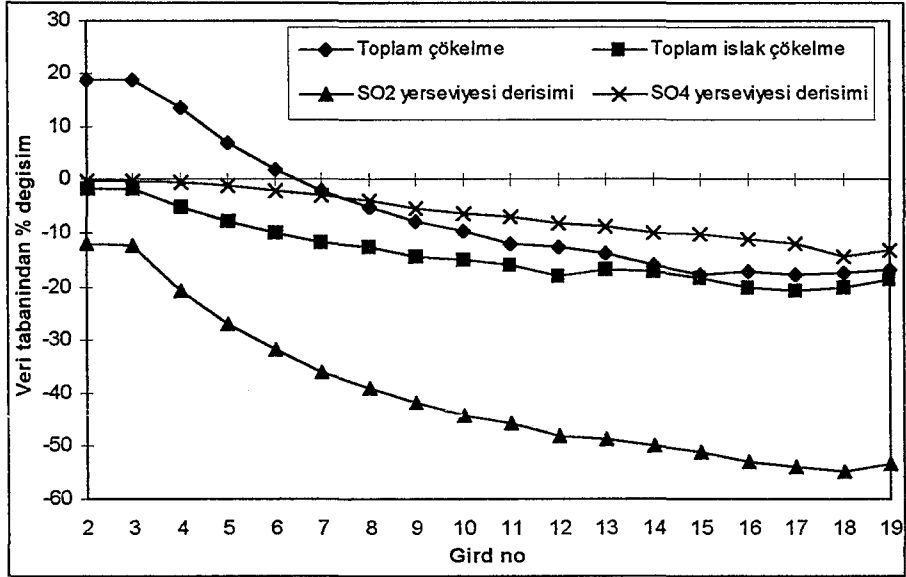
Şekil 4.5. SO₂'nin SO₄'e dönüşüm hızı için duyarlılık testi 2



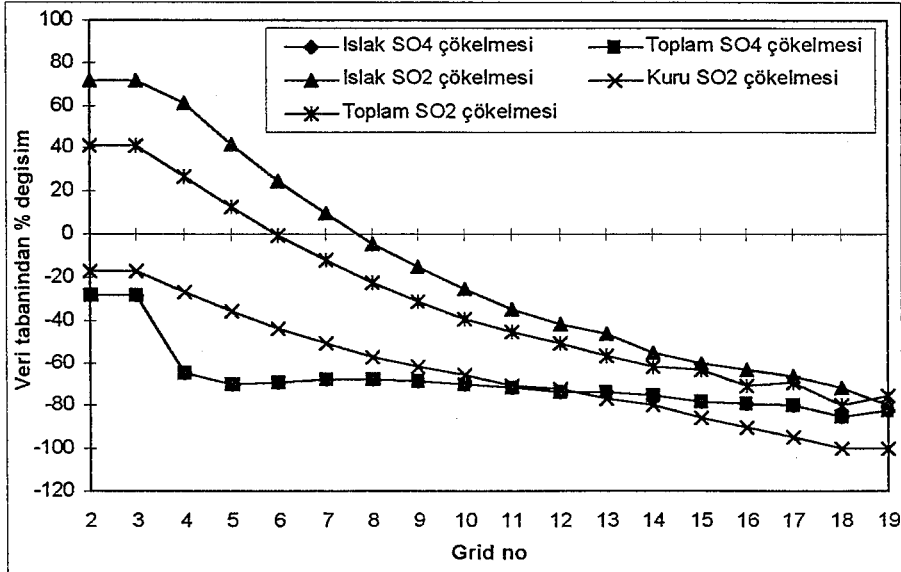
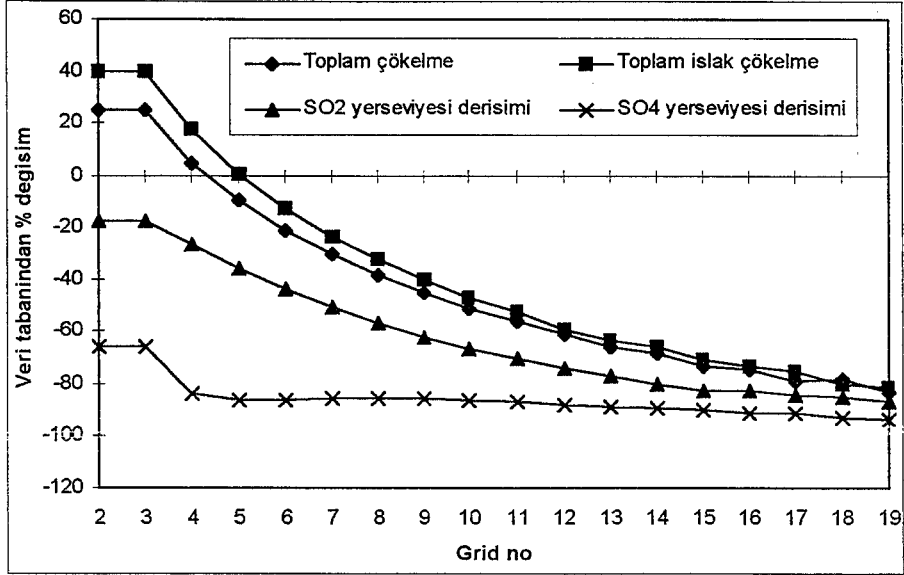
Şekil 4.6. SO₂'nin SO₄'e dönüşüm hızı için duyarlılık testi 3



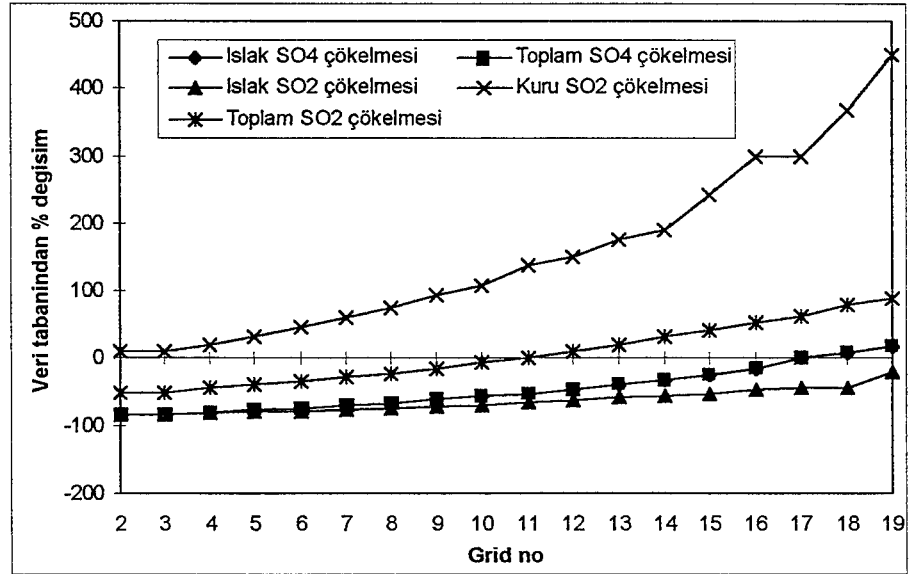
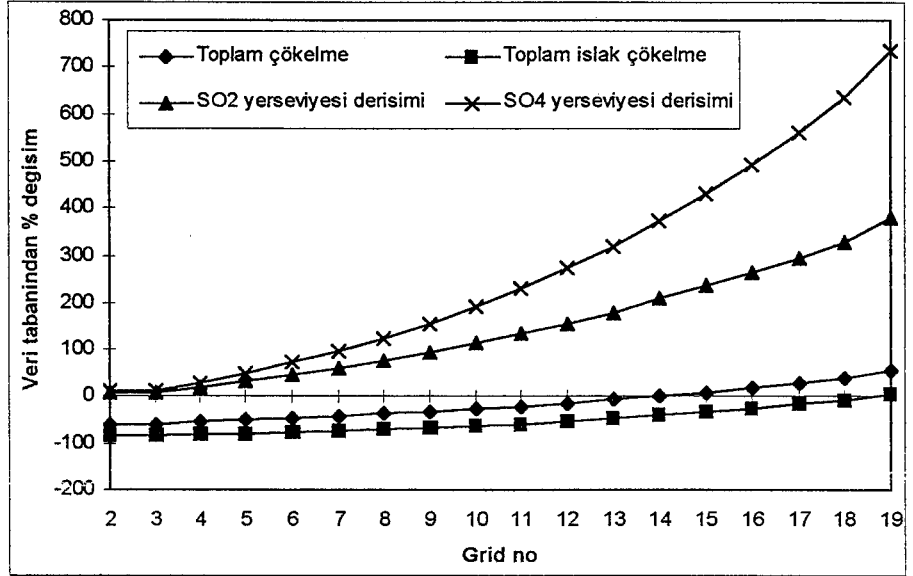
Şekil 4. 7. SO_2 ve SO_4 'ün çökeltme hızları için duyarlılık testi 1



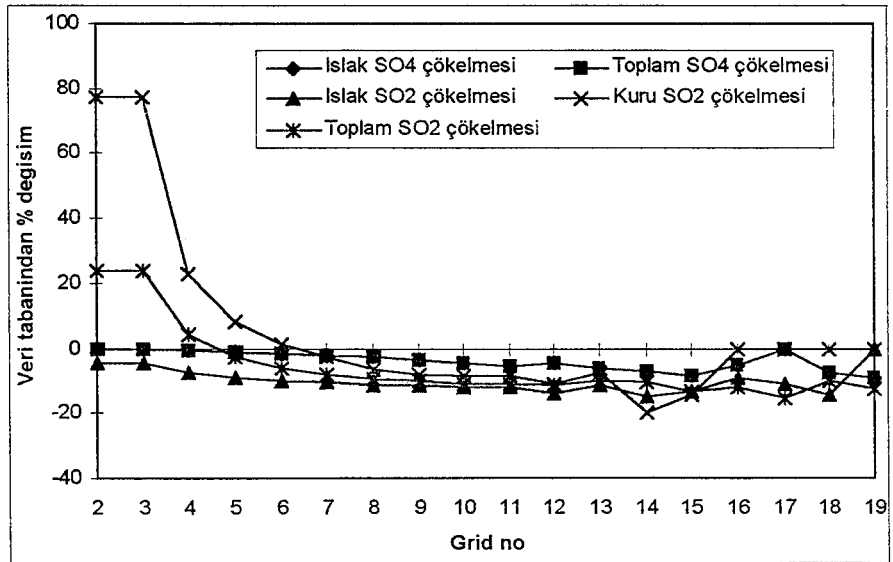
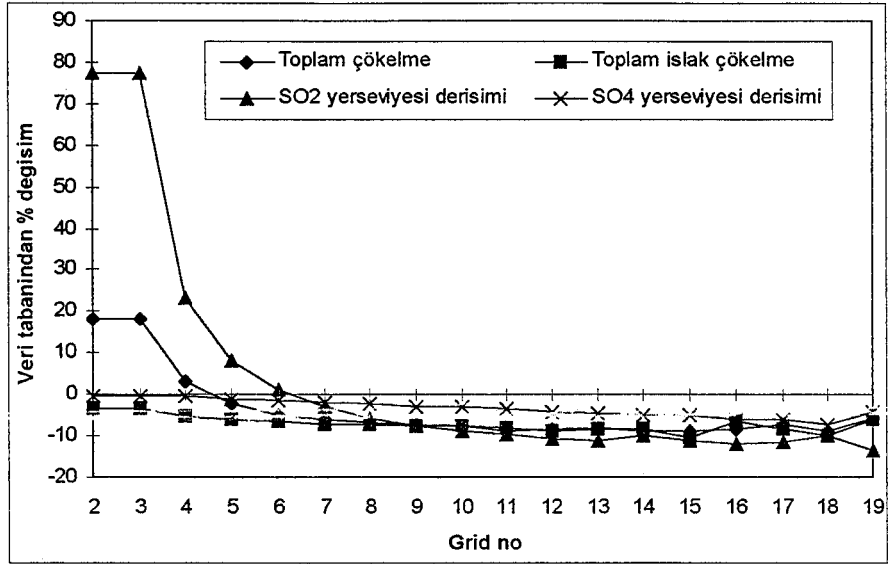
Şekil 4. 8. SO_2 ve SO_4 'ün çökeltme hızları için duyarlılık testi 2



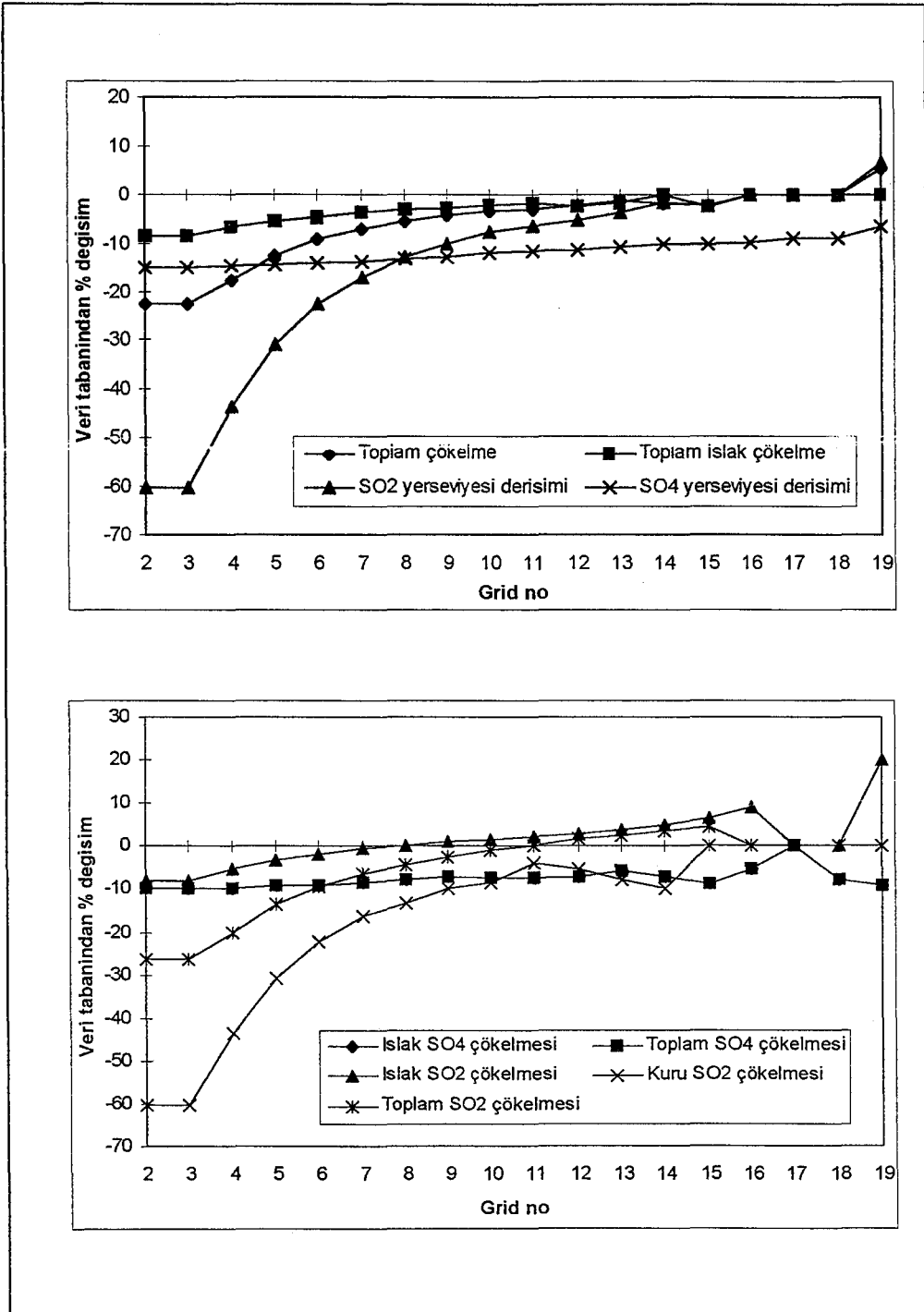
Şekil 4. 9. SO₂ ve SO₄'ün süpürülme hızları için duyarlılık testi 1



Şekil 4.10. SO_2 ve SO_4 'ün süpürülme hızları için duyarlılık testi 2



Şekil 4. 11. Etkin baca yüksekliği için duyarlılık testi 1



Şekil 4. 12. Etkin baca yüksekliği için duyarlılık testi 2

Çizelge 4.3. Tek kaynak testi için model duyarlılık özeti

Çalışma	Parametre Değişikliği	Duyarlılık							
		Kaynağa Yakın Bölgeler				Kaynağa Uzak Bölgeler			
		Toplam Çökelme	Toplam Islak Çökelme	SO ₂ yer seviyesi derişimi	SO ₄ yer seviyesi derişimi	Toplam Çökelme	Toplam Islak Çökelme	SO ₂ yer seviyesi derişimi	SO ₄ yer seviyesi derişimi
Ç2	SO ₄ ²⁻ 'ün başlangıç kesri = 0,0	↑	↑	↑	↓	↓	↓	↑	↓
Ç3	SO ₄ ²⁻ 'ün başlangıç kesri = 0,1	İhmal	İhmal	↑	↓	İhmal	İhmal	↑	İhmal
Ç4	SO ₄ ²⁻ 'ün başlangıç kesri = 0,6	↓	↑	↓	↑	↑	↑	↓	↑
Ç5	Dönüşüm hızı = % 0,1 sa ⁻¹	İhmal	İhmal	İhmal	İhmal	İhmal	İhmal	↑	↓
Ç6	Dönüşüm hızı = % 5 sa ⁻¹	İhmal	İhmal	↓	↑	↑	↑	↓	↑
Ç7	Dönüşüm hızı = % 10 sa ⁻¹	İhmal	İhmal	↓	↑	↑	↑	↓	↑
Ç8	Çökelme hızı = 0,1 cm/sn	İhmal	İhmal	↑	İhmal	İhmal	İhmal	↑	İhmal
Ç9	Çökelme hızı = 1,0 cm/sn	↑	İhmal	↓	İhmal	↓	↓	↓	↓
Ç10	Süpürölme hızı = 10 ⁻³ sn ⁻¹	↑	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Ç11	Süpürölme hızı = 10 ⁻⁵ sn ⁻¹	↓	↓	İhmal	İhmal	↑	↑	↑	↑
Ç12	Etkin baca yüksekliği = 200 m	↑	İhmal	↑	İhmal	↓	İhmal	↓	İhmal
Ç13	Etkin baca yüksekliği = 600 m	↓	İhmal	↓	İhmal	İhmal	İhmal	İhmal	İhmal

4.2. Modelin Türkiye Üzerindeki Kükürt Çökmesinin Tayini İçin Uygulanması

Parametrelerin optimizasyonundan sonra, model Türkiye üzerinde 1995 ve 1996 yıllarındaki kükürt çökmesini tayin etmek amacıyla uygulanmıştır. Bu uygulamada, Türkiye'deki termik santrallerin emisyonları girdi dosyasında kullanılmış ve program çalıştırılmıştır. Herbir griddeki derişimler ve çökme değerleri Çizelge 4.4 ve 4.5'de verilmiştir.

Toplam, toplam ıslak, ıslak SO_2 , ıslak $\text{SO}_4^{=}$, kuru SO_2 , toplam SO_2 ve toplam $\text{SO}_4^{=}$ çökelmeleri ile SO_2 ve $\text{SO}_4^{=}$ 'ün yer seviyesi derişimleri programın çıktılarıdır. Çökme değerleri SO_2 eşdeğerinde g.m^{-2} ve derişim değerleri yine SO_2 eşdeğerinde $\mu\text{g.m}^{-3}$ birimiyle verilmiştir.

Çizelge 4.4'den görülebileceği üzere, 1995 yılı için maksimum toplam çökme Afşin-Elbistan termik santralının bulunduğu grid yakınındaki (7,13) koordinatlı gridde meydana gelmiştir. Bu griddeki maksimum toplam çökme, SO_2 eşdeğeri olarak $2,907 \text{ g.m}^{-2}$, ve Çizelge 4.5'den görüleceği üzere 1996 yılı için maksimum toplam çökme değeri termik santrallerinin büyük bir çoğunluğunun etrafında bulunduğu (5,4) koordinatlı gridde meydana gelmiştir. Buradaki maksimum toplam çökme ise SO_2 eşdeğeri olarak $4,607 \text{ g.m}^{-2}$ dir.

Çizelge 4.4 ve 4.5'de verilen çökme ve derişim değerleri SURFER (Golden Software Inc.) olarak isimlendirilen bir paket program kullanılarak eş dağılım yükselti eğrilerine dönüştürülmüş ve sırasıyla Şekil 4.13, 4.13a, 4.28, 4.28a'da verilmiştir.

SO_2 eş değeri olarak 1995 ve 1996 yılları için toplam çökme eş dağılım ve üç boyutlu yükselti eğrileri Şekil 4.13-13a ve Şekil 14-14a da verilmiştir. Maksimum eş yükselti, 1995 yılı için (7,13) koordinatlı gridde olup değeri 29 kg.ha^{-1} dir. 1996 yılı için ise (5,4) koordinatlı gridde olup değeri 46 kg.ha^{-1} dir. Minumum eş yükselti, Doğu karadeniz ve Doğu Anadolu bölgesin de olup 1995 ve 1996 yılı için değeri 2 kg.ha^{-1} dir.

1995 ve 1996 yılları için toplam ıslak çökme eş dağılım ve üç boyutlu eş yükselti egrisi sırasıyla Şekil 4.15-15a ve Şekil 4.16-16a'da verilmiştir. Aynı şekilde maksimum eş yükselti, 1995 yılı için (7,13) gridinde olup değeri 11 kg.ha^{-1} dir. 1996 yılı için ise (5,4) koordinatlı gridde olup 34 kg.ha^{-1} değere sahiptir. Minumum eş yükselti

1995 yılı için Karadeniz ve Doğu Anadolu bölgesinde olup değeri 1 kg.ha^{-1} dir. 1996 yılı için ise Doğu Anadolu bölgesinde olup değeri 2 kg.ha^{-1} dir.

1995 ve 1996 yılları için kg.ha^{-1} SO_2 eşdeğeri cinsinden toplam $\text{SO}_4^{=}$ çökmesi Şekil 4.17-17a ve Şekil 4.18-18a'da verilmiştir. Maksimum eş yükselti değeri 1995 yılı için (7,13) koordinatlı gridde olup değeri 4 kg.ha^{-1} dir. 1996 yılı için ise (5,4) koordinatlı gridde olup değeri 11 kg.ha^{-1} dir. Minimum eş yükselti değeri 1995 yılı için $0,4 \text{ kg.ha}^{-1}$ iken 1996 yılı için 1 kg.ha^{-1} olarak bulunmuştur.

1995 ve 1996 yılları için SO_2 eşdeğeri cinsinden ıslak SO_2 çökme eş dağılım ve üç boyutlu eş yükselti eğrileri sırasıyla Şekil 4.19 19a ve Şekil 4.20-20a'da verilmiştir. Maksimum eş yükselti değeri, 1995 yılı için yine (7,13) koordinatlı gridde olup değeri 7 kg.ha^{-1} dir. 1996 yılı için ise (5,4) koordinatlı gridde olup değeri 22 kg.ha^{-1} dir. Minimum eş yükselti, 1995 yılı için $0,5 \text{ kg.ha}^{-1}$ dir 1996 yılı için ise 2 kg.ha^{-1} değerine sahiptir.

1995 ve 1996 yılları için SO_2 eşdeğeri cinsinden kuru SO_2 çökme eş dağılım ve üç boyutlu eş yükselti eğrileri sırasıyla Şekil 4.21-21a ve Şekil 4.22-22a'da verilmiştir. Maksimum eş yükselti, 1995 yılı için (7,13) koordinatlı gridde olup değeri 16 kg.ha^{-1} dir. 1996 yılı için ise yine (7,13) koordinatlı gridde olup 12 kg.ha^{-1} değerine sahiptir. Minimum eş yükselti değerleri 1995 ve 1996 yılları için 1 kg.ha^{-1} dir.

1995 ve 1996 yılları için SO_2 eşdeğeri cinsinden toplam SO_2 çökme eş dağılım ve üç boyutlu eş yükselti eğrileri sırasıyla Şekil 4.23-23a ve Şekil 4.24-24a'da verilmiştir. Maksimum eş yükselti eğrisi 1995 yılı için (7,13) koordinatlı gridde olup değeri 22 kg.ha^{-1} iken minimum eş yükselti eğrisi Kara Deniz ve Doğu Anadolu bölgesinde olup değeri 2 kg.ha^{-1} dir. 1996 yılı için maksimum eş yükselti eğrisi (5,4) koordinatlı gridde olup değeri 32 kg.ha^{-1} iken minimum eş yükselti Orta ve Doğu Karadeniz ile Doğu Anadolu bölgesinde olup değeri 2 kg.ha^{-1} dir.

SO_2 'nin yer seviyesi derişimlerini gösteren eş dağılım ve üç boyutlu eş yükselti eğrileri sırasıyla Şekil 4.25-25a ve Şekil 4.26-26a'da verilmiştir. SO_2 'nin maksimum yer seviyesi derişimi, 1995 yılı için (7,13) koordinatlı gridde olup değeri $10,5 \mu\text{g.m}^{-3}$ iken minimum yer seviyesi derişimi Kara Deniz ve Doğu Anadolu bölgesinde olup değeri $0,5 \mu\text{g.m}^{-3}$ dür. 1996 yılı için ise SO_2 'nin maksimum yer seviyesi derişimi (5,4) koordinatlı

Çizelge 4.4. Türkiye üzerindeki 1995 yılı için SO₂ ve SO₄'ün çökeltme ve derişim değerleri

FISHER STATISTICAL LONG RANGE TRANSPORT MODEL
TÜRKİYE ÜZERİNDEKİ SO₂ VE SO₄ ÇÖKELMELERİ
ANADOLU ÜNİVERSİTESİ- ESKİŞEHİR

TÜM ÇIKTILAR SO ₂ EŞDEĞERİNDEDİR											
Grid no X	Y	Toplam çökeltme g/m ²	Toplam ıslak çök. g/m ²	SO ₂ YSD µg/m ³	SO ₄ YSD µg/m ³	Islak SO ₄ çökeltmesi g/m ²	Kuru SO ₄ çökeltmesi g/m ²	Toplam SO ₄ çökeltmesi g/m ²	Islak SO ₂ çökeltmesi g/m ²	Kuru SO ₂ çökeltmesi g/m ²	Toplam SO ₂ çökeltmesi g/m ²
1	1	.177	.091	.545	.742	.046	.000	.046	.045	.086	.131
1	2	.192	.093	.624	.779	.046	.000	.046	.047	.098	.145
1	3	.182	.084	.623	.700	.041	.000	.041	.043	.098	.142
1	4	.172	.079	.588	.641	.038	.000	.038	.041	.093	.134
1	5	.124	.059	.409	.496	.030	.000	.030	.030	.064	.094
1	6	.133	.065	.434	.528	.032	.000	.032	.033	.069	.101
1	7	.129	.064	.414	.529	.032	.000	.032	.032	.065	.097
1	8	.137	.069	.431	.583	.035	.000	.035	.034	.068	.102
1	9	.122	.064	.371	.500	.032	.000	.032	.032	.058	.090
1	10	.123	.065	.371	.502	.033	.000	.033	.032	.059	.091
1	11	.113	.058	.346	.482	.030	.000	.030	.029	.055	.083
1	12	.083	.044	.249	.377	.023	.000	.023	.021	.039	.060
1	13	.078	.041	.232	.365	.022	.000	.022	.019	.037	.056
1	14	.061	.033	.174	.319	.019	.000	.019	.014	.028	.042
1	15	.057	.032	.158	.302	.018	.000	.018	.014	.025	.039
1	16	.048	.028	.130	.274	.017	.000	.017	.011	.021	.032
1	17	.048	.027	.128	.281	.017	.000	.017	.011	.020	.031
1	18	.045	.027	.115	.271	.016	.000	.016	.010	.018	.028
1	19	.038	.023	.093	.245	.015	.000	.015	.008	.015	.023
2	1	.223	.112	.709	.854	.054	.000	.054	.058	.112	.170
2	2	.250	.117	.841	.910	.055	.000	.055	.062	.133	.195
2	3	.293	.130	1.033	.936	.057	.000	.057	.073	.163	.236
2	4	.342	.136	1.309	.970	.056	.000	.056	.079	.206	.286
2	5	.231	.097	.850	.730	.043	.000	.043	.054	.134	.189
2	6	.188	.085	.655	.642	.039	.000	.039	.046	.103	.149
2	7	.181	.084	.613	.656	.040	.000	.040	.044	.097	.141
2	8	.195	.094	.636	.741	.045	.000	.045	.049	.100	.149
2	9	.189	.093	.607	.737	.045	.000	.045	.048	.096	.144
2	10	.167	.084	.524	.630	.040	.000	.040	.044	.083	.126
2	11	.153	.076	.486	.596	.037	.000	.037	.039	.077	.116
2	12	.133	.068	.413	.518	.033	.000	.033	.035	.065	.100
2	13	.099	.051	.308	.442	.026	.000	.026	.024	.049	.073
2	14	.076	.040	.226	.363	.022	.000	.022	.018	.036	.054
2	15	.070	.038	.201	.342	.021	.000	.021	.017	.032	.049
2	16	.067	.036	.192	.347	.021	.000	.021	.016	.030	.046
2	17	.064	.037	.171	.339	.021	.000	.021	.015	.027	.042
2	18	.054	.032	.138	.312	.019	.000	.019	.012	.022	.034
2	19	.048	.029	.118	.304	.019	.000	.019	.010	.019	.029
3	1	.296	.143	.971	1.046	.066	.000	.066	.077	.153	.230
3	2	.394	.183	1.342	1.202	.078	.000	.078	.104	.212	.316
3	3	.448	.191	1.627	1.237	.078	.000	.078	.113	.257	.370
3	4	.611	.237	2.372	1.554	.090	.000	.090	.147	.374	.521

Çizelge 4.4. (Devam) Türkiye üzerindeki 1995 yılı için SO₂ ve SO₄'ün çökeltme ve derişim değerleri

3	5	.689	.253	2.765	1.602	.094	.000	.094	.159	.436	.595
3	6	.377	.155	1.410	1.066	.065	.000	.065	.090	.222	.313
3	7	.314	.137	1.128	1.006	.060	.000	.060	.076	.178	.254
3	8	.295	.131	1.037	.989	.059	.000	.059	.072	.163	.236
3	9	.254	.120	.850	.929	.056	.000	.056	.064	.134	.198
3	10	.265	.126	.877	.941	.058	.000	.058	.068	.138	.207
3	11	.251	.122	.820	.827	.054	.000	.054	.068	.129	.197
3	12	.207	.102	.665	.673	.046	.000	.046	.056	.105	.161
3	13	.145	.072	.466	.559	.035	.000	.035	.037	.073	.110
3	14	.125	.065	.381	.514	.033	.000	.033	.032	.060	.092
3	15	.125	.066	.376	.531	.034	.000	.034	.032	.059	.091
3	16	.097	.053	.279	.459	.029	.000	.029	.024	.044	.068
3	17	.077	.043	.212	.402	.025	.000	.025	.018	.033	.052
3	18	.075	.042	.206	.417	.025	.000	.025	.017	.033	.050
3	19	.061	.036	.162	.370	.022	.000	.022	.014	.026	.039
4	1	.396	.185	1.338	1.330	.082	.000	.082	.103	.211	.314
4	2	.527	.239	1.831	1.444	.027	.000	.027	.097	.142	.289
4	3	1.021	.460	3.560	2.089	.164	.000	.164	.295	.561	.857
4	4	.903	.366	3.408	2.041	.131	.000	.131	.235	.537	.772
4	5	1.111	.428	4.332	2.512	.152	.000	.152	.276	.683	.959
4	6	.637	.248	2.464	1.635	.097	.000	.097	.151	.388	.540
4	7	.521	.218	1.922	1.474	.091	.000	.091	.127	.303	.430
4	8	.376	.171	1.299	1.247	.077	.000	.077	.094	.205	.299
4	9	.380	.177	1.288	1.327	.081	.000	.081	.096	.203	.299
4	10	.376	.176	1.268	1.288	.079	.000	.079	.097	.200	.297
4	11	.381	.179	1.277	1.144	.077	.000	.077	.103	.201	.304
4	12	.633	.300	2.112	1.427	.113	.000	.113	.187	.333	.520
4	13	.282	.137	.922	.769	.056	.000	.056	.081	.145	.226
4	14	.195	.096	.625	.638	.044	.000	.044	.053	.098	.151
4	15	.150	.076	.468	.585	.037	.000	.037	.038	.074	.112
4	16	.135	.073	.396	.550	.037	.000	.037	.036	.062	.098
4	17	.123	.067	.356	.572	.036	.000	.036	.031	.056	.087
4	18	.096	.054	.264	.495	.031	.000	.031	.023	.042	.065
4	19	.077	.045	.201	.433	.027	.000	.027	.018	.032	.050
5	1	.476	.219	1.630	1.527	.095	.000	.095	.124	.257	.381
5	2	.693	.304	2.465	1.824	.121	.000	.121	.183	.389	.572
5	3	1.465	.660	5.107	2.868	.232	.000	.232	.428	.805	1.233
5	4	2.318	1.038	8.112	4.007	.352	.000	.352	.687	1.279	1.966
5	5	1.880	.703	7.464	3.830	.248	.000	.248	.455	1.177	1.632
5	6	1.876	.679	7.590	4.045	.245	.000	.245	.434	1.197	1.631
5	7	.743	.296	2.839	2.086	.122	.000	.122	.174	.448	.622
5	8	.526	.229	1.880	1.723	.101	.000	.101	.128	.296	.424
5	9	.407	.188	1.391	1.408	.085	.000	.085	.103	.219	.322
5	10	.451	.206	1.555	1.468	.090	.000	.090	.116	.245	.361
5	11	.603	.264	2.145	1.684	.108	.000	.108	.157	.338	.495
5	12	.965	.445	3.301	2.011	.161	.000	.161	.284	.521	.805
5	13	1.224	.592	4.008	2.156	.206	.000	.206	.386	.632	1.018
5	14	.450	.214	1.493	1.163	.087	.000	.087	.127	.235	.362
5	15	.309	.152	.999	.992	.068	.000	.068	.084	.157	.241

