

46596

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**HAVA KİRLİLİĞİ MODELLEMESİ VE GEBZE İÇİN SO₂ AZALTIM
STRATEJİLERİİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kimya Müh. Gülser GÖRMEK

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 12 HAZİRAN 1995

Tezin Savunulduğu Tarih : 27 İAZİRAN 1995

Tez Danışmanı : Prof.Dr. Hasancan OKUTAN

**Diğer Jüri Üyeleri : Prof.Dr. Ekrem EKİNCİ
Prof.Dr. Sadriye KÜÇÜKBAYRAK**

HAZİRAN

ÖNSÖZ

Dünya nüfusunun hızla artması sonucu meydana gelen doğal kaynaklardan maksimum derecede yararlanma isteği, teknolojinin zorunlu olarak gelişmesine sebep olmuştur. Sadece faydalananmayı düşünen bu teknolojik gelişim süreci, doğal dengenin zayıflamasına ve gittikçe bozulmasına neden olmuştur. Sanayi ve teknoloji Ürünleri insanlar için büyük önem arz eden hava ve su gibi ortamları kirletmeye başlamıştır.

Sanayi bölgesi konumunda olan Gebze içinde benzeri durumlar sözkonudusur. Uzun dönemli kontrol stratejilerinin temel çevresel ve ekonomik etkilerini belirlemek amacıyla yapılan bu çalışmadan çıkan sonuçlar, bu konuda alınabilecek tedbirler için bir girdi olarak kullanılabilir.

Tam anlayımla bir mühendislik çalışması yapmamı sağlayan mühendislik bilgi ve tecrübelerimin artmasına katkıda bulunan, çalışmalarım sırasında her türlü yardım ve desteğini esirgemeyen ve çalışmamı titizlikle yönlendiren değerli Hocam Sayın Prof.Dr. Hasancan OKUTAN'a engin bilgilerinden yararlandığım, tezimin yazımında gösterdiği yardım ve katkılarından dolayı, Sayın Prof.Dr. Ekrem EKİNCİ ve Tübitak Marmara Araştırma Merkezinden Sayın Dr. Mustafa TIRIS'a sonsuz teşekkür ederim.

Tez çalışmam sırasında, benden yardım ve desteğini esirgemeyen Sayın Müdürüm Aydin HIZAL'a ve Şefim Kadriye ÖZÇELİK'e teşekkür ederim. Bu günlere gelmemde büyük emeği geçen sevgili anne ve babama ayrıca teşekkür etmeyi borç bilirim.

HAZİRAN, 1995

Gülser GÖRMEK

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	V
SUMMARY.....	VI
BÖLÜM 1. GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
BÖLÜM 2. TÜRKİYE'DE HAVA KİRLİLİĞİ DURUMU VE NEDENLERİ.....	3
2.1. Boyutları.....	3
2.2. Hava Kirliliği Kaynakları.....	5
2.2.1. Temel Kaynaklar.....	5
2.2.2. Diğer Kaynaklar.....	8
2.3. Kirletici Parametreler.....	9
2.4. SO_2 'in Muhtemel Etkileri.....	9
2.5. Hava Kirliliğini Önleme Yöntemleri.....	14
2.5.1. Yakıt Değiştirme.....	14
2.5.2. Emisyon Limitleri.....	16
2.5.3. Emisyon Kontrol Teknolojileri.....	16
2.5.3.1. SO_2 Kontrolü.....	17
2.5.3.2. SO_2 ve NO_x 'in Birlikte Kontrolt.....	19
2.5.4. İleri Üretim Teknolojileri.....	19
2.5.4.1. Akışkan Yataktakta Yakma.....	20
2.5.4.2. Entegre Gazlaştırma Kombine Çevrimi...	22
2.5.4.3. Yüksek Verimli Gaz Türbinleri.....	23
2.5.4.4. Çok Yakıtlı Sistemlerde Doğal Gaz Kullanımı.....	24
BÖLÜM 3. GEBZE İLE İLGİLİ BİLGİLER.....	25
3.1. Gebze'nin Yapısı ve Nüfusu.....	25
3.1.1. Gebze'min Coğrafi Konumu.....	25
3.1.2. Gebze'nin Nüfusu.....	25
3.1.3. Gebze'nin Ekonomik Yapısı.....	25
3.2. Gebze'de Yakıt Tüketimi.....	27
3.3. Tüketilen Yakıtların Özellikleri.....	28
BÖLÜM 4. HAVA KALİTESİ MODELLEMESİ.....	29

4.1. Havadaki Kirleticilerin Davranışı.....	29
4.1.1. Atmosferin Genel Yapısı.....	29
4.1.2. Atmosfer ve Yeryüzü Arasındaki Enerji Dengesi.....	31
4.1.3. Meteolojik Olaylar ve Kütlesel Hava Hareketleri.....	33
4.1.3.1. Rüzgar, Rüzgar Sürtünmesi ve Türbülans	35
4.1.3.2. Kararlılık.....	36
4.1.4. Coğrafik ve Topografik Etkiler.....	37
4.1.5. Yüzey Pürüzlüğünün Duman Davranışına Etkisi.....	39
4.2. Hava Kirliliği Modellenmesi.....	41
4.2.1. Hava Kalitesi Modelleri.....	42
4.2.1.1. Kutu Modelleri.....	42
4.2.1.2. Dispersiyon Modeli.....	43
4.3. ISCLT Paket Programı.....	50
BÖLÜM 5. EMİSYON ENVANTERİNİN DERLENMESİ VE KONTROL SENARYOLARI.....	53
5.1. Emisyon Envanterinin Derlenmesi.....	53
5.2. Kontrol Senaryolar.....	55
BÖLÜM 6. MODELLEME SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRMELER	58
BÖLÜM 7. GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	62
KAYNAKLAR.....	63
EKLER.....	65
ÖZGEÇMİŞ.....	83

ÖZET

Gelişen teknoloji ile birlikte Gebze'de de büyük ilerlemeler olmuştur. Köyden şehrre göçün son yıllarda oldukça fazla olması, yeni sanayi sektörlerin kurulmasına neden olmuştur. Hızla artan nüfus yoğunluğuna paralel olarak konut sayısı da bir artma göstermiştir. Konutların ve ticaret merkezlerin yer seçiminde bölgenin coğrafik ve meteorolojik etüdünün yapılmaması, çarpık kentleşme durumu ortaya çıkarmıştır. Bu durumda Gebze'de de hava kirliliğine neden olan faktörler oluşmuştur.

Bu çalışmada; hava kirliliğine neden olan etkenler alan ve nokta kaynaklar bazında değerlendirilmiştir. Bu amaçla pilot bölge olarak seçilen Gebze'de hava kirliliğini etkileyen nüfus, yakıt tüketimi, endüstriyel üretim ile meteorolojik veriler derlenmiş ve yakıt tüketimi EPA onaylı "Endüstriyel Kompleks-Uzun Dönemli Dağılım Modeli (ISCLT)" ile modellenmiştir. Bu tüketim talebinin karşılanabilmesi için alan kaynaklarında yakıt tüketimi için üç ayrı senaryo belirlenmiş ve nokta kaynaklarında ise yakıt değişiminin sabit olduğu varsayılmıştır. Bu senaryolar; Soma linyiti ve doğal gaz yoğun tüketim seçenekleri içermektedir.

Model sonuçlarına göre emisyon miktarları; doğal gaz için $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Soma linyiti için $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bulunmuştur.

AIR POLLUTION MODELLING AND INVESTIGATION OF SO₂ REDUCTION: GEBZE CASE

SUMMARY

Air pollution is woven throughout the fabric of our modern life. A by-product of the manner in which we build our cities, air pollution is waste remaining from the ways we produce our goods, transport ourselves and our goods, and generate the energy to heat and light the places where we live, play, and work. The major cause of all air pollution is combustion. When perfect or theoretical combustion occurs, the hydrogen and carbon in the fuel combine with oxygen from the air to produce heat, light, carbondioxide, and water vapour. However, impurities, in the fuel, poor fuel-to-air ratio, or too high or too low combustion temperatures cause the formation of such side products as carbonmonoxide, sulfur oxides, nitrogen oxides, fly ash, and unburned hydrocarbons-all air pollutants.

The sources of pollution are typically classified into the following five categories:

1- Fuel combustion in stationary source: The first category includes all facilities where fuels are burned to provide either space or process heating. All fuels-coal, cokes fuel oil, gas, and wood-dontribute in varying degrees to total emissions. In most areas, the burning of these fuels accounts for the majority of sulfur oxide and partuculate emissions. Sources in category can be further subdivided according to the type of consumer;

- a- Steam-electric power plants,
- b- Industrial facilities,
- c- Houses and apartment bulidings,
- d- Commercial, institutional, and governmental bulidings.

2- Mobile sources: This category includes road vehicles, vessels, trains, and aircraft. The fuels of primary concern are gasoline and diesel fuel used by motor vehicles; diesel oil, and coal burned in locomotives and vessels; and aviation fuels in aircraft. Carbon monoxide, oxides of nitrogen; hydrocarbons, and particulates are pollutants of primary interest from this category of sources.

3- Industrial processes: This category includes all facilities that generate pollutants during the manufacture or handling of products, other than the pollutants emitted from the use of fuels.

4- Disposal of solid waste: This category consists of the incineration or open burning of solid waste which can be a significant source of pollution. Such burning may take place either in large central facilities, such as municipal incinerators and open-burning dumps or at individual residences, factories or shops.

5- Evaporation of organic substances: Included in this category is the evaporation of gasoline, paints and dry cleaning solvents.

Emissions, air quality and meteorological data provide the basic information for understanding an area's air pollution problem. The accounting of air pollutant sources and their related emission rates for a given area is defined as an "emissions inventory". Although many different procedures are available for compiling an emissions inventory, all of them depend on the use of average "emission factors", since it is impractical to measure continuously, or even periodically, the discharges of pollutants into the atmosphere from all sources. Emission factors have been formulated for most of the major types of sources.

The multitude of sources in urban areas can be further classified according to emission rates. Sources that individually contribute significantly amounts of pollutants deserve special attention; in most inventories are considered separately as "point sources". Typically these include power-generating stations, central incinerators and large industrial concerns. Sources that individually do not contribute significant quantities of pollutants are considered jointly as "area sources"; typical of these are automobiles, houses and small industries.

The emission of sulfur compounds into the atmosphere has developed into one of the major pollution problems of the late 1960s. The interest in airpollution is centered almost exclusively on the emission of SO₂. Sulfur dioxide and sulfur trioxide are the dominant oxides of sulphur present in the atmosphere. Sulfur dioxide is a nonflammable, non explosive, colorless gas that causes a taste sensation at concentrations from 0.3 to 1.0 ppm in air At concentrations above 3.0 ppm the gas has a pungent, irritotating odor. Sulfur dioxide is partly converted to sulfur trioxide or to sulfuric acid and its salts by photochemical or catalytic processes in the atmosphere. Sulfur trioxide and moisture form sulfuric acid. The oxides of sulfur in combination with particulate and moisture produce the most domoging effects attributed to atmospheric air pollution. Unfortunately, it has proven dificult to isolate the effects of sulfur dioxide alone.

Adverse effects of SO₂ emission was first observed in early 1950's. In the surface waters in the industrial Ruhr area of Germany. The catastrophic air pollution in London in 1952, which caused as many as 4000 deaths within a few day, was attributed to the high SO₂ concentration in the atmosphere Acid rain results from oxidation of SO₂ to SO₃ in the atmosphere and the reaction with H₂O to yield sulfuric acid. This formation is catalysed by NO_x and sun light. Acid rain is especially very harmfull on the coniferous forests. It causes browning and loosing of pine needles and decreases resistance of trees, resulting in death of the plants. Winds often carry SO₂ emissions over long distances and cause harmfull effects of location very far from the source of the emission.

No other pollutent has been studied as intensely as the oxides of sulfur, yet many questions concerning effects of sulfur dioxide upon health remain unanswered. Because sulfur oxides tend to occur in the same kinds of polluted atmosphere as particulate matter and high humidity, few epidemiologic studies have been able to differentiate adequately the effects of the pollutants.

As the problem of SO₂ pollution grows up the determination of pollutant long-term becomes important. In this study, industrialized Gebze was chosen as plot region and long-term SO₂ control strategies were examined. For this reason, emission inventory was rprepared by concerning meteorological and topographical factors by using ISCLT program.

Industrial source complex Dispersion model (ISCLT) is one of the many computer softwares developed by Trinity Consultant inc. The program is designed to estimate pollutants concentrations or depositions from any combination of point, area or volume sources. The program is divided in to sequence of operation and a series of eight files are created by three individual packages of the program. The sequence of operations are shown in Figure 1.

A source data (.PNT) file is created by the ISCLT when the source data is entered. The meteorological data is stored in a "Star" summary file (.STR) which contains the annual average frequency distribution of stability and wind speed combination for up to 16 wind directions. All the data needed for the model run is contained in a data file (.DAT). All three data files (.PNT, STR., DAT) is required when the model program runs and the result is written to a list file (.LST) which contains all the input information and the calculated concentrations or depositions at each receptor point.

Breeze Air Graphic & Surfer is again a menu driven system and allow to create 2-dimensional and 3-dimensional plot from an input files. A raw graphic file (.RAW) is generated by the ISCLT model during the ISCLT run. Useful information is extracted from the raw data file by the Breeze Air Graphic program and is written into an input file (.INP). This input file contains the calculated results and coordinates of the receptors in a X,Y,Z format, and use to generate a grid file (.GRD) which records the results and the receptors in gridded format. Topo program from the surfer graphic package, which is developed by Golden Software Inc, USA, is used to create 2-D contour map and surf program is used for the 3-D surface plot. Both the Topo and Surf program saves the date in a plot (.PLT) file which can be printed out by a printer or a plotter.

The ISCLT is steady-state Gaussian model, incorporating monthly, seasonal or annual frequency distributions of wind speed, with direction and stability, category, and is used to assess pollutants concentrations/depositions from a wide variety of sources associated with a industrial source complex.

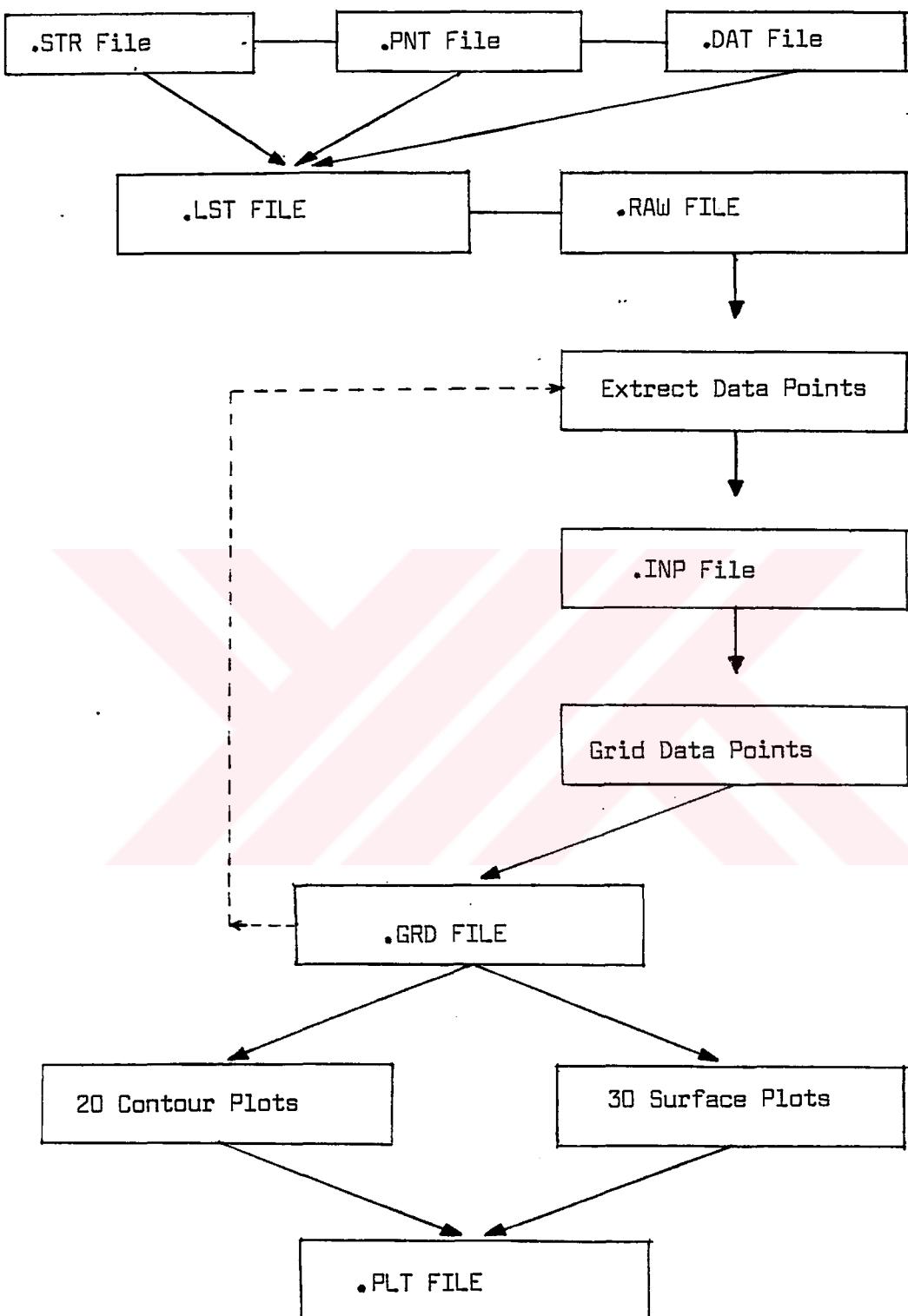


FIGURE 1. The Sequence of Operations

As shown in Table 1., if the household fuel is changed the amount of SO₂ emission shows a decrease of 66-81 % according to the present situation.

TABLE 1. Amount of SO₂ Emission Based on A,B, Scenarios

Scenario	Fuel	Amount of SO ₂ Emission ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Present Situation	-	88
A	Natural Gas	17
B	Lignite (Soma)	30

BÖLÜM 1. GİRİŞ VE AMAÇ

Katı, sıvı ve gaz atıkların miktar ve derişimlerinin canlı ve cansız varlıklarını olumsuz yönde etkileyebilecek düzeye ulaşması "Çevre Kirlenmesi" sorunu olarak bilinir. Hava, su ve toprak kirliliği yanında radyoaktif atıklar ve gürültü de çevre kirlenmesini etkileyen faktörler arasındadır. Sosyo-ekonomik etkinlikler veya doğal olaylar sonucu ortaya çıkan bu kirliliğe neden olan kaynaklardan önceden önlem almak veya sonradan arıtma yöntemlerini araştırmak, çevre korunmasında ana ilkeleri oluşturur[1].

Hava kirliliği problemleri yurdumuzun birçok yöresinde her geçen yıl daha belirgin bir hal almaktadır, hava kalitesi seviyeleri gittikçe kötüleşmektektir. Bu problemlerin yoğun yerleşim alanlarının bulunduğu yerlerde ve özellikle kış aylarında ölümcül boyutlara ulaşması bu konuda yakıt kaynaklı kirlenmenin önemini vurgulamaktadır. Sanayileşmenin yoğun olduğu endüstri bölgelerinde ve sanayi bölgesi konumunda olan Gebze'de ise bu problemler sadece kış aylarında tehlikeli boyutlara ulaşmakla kalmamakta; daha sürekli bir hal alarak bütün yıl boyunca yaşanmaktadır.

Dünyada 1970 yılı ortalarında çok yönlü meydana gelen enerji krizi, bütün dünyada mevcut enerji kaynaklarının daha ekonomik kullanılması gereklığının gündeme getirmiştir ve alternatif enerji kaynağı arayışını hızlandırmıştır. Enerji krizinin hafiflemesi araştırmaların hızını kesmemiştir ve teknolojik gelişmelere paralel olarak çevremize verdığımız zararlar nedeniyle çevre bilincinin de gelişmesine neden olmuştur.

1980 'li yıllarda ucuz ve çevreye zarar vermeyecek şekilde daha az yakıt kullanılması fikri, linyit ve petrol yerine doğal gaz kullanımını ön plana çıkarmıştır. Fakat doğal gazın ithal olması nedeniyle Türkiye'de düşük kaliteli ve ucuz yakıt tüketimine gidilmiştir [2].

1.1. Çalışmanın Amacı

Ülkemizde yüksek kükürt içeriği düşük kaliteli yakıtların evsel ve endüstriyel kullanımı sonucu SO_2 kirliliği ciddi boyutlara ulaşmaktadır. Özellikle endüstriyel bölgelere yakın yerleşim yerlerinde SO_2 'e ait standart değerlerin aşıldığı tespit edilmiştir. Başta SO_2 olmak üzere, kirleticiler havanın doğal bileşim ve yapısını bozarak insan sağlığını, tarımsal üretimi, ormanları ve yapıları olumsuz yönde etkilemektedirler. Bu nedenle SO_2 'nin yol açtığı hava kirliliği problemini uzun vadede çözme zorunluluğu ortaya çıkmıştır.

Bu çalışmada sanayileşmiş Gebze ilçesi pilot bölge seçilerek uzun dönemli SO_2 kontrol stratejileri incelenmek istenmiştir. Bu amaçla emisyon envanteri derlenerek, meteorolojik ve topografik faktörlerde göz önünde bulunurularak EPA onaylı ISCLT (Endüstriyel Kompleks-Uzun Dönemli Dağılım Modeli) kullanılmıştır. Bu model yardımıyla SO_2 konsantrasyonları stratejiler bazında belirlenmeye çalışılmış ve sonuçların mukayesesi hedeflenmiştir.

BÖLÜM 2. TÜRKİYE'DE HAVA KİRLİLİĞİ DURUMU VE NEDENLERİ

2.1. Hava Kirliliği Boyutları

Hava kirleticileri, havanın tabii bileşimini değiştiren, gaz, sıvı veya katı halde olabilen kimyasal maddelardır. Gaz hali dışında bulunan kirleticiler havada aerosol halinde olup, bazıları sis, mist, duman gibi özel adlar ile adlandırılır.

Hava kalitesi, insan ve çevre üzerine etki eden hava kirliliğinin bir göstergesidir. Çevre havasında hava kirleticilerinin miktarlarının artması, hava kalitesini azaltmaktadır. Hava kalitesi sınır değerleri, insan sağlığının korunması amacıyla çevrede kısa ve uzun vadeli olumsuz etkilerin ortaya çıkmaması için atmosferdeki hava kirleticilerin bir arada bulunduğularında, değişen zararlı etkileri de gözönüne alınarak tesbit edilmiş derişimlerle ifade edilen seviyelerdir. Genellikle hava kalitesi sınır değerleri; uzun vadeli sınır değerler (UVS) ve kısa vadeli sınır değerler (KVS) olmak üzere iki şekilde tanımlanmaktadır. UVS, hava kirleticilerin düşük miktarlarının uzun sürede solunmasıyla ortaya çıkan kronik etkiler için verilen üst sınır değerleri gösterir. KVS ise, kısa sürede hava kirleticilerin yüksek derişimlerinin solunmasıyla ortaya çıkan kısa süreli akut etkiler için belirtilen sınır değerleri gösterir.

Hava kalitesi sınır değerleri için kullanılan derişim birimleri şunlardır:

a)- Kütle Derişimi: Havanın birim hacminde hava kirleticilerin kütle miktarıdır, [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

b)- Hacim Derişimi: Havanın milyon hacmindeki hava kirleticinin hacim miktarıdır, [ppm]

c)- Çöken Toz Derişimi: Birim zamanda birim yüzeyde toplanan toz kütlesi miktarıdır, [g/m²-gün].

2 Kasım 1986 tarihinde 19269 sayılı ile Resmi Gazete'de yayınlanarak yürürlüğe giren "Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği"'nde kükürtdioksit için UVS ve KVS değerleri Tablo 2.1'de verilmiştir [3].

TABLO 2.1. Türkiye'de SO₂ İçin Hava Kalitesi Sınır Değerleri [3].

	Birim	UVS	KVS
Kükürtdioksit (SO ₂)			
Kükürtricksit(SO ₃) dahil			
a) Genel	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	150	400(900)
b) Endüstri bölgeleri	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	250	400(900)

Türkiye'de hava kirliliğinin başlaması ve büyümesi, Türkiye ve diğer ülkelerde enerji kullanım trendinin değişmesine neden olan 1973 enerji krizi ile ilgilidir. 1973 ve 1976'daki birinci ve ikinci petrol krizinden sonra, Türkiye'de enerji ihtiyacını karşılayabilmek amacıyla pahalı ve ithal fuel-oil kullanımını yerine linyit kullanımını tercih edilmiştir. Ancak düşük kalorili ve kirlilik potansiyeli yüksek olan yerli linyit kullanımını beraberinde hava kirliliğini getirmiştir.

