



# DENİZLİ ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİ YAKIT KAYNAKLI EMİSYON ENVANTERİ FUEL ORIGIN EMISSION INVENTORY OF DENİZLİ ORGANIZED INDUSTRIAL DISTRICT

Sibel ÇUKURLUOĞLU<sup>1\*</sup>, Turgay BESİM<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli, Türkiye.

scukurluoglu@pau.edu.tr

<sup>2</sup>Fen Bilimleri Enstitüsü, Pamukkale Üniversitesi, Denizli, Türkiye.

turgaybesim@gmail.com

Geliş Tarihi/Received: 26.06.2014, Kabul Tarihi/Accepted: 31.10.2014

doi: 10.5505/pajes.2014.26234

\* Yazışılan yazar/Corresponding author

Araştırma Makalesi/Research Article

## Öz

Sanayi tesislerinde meydana gelen hava kirletici maddeler hem miktar hem de özellik yönünden büyük bir önem taşımaktadır. Ayrıca endüstriyel tesislerin yerleşim alanlarının yakınında olmaları, organize sanayi bölgelerinde bir arada bulunmaları gibi etkenler hava kalitesi üzerinde olumsuz etki meydana getirmektedir. Bu nedenle, endüstriyel hava kirletici kaynakların hava kirliliği sorununun çözümünde dikkatle ele alınmaları gerekmektedir. Denizli Organize Sanayi Bölgesi'nde büyük bir kısmı tekstil sanayi olmak üzere pek çok sanayi tesisi yer almaktadır. Bu çalışmada Denizli Organize Sanayi Bölgesi'nde bulunan sanayi tesislerinde kömür ve doğalgaz kullanımı sonucunda meydana gelen emisyonların hesaplanması amacıyla yakıt tüketimi ve EPA AP42 emisyon faktörleri kullanılmış ve bir emisyon envanteri hazırlanmıştır. Denizli Organize Sanayi Bölgesi'nde 2012 yılında 12.100.2 ton/yıl partikül madde, 3.953.5 ton/yıl kükürt oksit, 6.0 ton/yıl metan dışı uçucu organik bileşik, 750.4 ton/yıl azot oksit ve 0.99 ton/yıl nitroz oksit emisyonu oluştuğu hesaplanmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Hava kalitesi, Emisyon envanteri, Emisyon faktörleri, Organize sanayi bölgesi

## Abstract

Air pollutant matters originated from industrial plants have an importance both quantity and quality characteristics. In addition the factors such as being in the proximity of the settled area of industrial plants, being sited together of factories at organized industrial district have generated negative effects on the quality of air. Thence the industrial air pollutant sources must be investigated carefully for solving of air pollution problem. Numerous industrial plants especially textile industry plants are taken places in Denizli Organized Industrial Region. In this study the data of fuel consumption and EPA AP42 emission factors have been used for the purpose of calculation of emissions by using coal and natural gas in the industrial plants in Denizli Organized Industrial Region and the emission inventory has been prepared. The emissions of 12.100.2 for particulate matter, 3.953.5 for sulfur oxides, 6.0 for non-methane volatile organic compounds, 750.4 for nitrogen oxides and 0.99 for nitrous oxides have been calculated as tons/year in Denizli Organized Industrial Region in 2012.

**Keywords:** Air quality, Emission inventory, Emission factors, Organized industrial district

## 1 Giriş

Ülkemizde artan nüfusun gereksinimlerini karşılamak amacıyla sanayileşme sürecine girilmiştir. Sanayide her bir üretim dalında belirlenen ilk hedef, makul yatırımlar ve enerji yardımıyla, hammadde ve yardımcı maddeleri kullanarak minimum çevre kirliliği oluşturacak şekilde en kaliteli ürünleri üretebilmektir.

Endüstriyel prosesler sırasında çeşitli fiziksel ve kimyasal işlemlere uğrayan hammaddeler gereksinim duyulan ara ve son ürünlere dönüştürülmektedir. İşlemler sırasında ihtiyaç duyulan enerji, elektrik ve fosil kökenli yakıt kullanımı ile karşılanmaktadır.