Çizelge 4.4. (Devam) Türkiye üzerindeki 1995 yılı için SO₂ ve SO₄'ün çökeltme ve derişim değerleri

5	16	.180	.092	.557	.721	.046	.000	.046	.046	.088	.134
5	17	.139	.075	.405	.658	.041	.000	.041	.034	.064	.098
5	18	.106	.060	.294	.558	.034	.000	.034	.025	.046	.072
5	19	.084	.049	.223	.489	.030	.000	.030	.019	.035	.055
6	1	.505	.227	1.762	1.623	.098	.000	.098	.129	.278	.406
6	2	.831	.353	3.035	2.249	.140	.000	.140	.213	.479	.691
6	3	1.273	.500	4.904	2.891	.183	.000	.183	.317	.773	1.090
6	4	1.111	.465	4.096	2.499	.174	.000	.174	.291	.646	.937
6	5	1.105	.462	4.080	2.670	.179	.000	.179	.283	.643	.926
6	6	.959	.387	3.625	2.587	.156	.000	.156	.231	.572	.802
6	7	.801	.338	2.942	2.438	.144	.000	.144	.194	.464	.657
6	8	.565	.256	1.961	1.923	.115	.000	.115	.140	.309	.450
6	9	.511	.236	1.749	1.791	.108	.000	.108	.128	.276	.404
6	10	.527	.239	1.831	1.749	.106	.000	.106	.133	.289	.421
6	11	.751	.320	2.736	2.125	.131	.000	.131	.189	.431	.621
6	12	1.361	.578	4.970	3.392	.207	.000	.207	.370	.784	1.154
6	13	.794	.360	2.751	1.996	.137	.000	.137	.223	.434	.657
6	14	.595	.271	2.055	1.611	.111	.000	.111	.160	.324	.484
6	15	.320	.155	1.049	1.084	.071	.000	.071	.084	.165	.249
6	16	.302	.147	.985	1.152	.071	.000	.071	.076	.155	.232
6	17	.217	.112	.670	.946	.058	.000	.058	.054	.106	.160
6	18	.164	.088	.480	.797	.049	.000	.049	.040	.076	.115
6	19	.128	.072	.358	.689	.042	.000	.042	.030	.056	.087
7	1	.533	.238	1.872	1.726	.103	.000	.103	.135	.295	.430
7	2	.860	.356	3.197	2.421	.141	.000	.141	.215	.504	.719
7	3	1.855	.763	6.922	4.506	.267	.000	.267	.496	1.091	1.588
7	4	2.090	.788	8.256	4.598	.279	.000	.279	.509	1.302	1.810
7	5	1.044	.424	3.932	2.795	.168	.000	.168	.256	.620	.876
7	6	.848	.367	3.044	2.537	.156	.000	.156	.212	.480	.692
7	7	.710	.321	2.465	2.352	.142	.000	.142	.179	.389	.567
7	8	.602	.274	2.081	2.159	.126	.000	.126	.148	.328	.477
7	9	.569	.261	1.953	2.046	.121	.000	.121	.141	.308	.449
7	10	.592	.266	2.068	2.014	.119	.000	.119	.146	.326	.473
7	11	.802	.333	2.972	2.380	.138	.000	.138	.195	.469	.664
7	12	1.783	.742	6.606	4.454	.262	.000	.262	.480	1.042	1.521
7	13	2.907	1.194	10.868	6.982	.409	.000	.409	.785	1.714	2.498
7	14	1.010	.408	3.814	2.805	.163	.000	.163	.245	.601	.847
7	15	.620	.276	2.180	2.020	.122	.000	.122	.154	.344	.498
7	16	.324	.161	1.032	1.257	.079	.000	.079	.082	.163	.245
7	17	.216	.112	.665	.977	.059	.000	.059	.053	.105	.158
7	18	.164	.089	.480	.824	.050	.000	.050	.039	.076	.115
7	19	.126	.071	.352	.688	.041	.000	.041	.029	.056	.085
8	1	.513	.230	1.795	1.742	.101	.000	.101	.128	.283	.412
8	2	.812	.341	2.983	2.422	.137	.000	.137	.204	.470	.674
8	3	1.601	.732	5.509	4.460	.259	.000	.259	.473	.869	1.342
8	4	2.527	1.152	8.721	6.930	.397	.000	.397	.755	1.375	2.130
8	5	1.276	.528	4.744	3.688	.209	.000	.209	.319	.748	1.067
8	6	.867	.383	3.069	2.805	.165	.000	.165	.218	.484	.702
8	7	.629	.291	2.145	2.236	.133	.000	.133	.157	.338	.496

Çizelge 4.4. (Devam) Türkiye üzerindeki 1995 yılı için SO₂ ve SO₄'ün çökeltme ve derişim değerleri

8	8	.579	.273	1.940	2.168	.129	.000	.129	.144	.306	.450
8	9	.550	.254	1.879	2.062	.120	.000	.120	.134	.296	.430
8	10	.594	.265	2.083	2.094	.122	.000	.122	.143	.328	.472
8	11	.694	.296	2.522	2.271	.129	.000	.129	.166	.398	.564
8	12	.791	.325	2.951	2.343	.135	.000	.135	.191	.465	.656
8	13	1.046	.415	4.000	2.947	.166	.000	.166	.249	.631	.880
8	14	.934	.383	3.492	2.831	.160	.000	.160	.224	.551	.774
8	15	.513	.234	1.769	1.805	.108	.000	.108	.126	.279	.405
8	16	.369	.179	1.205	1.468	.088	.000	.088	.091	.190	.281
8	17	.277	.142	.858	1.231	.074	.000	.074	.067	.135	.203
8	18	.203	.107	.606	1.017	.060	.000	.060	.047	.096	.143
8	19	.161	.089	.459	.885	.052	.000	.052	.037	.072	.109
9	1	.426	.194	1.468	1.568	.090	.000	.090	.105	.231	.336
9	2	.622	.270	2.230	2.050	.115	.000	.115	.155	.352	.507
9	3	.763	.328	2.760	2.354	.134	.000	.134	.194	.435	.629
9	4	1.069	.449	3.931	3.218	.178	.000	.178	.271	.620	.891
9	5	1.015	.435	3.682	3.217	.180	.000	.180	.254	.581	.835
9	6	.711	.319	2.488	2.502	.143	.000	.143	.176	.392	.568
9	7	.615	.288	2.071	2.325	.136	.000	.136	.153	.327	.479
9	8	.517	.249	1.699	2.053	.121	.000	.121	.128	.268	.396
9	9	.527	.253	1.737	2.142	.125	.000	.125	.129	.274	.402
9	10	.528	.249	1.770	2.106	.122	.000	.122	.127	.279	.407
9	11	.511	.235	1.752	1.986	.113	.000	.113	.122	.276	.398
9	12	.508	.229	1.774	1.856	.107	.000	.107	.122	.280	.402
9	13	.625	.270	2.248	2.149	.121	.000	.121	.149	.354	.503
9	14	.534	.240	1.869	1.936	.111	.000	.111	.129	.295	.423
9	15	.499	.229	1.713	1.925	.110	.000	.110	.120	.270	.390
9	16	.396	.192	1.291	1.669	.097	.000	.097	.095	.204	.299
9	17	.245	.128	.746	1.152	.069	.000	.069	.059	.118	.176
9	18	.195	.106	.567	.999	.060	.000	.060	.046	.089	.135
9	19	.158	.089	.439	.878	.053	.000	.053	.036	.069	.105

Çizelge 4.5. Türkiye üzerindeki 1996 yılı için SO₂ ve SO₄'ün çökeltme ve derişim değeri

FISHER STATISTICAL LONG RANGE TRANSPORT MODEL
TÜRKİYE ÜZERİNDEKİ SO₂ VE SO₄ ÇÖKELMELERİ
ANADOLU ÜNİVERSİTESİ- ESKİŞEHİR

TÜM ÇIKTILAR SO₂ EŞDEĞERİNDEDİR

Grid no X	Y	Toplam çökeltme g/m ²	Toplam ıslak çök. g/m ²	SO ₂ YSD μg/m ³	SO ₄ YSD μg/m ³	Islak SO ₄ çökeltmesi g/m ²	Kuru SO ₄ çökeltmesi g/m ²	Toplam SO ₄ çökeltmesi g/m ²	Islak SO ₂ çökeltmesi g/m ²	Kuru SO ₂ çökeltmesi g/m ²	Toplam SO ₂ çökeltmesi g/m ²
1	1	.275	.225	.314	.397	.100	.000	.100	.126	.050	.175
1	2	.344	.282	.396	.455	.120	.000	.120	.162	.062	.224
1	3	.387	.317	.439	.455	.130	.000	.130	.188	.069	.257
1	4	.411	.335	.481	.478	.135	.000	.135	.201	.076	.277
1	5	.348	.283	.414	.425	.115	.000	.115	.168	.065	.233
1	6	.324	.263	.386	.421	.110	.000	.110	.154	.061	.215
1	7	.292	.236	.355	.413	.101	.000	.101	.135	.056	.191
1	8	.259	.206	.334	.420	.092	.000	.092	.114	.053	.167
1	9	.218	.175	.275	.349	.079	.000	.079	.096	.043	.140
1	10	.208	.165	.271	.344	.075	.000	.075	.090	.043	.133
1	11	.192	.150	.263	.334	.069	.000	.069	.081	.042	.123
1	12	.157	.123	.219	.287	.057	.000	.057	.065	.035	.100
1	13	.143	.111	.203	.268	.052	.000	.052	.059	.032	.091
1	14	.122	.094	.175	.253	.046	.000	.046	.048	.028	.076
1	15	.105	.081	.149	.227	.041	.000	.041	.041	.024	.064
1	16	.084	.065	.120	.199	.034	.000	.034	.031	.019	.050
1	17	.074	.057	.107	.191	.031	.000	.031	.026	.017	.043
1	18	.064	.050	.088	.169	.028	.000	.028	.022	.014	.036
1	19	.051	.040	.069	.146	.023	.000	.023	.017	.011	.028
2	1	.382	.312	.446	.493	.131	.000	.131	.180	.070	.251
2	2	.503	.410	.594	.583	.165	.000	.165	.245	.094	.339
2	3	.711	.582	.815	.666	.220	.000	.220	.362	.128	.491
2	4	1.043	.851	1.220	.826	.301	.000	.301	.550	.192	.742
2	5	.802	.653	.948	.711	.238	.000	.238	.415	.149	.564
2	6	.569	.462	.682	.586	.177	.000	.177	.285	.108	.392
2	7	.469	.379	.573	.550	.151	.000	.151	.228	.090	.319
2	8	.400	.321	.504	.540	.134	.000	.134	.187	.080	.266
2	9	.339	.267	.456	.518	.116	.000	.116	.151	.072	.223
2	10	.296	.235	.390	.433	.101	.000	.101	.133	.061	.195
2	11	.275	.213	.393	.436	.093	.000	.093	.120	.062	.182
2	12	.261	.203	.368	.405	.088	.000	.088	.115	.058	.174
2	13	.212	.163	.316	.362	.072	.000	.072	.090	.050	.140
2	14	.170	.130	.253	.309	.059	.000	.059	.071	.040	.111
2	15	.139	.107	.205	.270	.050	.000	.050	.056	.032	.089
2	16	.116	.088	.176	.254	.044	.000	.044	.044	.028	.072
2	17	.098	.076	.141	.222	.039	.000	.039	.037	.022	.060
2	18	.076	.059	.107	.189	.032	.000	.032	.027	.017	.044
2	19	.059	.046	.082	.161	.026	.000	.026	.020	.013	.033
3	1	.559	.449	.696	.672	.182	.000	.182	.267	.110	.377
3	2	.814	.659	.982	.805	.251	.000	.251	.408	.155	.563
3	3	1.132	.923	1.328	.934	.333	.000	.333	.590	.209	.799
3	4	1.683	1.390	1.860	1.210	.476	.000	.476	.914	.293	1.207

Çizelge 4.5. (Devam) Türkiye üzerindeki 1996 yılı için SO₂ ve SO₄'ün çökeltme ve derişim değeri

3	5	2.026	1.658	2.330	1.359	.560	.000	.560	1.098	.367	1.465
3	6	1.136	.922	1.357	.962	.333	.000	.333	.590	.214	.804
3	7	.794	.641	.971	.817	.244	.000	.244	.396	.153	.549
3	8	.651	.524	.806	.720	.205	.000	.205	.319	.127	.446
3	9	.486	.382	.659	.676	.160	.000	.160	.222	.104	.326
3	10	.479	.370	.696	.691	.154	.000	.154	.215	.110	.325
3	11	.475	.367	.684	.631	.148	.000	.148	.219	.108	.327
3	12	.446	.344	.645	.550	.135	.000	.135	.209	.102	.311
3	13	.354	.269	.542	.484	.108	.000	.108	.161	.085	.246
3	14	.271	.206	.409	.402	.086	.000	.086	.120	.065	.185
3	15	.237	.181	.354	.380	.078	.000	.078	.103	.056	.159
3	16	.164	.125	.246	.307	.058	.000	.058	.067	.039	.106
3	17	.118	.090	.176	.251	.044	.000	.044	.046	.028	.074
3	18	.113	.085	.178	.277	.044	.000	.044	.041	.028	.069
3	19	.087	.066	.132	.233	.036	.000	.036	.030	.021	.051
4	1	.716	.559	.998	.891	.222	.000	.222	.337	.157	.494
4	2	1.191	.950	1.531	1.069	.347	.000	.347	.603	.241	.845
4	3	2.648	2.138	3.239	1.751	.718	.000	.718	1.420	.511	1.931
4	4	2.909	2.369	3.422	1.856	.787	.000	.787	1.582	.540	2.122
4	5	3.679	3.033	4.100	2.225	.996	.000	.996	2.037	.646	2.683
4	6	2.051	1.663	2.457	1.473	.570	.000	.570	1.094	.387	1.481
4	7	1.299	1.049	1.585	1.130	.381	.000	.381	.668	.250	.918
4	8	.762	.604	1.001	.909	.240	.000	.240	.365	.158	.522
4	9	.628	.489	.882	.861	.202	.000	.202	.287	.139	.426
4	10	.639	.485	.979	.896	.198	.000	.198	.287	.154	.441
4	11	.772	.592	1.141	.866	.224	.000	.224	.368	.180	.548
4	12	1.473	1.152	2.037	1.195	.393	.000	.393	.759	.321	1.080
4	13	.890	.690	1.266	.792	.240	.000	.240	.450	.200	.650
4	14	.507	.387	.760	.577	.146	.000	.146	.241	.120	.361
4	15	.306	.230	.485	.459	.095	.000	.095	.134	.076	.211
4	16	.212	.161	.324	.361	.071	.000	.071	.090	.051	.141
4	17	.185	.137	.301	.384	.065	.000	.065	.072	.047	.120
4	18	.133	.100	.211	.310	.051	.000	.051	.049	.033	.083
4	19	.099	.075	.153	.256	.040	.000	.040	.035	.024	.059
5	1	.736	.547	1.195	1.012	.218	.000	.218	.330	.188	.518
5	2	1.145	.865	1.778	1.216	.318	.000	.318	.547	.280	.827
5	3	2.328	1.816	3.244	1.789	.613	.000	.613	1.203	.512	1.714
5	4	4.607	3.707	5.705	2.750	1.211	.000	1.211	2.496	.900	3.396
5	5	3.935	3.178	4.804	2.454	1.053	.000	1.053	2.125	.758	2.883
5	6	4.363	3.536	5.246	2.714	1.175	.000	1.175	2.361	.827	3.188
5	7	1.534	1.232	1.919	1.358	.450	.000	.450	.782	.303	1.084
5	8	.949	.749	1.272	1.127	.295	.000	.295	.453	.201	.654
5	9	.704	.533	1.087	1.023	.220	.000	.220	.313	.171	.484
5	10	.741	.535	1.310	1.117	.217	.000	.217	.318	.207	.525
5	11	.950	.671	1.768	1.258	.254	.000	.254	.418	.279	.697
5	12	1.508	1.120	2.460	1.430	.383	.000	.383	.736	.388	1.124
5	13	2.454	1.928	3.338	1.697	.635	.000	.635	1.293	.526	1.819
5	14	.851	.638	1.351	.899	.232	.000	.232	.406	.213	.619
5	15	.543	.395	.935	.773	.157	.000	.157	.238	.147	.386

Çizelge 4.5. (Devam) Türkiye üzerindeki 1996 yılı için SO₂ ve SO₄'ün çökelme ve derişim değerleri

5	16	.302	.219	.531	.541	.095	.000	.095	.123	.084	.207
5	17	.206	.151	.348	.427	.071	.000	.071	.080	.055	.135
5	18	.146	.108	.238	.340	.055	.000	.055	.054	.037	.091
5	19	.107	.081	.168	.277	.043	.000	.043	.038	.027	.064
6	1	.791	.559	1.474	1.198	.222	.000	.222	.337	.232	.570
6	2	1.260	.866	2.496	1.656	.321	.000	.321	.546	.394	.939
6	3	2.060	1.376	4.338	2.322	.477	.000	.477	.900	.684	1.584
6	4	2.079	1.520	3.545	1.942	.526	.000	.526	.994	.559	1.553
6	5	2.014	1.545	2.976	1.818	.548	.000	.548	.997	.469	1.466
6	6	1.805	1.415	2.471	1.687	.513	.000	.513	.902	.390	1.291
6	7	1.350	1.067	1.796	1.414	.405	.000	.405	.662	.283	.946
6	8	.871	.676	1.236	1.130	.272	.000	.272	.404	.195	.598
6	9	.733	.550	1.164	1.077	.227	.000	.227	.322	.184	.506
6	10	.827	.583	1.547	1.263	.235	.000	.235	.348	.244	.592
6	11	1.221	.803	2.654	1.759	.300	.000	.300	.503	.419	.922
6	12	2.237	1.462	4.918	3.045	.494	.000	.494	.968	.776	1.744
6	13	1.605	1.105	3.172	1.962	.378	.000	.378	.727	.500	1.227
6	14	1.088	.750	2.145	1.393	.274	.000	.274	.475	.338	.813
6	15	.557	.392	1.050	.849	.157	.000	.157	.235	.166	.401
6	16	.392	.278	.720	.700	.120	.000	.120	.158	.113	.272
6	17	.260	.188	.454	.528	.087	.000	.087	.101	.072	.173
6	18	.182	.134	.305	.415	.066	.000	.066	.068	.048	.116
6	19	.133	.100	.213	.335	.052	.000	.052	.047	.034	.081
7	1	.718	.496	1.409	1.150	.197	.000	.197	.299	.222	.521
7	2	1.266	.845	2.670	1.843	.310	.000	.310	.536	.421	.957
7	3	2.479	1.662	5.176	3.451	.559	.000	.559	1.104	.816	1.920
7	4	2.999	1.920	6.843	3.775	.651	.000	.651	1.269	1.079	2.348
7	5	1.673	1.162	3.243	2.130	.425	.000	.425	.736	.511	1.248
7	6	1.306	.977	2.089	1.603	.374	.000	.374	.602	.329	.932
7	7	.984	.752	1.471	1.300	.301	.000	.301	.451	.232	.683
7	8	.813	.619	1.231	1.163	.256	.000	.256	.363	.194	.557
7	9	.734	.536	1.253	1.141	.224	.000	.224	.312	.198	.510
7	10	.666	.469	1.255	1.060	.193	.000	.193	.275	.198	.473
7	11	.915	.602	1.981	1.379	.231	.000	.231	.371	.312	.683
7	12	1.725	1.113	3.881	2.464	.381	.000	.381	.732	.612	1.344
7	13	3.621	2.292	8.425	5.145	.761	.000	.761	1.531	1.328	2.860
7	14	1.320	.837	3.063	1.984	.309	.000	.309	.528	.483	1.011
7	15	.765	.514	1.590	1.260	.206	.000	.206	.308	.251	.559
7	16	.386	.274	.712	.700	.119	.000	.119	.155	.112	.267
7	17	.251	.180	.446	.524	.085	.000	.085	.096	.070	.166
7	18	.178	.131	.301	.413	.065	.000	.065	.065	.047	.113
7	19	.131	.097	.211	.334	.051	.000	.051	.046	.033	.079
8	1	.530	.366	1.039	.890	.149	.000	.149	.217	.164	.381
8	2	.868	.583	1.805	1.337	.220	.000	.220	.363	.285	.648
8	3	1.664	1.155	3.229	2.482	.399	.000	.399	.756	.509	1.266
8	4	3.294	2.263	6.540	5.042	.761	.000	.761	1.501	1.031	2.533
8	5	1.666	1.121	3.453	2.458	.416	.000	.416	.706	.545	1.250
8	6	1.106	.787	2.020	1.655	.311	.000	.311	.476	.319	.795
8	7	.765	.569	1.239	1.156	.236	.000	.236	.333	.195	.529

Çizelge 4.5. (Devam) Türkiye üzerindeki 1996 yılı için SO₂ ve SO₄'ün çökeltme ve derişim değerleri

8	8	.652	.490	1.027	1.026	.209	.000	.209	.281	.162	.443
8	9	.586	.428	1.001	.975	.184	.000	.184	.243	.158	.401
8	10	.630	.436	1.230	1.053	.183	.000	.183	.253	.194	.447
8	11	.648	.435	1.349	1.080	.178	.000	.178	.257	.213	.470
8	12	.838	.543	1.868	1.296	.209	.000	.209	.335	.294	.629
8	13	1.205	.755	2.852	1.875	.282	.000	.282	.473	.450	.923
8	14	1.069	.682	2.454	1.771	.265	.000	.265	.417	.387	.804
8	15	.612	.412	1.263	1.088	.172	.000	.172	.241	.199	.440
8	16	.416	.289	.803	.817	.129	.000	.129	.161	.127	.287
8	17	.293	.209	.534	.635	.099	.000	.099	.110	.084	.194
8	18	.209	.151	.366	.504	.076	.000	.076	.075	.058	.133
8	19	.156	.115	.261	.411	.061	.000	.061	.054	.041	.095
9	1	.406	.282	.788	.724	.118	.000	.118	.163	.124	.288
9	2	.568	.386	1.157	.942	.153	.000	.153	.233	.182	.415
9	3	.809	.546	1.665	1.266	.207	.000	.207	.339	.263	.602
9	4	1.251	.830	2.671	1.988	.310	.000	.310	.520	.421	.941
9	5	1.182	.798	2.429	1.923	.310	.000	.310	.488	.383	.872
9	6	.834	.584	1.587	1.419	.241	.000	.241	.343	.250	.593
9	7	.676	.489	1.188	1.190	.211	.000	.211	.278	.187	.465
9	8	.544	.399	.921	.996	.177	.000	.177	.221	.145	.367
9	9	.494	.362	.834	.916	.163	.000	.163	.199	.132	.330
9	10	.478	.342	.860	.900	.154	.000	.154	.188	.136	.324
9	11	.496	.344	.963	.932	.152	.000	.152	.193	.152	.345
9	12	.502	.342	1.015	.894	.145	.000	.145	.197	.160	.357
9	13	.681	.447	1.483	1.224	.185	.000	.185	.262	.234	.496
9	14	.566	.378	1.192	1.055	.161	.000	.161	.218	.188	.406
9	15	.530	.358	1.093	1.061	.157	.000	.157	.201	.172	.373
9	16	.402	.279	.775	.857	.129	.000	.129	.150	.122	.273
9	17	.253	.181	.455	.578	.088	.000	.088	.093	.072	.164
9	18	.190	.139	.327	.472	.071	.000	.071	.068	.051	.119
9	19	.146	.108	.239	.391	.058	.000	.058	.050	.038	.088

gridde olup derişim 8,5 $\mu\text{g.m}^{-3}$ iken minumum derişim değeri Kara Deniz ve Doğu Anadolu bölgesinde olup değeri 0,5 $\mu\text{g.m}^{-3}$ dür.

SO₄⁼'ün yer seviyesi derişimlerini gösteren eş dağılım ve üç boyutlu eş yükselti eğrileri Şekil 4.27-27a ve Şekil 4.28-28a da verilmiştir. SO₄⁼'ün maksimum yer seviyesi derişimi, 1995 yılı için (7,13) koordinatlı gridde olup değeri 6,5 $\mu\text{g.m}^{-3}$ iken minumum eş yükselti Doğu Kara Deniz ve Doğu Anadolu bölgesinde olup değeri 0,5 $\mu\text{g.m}^{-3}$ dür. 1996 yılı için SO₄⁼'ün maksimum yer seviyesi derişim değeri (5,4) koordinatlı gridde olup değeri 4,5 $\mu\text{g.m}^{-3}$ iken minumum yer seviyesi derişimi Kara Deniz ve Doğu Anadolu bölgesinde olup değeri 0,5 $\mu\text{g.m}^{-3}$ dür.

Türkiye'deki Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliğinde atmosferde izin verilen SO_2 derişimi $150 \mu\text{g.m}^{-3}$ ile sınırlandırılmıştır. Ancak aynı yönetmelikte $\text{SO}_4^{=}$ derişimi ve SO_2 ve $\text{SO}_4^{=}$ 'ün çökelme derişimleri için herhangi bir standart değer tanımlanamadığından, yönetmenlik değerleriyle modelden hesaplanmış çökelme değerlerinin karşılaştırılması mümkün olmamıştır.

Bu nedenle, modelden elde edilen sonuçlar Kanada, Danimarka ve Hollanda Yönetmeliklerinde verilen sınır değerler ile karşılaştırılmıştır. Çizelge 4.6'da bu ülkelere ait sınır değerler ve Çizelge 4.7'de Türkiye'deki maksimum toplam çökelmeler verilmektedir.

Çizelge 4.6. Asadik çökelme ile ilgili sınır değerler

Ülke Adı	Çökelme, kg/ha/yıl SO_2	Açıklama
Kanada	13,2	+13,2 kg/ha/yıl doğal birikim
Danimarka	10,0	Doğal birikim hariç
Hollanda	25,6	2000 yılı için hedeflenen değer (doğal birikim dahil)

Çizelge 4.7. Türkiye'de tahmin edilen maksimum çökelme

Yıl	Grid No	Birikim, kg/ha/yıl SO_2
1995	(7,13)	29,07
1996	(5,4)	46,07

SERTAD modelinin Türkiye üzerine uygulanmasında arka plan SO_2 hesaplamalarda göz önüne alınmamıştır. Güney Doğu Anadolu bölgesinde 1995 yılı için tahmin edilen 26 kg/ha ve Ege bölgesinde 1996 yılı için tahmin edilen 42 kg/ha çökelme değerleri 10,0 kg/ha sınır değerini birhayli aşmaktadır. Aynı zamanda, Türkiye için tahmin edilen 1995 yılı ve 1996 yılı çökelme değerlerinin Hollanda'da 2000 yılı için hedeflenen 25,6 kg/ha sınır değerinden yüksek olduğu görülmüştür.

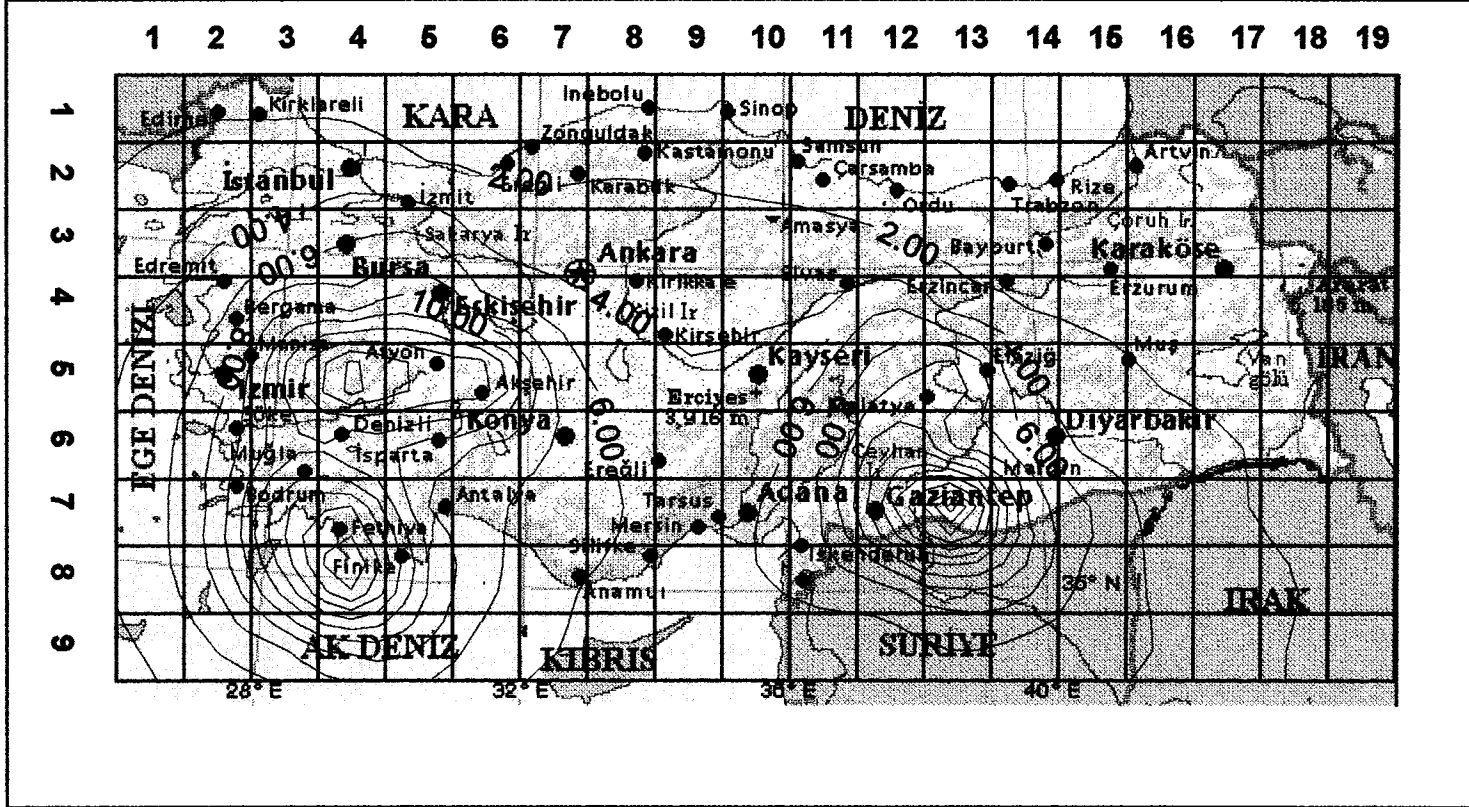
4.2.1 Türkiye'deki Termik Santrallerin Emisyon Miktarlarının % 50 ve % 90 Oranında Azaltılması Durumunda Toplam Çökeltme

Termik santrallerden kaynaklanan emisyonların % 50 ve % 90 oranında azaltıldığı varsayılarak yapılan bu çalışmada elde edilen sonuçlar Çizelge 4.8 ile Şekil 4. 29-29a, Şekil 4.30-30a'da verilmiştir.