1980'li yıllarda birçok şehirde, ekonomi ve sanayileşmede hızlı gelişme, hızlı nüfus büyümesi (yaklaşık % 2.5) ve şehirleşme oldukça yüksek hava kirliliği sonucunu vermiştir. Ankara 1970'li yıllarda, Türkiye'de hava kirliliği açısından sorunlu tek şehir iken, 1992-93 döneminde, Türkiye'de Hava Kalitesini Koruma Yönetmeliği'

nde belirtilen, kısa vadeli SO_2 sınır değerlerinde 37, uzun vadeli SO_2 sınır değerleri ise 55 şehirde asılmıştır [4]. Tablo 2.2'de Türkiye'de seçilmiş bazı illerde yıllık ortalama SO_2 ve partikül madde (PM) konsantrasyonları gösterilmektedir [5].

2.2. Hava Kirliliği Kaynakları

2.2.1. Temel Kaynaklar

Havayı kirleten kaynakları iki büyük grupta toplamak mümkündür:

1)- Doğal Kaynaklar; volkan faaliyetleri, orman yanıkları, açık arazideki hayvan ve bitki örtülerinin bozunması,

2)- Yapay Kaynaklar; bu kaynaklar, doğal hammaddeleri insanların kullanımına sunabilmek için gereken süreçler sonucunda oluşurlar. Yani insanlar tarafından meydana getirilen kaynaklardır. Yapay kaynaklar "sabit kaynaklar" ve "hareketli kaynaklar" olmak üzere ikiye ayrılır. Sabit kaynaklar; katı, sıvı ve gaz yakıtların yakılması ile veya herhangi bir üretim prosesi esnasında oluşan kirleticilerin bir baca yoluyla atmosfere emisyonunun yapıldığı kaynakları içermektedir. Hareketli kaynaklar ise; kara, deniz ve hava taşıtlarının egzozlarıdır. Kara, deniz ve hava taşıtlarında mazot, benzin veya jet yakıtı gibi yakıtlar tüketiminde ve taşıtların egzozlarından atmosfere verilen hava kirleticiler, katı, sıvı ve gaz yakıtların yakılmasıyla oluşan yanma ürünlerinin benzerleridir.

Konut ısıtma, endüstride sıcak su veya buhar üretimi ve elektrik üretimi (termik santraller) için kullanılan katı, sıvı veya gaz yakıtların yanma ürünlerinin atmosfere atıldığı bacalar en önemli hava kirliliği kaynaklarını oluşturmaktadır.

TABLO 2.2. Bazı Şehir Merkezlerinde Yıllık Ortalama SO_2 ve Partiküller Madde Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) [5].

SEHİR	SO_2				PPM			
	1990	1991	1992	1993	1990	1991	1992	1993
Amasya	67	42	40	42	42	19	14	26
Ankara	170	126	-	72	103	83	-	82
Balıkesir	71	85	-	161	45	60	-	61
Bursa	190	224	181	133	90	101	78	79
Çanakkale	-	169	117	102	-	38	25	22
Diyarbakır	251	176	183	157	147	138	161	158
Edirne	93	77	87	101	33	33	32	29
Elazığ	164	86	38	54	123	70	36	37
Erzincan	84	62	55	47	87	80	80	57
Erzurum	145	176	189	276	87	98	129	159
Eskişehir	172	180	192	166	43	37	50	42
Gaziantep	115	116	-	131	69	63	-	70
İstanbul	241	284	247	216	118	133	92	91
İzmir	96	92	162	141	77	81	148	100
Kars	67	45	-	-	60	25	-	-
Kastamonu	103	127	113	105	55	56	45	59
Kayseri	161	141	149	-	79	74	66	-
Kocaeli	194	164	153	95	106	90	91	71
Konya	216	180	89	150	95	74	46	49
Kütahya	155	189	212	228	81	79	92	87
Malatya	-	135	105	114	-	74	52	59
K. Maraş	146	116	155	194	-	71	76	74
Sakarya	143	-	-	-	54	51	59	112
Samsun	132	122	67	70	55	50	29	32
Sivas	260	193	197	229	144	169	145	156
Tekirdağ	82	66	103	84	60	48	53	53
Tokat	156	149	120	134	113	114	85	103
Uşak	104	175	75	79	63	150	45	43
Yozgat	130	114	108	104	46	97	39	39
Zonguldak	175	183	114	133	114	104	138	138
Kırıkkale	164	118	140	183	79	42	46	56

Yanma haricinde ticari ölçekte üretim yapan endüstriyel faaliyetleri sonucunda oluşan çeşitli hava kirleticilerin atmosfere emisyon yapıldığı bacalar "endüstriyel kaynaklar" olarak tanımlanmaktadır. Hava kirliliği yayan endüstriyel kaynaklar aşağıdaki gruplarda incelenebilir:

a)- Minerallerin İşlenmesi: Genel, maden çıkarma, taşıma, dapolama, tane boyutu ayarlama, sınıflandırma, karıştırma işlemleri, kurutma sırasında oluşan kirlilikler.

Özel; kömürün hazırlanması, çimento, asfalt eldesi, cam seramik fabrikasyonu, asbest işlemleri esnasında oluşan kirlilikler.

b)- Metalurjik İşlemler: Demirin eldesi, demir dışı metallerin (Cu, Pb, Zn, vb.) eldesi.

c)- Kimyasal İşlemler: İnorganik; halojenler (Cl_2 , Br_2) asit (HCl , HF , H_3PO_4 , HNO_3 , H_2SO_4), kireç ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), soda külü (Na_2CO_3), kostik soda (NaOH), gübreler (fosfatlı, amonyum nitratlı gübreler).

Organik; petrol rafinerileri, petrokimya tesisleri,

d)- Kağıt ve karton endüstrileri

e)- Yiyecek, içecek endüstrisi

f)- Yanmadan kaynaklanan kirlilik: Sabit kaynak; enerji santralleri, yakıcılar, fırınlar. Hareketli kaynaklar; gazolin ve dizel ile çalışan taşıtlar.

g)- Nükleer işlemleridir.

2.2.2. Diğer Kaynaklar

Yanmadan, taşit egzozlarından ve endüstriden kaynaklanan hava kirliliğinin yanısıra bazı kaynaklar vardır ki, bunlar "diğer kaynaklar" diye adlandırılmaktadır. Bu kaynaklar, yakıtların yanması sonucunda oluşan yanma Ürünleri ve endüstriyel kaynaklar kadar önemli olabilmektedirler, ancak çoğulukla gözardı edilen hava kirliliği kaynaklarıdır.

Hava kirliliğine neden olan "diğer kirletici kaynaklar" şunlardır:

a)- Çöplerin Yanması: Çöplerin yanması, insanlar tarafından çöp yakılması ve çöplüklerde çöplerin kendiliğinden tutuşması olarak iki şekilde meydana gelmektedir. Özellikle plansız büyümeye gösteren tüm şehirlerin ortak sorunu olan çöplükler, hava kirliliğinde önemli yer tutmaktadır. Çöplerin anaerobik şartlarda yavaş olarak bozunması sonucu metan, karbondioksit ve H_2S meydana gelmektedir. Metan gazı yanıcı olduğu için çöplerin içinde bulunan plastik, kağıt, deri, kumaş gibi yanabilen maddelerin tutuşmasına neden olmaktadır.

b)- Kirli Su Kütleleri: İçerisinde fazla miktarda organik kirleticiler içeren su kütleleri anaerobik bozusma sonucu atmosfere pis kokuları (H_2S ve diğer gazlar) bırakmaktadır. İstanbul'da Haliç'te görülen bu olay önemli bir hava kirliliğidir.

c)- İnşaat Faaliyetleri: Bina yıkma, kum-çimento gibi toz madde boşaltma, yol inşaatı gibi faaliyetlerin sonucunda özellikle partiküler maddelerin havayı kirlettiği bilinmektedir.

d)- Atık su arıtma tesisleri.

2.3. Kirletici Parametreler

Hava kirleticileri, havanın tabii bileşimini değiştiren, gaz, sıvı veya katı halde olabilen kimyasal maddelerdir. Gaz hali dışında bulunan kirleticiler havada aerosol halinde olup bazıları sis, mist, duman gibi özel adlar ile adlandırılır.

Hava kirleticileri çeşitli özellikleri gözönüne alınarak sınıflandırılır. Fiziksel duruma göre gaz ve partiküler madde şeklinde sınıflandırma yapılır. Diğer bir sınıflandırma ise kimyasal yapıya bağlı olarak yapılır. Buna göre kirleticiler; organik ve inorganik kirleticiler olarak ayrılırlar. Organik kirleticilerin de kendi içlerinde çok sayıda sınıfa ayrılması sözkonusudur. Genel bir sıralama ile havayı kirleten maddeleri;

- a)- Partiküller (tozlar),
- b)- Kükürtlü maddeler,
- c)- Organik maddeler,
- d)- Azotlu maddeler,
- e)- Karbonmonoksit ,
- f)- Halojenler ve
- g)- Radyoaktif maddeler şeklinde sınıflandırmak mümkündür.

2.4. SO_2 'nin Muhtemel Etkileri

Havadaki kükürt oksitler (SO_x) içerisinde en önemli pay SO_2 gazına aittir. Bu gaz yanmayan, renksiz bir madde olup 0.3-1.0 ppm derişimlerde ağızda karakteristik bir tat bırakmakta, 3 ppm'in Üstünde ise boğucu bir hisse yol açmaktadır. Atmosferde oldukça hızlı bir oksitlenmeyle kükürt trioksit (SO_3) ve sülfatlara dönüşür. SO_3 ise sülfürik asitin anhidriti olup; yağmur veya yoğunlaşmış nem(sis) damlalarıyla birleşerek havada bu asitin oluşmasına yol açar. Oluşan sülfatlar ise çoğunluğu 0.2-0.9 μm çaplı sahip

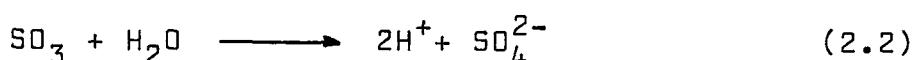
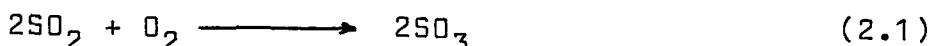
katı tanecikler şeklinde olup, görünür ışığın 0.4-0.8 μm olan dalga boyları ile girişim yaparak görüş uzaklığını azaltırlar. Kent atmosferinde SO_2 'nintipik derişimlerinde, bağıl nemin de % 50'den fazla olduğu günlerde önemli görüş kayipları olur [3].

Kükürtlü maddeler en çok malzemeye ve bitkilere verdikleri zararlar tanınırlar. Kükürtoksitler atmosferde veya metal yüzeylerinde sülfürik asit oluşturmak suretiyle, metallerin korozyon hızlarının da artmasına neden olmaktadır. Bu etki, hem metal cinsine hem de SO_2 'nin atmosferdeki konsantrasyon ve etkili olduğu süreye bağlıdır. SO_2 'nin yapılar üzerindeki etkisi, kireçtaşı (CaCO_3) ile reaksiyona girerek suda çözünebilen ve dolayısıyla yapıların zamanla yıpranmasına yol açan, $\text{CuSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ meydana getirmesidir. Bu yıpranma mermer yapılarında da meydana gelmektedir. Genelde hava kirleticilerini tekstil, kumaş ve dokumalar üzerinde yapısal bağları zayıflatıcı ve germe kuvvetini düşürücü etkileri vardır. SO_2 'nin selüloz elyafları, naylon, pamuk, rayon üzerinde zarar verici etkileri bulunmaktadır. SO_2 'nin deri ve kağıt malzemeleri Üzerinde de yıpratıcı etkileri vardır. SO_2 deri tarafından absorbé edilerek sülfürik asite dönüşür ve bu da derinin yapısını bozar. Bu, bilhassa kütüphanelerdeki kitap ciltlerinin çatlamasına yol açar. Kağıttaki selüloz elyaf, SO_2 'in etkisi ile zayıflar. Bunda, kağıt üretiminde kullanılan kimyasal maddelerin içinde bulunan eser miktarındaki metallerin SO_2 'nin sülfürik asite dönüşümünü kataliz edici etkisinin de önemli bir rolü bulunmaktadır. [6].

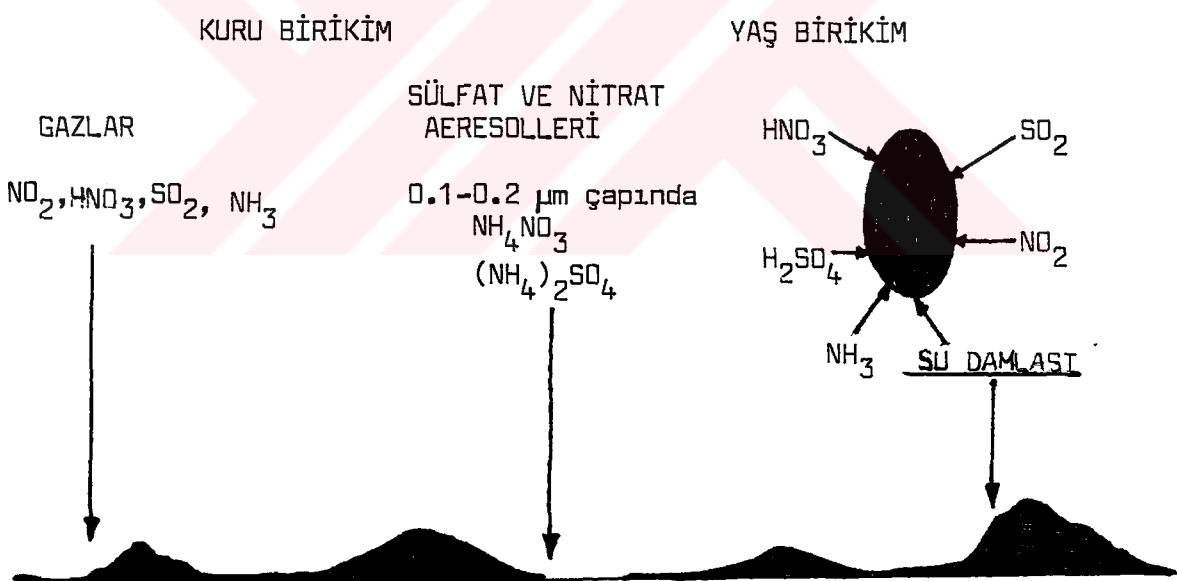
Kükürtlü gazların en önemli etkisi asit yağışları meydana getirmesidir. Normalde, yağmur suyunun pH'ı 5.5-5.6 arasındadır. Bu, atmosferde bulunan CO_2 'nin yağmur suyunda çözünerek karbonik asit meydana getirmesinden kaynaklanmaktadır. Bu seviyenin altında pH'ı olan yağmurlar asit yağmuru olarak tanımlanır. Asit yağmuru antropojenik

kaynaklardan gelen SO_2 , NO_x 'lerin asitlere dönüşerek bulutlardaki su damlacıklarında ve yağmur damlalarında absorbe edilmeleri suretiyle oluşur. Buna "Yaş Birikim" denir.

SO_2 'nin absorpsiyonu, aşağıda gösterilen tipik bir reaksiyon ile meydana gelir.



Gaz halindeki kirleticilerin yeryüzeyine inmeleri ve ya sülfat ve nitrat aerosollerine dönüşmeleri neticesinde de "kuru" birikim meydana gelir. Şekil 2.1'de asidik birikimdeki atmosferik prosesler gösterilmiştir.



ŞEKİL 2.1. Asidik Birikimdeki Atmosferik Prosesler [7].

Yapılan çalışmalar asit yağışlarının % 60-70'inin SO_2 'i kalanının ise NO_x gazları etkisiyle olduğunu göstermiştir. Burada SO_2 'nin bilhassa ağır sanayii ve termik santrallerinden; NO_x 'in ise daha çok taşıt araçlarından kaynaklandığı söylenebilir. Atmosferin en alt 2 km'lik kalınlığında bu

gibi gazlarca zengin dumanların kaynaklarından yüzlerce km uzaklıklara kadar ulaştığı ve bu çok uzun menziller içerisinde asit yağışına yol açtığı belirlenmiştir.

Asit yağışlarının başlıca iki kötü etkisi bilinmektedir. Bunlardan bir yere düşen asitli yağış sularının yüzeysel akış sonunda karışıkları alıcı ortamda doğal dengeyi bozmalarıdır. Özellikle tatlı su göllerinde görülen bu durum, göl suyu pH'ının 5.5'ten aşağıya düşmesiyle kütlesel balık ölümlerine, balıkların gıdasını oluşturan flora ve basıncının değişmesine yol açar. Diğer bir zarar ise toprakta kendini gösterir. Asidik yağışlarla yıkanan topraktaki besin maddeleri bu suda daha da çok çözünerek su ile birlikte topraktan kaçıp giderler. Ayrıca toprağın üzerindeki bitki örtüsünde de zarar meydana gelir.

Kükürtlü gazların insan sağlığıyla ilişkilendirilmesi çok sayıda araştırmaya konu olmuştur. Bu çalışmalar sonunda havadaki SO_2 seviyeleriyle toplum sağlığının ilişkide olduğu belirlenmekte beraber, dikkate değer husus SO_2 'nin atmosferde her zaman partiküllerle beraber değerlendirilmesi zorunluluğunu doğurmuştur.

Klinik çalışmalar sonucunda 20 dakika süreyle kontrollü şartlar altında sadece sülfürdioksite maruz kalan insanların solunum fonksiyonlarında $2100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.75 ppm) konsantrasyonuna kadar önemsiz sayılabilcek etkiler meydana geldiği, $1100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.37 ppm) konsantrasyonuna kadar ise herhangi bir etkinin meydana gelmediği bulunmuştur. Sülfürdioksit ve duman karışımının konsantrasyonunu $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aştiği zaman ölüm olaylarında artış gözlenmiştir. Sülfür dioksitin $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ değerinin altında, dumanın $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ değerinde olduğu karışımlara maruz kalan insanlarda, uzun süreli herhangi bir etki görülmemiştir.

Kükürdioksitin hava kalitesi kriterleri ve insan sağlığı üzerinde yaptığı olumsuz etkiler Tablo 2.3'de verilmiştir [7].

TABLO 2.3. Kükürdioksitin Hava Kalitesi Kriterleri ve İnsan Sağlığı Üzerinde Yaptığı Olumsuz Etkiler [7].

SO_2 (ppm)	Süre	Etkiler
0.03	Yıllık ortalama	Hava kalitesi standartı
0.037-0.092	Yıllık ortalama	185 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ duman konsantrasyonu ile birlikte solunum yolları ve akciğer hastalıklarında artışlar.
0.07	Yıllık ortalama	Yüksek partikül konsantrasyonu ile birlikte çocukların solunum yolları hastalıklarında ilerleme.
0.11-0.19	24 saat	Düşük partikül konsantrasyonunda yaşlı kimselerde solunum yolları hastalıklarında artış.
0.14	24 saat	ABD 1917 Hava Kalitesi Standardı.
0.19	24 saat	Büyüklerde kronik solunum yolları hastalıklarında ilerleme.
0.19	24 saat	Düşük partikül konsantrasyonunda, ölüm oranlarında artış görülebilir.
0.25	24 saat	750 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ duman konsantrasyonu ile birlikte, günlük ölüm oranlarında artış görülebilir (İngiltere) hastalıklarda ani artış.
0.5	10 dakika	Astım hastalıklarında egzersiz (hareket) halinde solunum direncinin artması.
5	24 saat	Sağlıklı kimselerde solunum direncinin artması.
10	10 dakika	Bronkospasm.
18		Göz iritasyonu, öksürme.

2.5. Hava Kirliliğini Önleme Yöntemleri

Kirliliği kontrol etmek için kullanılabilecek araçlar aşağıdaki gruplar altında toplanabilir; a)- yakıt değiştirmə, b)-emisyon limitleri, standart ve yönetmelikler, c)-emisyon kontrol teknolojileri, d)-ileri Üretim teknolojileri.

2.5.1. Yakıt Değiştirme

Bir Ülkede, elektrik üretiminde yakıtın değiştirilmesi, tamamen Ülkenin şartlarına bağlıdır. Örnek olarak Türkiye'de linyit kullanımının artışı nedeni; petrol fiyatlarının yükselmesi yanında, Ülkemizde bol olan linyit rezervlerinin, ucuz olarak tüketime sunulabilmesidir. Şu anda dünyanın gündemindeki muhtemel seçenekler; nükleer enerji ve doğal gazın, mevcut kömür ve petrol türevleri ile çalışan santraller yerine ikame edilmesidir.

Emisyon limitlerinin gün geçtikçe aşağıya düşmesi, kirlilik kontrolünün maliyetini yükseltmekte, nükleer enerji ve doğal gazi avantajlı duruma yükseltmektedir.

Ayrıca emisyon standartları ve yakıt kalite standartlarının artan baskısı ile yüksek kükürt içeren ve nisbeten ucuz olan kömürlere olan talebi, düşük kükürt içeren, yüksek kalorili kömürlere çevirmiştir.

Gerek kömürler ve gerekse ham petrol için % 1 kükürt limiti, yüksek veya düşük kükürt seviyesini belirlemek için kullanılan standart bir değer halini almıştır. Bazı Ülkelerde uygulanan kömür kükürt limitleri Tablo 2.4'de verilmektedir.

Polonya, Güney Afrika, Avustralya'nın büyük bir bölümü, Almanya(Ruhr havzası) ve A.B.D'nin bir bölümünde düşük kükürtlü taş kömürü üretilmektedir. Ayrıca Venezuela,

Çin, Kolombiya ve Endonezya'da, kükürt oranı % 0.4-0.6 mertebelerindeki taşkömürlerinin üretimi sürmektedir.

SO_2 kontrolü için düşük kükürtlü ham petrol istenir. Ancak bu petrollerin rafinerinin istediği fraksiyonları içermediği durumlarda yakıt karışımı yapmak zorunlu olabilir. Dünya petrolleri üretiminde ; 167 milyar varillik(1987 rakamları ile) rezervi olan Suudi Arabistan petrollerinin kükürt içeriğinin ağırlıkça % 1.19-2.85 arasında 22 milyar varil rezervi olan Libya petrollerinin 1.10-5.50 arasında olduğu bilinmektedir. Tablo 2.4'de kükürt limitleri verilmektedir.

TABLO 2.4. Kömürler İçin Bazı Ulusal Yönetmeliklerdeki Kükürt Limitleri (1991 itibarıyle) [8].

ÜLKE	TESİS	MAKSİMUM S(%)	NOT
Avusturya	Taşkömür $< 10 \text{ MW}_t$	< 1	
Batı Almanya	$> 1 \text{ MW}_t$	> 1	
Belçika	Tümü için	≤ 1	
Danimarka	Endüstriyel	0.9	
Hollanda	Elektrik Üretim $< 300 \text{ MW}_t$	0.8	
	Endüstriyel	1.2	
İspanya	İthal kömür	0.6	
İsviçre	Endüstriyel $> 5 \text{ MW}_t$	3	
	$< 5 \text{ MW}_t$	1	
İtalya	Tümü için $< 200 \text{ MW}_t$	1.2	1 Ocak 1994'e kadar
	$> 200 \text{ MW}_t$	1	1 Ocak 1994'den sonra
Fransa	$\geq 50 \text{ MW}_t$	≤ 2	Yakın bir gelecekte ≤ 1 olacak şekilde

2.5.2. Emisyon Limitleri

Birçok Ülkede, SO_2 emisyonları için ortalama rakam 400-500 mg/m³ mertebelerindedir. NO_x emisyonları için ise 80-2050 mg/m³ aralığında değişen standart değerlere karşılaşmaktadır. Bu limitlerin İsveç ve Hollanda gibi ülkelerde çok düşük, Tayvan Polonya gibi ülkelerde çok yüksek olduğu görülmektedir.

2.5.3. Emisyon Kontrol Teknolojileri

Kömür ve diğer yakıtların yanması sonucunda atmosferik kirleticiler ve ısıl kirleticiler ile faydalı ısı aşağı çıkar. Kirleticiler açısından çevreyi en ciddi şekilde tehdit eden, atmosfer, toprak ve su kirlenmesine neden olan SO_2 , NO_x , parçacıklar ve yanmamış hidrokarbonlardır.

Kömür ve diğer fosil yakıtlardan oluşan emisyonların kontrolü ile ilgili teknolojiler son yıllarda büyük değişim ve gelişme göstermişlerdir. Bu konudaki temel çalışma alanları; kömür temizleme ve yakma işlemleri yanma sonrasında baca gazlarından sızırma işlemleridir.

Yanma sonucu meydana gelen üç temel kirleticinin parçacık, SO_2 ve NO_x kontrolü aşağıdaki şekillerde olmaktadır:

1- Parçacık emisyonları; yanma sonrasında elektrostatik göktürücü ve torba filtre sistemleri yardımıyla etkin bir şekilde kontrol edilebilir.

2- SO_2 emisyonları; a)- yanmadan önce düşük kükürtlü yakıt kullanımı veya kömürden kükürtün bir kısmının yıkama vb. yollarla ayrılması ya da yakıtın desulfürizasyonu, gazlaştırılması, b)- yanma sırasında (örnek olarak sorbent enjeksiyonu), c)-yanmadan sonra, baca gazından sızırma

işlemleri ile kontrol edilebilir.

3- NO_x emisyonları; a)- yanma sırasında, yanmanın iyileştirilmesi teknikleri ile, b)-yanmadan sonra baca gazi ıslah cihazlarının kullanımını ile kontrol edilebilir.