Sanayi tesislerinde fosil kökenli yakıt kullanılması, üretim işlemleri, üretime yardımcı olan kazan daireleri, depolar ve arıtma tesisleri gibi kaynaklardan salınan endüstriyel kaynaklı hava kirletici maddeler katı, sıvı ya da gaz şeklinde olabilir. Endüstriyel tesislerdeki hammadde kaybı, ürün ve yan ürünlerin kaybı hava kirletici maddelerin oluşmasına neden olmaktadır. Endüstriyel hava kirliliği düzeyi gerek yakıt ve yakma sistemlerinin farklı olması ve gerekse üretim proseslerinin farklılığı, hammadde cinsi, verimlilik, ürün ve yan ürün çeşitliliği gibi etkenler nedeniyle ülkeden ülkeye farklılık gösterebilmektedir.

Türkiye'de, yerleşim yeri kaynaklı hava kirliliği ile ilgili olarak yapılan ilk çalışmalar 1970'li yıllara dayanmaktadır. Türkiye'de hava kirlenmesi bakımından önem taşıyan üretim dalları; taş ve toprağa dayalı sanayiler, güç santralleri ve atık yakma tesisleri, petrol ve petrol ürünleri sanayi, tekstil, demir ve çelik, demir dışı metal, kimya, orman ürünleri, elektrik ve elektronik, gıda, deri, cam, plastik, ilaç sanayi ve bileşik endüstriyel atık arıtma tesisleri şeklinde sınıflandırılmaktadır.

Ege Bölgesi'nde oldukça yoğun bir sanayileşme ve buna bağlı olarak hava kalitesi sorunları bulunmaktadır. İzmir Atatürk Organize Sanayi Bölgesi'nde yer alan sanayi tesisleri faaliyete başlamadan önce yapılan bir çalışmada, fabrikaların atmosfere verecekleri hava kirletici maddelerin dağılımları, farklı hızlara sahip üç ayrı rüzgar yönüne göre incelenerek, yörede oluşacak muhtemel hava kalitesi değerleri hesaplanmış ve bu değerlerin kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>) ve parçacık madde için verilen 400 µg/m<sup>3</sup> sınır değerinin üzerinde olduğu belirlenmiştir [1]. Aliağa Termik Santrali'nde yapılan çalışma sonucunda ise Aliağa ilçesi çevresindeki dar bir alanda yoğun bir hava kirliliği olduğu; Yönetmelik'te belirtilen uzun ve kısa vadeli SO<sub>2</sub> ve parçacık madde sınır değerlerinin aşıldığı tespit edilmiştir [2].

Ege Bölgesi'nde yer alan Denizli demir haddeciliği, pamuklu tekstil, deri, makine, gıda, cam, plastik, elektrik ve elektronik, mermer ve kağıt sanayi gibi çeşitli üretim dallarında ülke çapında önemli bir merkez konumundadır.

Denizli’de bazı bölgelerde tek bir sanayi kuruluşu, bazı bölgelerde ise organize sanayi bölgeleri hava kalitesinin bozulmasına sebep olmaktadır. Denizli’de hava kirliliğine sebep olabilecek üretim dalları; boya ve baskı, mermer, makine, demir ve çelik, çimento ve kimya sanayi şeklinde sıralanabilmektedir.

Endüstriyel proseslerde sistem seçimi, sistem içi düzenleme ve baca gazı arıtma sistemlerinin kullanılması yoluyla hava kirlenici maddeler denetlenebilmektedir. Sistem seçimi, hava kirlenici maddelerin denetiminde en önemli adımlardan birini oluşturmaktadır. Daha az hava kirlenici madde oluşumuna sebep olan üretim teknolojisinin seçilmesi halinde sorun kaynağa kontrol edilebilmektedir [3].