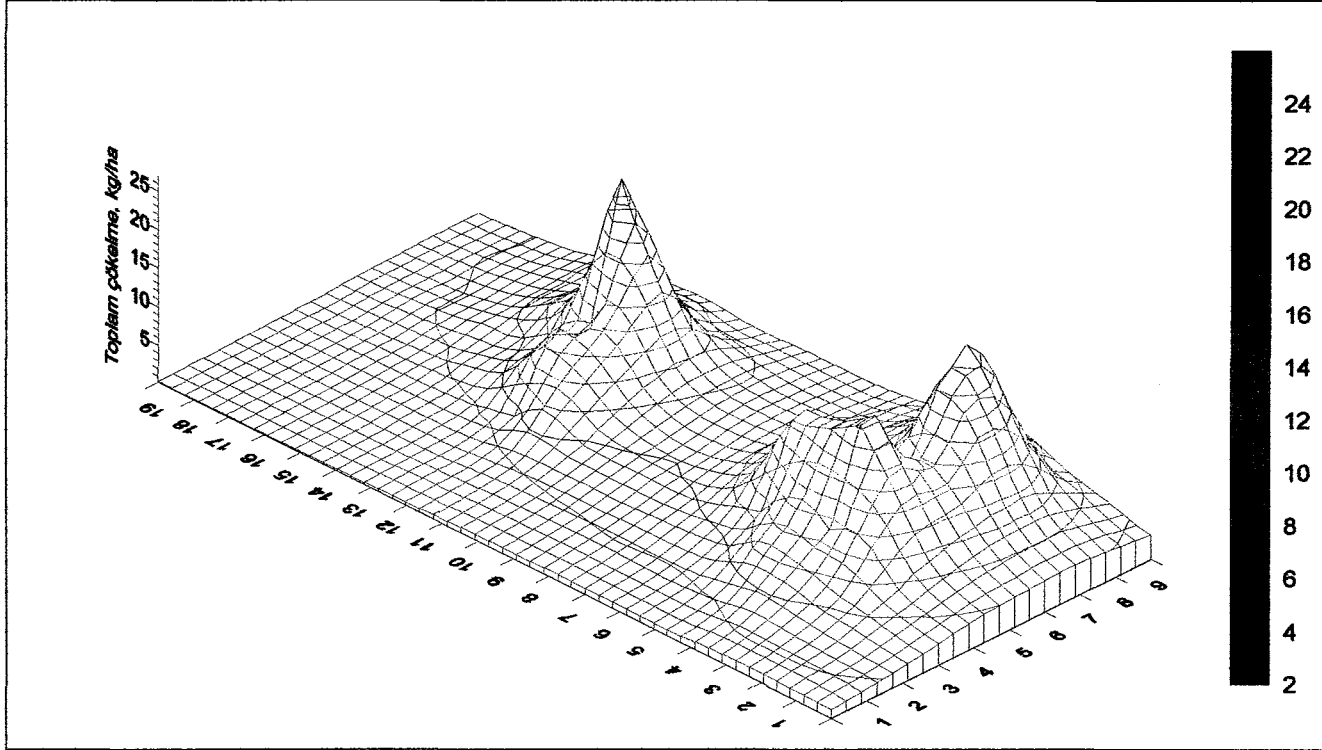
Çizelge 4. 8. Türkiye'deki termik santrallerin emisyon miktarlarının %50 ve %90 azaltılması durumunda maksimum toplam çökeltmedeki değişim (1996 yılı için)

Azaltma oranı	MaksimumToplam kükürt(S) çökeltmesi (KG/ha.SO ₂ .)
% 0	46,07
% 50	23,03
% 90	4,61

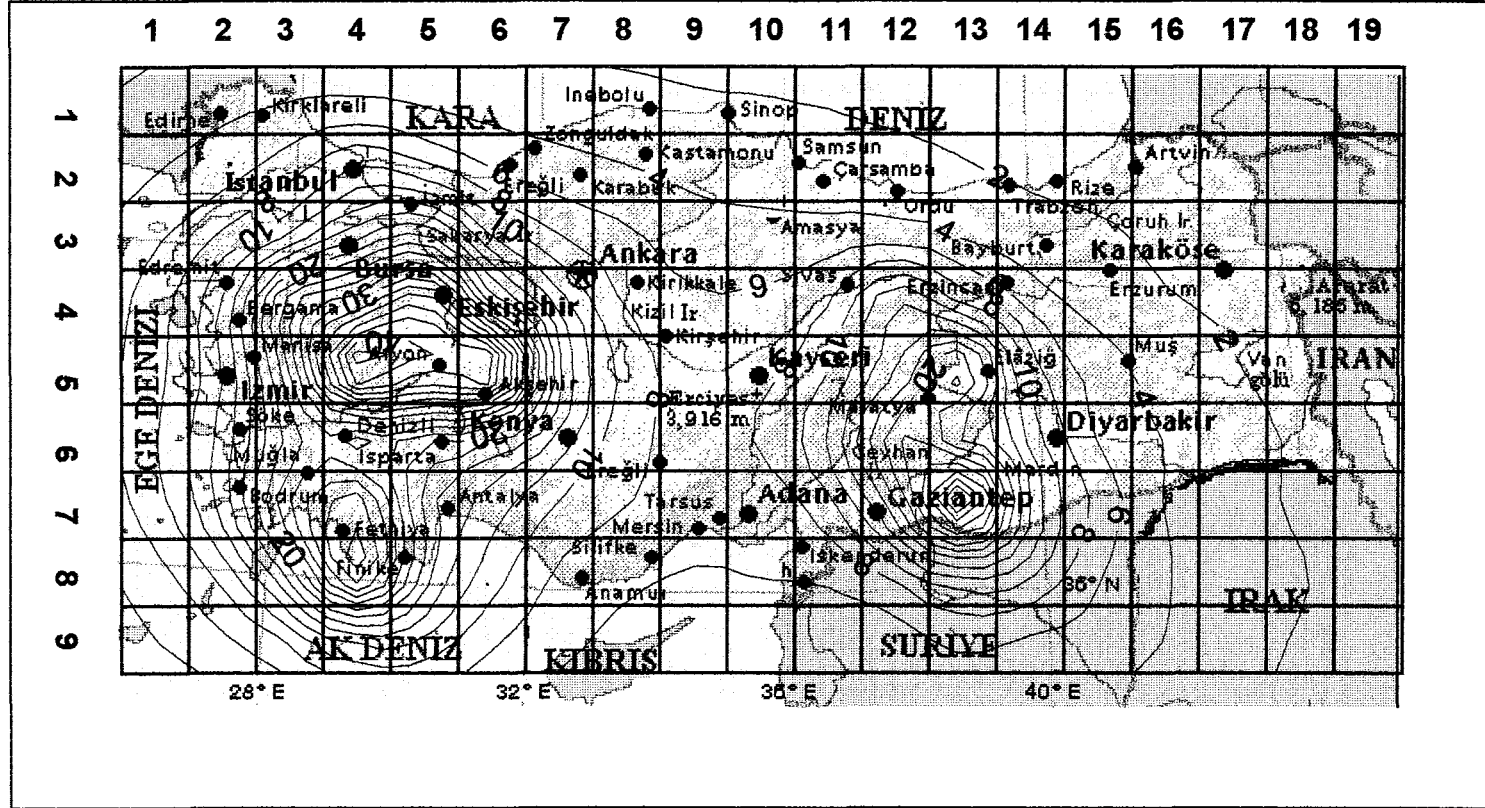
Çizelge 4.8'den anlaşılacağı üzere termik santrallerden kaynaklanan emisyonlar % 50 ve % 90 oranında azaltıldığı varsayıldığında Türkiye üzerindeki maksimum toplam çökeltme değerleri sırasıyla 23,03 ve 4,61 kg/ha.SO₂.'ye düşecektir. Emisyonların % 50 azaltıldığı varsayıldığı durumdaki toplam maksimum çökeltme Çizelge 4.6'da verilen sınır değerlerden oldukça yüksek olduğu buna karşın emisyon miktarlarının % 90 azaltıldığı varsayıldığı durumdaki toplam maksimum çökeltme değeri Çizelge 4.6'da verilen sınır değerlerinin altında olduğu görülmektedir.



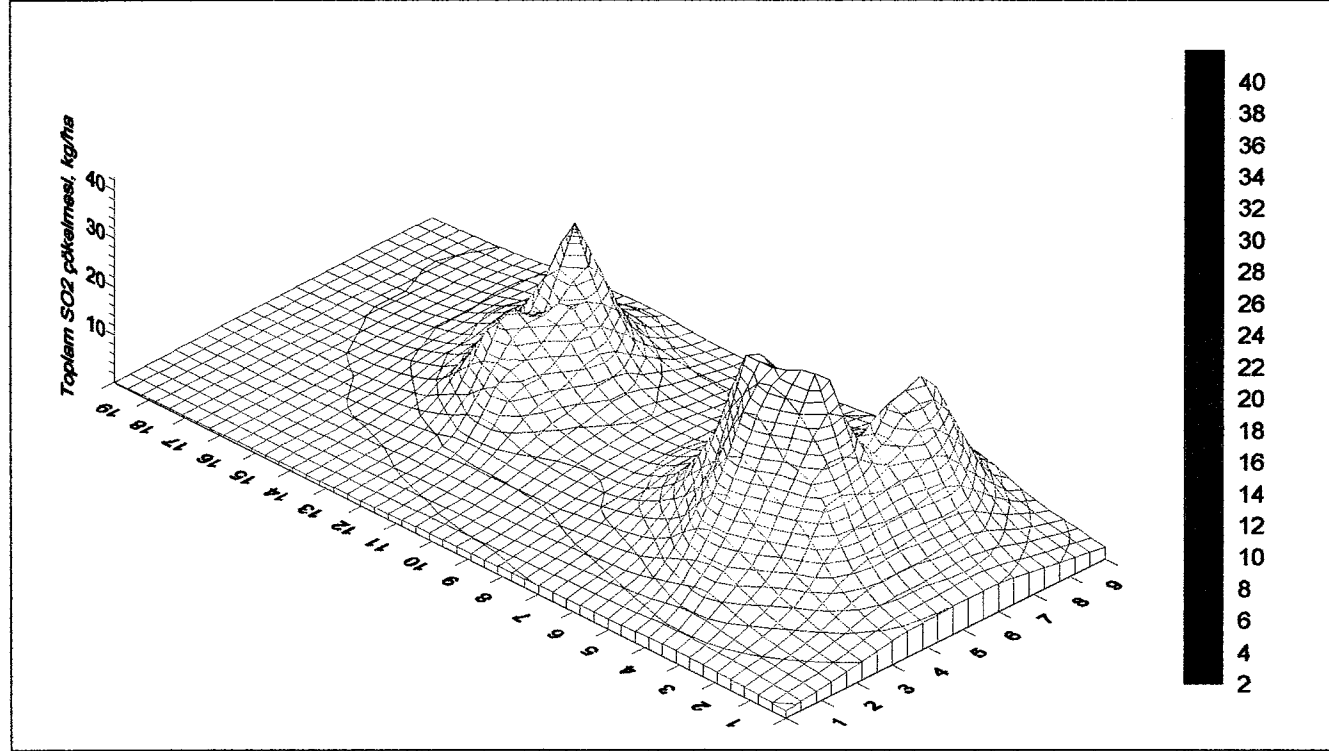
Şekil 4.13. Türkiye üzerindeki 1995 yılı toplam çökelme (kg/ha)



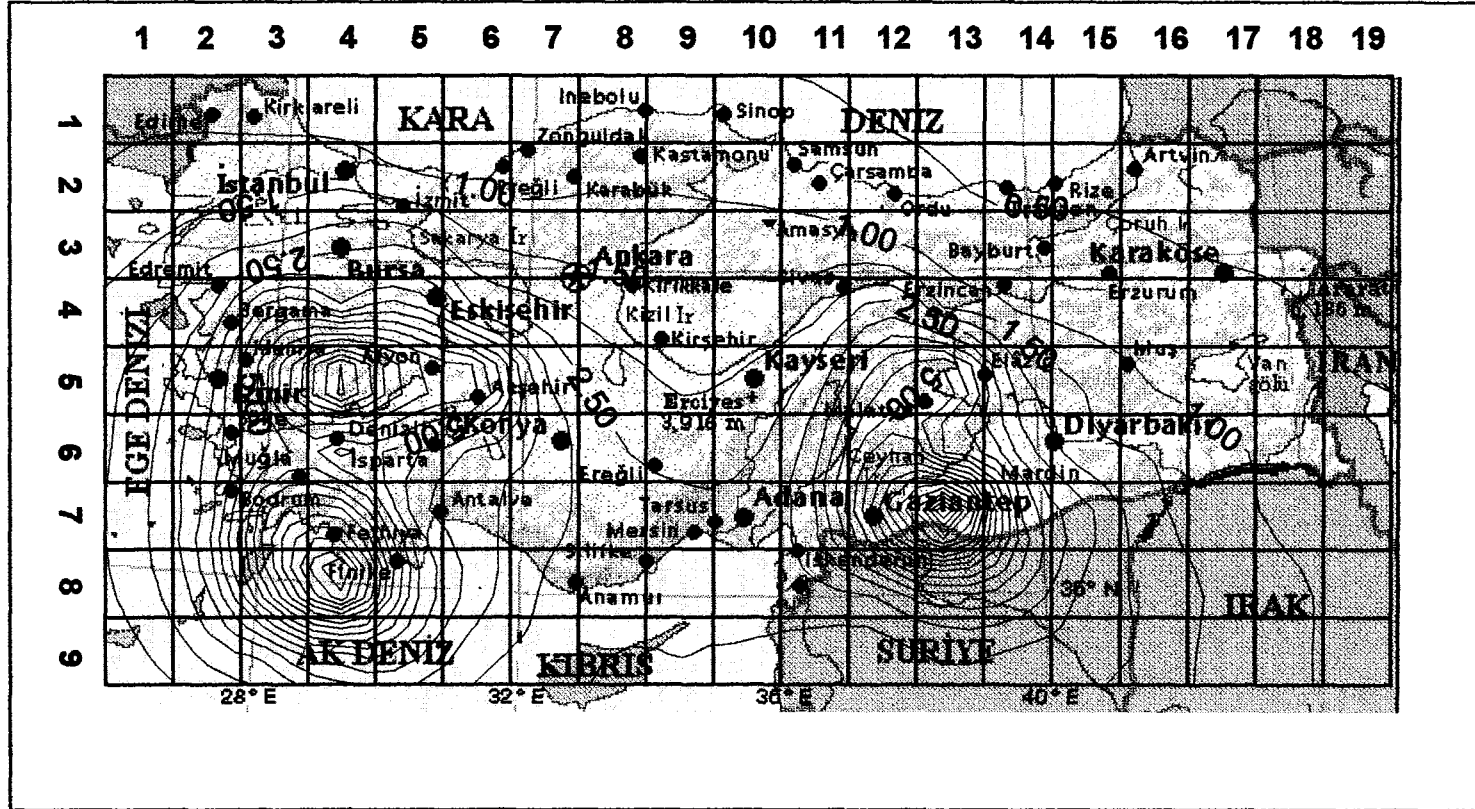
Şekil 4. 13a. Türkiye üzerindeki 1995 yılı toplam çökelme miktarının üç boyutlu gösterimi



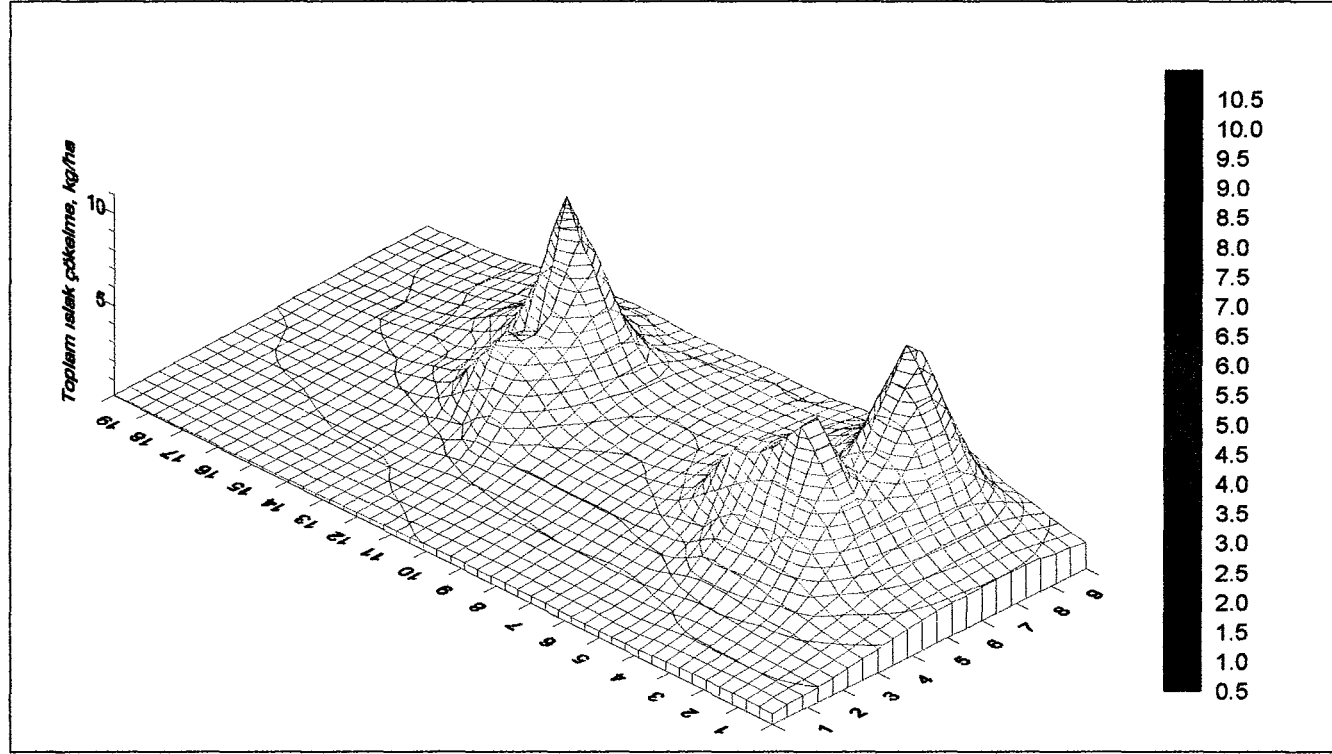
Şekil 4. 14. Türkiye üzerindeki 1996 yılı toplam çökelme (kg/ha)



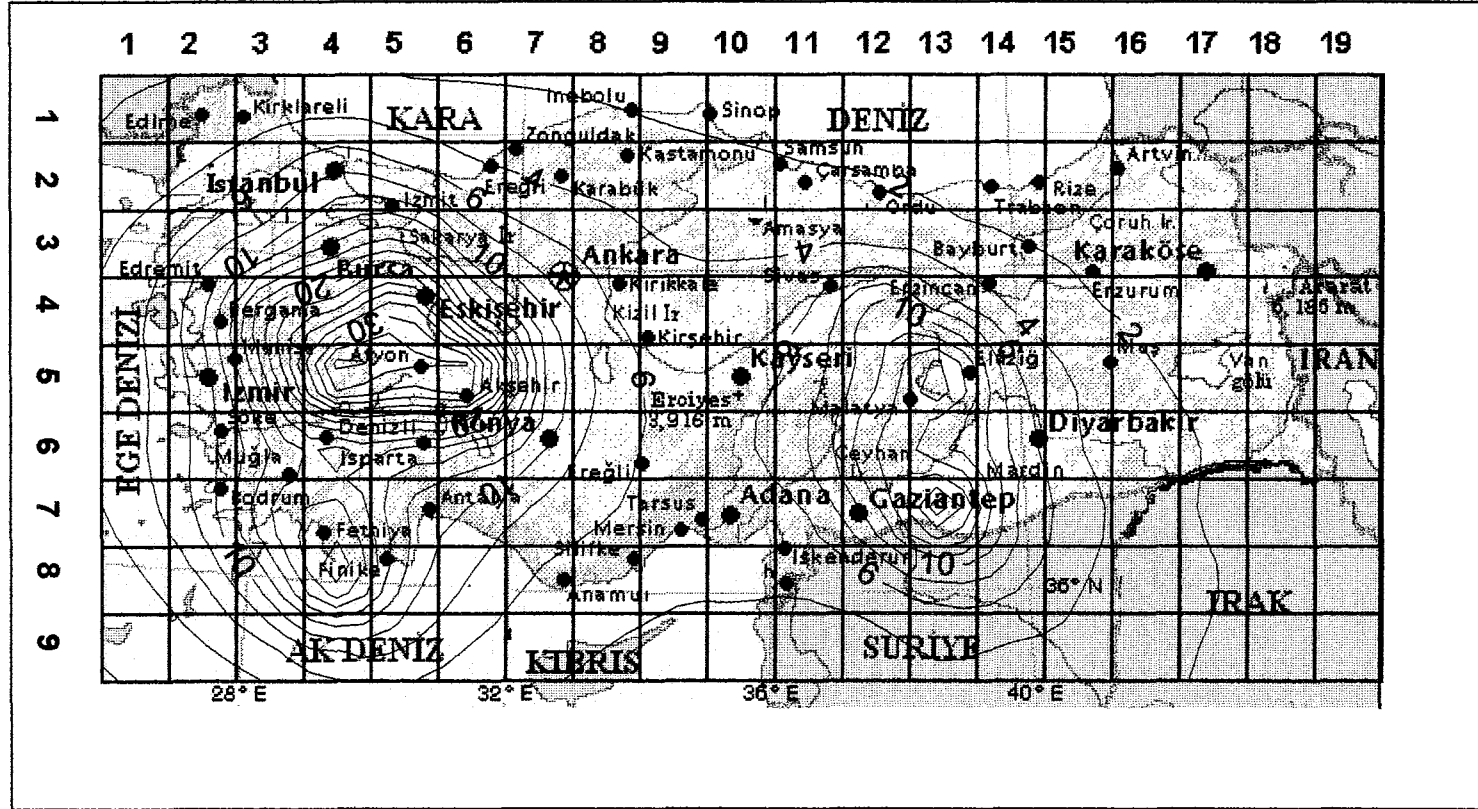
Şekil 4. 14a. Türkiye üzerindeki 1996 yılı toplam çökelme miktarının üç boyutlu gösterimi



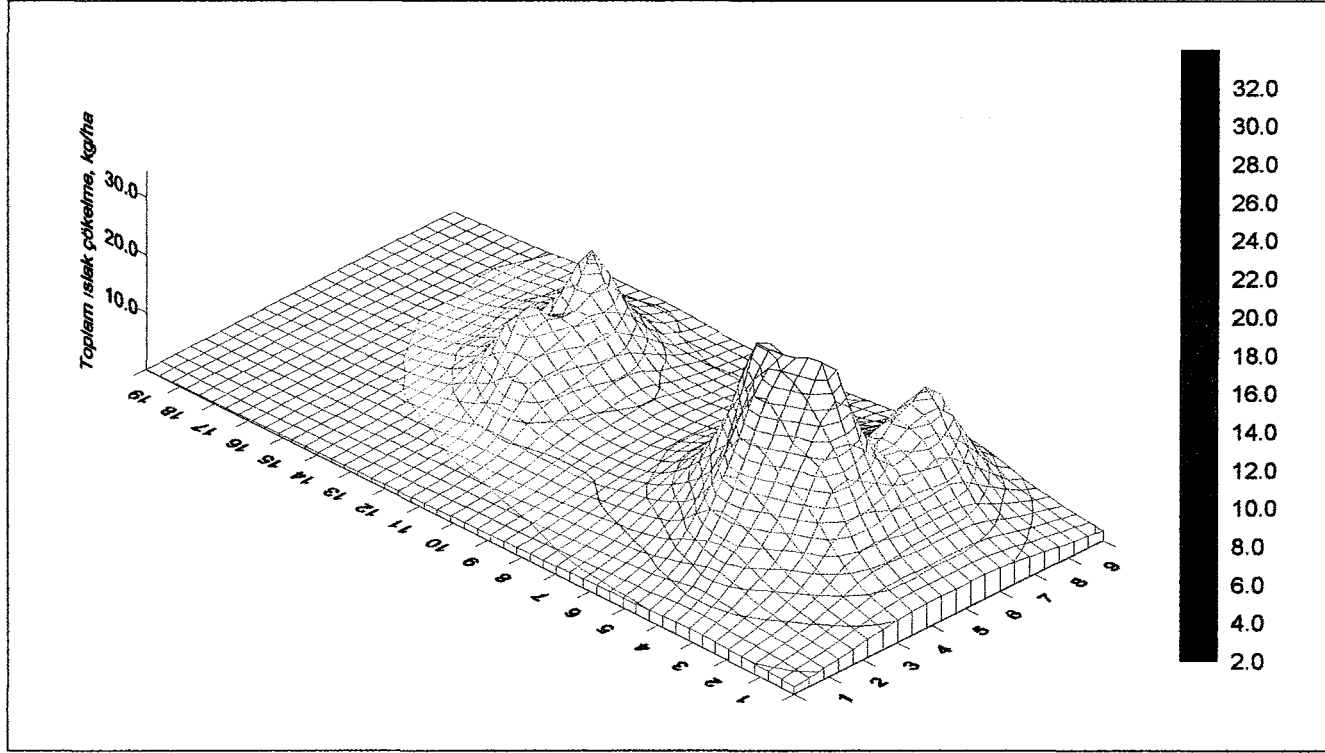
Şekil 4. 15. Türkiye üzerindeki 1995 yılı toplam ıslak çökelme (kg/ha)



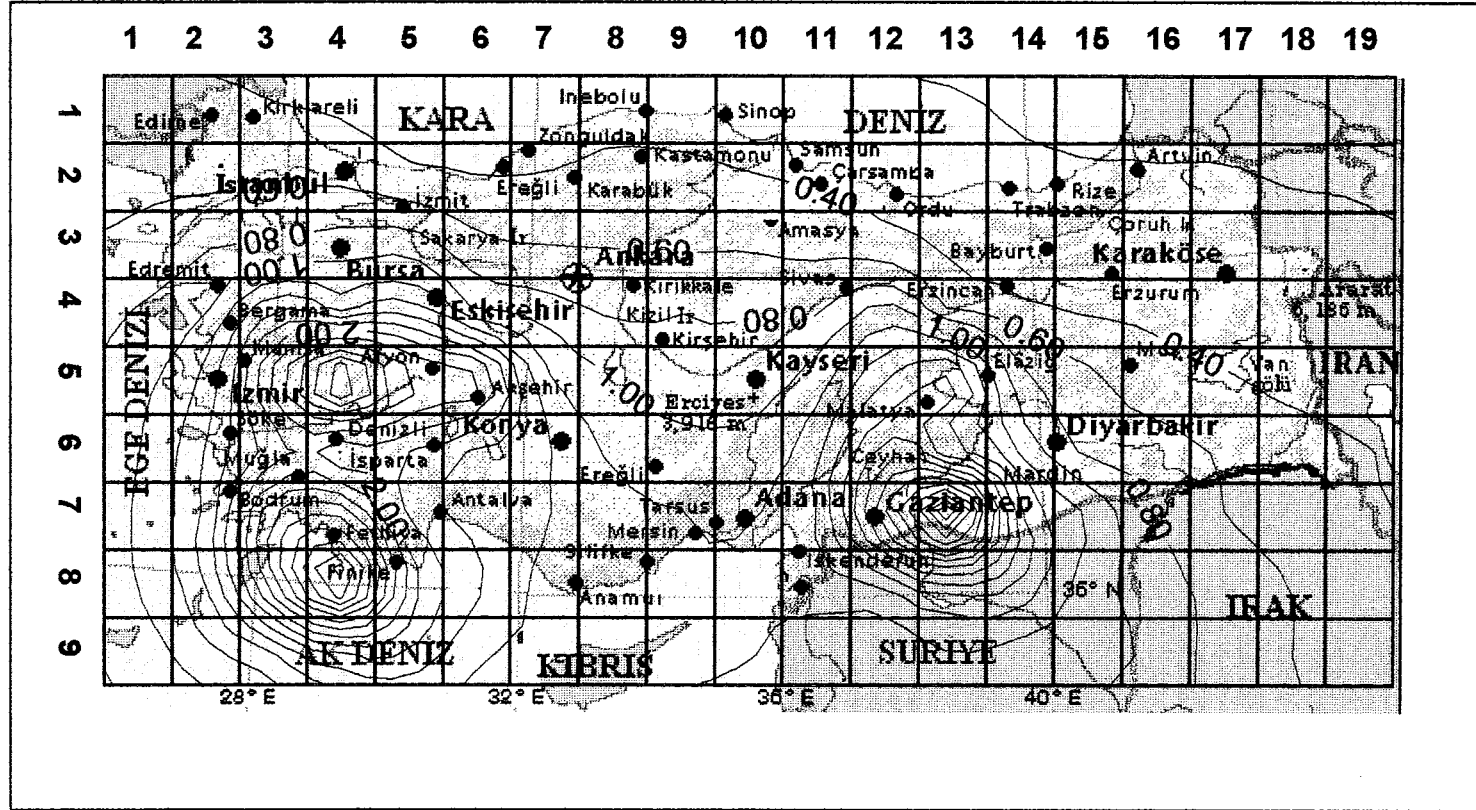
Şekil 4. 15a. Türkiye üzerindeki 1995 yılı toplam ıslak çökeltme miktarının üç boyutlu gösterimi



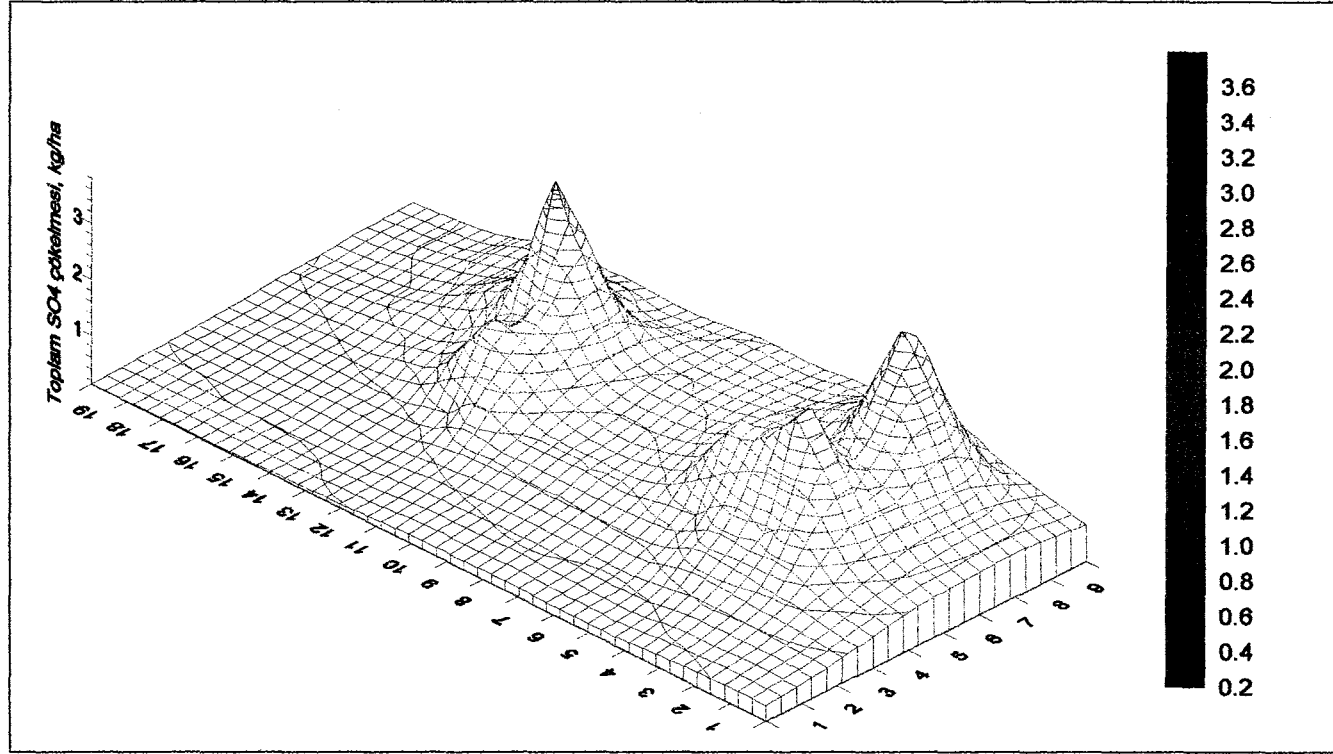
Şekil 4. 16. Türkiye üzerindeki 1996 yılı toplam ıslak çökeltme (kg/ha)