2.5.3.1. SO_2 Kontrolü

a)- Kömür Temizleme;

Yanma öncesi kontrol yöntemleri genellikle kömürün fiziksel temizlenmesi veya zenginleştirme yöntemlerini içerir. Kömürün içindeki piridik kükürt kömürden daha ağır olduğundan, flotasyon veya fiziksel temizleme olarak adlandırılan diğer su bazlı işlemlerle ayrılabilir. Organik kükürt ise kömürü meydana getiren farklı kimyasal bileşimler içinde yer alır ve kimyasal veya biyolojik yöntemlerle ayrılabilir.

Türkiye'de termik santrallerde kullanılan kömürler baz alındığında, genelde hakim olan kükürt, organik kükürt olduğundan, flotasyon kısmi bir başarı sağlayabilir. Piroliz sonucu elde edilen başarı da yine çok sınırlı kalmıştır.

b)- Yanmanın Kontrolü;

Yanmanın kontrolü ile SO_2 azaltılması halen araştırma ve inceleme aşamasıdır. Yanma ortamına verilen kireç, sulu kireç tipi bir sorbent, kükürtün bir kısmını tutarak çökelir. Bu yolla emisyon azaltma % 30-50 mertebeinde olup, standart değerleri karşılamaktan uzaktır. Ayrıca oluşan atık hacimsel olarak çok büyük boyutlarda-dır.

c)- Baca Gazının Desülfürizasyonu;

SO_2 giderme amacıyla en çok kullanılan yöntem baca gazının desülfürizasyonudur. Bu amaçla geliştirilmiş birçok sistem seçimi; maliyet, çalışma şartları, farklı tip kömürlere uygunluğu, verim, atık üretimi gibi faktörlerin ışığı altında yapılır.

En çok kullanılan sistemler geri kazanımsız, ıslak siyırma sistemleridir. Burada kireç veya kireçtaşısı çözeltili sorbent olarak kullanılır ve baca gazi Üzerine püs-kürtülür. Sıvı ve gaz arasındaki kontağı artırmak için bu işlem genellikle püskürtme kulesinde yapılır. Islak siyırma ile elde edilen verim % 90 mertebelerindedir. Bu sistemlerin enerji tüketimleri, üretim kapasitesinin %1-8'i olarak verilmektedir.

Püskürtmeli kurutucu ile baca gazi desülfürizasyonu ikinci en yaygın yöntemdir ve SO_2 giderme oranı % 70-80 dolayındadır. Bazı ülkelerdeki baca gazi desülfürizasyon Üniteleri ile ilgili bilgi Tablo 2.5'te verilmektedir.

TABLO 2.5. Bazı Ülkelerde Baca Gazi Desülfürizasyon Sistemleri [8].

SİSTEM	TOPLAM SAYI	TOPLAM SAYI
Islak Siyırma		
Atık	164	66.3
Jibs	141	58.5
Püskürtmeli kuru siyırma	68	13.3
Sorbent enjeksiyonu	12	1.3
Dual-alkali	9	3.8
Aktif karbon	1	0.3
Wellman-Lord	13	3.3
Magnezyum oksit	3	0.3
Planlanmış, henüz seçim yapılmamış	17	15.0
TOPLAM	428	162.5

2.5.3.2. SO_2 ve NO_x 'in Birlikte Kontrolü

Kombine kontrol sistemlerinin en büyük avantajı, yatırım ve işletme maliyetlerinin daha az olması, atık ürün yönetiminin kolaylığıdır.

Kireçtaşının enjeksiyonu çok kademeli yakıcılar yerinde yakma teknolojileri açısından önemli bir uygulamadır. Bu uygulamada SO_2 ve NO_x yanında parçacık emisyonları da azaltılmaktadır. Sistem basittir ve özellikle mevcut tesisler için çok uygundur. NO_x emisyonu, yanma havasının ve sıcaklığının kontrolü ile azaltılır. SO_2 emisyonu, absorbasyonla kontrol edilir ve sisteme kireçtaşısı verilir. Sonuçta SO_2 emisyonları açısından % 50-60, NO_x açısından ise % 50 dolaylarında azalma göstermiştir.

Bu sistemle ilgili dezavantaj; emisyon seviyelerindeki % 50-60 azalmanın, yeni santraller için yürürlükte olan standart değerleri karşılamaktaki güçlüğüdür.

İleri baca gazı desülfürizasyon sistemlerinin geliştirilme aşaması da hâlâ sürmektedir. Kombine desülfürizasyon sistemlerinin çoğunda sorbent ve kükürt, sülfürik asit veya sıvı SO_2 , baca gazından geri kazanılır. Yapılan incelemelerde ; SO_2 için % 90, NO_x için % 80'e ulaşan siyırma verimleri ile karşılaşılmıştır.

2.5.4. İleri Üretim Teknolojileri

Enerjinin ve çevrenin korunması açısından çok önemli olan, düşük kaliteli kömürleri dahi yüksek verimle yakan, ayrıca emisyonları-özellikle SO_2 ve NO_x emisyonlarını-azaltarak, yanma sonrası siyırma maliyetini düşüren bazı teknolojiler geliştirilmiştir.

Bu teknolojilerden, atmosferik akışkan yatak, ticari olarak uygulamakta ve küçük ünitelerdeki uygulama sayısı her geçen gün fazlalaşmaktadır. Basıncılı akışkan yatak ile ilgili çalışmalar henüz deney ve araştırma aşamasındadır. Ayrıca ileri kömür gazlaştırma, entegre gazlaştırma kombinasyonu, yüksek verimli gaz türbinleri ve çok yakıtlı sistemlerde doğal gaz kullanımı gibi teknolojiler, üzerinde çalışılan en önemli sistemlerdir.

2.5.4.1. Akışkan Yataktaki Yakma

Akışkan yataklı yakıcılar, yakıt/kömür taneciklerinin hava ile akışkanlaştırılmış katı taneciklerin bulunduğu bir ortamda yakıldığı sistemlerdir. Akışkanlaştırma, delikli bir plaka üzerinde bulunan tanecikler arasında hava geçirilerek sağlanır. Akışkanlaştırılmış yataktaki sıcaklık, diğer kazan tiplerine göre daha düşüktür. Bu nedenle NO_x oluşumu daha azdır. Ayrıca yatağa eklenen kireçtaşısı gibi bir absorber yardımıyla SO_2 emisyonları azaltılır. Bu şekilde SO_2 emisyonlarının % 95 oranına kadar azaltılması sağlanmıştır. Akışkan yatak, atmosfer basıncında veya daha yüksek basınçlarda çalışabilir.

a)- Atmosferik Akışkan Yatak;

Atmosferik akışkan yataktaki; sığ(kabarcık) yatak, derin (kabarcık) yatak ve dolaşımlı sistem olmak üzere üç ayrı tip dizayn vardır. Avrupa Ülkelerinde yapılan uygulamalarda, dolaşımlı sistemde % 95, derin yataktaki % 85 ve sığ yataktaki % 60 dolaylarında SO_2 giderimi sağlanmıştır (Tablo 2.6). Ancak, baca gazı desülfürizasyon birimlerine göre, bu sistemlerde katı atık miktarı daha fazla olmakta, dolayısı ile atık depolama maliyetleri fazlamaktadır.

Atmosferik akışkan yatakta NO_x emisyonları; giriş havasının ve yanmanın kontrolü ile azaltılabilir. Bu açıdan da en iyi performansı yine dolaşımlı sistemler göstermekte olup, emisyon oranları $100\text{-}300 \text{ mg/Nm}^3$ seviyelerindedir (Tablo 2.6).

TABLO 2.6. Atmosferik Akışkan Yatak Teknolojilerinin Emisyon Kontrolü Açısından Karşılaştırılması [8].

SİSTEM	SO_2 TUTMA(%)	NO_x EMİSYONLARI (mg/Nm^3)
Derin yatak	70-90	150-600
Dolaşımlı sistem, kademeli yakma	90-95	100-300

Dolaşımlı sistemler, bazı teknik avantajlar göstermektedir, buna karşılık daha yüksek yatırım maliyetleri gerektirmektedir. Ancak maliyet analizindeki en önemli faktörlerden birisi emisyon limitleridir ve bu limitler sürekli aşağıya çekilmektedir.

b)- Basınçlı Akışkan Yatak;

Akışkan yataklı sistemler, atmosfer basıncından daha yüksek basınçlarda da çalışabilmektedirler. Bu uygulamalar, atmosferik akışkan yataklarla reaksiyon şartları ve teknoloji bakımından benzerlik göstermekte, dizayn, verim ve potansiyel uygulamalar açısından bazı farklılıklar içermektedir.

Atmosferik akışkan yatakları ilgili yüzlerce ticari uygulama bulunmasına karşılık, basınçlı sistemler henüz araştırma aşamasındadır.

Basınçlı akışkan yataktaki dönüşüm verimi % 40 gibi yüksek değerlerdedir. Ekipman boyutu da atmosferik

sistemlere göre daha küçüktür. Ayrıca basınçlı yanma gazları, kojenerasyon ve kombine çevrim uygulamasında toplam dönüşüm verimi % 42 değerine ulaşabilir. Atmosferik sistemlerin bir başka avantajlı yönü, modüler yapıda olmaları ve küçük boyutlarda da ekonomik olarak üretilebilir olmalarıdır.

Basınçlı akışkan yatakları ile ilgili teknik gelişmeler henüz devam etmektedir. Metal yüzeylerde erozyon/korozyon, yanma sonucu oluşan bileşenler nedeniyle türbin kanatlarında erozyon/korozyon, sıcak gazın temizlenme zorlukları ve atıklar, kısmen çözülmüş temel problemlerdir.

Dünya'da İngiltere, İsviçre, Almanya ve A.B.D'de geliştirilmiş bazı küçük Üniteler ve biraz daha büyük boyutlarda demonstrasyonlar vardır.

A.B.D'de bu konuda yapılan araştırmalarda temel amaç, yanma verimi % 45'ler mertebesine çıkartmak ve elektrik maliyetini de, şu andaki seviyesinin % 20 altına indirmektir.

2.5.4.2. Entegre Gazlaştırma Kombine Çevrimi

Bu sistemler, temiz kömür teknolojileri arasında önemli bir yere sahiptir. Kömür; hava veya oksijen ve buhar ile, bir gazlaştırma reaktöründe yüksek sıcaklıklarda reaksiyona girerek katı halden gaz hale (sentez gazı) geçer. Sentez gazının elektrik üretiminde kullanılması çevre açısından olumlu sonuçlar vermektedir. Gaz halindeki kükürt ve azot bileşikleri ile kül, türbindeki yanmadan önce uzaklaştırılabilmektedir. Sıcak gazın temizlenmesi ve soğutulmuş gazdan kükürt gidermenin verimi Üzerindeki testler halen sürmektedir.

Sağutulmuş gazın temizlenmesi ile kükürt bileşikleri, % 99 oranında giderilebilmektedir. Azot giderme seviyesi % 40 mertebesindedir. Sonuçta yan ürün olarak satılabilir ürünler (kükürt, amonyak gübresi) veya zehirli olmayan, arazi doldurma işlemlerinde kullanılan kuru ürünler elde edilir.

Temizleme gazı, gaz türbininde yakılır. Yanma gazlarından ek elektrik üretmek maksadıyla, elektrik jeneratörünü çalıştıran bir buhar türbininden faydalana bilir. Bu proses, elektrik ve buhar üretmek amacıyla kurulan bir kojenerasyon uygulaması şeklinde de düşünülebilir. Her iki uygulama da "kombine çevrimle üretim" olarak isimlendirilir.

Entegre gazlaştırma çevrimli sistemler yatırım ve yakıt açısından büyük esneklige ve modüler kapasite artım özelliğine sahiptirler. İlk dizayn olarak, doğal gaz veya petrol ürünleri yakan bir santral yakıt maliyetlerindeki bir oynamaya, ikmal zorluğu gibi durumlarda kömür gazlaştırma tesisi ile entegre edilebilir. Ayrıca buhar ve elektrik ihtiyacındaki farklılaşmaya göre üretim miktarları ile oynanabilir.

2.5.4.3. Yüksek Verimli Gaz Türbinleri

Son yıllarda, doğal gazla çalışan türbinler kullanımı teknik avantajları nedeniyle çok artmıştır. Sanayideki kojenerasyon sistemlerinin, elektrik üretimindeki kombine çevrimli sistemlerin anahtar bileşeni bu tür türbinler olmuştur.

Gaz türbini teknolojisi ile % 30 seviyesinde olan dönüşüm verimi önce % 38'e, daha sonra geri kazınımı sisteme % 47'ye çıkartılmıştır. Gaz türbinlerinin kojenerasyonda veya kombine çevrimlerde kullanılması sonucunda yakıt verimliği artar. Kojenerasyonda toplam sistem

verimini etkileyen en önemli faktör; elektrik/ısı oranı-
dır. Kombine çevrim sisteminde ise gaz türbinlerinin ve-
rimi ile ısının geri kazanımı, toplam verimi etkileyen
önemli faktörlerdir.

2.5.4.4. Çok Yakıtlı Sistemlerde Doğal Gaz Kullanımı

Mevcut ve yeni santraller, doğal gaz ve kömür, doğal
gaz ve petrol ürünü veya her üçünü birden kullanabilir
şekilde inşa edilebilir. Bu sayede, gerek yakıt maliyeti
ile ilgili dalgalanmaları ve arz riskini, gerekse emisyon
standartlarını karşılamak mümkün olabilmektedir. A.B.D.'
Hollanda ve Danimarka'da bu tür uygulamalar yaygındır.
İtalya'da ise önemli bir enerji planlaması seçeneğidir
[8].

BÖLÜM 3. GEBZE İLE İLGİLİ BİLGİLER

3.1. Gebzenin Yapısı ve Nüfusu

3.1.1. Gebzenin Coğrafi Konumu

Gebze, Marmara Bölgesinde, Kocaeli Yarımadası'nın kuzey batısında, yaklaşık olarak 35. enlem dairesi ile 50. boylam dairesinin kesiştiği bir alanda yer almaktadır. Doğusunda İzmit, batısında İstanbul, kuzeyinde Şile, güneyinde İzmit Körfezi ile sınırlanan Gebze, yayla görünümde bir tepe düzluğu üzerine kurulmuştur. İlçe merkezinin genel boyutları (doğudan batıya) 10 km, kuzeyden güneye 15 km'dir. Marmara sahiline 7 km, İzmit'e 49 km, İstanbul'a 45 km uzaklıkta bulunmaktadır. Gebze'de hakim olan rüzgaların yön ve şiddetlerini gösteren rüzgar gülü Ek-A'da verilmiştir.

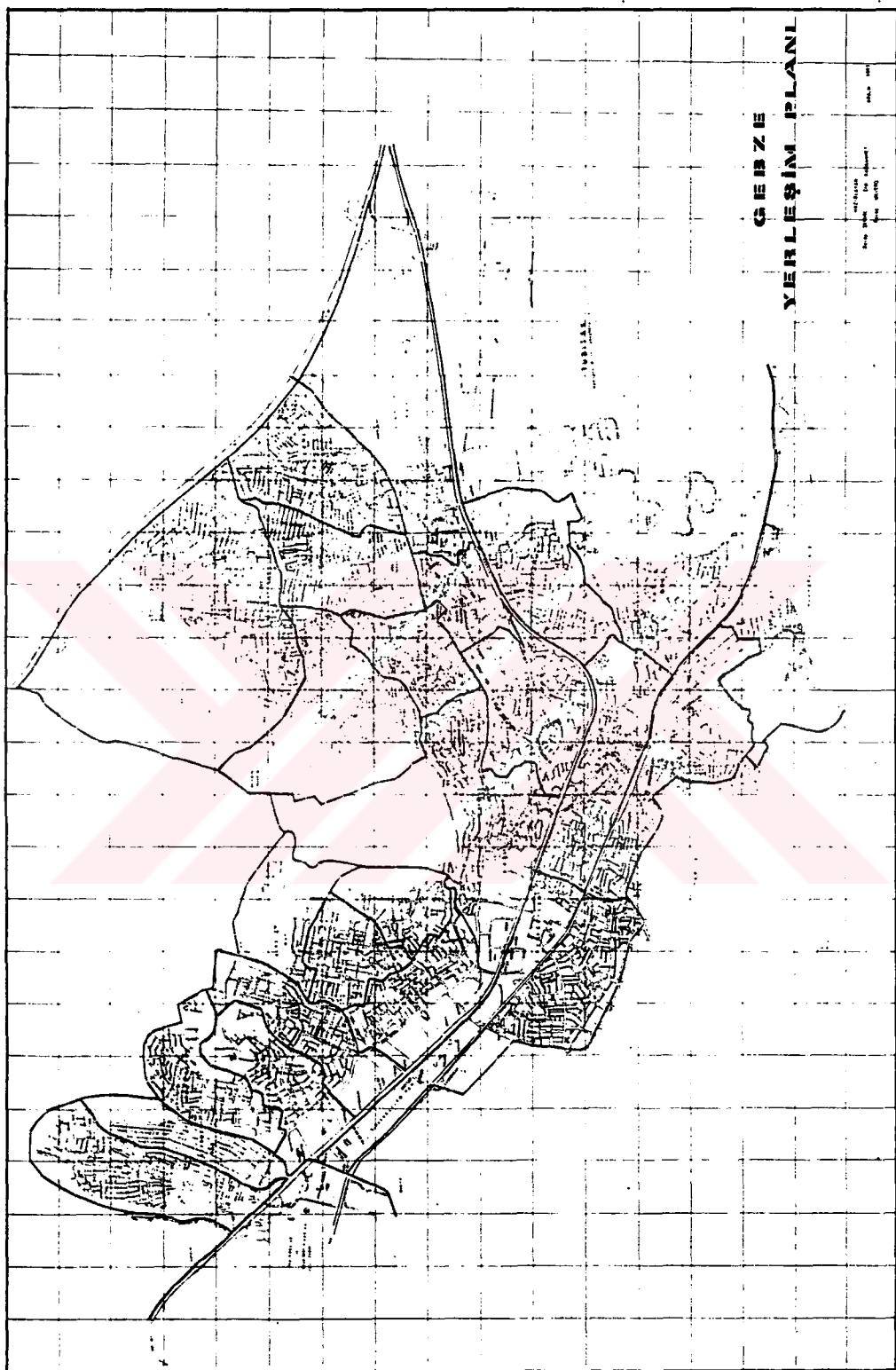
Şekil 3.1'de Gebzenin Haritası görülmektedir.

3.1.2. Gebze'nin Nüfusu

Türkiye'de nüfus yönünden en büyük artışı gösteren ilçelerden biri olan Gebze'de, nüfus sayımı sonuçları Tablo 3.1'de verilmiştir.

3.1.3. Gebze'nin Ekonomik Yapısı

Gebze ekonomisinin temelini tarım, hayvancılık, meyve ve sebzecilik ile küçük el sanatları teşkil etmekteydi. Özellikle 1960 yılından itibaren Sanayi ve Ticaret önem kazanmıştır. Günümüzde ağırlık sanayi dalındadır. Gebze küçük sanayi sitesi ve organize sanayi bölgesi dışında Türkiye'nin en büyük 500 sanayi kuruluşundan 30 tanesi de dahil olmak üzere çok sayıda sanayii kuruluşu bulunmaktadır[9].



ŞEKİL 3.1. Gebze Haritası

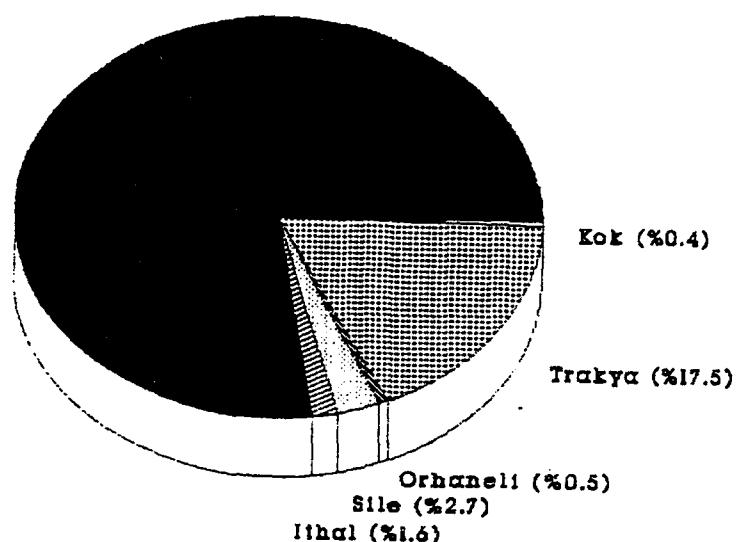
TABLO 3.1. Gebze'nin Nüfus Durumu

Yıl	Toplam Nüfus	Merkez	Köy Nüfusu
1927	38079	2862	25217
1935	26225	3093	23132
1940	24557	3417	21140
1945	25181	4238	20943
1950	27394	5066	22328
1955	26406	5812	19594
1960	30442	8018	22424
1965	33674	9269	24405
1970	46981	18773	28208
1975	700064	33100	36944
1980	115450	58318	57132
1985	167272	92592	74680
1990	257076	159116	97960

3.2. Gebze'de Yakıt Tüketimi

1993 yılında yapılan anket sonucuna göre, bölgede en çok evsel yakıt olarak Kemerburgaz kömürü tüketilmiştir[10]. Sırasıyla tüketilen yakıtlar şöyledir: Kemerburgaz, Trakya, Şile, İthal, Orhaneli ve Kok. Şekil 3.2'de Gebze'deki yakıt tüketim oranları gösterilmiştir.

- 1- Kemerburgaz % 77.2
- 2- Kok (ithal) % 0.4
- 3- Trakya % 17.5
- 4- Orhaneli % 0.5
- 5- Şile % 2.7
- 6- İthal kömür % 1.6



ŞEKİL 3.2. Gebze'deki Yakıt Tüketimi

3.3. Tüketilen Yakıtların Özellikleri

Gebze'de, Türkiye'deki diğer yerleşim bölgelerinde olduğu gibi genellikle evsel yakıt olarak kömür kullanılmaktadır. Bu kömürlerin özellikleri Tablo 3.2'de gösterilmektedir [11].

TABLO 3.2. Tüketilen Yakıtların Özellikleri [11].

YAKIT	% KÜKÜRT	İSİL DEĞER (kcal/kg)
Kemerburgaz	1.5	2900
İthal kok	0.5	7000
Trakya	3.1	3700
Orhaneli	2.38	3000
Şile	2.3	2500
İthal kömür	0.47	6000

BÖLÜM 4. HAVA KALİTESİ MODELLEMESİ

4.1. Havadaki Kirleticilerin Davranışı

Noktasal, çizgisel ve alansal kaynaklardan doğal ve yapay yollarla atmosfere salınan kirleticiler, bu ortamda kütlesel hava hareketleri ve dağılım yoluyla atmosferde yayılarak ortamın çeşitli noktalarında farklı değişimler ve karışımlar oluşturur, doğal hava kalitesini bozar ve olumsuz etkiler gösterir. Temiz havanın bileşimi Tablo 4.1'de gösterilmiştir.

Atmosfere alınan kirleticilerin izledikleri yollar, uğradıkları tepkimeler ve etki mekanizmaları, atmosferin yapısı, atmosferdeki enerji dengesi, makro sinoptik, mezo ve mikro ölçekli kütlesel hava hareketleri, meteorolojik ve topografik koşullar, yapılaşma ve yerleşim planı ve hatta trafik durumu ile yakından ilişkilidir.

4.1.1. Atmosferin Genel Yapısı

Dünyayı çevreleyen atmosfer tabakası, yeryüzünden itibaren 9600 km kalınlığa kadar uzanır. Dünyanın çapına (12.800 km) kıyasla nispeten ince kalan ve bileşiminin büyük bir yüzdesini azot ve oksijen oluşturduğu bu atmosfer tabakası, moleküller derişimin homojenliği itibariyle homosfer ve heterosfer kimyasal ve fiziksel özelliklerini açısından ise kemosfer ve iyonosfer katmanlarından oluşur. Atmosfer havasının basınç, yoğunluk ve sıcaklığı bu katmanlar boyunca yükseklikle değişir.

TABLO 4.1. Temiz Havanın Bileşimi [12].

a) - Temiz ve Karbondioksitsiz Hava İçindeki Değişmeyen Gazlar

GAZ	FORMÜL	HACİMCE (%)	ppm	TOPLAM KÜTLE (10^6 ton)
Azot	N ₂	78.1100000	781100	3851
Oksijen	O ₂	20.9530000	209530	1181
Argon	Ar	0.93400000	9340	65.3
Neon	Ne	0.0018180	18.180	0.0646
Helyum	He	0.0005240	5.424	0.00373
Metan	CH ₄	0.0002000	2.000	0.00569
Kripton	Kr	0.0001140	1.140	0.01710
Hidrojen	H	0.0000500	0.500	0.00018
Diazot monooksit	N ₂ O	0.0000500	0.500	0.00380
Ksenon	Xe	0.0000087	0.087	
Toplam		99.9997647		

b) - Değişebilen Bileşenler

Su buharı	H ₂ O	0.0007.0
Karbondioksit	CO ₂	0.01-0.1 (ort.0.034)
Ozon	O ₃	0.000007 (max.)

c) - Kirletici Özellik Taşıyan Bileşikler

Kükürt dioksit	SO ₂	0.0001'e kadar
Azot dioksit	NO ₂	0.000002'e kadar
Amonyak	NH ₃	Eser miktarda fakat kalabalık caddelerde 0.0021'e kadar ulaşabilir.