Hava kirliliği denetim sistemleri ile az kirlilik oluşturan endüstriyel sistemlerin birleştirilmesi ve daha fazla geri kazanma olanağı sağlayan yeni atık giderme tekniklerinin geliştirilmesi yoluyla endüstriyel hava kirliliğini azaltmak mümkün olmaktadır [4].

Emisyon envanterleri sosyal ve ekonomik koşullar ve çeşitli senaryolar dikkate alınarak hava kalitesinin değerlendirilmesini sağlamaktadır. Bir bölgede hava kirlenmesine yol açan kaynaklardan, birim zamanda atmosfere verilen kirlenici madde miktarları belirlenerek emisyon envanteri hazırlanmaktadır. Bu amaçla emisyon faktörleri belirlenmekte ve aktivite verisi ile birlikte kullanılmaktadır.

Emisyon envanterleri çıkarıldıkları bölgelerde denetimin nelere ağırlık verilerek düzenlenmesi gerektiğinin belirlenmesine ve bu etkenlerin sosyal ve ekonomik maliyetler ve çeşitli senaryolar üzerinden yürütülmesine olanak vermektedir [5].

Emisyon envanteri hesaplamalarındaki belirsizliklerin kaynakları aktivite verisinin doğruluğu ve güvenilirliği ile emisyon faktörü ve kullanılan yöntemin uygunluğudur.

Bu çalışmada Denizli Organize Sanayi Bölgesi (DOSB)’deki hava kalitesi düzeyini belirlemek amacıyla yakıt tüketimi ve EPA [6] AP42 emisyon faktörleri kullanılarak partikül madde (PM<sub>10</sub>), kükürt oksitler (SO<sub>x</sub>), metan dışı uçucu organik bileşik (NMVOC), azot oksitler (NO<sub>x</sub>) ve nitroz oksit (N<sub>2</sub>O) emisyonları hesaplanmıştır.

## 2 Materyal ve Yöntem

### 2.1 Çalışma Bölgesi’nin Tanıtımı

Türkiye’de son yıllarda, küçük ve orta büyüklükteki sanayi tesislerinin enerji giderlerinin azaltılması, altyapısal sorunlara çözümler getirilmesi, çevre üzerindeki olumsuz etkinin ortak yatırımlarla daha kolay giderilmesi amacıyla organize sanayi bölgesi kurulması politikası benimsenmiştir [7].

Organize sanayi bölgeleri gerek ülke bütününde sanayi tesislerinin merkezleştirilmesi, gerekse bölge ölçeğinde sanayinin düzensiz gelişmesinin önlenmesi, planlanması ve alan düzenlenmesi açısından önem taşımaktadır. Organize sanayi bölgelerinin yer seçiminde hammaddenin kolay sağlanabilmesi, seçilecek bölgenin karayolu ve demiryolu bağlantısının bulunması, ticari pazarlara yakın olması gibi hususlara önem verilmesi gerekmektedir [8].

Türkiye’de organize sanayi bölgesi kavramı, ilk kez 1961 yılında kullanılmaya başlanmış, Denizli’de 1988 yılında DOSB hizmete girmiştir. DOSB Denizli-Ankara karayolunun 18. kilometresinde, demiryolu ile karayolunun kesiştiği noktadan itibaren başlamakta ve Gürlek mevkiine kadar devam eden

alanı kapsamaktadır (Şekil 1). DOSB’de sanayi tesislerinin yanında idare binası ve sosyal tesisler, 112 Acil, itfaiye, okul, TSE Bölge Müdürlüğü ve merkezi atıksu arıtma tesisi bulunmaktadır [9]. DOSB’de hava kirlenici madde oluşumuna sebep olan üretim dalları; tekstil boya ve baskı, mermer, makine, demir ve çelik, çimento ve kimya sanayi şeklinde sıralanabilmektedir.



Şekil 1: DOSB’nin konumu.

### 2.2 Emisyon Hesaplaması

DOSB’de bulunan sanayi tesislerinde kömür ve doğalgaz kullanımı sonucunda meydana gelen emisyonların hesaplanması amacıyla yakıt tüketimi ve EPA AP42 emisyon faktörleri verisi kullanılmıştır. Emisyonların hesaplanması için gerekli olan,

- Kullanılan yakıt türü,
- Yakıt tüketim miktarı,
- Yakma teknolojisi vb. veriler DOSB’den sağlanmıştır.