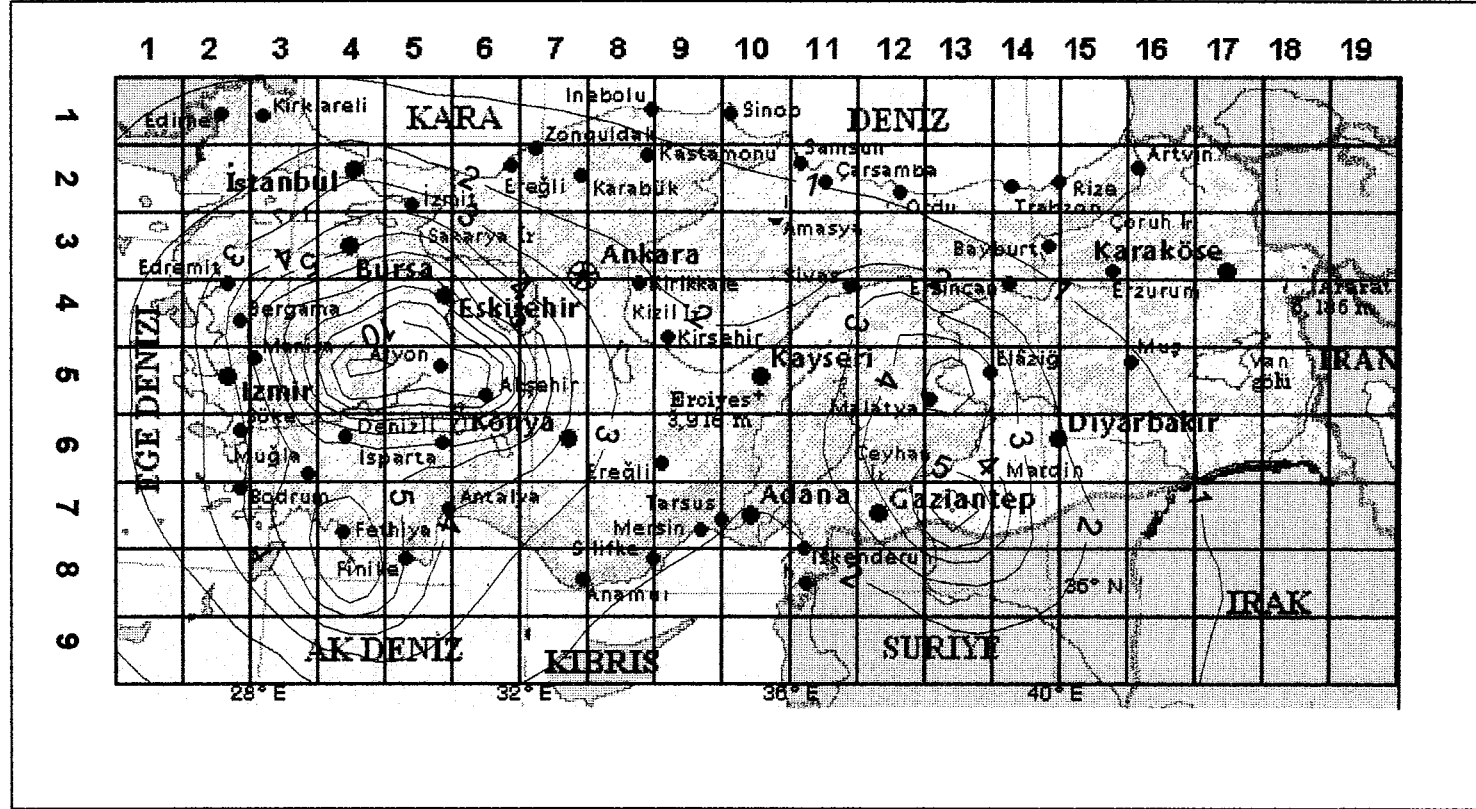
Şekil 4. 16a. Türkiye üzerindeki 1996 yılı toplam ıslak çökeltme miktarının üç boyutlu gösterimi



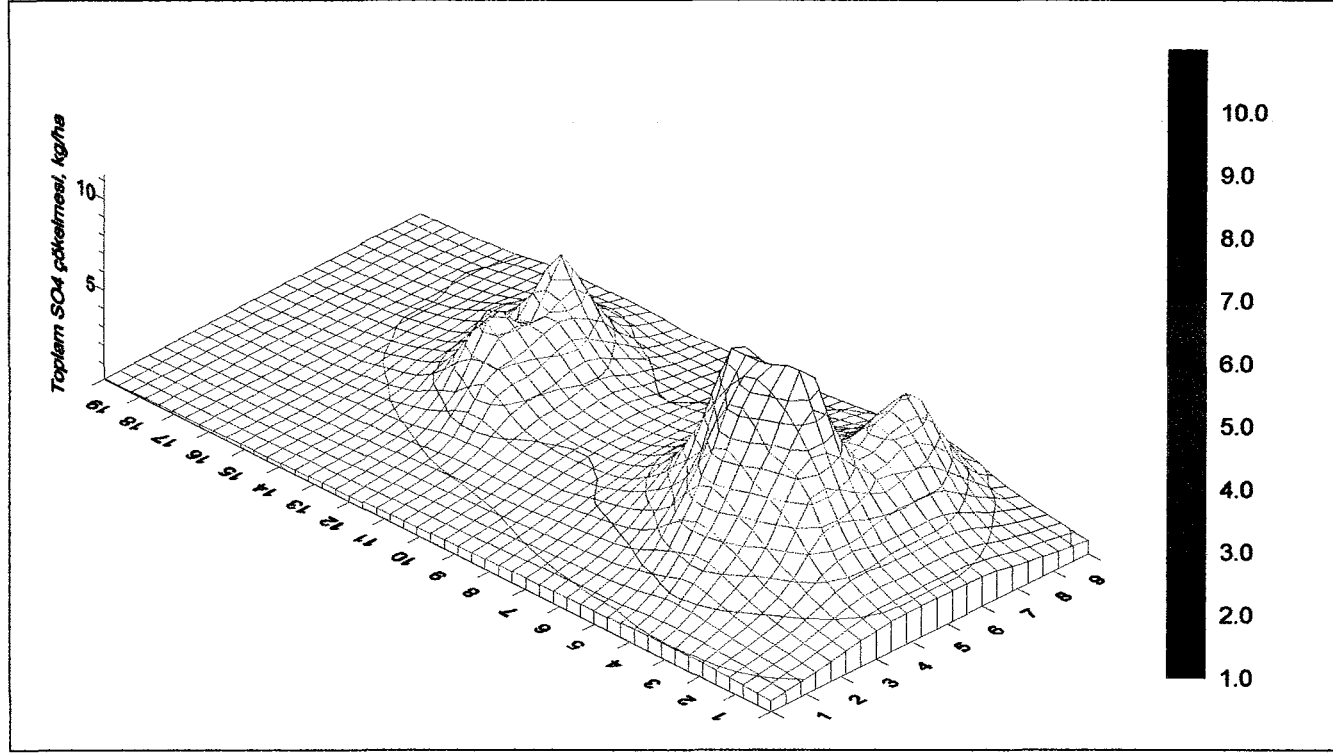
Şekil 4. 17. Türkiye üzerindeki 1995 yılı toplam SO_4^{2-} çökmesi (kg/ha)



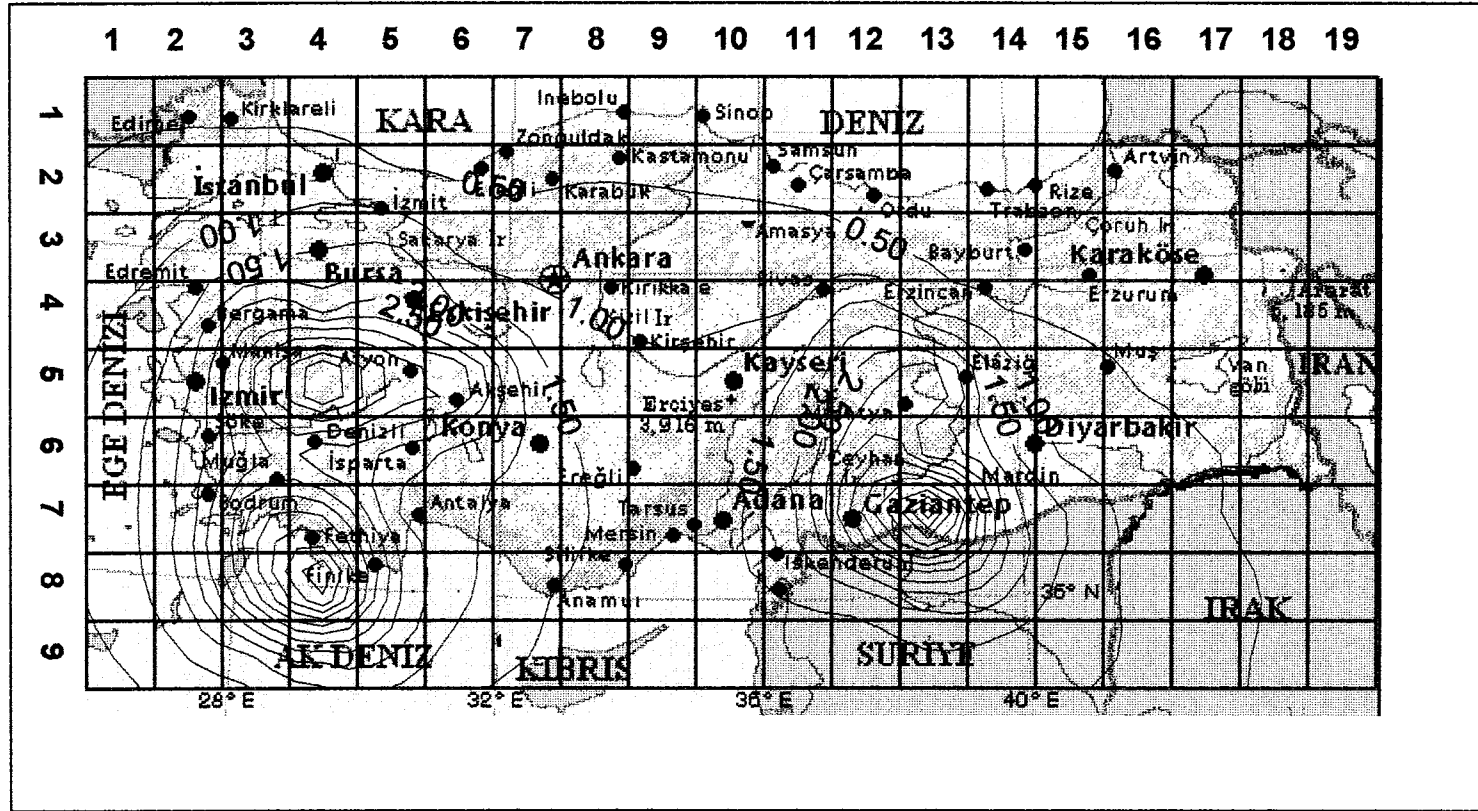
Şekil 4. 17a. Türkiye üzerindeki 1995 yılı toplam $\text{SO}_4^{=}$ çökelme miktarının üç boyutlu gösterimi



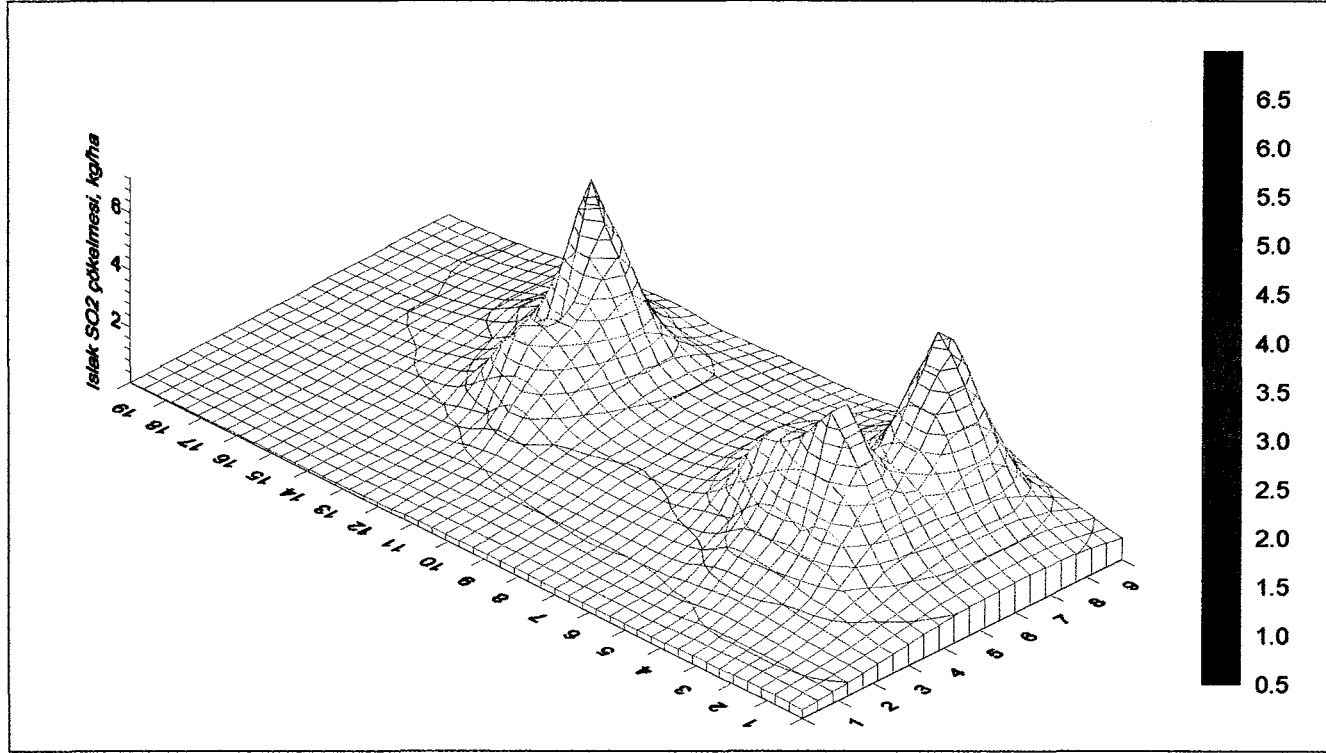
Şekil 4. 18. Türkiye üzerindeki 1996 yılı toplam SO_4^{2-} çökmesi (kg/ha)



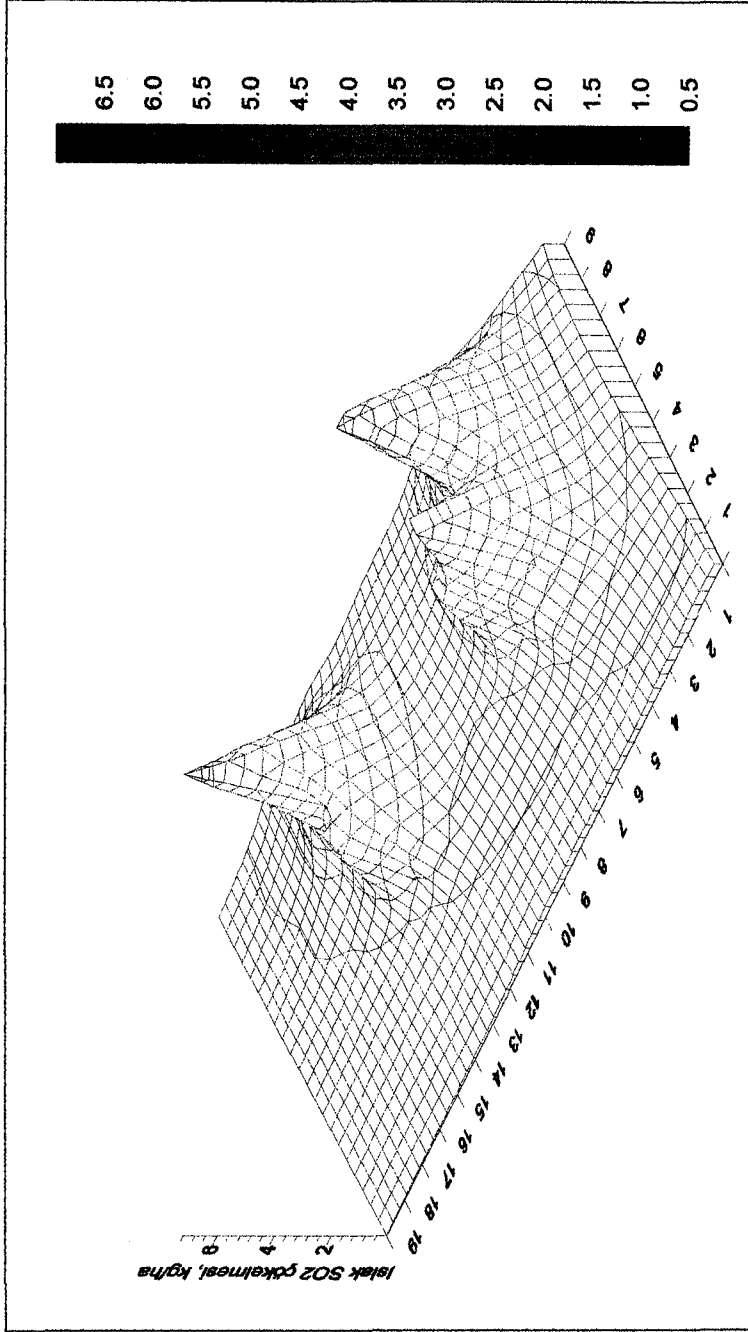
Şekil 4. 18a. Türkiye üzerindeki 1996 yılı toplam SO_4 çökelme miktarının üç boyutlu gösterimi



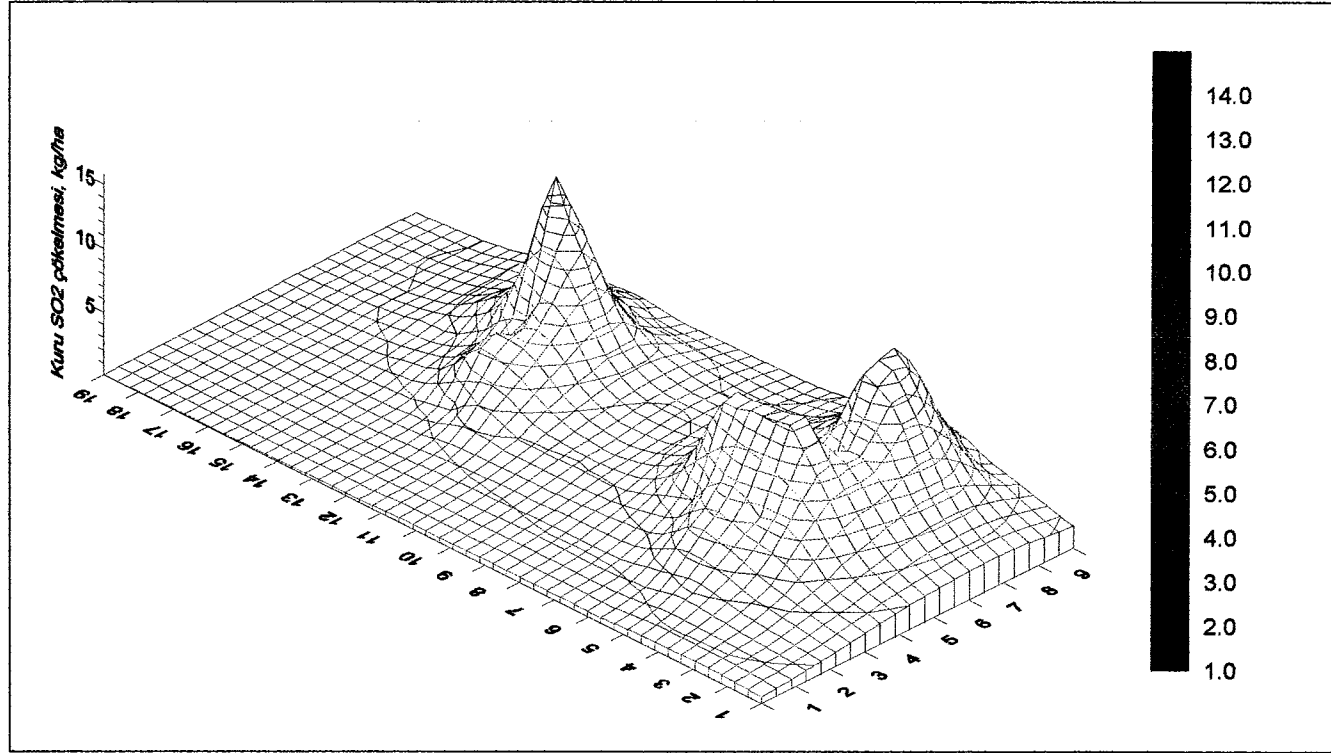
Şekil 4. 19. Türkiye üzerindeki 1995 yılı ıslak SO₂ çökeltmesi (kg/ha)



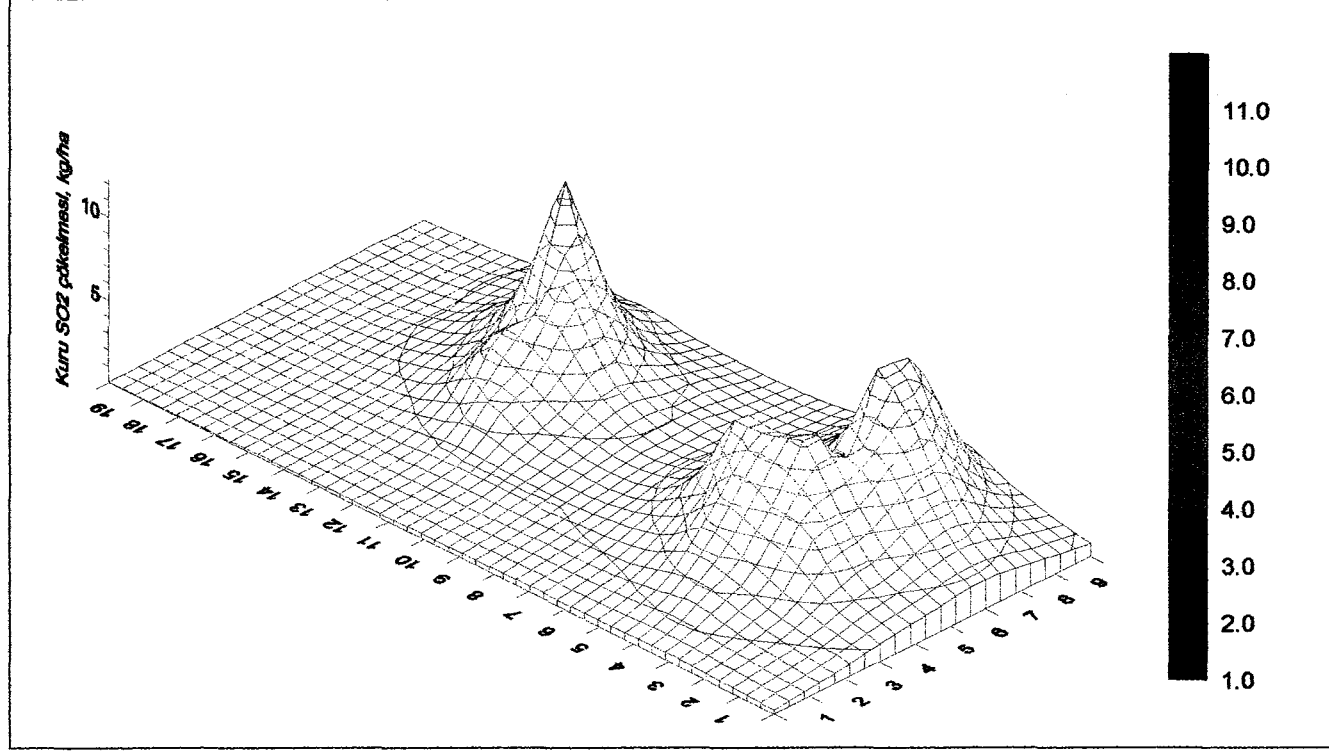
Şekil 4. 19a. Türkiye üzerindeki 1995 yılı ıslak SO₂ çökme miktarının üç boyutlu gösterimi



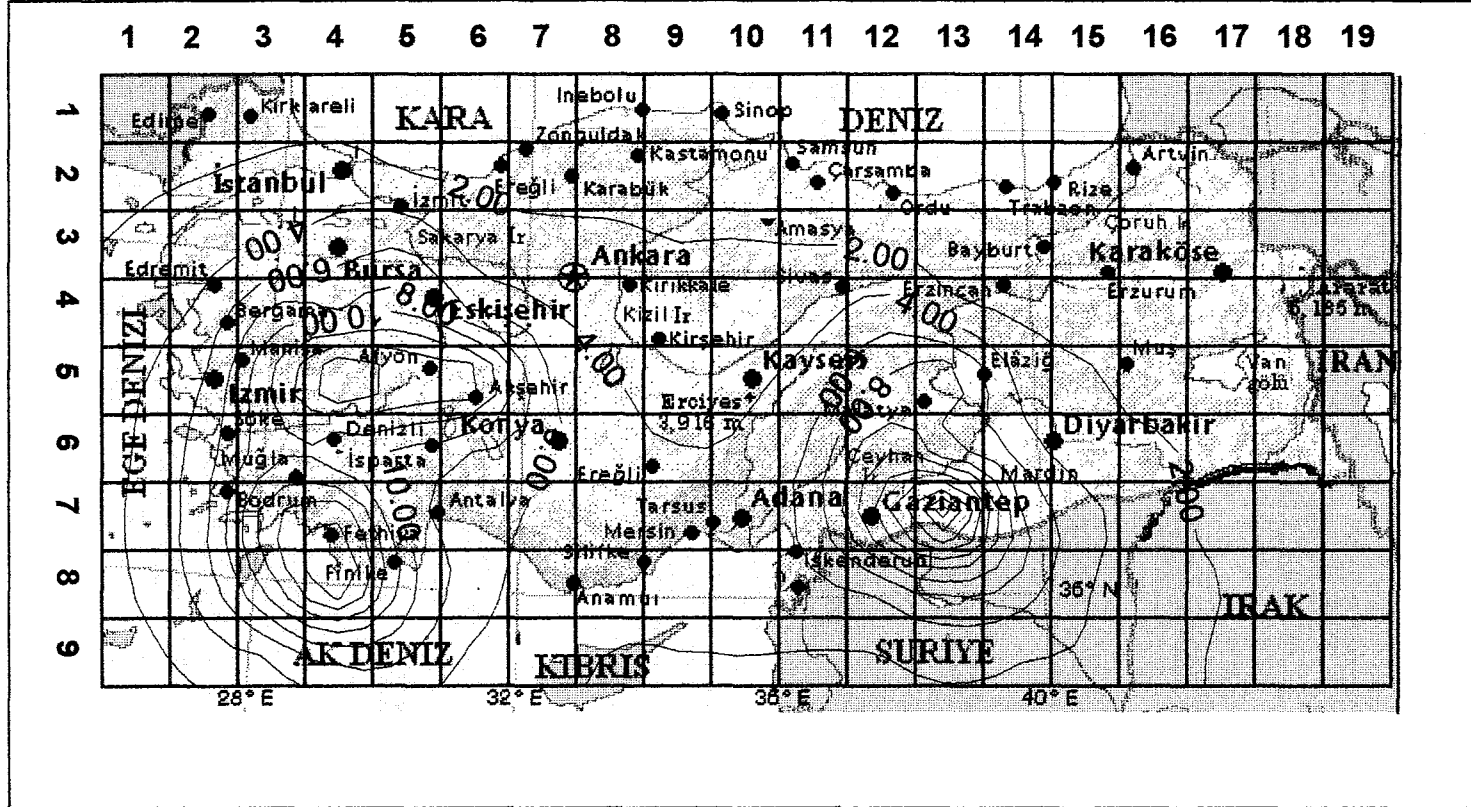
Şekil 4. 20a. Türkiye üzerindeki 1996 yılı ıslak SO₂ çökeltme miktarının üç boyutlu gösterimi



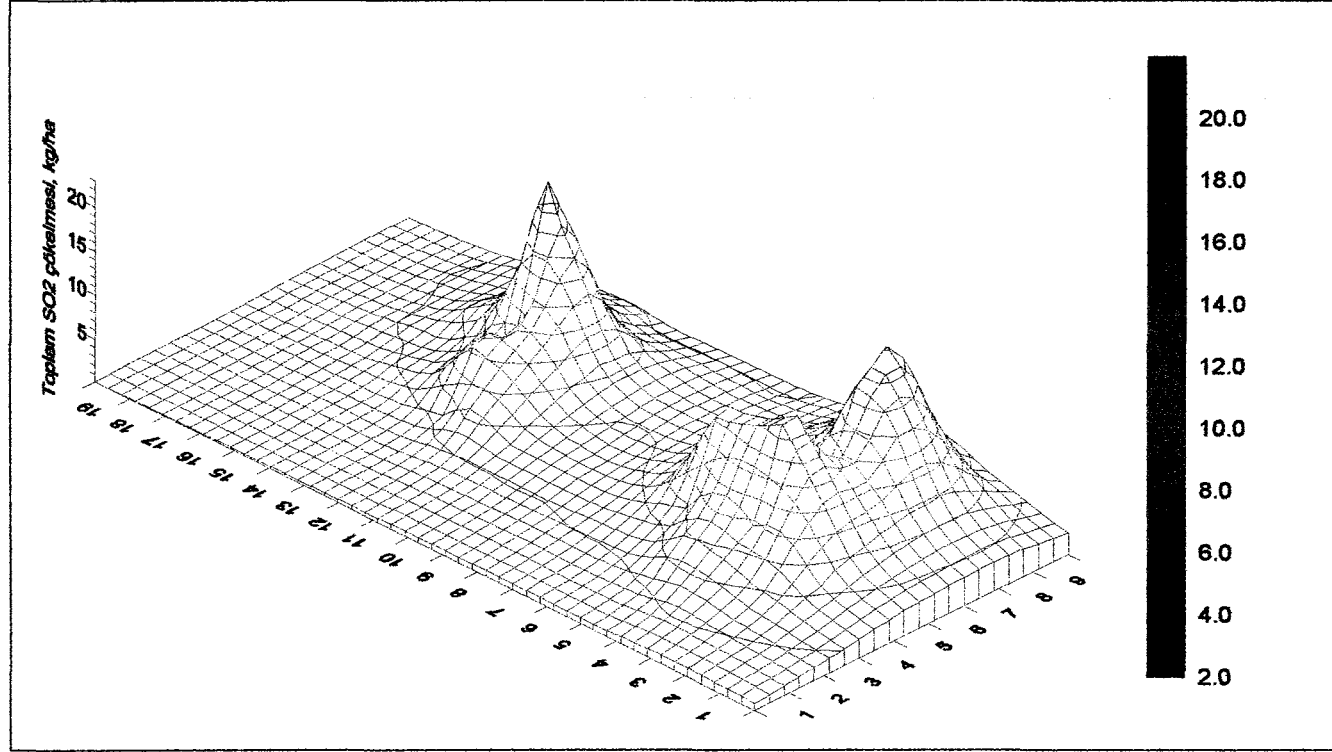
Şekil 4.21a. Türkiye üzerindeki 1995 yılı kuru SO₂ çökelme miktarının üç boyutlu gösterimi



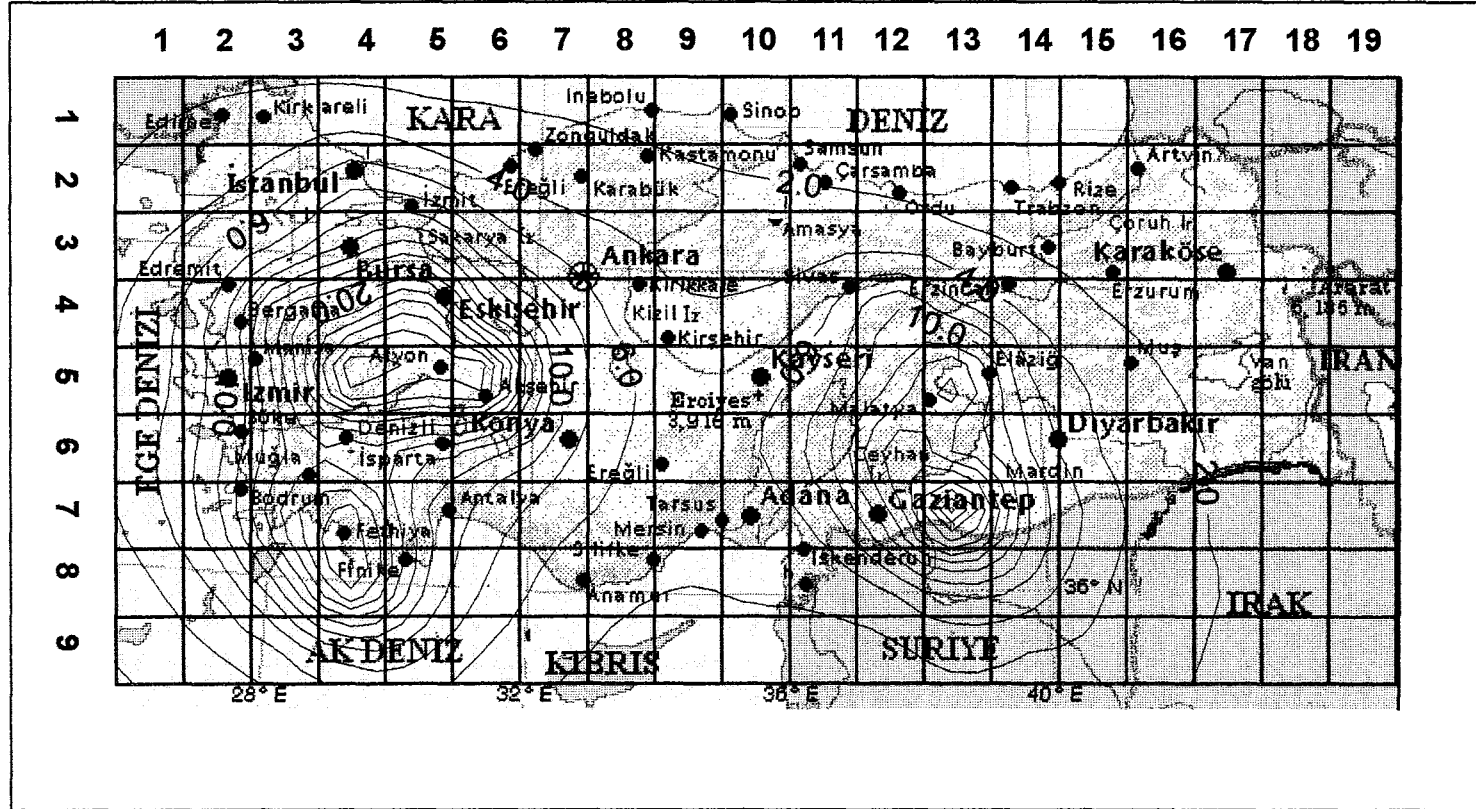
Şekil 4. 22a. Türkiye üzerindeki 1996 yılı kuru SO₂ çökelme miktarının üç boyutlu görünümü