* Bu kolondaki değerler, yeryüzünden itibaren 80 km kalınlıkta bulunan atmosfer tabakasının toplam kütesi yaklaşık $5.1 \cdot 10^{18}$ kg alınıp hacimce bileşim değerleri ve gazların 25°C ve 1 atm basınç koşullarındaki yoğunluğu yardımı ile hesaplanmıştır.

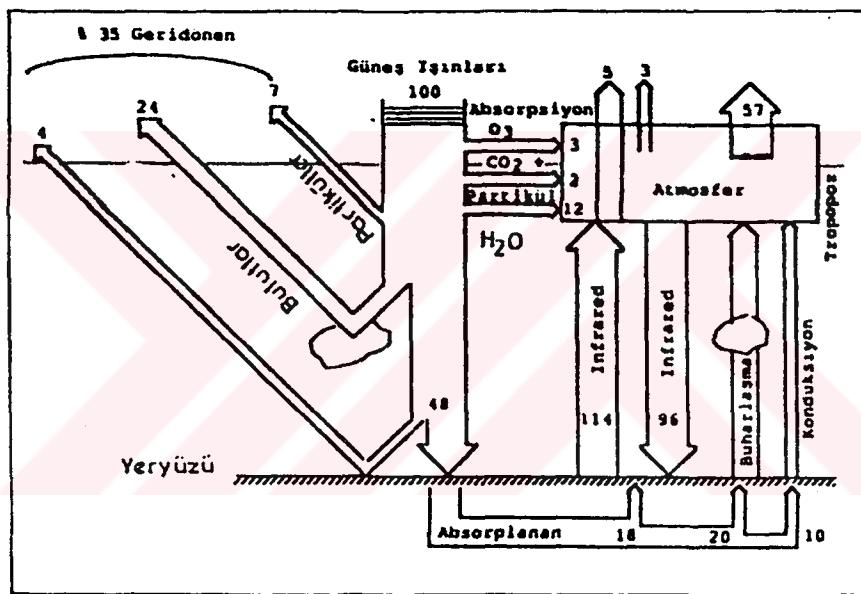
Yeryüzünden itibaren 88 km'ye kadar uzanan homosfer tabakasında, türbülans ve rüzgarlar şeklindeki hava hareketleri sayesinde gerçekleşen karışma nedeniyle homojen bir dağılım söz konusudur. Homosfer'in üzerinde yer alan heterosfer ise azot (88-200 km), atomik oksijen (200-1120 km), helyum (1120-3200 km) ve hidrojen (3200-9600 km) tabakalarından oluşan çok katmanlı bir yapıya sahiptir. Kemosfer katmanının kimyasal özellikleri, bu bölgede mevcut atomik oksijen ve hidrojen ile hidroksit (OH^-) ve hidroperoksit (HO_2) gibi atom, molekül ve radikallerin etkisi altındadır. İyonosfer tabakası (D,E,F,G gibi hipotetik katmanlardan oluşur) ise radyo dalgalarının bile geri dönmeyi sağlayacak derecede iyon içerir.

4.1.2. Atmosfer ve Yeryüzü Arasındaki Enerji Dengesi

Enerjinin asıl kaynağı güneş olup, yeryüzünde birim alana düşen güneş enerjisinin miktarı coğrafik yerleşiminin, mevsimlerin, günün saatlerinin ve atmosfer bileşiminin karmaşık bir fonksiyonudur. Atmosfer bileşiminin yapay etkenlerle değişmesi (CO_2 , N_2O ve su buharı ile oluşan sera etkisi; CFC, N_2O , NO_x etkileşimi sonucunda ozon tabakasının yıpranması gibi), güneş enerjisinin yeryüzüne ulaşan, yeryüzünde absorplanan ve yüzeyden geri yansiyen miktarlarını önemli ölçüde değiştirir.

Atmosfer ve yeryüzü arasında enerji dengesi (Sankey diyagramı) Şekil 4.1'de gösterilmiştir. Şekil 4.1'de Sankey diyagramı tarzında şematik olarak gösterildiği gibi, güneşten gelen 100 birimlik enerjinin 35 birimi bulutlardan (24), partiküllerden (7) ve yeryüzünden (4) atmosfere geri yansırken, 17 birimi atmosferdeki ozon (3), CO_2 (2) ve partiküller (12) tarafından, geriye kalan 48 birimlik kısmı ise yeryüzünde absorplanarak tutulur. Yeryüzeyinde absorplanan enerjinin 114 birimlik kısmı, güneş ışınlarına (UV), kıyasla daha uzun dalga boylu ve daha düşük enerjili

(IR) ışınlar halinde atmosfere geri dönerken, yeryüzünden atmosfere ulaşan bir enerjinin 96 birimlik kısmı, yine IR dalga boyunda yeryüzüne geri döner. Yeryüzünde absorplanan 48 birim enerjinin 30 birimi buharlaşma (20) ve kondüksiyon (10) yoluyla atmosfere ulaşır. Yeryüzünde tutulan 18 birimlik enerji, yeryüzünün ortalama sıcaklığının atmosfer sıcaklığından birkaç derece fazla olmasına yol açar.



ŞEKİL 4.1. Atmosfer ve Yeryüzü Arasında Enerji Dengesi(Sankei Diyagramı)[12].

4.1.3. Meteorolojik Olaylar ve Kütlesel Hava Hareketleri

Kirleticilerin atmosferde yatay ve dikey yönde dağılımını ve yerel hava kalitesini etkileyen faktörler içinde en önemlisi; hava kütlelerinin makro, sinoptik, mezo ve mikro ölçekte yer değiştirdiği meteorolojik olaylardır.

Ekvatorda ısınarak yükselen havanın yerini, yoğunluk farkları nedeniyle, kutuplardan akan soğuk hava kütlesi nin almasıyla oluşan makro ölçekli hava hareketleri (rüzgarlar), dünyanın kendi ekseni etrafında belirli bir açısal eğimle dönmesi sonucu, kuzey yarıkürede hafif sağa, güney yarıkürede ise hafif sola doğru yönlenir. (Coriolis etkisi). Sabit yüksek ve alçak basınç merkezleri, çephe sistemleri ve benzeri kıtalararası hava hareketleri ve kirleticilerin bu akımlarla taşınması sinoptik ölçekli olaylardır. Kara-deniz esintileri, dağ-vadi arası hava akımları gibi mezo ölçekli yerel hava hareketleri ise kirleticilerin bu ölçekte taşınmasına yol açar. Kirleticilerin bu yolla yayınımı, kent ve sanayi bölgelerinin planlaması ve baca tasarıımı gibi çalışmalarla kontrol edilebilir. Bina çevrelerindeki hava sirkülasyonları ve ağaçlık yerledeki lokal hava hareketleri gibi yere yakın hava tabakasında meydana gelen hava hareketleri mikro ölçekli taşınmayı sağlar.

Bu hava kütlelerinin hareket biçimleri ve olasılıklarının belirlenmesi açısından meteorolojik veri ve yöntemler özel önem taşır. Hava kirlenmesinin sağlık açısından ve ekonomik yönden olumsuz etkiler yaratmamasını ve pratik önlemlerin alınabilmesini sağlamamanın yolu, öncelikle bu kirlenmenin boyutlarının gözönünde bulundurulması ve en kötü meteorolojik koşulların yıl boyunca frekanslarıyla saptanıp, bu koşullara uygun kaynak kontrol teknolojisinin uygulanmasıdır. Böylece bir yöredeki hangi meteorolojik koşulların ne derecede hava kirlenmesi

yaratacağının önceden bilinmesi ve bu koşullar için sağlıklı yasal veriler derlenip değerlendirilerek kirlenme olasılığının önceden saptanması mümkün olur.

Aslında atmosfere deşarj edilen atık maddelerin dağılımı, yeryüzünün 1 km'den daha fazla olmayan yüzeysel sınır tabakasında hüküm süren meteorolojik koşullara bağlıdır. Bu tabakada kirleticilerin dağılımı rüzgar hızı ve yönündeki değişimlerle kontrol edilirken, emisyonların rüzgarla seyrelmesini etkileyen en önemli faktörler arasında atmosferik sıcaklık kararlılığı, topografik özelilikler ve yüzey pürüzlülüğü sayılabilir.

Bacadan deşarj edilen partikül ve gaz şeklindeki emisyonlar hızla çevresindeki atmosferle karışır ve duman rüzgar doğrultusunda hareket ettikçe seyrelir. Dispersiyon, tümü aynı anda oluşan, ancak, genellikle ayrı fazlardan incelenmesi uygun olan üç ayrı duman davranış fazını incleyerek izah edilebilir. Bunlar;

i)- Atmosfere çıkışından hemen sonra duman, bacanın yakın binaların veya topografik düzensizliklerin etkisiyle aerodinamik değişime uğrar.

ii)- Yüzme etkisi ve başlangıçtaki dikey momentumunu nedeniyle, duman, ortam havasının ortalama hareketine bağlı olarak yükselir.

iii)- Sonuçta dumanın seyrelmesi, atmosferik türbülans derecesine bağlıdır.

4.1.3.1. Rüzgar, Rüzgar Sürtünmesi ve Türbülans

Belirli bir yörede hakim rüzgar genellikle belirli bir yönden eser. Ancak karalar üzerindeki bloklar veya derin vadiler lokal değişimlere yol açabilir.

Yer yüzeyinde genel hava akımı, büyük ölçekli basınç sistemlerinden oluşur ve herhangi bir noktada rüzgarın şiddeti ve yönü, bu sistemlerin pozisyonu, şiddeti ve hareketi ile tespit edilir. Hava hareketi deniz-kara ve dağ-vadi gibi faktörlerden etkilenir.

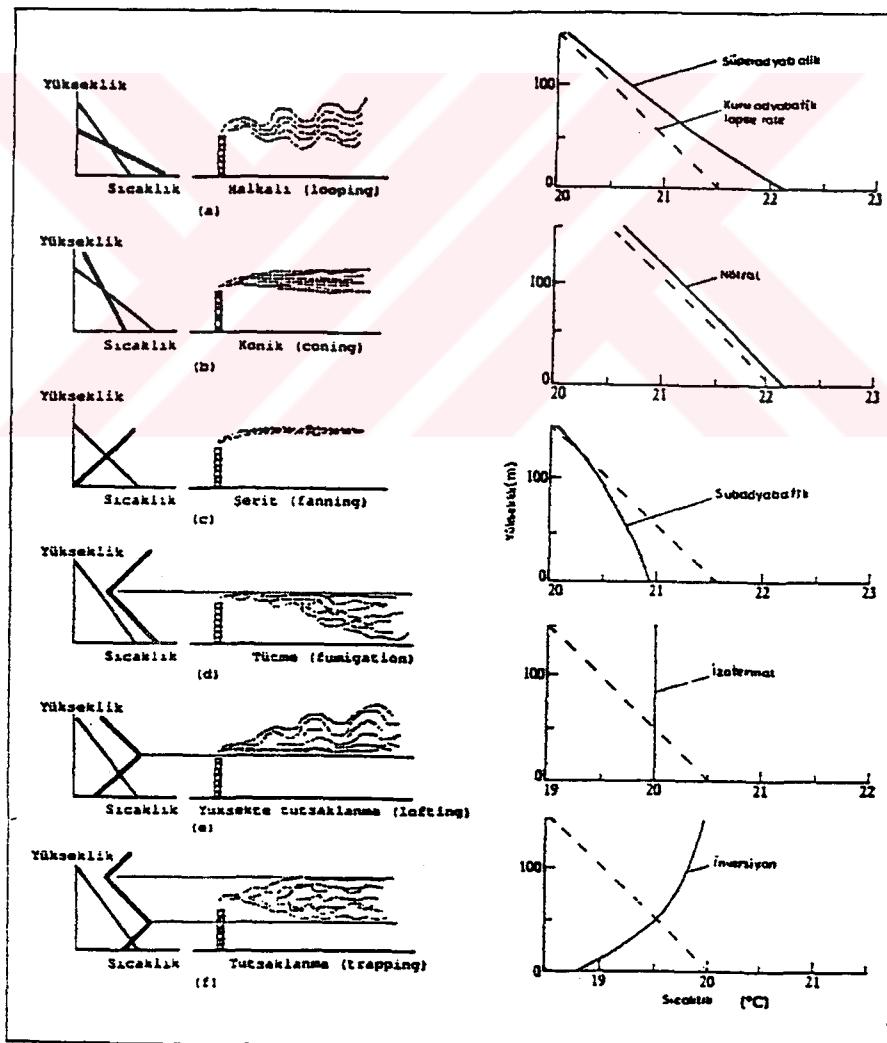
Belirli bir bölgede rüzgar yönünün ve hızının zamanla değişimi ve bu değişimin sıklığı, hava kirliliği çalışmalarında büyük önem taşıyan iklimsel istatistiğin göstergesi olan çeşitli rüzgar gülü skalalarıyla ifade edilir.

Yeryüzünün yaklaşık 600 m kalınlıktaki üst atmosferik sınır tabakasında rüzgar akımı dünyanın yüzeyinden etkilenmez ve bu akım izobarlara hemen hemen paraleldir. Bu rüzgarın hızı, yatay basınç farklarıyla belirlenir. Ancak yeryüzeyi yakınında yüzey pürüzlülüğünün yol açtığı sürtünme rüzgar hızını düşürür, rüzgarın yönünü değiştirir ve turbülansı arttırrır.

Kantitatif bir ölçü olarak, şiddeti, belirli bir zaman aralığında rüzgar salınımlarının ortalama değerden sapması şeklinde tanımlanan atmosferik turbülans, konvektif ve mekanik orjinli olabilir. Konvektif turbülans, yüzeyin solar ısınmasındaki değişimler sonucunda oluşur ve atmosferin ısı kararlığına bağlıdır. Berrak güneşli bir günün öğleden sonrası maksimum değere erişir; gece veya sabahın erken saatlerinde ise minimumdur. Havanın yeryüzeyi üzerinde hareketinden kaynaklanan mekanik turbülans ise yüzey pürüzlülüğü arttıkça fazlalaşır.

4.1.3.2. Kararlılık

Bir hava kütlesi atmosferde yükseldikçe, hava basıncındaki azalma nedeniyle genleşir ve soğur. Çevredeki hava ile hiç bir alışveriş olmadığı varsayılrsa, bu kuru sıcaklık değişim hızında ($10^{\circ}\text{C}/\text{km}$) soğur. Ancak bu tür bir dikey sıcaklık değişim hızı, atmosferde nadiren gerçekleşir; zira, mekanik turbülans kuru adyabatik değişim hızını muhafaza ederken, gün boyunca olan konveksiyon ve gece ortaya çıkan radyasyon atmosferin nötrallığını bozar. Dikey sıcaklık profilleri ve kararlılık durumlarına bağlı duman davranışları Şekil 4.2'de gösterilmiştir.



ŞEKİL 4.2. Dikey Sıcaklık Profilleri ve Kararlılık Durumlarına Bağlı Duman Davranışları [12].

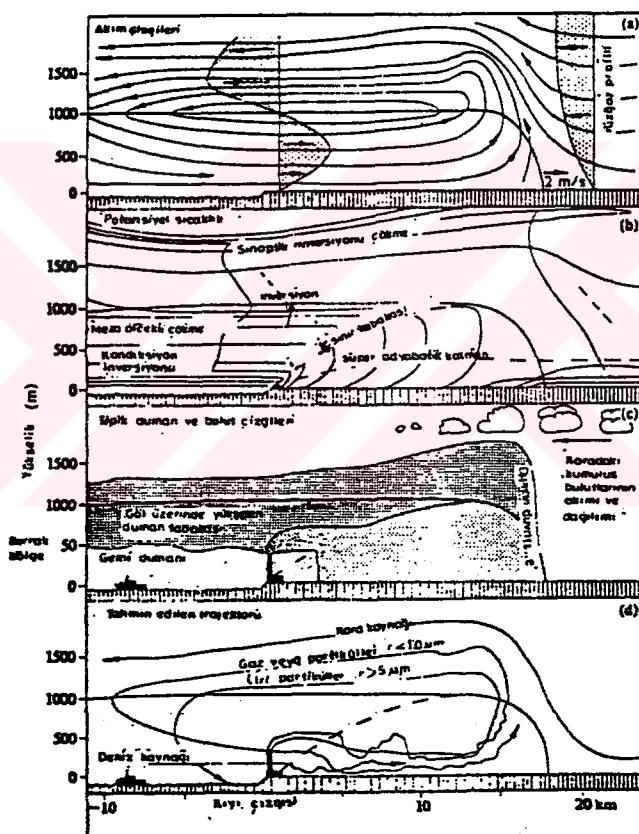
Çevresel dikey sıcaklık değişim hızı değişik hava kütlesi için ve günün farklı zamanlarında farklıdır. Toprağın kuvvetli olarak solar ısındığı günlerde hava sıcaklığının yükseklikle azalması $10^{\circ}\text{C}/\text{km}$ 'den daha fazla olur; ancak bu superadyabatik koşul genellikle atmosferin yerden itibaren 200 m yüksekliğinde geçerlidir. Böyle bir ortamda yükselen hava kütlesiinin çevresi kendisinden daha soğuktur ve kütle yükselmeye devam eder; böylece aktif konvektif kararsızlık oluşur.

Sıcaklığın $10^{\circ}\text{C}/\text{km}$ 'den daha az hızla azalması ve hatta yükseklikle artması kararlı hava koşullarını oluşturur; bu durumda başka bir seviyeye geçen hava kütlesi tekrar orjinal yerine döner. Sıcaklık tersellemesi durumunda tüm dikey hareket ve türbülans azaldığından inversiyonda hapsedilen hava kirliliği dağılamaz. Ancak inversiyon seviyesinin Üzerindeki seviyelerde atılan emisyonlar genellikle toprağa ulaşamaz. İki tip inversiyon özel önem taşır. Sıcaklığın yüzey inversyonu genellikle geceleri yer tabakasının radyasyonla soğuması sonucunda gerçekleşir; bu durumda yere yakın hava tabakası da soğur. Radyasyon inversyonu nadiren 150 m'den daha derindir, ancak durgun kış koşullarında birkaç gün sürebilir. 500 m ve daha yüksekte meydana gelen inversyonlar birkaç şekilde oluşur. Bu inversyon tabakasının altında dikey sıcaklık değişim hızı genellikle nötral olup, emisyonların yüzey tabakasında uniform dağılmasını sağlar; inversyon tabakası karışma tabakası ile Üzerindeki serbest hava akımı arasında bir sınır görevi görür.

4.1.4. Coğrafik ve Topografik Etkiler

Bir Ülkenin coğrafik yerleşim yerinin, önemli hava sistemlerine, okyanuslara ve kıtalara göre bağıl durumu, alt atmosferin türbülans karakteristiklerinin belirlenmesinde özel önem taşır.

Topografik yapı, rüzgar hızı ve yönünün genel durumunu değiştirir. Vadideki bir bacadan deşarj edilen duman, hakim rüzgar vadideki eksen boyunca geçiyorsa, vadinin iki kenarı arasına sıkışır. Rüzgar vadide dik yönde esiyorsa, duman vadideki girdabin oluşturduğu boşluk tarafından yakalanır ve böylece yüksek yer seviyesi kontrasyonları meydana gelir. Coğrafik ve topografik faktörlerin duman davranışına etkisi Şekil 4.3'de gösterilmiştir.



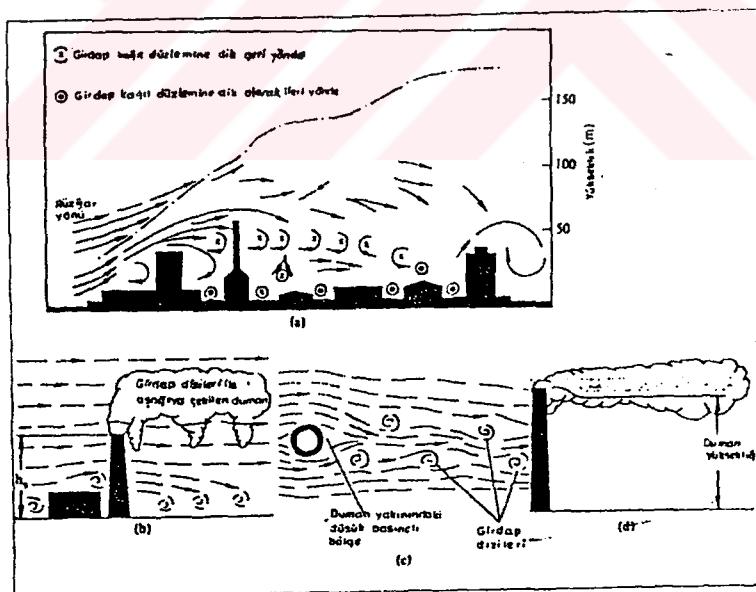
ŞEKİL 4.3. Coğrafik ve Topografik Faktörlerin Duman Davranışına Etkisi [12].

Kıyılarda, kara ve deniz yüzeyindeki sıcaklık farklılıklarları, denize kadar uzanan birkaç kilometreden kara içinde 20 km'ye kadar uzanan lokal rüzgarları oluşturur.

Gündüz oluşan kıyı esintisi deniz üzerinde kararlıdır; ancak karada hemen kararsız hale gelir ve tübulans oluşur. Giriş tabakasında aşağıya çıkan baca emisyonları kraya doğru hareket eder, deniz esintisinin çekişile yükselselr ve inversiyon tabakasından geri döner. Kıyı hattına bu geri dönüş nedeniyle, kara içindeki derişimler, diğer durumlarda beklenene kıyasla çok daha yüksektir.

4.1.5. Yüzey Pürüzlülüğünün Duman Davranışına Etkisi

Binalar ve düzensiz topografya duman davranışını aerodinamik yönden etkiler (Şekil 4.4). Baca gazlarının çıkış hızları, havanın yatay hızına kıyasla çok düşükse, duman, bacanın oluşturduğu girdaptaki düşük basınçlı bölgeye çekilir.



ŞEKİL 4.4. Bina ve Bacaların Duman Davranışına Etkileri [12].

Baca yakınında yüksek bir bina varsa, duman, kendini binaların şekline göre ayarlayan bozulmuş(disturbed) hava akımı tarafından dağıtilır. 1932'lerden beri uygulanan bir kural olarak baca dizaynında, bacanın, çevresindeki binalardan en az $2\frac{1}{2}$ kat daha yüksek olması önerilir. Baca yüksekliği bu değerden çok düşükse, duman, bina girdaplarında yakalanıp, muhtemelen baca gazlarının yüksek derişimlerini bina yakınındaki yer tabakasına ulaştırır.

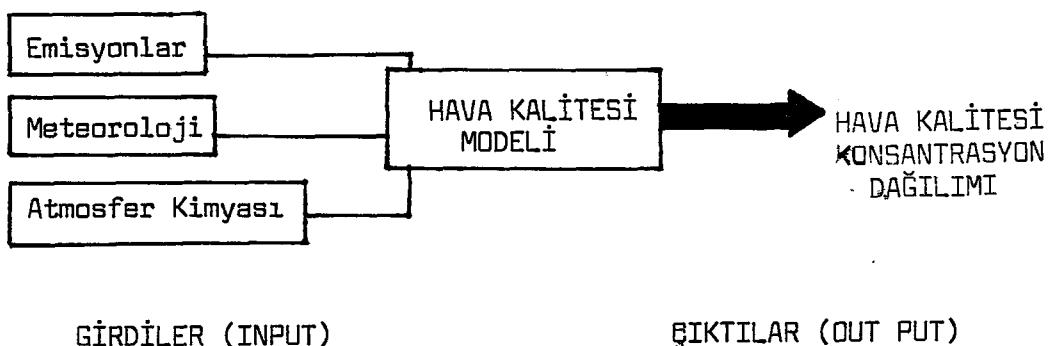
Bacanın yüksek binalardaki konumu da önemlidir. İdeal koşullarda bacanın bina merkezine yerleştirilmesi ve böylece rüzgar doğrultusu ne olursa olsun, dumanın, girdap tamamen oluşmadan önce serbest hava akımına ulaşması gereklidir.

Düzensiz arazi etkileriyle ilgili kesin kurallar yoktur. Bir vadinin derinliklerinde yerlesik bir tesis, bacası vadinin üst sınırını fazlaca aşmadıkça, önemli duman algalması problemleri ile karşı karşıyadır [12].

4.2. Hava Kirliliği Modellemesi

Herhangi bir bölgede kurulacak yeni tesislerin veya mevcut tesislerin çevreye zarar vermemesi için, tesisin inşasından evvel hava kirliliği etki değerlendirilmesinin yapılması gerekmektedir. Çeşitli kaynakların hava kirliliği etki değerlendirilmesi, hava kalitesi simülasyon modelleri yardımıyla tahmin edilebilir.