Çalışma kapsamında kömür kullanımı için PM<sub>10</sub>, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> ve NMVOC olmak üzere başlıca dört hava kirlenici maddenin emisyon miktarları hesaplanmıştır. PM<sub>10</sub>, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, N<sub>2</sub>O ve NMVOC ise doğalgaz kullanılması durumunda meydana gelen emisyonların hesaplanmasında ele alınan hava kirlenici maddelerdir.

DOSB’de yakıt tüketiminden kaynaklanan kirlenici madde emisyonlarının hesaplanması amacıyla temel emisyon eşitliği kullanılmıştır. 2012 yılına ilişkin yakıt tüketim miktarları ile emisyon faktörleri çarpılarak emisyon miktarları hesaplanmıştır.

$$E_{\text{kirlenici}} = A \times EF_{\text{kirlenici}} \quad (1)$$

- $E_{\text{kirlenici}}$  : Kirlenici emisyonu (ton/yıl).  
 $A$  : Yakıt tüketim miktarı (ton/yıl, Sm<sup>3</sup>/yıl).  
 $EF_{\text{kirlenici}}$  : Kirleniciye ilişkin emisyon faktörü (kg/ton, kg/10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>).

EPA AP42 emisyon faktörleri DOSB’de kullanılan yakıt ve akışkan yataklı yakma sistemi özelliklerine uygun bir şekilde düzenlenerek hesaplamalarda kullanılmıştır (Tablo 1). Emisyon miktarı hesaplanırken sanayi tesislerinin yanı sıra idari kısımlarda kullanılan doğalgaz miktarı da dikkate alınmıştır.

DOSB'ye ilişkin toplam emisyon miktarının hesaplanması için doğalgaz ve kömür kullanımından kaynaklanan emisyon miktarları toplanarak gerekli değerlendirmeler yapılmıştır. Hava kirliliği kontrol sistemlerinin verimli bir şekilde kullanılması durumunda hava kalitesi düzeyinde meydana gelebilecek gelişmeler değerlendirilmiştir.

Tablo 1: Çalışmada kullanılan emisyon faktörleri.

	NO <sub>x</sub>	NM VOC	SO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	N <sub>2</sub> O
Kömür (kg/ton)	3.2	0.018	20.4	62.5	-
Doğalgaz (kg/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	4480.0	88.0	9.6	121.6	35.2

### 3 Sonuçlar

#### 3.1 Denizli Organize Sanayi Bölgesi'nde Bulunan Sanayi Tesislerinin Yakıt Kullanım Durumu

DOSB'de 2013 yılı sonu itibariyle 125 sanayi tesisi faaliyette göstermektedir. DOSB'de bulunan üretim birimleri; tekstil, cam, gıda, kimya, metal döküm, makine, mermer, plastik, kağıt sanayi ve enerji olmak üzere on üretim dalında faaliyet göstermektedir (Tablo 2).

Tablo 2: Sanayi tesislerinin üretim dallarına göre sayıları.

Üretim Dalı	Sanayi Tesisi Sayısı
Tekstil sanayi	82
Dokuma sanayi	58
Dokuma ve boyama sanayi	13
Tekstil boyama sanayi	11
Cam sanayi	2
Gıda sanayi	2
Kimya sanayi	3
Metal döküm sanayi	10
Makine sanayi	11
Mermer sanayi	6
Plastik sanayi	2
Kağıt sanayi	4
Enerji	3

DOSB'de yer alan sanayi tesislerinin bir kısmı üretim işlemleri için gerekli olan ısı enerjisini Güçsan Gat Enerji tesislerinden sağlamaktadır. Bölge'de Soma ve Kafkas tipi kömürler kullanıldığı belirtilmiştir. Kullanılan kömür ve doğalgazın özellikleri ortalama değerler şeklinde Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3: DOSB'de kullanılan yakıtların özellikleri.