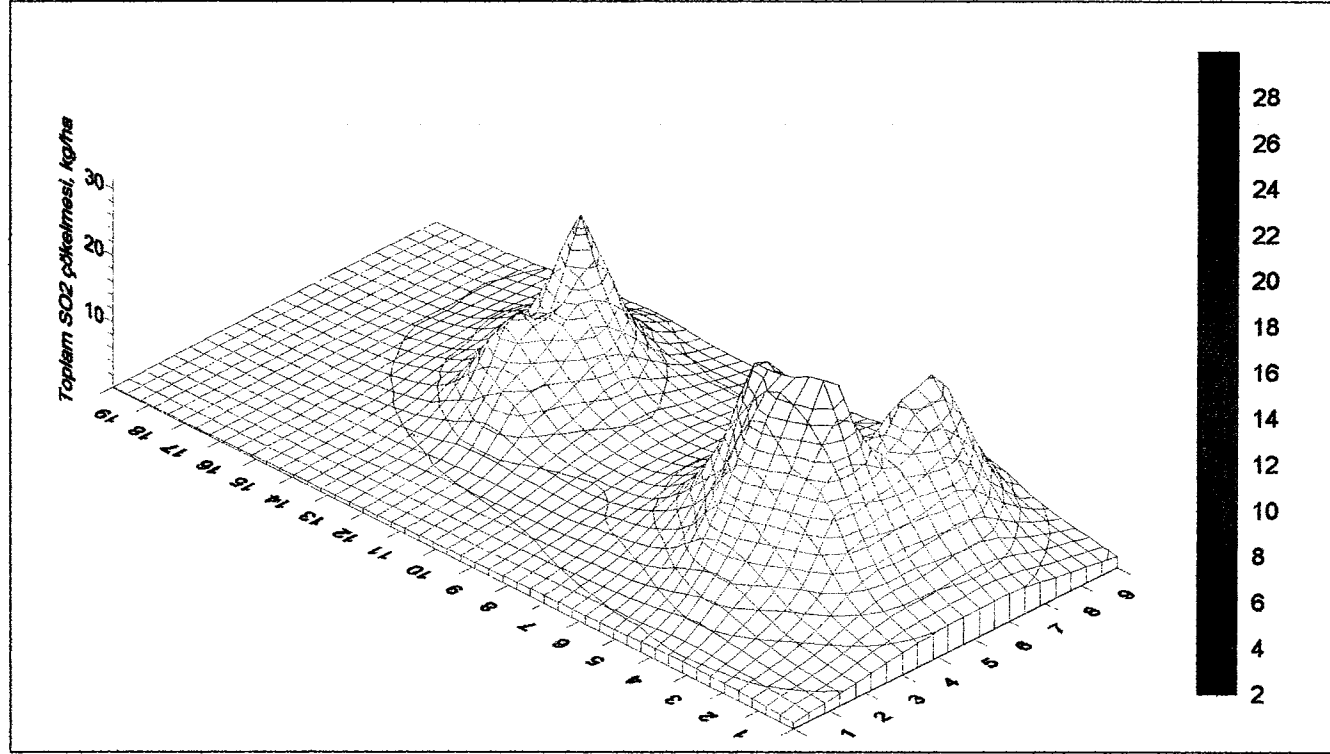
Şekil 4. 23. Türkiye üzerindeki 1995 yılı toplam SO₂ çökmesi (kg/ha)



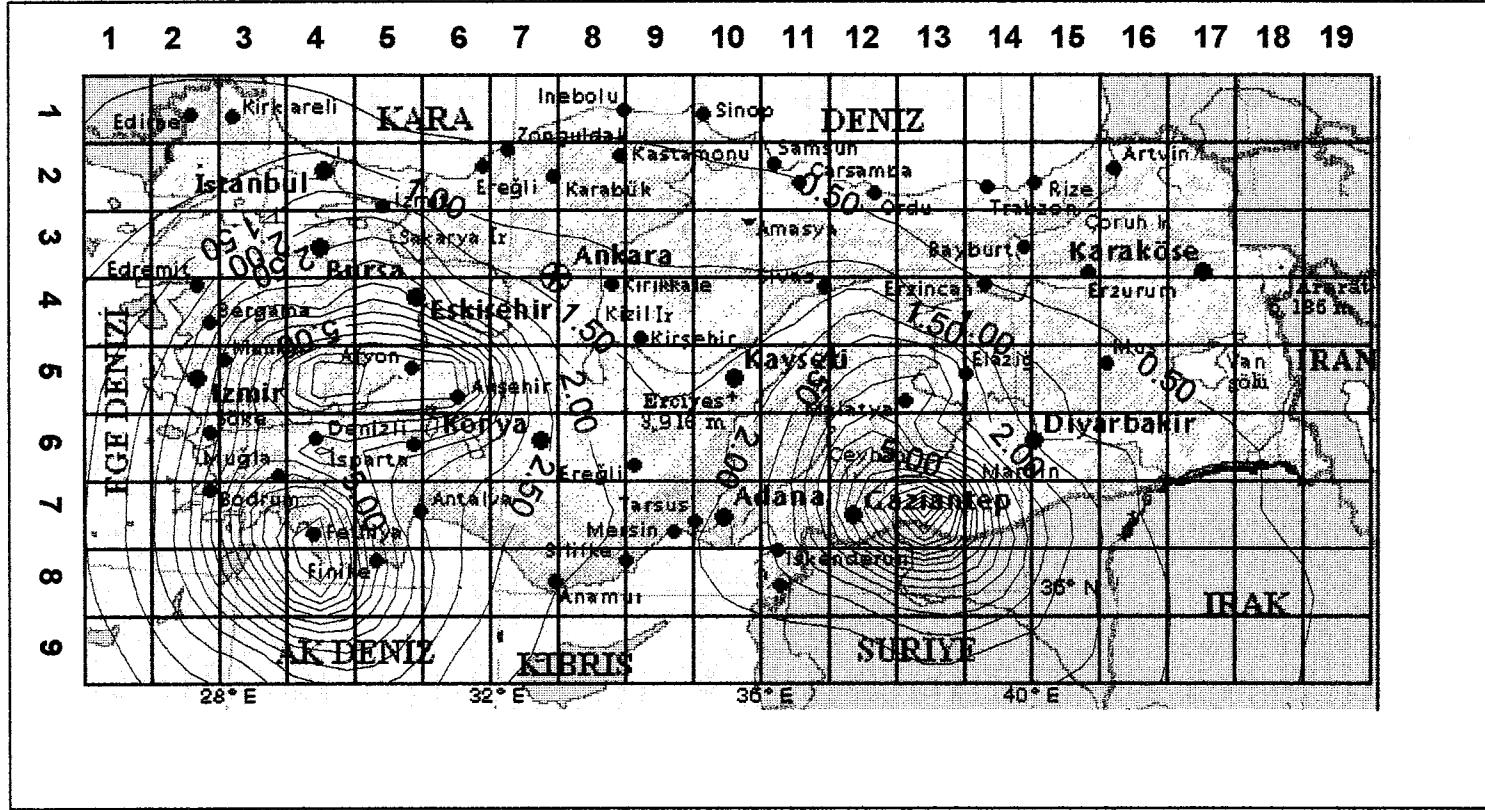
Şekil 4. 23a. Türkiye üzerindeki 1995 yılı toplam SO₂ çökelme miktarının üç boyutlu görünümü



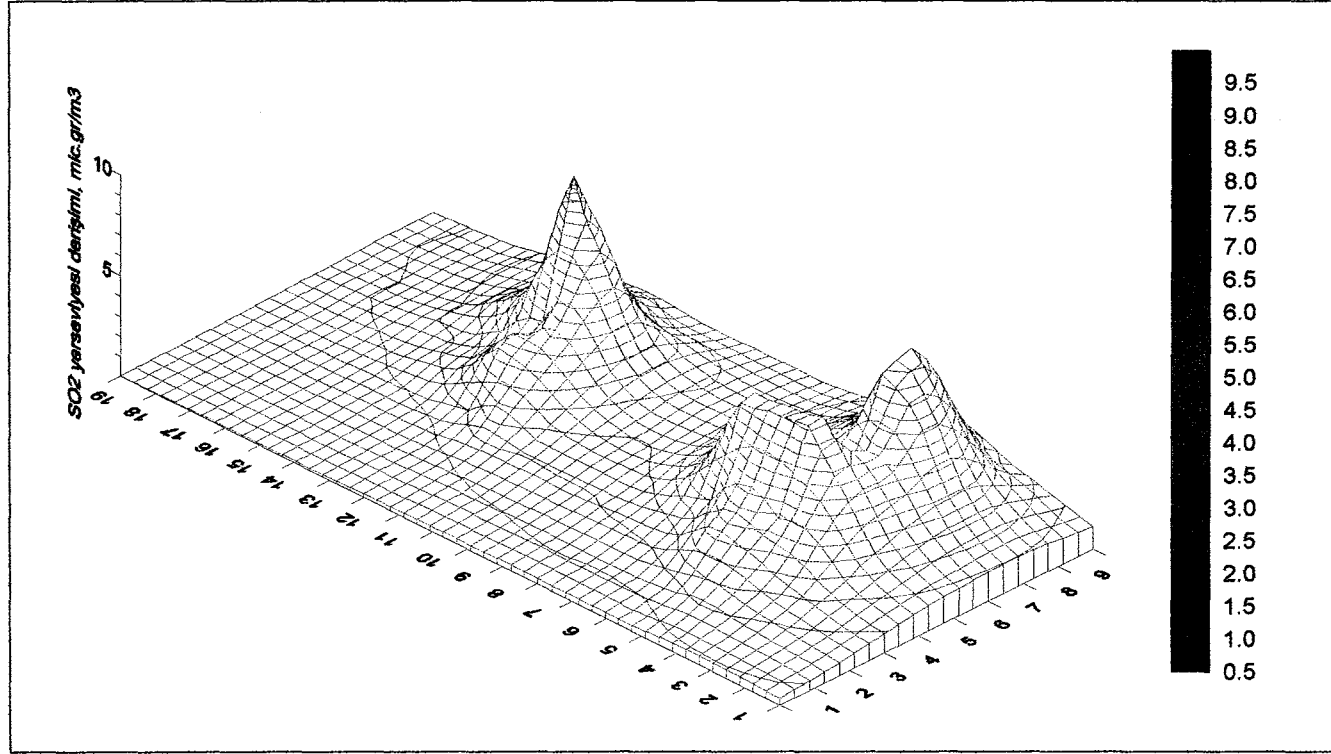
Şekil 4. 24. Türkiye üzerindeki 1996 yılı toplam SO₂ çökmesi (kg/ha)



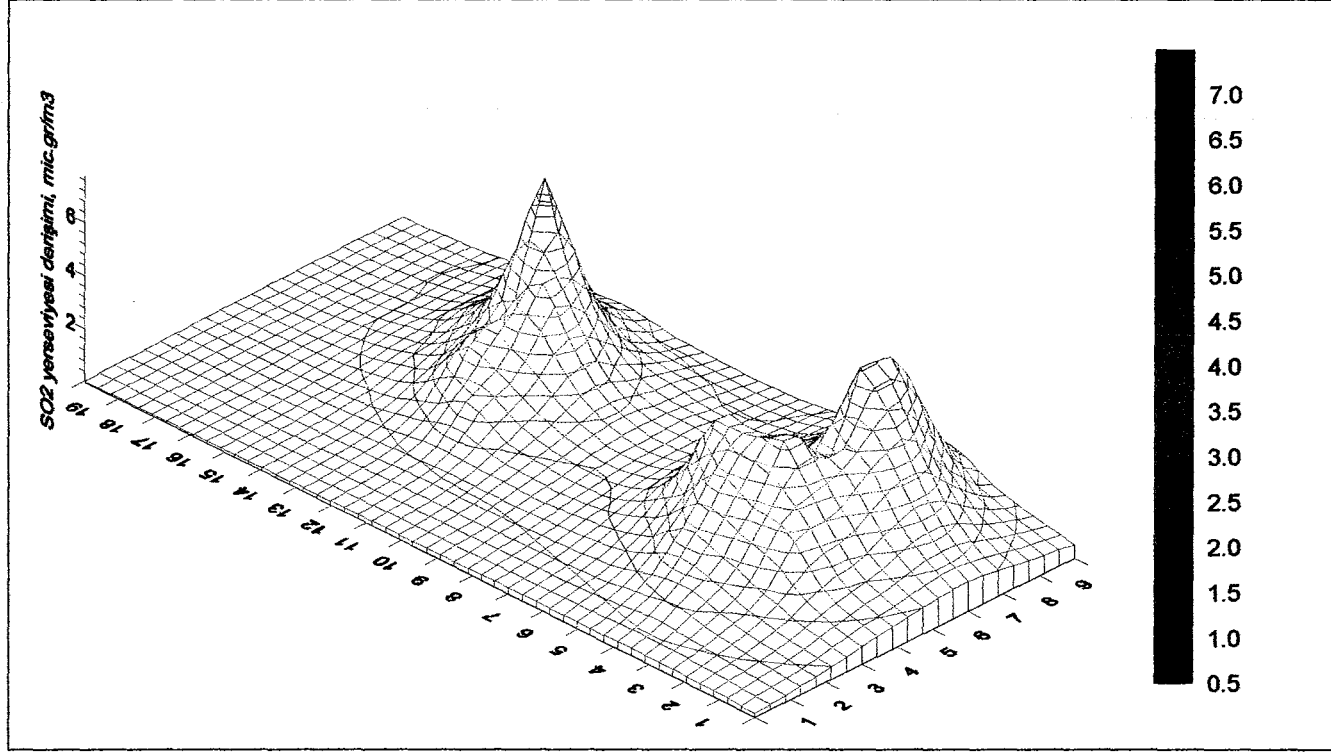
Şekil 4. 24a. Türkiye üzerindeki 1996 yılı toplam SO₂ çökelme miktarının üç boyutlu görünümü



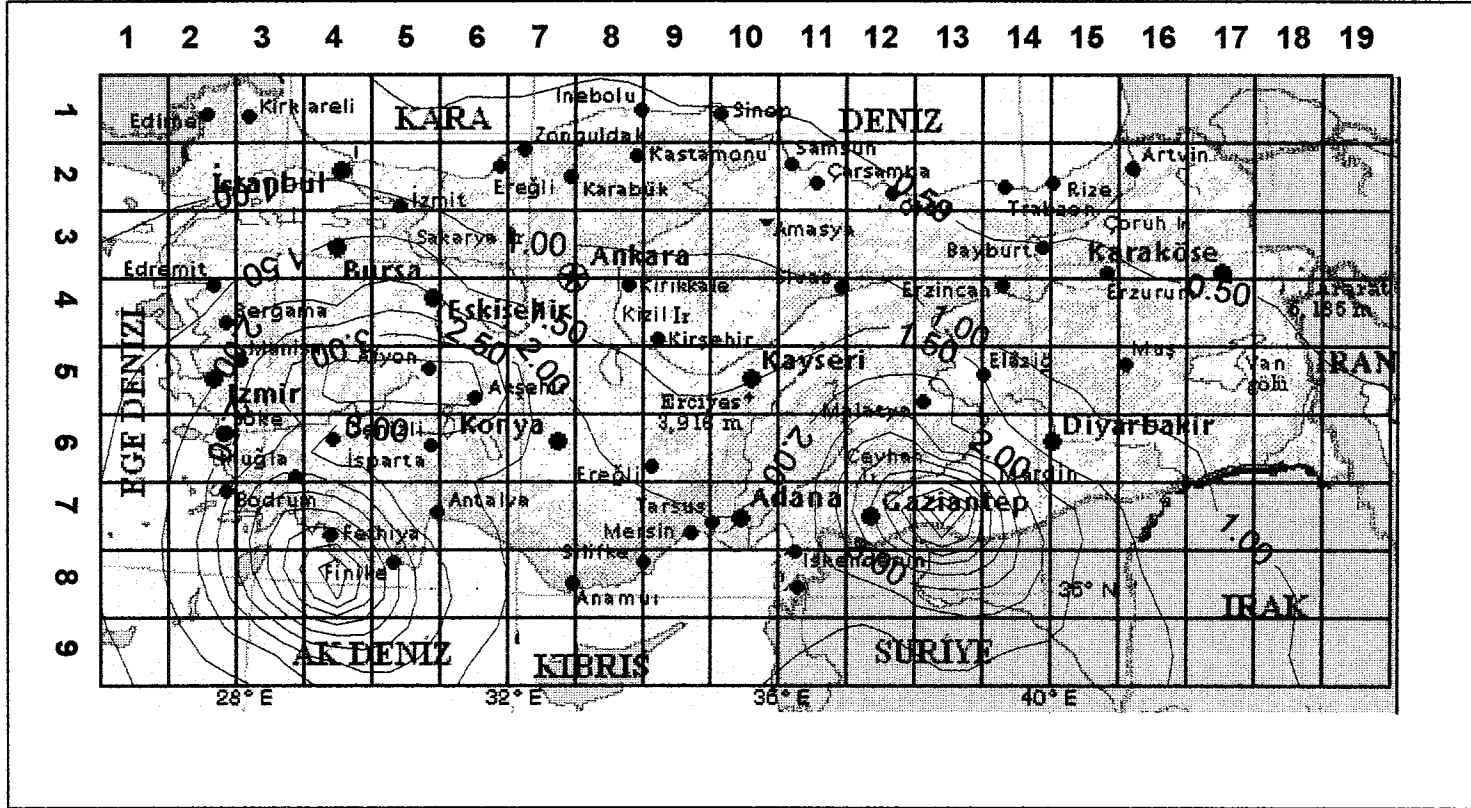
Şekil 4. 25. Türkiye üzerindeki 1995 yılı SO₂ yer seviyesi derişimi (µg/m³)



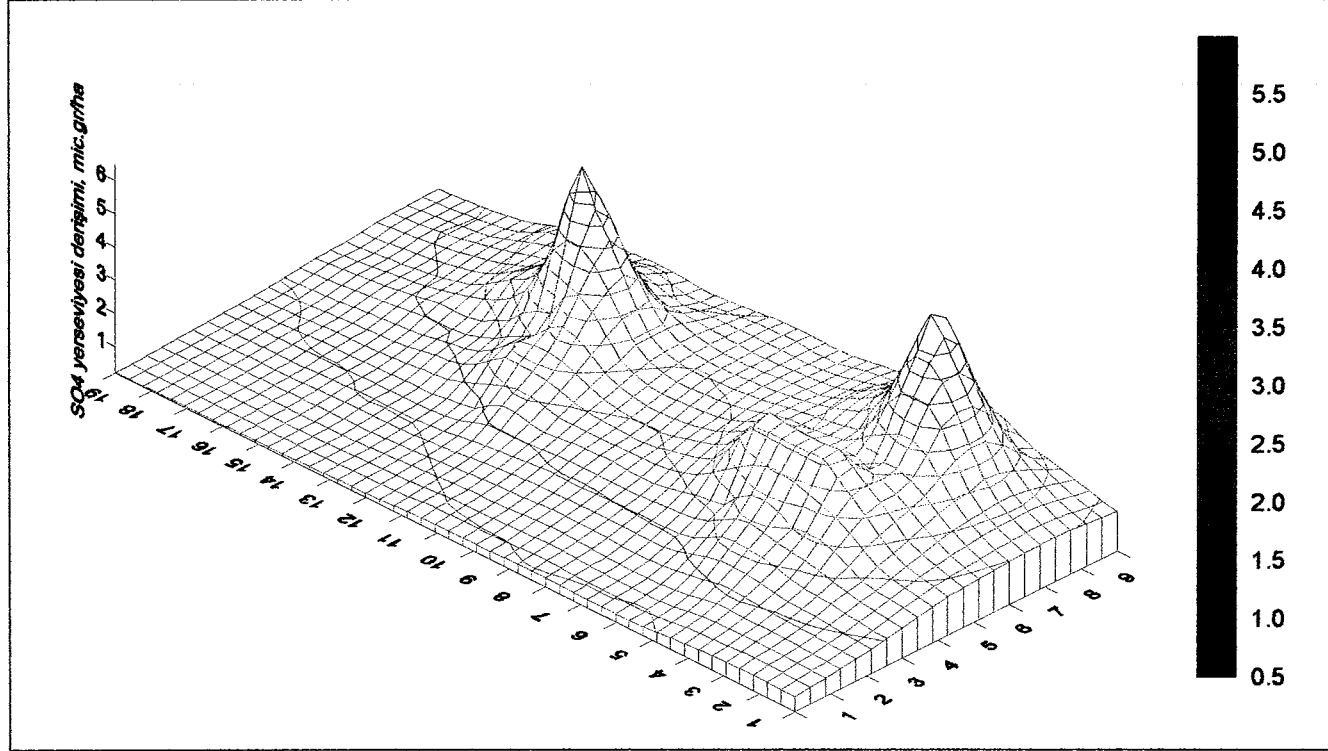
Şekil 4. 25a. Türkiye üzerindeki 1995 yılı SO₂ yersel seviyesi değişim değerinin üç boyutlu gösterimi



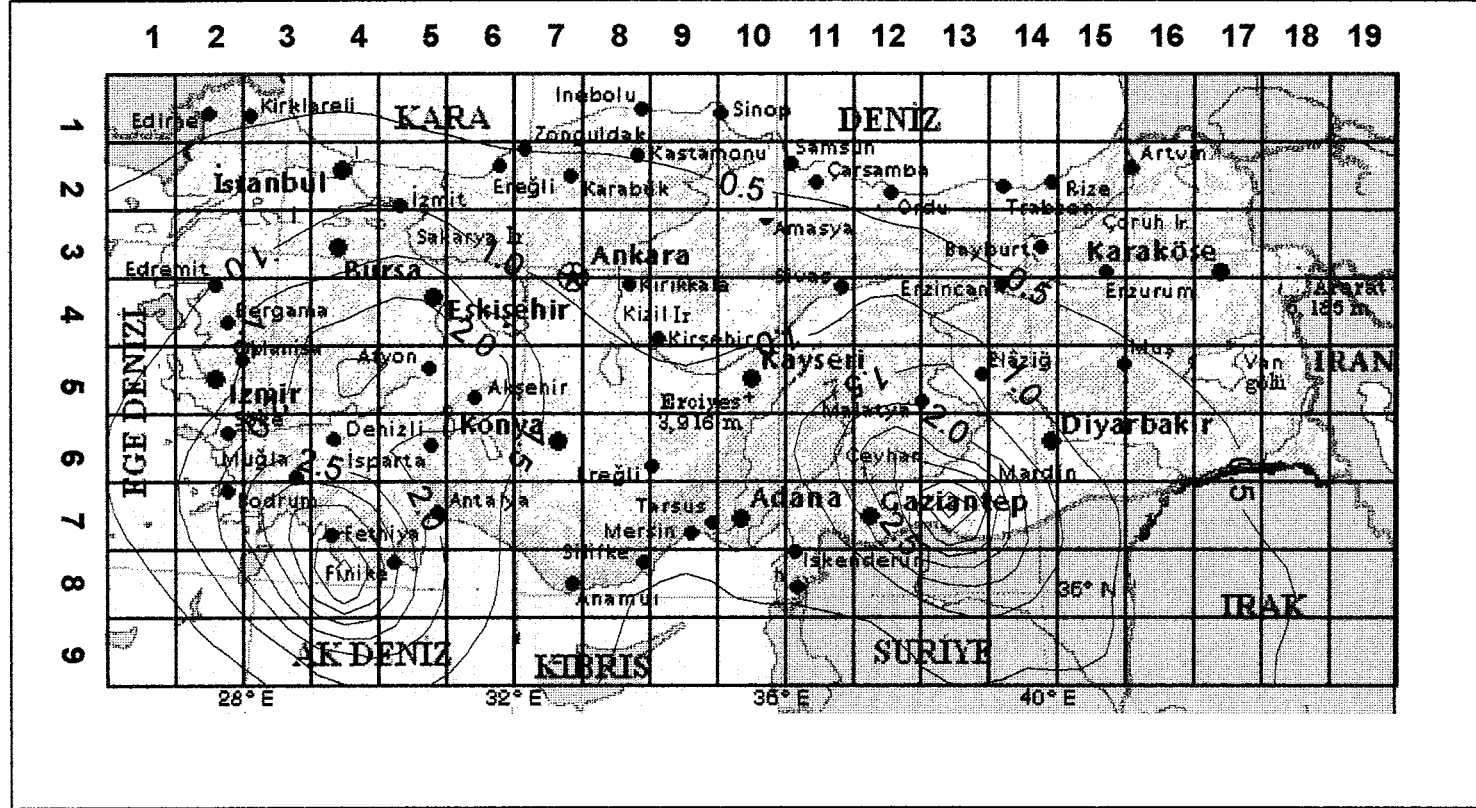
Şekil 4.26a. Türkiye üzerindeki 1996 yılı SO₂ yerselviyesi derişim değeriniii üç boyutlu gösterimi



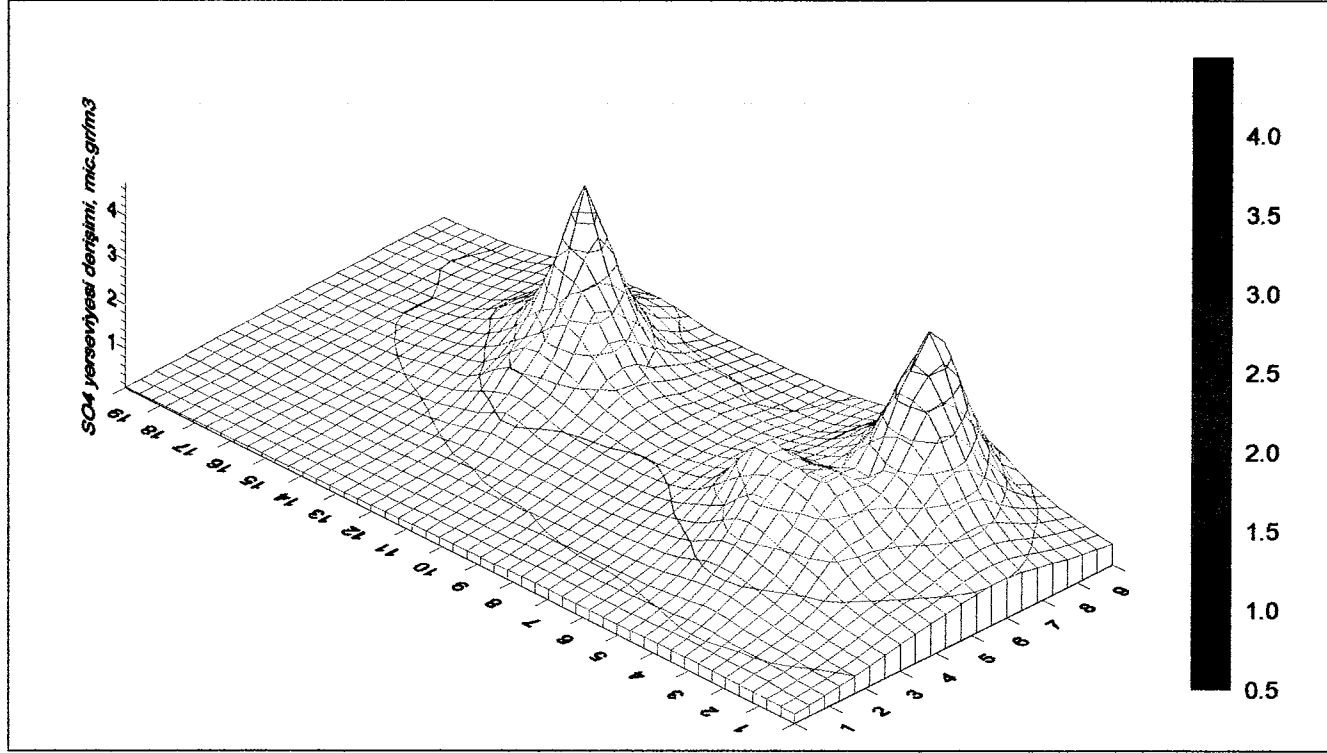
Şekil 4. 27. Türkiye üzerindeki 1995 yılı SO_4^{2-} yersel seviyesi dağılımı ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



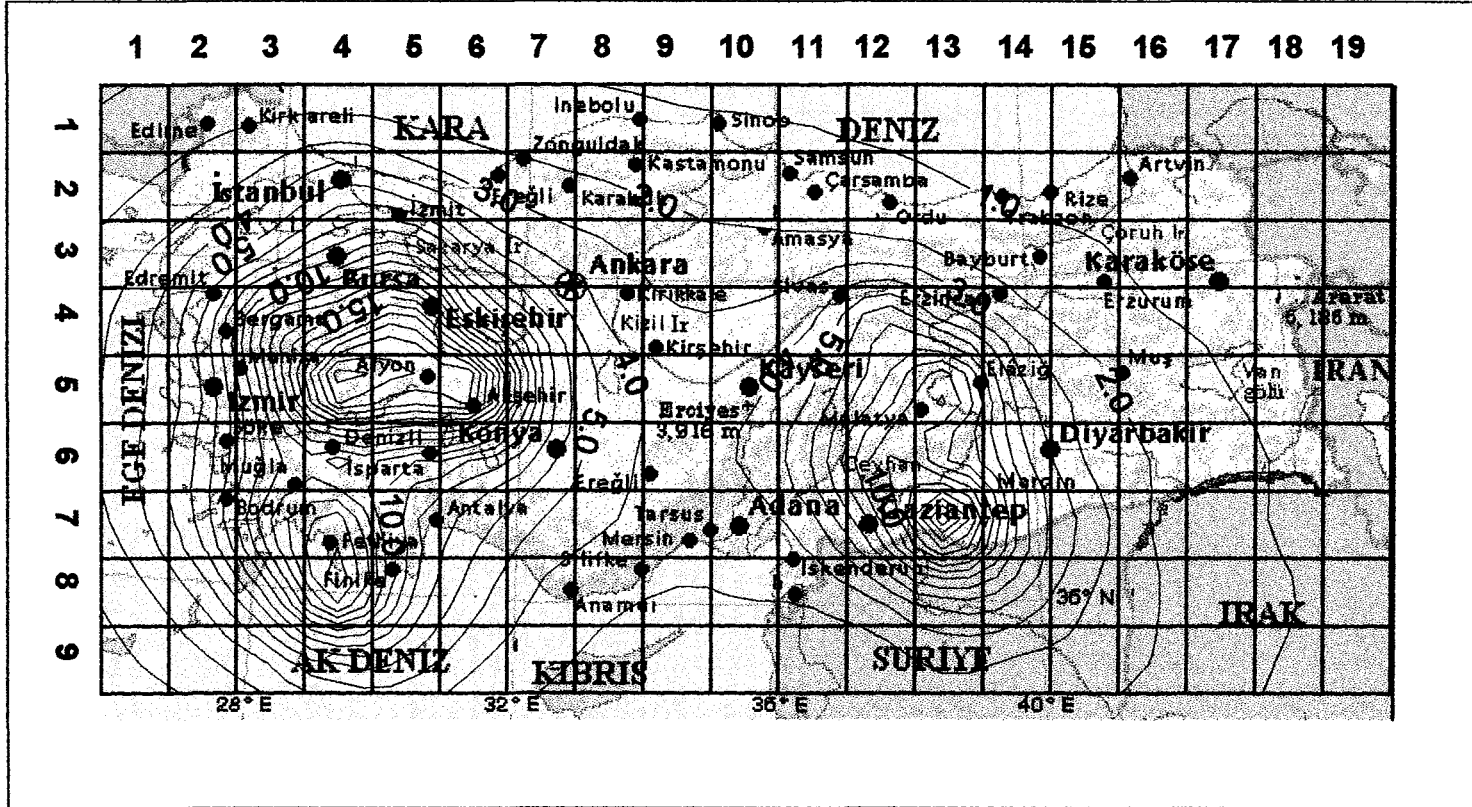
Şekil 4.27a. Türkiye üzerindeki 1995 yılı $\text{SO}_4^{=}$ yerveviyesi derişim değerinin üç boyutlu gösterimi