Bir model genelde iki çeşit veri gerektirir. Buradan biri kirletici kaynaklardaki emisyon miktarı, diğeri rüzgar hızı ve turbülans gibi meteorolojik verilerdir. Bunların yanında gerekirse atmosfer kimyası ile ilgili veriler de girdi olarak verilebilir. Bu verilerin modele girdi (input) olarak verilmesinden sonra, matematik ifadelerle kirleticilerin atmosferdeki taşınım ve dispersiyonu veya kimyasal ve fiziksel dönüşümleri ve uzaklaştırılma prosesleri model vasıtası ile simül edilir. Modelin çıktısı (output) ise belirli bir zaman aralığı için belirli alıcı noktalardaki (receptor) kirletici kontrasyonlardır. Bir modelin elemanları Şekil 4.5'de gösterilmiştir.

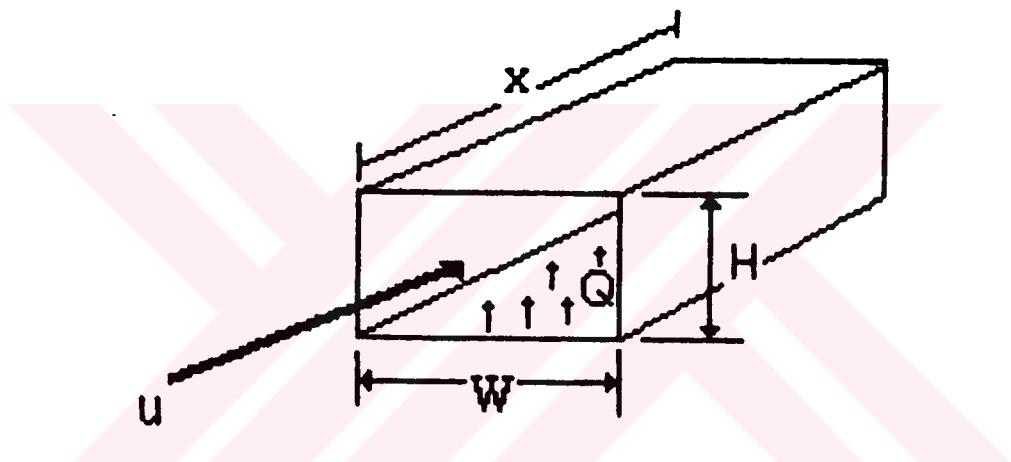


ŞEKİL 4.5. Hava Kalitesi Modelinin Elemanları [13].

4.2. Hava Kalitesi Modelleri

4.2.1. Kutu Modelleri

Bu, hava kirliliği modellemesinde kullanılan en basit modeldir. Bu model, kirleticilerin, sabit hacimdeki üç boyutlu bir kutu(dikdörtgen) için uniform olarak karıştığı varsayımlına dayanmaktadır. Şekil 4.6'de kutu model gösterilmektedir.



ŞEKİL 4.6. Kutu Modeli [13].

Kararlı emisyon ve meteorolojik şartlar için kirletici konsantrasyonu aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

$$C_i = \frac{Q_i}{uWH} \quad (4.1)$$

Burada; C_i : i kirleticisinin kararlı durumdaki konsantrasyonu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

u : Ortalama rüzgar hızı (m/saat)

W : Rüzgar yönüne dik olan kutunun genişliği (m)

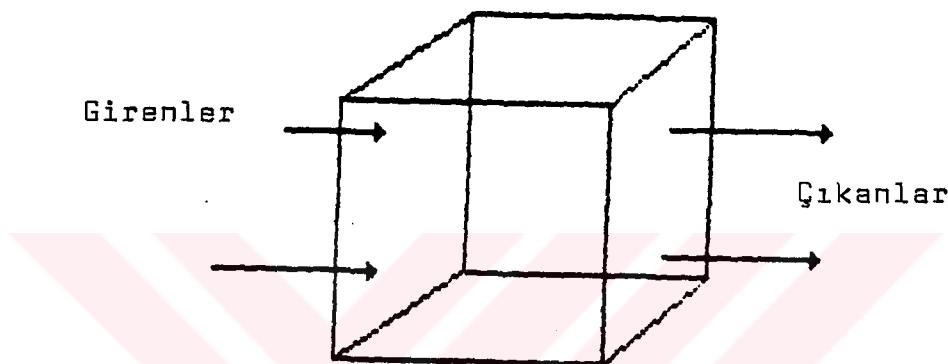
H : Rüzgar yönüne dik olan kutunun yüksekliği(m)

Q_i : i kirleticisinin emisyon hızı ($\mu\text{g}/\text{saniye}$) olmaktadır.

4.2.2. Dispersiyon Modeli

Dispersiyon modelleri, maddenin korunumu prensibine dayanan differensiyeel denklemlerden elde edilmektedir. Bu modeller, kirletici maddelerin zaman ve konuma göre dağılımlarını noktasal olarak belirleyebilirler.

Dispersiyon modellerinin dayandığı temel matematiksel ifadeler Şekil 4.7'de gösterilmiştir.



Girenler:

$$\text{Difüzyon : } N_x = - \left[\frac{\delta (D_x C)}{\delta x} \right] dy dz$$

Rüzgarla Taşınım: $\bar{C} dy dz$

$$\begin{aligned} \text{Çıkanlar : } N_{x+dx} &= - \left[\frac{\delta (D_x C)}{\delta x} \right] dy dx \\ &\quad + \frac{\delta}{\delta x} \left[\left(\frac{\delta D_x C}{\delta x} \right) dy dz \right] dx \end{aligned}$$

$$\bar{C} dy dz + \frac{\delta}{\delta x} (\bar{C} dy dz) dx$$

ŞEKİL 4.7. Dispersiyon Modellerin Dayandığı Temel Matematiksel İfade [13].

Burada, N_x gaz halindeki kirleticinin x yönündeki kütlesel difüzyon hızı olup aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir:

$$N_x = \left| \frac{\delta(D_x C)}{\delta x} \right| A \quad (4.2)$$

Bu ifadede,

D_x : x yönündeki diffüzivite (turbülanslı karışım katsayıısı) (alan/zaman)

C : Konsantrasyon (kütle/hacim),

A : x yönünde hareket yönüne dik olan kesit alan olmaktadır.

Kontrol hacmindeki maddenin (kirleticinin) konsantrasyonundaki değişimin taşınım ve dispersiyondan dolayı meydana geldiği varsayılsa, herhangi bir maddesi için kütlenin korunum prensibi uygulandığı takdirde, denklemdeki her iki tarafı kontrol hacmine "dx.dy.dz" bölünürse ve kütlesel diffüzitelerin sabit olduğu kabul edilirse temel dispersiyon denklemi aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir.

$$\frac{\delta C_i}{\delta t} = -u \frac{\delta C_i}{\delta x} - v \frac{\delta C_i}{\delta y} - w \frac{\delta C_i}{\delta z} + D_x \frac{\delta^2 C_i}{\delta x^2} + D_y \frac{\delta^2 C_i}{\delta y^2} + D_z \frac{\delta^2 C_i}{\delta z^2} + \emptyset_i \quad (4.3)$$

Burada;

C_i : i kirleticisinin konsantrasyonu, $\mu\text{g}/\text{m}^3$

u : x-yönündeki ortalama konvektif hız, (rüzgar hızı) $\text{m}/\text{s}\text{an}$

v : y-yönündeki ortalama konvektif hız, $\text{m}/\text{s}\text{an}$

w : z-yönündeki ortalama konvektif hız, $\text{m}/\text{s}\text{an}$

D_x : x-yönündeki kütlesel diffüzivite, $\text{m}^2/\text{s}\text{an}$

D_y : y-yönündeki kütlesel diffüzivite, $\text{m}^2/\text{s}\text{an}$

D_z : z-yönündeki kütlesel diffüzivite, $\text{m}^2/\text{s}\text{an}$

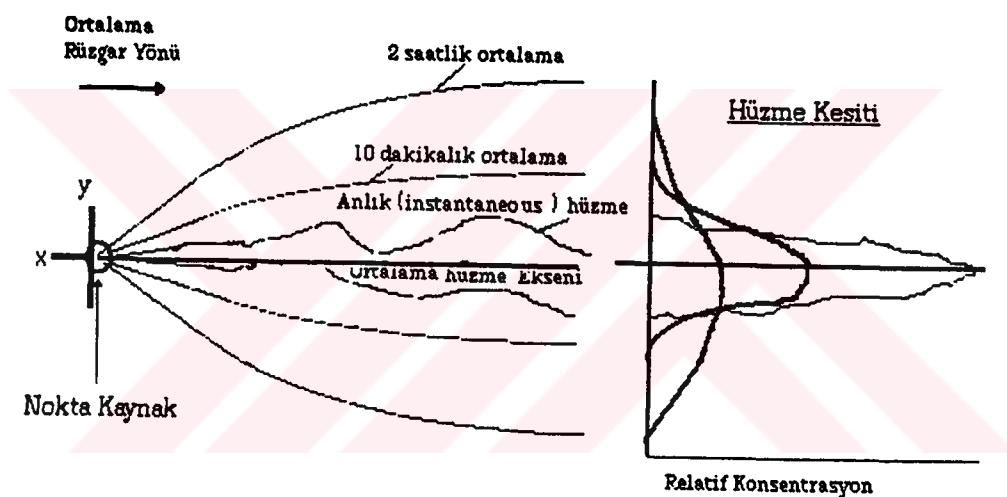
\emptyset_i : kirletici maddenin oluşumu veya giderimi ile ilgili terim $\mu\text{g}/\text{s}\text{an}$.

olmaktadır.

Gauss Dispersiyon Modeli:

Gauss dispersiyon modeli, herhangi bir nokta kaynaktan çıkan hüzmenin rüzgar yönüne dik olan eksenlerde (y ve z eksenleri) belirli bir süreç içerisinde "Normal" veya "Gauss" tipi bir dağılım gösterdiği esasına dayanmaktadır.

Bu nokta kaynaktan çıkan hüzme, türbülən (eddy) hərəketləri sonunda Şəkil 4.8'de görüldüğü gibi bir dağılım göstərərək genişləyəcəktir.



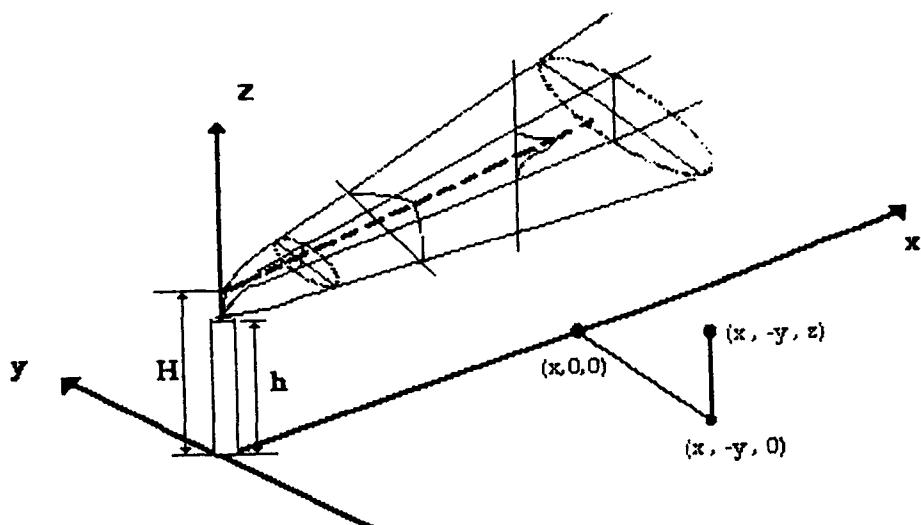
ŞEKİL 4.8. Nokta Kaynaktan Çikan Hüzmenin Zamana Görə Dağılımı [13].

Görüldüğü gibi, herhangi bir konumdaki kirletici konsantrasyonu örneklemeye süresine bağlı olup "anlık" hüzme dur bir alanda çok yüksek konsantrasyonlara həiz olabilməktedir. Buna mukabil, 10 dakikalık ortalama bir süre içinde, hüzme daha geniş bir alana yayılmakta, fakat konsantrasyonu düşməktedir. Aynı şekilde, 2 saatlik periyotda hüzme, rüzgar yönüne dik yöndə daha fazla yayılmakta, buna karşılık maksimum konsantrasyon seviyessində düşmə görülməktedir. Görüldüğü gibi, yeterli bir süre

alındığında, rüzgar yönüne dik eksende konsantrasyon dağılımı "Gauss" veya "Normal Dağılım" göstermektedir.

Hüzmenin zamana göre dağılımına benzer bir şekilde, kaynaktan olan mesafeye bağlı olarak da (ruzgar yönü boyunca) bir yayılma sözkonusuudur. Hüzme genişledikçe, daha büyük "eddy"ler kirleticilerin dispersiyonunda etkili dir. Kaynağa yakın mesafelerde etkili olan türbülans haretleri ile uzak mesafelerdeki türbülans hareketlerinin boyutları farklıdır. Dolayısıyla, hüzmenin yayılma hızı sadece türbülans hareketlerinin şiddetine ve dağılımına değil, aynı zamanda hüzmenin boyutuna bağlı olarak da kaynaktan itibaren hareket süresine de bağlıdır.

Yukarıda bahsedilen hüzmenin fiziksel olarak gösterdiği dağılım özelliği, matematiksel olarak gauss fonksiyonu ile gösterilebilir. Rüzgar yönüne (ve dolayısıyla hüzmenin hareketinin meydana geldiği x yönüne) dik koordinatlarda, yani y ve z eksenlerinde, gauss veya normal dağılım ile temsil edilebilen iki ayrı difüzyon olayı meydana gelmektedir. Şekil 4.9'de etkin baca yüksekliği H olan bir kaynaktan çıkan hüzme dağılımı gösterilmektedir.



ŞEKİL 4.9. Etkin Baca Yüksekliği H Olan Bir Kaynaktan Çıkan Hüzmenin Dağılımı [13].

Gauss modeli, denklem (4.3) ile gösterilen temel dispersiyon denkleminde, aşağıdaki varsayımlar yapılmak suretiyle ortaya çıkar:

1)- Kararlı durum, yani kirlletici konsantrasyonu zamanla değişmiyor ve kaynaktan uniform bir hızla (Q_i) çıkarıyor,

$$\frac{\delta C_i}{\delta t} = 0 \quad (4.4)$$

2)- y ve z yönlerindeki rüzgar hızı sıfır, $v=w=0$, ve x-yönündeki rüzgar hızı, u , sabit (zamana göre değişmiyor),

3)- x-yönündeki taşınım (konveksiyon) rüzgar tarafından kontrol ediliyor (ruzgar ile taşınım diffüzyon ile taşınımıma göre çok daha etkin):

$$u \frac{\delta C_i}{\delta x} \gg D_x \frac{\delta^2 C_i}{\delta x^2} \quad (4.5)$$

4)- Kirleticinin atmosferde herhangi bir reaksiyonla oluşumu veya giderimi yok, $\theta=0$.

Bu durumda denklem (2) aşağıdaki şekilde basitleştirilebilir:

$$u \frac{\delta C_i}{\delta x} = D_y \frac{\delta^2 C_i}{\delta y^2} + D_z \frac{\delta^2 C_i}{\delta z^2} \quad (4.6)$$

Bu ikinci derece kısmi diferansiyel denklemin genel çözümü,

$$C = Kx^{-1} \exp \left\{ - \left[\left(\frac{y^2}{D_y} \right) + \left(\frac{z^2}{D_z} \right) \right] - \frac{u}{4x} \right\} \quad (4.7)$$

Burada K , sınır şartlarına bağlı olan bir sabittir. Sınır şartlarından biri, kararlı durumda kaynaktan rüzgar yönüne gidiş istikametinde herhangi bir dikey kesitte, kirletici transfer hızının sabit olması ve kaynaktaki emisyon hızına (Q) eşit olmasıdır. Matematiksel olarak bu sınır şartı aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$Q = \iint u C dy dz \quad (4.8)$$

Yer seviyesinde bulunan bir nokta kaynak için z -yönündeki integrasyon limitleri 0 ile sonsuz alınmaktadır. Bu durumda, (4.8) yukarıdaki sınır şartı yerine konursa denklem elde edilir.

$$Q = \int_0^\infty \int_{-\infty}^\infty K u x^{-1} \exp \left\{ - \left[\left(\frac{y^2}{Dy} + \left(\frac{z^2}{Dz} \right) \right] - \frac{u}{4x} \right] \right\} dy dz \quad (4.9)$$

Bu ifadenin integrasyon sonucunda K sabiti bulunur ve (4.7) de yerine konursa aşağıdaki denklem elde edilir.

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{2 \pi (Dy Dz)^{1/2}} \exp \left\{ - \left[\left(\frac{y^2}{Dy} + \left(\frac{z^2}{Dz} \right) \right] - \frac{u}{4x} \right] \right\} \quad (4.10)$$

Yer seviyesinden H yüksekliğindedeki bir nokta kaynak için, z -yönündeki integrasyon limitleri, (-) sonsuzdan (+) sonsuza kadar gitmektedir. Integrasyonun (-) sonsuz limiti, Şekil 4.9'den görüldüğü gibi fiziksel olarak yer seviyesinin altında bir "hayali" kaynak ile temsil edilebilir. Yine bu şartlar (4.8) de yerine konulur ve K sabiti bulunur. Bulunan K sabiti (4.7)'de yerine konursa aşağıdaki denklem elde edilir.

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{4\pi(DyDz)^{1/2}} \exp \left\{ - \left[\left(\frac{y^2}{Dy} + \left(\frac{z^2}{Dz} \right) \right] - \frac{H}{4x} \right\}$$

(4.11)

Etkin baca yüksekliği H olan bir kaynak için Şekil 4.19. yeryüzünden yansima olmadığındaki kirleticinin kararlı durumundaki konsantrasyonu (C) aşağıdaki şekilde ifade edilir.[13].

$$C(x, y, z, H) = \frac{Q}{2\pi \sigma_y \sigma_z} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{y}{\sigma_y} \right)^2 \right]$$

$$\left\{ \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{z-H}{\sigma_z} \right)^2 \right] + \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{z+H}{\sigma_z} \right)^2 \right] \right\}$$

(4.12)

Bu eşitlikte;

C: Konsantrasyon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

x, y, z : Kirlenme noktasının kartezyen koordinatları (orjin kaynak noktası zemininde ve x ekseni rüzgar yönünde) (m)

Q : Kirletici sabit emisyon hızı (m/san)

H : Etkin baca yüksekliği (kaynak fiziksel yüksekliği + hizme yüksekliği)

σ_y, σ_z : Dispersiyon katsayıları (m)

4.3. ISCLT Paket Programı

ISCLT Modeli(Endüstriyel Kompleks-Uzun Dönemli Dağılım Modeli) hava kirliliği modellemesinde kullanılan Amerikan EPA onaylı bir paket programdır. Bu program: nokta, alan ve hacim kaynaklarından oluşan emisyonların dış ortam hava kalitesine etkilerini veya herhangi bir alanda birikimlerini tahmin etmek amacıyla tasarlanmıştır. ISCLT programı üç ayrı paket program içermektedir ve bu programlar birbirine bağlı olarak çalıştırılmaktadır. Şekil 4.10'da sekiz dosyadan oluşan ISCLT programının akım şeması gösterilmiştir.

".PNT" bir kaynak dosyasıdır. Bu dosya: alan ve nokta kaynaklarının sayıları, koordinatları ve emisyon miktarları; nokta kaynakların baca çapı, yüksekliği ile gaz çıkış hızı ve sıcaklığı; alan kaynaklar arasındaki mesafelerin girilmesiyle oluşturulur. Girilen değerlerin birimleri de bu dosya içinde yer alır.

Meteorolojik veriler ".STR" dosyası içinde saklanır. Ortalama sıcaklık ve rüzgar hızları için yıllık ya da mevsimlik stabilité dağılımları ile her bir stabilité kategorisi için altı rüzgar hız değerleri de bu dosya içinde yer alır.

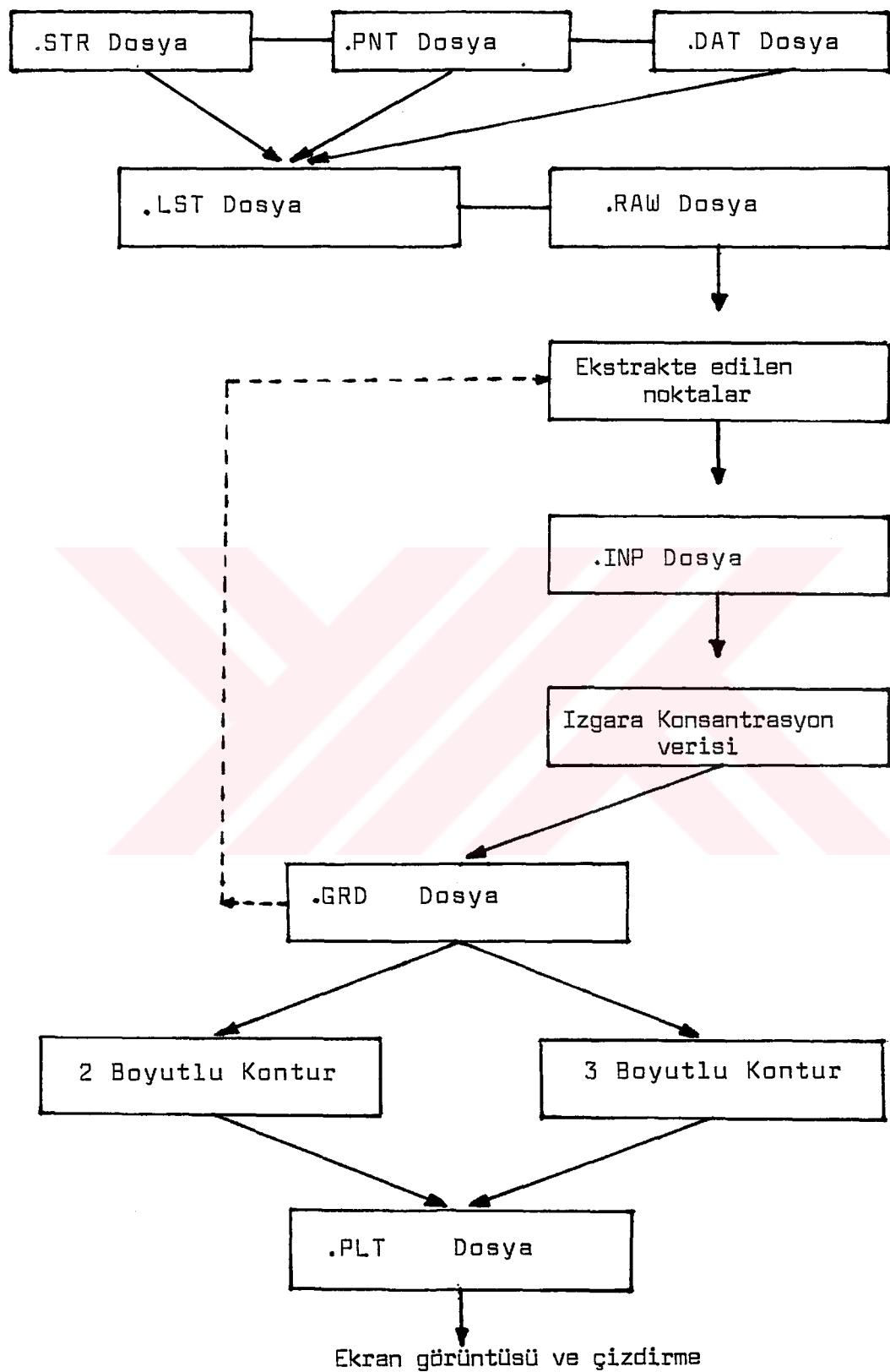
".DAT" bir veri dosyasıdır ve dağılım modelini çalıştmak için girilen parametreleri içerir.

".PNT", ".STR" ve ".DAT" dosyalarında girilen verilen bir liste ".LST" dosyasına aktarılır.

"Breeze Air Graphics" programı modelleme çalışmasının sonuçlarından çok boyutlu grafik elde edilmesini sağlar. Bu programın çalışması sırasında ".RAW" dosyası oluşturulur. ".INP" ekstrakte edilen kirletici konsantrasyon bilgilerini içeren bir girdi dosyasıdır. Çizim yaratılmadan önce GRIP programı tarafından işlenen izgaralarınma

konsantrasyon bilgileri "GRO" dosyası içinde yer almaktadır. Bu dosya bir kere oluşturulduktan sonra, çeşitli seçenekler aracılığıyla pek çok çizim hazırlanabilir. "PLT" dosyası da iki ve üç boyutlu çizim bilgilerini içerir ve bunları ekranda göstermesini ya da printer çıkışını sağlar [15].

ISCLT paket programında her noktadaki: (x, y, z) konstantrasyonlarını hesaplamak için "Gauss Dağılım Modeli" kullanılmıştır. Ve bu model Bölüm 4.2'de anlatılmıştır [13].



ŞEKİL 4.10. ISCLT Programının Akım Şeması [14].