Özellik	Doğalgaz	Kömür
Alt ısı değer	8.250 kcal/Sm <sup>3</sup>	3.500 kcal/kg
Kalorifik değer	9.250 kcal/Sm <sup>3</sup>	3.750 kcal/kg
Kükürt (%)	-	1.5
Kül (%)	-	27
Azot (%)	2,8	-
Nem (%)	-	16
Uçucu madde (%)	-	30

DOSB'de 38 sanayi tesisi üretim işlemlerinde sadece doğalgaz kullanılmaktadır. 15 sanayi tesisi üretim amacıyla doğalgaz ve kömür kullanılmaktadır. Daha küçük ölçekli olan 63 sanayi tesisi ise üretim ve ısınma amacıyla elektrik enerjisi kullanılmaktadır. Bölge'de üretim işlemlerinde kullanılan elektrik tüketim

miktarı boya/baskı sanayi ile dokuma/giyim sanayinde yüksek düzeydedir. DOSB idari kısımda çoğunlukla doğalgaz olmak üzere elektrik kullanımı da söz konusudur.

#### 3.2 Emisyon Değerleri

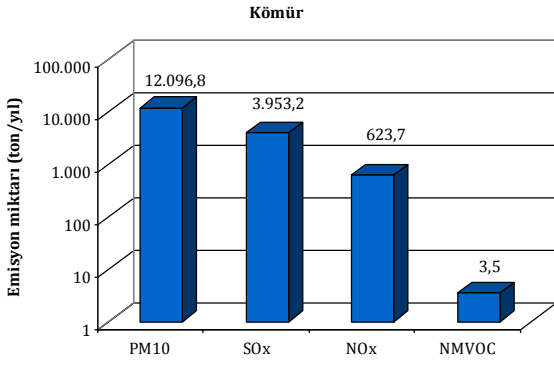
DOSB'de bulunan sanayi tesislerinin enerji gereksinimlerini karşılamak üzere kullandıkları yakıtlardan kaynaklanan partikül madde, kükürt oksit, azot oksit, nitroz oksit ve metan dışı uçucu organik bileşik emisyonları EPA AP42 emisyon faktörleri kullanılarak belirlenmiştir. Bölge'de 2012 yılında 193.500 ton/yıl kömür ve 28.264.690 Sm<sup>3</sup>/yıl doğalgaz kullanılmıştır. Buna göre DOSB'de 2012 yılında toplam 12.100.2 ton/yıl PM<sub>10</sub>, 3.953.5 ton/yıl SO<sub>x</sub>, 750.4 ton/yıl NO<sub>x</sub>, 6.0 ton/yıl NMVOC ve 0.99 ton/yıl N<sub>2</sub>O emisyonu oluştuğu hesaplanmıştır.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından EMEP/EEA rehberi kullanılarak hazırlanan ulusal enerji, endüstri, ulaştırma, tarım ve atık kaynaklı emisyon envanteri çalışması sonucunda 2011 yılı toplam emisyonları 1.111 kton NO<sub>x</sub>, 728 kton NMVOC, 2.651 kton SO<sub>2</sub>, 510 kton amonyak (NH<sub>3</sub>), 3.036 kton karbon monoksit (CO) ve 728 kton PM<sub>10</sub> şeklinde bulunmuştur [10]. Türkiye'deki endüstriyel kaynaklı hava kirlenici emisyon envanterinin oluşturulduğu bir çalışma sonucunda SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> emisyonlarının en yoğun olduğu noktaların Türkiye'nin batı bölgelerinde yer aldığı belirlenmiştir [11]. Nitekim Ege Bölgesi için yapılan bir emisyon envanteri çalışması sonucunda Ege Bölgesi bütününde (Kütahya ili hariç) 131.904 ton/yıl parçacık madde, 899.831 ton/yıl SO<sub>x</sub>, 63.323 ton/yıl NO<sub>x</sub>, 18.515 ton/yıl NMVOC ve 18.538 ton/yıl CO emisyonunun atmosfere verildiği hesaplanmıştır [12]. Ege Bölgesi'nde yer alan DOSB için bu çalışmada hesaplanan emisyon miktarlarının da yüksek olduğu ve Ege Bölgesi toplam emisyon miktarında payı olduğu söylenebilir. Organize sanayi bölgesi için Eskişehir'de gerçekleştirilen bir çalışmada [13] belirlenen 22.3 ton/yıl parçacık madde, 1.8 ton/yıl SO<sub>2</sub>, 22.9 ton/yıl uçucu organik bileşik ve 400.8 ton/yıl NO<sub>x</sub> emisyonu ise DOSB için hesaplanan emisyon miktarlarından düşüktür.