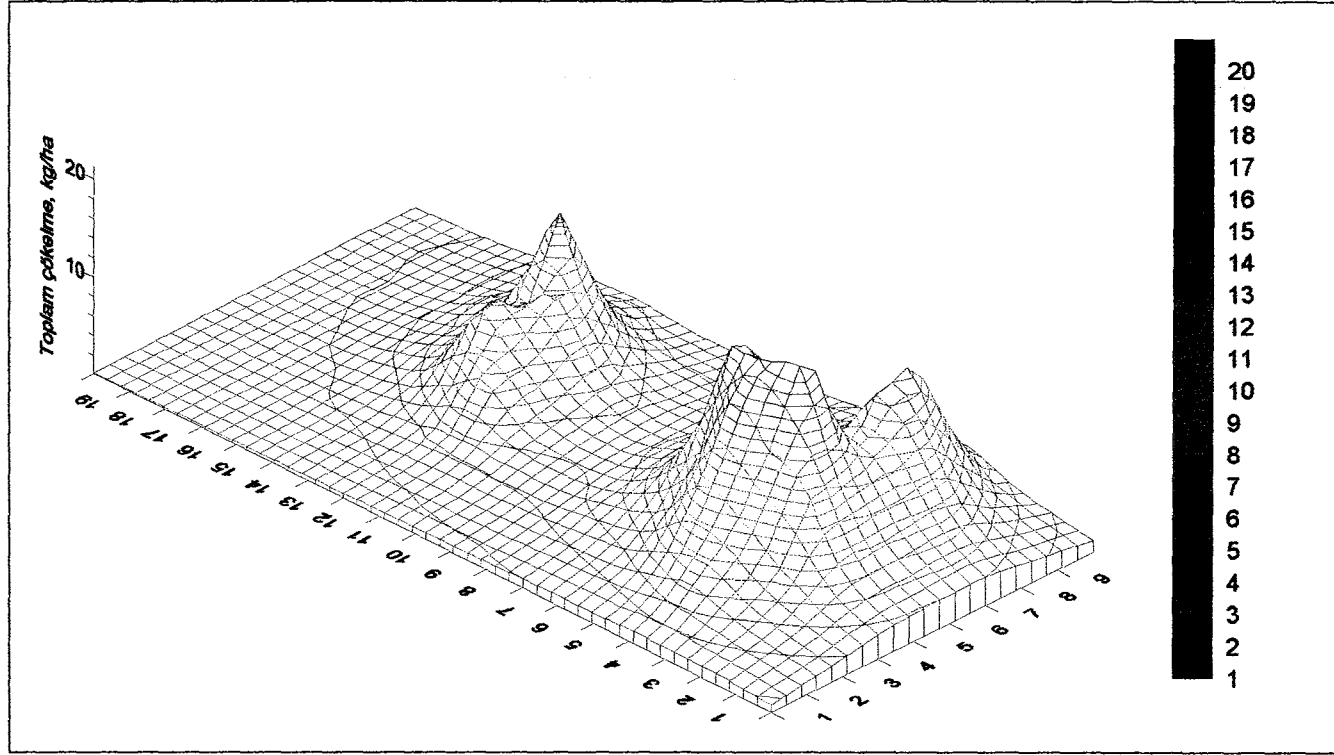
Şekil 4. 28. Türkiye üzerindeki 1996 yılı SO_4^{2-} yerseviyesi derişimi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



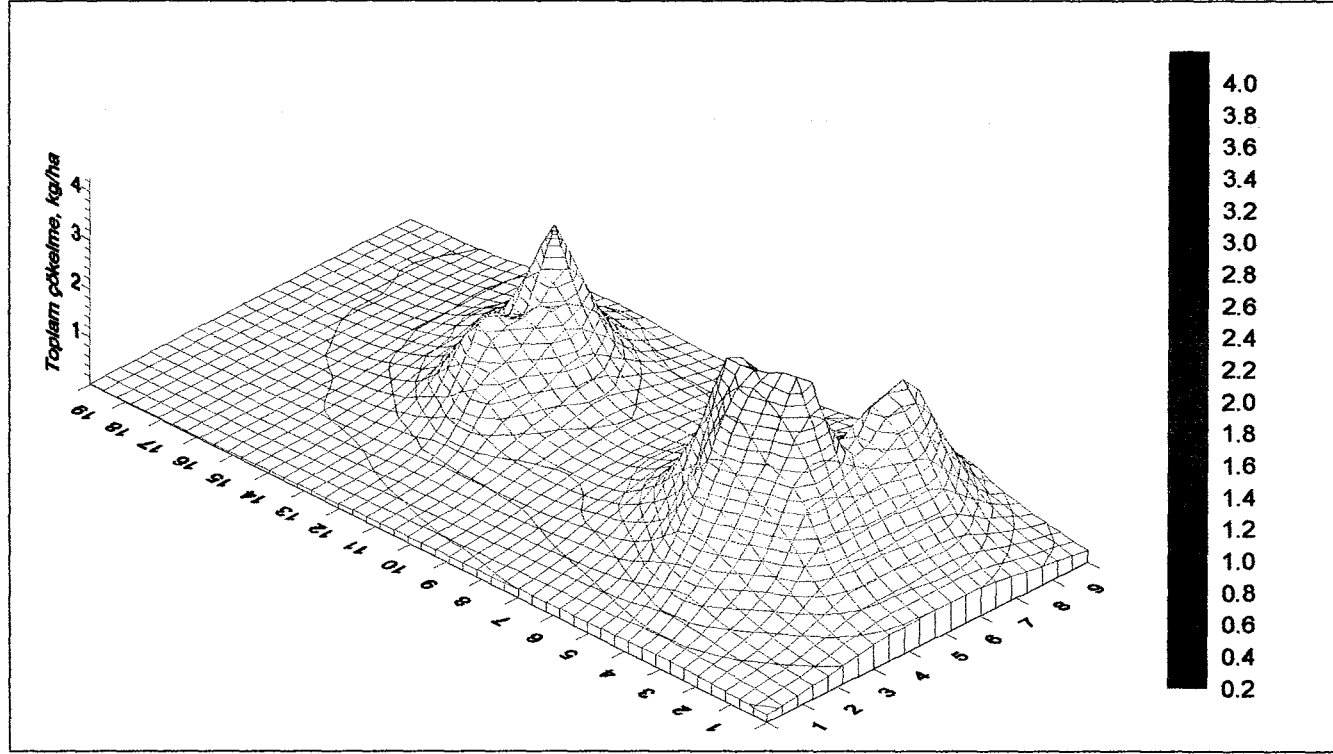
Şekil 4.28a. Türkiye üzerindeki 1996 yılı SO_4 yersel yığılma değeri değişiminin üç boyutlu gösterimi



Şekil 4. 29. Termik santrallerin emisyon miktarının % 50 oranında azaltılması sonucu Türkiye üzerindeki toplam çökelme (kg/ha)



Şekil 4. 29a. Termik santrallerin emisyon miktarının % 50 oranında azaltılması sonucu Türkiye üzerindeki toplam çökelme miktarının üç boyutlu gösterimi



Şekil 4. 30a. Termik santrallerin emisyon miktarının % 90 oranında azaltılması sonucu Türkiye üzerindeki toplam çökeltme miktarının üç boyutlu gösterimi

4.2.2 2010 Yılına Kadar Kurulması Planlanan Termik Santrallerinin Neden Olacağı Türkiye Üzerindeki Toplam Kükürt Çökmesi

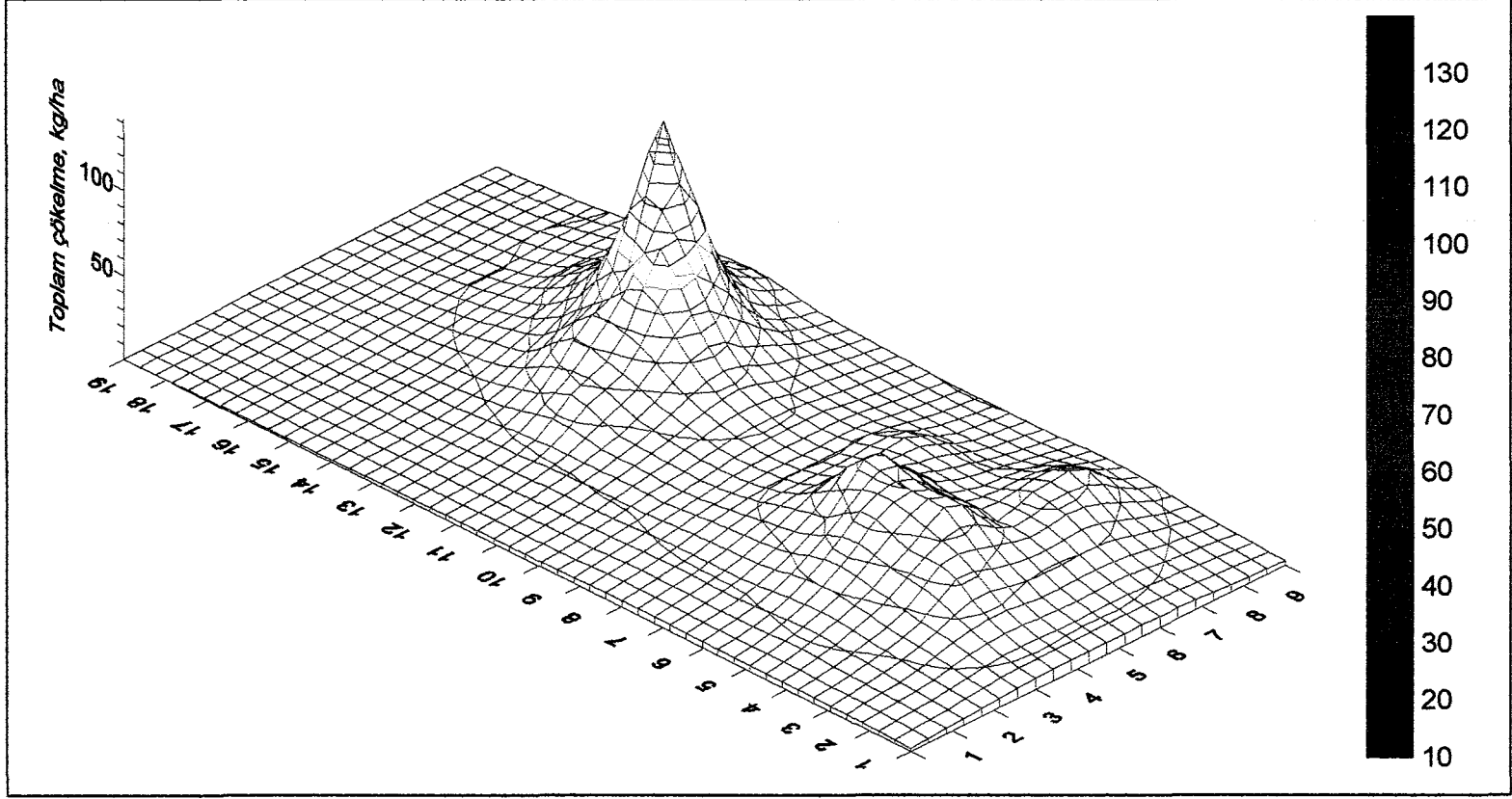
Bu bölümde, Türkiye’de 2010 yılına kadar kurulması hedeflenen termik santrallardan kaynaklanacak kükürt çökelmeleri tahmin edilmiştir. 2010 yılına kadar kurulması planlanan termik santrallerin listesi Altaş vd. çalışmasından elde edilmiştir [31].

Kurulması planlanan bu termik santraller için emisyon envanterleri kullanılan yakıt türüne ve santral kurulu gücüne bağlı olarak oluşturulmuştur. Bu 14 yıl içerisinde termik santrallarda baca gazı kükürt giderme sistemleri kullanılmadığı zaman oluşacak tahmini emisyon miktarları Çizelge 4.10’da verilmiştir.

Çizelge 4.10 2010 yılında Türkiye için termik santrallerin emisyon miktarları

Grid Koordinatı	Santral adı	Kurulu gücü MW	Emisyon miktarı, ton/yıl
(6,3)	Yatagan	630	244798
(6,12)	Afşin-Elbistan	6120	2649024
(7,3)	Yeniköy	420	294336
(4,5)	Seyitömer	750	297489
(4,3)	Soma	1034	215636
(4,4)	Tunçbilek	435	82720
(3,6)	Çayırhan	300	46673
(4,12)	Kangal	450	218386
(3,4)	Orhaneli	210	49932
(7,3)	Kemerköy	630	196224
(2,7)	Çatalagzı	900	21687
(5,2)	Aliağa	180	1454
(2,4)	Anbarlı	630	69650
(7,9)	Mersin	105	11718
(3,7)	Beypazarı	300	15557
(6,6)	Beyşehir	340	147168
(1,7)	Amasra	600	6378
(3,2)	Çan	300	53505

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, 2010 yılındaki Türkiye üzerindeki toplam çökmenin eş dağılım ve üç boyutlu eş yükselti eğrileri olarak Şekil 4.31 ve Şekil4.31a’da verilmiştir. 2010 yıl için tahmin edilen maksimum çökme (7,13) koordinatlı gridde olup SO₂ eşdeğeri cinsinden 153,78 kg/ha değere sahiptir.



Şekil 4.31a. 2010 yılında Türkiye üzerindeki toplam çökeltmenin üç boyutlu gösterimi

5. ÖNERİLER

İstatistiksel uzun dönemli taşınım modellerinde, en önemli bölüm, istatistiksel ortalamalara dayanan meteorolojik parametrelerin tayinidir. Bu nedenle uzun dönemli modellerden elde edilen sonuçların doğruluk derecesinin yüksek olması için üst atmosfer veri gözlem istasyonları çoğaltılmalı, veri ölçümü kesintisiz ve düzenli bir şekilde kayıt edilmelidir.

Modeller tarafından tayin edilen hava kirleticili bileşenlerin derişim ve çökelme değerlerinin, ölçülmüş verilerle karşılaştırılabilmesi ve modelin doğrulanması için hava kalitesinin belirlenmesine yönelik çok sayıda ölçüm istasyonu tesis edilmelidir.

Türkiye üzerindeki SO_2 ve $\text{SO}_4^{=}$ 'ün çökelme ve derişim değerleri, uzun vadeli sınır değerlerin üzerinde tahmin edildiğinden termik santrallarda baca gazı kükürt giderme sistemleri tesis edilmelidir.

İleride yapılacak olan çalışmalarda, termik santrallar yanında atmosfere SO_2 deşarj eden diğer sanayilerde model hesaplamalarına dahil edilebilir.

Ayrıca, komşu ülkelerden kaynaklanan SO_2 'nin Türkiye'ye etkisi araştırılabilir.

6. KAYNAKLAR

1. ZENG, Y. and Hopke, P. K., 1989. *A Study of the Sources of Acid Precipitation in Ontario, Canada*. Atmospheric Environment, Vol.23, pp.1499-1509.
2. CLARKE, A. G., Lambert, D. R. and Willison, M. J., 1990. *Trends in Particulate Deposition and Precipitation Chemistry at Leeds (U.K.) 1907-1987*. Atmospheric Environment, Vol. 24B, pp.159-169.
3. KHWAJA and Husain, L., 1990. "Chemical Characterization of Acid Precipitation in Albany", New York. Atmospheric Environment, Vol.24A, pp.1869-1882.
4. ANONİM, 1991, *2000'li Yıllara Doğru Çevre*, T.C. Çevre Bakanlığı.
5. SEINFELD, H. J., 1986, *Atmospheric Chemistry and Physics of Air Pollution*, John Wiley and Sons, New York.
6. INCECİK, S., *Hava Kirliliği*. İTÜ, İstanbul, 1994
7. VAR, F., 1991, "Yöresel Hava Kalitesinin Modellenmesi ve Enerji Tasarruflu Öncelikli Teknolojik Önlem Paketlerinin Seçimi ve Uygulanmasında kullanımı" Kimya Mühendisliği Doktora Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir.
8. ALP, E., Reid, N.W., Moran, M.D., McMillian, A.C. and Portelli, R.V., 1984. "Review and Evaluation of Statistical Long Range Transport and Acidic Deposition Models", Concord Scientific Corporation Report No. CSCJ175.1, Ontario, Canada.
9. PASQUILL, F. and Smith, F. B., 1983. *Atmospheric Diffusion*, Ellis Horwood Series in Environmental Science.
10. COSEMANS, G., Erbrink, J., Fisher, B. E. A., Kretzschmar, J. G. and Thomson, D. J., 1996, *Meteorological Data for Dispersiyon Modelling- the COST 710 Programme on Pre-processing and Harmonisation*.
11. DERWENT, R. G., Hov, Q., Asman, W. A. H., J. A. von Jaarsveld and F. A. A. M. de Leeuw, 1989. "An Intercomparison of long-Term Atmospheric Transport Models; The Budget of Acidifying Species for the Netherlands. Atmospheric Environment, Vol.23, No. 9., pp1893-1909.
12. IVERSON, T., Saltbones, J., Sandnes, H., Eliassen, A., and Hov, Q., 1989. "Airborne Transboundary Transport of sulphur and Nitrogen Over Europe-Model Description and Calculations", EMEP MCS-W. Tech. Report No.80, Meteorological Synthesizing Centre-West the Norwegian Meteorological Institute.

13. FAY, J.A., and Rosenzweig, J.J., 1980. *An Analytical Diffusion Model for Long Distance Transport of Air Pollutants*. Atmospheric Environment, Vol. 14, pp.355-365.
14. SHEIH, C. M., 1977. *Application of A Statistical Trajectory Model to the Simulation of Sulfur Pollution Over Northeastern United States*. Atmospheric Environment, Vol. 11, pp.173-178.
15. VENKATRAM, A., Ley, B. E. and Wong, S. Y., 1982. *A Statistical Model to Estimate Long-Term Concentrations of Pollutants Associated with Long-Range Transport*. Atmospheric Environment, Vol. 16, pp. 249-257.
16. FISHER, B.E.A., 1975. *The Long Range Transport of Sulfur Dioxide*. Atmospheric Environment, Vol.9, pp.1063-1070.
17. CLARK, T. L., Voldner, E. C., Dennis, R. L., Seilkop, S. K., Alvo, M., and Olson, M.P., *The Evaluation of Long-Term Sulfur Deposition Models*. Atmospheric Environment, Vol. 23, pp.2267-2288.
18. FISHER, B. E. A., 1987. "A Case Study of Sulfur Transport Modelling over Great Britain", *Nato/CCMS Conference on Air Pollution Modelling, Lindau, West Germany*. Paper presented at the NATO/CCMS Conference on Air Pollution Modelling in Lindau, West Germany.
19. DAVIS and Fung, C. S., 1989. "Development of Sertad: Incorporation of Nitrogen Chemistry", Concord Scientific Corporation Report No. CSCJ1044, Ontario, Canada,
- 20 LAM, L.H., and Rooney, D.R., Alp, E., 1986. "Implementation of Statistical Long Range Transport of Air Pollution Models", Concord Scientific Corporation Report No. CSCJ808.01, Ontario, Canada.
- 21 MORAN, M. D., Reid, N. W., Wright, R. G., Fung, C. s., Portelli, R. V., 1985. "Data Base Development for Sertad: A Modelling System for Statistical Estimates of Regional Transport and Acidic Deposition", Concord Scientific Corporation Report No. CSCJ407.2, Ontario, Canada.
22. PERKINS, H.C., *Air Pollution*. USA, 1974
23. Türkiye 6. Enerji Kongresi Teknik Oturum Tebliğler, 2, 1996
24. LUBKERT, B., and Tilly, S., 1989. "The OECD-Map Emission Inventory for SO₂, NO_x and VOC in Western Europe." Atmospheric Enviromental, Vol. 23, No.1

EKLER

EK 1 Rüzgar gülü sıklığı programı 1

```

C *****
C
C
C *****FATİH SÜNEL – TULİN PERVAN*****
C ANADOLU ÜNİVERSİTESİ KİMYA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
C ORTA DOĞU TEKNİK ÜNEVERSİTESİ ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
C
  INTEGER LR,LW,LIN,LOUT,WD(36),X(62),K,L,M
    REAL N,NNE,NE,ENE,E,ESE,SE,SSE,S,SSW,SW,WSW,W,WNW,NW,NNW,F
    CHARACTER*15 OUTNM,INPUTNM
    DATA LR/5/,LW/6/,LIN/1/,LOUT/2/
C
  WRITE(*,*) 'ENTER OUTPUT FILE NAME'
  READ(*,21) OUTNM
21  FORMAT(A15)
  OPEN(UNIT=6,FILE=OUTNM,STATUS='NEW')
  DO 12 L=1,12
    DO 10 I=1,62
      X(I)=0
10  CONTINUE
    DO 11 I=1,36
      WD(I)=0
11  CONTINUE
  WRITE(*,*) 'ENTER INPUT FILE NAME'
  READ(*,3) INPUTNM
3  FORMAT(A15)
  OPEN(UNIT=1,FILE=INPUTNM)
  DO 20 K=1,62
    IF(EOF(1)) GO TO 25
    READ(1,30) X(K)
30  FORMAT(9X,I3/)
C
  IF (X(K).LE.5) X(K)=360
  IF (X(K).GT.5 .AND. X(K).LE.15) X(K)=10
  IF (X(K).GT.15 .AND. X(K).LE.25) X(K)=20
  IF (X(K).GT.25 .AND. X(K).LE.35) X(K)=30
  IF (X(K).GT.35 .AND. X(K).LE.45) X(K)=40
  IF (X(K).GT.45 .AND. X(K).LE.55) X(K)=50
  IF (X(K).GT.55 .AND. X(K).LE.65) X(K)=60
  IF (X(K).GT.65 .AND. X(K).LE.75) X(K)=70
  IF (X(K).GT.75 .AND. X(K).LE.85) X(K)=80
  IF (X(K).GT.85 .AND. X(K).LE.95) X(K)=90
  IF (X(K).GT.95 .AND. X(K).LE.105) X(K)=100
  IF (X(K).GT.105 .AND. X(K).LE.115) X(K)=110
  IF (X(K).GT.115 .AND. X(K).LE.125) X(K)=120
  IF (X(K).GT.125 .AND. X(K).LE.135) X(K)=130
  IF (X(K).GT.135 .AND. X(K).LE.145) X(K)=140
  IF (X(K).GT.145 .AND. X(K).LE.155) X(K)=150
  IF (X(K).GT.155 .AND. X(K).LE.165) X(K)=160
  IF (X(K).GT.165 .AND. X(K).LE.175) X(K)=170
  IF (X(K).GT.175 .AND. X(K).LE.185) X(K)=180
  IF (X(K).GT.185 .AND. X(K).LE.195) X(K)=190
  IF (X(K).GT.195 .AND. X(K).LE.205) X(K)=200

```

```

IF (X(K).GT.205 .AND. X(K).LE.215) X(K)=210
IF (X(K).GT.215 .AND. X(K).LE.225) X(K)=220
IF (X(K).GT.225 .AND. X(K).LE.235) X(K)=230
IF (X(K).GT.235 .AND. X(K).LE.245) X(K)=240
IF (X(K).GT.245 .AND. X(K).LE.255) X(K)=250
IF (X(K).GT.255 .AND. X(K).LE.265) X(K)=260
IF (X(K).GT.265 .AND. X(K).LE.275) X(K)=270
IF (X(K).GT.275 .AND. X(K).LE.285) X(K)=280
IF (X(K).GT.285 .AND. X(K).LE.295) X(K)=290
IF (X(K).GT.295 .AND. X(K).LE.305) X(K)=300
IF (X(K).GT.305 .AND. X(K).LE.315) X(K)=310
IF (X(K).GT.315 .AND. X(K).LE.325) X(K)=320
IF (X(K).GT.325 .AND. X(K).LE.335) X(K)=330
IF (X(K).GT.335 .AND. X(K).LE.345) X(K)=340
IF (X(K).GT.345 .AND. X(K).LE.355) X(K)=350
IF (X(K).GT.355) X(K)=360

```

C

```

X(K)=X(K)/10
WD(X(K))=WD(X(K))+1
20  CONTINUE
25  K=K-1
    F=100.0/K

```

C

```

N=((WD(36)+(WD(1)+WD(35))*0.625)*F)
E=((WD(9)+(WD(8)+WD(10))*0.625)*F)
S=((WD(18)+(WD(17)+WD(19))*0.625)*F)
W=((WD(27)+WD(26)+(WD(28))*0.625)*F)
NE=((WD(4)+WD(5)+(WD(3)+WD(6))*0.125)*F)
SE=((WD(13)+WD(14)+(WD(12)+WD(15))*0.125)*F)
SW=((WD(22)+WD(23)+(WD(21)+WD(24))*0.125)*F)
NW=((WD(31)+WD(32)+(WD(30)+WD(33))*0.125)*F)
NNE=((WD(2)+WD(1)*0.375+WD(3)*0.875)*F)
ENE=((WD(7)+WD(6)*0.875+WD(8)*0.375)*F)
ESE=((WD(11)+WD(10)*0.375+WD(12)*0.875)*F)
SSE=((WD(16)+WD(15)*0.875+WD(17)*0.375)*F)
SSW=((WD(20)+WD(19)*0.375+WD(21)*0.875)*F)
WSW=((WD(25)+WD(24)*0.875+WD(26)*0.375)*F)
WNW=((WD(29)+WD(28)*0.375+WD(30)*0.875)*F)
NNW=((WD(34)+WD(22)*0.875+WD(35)*0.375)*F)

```

C

```

60  FORMAT('N',4X,F6.3/, 'NNE',2X,F6.3/, 'NE',3X,F6.3/, 'ENE',2X,
1F6.3/, 'E',4X,F6.3/, 'ESE',2X,F6.3/, 'SE',3X,F6.3/, 'SSE',2X,F6.3/,
1'S',4X,F6.3/, 'SSE',2X,F6.3/, 'SW',3X,F6.3/, 'WSW',2X,F6.3/, 'W',
14X,F6.3/, 'WNW',2X,F6.3/, 'NW',3X,F6.3/, 'NNW',2X,F6.3)
    WRITE(6,60) N,NNE,NE,ENE,E,ESE,SE,SSE,S,SSW,SW,WSW,W,WNW,NW,NNW

```

C

```

12  CONTINUE
    STOP
END

```

EK 2. Rüzgar gülü sıklığı programı 2

```

C *****
C
C
C *****FATİH SÜNEL – TÜLİN PERVAN**
C ANADOLU ÜNİVERSİTESİ KİMYA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
C ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

      CHARACTER*10 OUTNAME
      REAL WR(7,12,16),WIND(12,16)
      REAL YEAR(16),WEIGHT(16)
      COMMON/SEASON/WIN(16),SPR(16),SUM(16),AUT(16)
C
C      OPEN INPUT FILES
C
      OPEN(UNIT=1,FILE='ANKARA.OUT',ACCESS='SEQUENTIAL',
1 FORM='FORMATTED',STATUS='OLD')
      OPEN(UNIT=2,FILE='ADANA.OUT',ACCESS='SEQUENTIAL',
1 FORM='FORMATTED',STATUS='OLD')
      OPEN(UNIT=3,FILE='İZMİR.OUT',ACCESS='SEQUENTIAL',
1 FORM='FORMATTED',STATUS='OLD')
      OPEN(UNIT=4,FILE='İSTANBUL.OUT',ACCESS='SEQUENTIAL',
1 FORM='FORMATTED',STATUS='OLD')
      OPEN(UNIT=5,FILE='İSPARTA.OUT',ACCESS='SEQUENTIAL',
1 FORM='FORMATTED',STATUS='OLD')
      OPEN(UNIT=6,FILE='DIYAR.OUT',ACCESS='SEQUENTIAL',
1 FORM='FORMATTED',STATUS='OLD')
      OPEN(UNIT=7,FILE='SAMSUN.OUT',ACCESS='SEQUENTIAL',
1 FORM='FORMATTED',STATUS='OLD')
C
C      READ FROM THE INPUT FILES
C
      DO 10 I=1,7
      DO 20 M=1,12
      READ(I,30) (WR(I,M,F),F=1,16)
C 30  FORMAT(16(5X,F6.3)/)
30  FORMAT((5X,F6.3)/)
20  CONTINUE
10  CONTINUE
C
C      AVERAGE OF MONTHLY ROSES OVER THE REGION
C
      DO 40 M=1,12
      DO 50 F=1,16
      WIND(M,F)=0
      DO 60 I=1,17
      WIND(M,F)=WIND(M,F)+WR(I,M,F)
60  CONTINUE
      WIND(M,F)=WIND(M,F)*100.0/700.0
50  CONTINUE
40  CONTINUE
C
C      CALCULATE SEASONAL WIND ROSE
C

```

```

DO 70 F=1,16
WIN(F)=0
SPR(F)=0
SUM(F)=0
AUT(F)=0
DO 80 M=1,3
WIN(F)=WIN(F)+WIND(M,F)
80 CONTINUE
WIN(F)=WIN(F)*100.0/300.0
DO 90 M=4,6
SPR(F)=SPR(F)+WIND(M,F)
90 CONTINUE
SPR(F)=SPR(F)*100.0/300.0
DO 100 M=7,9
SUM(F)=SUM(F)+WIND(M,F)
100 CONTINUE
SUM(F)=SUM(F)+100.0/300.0
DO 110 M=10,12
AUT(F)=AUT(F)+WIND(M,F)
110 CONTINUE
AUT(F)=AUT(F)+100.0/300.0
70 CONTINUE
C
C CALCULATE ANNUAL WIND ROSE OVER THE REGION
C
DO 120 F=1,16
YEAR(F)=(WIN(F)+SPR(F)+SUM(F)+AUT(F))*(100.0/400.0)
120 CONTINUE
DO 130 F=1,16
WEIGHT(F)=YEAR(F)*(16.0/100.0)
130 CONTINUE
C
C OPEN OUTPUT FILE CONTAINING MONTHLY WIND ROSES OVER THE REGION
C
WRITE(*,*) 'PLEASE ENTER MONTHLY OUTPUT FILE NAME(A10):'
READ(*,200) OUTNAME
200 FORMAT(A10)
OPEN(UNIT=10,FILE=OUTNAME,STATUS='NEW')
WRITE(10,210)
210 FORMAT('JAN.',2X,'FEB.',2X,'MARCH',1X,'APRIL',1X,'MAY',3X,
1 'JUNE',2X,'JULY',2X,'AUG.',2X,'SEP.',2X,'OCT.',2X,'NOV.',2X,
1 'DEC.')
DO 220 F=1,16
WRITE(10,230)(WIND(M,F),M=1,12)
230 FORMAT(12(F5.2,1X))
220 CONTINUE
C
C OPEN OUTPUT FILE CONTAINING SEASONAL WIND ROSES OVER THE REGION
C
WRITE(*,*) 'PLEASE ENTER SEASONAL OUTPUT FILE NAME(A10):'
READ(*,200) OUTNAME
OPEN(UNIT=11,FILE=OUTNAME,STATUS='NEW')
WRITE(11,300)
300 FORMAT(5X,'WINTER',2X,'SPRING',2X,'SUMMER',2X,'AUTUMN')

```

```

        DO 320 F=1,16
        WRITE(11,330) WIN(F),SPR(F),SUM(F),AUT(F)
330     FORMAT(5X,4(F5.2,3X))
320 CONTINUE
C
C     OPEN OUTPUT FILE CONTAINING FREQUENCYWINDROSE OVER THE REGION
C
        WRITE(*,*)'PLEASE ENTER ANNUAL OUTPUT NAME(A10):'
        READ(*,200) OUTNAME
        OPEN(UNIT=12,FILE=OUTNAME,STATUS='NEW')
        WRITE(12,400) (WEIGHT(F),F=1,16)
400     FORMAT('N',4X,F5.2/, 'NNE',2X,F5.2/, 'NE',3X,F5.2/, 'ENE',
1 2X,F5.2/, 'E',4X,F5.2/, 'ESE',2X,F5.2/, 'SE',3X,F5.2/, 'SSE',
1 2X,F5.2/, 'S',4X,F5.2/, 'SSW',2X,F5.2/, 'SW',3X,F5.2/, 'WSW',
1 2X,F5.2/, 'W',4X,F5.2/, 'WNW',2X,F5.2/, 'NW',3X,F5.2/, 'NNW',
1 2X,F5.2)
        STOP
        END

```

EK 3. Yağış kategori programı

```

C *****
C
C
C *****FATİH SÜNEL – TULİN PERVAN**
C ANADOLU ÜNİVERSİTESİ KİMYA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
C ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

C WET= Wet Period (h)
C DRY= Dry Period (h)
C EVENT= Number of occurrence of precipitation
C NEVENT= Number of occurrence of nonprecipitation
C MWP= Mean wet period (sec)
C MDP= Mean dry period (sec)
C INMWP= Inverse of mean wet period (sec-1)
C INMDP= Inverse of mean dry period (sec-1)
C
  INTEGER LR,LW,I,J,K,L
  REAL*4 EVENT,NEVENT,DRY,WET
  REAL*4 X(24,365),Y(8760),MWP,MDP,INMWP,INMDP
  CHARACTER*15 OUTNM,STNAME
  DATA LR/5/,LW/6/,LIN/1/
  DRY=0.0
  WET=0.0
  EVENT=0.0
  NEVENT=0.0
  OPEN(UNIT=1,FILE='PREC.IN')
C
  WRITE(*,*) 'ENTER OUTPUT NAME'
  READ(*,30) OUTNM
30  FORMAT(A15)
  OPEN (UNIT=6,FILE=OUTNM,STATUS='NEW')
  WRITE(6,40)
40  FORMAT(10X,'WETPER',2X,'DRYPER',2X,'EVENT',2X,'NEVENT',5X,
1    'MWP',8X,'MDP',8X,'INMWP',6X,'INMDP')
  WRITE(6,45)
45  FORMAT(13X,'h',7X,'h',22X,'sec',8X,'sec',8X,'sec-1',6X,'sec-1')
C
C
  DO 100 L=1,11
  DRY=0.0
  WET=0.0
  EVENT=0.0
  NEVENT=0.0
  J=1
  IF(L.EQ.1 .AND. J.EQ.1) THEN
  READ(1,17) STNAME,(X(I,J),I=1,24)
17  FORMAT(//,9X,A10,10X,24(F5.2,1X))
  ELSE IF(L.NE.1 .AND. J.EQ.1) THEN
  READ(1,19) STNAME,(X(I,J),I=1,24)
19  FORMAT(9X,A10,10X,24(F5.2,1X))
  ENDIF
  DO 10 J=2,365
  READ(1,21) (X(I,J),I=1,24)