BÖLÜM 5. EMİSYON ENVANTERİNİN DERLENMESİ VE KONTROL SENARYOLARI

5.1. Emisyon Envanterinin Derlenmesi

Çevre kirliliğinin en önemli sebeplerden biri, endüstriyel aktivilerdeki aşırı ve kontrollsüz artıştır. Bacalardan çıkan emisyonlar sadece yerel kirliliğe sebep olmamakta, bölgesel, kıtasal ve küresel ölçekte de kirlilik problemleri yaratmaktadır.

Emisyon envanteri, emisyonlarla ilgili veri temininde kullanılan en önemli araçlardan biridir. Bu envanter, endüstriyel kuruluşların özelliklerinin, yakıt tüketimlerinin ve üretim miktarlarının araştırılması ile oluşturulur. Emisyon envanteri, hava kirliliği modellemesinde ve kirletici kaynakların belirlenerek bunların zararlı etkilerinin ortaya çıkartılması çalışmalarında yararlanılan en önemli kaynaklardan biridir. Genel olarak, envanterden elde edilen emisyon verileri, kontrol stratejilerinin belirlenmesinde ve uygulanmasında, emisyon standartlarının hazırlanmasında ve gelecekteki kirlilik problemlerinin çözümü için kontrol stratejilerin oluşturulmasında gereklidir.

Emisyon faktörleri genellikle, bir kirleticinin ağırlığının, birim ağırlığa, hacme, mesafeye veya kirleticinin atıldığı süreye oranı ile ifade edilir. Bu faktörlerin kullanılması ile farklı kaynaklardan çıkan emisyonlar hesaplanabilir [15].

Emisyon envanterinin derlenmesi için Gebze'de nüfus ve yakıt tüketimi ile ilgili bir anket çalışması yapılmıştır [10]. Bu anket çalışmasında kirlilik

potansiyelleri yüksek olan 25 kuruluş noktası kaynak olarak belirlenmiştir ve bu kuruluşlarla görüşülmüştür. Yapılan anket çalışmasıyla herbir endüstriyel kuruluşun baca çapı ve yüksekliği, gaz çıkış sıcaklığı ve hızı, yakıt cinsi ve miktarı gibi veriler toplanmıştır. Bir anket formu örneği EK-B'de verilmiştir. Kullanılan emisyon verilerini 17 endüstriyel kuruluşta ölçüm değerleri oluşturmaktadır. Ölçüm değerleri bulunmayan 8 kuruluşta ise yakıt tüketimi ve yakıt özellikleri baz alınarak eşitlik 5.1 yaridimi ile hesaplanmıştır [16].

$$E = 2 \times \frac{F}{100} \times M \times (1 - P/100) \quad (5.1)$$

Bu eşitlikte;

E: Emisyon miktarı(birimİ noktası kaynak için (g/san), alan kaynak için (g/m².san))
F: Yakıtın kükürt içeriği(%)
M: Tüketicilen yakıt miktarı(kg)
P: Külde kalan kükürt miktarı (% 10-20 aralığında bir değer kabul edilebilir).

Mahalleler bazında muhtarlıklardan nüfus tesbit edilmiş kullanılan yakıtların tip, miktar ve özellikleri belirlenmiştir [10]. Gebze'de nüfusun mahaller bazında dağılımı EK-C'de ve evsel yakıt kullanım anket sonuçları ise E-D'de sunulmuştur. Bu anket çalışmasına dayalı olarak paradox programı kullanılarak veri tabanı oluşturulmuştur. Bu program yardımıyla Gebze'de kişi başına tüketilen yakıt miktarı 0.91 ton kömür olarak hesaplanmış ve bulunan yakıt tüketim oranları Şekil 3.2'de verilmiştir.

Bu bilgiler derlendikten sonra (5.1) eşitliği yarıdımıyla alan kaynaklar için SO₂ emisyon miktarı "g/m². san" olarak hesaplanmıştır.

5.2. Kontrol Senaryoları

Türkiye'de hava kirliliği, özellikle kış aylarında, düşük kaliteli yakıtların ısınma amaçlı kullanımları sonucunda yaşamı tehdit eder boyutlara ulaşmaktadır. Hava kirliliğin kontrol etmek için kullanılabilcek yöntemler aşağıdaki gruplar altında toplanabilir;

- i)- Yakıt değiştirmə
- ii)- Emisyon sınırları, standart ve yöntemlikler
- iii)- Emisyon kontrol teknolojileri
- iv)- İleri üretim teknolojileridir.

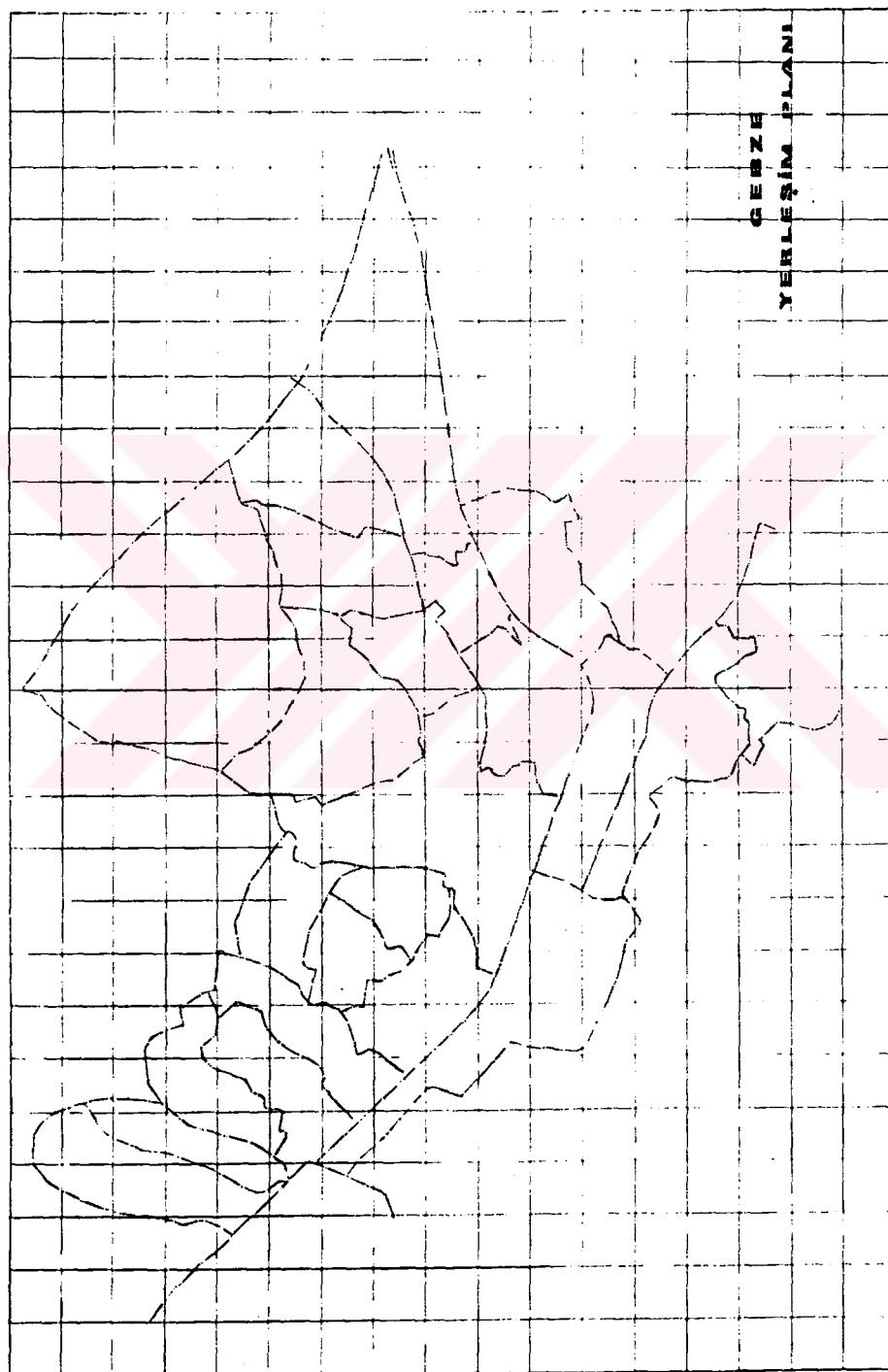
Hava kirliliğini kontrol etme yöntemleri Bölüm 2.5' de ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

Ülkemizde ısıtma amacıyla kullanılan linyitlerin, yapılarında oldukça yüksek oranda kükürt, kül ve nem bulundurmaları, ayrıca kalori değerlerinin düşük oluşu hava kirliliğinin ortaya çıkmasında birinci derecede etken olmaktadır.

Yakıtların ucuz ve gevreye zarar vermiyerek daha az yakıt kullanımı fikri, linyit ve petrolle alternatif olarak doğal gaz kullanımını ön plana çıkarmıştır. Ancak doğal gazın ithal edilmesi nedeniyle, Soma Linyitleri gibi ısıl değeri yüksek, kükürt, kül ve nem içerikleri az olan iyi kaliteli linyit kullanımı yoluna da gidilebilir. Fakat son yıllarda doğal gaz ve yüksek kaliteli linyit kömürü yanında, ithal kömür kullanımı da yaygınlaşmaktadır.

Bu çalışmada farklı yakıt kullanımlarının hava kirliliğine etkisi mevcut durum ve iki senaryo bazında, incelenmiştir. Tablo 5.1'de bu senaryolar verilmiştir [11].

Bu çalışmada pilot bölge olarak seçilen Gebze ilçesinin 500×500 m²'lik gridlere bölünmüş haritası Şekil 5.1'de verilmiştir.



ŞEKİL 5.1. Gebze Bölgesinin Gridlere Bölünmüş Haritası

TABLO 5.1. Yakıt Değiştirme Kontrol Senaryoları

SENARYOLAR	YAKITLAR	YAKITLARIN ÖZELLİKLERİ		
		% Kükürt	Isıl Değer k cal/kg	% Verim
A Mevcut Durum	Kemerburgaz	1.5	2900	
	İthal kok	0.5	7000	
	Trakya	3.1	3700	Ort.%60
	Orhaneli	2.38	3000	
	Şile	2.3	2500	
	İthal kömür	0.47	6000	
B	Dogal Gaz(a)	9.6	10000	80-85
C	Soma linyiti	1	4800	60

(a) Doğal gazın kükürt içeriği 1 milyon m^3 'de 9.6 kg ve ısı kapasitesi 10000 kcal/ m^3 'dür.

Senaryolar bazında SO_2 emisyonlarının belirlenmesi için aşağıdaki bilgilerin derlenmesi gerekmektedir;

- i)- Mevcut durumda tüketilen yakıtların ısıl değer
- ii)- Her bir senaryoda (mevcut durumda dahil) kişi başı düşen SO_2 emisyon miktarı,
- iii)- Üç senaryodaki yakıtlar ile mevcut durumdaki yakıtlar arasındaki oranın tespit edilmesi.

Senaryolarda emisyon miktarlarının derlenmesi amacıyla yapılan bir hesaplama örneği EK-E'de sunulmuştur.

Derlenen emisyon envanteri değerleri Endüstriyel Kompleks-Uzun Dönemli Dağılım Modelinde (ISCLT) veri şılarak girilmiş ve SO_2 konsantrasyon miktarları stratejiler bazında incelenmiştir.

BÖLÜM 6. MODELLEME SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRMELER

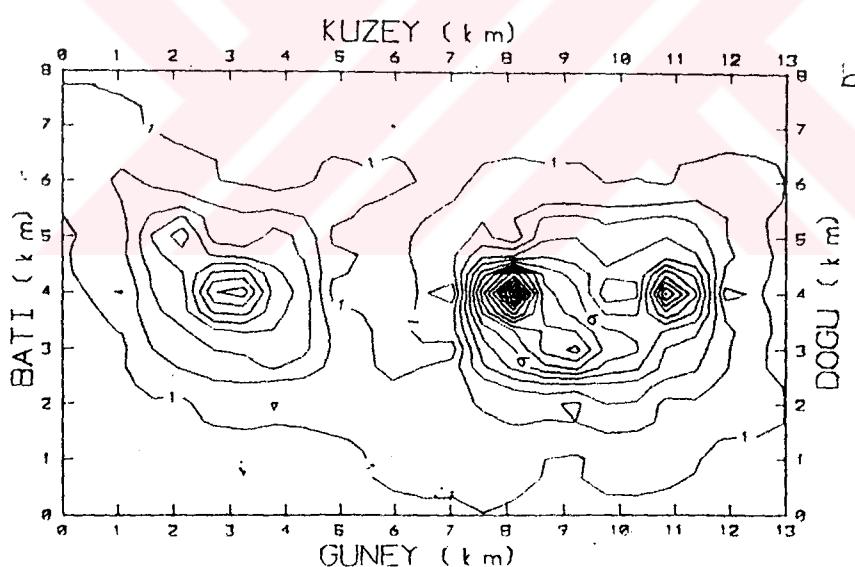
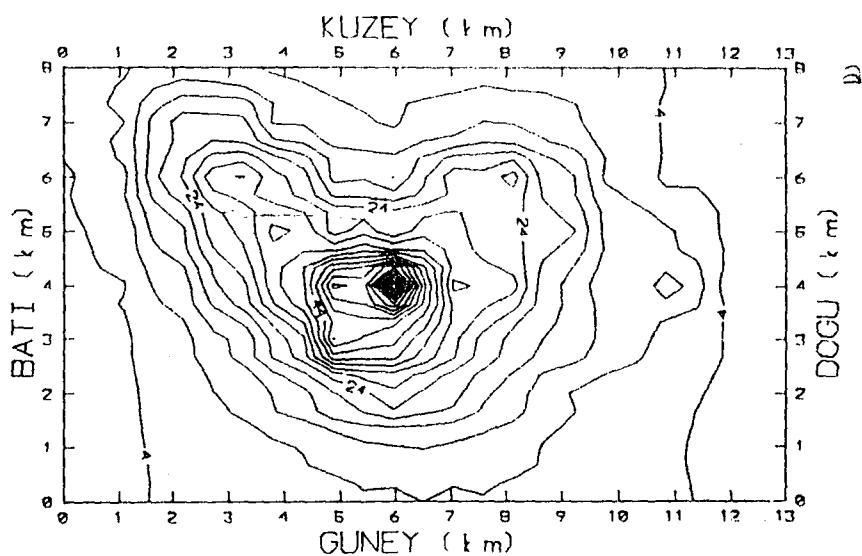
Bu çalışmada pilot bölge olarak seçilen Gebze bölgesinin 1/10000 ölçekli haritası 500x500 m²'lik gridlere bölünmüş ve ISCLT paket programına emisyon değerleri ile meteorolojik veriler girilerek yakıt değiştirmeye seçenekleri değerlendirilmiştir.

1993 kişinda kullanılan yakıt özellikleri baz alınarak ve uzun vadeli SO₂ dağılım modellemesi yapılmıştır. Bu modelde alan kaynaklarda farklı yakıt seçenekleri belirlenmiş ve nokta kaynaklarda ise yakıt değişiminin sabit olduğu varsayılarak hava kirliliğine katkı payı mevsimlik olarak araştırılmıştır.

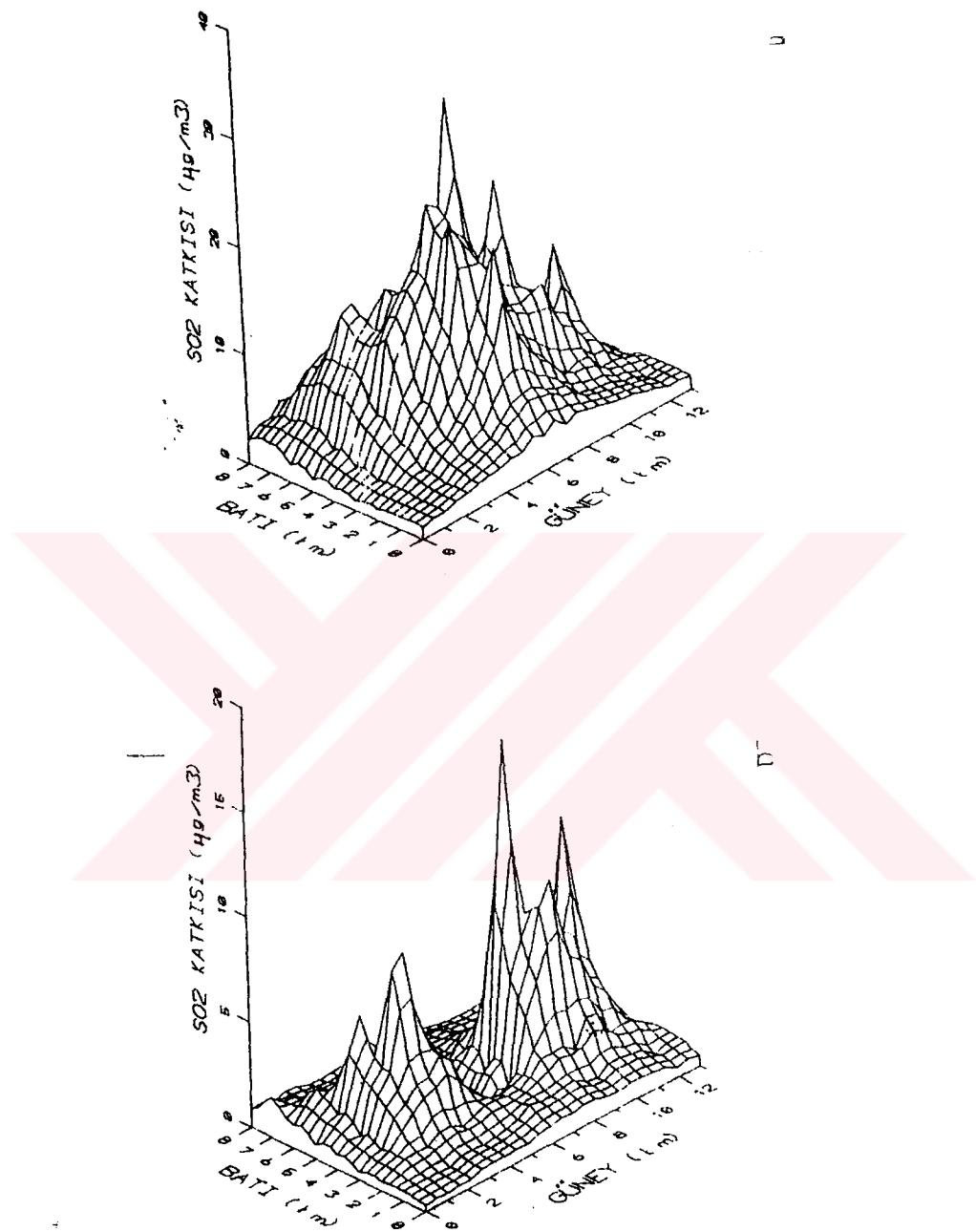
Mevcut durumda evsel ısınmanın ve endüstriyel kullanımının hava kirliliğine uzun dönemde SO₂ katkı payı 88 µg/m³ olarak bulunmaktadır. Bu sonuç uzun vadeli SO₂ sınır değeri olan 150 µg/m³'ü aşmamıştır [17].

Yakıt değişim senaryolarının emisyon envanterini dölemek için mevcut durumdaki yakıt tüketim verimi %'60 kabul edilmiş ve bu değerler kullanılarak senaryolardaki SO₂ emisyon değerleri hesaplanmıştır. Kontrol senaryosu olarak seçilen evlerde % 100 Soma kömürü kullanılması halinde pik değeri 30 µg/m³ olarak, evlerde % 100 doğalgaz kullanılması durumunda pik değeri 17 µg/m³ olarak bulunmuştur. Bu senaryolarda elde edilen SO₂ dağılım sonuçları; Şekil 6.1'de Soma linyiti ve doğal gaz için 2 boyutlu Şekil 6.2'de ise 3 boyutlu olarak verilmiştir.

Hava kirliliğini önlemeye yöntemlerinden biri olan "yakıt değiştirmeye" seçenekleri incelenmiş ve bu seçeneklerden evsel yakıt olarak Soma Kömürü kullanılması durumunda % 66 ve doğal gaz kullanımında ise % 81 oranında kirliliği azaltabileceği hesaplanmıştır.



ŞEKİL 6.1. Gebze'de Farklı Evsel Yakıt Seçeneklerinde
 SO_2 Dağılımının İki Boyutlu Gösterimi
a)- Soma Kömürü, b)- Doğal Gaz



ŞEKİL 6.2. Gebze'de Farklı Evsel Yakıt Seçeneklerinde SO_2 Dağılımının Üç Boyutlu Gösterimi
a)- Soma Kömürü b)- Doğal Gaz.

Gebze'de hava kirliliği ölçüm istasyonu bulunmadığından uzun dönemli ölçüm sonuçları yoktur. Ancak TÜBİTAK-M.A.M Kimya Mühendisliği tarafından farklı zamanlarda yapılan kısa süreli ölçümler sonucunda [18], çevre havasında SO_2 açısından özellikle akşam saatlerinde standart değerin aşıldığı Tablo 6.1'de görülmektedir.

TABLO 6.1. Gebze'de Şehir Merkezinde Yapılan SO_2 Ölçümleminin Bazı Sonuçları (ppm).

28 Şubat 1992		1 Mart 1992		1 Nisan 1992	
Saatler	SO_2	Saatler	SO_2	Saatler	SO_2
00-01	-	00-01	0.107	00-01	0.143*
01-02	0.087	01-02	0.095	01-02	0.146*
02-03	0.004	02-03	0.059	02-03	0.141*
03-04	0.000	03-04	0.056	03-04	0.106
04-05	0.000	04-05	0.077	04-05	0.100
05-06	0.000	05-06	0.092	05-06	0.102
06-07	0.000	06-07	0.078	06-07	0.102
07-08	0.008	07-08	0.080	07-08	0.091
08-09	0.062	08-09	0.080	08-09	0.048
09-10	0.000	09-10	0.063	09-10	-
10-11	0.000	10-11	0.044	10-11	0.056
11-12	0.000	11-12	0.063	11-12	0.099
12-13	-	12-13	0.044	12-13	0.074
13-14	0.007	13-14	0.063	13-14	0.076
14-15	0.010	14-15	0.078	14-15	0.032
15-16	0.003	15-16	0.103	15-16	0.003
16-17	0.223*	16-17	0.178*	16-17	0.030
17-18	0.267*	17-18	0.216*	17-18	0.006
18-19	0.258*	18-19	0.206*	18-19	0.012
19-20	0.250*	19-20	0.256*	19-20	0.022
20-21	0.378*	20-21	0.300*	20-21	0.045
21-22	0.405*	21-22	0.280*	21-22	0.045
22-23	0.494*	22-23	0.193*	22-23	0.058
23-24	0.318*	23-24	0.134	23-24	0.062

Not: 1. Çevre havası için kısa vadeli sınırlı değer $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.140 ppm)'dır.
 2. Sınır değeri aşan ölçümler *** ile işaretlenmiştir.

Model sonuçlarına göre mevcut durumda SO_2 emisyon miktarı $88 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak bulunmuştur ve 1992 yılında yapılan ölçüm sonuçları ile karşılaştırıldığında sınır değerleri aşmadığı görülmektedir.

Senaryolardan birinin program listesi EK-F'da verilmiştir.

BÖLÜM 7. GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Gebze'de SO_2 emisyon envanteri derlenmiş, dağılım modeli uygulanarak kirlilik haritası çıkarılmış ve kirliliğin azaltılması için alınabilecek önlemlerden biri olan "yakıt değiştirme seçeneğinin hava kirliliği Üzerindeki etkisi incelenmiştir". Bu çalışmada ele geçen sonuçlar şunlardır:

- 1- Mevcut durumda, nokta ve alan kaynakları SO_2 emisyonu açısından hava kirliliğine kış sezonu ortalama katkısı maksimum $88 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak bulunmuştur.
- 2- Evlerde tamamen Soma kömürüne geçilmesi durumunda SO_2 emisyon miktarı $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bulunmuştur.
- 3- Diğer bir alternatif yakıt olarak doğal gaz kullanılması ile SO_2 emisyon miktarı $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bulunmuştur.
- 4- Soma kömürü ve doğal gaza geçilmesi durumlarında kirlilik oranları sırası ile % 66 ve % 81 oranlarında azalmıştır.

Bu çalışmada taşıtlardan ve taşınımından kaynaklanan kirlilik göz önünde bulundurulmamış ve olay daha basite indirgenerek incelenmiştir.

Hava kirliliğini daha aza indirgenmesi için kükürt ve nem içeriği düşük, ısıl değeri yüksek yakıtların kullanılması gerekmektedir.

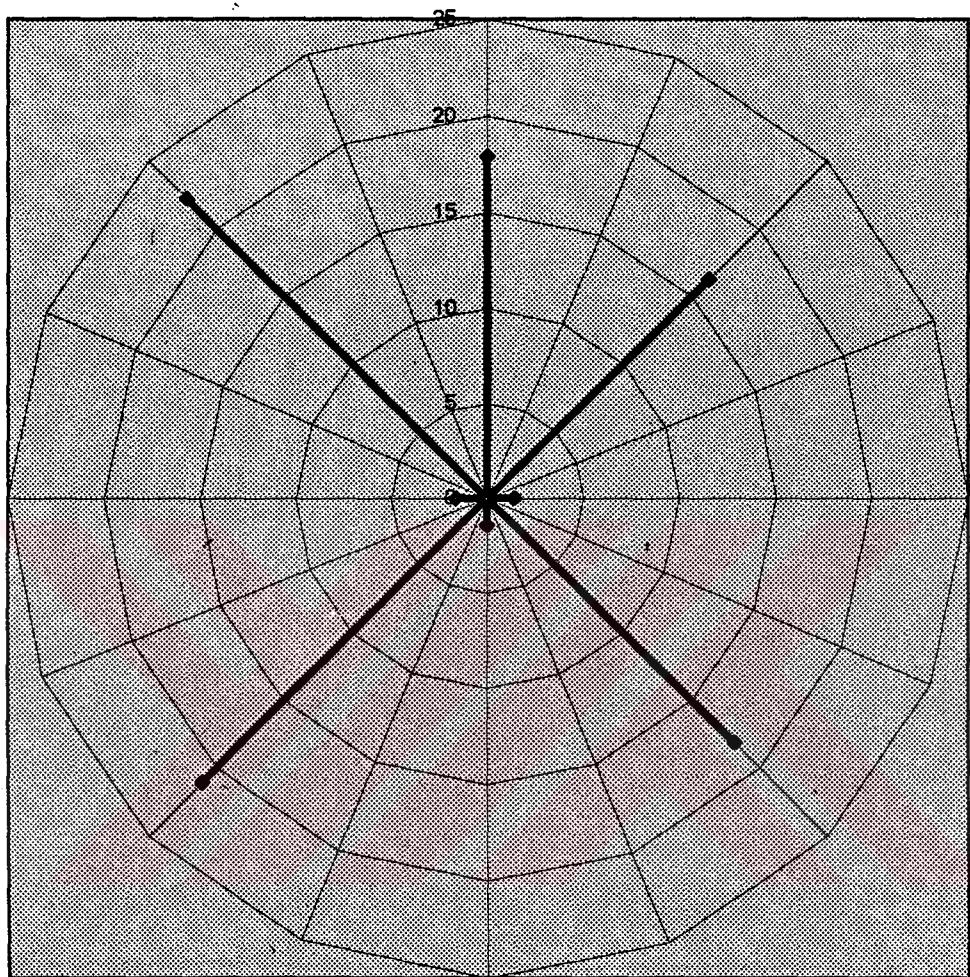
KAYNAKLAR

- [1] DÖĞEROĞLU, T., Azot Oksitlerinin Hava Kalitesine Etkili Uzaklaştırma ve Değerlendirilebilme Seçenekleri, Yüksek Lisans Tezi, A.Ü., Ankara, (1988).
- [2] ERDEM, O., İETT Otobüslerinin Doğal Gaza Dönüşüm Pilot Proje Uygulaması, İTÜ 1. Hava, Kirlenmesi ve Kontrol Sempozyumu'93 Bildiri Kitabı, İstanbul, S.168-184, (1993).
- [3] OKUTAN, H., Hava Kirliliği'nin Kaynakları, Hava Kirliliği Kaynakları ve Kontrolü, TÜBİTAK-MAM Yayıncılık, Kocaeli, S.1-14, (1993).
- [4] EKİNCİ, E., OKUTAN, H., TIRIS, M., Air Pollution in Turkey, Enfotrac-Genemis Workshop, Vienna 21-24 September, (1993).
- [5] Haber Bülteni, Hava Kirliliği, T.C. Başbakanlık D.İ.E Ens., Ankara, Sayı: 19, (1993).
- [6] MÜEZZİNOĞLU, A., Hava Kirliliği Kontrolünün Esasları, Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları, İzmir, (1987).
- [7] ERTÜRK, F., Hava Kirliliğinin Çevre Üzerindeki Etkileri, Hava Kirliliği Kurs Notları, TÜBİTAK-MAM, Kocaeli, (27 Nisan-1 Mayıs) (1992).
- [8] EKİNCİ, E., TIRIS, M., OKUTAN, H., Termik Santraller ve Emisyon Kontrolü, Gökova Körfezi Çevre Sorunları ve Çevre Yönetimi Sempozyumu, 28-30 Haziran 1994, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, (1994).
- [9] Dünden-Yarına Gebze, Gebze Ticaret Odası Yayıncılık, Cem Ofset, İstanbul, (1993).

- [10] TIRIS, M., Gebze'de Emisyon Envanterinin Derlenmesi, Anket Çalışması (Basılmamış), Kocaeli, (1993).
- [11] GÖKMEN, V., MEMİKOĞLU, O., DAĞLI, M., ÖZ, D., TUNCALI, E., Türkiye Linyit Envanteri, Maden Tet. Arama Ge.MÜ.Kurtuluş Ofset, Ankara, (1993).

- [12] VAR, F., KARA, S., Atmosferik Dağılım Modelinin Yasal Değerlendirilmesi, Yanma ve Hava Kir. Kont. I.Ulusel Semp., Gazi Univ. Ankara, S.592-599, (1991).
- [13] ERTÜRK, F., Hava Kirliliği Modellenmesi II, Hava Kirliliği Kaynakları ve Kontrolü, TÜBİTAK-MAM Yayıni, Kocaeli, S.241-258, (1993).
- [14] YEUNG,B.K., Environmental Impact Assessment of Ackton OpenCast Coal Site Using Air Pollution Dispersion Model, Univ. of Leeds, England, (1991).
- [15] PALAOĞULLARINDAN, G., PERVAN, T., TUNCEL, G., ALP, E., Türkiye Genelinde Endüstriyel Kaynaklı Hava Kirleticileri Emisyon Envanteri Oluşturulması, İTÜ 1. Hava Kirlenmesi ve Kontrolü Semp. 93, Teblig Kitabı, İstanbul, S. 202-203, (1993).
- [16] TIRIS, M., Hava Kirliliği Modellenmesi I, TÜBİTAK-MAM Yayıni, Kocaeli, S.225-239,(1993).
- [17] ÖZDEMİR, H., "Enerji Kökenli SO₂ Emisyonlarının İncelenmesi ve Hava Kalitesine Etkilerinin Belirlenmesi Gebze Örneği", İTÜ Fen Bilimleri Master Tezi, Haziran (1995).
- [18] EKİNCİ, E., ÇOLAK, O., Gebze Çevre Ölçümleri (Gebze Belediyesine Sunulmuş Rapor), TÜBİTAK-M.A.M., Kimya Mühendisliği Bölümü Kocaeli Mayıs, (1992).

EK- A



ŞEKİL EK-A.1. Rüzgar Gülü

EK-B

EK-B Tablo 1. Anket Formu Örneği

İşletmenin Ünvan ve Adresi			
Yakıt Tipi			
Kömür (cinsi)	Fuel-oil(cinsi)	Mazot	Diğer(cinsi)
Yakıt(ların) tüketim Miktarları (ton/yıl)			
Mevsimlik Tüketimler: Kış(ton/ay) ve Yaz(ton/ay)			
Yakıt(ların) kullanım Alanı: Isınma (ton/yıl)			
Üretim İşlemleri (ton/yıl) :			
Yakıt(ların) Kükürt Oranı(%) ve Isı Kapasitesi (kcal/kg):			
Baca adedi			
HER BİR BACA İÇİN;			
Baca Yüksekliği (m)			
Baca çıkışındaki Çap (m)			
Baca çıkışındaki Sıcaklık (C)			
Baca çıkışındaki Hava Hızı (l)			
SO ₂ Emisyon Miktarı (g/s)			
Ankete Katılan Kişinin, Adı-Soyadı: Görevi: Tlf:			

TABLO-C- Gebze'de Nüfusun Mahalleler Bazında Dağılımı *

MAHALLE	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Hacıhalil	8000	8900	9800	10600	11500	12400	13300	14100	15000
Sultanorhan	12000	13000	14000	15000	16000	17000	18000	19000	20000
Osmanyılmaz	10900	12400	13700	15000	16500	17900	19300	20700	22000
Tatlıkuyu	4900	5400	5900	6400	6950	7450	8000	8500	9000
Barış	5800	6400	6800	7400	7900	8400	8950	9450	10000
İstasyon	10000	11000	12000	13000	14000	15000	16000	17000	18000
Abdiipekçi	15200	16000	16800	17600	18500	19300	20100	20800	21100
Sırasögütler	5000	5450	5950	6400	6900	7350	7800	8300	8750
Köşklüçeşme	11250	12400	13500	14500	15600	16700	17800	18800	19920
Arapçeşme	22000	23500	24900	26300	27800	29200	30600	32000	33500
Güzeller	22750	24250	25500	27000	28500	30000	31400	32750	34200
Gaziler	20500	22000	23250	24600	26000	27500	28800	30250	31600
İnönü	2200	3700	5100	6600	8100	9500	11000	12500	14000
Hürriyet	0	2000	4000	6000	8000	10000	12000	14000	16000
Ulus	5000	5650	6300	6900	7500	8200	8800	9800	10000
Ulaştepe	13650	14800	16000	17200	18900	19950	20800	22000	23100
Beylikbağı	10350	11400	12250	13200	14200	15100	16100	17050	18000
Mımarsinan	11250	11700	12200	12700	13300	13600	14100	14550	15000
Cumhuriyet	6800	7200	7600	8000	8400	8750	9150	9550	9900
Çayırova	20000	21500	23000	24500	26000	27500	29000	30500	32000
Yenimahalle	18200	18750	19300	19800	20350	20850	21400	21900	22400
Ademiyavuz	3000	3300	3550	3830	4100	4380	4650	4900	5200
Mustafapaşa	1000	10600	11250	11800	12500	13100	13700	14300	15000

* 1985-1993 verileri mahalle muhtarlıklarından alınmıştır diğer veriler ekstrapolasyon sonuçlarıdır.

TABLO- EK-D- Gebze'de Evsel Yakıt Kullanımı Anket Sonuçları

Mahalle	Aset	Kullanılan Alanı (m ²)	Aşırı Soğuklu Münferit (L/saat)	Cins (Tip)
Abdi İpekçi	1	80	5	Feserburgaz
Abdi İpekçi	1	100	5	Feserburgaz
Abdi İpekçi	1	120	5	Feserburgaz
Abdi İpekçi	1	120	4	Feserburgaz
Ademayavuz	1	95	5	Feserburgaz
Ademayavuz	1	100	5	Feserburgaz
Ademayavuz	2	150	8	Feserburgaz
Başılı	1	80	5	Feserburgaz
Başılı	1	85	5	Feserburgaz
Başılı	1	85	5	Feserburgaz
Başılı	1	87	5	Feserburgaz
Başılı	1	95	5	Feserburgaz
Başılı	1	110	4	Feserburgaz
Başılı	1	110	12	Feserburgaz
Başılı	1	110	5	Feserburgaz
Başılı	1	115	5	Feserburgaz
Başılı	1	130	10	Feserburgaz
Başılı	1	130	10	Feserburgaz
Başılı	1	140	15	Feserburgaz
Peylîkbağı	1	70	4	Feserburgaz
Beylîkbağı	1	70	5	Feserburgaz
Beylîkbağı	1	80	5	Feserburgaz
Keylîkbağı	1	85	5	Feserburgaz
Cayırova	1	75	5	Feserburgaz
Cayırova	1	80	5	Feserburgaz
Cayırova	1	85	5	Feserburgaz
Cayırova	1	85	5	Feserburgaz
Cayırova	1	85	5	Feserburgaz
Cayırova	1	90	5	Feserburgaz
Cayırova	1	90	5	Feserburgaz
Cayırova	1	95	5	Feserburgaz
Cayırova	1	95	5	Feserburgaz
Cayırova	1	95	5	Feserburgaz
Cayırova	1	100	4	Feserburgaz
Cayırova	1	100	5	Feserburgaz
Cayırova	1	100	5	Feserburgaz
Cayırova	1	100	5	Feserburgaz
Cayırova	1	110	5	Feserburgaz
Cayırova	1	120	4	Feserburgaz
Cayırova	1	130	5	Feserburgaz
Cayırova	1	130	5	Feserburgaz
Cayırova	1	135	5	Feserburgaz
Cayırova	1	135	5	Feserburgaz
Cayırova	1	135	5	Feserburgaz
Cayahıçet	1	70	4	Feserburgaz
Cumhuriyet	1	70	5	Feserburgaz
Cumhuriyet	1	70	5	Feserburgaz
Gaziler	1	85	4	İthalat
Gaziler	1	86	5	Feserburgaz
Gaziler	1	90	5	Feserburgaz
Gaziler	1	100	5	Feserburgaz
Gaziler	1	100	6	Feserburgaz
Gaziler	1	101	5	Feserburgaz
Guzeller	1	80	5	Feserburgaz
Guzeller	1	80	5	Feserburgaz
Guzeller	1	110	5	Feserburgaz

TABLO EK-D- Gebze'de Evsel Yakıt Kullanımı Anket Sonuçları

Buzeller	22	1350	144	140,00	Kemerburgaz
Burnibet	1	54	6	1,50	Kemerburgaz
Burniyet	1	54	5	1,50	Kemerburgaz
Burniyet	1	70	5	1,50	Kemerburgaz
Burniyet	1	80	6	1,00	Kemerburgaz
Burniyet	1	100	4	1,50	Kemerburgaz
Indur	1	40	3	1,00	Kemerburgaz
Indur	1	70	6	1,50	Kemerburgaz
Indur	1	90	7	1,50	Kemerburgaz
Indur	1	100	5	1,00	Kemerburgaz
Indur	1	120	4	1,50	Kemerburgaz
Istasyon	1	58	4	1,00	Kemerburgaz
Istasyon	1	80	5	1,50	Kemerburgaz
Istasyon	1	125	9	1,00	Kemerburgaz
Istasyon	1	70	4	1,00	Sile
Istasyon	1	80	5	1,00	Sile
Kesilucevme	1	20	4	1,00	İthal
Kesilucevme	1	150	4	1,00	İthal
Kesilucevme	1	80	5	1,00	Kemerburgaz
Kesilucevme	1	100	5	1,00	Kemerburgaz
Kesilucevme	1	124	5	1,00	Orhangazi
M.Pasa	1	70	4	1,00	Kemerburgaz
M.Pasa	1	90	4	1,00	Kemerburgaz
M.Pasa	1	50	6	1,00	Kemerburgaz
M.Pasa	1	20	7	1,00	Kemerburgaz
M.Pasa	1	100	5	1,50	Kemerburgaz
M.Pasa	1	100	7	1,00	Kemerburgaz
M.Pasa	1	120	7	1,50	Kemerburgaz
M.Mareşal	1	50	6	1,00	Kemerburgaz
M.Mareşal	1	60	6	1,00	Kemerburgaz
M.Mareşal	1	52	7	1,00	Sile
M.Mareşal	1	7	6	1,00	Sile
Gümüşhane	1	120	4	1,50	İthal
Gümüşhane	1	25	4	1,50	Kemerburgaz
Gümüşhane	1	70	6	1,00	Kemerburgaz
Gümüşhane	1	70	5	1,00	Kemerburgaz
Gümüşhane	1	100	9	1,00	Kemerburgaz
Gümüşhane	1	85	7	1,50	Sile
Gümüşhane	1	80	4	1,00	Kemerburgaz
Gümüşhane	1	110	4	1,50	Kemerburgaz
Gümüşhane	1	110	5	1,00	Kemerburgaz
Gümüşhane	1	120	5	1,00	Sile
Gülhanıhan	1	100	1	1,00	Kemerburgaz
Gültanımbar	1	100	3	1,00	Kemerburgaz
Gültanımbar	14	1400	70	120,00	Trakya
Tatlıkoy	1	75	4	1,00	Kemerburgaz
Tatlıkoy	1	90	5	1,00	Kemerburgaz
Tatlıkoy	1	90	5	1,00	Kemerburgaz
Tatlıkoy	1	70	5	1,00	Kemerburgaz
Tatlıkoy	1	70	5	1,00	Kemerburgaz
Tatlıkoy	1	90	7	1,00	Kemerburgaz
Tatlıkoy	1	130	5	1,00	Kemerburgaz
Güstepe	1	15	4	1,00	Kemerburgaz
Güstepe	1	20	4	1,00	Kemerburgaz
Güstepe	1	70	5	1,00	Kemerburgaz
Güstepe	1	60	8	1,00	Kemerburgaz
Güstepe	1	70	6	1,50	Trakya
Güstepe	1	20	6	1,00	Trakya

EK- E

Senaryolarda Emisyon Miktarını Hesaplama Örneği

Tüketilen Yakıt Miktarı = 0.91 ton kömür/kİŞİ

Yakıt Tüketim Oranları :

% 77.2	Kemerburgaz
% 0.4	İthal Kok
% 17.5	Trakya
% 0.5	Orhaneli
% 2.7	Şile
% 1.6	İthal Kömür

Tüketilen Yakıtların Miktarları:

Kemerburgaz	= 0.772x910	= 702.52 kg/kİŞİ
İthal kok	= 0.004x910	= 3.64 kg/kİŞİ
Trakya	= 0.175x910	= 159.25 kg/kİŞİ
Orhaneli	= 0.005x910	= 4.55 kg/kİŞİ
Şile	= 0.027x910	= 24.57 kg/kİŞİ
İthal kömür	= 0.016x910	= 14.56 kg/kİŞİ

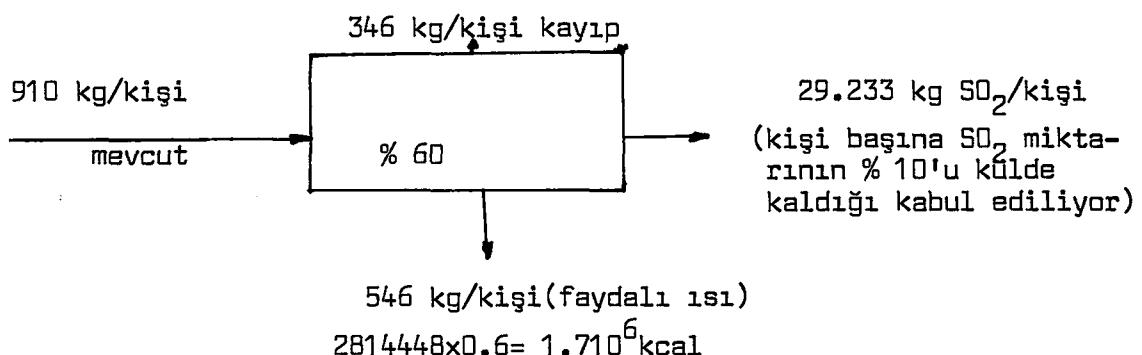
Tüketilen Yakıtların Kişi Başına Isıl Değeri:

$$70252 \times 2900 + 3.64 \times 7000 + 159.25 \times 3700 + 4.55 \times 3000 + 24.57 \times 2500 + 14.56 \times 6000 = 281448 \text{ kcal/kİŞİ}$$

Kişi Başına SO₂ Miktarı:

$$702.52 \times 0.015 + 3.64 \times 0.005 + 159.25 \times 0.031 + 4.55 \times 0.0238 + 24.57 \times 0.023 + 14.56 \times 0.0047 = 16.234 \text{ kg SO}_2/\text{kİŞİ}$$

$$16.234 \times 2 = 32.469 \text{ kg SO}_2/\text{kİŞİ}$$



Senaryo B (Soma linyiti) İçin Kişi Başına SO₂ Miktarı:

$$1 \text{ kg Soma Linyiti} = 4800 \text{ kcal}$$

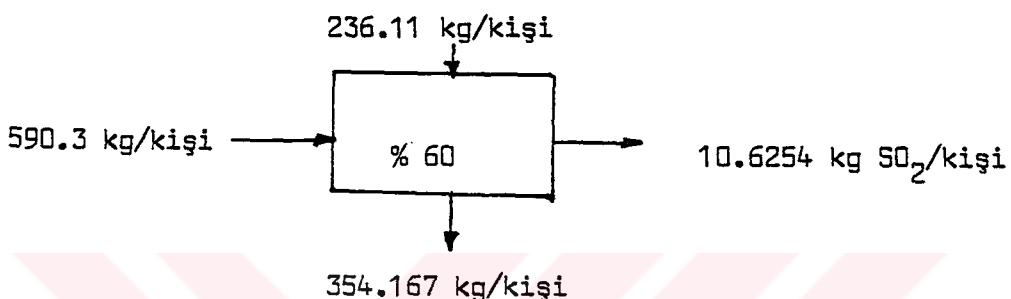
EK-E

Senaryolarda Emisyon Miktarını Hesaplama Ürneği

$$\begin{array}{r} 1 \text{ kg } 4800 \text{ kcal} \\ \times \quad 1+10^6 \text{ kcal} \\ \hline \end{array}$$

x

X=354.167 kg (faydalı ısıyı veren yakıt miktarı)



Soma Linyitinin Küükürt İçeriği % 1'dir.

$$\begin{array}{r} 100 \text{ kg} & 1 \\ 590.3 & x \\ \hline x = 5.903 \text{ kg S/kişi} \end{array}$$

$$5.903 \times 2 = 11.806 \text{ kg SO}_2/\text{kişi}$$

SO₂'nin % 10'u külde kaldığı kabul ediliyor

$$11.806 \times 0.9 = 10.62254 \text{ kg SO}_2/\text{kişi}$$

Faktör Hesabı (f):

$$f = \frac{10.6254}{29.223} = 0.3636$$

TABLO EK-F- Doğalgaz Senaryosunun Program Listesi

***** ISCLT ***** gebze so2 konsantrasyonlari

- ISCLT INPUT DATA -

NUMBER OF SOURCES = 56
NUMBER OF X AXIS GRID SYSTEM POINTS = 14
NUMBER OF Y AXIS GRID SYSTEM POINTS = 9
NUMBER OF SPECIAL POINTS = 0
NUMBER OF SEASONS = 1
NUMBER OF WIND SPEED CLASSES = 6
NUMBER OF STABILITY CLASSES = 6
NUMBER OF WIND DIRECTION CLASSES = 16
FILE NUMBER OF DATA FILE USED FOR REPORTS = 1
THE PROGRAM IS RUN IN URBAN MODE 3
CONCENTRATION (DEPOSITION) UNITS CONVERSION FACTOR = .10000000E+07
ACCELERATION OF GRAVITY (METERS/SEC**2) = 9.800
HEIGHT OF MEASUREMENT OF WIND SPEED (METERS) = 10.000
CORRECTION ANGLE FOR GRID SYSTEM VERSUS DIRECTION DATA NORTH (DEGREE

DECAY COEFFICIENT = .48000000E-04
PROGRAM OPTION SWITCHES = 1, 1, 1, 0, 0, 3, 1, 2, 4, 0, 2, 0, 0, 0,
ALL SOURCES ARE USED TO FORM SOURCE COMBINATION 1
DISTANCE X AXIS GRID SYSTEM POINTS (METERS) = .00, 1000.00,
6000.00, 7000.00, 8000.00, 9000.00, 10000.00, 11000
DISTANCE Y AXIS GRID SYSTEM POINTS (METERS) = .00, 1000.00,
6000.00, 7000.00, 8000.00,

0 - AMBIENT AIR TEMPERATURE (DEGREES KELVIN) -

0 STABILITY STABILITY STABILITY STABILITY STABILITY STA
CATEGORY 1 CATEGORY 2 CATEGORY 3 CATEGORY 4 CATEGORY 5 CAT
SEASON 1 280.0000 280.0000 280.0000 280.0000 280.0000 2
0 - MIXING LAYER HEIGHT (METERS) -

0 SEASON 1
WIND SPEED WIND SPEED WIND SPEED WIND SPEED WIND SP
CATEGORY 1 CATEGORY 2 CATEGORY 3 CATEGORY 4 CATEGOR
STABILITY CATEGORY 1 .350000E+03 .350000E+03 .350000E+03 .350000E+03 .350000E
STABILITY CATEGORY 2 .800000E+03 .800000E+03 .800000E+03 .800000E+03 .800000E
STABILITY CATEGORY 3 .130000E+04 .130000E+04 .130000E+04 .130000E+04 .130000E
STABILITY CATEGORY 4 .150000E+04 .150000E+04 .150000E+04 .150000E+04 .150000E
STABILITY CATEGORY 5 .100000E+05 .100000E+05 .100000E+05 .100000E+05 .100000E
STABILITY CATEGORY 6 .100000E+05 .100000E+05 .100000E+05 .100000E+05 .100000E
***** ISCLT ***** gebze so2 konsantrasyonlari