```

```

21  FORMAT(29X,24(F5.2,1X))
10  CONTINUE
    K=1
    DO 500 J=1,365
    DO 500 I=1,24
    Y(K)=X(I,J)
    K=K+1
500  CONTINUE
    DO 60 I=1,8760
    IF (I.EQ.1) THEN
      IF (Y(I).EQ.0) THEN
        NEVENT=NEVENT+1
        DRY=DRY+1
      ELSE
        EVENT=EVENT+1
        WET=WET+1
      ENDIF
    ELSE IF (Y(I).EQ.0) THEN
      DRY=DRY+1
      IF (Y(I-1).GT.0) THEN
        NEVENT=NEVENT+1
      ELSE
        NEVENT=NEVENT
      END IF
    ELSE IF (Y(I).GT.0) THEN
      WET=WET+1
      IF (Y(I-1).EQ.0) THEN
        EVENT=EVENT+1
      ELSE
        EVENT=EVENT
      ENDIF
    ENDIF
60  CONTINUE
C   CALCULATION OF MEAN WET AND DRY PERIOD
    MWP=WET/EVENT
    MDP=DRY/NEVENT
    MWP=MWP*3600.0
    MDP=MDP*3600.0
    INMWP=1.0/MWP
    INMDP=1.0/MDP
C
    WRITE(6,50)STNAME,WET,DRY,EVENT,NEVENT,MWP,MDP,INMWP,INMDP
50  FORMAT(/,A10,2(F6.1,2X),F5.1,2X,F5.1,3X,F9.3,2X,F10.3,2X,
1   E9.3,2X,E9.3,/)
100 CONTINUE
    RETURN
    END

```

EK 4. Dispersiyon kategori programı

```

C *****FATİH SÜNEL – TULİN PERVAN**
C ANADOLU ÜNİVERSİTESİ KİMYA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
C ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

REAL WS(365,24),MH(365,24),TKDM(4),KDM(4),KDC(4)
REAL CKD(4),MKD(4),S(4)
REAL TUWSM(4),TUWSC(4),TMHM(4),TMHC(4),TSTB,MAXMH,MAXCH
REAL AMHM(4),AMHC(4),PROBM(4),PROBC(4),AUWSM(4),AUWSC(4)
INTEGER UWS(365,24),CSTM(4),CSTC(4),CUWSM(4),CUWSC(4)
INTEGER CMHM(4),CMHC(4),TST(4),TSTA,MT
CHARACTER*1 ST(365,24)
CHARACTER*6 SEASON
OPEN(UNIT=1,FILE='CIGLI.OUT')
OPEN(UNIT=2,FILE='DISPER.OUT')
DO 1 N=1,4
  TKDM(N)=0
  CKD(N)=30
  MKD(N)=0
  KDM(N)=0
  KDC(N)=0
  CSTM(N)=0
  CSTC(N)=0
  CMHM(N)=0
  CMHC(N)=0
  TMHM(N)=0
  TMHC(N)=0
  TUWSM(N)=0
  TUWSC(N)=0
  CUWSM(N)=0
  CUWSC(N)=0
1  CONTINUE
  MAXMH=0
  MAXCH=0
C
  DO 10 I=1,348
    IF(EOF(1)) GO TO 301
    maxmh=0
    maxch=0
    DO 20 J=1,24
      READ(1,30) MT,ST(I,J),WS(I,J),MH(I,J),UWS(I,J)
30  FORMAT(I2,17X,A1,1X,F4.1,12X,F6.1,1X,I2)
C
      IF(MT.LT.4) THEN
        IF(ST(I,J).EQ.'S' .OR. ST(I,J).EQ.'N') THEN
          IF(MH(I,J).GT.MAXMH) THEN
            MAXMH=MH(I,J)
            MKD(1)=0.001*(WS(I,J)*MAXMH)
          ELSE
            MAXMH=MAXMH
          ENDIF
        CSTM(1)=CSTM(1)+1
        IF(UWS(I,J).NE.0) THEN
          TUWSM(1)=TUWSM(1)+UWS(I,J)

```

```
CUWSM(1)=CUWSM(1)+1
ENDIF
```

```
ELSE
```

```
IF(MH(I,J).GT.MAXCH) THEN
  MAXCH=MH(I,J)
```

```
ELSE
```

```
  MAXCH=MAXCH
```

```
ENDIF
```

```
CSTC(1)=CSTC(1)+1
```

```
IF(UWS(I,J).NE.0) THEN
```

```
  TUWSC(1)=TUWSC(1)+UWS(I,J)
```

```
  CUWSC(1)=CUWSC(1)+1
```

```
ENDIF
```

```
ENDIF
```

C

```
ELSE IF(MT.GE.4 .AND. MT.LT.7) THEN
```

```
IF(ST(I,J).EQ.'S' .OR. ST(I,J).EQ.'N') THEN
```

```
IF(MH(I,J).GT.MAXMH) THEN
```

```
  MAXMH=MH(I,J)
```

```
  MKD(2)=0.001*(WS(I,J)*MAXMH)
```

```
ELSE
```

```
  MAXMH=MAXMH
```

```
ENDIF
```

```
CSTM(2)=CSTM(2)+1
```

```
IF(UWS(I,J).NE.0) THEN
```

```
  TUWSM(2)=TUWSM(2)+UWS(I,J)
```

```
  CUWSM(2)=CUWSM(2)+1
```

```
ENDIF
```

```
ELSE
```

```
IF(MH(I,J).GT.MAXCH) THEN
```

```
  MAXCH=MH(I,J)
```

```
ELSE
```

```
  MAXCH=MAXCH
```

```
ENDIF
```

```
CSTC(2)=CSTC(2)+1
```

```
IF(UWS(I,J).NE.0) THEN
```

```
  TUWSC(2)=TUWSC(2)+UWS(I,J)
```

```
  CUWSC(2)=CUWSC(2)+1
```

```
ENDIF
```

```
ENDIF
```

C

```
ELSE IF(MT.GE.7 .AND. MT.LT.10) THEN
```

```
IF(ST(I,J).EQ.'S' .OR. ST(I,J).EQ.'N') THEN
```

```
IF(MH(I,J).GT.MAXMH) THEN
```

```
  MAXMH=MH(I,J)
```

```
  MKD(3)=0.001*(WS(I,J)*MAXMH)
```

```
ELSE
```

```
  MAXMH=MAXMH
```

```
ENDIF
```

```
CSTM(3)=CSTM(3)+1
```

```
IF(UWS(I,J).NE.0) THEN
```

```
  TUWSM(3)=TUWSM(3)+UWS(I,J)
```

```
  CUWSM(3)=CUWSM(3)+1
```

```
ENDIF
```

```
ELSE
```

```

      IF(MH(I,J).GT.MAXCH) THEN
        MAXCH=MH(I,J)
      ELSE
        MAXCH=MAXCH
      ENDIF
      CSTC(3)=CSTC(3)+1
      IF(UWS(I,J).NE.0) THEN
        TUWSC(3)=TUWSC(3)+UWS(I,J)
        CUWSC(3)=CUWSC(3)+1
      ENDIF
    ENDIF

```

C

```

ELSE
  IF(ST(I,J).EQ.'S' .OR. ST(I,J).EQ.'N') THEN
    IF(MH(I,J).GT.MAXMH) THEN
      MAXMH=MH(I,J)
      MKD(4)=0.001*(WS(I,J)*MAXMH)
    ELSE
      MAXMH=MAXMH
    ENDIF
    CSTM(4)=CSTM(4)+1
    IF(UWS(I,J).NE.0) THEN
      TUWSM(4)=TUWSM(4)+UWS(I,J)
      CUWSM(4)=CUWSM(4)+1
    ENDIF
  ELSE
    IF(MH(I,J).GT.MAXCH) THEN
      MAXCH=MH(I,J)
    ELSE
      MAXCH=MAXCH
    ENDIF
    CSTC(4)=CSTC(4)+1
    IF(UWS(I,J).NE.0) THEN
      TUWSC(4)=TUWSC(4)+UWS(I,J)
      CUWSC(4)=CUWSC(4)+1
    ENDIF
  ENDIF
ENDIF

```

20 CONTINUE

```

IF(MT.LT.4) THEN
  TMHM(1)=TMHM(1)+MAXMH
  CMHM(1)=CMHM(1)+1
  IF(MAXCH.NE.0) THEN
    TMHC(1)=TMHC(1)+MAXCH
    CMHC(1)=CMHC(1)+1
  ENDIF
  TKDM(1)=TKDM(1)+MKD(1)
  S(1)=S(1)+1
  KDC(1)=CKD(1)
ELSE IF (MT.GT.3 .AND. MT.LT.7) THEN
  TMHM(2)=TMHM(2)+MAXMH
  CMHM(2)=CMHM(2)+1
  IF(MAXCH.NE.0) THEN
    TMHC(2)=TMHC(2)+MAXCH
    CMHC(2)=CMHC(2)+1
  ENDIF

```

```

ENDIF
TKDM(2)=TKDM(2)+MKD(2)
S(2)=S(2)+1
KDC(2)=CKD(2)
ELSE IF (MT.GT.6 .AND. MT.LT.10) THEN
TMHM(3)=TMHM(3)+MAXMH
CMHM(3)=CMHM(3)+1
IF(MAXCH.NE.0) THEN
TMHC(3)=TMHC(3)+MAXCH
CMHC(3)=CMHC(3)+1
ENDIF
TKDM(3)=TKDM(3)+MKD(3)
S(3)=S(3)+1
KDC(3)=CKD(3)
ELSE
TMHM(4)=TMHM(4)+MAXMH
CMHM(4)=CMHM(4)+1
IF(MAXCH.NE.0) THEN
TMHC(4)=TMHC(4)+MAXCH
CMHC(4)=CMHC(4)+1
ENDIF
TKDM(4)=TKDM(4)+MKD(4)
S(4)=S(4)+1
KDC(4)=CKD(4)
ENDIF
10 CONTINUE
C
301 TSTA=0
DO 100 K=1,4
AMHM(K)=FLOAT(TMHM(K)/CMHM(K))
AMHC(K)=FLOAT(TMHC(K)/CMHC(K))
KDM(K)=TKDM(K)/S(K)
TST(K)=CSTM(K)+CSTC(K)
TSTA=TSTA+TST(K)
AUWSM(K)=FLOAT(TUWSM(K)/CUWSM(K))
IF(K.NE.4) THEN
AUWSC(K)=FLOAT(TUWSC(K)/CUWSC(K))
ELSE
AUWSC(K)=0
ENDIF
100 CONTINUE
TSTB=FLOAT(1.0/TSTA)
DO 101 N=1,4
PROBM(N)=FLOAT(CSTM(N)*TSTB)
PROBC(N)=FLOAT(CSTC(N)*TSTB)
101 CONTINUE
WRITE(2,200)
200 FORMAT('SEASON',2X,'BOUNDARY',4X,'WIND SPEED',2X,'MIXING HEIGHT'
*,2X,'DIFFUSIVITY',2X,'PROBABILITY OF')
WRITE(2,210)
210 FORMAT(8X,'LAYER TYPE',5X,'m/s',12X,'m',11X,'m2/s',9X,'F(u,a,k)')
DO 300 K=1,4
IF(K.EQ.1) THEN
SEASON='WINTER'
ELSE IF(K.EQ.2) THEN

```

```
SEASON='SPRING'
ELSE IF(K.EQ.3) THEN
SEASON='SUMMER'
ELSE
SEASON='AUTUMN'
ENDIF
WRITE(2,220)SEASON,AUWSM(K),AMHM(K),KDM(K),PROBM(K)
220 FORMAT(A6,2X,'MECHANICAL',4X,F4.1,10X,F6.1,9X,F4.1,7X,F8.6)
WRITE(2,230)SEASON,AUWSC(K),AMHC(K),KDC(K),PROBC(K)
230 FORMAT(A6,2X,'CONVECTIVE',4X,F4.1,10X,F6.1,9X,F4.1,7X,F8.6)
300 CONTINUE
STOP
END
```

EK 5. SERTAD programı

SDEBUG

BLOCK DATA FSHR

C

C This subroutine declares the common blocks SRCFL, METFL
C and CHMFL.

C

C SRCFL-

C SO2GRD: gridded source emissions

C UGRD: grid unit length (km)

C TMP: time period (years)

C TITLE: title

C GRDSZ: number of x,y units in emissions grid

C SRCGRD: gridded source names

C DFGRD: number of x,y units in deposition grid

C DPGRO: deposition grid origin (x,y)

C NSR: number of sources and receptors

C ONESRC: source (if not all are to be considered)

C ALL: all sources considered indicator

C

C METFL-

C U: wind speeds (m/sec)

C A: mixing heights (m)

C KD: eddy diffusivities (m**2/sec)

C FUAK: probability of met condition occurring (within the year)

C ANGLE: wind sector angles (radians)

C WEIGHT: wind sector weightings

C DIFFUS: rate of development of boundary layer

C DRY: mean dry period inverses

C WET: mean wet period inverses

C NMET: number of met conditions (within the year)

C NWIND: number of wind sectors

C NRAIN: number of rainfall categories

C RAIN: gridded rainfall categories

C DIURN: consider diurnal cycle of boundary layer over land

C PREC: consider precipitation

C

C CHMFL-

C F4: fraction of SO2 initially converted to SO4

C W4W: rate of conversion of SO2 to SO4 during wet period (/sec)

C W4D: rate of conversion of SO2 to SO4 during dry period (/sec)

C GAM2: scavenging coefficient of SO2 (/sec)

C GAM4: scavenging coefficient of so4 (/sec)

C SO2VG: SO2 deposition velocity (m/sec)

C SO4VG: SO4 deposition velocity (m/sec)

C

INTEGER GRDSZ(2),DPGRD(2),DPGRO(2),NSR

CHARACTER*2 SRCGRD,ONESRC

CHARACTER*4 TITLE(80)

LOGICAL ALL

REAL SO2GRD,UGRD,TMP

COMMON/SRCFL/SO2GRD,UGRD,TMP,TITLE,GRDSZ,SRCGRD,DPGRD,DPGRO,NSR,

1 ONESRC,ALL

```

REAL SRCHT
INTEGER NLVL
COMMON/SCHT/SRCHT(4),NLVL
C
REAL U(10),A(10),AI(10),KD(10),FUAK(10),ANGLE(20),WEIGHT(20)
REAL DIFFUS,DRY(5),WET(5),W(2)
INTEGER*2 NMET,NWIND,NRAIN,RAIN(53,59)
LOGICAL DIURN,PREC
COMMON/METFL/U,A,AI,KD,FUAK,ANGLE,WEIGHT,DIFFUS,DRY,WET,W,
1 NMET,NWIND,NRAIN,RAIN,DIURN,PREC
C
REAL F4,W4W,W4D,GAM2,GAM4,SO2VG,SO4VG
COMMON/CHMFL/F4,W4W,W4D,GAM2,GAM4,SO2VG,SO4VG
C
REAL P0,P1,PDIFI,A0P0,A0P1,A1P0,A1P1,Q,B0Q,B1Q,K,V,RT
COMMON/CONST/P0(5),P1(5),PDIFI(5),A0P0(5),A0P1(5),A1P0(5),
1 A1P1(5),Q(4,12,5,10),B0Q(4,12,5,10),B1Q(4,12,5,10),K(12,10),
1 V(12,10),RT(12,10)
END

$DEBUG
C PROGRAM FISHER
C
C This program is a statistical long range transport model
C developed by B. Fisher, CEGB. It has been implemented for
C CEA LRT Project No.143 G 299 by:
C Concord Scientific Corporation
C 2 Tippet Road,
C Toronto, Ontario, M3H 2V2
C (416) 630-6331
C LAST UPDATE : November 15,1987.
C-----
OPEN(UNIT=1,FILE='SERTAD.IN')
REWIND 1
OPEN(UNIT=15,FILE='SERTAD.OUT')
OPEN(UNIT=10,FILE='AAAAA')
WRITE(*,1)
1 FORMAT(' ***** RUNNING FISHER STATISTICAL MODEL *****')
C
C Read input data
C
CALL RDINP
C
C Calculate and output results
C
CALL GTRES
STOP
END
$DEBUG
SUBROUTINE RDINP
C
C This subroutine reads the input data file.
CALL RDSRC
C Read the meteorological information

```

```

      CALL RDMET
C Read the chemical/physical information
      CALL RDCHM
      CLOSE(1)
C Read emission files and calculate relative contribution
C from each level
      CALL RDEMIS
      RETURN

      END
$DEBUG
      SUBROUTINE RDSRC
C
C This subroutine reads the emissions, source and deposition
C grid information.
C
C Input-
C   LR: logical unit number for read device
C   LW: logical unit number for write device
C   LIN: logical unit number for input disc file
C
C
      REAL SO2GRD,UGRD,TMP
      INTEGER GRDSZ(2),DPGRD(2),DPGRO(2)
      CHARACTER*4 TITLE(80)
      CHARACTER*2 SRCGRD, ONESRC
      INTEGER NSR
      LOGICAL ALL
      COMMON/SRCFL/SO2GRD,UGRD,TMP,TITLE,GRDSZ,
1 SRCGRD,DPGRD,DPGRO,NSR,ONESRC,ALL
      COMMON/SCHT/SRCHT(4),NLVL
C
C Read title
C
      I=1
      DO 10 K=1,4
        J=K*20
        READ(1,5) (TITLE(M),M=I,J)
5      FORMAT(20A4)
        I=J+1
10     CONTINUE
C
C Read time period (years)
C
      READ(1,11) TMP
11     FORMAT(26X,F7.3)
C
C Read emissions grid size
C
      READ(1,15) (GRDSZ(I),I=1,2)
15     FORMAT(26X,I3,1X,I3)
      IF((GRDSZ(1).LE.53).AND.(GRDSZ(2).LE.59)) GOTO 17
      WRITE(*,16) (GRDSZ(I),I=1,2)
16     FORMAT(/ '** SUBROUTINE RDSRC - EMISSIONS GRID SIZE '

```

```

1  I3,'I3,' IS GREATER THAN MAXIMUM (53.59)')
    STOP
C
C Read grid unit length (km)
C
17  READ(1,18) UGRD
18  FORMAT(26X,F6.1/)
C
C Consider all sources?
C
    READ(1,31) ALL
31  FORMAT(37X,L1)
C
C If all sources are not considered, then source is ONESRC
C If all sources are considered, then ONESRC is excluded
C
    READ(1,32) ONESRC
32  FORMAT(37X,A2)
C
C Read the effective heights for different levels of emission
C
    READ(1,33) NLVL
33  FORMAT(37X,I2)
    READ (1,331) (SRCHT(I), I=1,NLVL)
331  FORMAT (37X,4(F6.1,1X))
C
C Read number of source/receptor names
C
    READ(1,35) NSR
35  FORMAT(37X,I2/)
    IF(NSR.LE.800) GOTO 39
    WRITE(*,36) NSR
36  FORMAT(/' ** SUBROUTINE RDSRC - NUMBER OF SOURCE/RECEPTOR',
1  ' NAMES ',I3,' IS GREATER THAN MAXIMUM (80)')
    STOP
C
C Skip source/receptor names and descriptions
C
39  DO 45 I=1,NSR
    READ(1,40) IDUM
40  FORMAT(7X,A2)
45  CONTINUE

    RETURN
    END
$DEBUG
    SUBROUTINE RDMET
C
C This subroutine reads the meteorological information.
C
C Input-
C LR: logical unit number for read device
C LW: logical unit number for write device
C LIN: logical unit number for input data file
C

```

```

C
  REAL SO2GRD,UGRD,TMP
  INTEGER GRDSZ(2),DPGRD(2),DPGRO(2)
  CHARACTER*2 SRCGRD,ONESRC
  CHARACTER*4 TITLE(80)
  INTEGER NSR
  LOGICAL ALL
  COMMON/SRCFL/SO2GRD,UGRD,TMP,TITLE,GRDSZ,
1 SRCGRD,DPGRD,DPGRO,NSR,ONESRC,ALL
C
  REAL U(10),A(10),AI(10),KD(10),FUAK(10),ANGLE(20),WEIGHT(20)
  REAL DIFFUS,DRY(5),WET(5),W(2)
  INTEGER*2 NMET,NWIND,NRAIN,RAIN(53,59)
  LOGICAL DIURN,PREC
  COMMON/METFL/U,A,AI,KD,FUAK,ANGLE,WEIGHT,DIFFUS,DRY,WET,W,
1 NMET,NWIND,NRAIN,RAIN,DIURN,PREC
C
  INTEGER MM(20)
C
C Read number of met conditions
C
  READ(1,5) NMET
5  FORMAT(/27X,I2//)
  IF(NMET.LE.10) GOTO 9
  WRITE(*,6) NMET
6  FORMAT(/' ** SUBROUTINE RDMET - NUMBER OF MET CONDITIONS',
1 I4,' IS GREATER THAN MAXIMUM (10)')
  STOP
C
C Read wind speed (m/s), mixing height (m), diffusivity (m**2/s)
C and probability of occurrence for each met condition
C
9  DO 15 I=1,NMET
  READ(1,10) U(I),A(I),KD(I),FUAK(I)
10  FORMAT(3X,F4.1,10X,F6.1,10X,F4.1,9X,F7.5)
15  CONTINUE
C
C Read number of wind sectors
C
  READ(1,20) NWIND
20  FORMAT(24X,I3/)
  IF(NWIND.LE.20) GOTO 22
  WRITE(*,21) NWIND
21  FORMAT(/' ** SUBROUTINE RDMET - NUMBER OF WIND SECTORS',
1 I4,' IS GREATER THAN MAXIMUM (20)')
  STOP
C
C Read angle (radians) and weighting for each sector
C
22  DO 25 I=1,NWIND
  READ(1,24) ANGLE(I),WEIGHT(I)
24  FORMAT(2X,F7.4,8X,F4.2)
25  CONTINUE
C

```

```

C Read boundary layer development rate
C      READ(1,30) DIFFUS
30  FORMAT(43X,F5.3)
C
C Consider diurnal cycle of boundary layer over land?
C      READ(1,35) DIURN
35  FORMAT(43X,L1)
C
C Consider rain?
C      READ(1,35) PREC
C
C Read number of rainfall categories
C      READ(1,40) NRAIN
40  FORMAT(42X,I2/)
      IF(NRAIN.LE.5) GOTO 45
      WRITE(*,41) NRAIN
41  FORMAT(/ '** SUBROUTINE RDMET - NUMBER OF RAINFALL ',
1    ' CATEGORIES ',I2,' IS GREATER THAN MAX (5)')
      STOP
C
C Read mean dry and wet period inverses for each category
C
45  DO 50 I=1,NRAIN
      READ(1,46) DRY(I),WET(I)
46  FORMAT(7X,F12.10,19X,F9.7)
50  CONTINUE
C
C Read deposition grid origin
C      READ(1,51) (DPGRO(I),I=1,2)
51  FORMAT(30X,I3,1X,I3)
C
C Read deposition grid size
C      READ(1,52) (DPGRD(I),I=1,2)
52  FORMAT(30X,I3,1X,I3/)
      IF(DPGRD(1).LE.53.AND.DPGRD(2).LE.59) GOTO 54
      WRITE(*,53) (DPGRD(I),I=1,2)
53  FORMAT(/ '** SUBROUTINE RDMET - DEPOSITION GRID SIZE',
1    ' I3,',I3,' IS GREATER THAN MAXIMUM (53,59)')
      STOP
C
C Read rainfall categories over deposition grid
C
54  M1=DPGRO(1)+DPGRD(1)-1
      M2=DPGRO(2)+DPGRD(2)-1
      I2=DPGRD(1)*DPGRD(2)
      I=DPGRO(1)
      J=DPGRO(2)
      DO 65 M=1,I2,20
          L2=20

```

```

      J2=M+19
      IF(J2.GT.I2) L2=20-(J2-I2)
      IF(I2.LT.20) L2=12
55  FORMAT(20(I3))
      DO 60 N=1,L2
      RAIN(I,J)=MM(N)
      J=J+1
      IF(J.LE.M2) GOTO 60
      J=DPGRO(2)
      I=I+1
      IF(I.GT.M1) I=DPGRO(1)
60  CONTINUE
65  CONTINUE
C Calculate inverse of mixing height AI(I)
      DO 66 I=1,NMET
66  AI(I)=1./A(I)
C Calculate duration of wet and dry periods
      W(1)=WET(1)/(WET(1)+DRY(1))
      W(2)=DRY(1)/(WET(1)+DRY(1))
      RETURN
      END
$DEBUG
      SUBROUTINE RDCHM
C
C This subroutine reads the chemical/physical information.
C
C Input-
C LR: logical unit number for read device
C LW: logical unit number for write device
C LIN: logical unit number for input data file
C
      COMMON/CHMFL/F4,W4W,W4D,GAM2,GAM4,SO2VG,SO4VG
C
C Read initial fraction of SO2 converted to SO4.
C
      READ(1,10) F4
      WRITE(15,10) F4
10  FORMAT(/43X,F5.3)
C
C Read rate of conversion of SO2 to SO4 during wet and dry periods (/s)
C
      READ(1,15) W4W
      READ(1,15) W4D
15  FORMAT(43X,F9.7)
C
C Read scavenging coefficient of SO2 and SO4 (/s)
C
      READ(1,16) GAM2
      READ(1,16) GAM4
16  FORMAT(43X,F9.7)
C16  FORMAT (43X,1PE9.0)
C
C Read SO2 and SO4 deposition velocity (cm/s)
C
      READ(1,20) SO2VG

```

```

      READ(1,20) SO4VG
20  FORMAT(43X,F5.3)
C20  FORMAT (43X,1PE6.0)
C
C Convert to m/s
C
      SO2VG=SO2VG/100.
      SO4VG=SO4VG/100.
C
      RETURN
      END
C
$DEBUG
      SUBROUTINE RDEMIS
      INTEGER GRDSZ(2),DPGRD(2),DPGRO(2)
      CHARACTER*2 SRCGRD,ONESRC
      CHARACTER*4 TITLE(80)
      REAL MM(8)
      LOGICAL ALL
      COMMON/SRCFL/SO2GRD,UGRD,TMP,TITLE,GRDSZ,SRCGRD,DPGRD,DPGRO,NSR,
1  ONESRC,ALL
      COMMON/EMISS/R(5,52,58)
      COMMON/SCHT/SRCHT(4),NLVL
C  Open the files containing the emission data
      OPEN (UNIT=1, FILE='EM.L1', ACCESS='SEQUENTIAL',
1  FORM='FORMATTED', STATUS='OLD')
      OPEN (UNIT=2, FILE='EM.L2', ACCESS='SEQUENTIAL',
1  FORM='FORMATTED', STATUS='OLD')
      OPEN (UNIT=3, FILE='EM.L3', ACCESS='SEQUENTIAL',
1  FORM='FORMATTED', STATUS='OLD')
C  OPEN (UNIT=4, FILE='EM.L4', ACCESS='SEQUENTIAL',
C  1 FORM='FORMATTED', STATUS='OLD')
      DO 501 II=1,NLVL
      M1=DPGRO(1)+DPGRD(1)-1
      M2=DPGRO(2)+DPGRD(2)-1
      I2=DPGRD(1)*DPGRD(2)
      J=DPGRO(2)
      I=DPGRO(1)
      DO 100 M=1,I2.8
      L2=8
      J2=M+7
      IF(J2.GT.I2) L2=8-(J2-I2)
      IF(I2.LT.8) L2=I2
      READ(II,101) (MM(L),L=1,L2)
101  FORMAT(8(E10.4))
      DO 110 N=1,L2
      R(II+1,I,J)=MM(N)
      I=I+1
      IF(I.LE.M1) GOTO 110
      I=DPGRO(1)
      J=J+1
      IF(J.GT.M2) J=DPGRO(2)
110  CONTINUE

```

```

100 CONTINUE
501 CONTINUE
C
C Calculate relative contribution and total SO2 for each grid
C

```

```

      DO 450 I=1,GRDSZ(1)
      DO 400 J=1,GRDSZ(2)
      R(1,I,J)=0.
      DO 399 KK=1,NLVL
      R(1,I,J)=R(1,I,J)+R(KK+1,I,J)
399 CONTINUE
      IF (R(1,I,J).LE.0.) GOTO 400
      FAC=1./R(1,I,J)
      R(1,I,J)=R(1,I,J)*1.E-3
      DO 388 KK=1,NLVL
      R(KK+1,I,J)=R(KK+1,I,J)*FAC
388 CONTINUE
400 CONTINUE
450 CONTINUE
      RETURN
      END

```

\$DEBUG

SUBROUTINE GTRES

```

C
C This subroutine calculates and outputs total annual
C deposition, annual wet deposition, average ground level
C concentration of SO2 and SO4, annual wet, dry and total
C SO2 deposition for each deposition grid point.
C

```

```

C Input-
C LR: logical unit number for read device
C LW: logical unit number for write device
C LIN: logical unit number for input disc file
C LOUT: logical unit number for output disc file
C

```

```

      REAL RELCON(4)
      INTEGER GRDSZ(2),DPGRD(2),DPGRO(2)
      CHARACTER*2 SRCGRD,ONESRC,TSRC(52,58)
      CHARACTER*4 TITLE(80)
      CHARACTER*10 OUTNM
      INTEGER*2 RCPTR(52,58)
      LOGICAL ALL
      COMMON/SRCFL/SO2GRD,UGRD,TMP,TITLE,GRDSZ,SRCGRD,DPGRD,DPGRO,NSR
1 ONESRC,ALL
      COMMON/EMISS/R(5,52,58)

```

```

C
      REAL U(10),A(10),AI(10),KD(10),FUAK(10),ANGLE(20),WEIGHT(20).
1 DRY(5),WET(5),W(2)
      INTEGER*2 NMET,NWIND,NRAIN,RAIN(53,59)
      LOGICAL DIURN,PREC
      COMMON/METFL/U,A,ALKD,FUAK,ANGLE,WEIGHT,DIFFUS,DRY,WET,W,NMET.

```

```

1  NWIND.NRAIN.RAIN.DIURN.PREC
C
COMMON/CHMFL/F4,W4W,W4D,GAM2,GAM4,SO2VG,SO4VG
C
REAL GLCS(2)
C
C Read RCPTR file
C
OPEN(UNIT=7,FILE='RCPTR',STATUS='OLD')
DO 700 JJR=1,58
JR=59-JJR
READ(7,77) (RCPTR(IR,JR),IR=1,52)
77  FORMAT(52I2)
700  CONTINUE
CLOSE(7)
C Open the files containing the emission and source data
OPEN (UNIT=7, FILE='NAME', ACCESS='SEQUENTIAL',
1  FORM='FORMATTED', STATUS='OLD')
WRITE (*,*) 'PLEASE ENTER OUTPUT FILE NAME (A10):'
READ (*,765) OUTNM
765  FORMAT (A10)
OPEN (UNIT=2,FILE=OUTNM,STATUS='NEW')
DO 601 J=1,GRDSZ(2)
READ (7,800) (TSRC(I,J),I=1,GRDSZ(1))
800  FORMAT (52(A2.1X))
601  CONTINUE
CLOSE(7)
C
C Output titles
C
I=1
DO 10 K=1,4
J=K*20
WRITE(2,6) (TITLE(M),M=I,J)
6  FORMAT(13X,20A4)
I=J+1
10  CONTINUE
C
C Write headings
C
WRITE(2,111)
111  FORMAT(33X,'ALL OUTPUTS ARE GIVEN IN SO2 EQUIVALENT')
WRITE(2,11)
11  FORMAT(6X,2(3X,'TOTAL'),6X,'SO2',9X,'SO4',7X,'WET',5X,
1  'DRY',4X,'TOTAL',4X,'WET',5X,'DRY',4X,'TOTAL')
WRITE(2,12)
12  FORMAT(' POINT',4X,'DEP WET DEP',5X,'GLC',9X,'GLC',2X,
1  3(5X,'SO4'),3(5X,'SO2'))
WRITE(2,13)
13  FORMAT(' X Y',2(2X,'(G/M2)'),2(3X,'(MICG/M3)'),6(2X,'(G/M2)'))
WRITE(2,14)
14  FORMAT(1X,93('-')/)
C
C Calculate data that will be accessed by OROG in rain calculation
C

```

```

      CALL CONDAT(NRAIN,NMET,DRY,WET,A,KD,GAM2,GAM4,W4W,W4D,SO2VG,
1SO4VG)
C
C Calculate SO2,SO4 concentrations and deposition for each
C deposition grid point
C
      DO 550 I1=1,DPGRD(1)
      DO 500 J1=1,DPGRD(2)
C Initialize totals
      WSO2S=0.0
      DSO2S=0.0
      WSO4S=0.0
      DSO4S=0.0
      GLCS(1)=0.0
      GLCS(2)=0.0
      IF (RCPTR(I1,J1).EQ.0) GOTO 500
C Calculate results for each source grid point
      DO 450 J=1,GRDSZ(2)
      DO 400 I=1,GRDSZ(1)
      SRCGRD=TSRC(I,J)
      SO2GRD=R(1,I,J)
      IF (SO2GRD.LE.0.) GOTO 400
C All sources considered?
      IF (ALL) GOTO 50
C
C If not all sources, then use only ONESRC
C
      IF (SRCGRD.NE.ONESRC) GOTO 400
      GOTO 60
C If all sources, then exclude ONESRC
50 IF (SRCGRD.EQ.ONESRC) GOTO 400
60 RELCON(1)=R(2,I,J)
      RELCON(2)=R(3,I,J)
      RELCON(3)=R(4,I,J)
      RELCON(4)=R(5,I,J)
C Calculate source to receptor distance
      XDEP=DPGRO(1)+I1-1
      YDEP=DPGRO(2)+J1-1
      XSRC=I+0.5
      YSRC=J+0.5
      X1=XDEP-XSRC
      Y1=YDEP-YSRC
      SRDIST=UGRD*SQRT((X1*X1)+(Y1*Y1))
C Convert from km to m
      SRDIST=SRDIST*1000.0
C Calculate weighting factor of source to receptor path
      CALL WIND(XDEP,YDEP,XSRC,YSRC,FTHETA)
      IF (FTHETA.EQ.0) GOTO 400
C Calculate results for each met condition
      CALL CLRES(XSRC,YSRC,XDEP,YDEP,SRDIST,FTHETA,I,J,WSO2S,DSO2S,
1 WSO4S,DSO4S,GLCS,RELCON)
400 CONTINUE
450 CONTINUE
C
C Output total deposition (g/m2), total wet deposition (g/m2).