0 - ISCLT INPUT DATA (CONT.) -
0

0 - FREQUENCY OF OCCURRENCE OF WIND SPEED, DIRECTION AND ST
SEASON 1
STABILITY CATEGORY 1

0 WIND SPEED WIND SPEED WIND SPEED WIND SPEED WIND SPE
CATEGORY 1 CATEGORY 2 CATEGORY 3 CATEGORY 4 CATEGORY
DIRECTION (DEGREES) (.1.5000MPS)(2.5000MPS)(4.3000MPS)(6.8000MPS)(9.5000M
.000 .00000000 .00000000 .00000000 .00000000 .000000
22.500 .00000000 .00000000 .00000000 .00000000 .000000
45.000 .00000000 .00000000 .00000000 .00000000 .000000
67.500 .00000000 .00000000 .00000000 .00000000 .000000
90.000 .00000000 .00000000 .00000000 .00000000 .000000
112.500 .00000000 .00000000 .00000000 .00000000 .000000
135.000 .00000000 .00000000 .00000000 .00000000 .000000
157.500 .00000000 .00000000 .00000000 .00000000 .000000
180.000 .00000000 .00000000 .00000000 .00000000 .000000
202.500 .00000000 .00000000 .00000000 .00000000 .000000
225.000 .00000000 .00000000 .00000000 .00000000 .000000
247.500 .00000000 .00000000 .00000000 .00000000 .000000
270.000 .00000000 .00000000 .00000000 .00000000 .000000
292.500 .00000000 .00000000 .00000000 .00000000 .000000
315.000 .00000000 .00000000 .00000000 .00000000 .000000
337.500 .00000000 .00000000 .00000000 .00000000 .000000

0 SEASON 1
STABILITY CATEGORY 2

0 WIND SPEED WIND SPEED WIND SPEED WIND SPEED WIND SPE
CATEGORY 1 CATEGORY 2 CATEGORY 3 CATEGORY 4 CATEGORY
DIRECTION (DEGREES) (.1.5000MPS)(2.5000MPS)(4.3000MPS)(6.8000MPS)(9.5000M
.000 .00000000 .00000000 .00000000 .00000000 .000000
22.500 .00000000 .00000000 .00000000 .00000000 .000000
45.000 .00000000 .00000000 .00000000 .00000000 .000000
67.500 .00000000 .00000000 .00000000 .00000000 .000000
90.000 .00000000 .00000000 .00000000 .00000000 .000000
112.500 .00000000 .00000000 .00000000 .00000000 .000000
135.000 .00000000 .00000000 .00000000 .00000000 .000000

157.500	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000
180.000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000
202.500	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000
225.000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000
247.500	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000
270.000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000
292.500	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000
315.000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000
337.500	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000

***** ISCLT ***** gebze so2 konsantrasyonlari

- ISCLT INPUT DATA (CONT.) -

0 - FREQUENCY OF OCCURRENCE OF WIND SPEED, DIRECTION AND ST
0 SEASON 1
0 STABILITY CATEGORY 3

DIRECTION (DEGREES)	WIND SPEED	WIND SPEED	WIND SPEED	WIND SPEED	WIND SPE
	CATEGORY 1 (1.5000MPS)	CATEGORY 2 (2.5000MPS)	CATEGORY 3 (4.3000MPS)	CATEGORY 4 (6.8000MPS)	CATEGORY 5 (9.5000MPS)
.000	.00000000	.17885690	.00000000	.00000000	.00000000
22.500	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000
45.000	.00000000	.16286970	.00000000	.00000000	.00000000
67.500	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000
90.000	.00000000	.01398881	.00000000	.00000000	.00000000
112.500	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000
135.000	.00000000	.18085530	.00000000	.00000000	.00000000
157.500	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000
180.000	.00000000	.01398881	.00000000	.00000000	.00000000
202.500	.00000000	.00000000	.00000000	.00079936	.00000000
225.000	.00000000	.21083140	.00000000	.00000000	.00000000
247.500	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000
270.000	.00000000	.01598721	.00000000	.00000000	.00000000
292.500	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000
315.000	.00000000	.22182260	.00000000	.00000000	.00000000
337.500	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000

0 SEASON 1
0 STABILITY CATEGORY 4

DIRECTION (DEGREES)	WIND SPEED	WIND SPEED	WIND SPEED	WIND SPEED	WIND SPE
	CATEGORY 1 (1.5000MPS)	CATEGORY 2 (2.5000MPS)	CATEGORY 3 (4.3000MPS)	CATEGORY 4 (6.8000MPS)	CATEGORY 5 (9.5000MPS)
.000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000
22.500	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000
45.000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000
67.500	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000
90.000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000
112.500	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000
135.000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000
157.500	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000
180.000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000
202.500	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000
225.000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000
247.500	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000
270.000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000
292.500	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000
315.000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000
337.500	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000

***** ISCLT ***** gebze so2 konsantrasyonlari

- ISCLT INPUT DATA (CONT.) -

0 - FREQUENCY OF OCCURRENCE OF WIND SPEED, DIRECTION AND ST

0
0

SEASON 1
STABILITY CATEGORY 5

DIRECTION (DEGREES)	WIND SPEED CATEGORY 1 (1.5000MPS)	WIND SPEED CATEGORY 2 (2.5000MPS)	WIND SPEED CATEGORY 3 (4.3000MPS)	WIND SPEED CATEGORY 4 (6.8000MPS)	WIND SPE CATEGORY 5 (9.5000M
.000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000
22.500	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000
45.000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000
67.500	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000
90.000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000
112.500	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000
135.000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000
157.500	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000
180.000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000
202.500	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000
225.000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000
247.500	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000
270.000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000
292.500	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000
315.000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000
337.500	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000

0
0

SEASON 1
STABILITY CATEGORY 6

DIRECTION (DEGREES)	WIND SPEED CATEGORY 1 (1.5000MPS)	WIND SPEED CATEGORY 2 (2.5000MPS)	WIND SPEED CATEGORY 3 (4.3000MPS)	WIND SPEED CATEGORY 4 (6.8000MPS)	WIND SPE CATEGORY 5 (9.5000M
.000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000
22.500	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000
45.000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000
67.500	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000
90.000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000
112.500	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000
135.000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000
157.500	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000
180.000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000
202.500	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000
225.000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000
247.500	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000
270.000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000
292.500	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000
315.000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000
337.500	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000	.00000000

1***** ISCLT ***** gebze so2 konsantrasyonlari

- ISCLT INPUT DATA (CONT.) -

0

- VERTICAL POTENTIAL TEMPERATURE GRADIENT (DEGREES KE

STABILITY	WIND SPEED CATEGORY 1 .000000E+00	WIND SPEED CATEGORY 2 .000000E+00	WIND SPEED CATEGORY 3 .000000E+00	WIND SPEED CATEGORY 4 .000000E+00	WIND SP CATEGORY 5 .000000E
CATEGORY 1	.000000E+00	.000000E+00	.000000E+00	.000000E+00	.000000E
CATEGORY 2	.000000E+00	.000000E+00	.000000E+00	.000000E+00	.000000E
CATEGORY 3	.000000E+00	.000000E+00	.000000E+00	.000000E+00	.000000E
CATEGORY 4	.000000E+00	.000000E+00	.000000E+00	.000000E+00	.000000E
CATEGORY 5	.200000E-01	.200000E-01	.200000E-01	.200000E-01	.200000E
CATEGORY 6	.350000E-01	.350000E-01	.350000E-01	.350000E-01	.350000E

- WIND PROFILE POWER LAW EXPONENTS -

STABILITY	WIND SPEED CATEGORY 1 .150000E+00	WIND SPEED CATEGORY 2 .150000E+00	WIND SPEED CATEGORY 3 .150000E+00	WIND SPEED CATEGORY 4 .150000E+00	WIND SP CATEGORY 5 .150000E
CATEGORY 1	.150000E+00	.150000E+00	.150000E+00	.150000E+00	.150000E

STABILITY CATEGORY 2 .150000E+00 .150000E+00 .150000E+00 .150000E+00 .150000E
 STABILITY CATEGORY 3 .200000E+00 .200000E+00 .200000E+00 .200000E+00 .200000E
 STABILITY CATEGORY 4 .250000E+00 .250000E+00 .250000E+00 .250000E+00 .250000E
 STABILITY CATEGORY 5 .300000E+00 .300000E+00 .300000E+00 .300000E+00 .300000E
 STABILITY CATEGORY 6 .300000E+00 .300000E+00 .300000E+00 .300000E+00 .300000E
 1***** ISCLT ***** gebze so2 konsantrasyonlari

- SOURCE INPUT DATA -

C	T	SOURCE	SOURCE	X	Y	EMISSION	BASE /	
A	A	NUMBER	TYPE	COORDINATE	COORDINATE	HEIGHT	ELEV-	/
R	P			(M)	(M)	(M)	ATION	
D	E						(M)	/
X	110	STACK		8600.00	4170.00	20.00	.00	GAS EXIT TEMP (DEG K STACK DIAMETER (M)= ASSO. BLDG. (M)= - SOURCE STREN SEASON 1 6.43000E-
X	111	STACK		8610.00	4180.00	20.00	.00	GAS EXIT TEMP (DEG K STACK DIAMETER (M)= ASSO. BLDG. (M)= - SOURCE STREN SEASON 1 6.43000E-
X	112	STACK		8620.00	4190.00	11.00	.00	GAS EXIT TEMP (DEG K STACK DIAMETER (M)= ASSO. BLDG. (M)= - SOURCE STREN SEASON 1 6.43000E-
X	113	STACK		8630.00	4200.00	11.00	.00	GAS EXIT TEMP (DEG K STACK DIAMETER (M)= ASSO. BLDG. (M)= - SOURCE STREN SEASON 1 3.22000E-
X	114	STACK		8640.00	4210.00	11.00	.00	GAS EXIT TEMP (DEG K STACK DIAMETER (M)= ASSO. BLDG. (M)= - SOURCE STREN SEASON 1 6.43000E-
X	115	STACK		4400.00	3720.00	7.00	.00	GAS EXIT TEMP (DEG K STACK DIAMETER (M)= ASSO. BLDG. (M)= - SOURCE STREN SEASON 1 5.90000E-
X	116	STACK		4410.00	3730.00	5.00	.00	GAS EXIT TEMP (DEG K STACK DIAMETER (M)= ASSO. BLDG. (M)= - SOURCE STREN SEASON 1 5.90000E-

1***** ISCLT ***** gebze so2 konsantrasyonlari

- SOURCE INPUT DATA (CONT.)

C	T	SOURCE	SOURCE	X	Y	EMISSION	BASE /	
A	A	NUMBER	TYPE	COORDINATE	COORDINATE	HEIGHT	ELEV-	/
R	P			(M)	(M)	(M)	ATION	

D E						(M) /
X	117	STACK	4420.00	3740.00	8.00	.00 GAS EXIT TEMP (DEG K STACK DIAMETER (M)= ASSO. BLDG. (M)= - SOURCE STREN SEASON 1 2.60000E-
X	118	STACK	9100.00	4240.00	10.00	.00 GAS EXIT TEMP (DEG K STACK DIAMETER (M)= ASSO. BLDG. (M)= - SOURCE STREN SEASON 1 2.60000E-
X	119	STACK	9110.00	4250.00	10.00	.00 GAS EXIT TEMP (DEG K STACK DIAMETER (M)= ASSO. BLDG. (M)= - SOURCE STREN SEASON 1 2.60000E-
X	120	STACK	9120.00	4260.00	12.00	.00 GAS EXIT TEMP (DEG K STACK DIAMETER (M)= ASSO. BLDG. (M)= - SOURCE STREN SEASON 1 2.60000E-
X	121	STACK	3420.00	3900.00	10.00	.00 GAS EXIT TEMP (DEG K STACK DIAMETER (M)= ASSO. BLDG. (M)= - SOURCE STREN SEASON 1 3.36900E-
X	122	STACK	3430.00	3910.00	11.00	.00 GAS EXIT TEMP (DEG K STACK DIAMETER (M)= ASSO. BLDG. (M)= - SOURCE STREN SEASON 1 3.36900E-
X	123	STACK	3440.00	3920.00	12.00	.00 GAS EXIT TEMP (DEG K STACK DIAMETER (M)= ASSO. BLDG. (M)= - SOURCE STREN SEASON 1 3.36900E-
***** ISCLT ***** gebze so2 konsantrasyonlari						

- SOURCE INPUT DATA (CONT.)

C T	SOURCE	SOURCE	X	Y	EMISSION	BASE /	-
A A	NUMBER	TYPE	COORDINATE	COORDINATE	HEIGHT	ELEV- /	
R P			(M)	(M)	(M)	ATION /	
D E						(M)	/
X	124	STACK	10240.00	4100.00	12.00	.00 GAS EXIT TEMP (DEG K STACK DIAMETER (M)= ASSO. BLDG. (M)= - SOURCE STREN SEASON 1 3.98600E-	
X	125	STACK	10250.00	4110.00	12.00	.00 GAS EXIT TEMP (DEG K STACK DIAMETER (M)= ASSO. BLDG. (M)= - SOURCE STREN SEASON 1	

X	126	STACK	1460.00	5800.00	10.00	.00 GAS EXIT TEMP (DEG K STACK DIAMETER (M)= ASSO. BLDG. (M)= - SOURCE STREN SEASON 1 2.46000E+
X	127	STACK	9980.00	4020.00	14.00	.00 GAS EXIT TEMP (DEG K STACK DIAMETER (M)= ASSO. BLDG. (M)= - SOURCE STREN SEASON 1 5.83000E-
X	128	STACK	8450.00	3920.00	24.00	.00 GAS EXIT TEMP (DEG K STACK DIAMETER (M)= ASSO. BLDG. (M)= - SOURCE STREN SEASON 1 7.22000E+
X	129	STACK	2280.00	5480.00	13.00	.00 GAS EXIT TEMP (DEG K STACK DIAMETER (M)= ASSO. BLDG. (M)= - SOURCE STREN SEASON 1 5.00000E-
X	130	STACK	2290.00	5490.00	12.00	.00 GAS EXIT TEMP (DEG K STACK DIAMETER (M)= ASSO. BLDG. (M)= - SOURCE STREN SEASON 1 5.00000E-

***** ISCLT ***** gebze so2 konsantrasyonlari

- SOURCE INPUT DATA (CONT.)

C A R D	T A P E	SOURCE NUMBER	SOURCE TYPE	X COORDINATE (M)	Y COORDINATE (M)	EMISSION HEIGHT (M)	BASE / ELEV- / ATION / (M) /	-
X	131	STACK	2300.00	5500.00	12.00	.00 GAS EXIT TEMP (DEG K STACK DIAMETER (M)= ASSO. BLDG. (M)= - SOURCE STREN SEASON 1 4.80000E-		
X	132	STACK	2310.00	5510.00	12.00	.00 GAS EXIT TEMP (DEG K STACK DIAMETER (M)= ASSO. BLDG. (M)= - SOURCE STREN SEASON 1 5.00000E-		
X	133	STACK	3280.00	4100.00	21.00	.00 GAS EXIT TEMP (DEG K STACK DIAMETER (M)= ASSO. BLDG. (M)= - SOURCE STREN SEASON 1 7.52500E+		
X	134	STACK	500.00	6940.00	15.00	.00 GAS EXIT TEMP (DEG K STACK DIAMETER (M)= ASSO. BLDG. (M)= - SOURCE STREN SEASON 1 1.71000E+		

X	135	STACK	510.00	6950.00	15.00	.00 GAS EXIT TEMP (DEG K STACK DIAMETER (M)= ASSO. BLDG. (M)= - SOURCE STREN SEASON 1 3.41000E+
X	136	STACK	4240.00	3740.00	8.00	.00 GAS EXIT TEMP (DEG K STACK DIAMETER (M)= ASSO. BLDG. (M)= - SOURCE STREN SEASON 1 1.85000E-
X	137	STACK	4250.00	3750.00	8.00	.00 GAS EXIT TEMP (DEG K STACK DIAMETER (M)= ASSO. BLDG. (M)= - SOURCE STREN SEASON 1 1.85000E-

***** ISCLT ***** gebze so2 konsantrasyonlari

- SOURCE INPUT DATA (CONT.)

C A R D	T A P E	SOURCE NUMBER	SOURCE TYPE	X COORDINATE (M)	Y COORDINATE (M)	EMISSION HEIGHT (M)	BASE / ELEV- / (M) /	-
X	138	STACK	8140.00	3800.00	10.00	.00 GAS EXIT TEMP (DEG K STACK DIAMETER (M)= ASSO. BLDG. (M)= - SOURCE STREN SEASON 1 3.25700E+		
X	139	STACK	8150.00	3810.00	10.00	.00 GAS EXIT TEMP (DEG K STACK DIAMETER (M)= ASSO. BLDG. (M)= - SOURCE STREN SEASON 1 2.66000E+		
X	140	STACK	8160.00	3820.00	10.00	.00 GAS EXIT TEMP (DEG K STACK DIAMETER (M)= ASSO. BLDG. (M)= - SOURCE STREN SEASON 1 1.23800E+		
X	141	STACK	2820.00	4560.00	14.00	.00 GAS EXIT TEMP (DEG K STACK DIAMETER (M)= ASSO. BLDG. (M)= - SOURCE STREN SEASON 1 1.44700E+		
X	142	STACK	2070.00	5700.00	15.00	.00 GAS EXIT TEMP (DEG K STACK DIAMETER (M)= ASSO. BLDG. (M)= - SOURCE STREN SEASON 1 2.07300E-		
X	143	STACK	2080.00	5710.00	15.00	.00 GAS EXIT TEMP (DEG K STACK DIAMETER (M)= ASSO. BLDG. (M)= - SOURCE STREN SEASON 1 2.07300E-		
X	144	STACK	2090.00	5720.00	15.00	.00 GAS EXIT TEMP (DEG K		

STACK DIAMETER (M)=
ASSO. BLDG. (M)=
- SOURCE STREN
SEASON 1
2.07300E-

***** ISCLT ***** gebze so2 konsantrasyonlari

- SOURCE INPUT DATA (CONT.)

C T	SOURCE	SOURCE	X	Y	EMISSION	BASE /	-
A A	NUMBER	TYPE	COORDINATE	COORDINATE	HEIGHT	ELEV- /	
R P			(M)	(M)	(M)	ATION /	
D E						(M)	/
X	145	STACK	4270.00	3930.00	10.00	.00 GAS EXIT TEMP (DEG K STACK DIAMETER (M)= ASSO. BLDG. (M)= - SOURCE STREN SEASON 1 1.50500E-	
X	146	STACK	4280.00	3940.00	10.00	.00 GAS EXIT TEMP (DEG K STACK DIAMETER (M)= ASSO. BLDG. (M)= - SOURCE STREN SEASON 1 1.50500E-	
X	147	STACK	10720.00	3800.00	7.00	.00 GAS EXIT TEMP (DEG K STACK DIAMETER (M)= ASSO. BLDG. (M)= - SOURCE STREN SEASON 1 6.94000E-	
X	148	STACK	10730.00	3810.00	7.00	.00 GAS EXIT TEMP (DEG K STACK DIAMETER (M)= ASSO. BLDG. (M)= - SOURCE STREN SEASON 1 7.70000E-	
X	149	STACK	10740.00	3820.00	7.00	.00 GAS EXIT TEMP (DEG K STACK DIAMETER (M)= ASSO. BLDG. (M)= - SOURCE STREN SEASON 1 8.05000E-	
X	150	STACK	10750.00	3830.00	13.00	.00 GAS EXIT TEMP (DEG K STACK DIAMETER (M)= ASSO. BLDG. (M)= - SOURCE STREN SEASON 1 3.61000E-	
X	156	STACK	3680.00	3740.00	8.00	.00 GAS EXIT TEMP (DEG K STACK DIAMETER (M)= ASSO. BLDG. (M)= - SOURCE STREN SEASON 1 5.60000E-	

***** ISCLT ***** gebze so2 konsantrasyonlari

- SOURCE INPUT DATA (CONT.)

C T	SOURCE	SOURCE	X	Y	EMISSION	BASE /	-
A A	NUMBER	TYPE	COORDINATE	COORDINATE	HEIGHT	ELEV- /	
R P			(M)	(M)	(M)	ATION /	

D E						(M)	/
X	157	STACK	8370.00	3550.00	2.00	.00	GAS EXIT TEMP (DEG K STACK DIAMETER (M)= ASSO. BLDG. (M)= - SOURCE STREN SEASON 1 6.21000E+
X	158	STACK	3320.00	4320.00	8.00	.00	GAS EXIT TEMP (DEG K STACK DIAMETER (M)= ASSO. BLDG. (M)= - SOURCE STREN SEASON 1 5.00000E-
X	159	STACK	3330.00	4330.00	8.00	.00	GAS EXIT TEMP (DEG K STACK DIAMETER (M)= ASSO. BLDG. (M)= - SOURCE STREN SEASON 1 5.00000E-
X	160	STACK	2800.00	4280.00	16.00	.00	GAS EXIT TEMP (DEG K STACK DIAMETER (M)= ASSO. BLDG. (M)= - SOURCE STREN SEASON 1 1.06700E+
X	161	STACK	2810.00	4290.00	22.00	.00	GAS EXIT TEMP (DEG K STACK DIAMETER (M)= ASSO. BLDG. (M)= - SOURCE STREN SEASON 1 1.06700E+
X	162	STACK	2820.00	4300.00	15.00	.00	GAS EXIT TEMP (DEG K STACK DIAMETER (M)= ASSO. BLDG. (M)= - SOURCE STREN SEASON 1 1.06700E+
X	163	STACK	3160.00	3940.00	7.50	.00	GAS EXIT TEMP (DEG K STACK DIAMETER (M)= ASSO. BLDG. (M)= - SOURCE STREN SEASON 1 1.16000E-

***** ISCLT ***** gebze so2 konsantrasyonlari

- SOURCE INPUT DATA (CONT.)

C	T	SOURCE	SOURCE	X	Y	EMISSION	BASE	/
A	A	NUMBER	TYPE	COORDINATE	COORDINATE	HEIGHT	ELEV-	/
R	P			(M)	(M)	(M)	ATION	/
D	E						(M)	/
X	164	STACK	3170.00	3950.00	7.50	.00	GAS EXIT TEMP (DEG K STACK DIAMETER (M)= ASSO. BLDG. (M)= - SOURCE STREN SEASON 1 1.16000E-	
X	165	STACK	10540.00	4040.00	15.00	.00	GAS EXIT TEMP (DEG K STACK DIAMETER (M)= ASSO. BLDG. (M)= - SOURCE STREN SEASON 1	

X	166	STACK	10550.00	4050.00	12.00	.00 GAS EXIT TEMP (DEG K STACK DIAMETER (M)= ASSO. BLDG. (M)= - SOURCE STREN SEASON 1 4.20000E+
X	167	STACK	10560.00	4060.00	12.00	.00 GAS EXIT TEMP (DEG K STACK DIAMETER (M)= ASSO. BLDG. (M)= - SOURCE STREN SEASON 1 4.16000E+
X	168	STACK	4100.00	3640.00	15.00	.00 GAS EXIT TEMP (DEG K STACK DIAMETER (M)= ASSO. BLDG. (M)= - SOURCE STREN SEASON 1 1.06000E-
X	169	STACK	4110.00	3650.00	15.00	.00 GAS EXIT TEMP (DEG K STACK DIAMETER (M)= ASSO. BLDG. (M)= - SOURCE STREN SEASON 1 1.06000E-
X	170	STACK	4120.00	3660.00	8.00	.00 GAS EXIT TEMP (DEG K STACK DIAMETER (M)= ASSO. BLDG. (M)= - SOURCE STREN SEASON 1 1.06000E-

***** ISCLT ***** gebze so2 konsantrasyonlari

** SEASONAL GROUND LEVEL CONCENTRATION ((MICROGRAMS/CUBIC METER)						
SEASON 1						
- GRID SYSTEM RECEPTORS -						
Y AXIS (DISTANCE	.000	1000.000	2000.000	3000.000	4000.00	
, METERS)						- CONCENTRATION
8000.000	.894171	.644300	.903826	.538693	.7560	
7000.000	1.604963	1.540138	.388474	.766718	.5606	
6000.000	.999628	2.146556	1.704404	.371782	.7400	
5000.000	.511905	1.112175	5.450480	1.329627	3.4983	
4000.000	.561992	.616085	1.114065	9.372673	5.1822	
3000.000	.285518	.737109	1.927514	3.069121	3.7005	
2000.000	.428905	.874618	.708214	1.341354	.7029	
1000.000	.457281	.463835	.305008	.796583	.7156	
.000	.333021	.298465	.402739	.727237	.7807	
- GRID SYSTEM RECEPTORS -						
Y AXIS (DISTANCE	9000.000	10000.000	11000.000	12000.000	13000.00	
, METERS)						- CONCENTRATION
8000.000	.202062	.142818	.415949	.568038	.6916	
7000.000	.304204	.385201	.882299	.856075	.8889	
6000.000	1.085448	1.699383	1.299418	1.520092	.8850	
5000.000	4.321509	5.044317	2.245912	1.911795	.1258	
4000.000	9.120188	2.335045	13.556130	.437839	.1978	
3000.000	14.292010	4.346956	1.509779	2.097418	.0915	
2000.000	1.699243	3.437416	2.024299	1.359887	.8797	
1000.000	1.110692	1.288909	1.767420	.796329	.8462	
.000	.906839	.662604	.988808	.786791	.6899	

1

***** END OF ISCLT PROGRAM, 56 SOURCES

ÖZGEÇMİŞ

Gülser GÖRMEK 1971 yılında İstanbul'da doğdu. Lise eğitiminini Sarıyer Vehbi Koç Vakfı Lisesi'nde tamamladı. 1988 yılında İ.T.Ü. Kimya Mühendisliği Bölümünü kazandı ve 1992 yılında mezun oldu. Aynı yıl İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Kimya Mühendisliği Programında Yüksek Lisans Öğrenimine başladı.