```

```

C SO2 and SO4 ground level concentrations (ug/m3).
C total SO4 deposition (g/m2). total wet SO2 deposition (g/m2).
C total dry SO2 deposition (g/m2) and total SO2 deposition
C for the time period given.
C
      TOTAL=WSO2S+DSO2S+WSO4S+DSO4S
      WETTOT=WSO2S+WSO4S
      SO2S=WSO2S+DSO2S
      SO4S=WSO4S+DSO4S
      ID=J1+DPGRO(1)-1
      JD=J1+DPGRO(2)-1
      WRITE(2,465) ID,JD,TOTAL,WETTOT,GLCS(1),GLCS(2),WSO4S,DSO4S,
1 SO4S,WSO2S,DSO2S,SO2S
465  FORMAT(2I3,2F8.3,F10.3,F12.3,F10.3,5F8.3)
500  CONTINUE
550  CONTINUE
      RETURN
      END
$DEBUG
      SUBROUTINE CONDAT(NRAIN,NMET,DRY,WET,A,KD,L2,L4,L1,L0,VG,VG4)
      EXTERNAL ROOT,A0,A1

      INTEGER*2 NRAIN,NMET
      REAL L0,L1,L2,L4,DRY(5),WET(5),A(10),KD(10),FQ(4)

      REAL P0,P1,PDIFI,A0P0,A0P1,A1P0,A1P1,Q,B0Q,B1Q,K,V,RT
      COMMON/CONST/P0(5),P1(5),PDIFI(5),A0P0(5),A0P1(5),A1P0(5),
1 A1P1(5),Q(4,12,5,10),B0Q(4,12,5,10),B1Q(4,12,5,10),K(12,10),
1 V(12,10),RT(12,10)

      INTEGER GRDSZ(2),DPGRD(2),DPGRO(2),NSR
      CHARACTER*2 SRCGRD,ONESRC
      CHARACTER*4 TITLE(80)
      LOGICAL ALL
      REAL SO2GRD,UGRD,TMP
      COMMON/SRCFL/SO2GRD,UGRD,TMP,TITLE,GRDSZ,SRCGRD,DPGRD,DPGRO,NSR,
1 ONESRC,ALL

      REAL RATIO,TFACT
      COMMON/CON1/RATIO(5),TFACT
C TFACT IS 1.E6(1.E. G TO MICRO G) /NO OF SEC IN SIMULATION DURATION
      TFACT=1.E6/(3.1536E7*TMP)
C
      DO 10 IT=1,NRAIN
      T0=1./DRY(IT)
      T1=1./WET(IT)
      RATIO(IT)=T1/(T0+T1)
      D1=L0+(1./T0)
      D2=L1+(1./T1)+L2
      D3=-1./(T0*T1)
      B=D1+D2
      B2=B*B
      AC4=4.*(D1*D2+D3)
      SQ=SQRT(B2-AC4)
      P0(IT)=0.5*(-1.*B+SQ)

```

```

P1(IT)=0.5*(-1.*B-SQ)
A0P0(IT)=A0(T0,T1,L0,L1,L2,P0(IT))
IF (ABS(A0P0(IT)).LT.1D-15) A0P0(IT)=0.0
A1P0(IT)=A1(T0,T1,L0,L1,L2,P0(IT))
IF (ABS(A1P0(IT)).LT.1D-15) A1P0(IT)=0.0
A0P1(IT)=A0(T0,T1,L0,L1,L2,P1(IT))
IF (ABS(A0P1(IT)).LT.1D-15) A0P1(IT)=0.0
A1P1(IT)=A1(T0,T1,L0,L1,L2,P1(IT))
IF (ABS(A1P1(IT)).LT.1D-15) A1P1(IT)=0.0
PDIFI(IT)=1./(P0(IT)-P1(IT))

```

C

```

DO 11 IMET=1,NMET
  RMXHT=A(IMET)
  E1=VG4/RMXHT+1./T0
  E2=VG4/RMXHT+L4+1./T1
  E3=-1./(T0*T1)
  BP=E1+E2
  BP2=BP*BP
  ACP4=4.*(E1*E2+E3)
  SQP=SQRT(BP2-ACP4)
  S0=0.
  S1=0.
  SUMAVN=0.
  DO 20 N=1,12
    RT(N,IMET)=ROOT(RMXHT, VG, KD(IMET), N)
    K(N,IMET)=KD(IMET)*RT(N,IMET)*RT(N,IMET)/(RMXHT*RMXHT)
    Q(1,N,IT,IMET)=P0(IT)-K(N,IMET)
    Q(2,N,IT,IMET)=P1(IT)-K(N,IMET)
    Q(3,N,IT,IMET)=0.5*(-1.*BP+SQP)
    Q(4,N,IT,IMET)=0.5*(-1.*BP-SQP)

```

C

```

  FIRST=4.*SIN(RT(N,IMET))*COS(RT(N,IMET)*(1.-H/RMXHT))
  FIRST=4.*SIN(RT(N,IMET))
  THIRD=RMXHT*(2.*RT(N,IMET)+SIN(2.*RT(N,IMET)))
  V(N,IMET)=FIRST/THIRD
  FQ(1)=(Q(1,N,IT,IMET)-Q(2,N,IT,IMET))*
1 (Q(1,N,IT,IMET)-Q(3,N,IT,IMET))*
1 (Q(1,N,IT,IMET)-Q(4,N,IT,IMET))
  FQ(1)=1./FQ(1)
  FQ(2)=(Q(2,N,IT,IMET)-Q(1,N,IT,IMET))*
1 (Q(2,N,IT,IMET)-Q(3,N,IT,IMET))*
1 (Q(2,N,IT,IMET)-Q(4,N,IT,IMET))
  FQ(2)=1./FQ(2)
  FQ(3)=(Q(3,N,IT,IMET)-Q(1,N,IT,IMET))*
1 (Q(3,N,IT,IMET)-Q(2,N,IT,IMET))*
1 (Q(3,N,IT,IMET)-Q(4,N,IT,IMET))
  FQ(3)=1./FQ(3)
  FQ(4)=(Q(4,N,IT,IMET)-Q(1,N,IT,IMET))*
1 (Q(4,N,IT,IMET)-Q(2,N,IT,IMET))*
1 (Q(4,N,IT,IMET)-Q(3,N,IT,IMET))
  FQ(4)=1./FQ(4)
  DO 21 M=1,4
    A0N=A0(T0,T1,L0,L1,L2,Q(M,N,IT,IMET)+K(N,IMET))
    A1N=A1(T0,T1,L0,L1,L2,Q(M,N,IT,IMET)+K(N,IMET))
    B0Q(M,N,IT,IMET)=(L0*(Q(M,N,IT,IMET)+E2)*A0N+(L1*A1N/T1))*
1 V(N,IMET)

```

```

      B0Q(M,N,IT,IMET)=B0Q(M,N,IT,IMET)*FQ(M)
      B1Q(M,N,IT,IMET)=(L1*(Q(M,N,IT,IMET)-E1)*A1N+(L0*A0N/T0))*
1  V(N,IMET)
      B1Q(M,N,IT,IMET)=B1Q(M,N,IT,IMET)*FQ(M)
21  CONTINUE
20  CONTINUE
11  CONTINUE
10  CONTINUE
    RETURN
    END
C
    FUNCTION A0(T0,T1,L0,L1,L2,P)
    REAL L0,L1,L2
    A0=T0*(P+L1+L2)/(T0+T1)+(1./T1)
    RETURN
    END
C
    FUNCTION A1(T0,T1,L0,L1,L2,P)
    REAL L0,L1,L2
    A1=T1*(P+L0)/(T0+T1)+(1./T0)
    RETURN
    END
$DEBUG
    FUNCTION ROOT(HGT,VG,KZ,RN)
C
C This function returns the RNth root.
C
C Input-
C HGT: mixing height
C VG: deposition velocity
C KZ: eddy diffusivity
C RN: root number (1-12)
C
    REAL KZ
    INTEGER RN
C
    CHARACTER*4 WORD(12)
C
    DATA PI/3.1415927/,WORD/'2HST','2HND','2HRD','2HTH',8*'2H' /
C
C Initialize WORD
C
    DO 10 I=1,12
        WORD(I)=WORD(4)
10  CONTINUE
C
    X=(RN-1)*PI
    IF(RN.EQ.1) X=1.0
C
C Loop for finding one root using 100 iterations
C of Newtons method
C
    DO 20 I=1,100
        TX=TAN(X)
        FUNC=X*KZ*TX/(HGT*VG)-1.0

```

```

      DERIV=KZ*(TX+X*(1.0+TX*TX))/(HGT*VG)
      ROOT=X-FUNC/DERIV
C
C Test to determine if root is already within
C specified accuracy (1e-5)
C
      IF(ABS(X-ROOT).LT.1.0E-5) RETURN
      X=ROOT
20  CONTINUE
C
C If root not found to specified accuracy after 100
C iterations, issue a warning statement
C
      WRITE(6,30) RN,WORD(RN)
30  FORMAT(/15,A2,' ROOT NOT TO SPECIFIED ACCURACY AFTER',
1    ' 100 ITERATIONS'/)
C
      RETURN
      END
$DEBUG
      SUBROUTINE WIND(XR,YR,XS,YS,FTHETA)
C
C This subroutine returns the weighting factor for the
C source to receptor path.
C
C Input-
C XR,YR: receptor coordinates
C XS,YS: source coordinates
C FTHETA: weighting factor
C
      REAL XR,YR,XS,YS,FTHETA
C
      REAL U(10),A(10),AI(10),KD(10),FUAK(10),ANGLE(20),WEIGHT(20)
      REAL DIFFUS,DRY(5),WET(5),W(2)
      INTEGER*2 NMET,NWIND,NRAIN,RAIN(53,59)
      LOGICAL DIURN,PREC
      COMMON/METFL/U,A,AI,KD,FUAK,ANGLE,WEIGHT,DIFFUS,DRY,WET,W,
1    NMET,NWIND,NRAIN,RAIN,DIURN,PREC
C
C Calculate angle of source to receptor path
C
      ANUM=YS-YR
      DEN=XS-XR
      THETA=ATAN2(ANUM,DEN)
C
C Assign weighting factor
C
      IF(THETA.LT.ANGLE(1).OR.THETA.GE.ANGLE(NWIND)) GOTO 20
      DO 10 I=2,NWIND
      IF(THETA.GE.ANGLE(I-1).AND.THETA.LT.ANGLE(I)) GOTO 30
10  CONTINUE
      GOTO 40
C
20  FTHETA=WEIGHT(NWIND)
      RETURN

```

```

C
30  FTHETA=WEIGHT(I-1)
    RETURN
C
C if angle is not contained in any sector, print message
C
40  WRITE(6,50) THETA
50  FORMAT(' ANGLE=',F10.2,' RADIANS IS NOT IN WIND ROSE')
    STOP
    END
$DEBUG

      SUBROUTINE CLRES(XSRC,YSRC,XDEP,YDEP,SRDIST,THETA,I,J,WSO2S,
1  DSO2S,WSO4S,DSO4S,GLCS,RELCON)

C
C This subroutine calculates the wet and dry SO2 deposition,
C SO4 deposition and ground level concentrations of SO2 and
C SO4.
C
C Input-
C XSRC,YSRC: source coordinates (grid square centre)
C XDEP,YDEP: deposition point coordinates
C SRDIST: source to receptor distance (m)
C PHI: 12 roots for each met condition
C THETA: source to receptor weighting factor
C I,J: emissions source grid coordinates
C
C Output-
C WSO2S: wet SO2 deposition total
C DSO2S: dry SO2 deposition total
C SO4S: SO4 deposition total
C GLCS: SO2 and SO4 ground level concentrations
C
      REAL RELCON(4),RELCO(4),COSPH(4),GLCS(2),HCON(12)
C
      INTEGER GRDSZ(2),DPGRD(2),DPGRO(2)
      CHARACTER*2 SRCGRD, ONESRC
      CHARACTER*4 TITLE(80)
      LOGICAL ALL
      COMMON/SRCFL/SO2GRD,UGRD,TMP,TITLE,GRDSZ,
1  SRCGRD,DPGRD,DPGRO,NSR,ONESRC,ALL
      COMMON/SCHT/SRCT(4),NLVL

C
      REAL U(10),A(10),AI(10),KD(10),FUAK(10),ANGLE(20),WEIGHT(20)
      REAL DIFFUS,DRY(5),WET(5),W(2)
      INTEGER*2 NMET,NWIND,NRAIN,RAIN(53,59)
      LOGICAL DIURN,PREC
      COMMON/METFL/U,A,AI,KD,FUAK,ANGLE,WEIGHT,DIFFUS,DRY,WET,W,
1  NMET,NWIND,NRAIN,RAIN,DIURN,PREC

C
      COMMON/CHMFL/F4,W4W,W4D,GAM2,GAM4,SO2VG,SO4VG

C
      REAL K,V
      COMMON/CONST/P0(5),P1(5),PDIFI(5),A0P0(5),A0P1(5),A1P0(5),

```

```

1 AIP1(5).Q(4.12.5.10).B0Q(4.12.5.10).B1Q(4.12.5.10).K(12.10).
1 V(12.10).PHI(12.10)

```

C

```
COMMON/CON1/RATIO(5).TFACT
```

C

```
DO 350 M=1.NMET
```

```
AII=AJ(M)
```

```
UM=U(M)
```

```
UMI=1./UM
```

```
WSO2=0.
```

```
DSO2=0.
```

```
WSO4=0.
```

```
DSO4=0.
```

```
GLCSO2=0.
```

```
GLCSO4=0.
```

```
G=0.
```

```
GWET2=0.
```

```
70 OUTTOT=0.0
```

```
DO 800 III=1.NLVL
```

```
II=(NLVL+1)-III
```

```
IF (SRCHT(II).GE.A(M)) GO TO 501
```

```
NLVLC=II
```

```
DO 503 JJJ=1.NLVLC
```

```
503 RELCO(JJJ)=RELCON(JJJ)/(1.-OUTTOT)
```

```
RSO2G=SO2GRD*(1.-OUTTOT)
```

```
WRITE(*,*) 'SERTAD1.IN'
```

```
GO TO 502
```

```
501 IF(RELCON(II).EQ.1) GOTO 350
```

```
OUTTOT=RELCON(II)+OUTTOT
```

```
800 CONTINUE
```

```
502 RATE=RSO2G*1.0E9*UMI
```

```
TIME=SRDIST*UMI
```

```
RPPTF=RATE*THETA*FUAK(M)/(6.28319*SRDIST)
```

```
WRITE(15,*) SRDIST.RPPTF.RATE.UMI
```

C

C Sum the calculations over the twelve roots

C

```
DO 75 KK=1.12
```

```
P=PHI(KK,M)
```

```
ARG=KD(M)*P*P*TIME*AII*AII
```

```
IF(ARG.GT.60) GOTO 75
```

```
GEXP=EXP(-ARG)
```

```
DN=A(M)*(1.0+SIN(2.0*P)/(2.*P))
```

```
COSP=COS(P)
```

```
COSCOS=0.0
```

```
DO 500 II=1.NLVLC
```

```
COSPH(II)=COS(P*(1.0-SRCHT(II)*AII))
```

```
500 COSCOS=COSCOS+(COSPH(II)*RELCO(II))
```

```
HCON(KK)=COSCOS
```

```
NRT=KK
```

```
PART=2.0*GEXP*COSCOS/DN
```

```
PART=PART*(1.0-F4)
```

```
G=G+COSP*PART
```

```
IF(.NOT.PREC) GOTO 75
```

```
GWET2=GWET2+SIN(P)*PART/P
```

```

75  CONTINUE
C
C Consider rain? If so, calculate wet SO2 and SO4 deposition
C
      IF(.NOT.PREC) GOTO 85
      WRITE(*,*) 'CLRN GIRD'
      CALL CLRN(XDEP,YDEP,XSRC,YSRC,SRDIST,UM,GT,G1,ST,S1,M,HCON,
1 NRT,WRAT)
      F4DCY=EXP(-(GAM4*WRAT+SO4VG/A(M))*TIME)
      S1=S1*(1.-F4)+(F4/A(M)*F4DCY)*(S1/ST)
      WSO4=S1*RPPTF*GAM4*A(M)
      WSO2=G1*GWET2*RPPTF*GAM2*A(M)
C
C Calculate dry SO2 deposition and ground level concentrations
C for SO2 and SO4
C
85   GLCSO2=G*GT*RPPTF
      ST=ST*(1.-F4)+(F4/A(M)*F4DCY)
      GLCSO4=ST*RPPTF
      DSO2=GLCSO2*SO2VG
      DSO4=GLCSO4*SO4VG
      GLCSO2=GLCSO2*TFACT
      GLCSO4=GLCSO4*TFACT
C
C Sum depositions and ground level concentrations
C
      WSO2S=WSO2S+WSO2
      DSO2S=DSO2S+DSO2
      WSO4S=WSO4S+WSO4
      DSO4S=DSO4S+DSO4
      GLCS(1)=GLCS(1)+GLCSO2
      GLCS(2)=GLCS(2)+GLCSO4
350  CONTINUE
C
      RETURN
      END
$DEBUG
      SUBROUTINE CLRN(XR,YR,XS,YS,SRDIST,WS,GT,G1,ST,S1,IMET,HCON,
1 NRT,WRAT)
C
C This subroutine calculates the probabilities that SO2 and
C SO4 particles emitted at a given source point will survive for
C possible deposition at a second point.
C
C Input-
C XR,YR: receptor grid coordinates
C XS,YS: source grid coordinates
C SRDIST: source to receptor distance
C WS: wind speed
C
C Output-
C P1: probability of particle reaching deposition point
C P2: probability of particle reaching deposition point
C and it is raining there
C

```

```

    INTEGER GRDSZ(2),DPGRD(2),DPGRO(2)
    CHARACTER*2 SRCGRD, ONESRC
    CHARACTER*4 TITLE(80)
    LOGICAL ALL
    COMMON/SRCFL/SO2GRD,UGRD,TMP,TITLE,GRDSZ,
1 SRCGRD,DPGRD,DPGRO,NSR,ONESRC,ALL
C
    REAL U(10),A(10),AI(10),KD(10),FUAK(10),ANGLE(20),WEIGHT(20)
    REAL DIFFUS,DRY(5),WET(5),W(2)
    INTEGER*2 NMET,NWIND,NRAIN,RAIN(53,59)
    LOGICAL DIURN,PREC
    COMMON/METFL/U,A,AI,KD,FUAK,ANGLE,WEIGHT,DIFFUS,DRY,WET,W,
1 NMET,NWIND,NRAIN,RAIN,DIURN,PREC
C
    COMMON/CHMFL/F4,W4W,W4D,GAM2,GAM4,SO2VG,SO4VG
C
    COMMON/CON1/RATIO(5),TFACT
C
    REAL HCON(12)
    INTEGER DIST(10),TYPE(10)
C
C Calculate slope of source-receptor path
C
    GRAD=(YR-YS)/(XR-XS)
C
C Calculate maximum deposition grid points
C
    RMXX=FLOAT(DPGRO(1))+FLOAT(DPGRD(1))
    RMYX=FLOAT(DPGRO(2))+FLOAT(DPGRD(2))
C
C If source is within the deposition region, then it is not
C necessary to calculate the point at which the source-receptor
C path enters the deposition region.
C
    IF(XS.LT.FLOAT(DPGRO(1)).OR.XS.GT.RMXX.OR.
1 YS.LT.FLOAT(DPGRO(2)).OR.YS.GT.RMYX) GOTO 10
C
C Source is within the deposition region
C
    XB=XS
    YB=YS
    DIST1=0.0
    GOTO 120
C
C Check each deposition region boundary for crossing of
C source to receptor
C
C Left
C
10 NJUMP=0
    XB=FLOAT(DPGRO(1))
    IF(XB.EQ.XR.AND.XS.GE.RMXX) GOTO 20
    YB=YR-GRAD*(XR-XB)
    IF(YB.GE.FLOAT(DPGRO(2)).AND.YB.LE.RMYX) GOTO 100
C

```

```

C Right
C
20  NJUMP=1
30  XB=RMXX
    YB=YR-GRAD*(XR-XB)
    IF(YB.GE.FLOAT(DPGRO(2)).AND.YB.LE.RMXY) GOTO 100
C
C Bottom
C
    NJUMP=2
40  YB=FLOAT(DPGRO(2))
    IF(YB.EQ.YR.AND.YS.GE.RMXY) GOTO 50
    XB=XR-(YR-YB)/GRAD
    IF(XB.GE.FLOAT(DPGRO(1)).AND.XB.LE.RMXX) GOTO 100
C
C Top
C
50  NJUMP=3
60  YB=RMXY
    XB=XR-(YR-YB)/GRAD
    IF(XB.GE.FLOAT(DPGRO(1)).AND.XB.LE.RMXX) GOTO 100
C
C If no crossing point is found, then print error message
C
70  WRITE(6,80) XS,YS,XR,YR
80  FORMAT(' ** NO BOUNDARIES DEFINED/' XS,YS,XR,YR=',4F6.1)
    STOP
C
C Calculate whether crossing point is closer to source or receptor
C
100 NJUMP=NJUMP+1
    DIST1=UGRD*1000.0*SQRT((XB-XS)**2+(YB-YS)**2)
    IF(DIST1.LE.SRDIST) GOTO 120
C
C Check next boundary
C
    GOTO(30,40,60,70),NJUMP
C
C Calculate distance travelled within deposition region
C
120 DIST2=UGRD*1000.0*SQRT((XB-XR)**2+(YB-YR)**2)
C
C Determine the fraction which passes through each rainfall
C region
C
C THE FOLLOWING 3 LINES ARE PUT IN TO TEST THE ORIGINAL VERSION
C 11-12-87
    K1=IFIX(XB)
    K2=IFIX(YB)
    TYPE(1)=RAIN(K1,K2)
    DIST(1)=10
    WRAT=RATIO(TYPE(1))
C
C Calculate the survival probability function for the rainfall
C regions encountered.

```

```

C      CALL OROG(DIST1,DIST2,WS,1,DIST(1),TYPE(1),IMET,G0,G1,S0,S1,
1 HCON,NRT)
      WRITE(*,*) 'OROG CIKTI'
      GT=G0+G1
      ST=S0+S1

C      RETURN
      END

$DEBUG
      SUBROUTINE OROG(DIST1,DIST2,WS,LRC,ID,IT,IMET,G0,G1,S0,S1,HCONST,
1 NRT)
C      REAL U(10),A(10),AI(10),KD(10),FUAK(10),ANGLE(20),WEIGHT(20)
      REAL DIFFUS,DRY(5),WET(5),W(2)
      INTEGER*2 NMET,NWIND,NRAIN,RAIN(53,59)
      LOGICAL DIURN,PREC
      COMMON/METFL/U,A,AKD,FUAK,ANGLE,WEIGHT,DIFFUS,DRY,WET,W,
1 NMET,NWIND,NRAIN,RAIN,DIURN,PREC

C      COMMON/SCHT/SRC(4),NLVL
      REAL K,V,HCONST(12)
      COMMON/CONST/P0(5),P1(5),PDIFI(5),A0P0(5),A0P1(5),A1P0(5),
1 A1P1(5),Q(4,12,5,10),B0Q(4,12,5,10),B1Q(4,12,5,10),K(12,10),
1 V(12,10),RT(12,10)

C      D=DIST2*ID*0.1
      IF(LRC.EQ.1)D=D+DIST1
      TIME=D/WS
      RMXHT=A(IMET)

C      S0=0.
      S1=0.

C      EP0=EXP(P0(IT)*TIME)
      EP1=EXP(P1(IT)*TIME)
      G0=((A0P0(IT)*EP0)-(A0P1(IT)*EP1))*PDIFI(IT)
      G1=((A1P0(IT)*EP0)-(A1P1(IT)*EP1))*PDIFI(IT)

C      DO 20 N=1,NRT
      H=HCONST(N)
      DO 21 M=1,4
      EQT=EXP(Q(M,N,IT,IMET)*TIME)
      EQT=EQT*H
      S0=S0+B0Q(M,N,IT,IMET)*EQT
      S1=S1+B1Q(M,N,IT,IMET)*EQT
21  CONTINUE
20  CONTINUE
      RETURN
      END

```

EK. 6 1995 yılı için SERTAD.in dosyası

FISHER STATISTICAL LONG RANGE TRANSPORT MODEL
SO₂.SO₄ DEPOSITION OVER TURKEY
MIDDLE EAST TECHNICAL UNIVERSITY

TIME PERIOD (YEARS): 1.000
EMISSION GRID SIZE (X,Y): 9, 19
GRID UNIT LENGTH (KM): 87.5
EMISSION AND SOURCE (THOUSANDS OF TONNES PER TIME PERIOD)
CONSIDER ALL SOURCES? (TRUE/FALSE): 1
IF FALSE, THEN SOURCE IS: \$\$ (ELSE EXCLUDE THIS SOURCE)
NUMBER OF LEVELS CONSIDERED: 03
HEIGHT OF THE LEVELS: 300.0 400.0 500.0
NUMBER OF SOURCES AND RECEPTORS: 14
SOURCE/RECEPTOR DESCRIPTION

YA
AF
YE
SE
SO
TU
CA
KA
OR
KE
CT
AL
AM
ME

NUMBER OF MET CONDITIONS: 8
WIND SPEED MIXING HEIGHT DIFFUSIVITY PROBABILITY
(M/S) (M) (M**2/S) OF OCCURRENCE
8.0 949.7 4.1 0.19947
6.3 592.8 30.0 0.05053
5.6 839.1 2.9 0.15565
4.9 742.8 30.0 0.10297
6.0 984.2 3.9 0.14823
6.3 785.1 30.0 0.07878
7.8 992.8 3.2 0.21935
6.3 504.9 30.0 0.04502

NUMBER OF WIND SECTORS: 16
ANGLE (RAD) WEIGHTING

-2.9450 1.40 WSW
-2.5520 1.83 SW
-2.1600 1.49 SSW
-1.7670 1.09 S
-1.3740 0.88 SSE
-0.9820 0.57 SE
-0.5890 0.48 ESE
-0.1960 0.52 E
0.1960 0.68 ENE
0.5890 1.00 NE
0.9820 1.19 NNE

1.3740	1.10	N
1.7670	0.86	NNW
2.1600	0.81	NW
2.5520	0.85	WNW
2.9450	1.19	W

BOUNDARY LAYER DEVELOPMENT RATE: 0.000

CONSIDER DIURNAL VARIATION? (TRUE/FALSE): f

CONSIDER RAIN? (TRUE/FALSE): 1

NUMBER OF RAINFALL CATEGORIES: 3

MEAN DRY PERIOD INVERSE MEAN WET PERIOD INVERSE

2.12E-05 1.38E-04

1.51E-05 1.89E-04

5.04E-05 1.26E-04

DEPOSITION GRID ORIGIN (X,Y): 1, 1

DEPOSITION GRID SIZE (X,Y): 9, 19

RAINFALL CATEGORIES OVER DEPOSITION GRID

```

3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3
3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 2 3 3 3
3 3 3 3 3 2 2 3 3 3 3 3 3 3 2 2 3 3 3
3 3 3 2 2 2 2 3 3 3 3 3 2 2 2 2 2 2 3
3 1 1 2 2 2 2 2 2 2 1 1 1 2 2 2 2 2 1
1 1 2 2 2 2 2 2 1 1 1 1 2 2 2 2 2 1 1
1 2 2 2 2 2 1 1 1 1 2 2 2 2 2 1 1 2 2
2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2
2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2

```

INITIAL FRACTION OF SO₂ CONVERTED TO SO₄: 0.300

RATE OF CONVERSION OF SO₂ TO SO₄ (/S): 0.0000028

RATE OF CONVERSION OF SO₂ TO SO₄ (/S): 0.0000028

SO₂ SCAVENGING COEFFICIENT (/S): 0.0001000

SO₄ SCAVENGING COEFFICIENT (/S): 0.0001000

SO₂ DEPOSITION VELOCITY (CM/S): 0.5

SO₄ DEPOSITION VELOCITY (CM/S): 0.0

EK 7. 1996 yılı için Sertad.in dosyası

FISHER STATISTICAL LONG RANGE TRANSPORT MODEL
 SO₂.SO₄ DEPOSITION OVER TURKEY
 ANADOLU ÜNİVERSİTESİ

TIME PERIOD (YEARS): 1.000
 EMISSION GRID SIZE (X,Y): 9, 19
 GRID UNIT LENGTH (KM): 87.5
 EMISSION AND SOURCE (THOUSANDS OF TONNES PER TIME PERIOD)
 CONSIDER ALL SOURCES? (TRUE/FALSE): 1
 IF FALSE, THEN SOURCE IS: \$\$ (ELSE EXCLUDE THIS SOURCE)
 NUMBER OF LEVELS CONSIDERED: 03
 HEIGHT OF THE LEVELS: 300.0 400.0 500.0
 NUMBER OF SOURCES AND RECEPTORS: 14
 SOURCE/RECEPTOR DESCRIPTION

YA
 AF
 YE
 SE
 SO
 TU
 CA
 KA
 OR
 KE
 CT
 AL
 AM
 ME

NUMBER OF MET CONDITIONS: 8

WIND SPEED MIXING HEIGHT DIFFUSIVITY PROBABILITY

(M/S)	(M)	(M**2/S)	OF OCCURRENCE
8.0	949.7	4.1	0.19947
6.3	592.8	30.0	0.05053
5.6	839.1	2.9	0.15565
4.9	742.8	30.0	0.10297
6.0	984.2	3.9	0.14823
6.3	785.1	30.0	0.07878
7.8	992.8	3.2	0.21935
6.3	504.9	30.0	0.04502

NUMBER OF WIND SECTORS: 16

ANGLE (RAD) WEIGHTING

-2.9450	1.40	WSW
-2.5520	1.83	SW
-2.1600	1.49	SSW
-1.7670	1.09	S
-1.3740	0.88	SSE
-0.9820	0.57	SE
-0.5890	0.48	ESE
-0.1960	0.52	E
0.1960	0.68	ENE
0.5890	1.00	NE
0.9820	1.19	NNE

1.3740	1.10	N
1.7670	0.86	NNW
2.1600	0.81	NW
2.5520	0.85	WNW
2.9450	1.19	W

BOUNDARY LAYER DEVELOPMENT RATE: 0.000

CONSIDER DIURNAL VARIATION? (TRUE/FALSE): f

CONSIDER RAIN? (TRUE/FALSE): t

NUMBER OF RAINFALL CATEGORIES: 3

MEAN DRY PERIOD INVERSE MEAN WET PERIOD INVERSE

2.12E-05 1.38E-04

1.51E-05 1.89E-04

5.04E-05 1.26E-04

DEPOSITION GRID ORIGIN (X,Y): 1, 1

DEPOSITION GRID SIZE (X,Y): 9, 19

RAINFALL CATEGORIES OVER DEPOSITION GRID

```

3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3
3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 2 3 3
3 3 3 3 3 2 2 3 3 3 3 3 3 2 2 3 3 3
3 3 3 2 2 2 2 3 3 3 3 3 2 2 2 2 2 3
3 1 1 2 2 2 2 2 2 2 1 1 1 2 2 2 2 2
1 1 2 2 2 2 2 2 1 1 1 1 2 2 2 2 2 1
1 2 2 2 2 2 1 1 1 1 2 2 2 2 2 1 1 2
2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2
2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2

```

INITIAL FRACTION OF SO₂ CONVERTED TO SO₄: 0.300

RATE OF CONVERSION OF SO₂ TO SO₄ (/S): 0.0000028

RATE OF CONVERSION OF SO₂ TO SO₄ (/S): 0.0000028

SO₂ SCAVENGING COEFFICIENT (/S): 0.0001000

SO₄ SCAVENGING COEFFICIENT (/S): 0.0001000

SO₂ DEPOSITION VELOCITY (CM/S): 0.5

SO₄ DEPOSITION VELOCITY (CM/S): 0.0

EK 8. EM.L1 dosyası

[illegible]

EK 10. EM.L3 dosyası

[illegible]