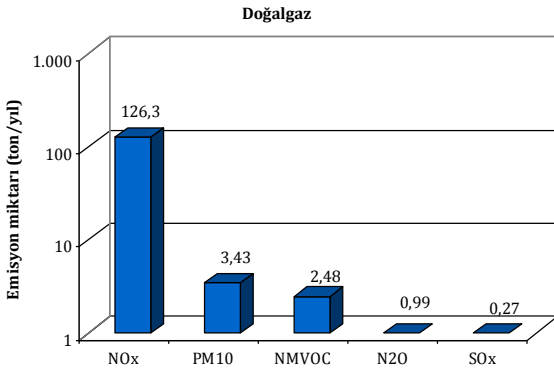
Şekil 2'de DOSB'de bulunan üretim birimlerinde kömür kullanımından kaynaklanan emisyon miktarları verilmiştir. Buna göre, kömür kullanımı sonucunda oluşan emisyonların büyük çoğunluğunun PM<sub>10</sub> ve SO<sub>x</sub> kaynaklı olduğu görülmektedir. Söz konusu kirlenici maddelere ilişkin emisyon miktarlarının yüksek olmasının temel nedenleri Bölge'de kullanılan kömürlerin yüksek miktarda kükürt ve kül içermesi ile yakma sistemlerinin yenilenme ihtiyaçlarının bulunması şeklinde ifade edilebilir. PM<sub>10</sub> ve SO<sub>x</sub>'ten sonra sırasıyla NO<sub>x</sub> ve NMVOC emisyonları yer almaktadır.

DOSB'de bulunan üretim birimlerinde doğalgaz kullanımından kaynaklanan emisyon miktarları Şekil 3'te verilmiştir. Buna göre, doğalgaz kullanımı sonucunda oluşan emisyonların büyük kısmının NO<sub>x</sub> kaynaklı olduğu görülmektedir. Doğalgazın içerisinde bulunan diğer hava kirlenici maddelerin miktarı çok yüksek miktarda olmadığından emisyonlar düşük düzeylerde gözlemlenmiştir. Ancak önemli sera gazı etkisi yapan N<sub>2</sub>O emisyonunun fazla olması üzerinde düşünülmesi gereken bir konudur.

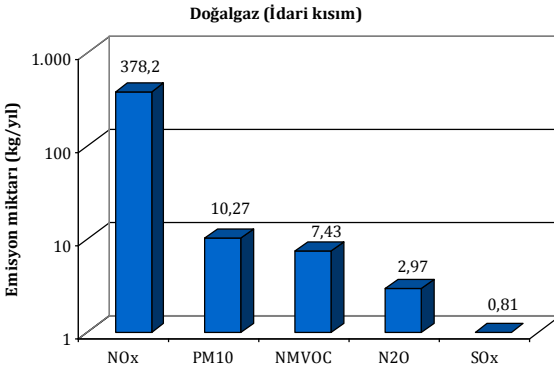
Şekil 4'te DOSB'de bulunan idari bölümlerde doğalgaz kullanımı sonucunda oluşan emisyon miktarları görülmektedir. Sanayi tesislerine oranla idari kısımlarda azalan doğalgaz tüketimi, genel anlamda emisyon miktarlarının da düşük olmasına neden olmaktadır.



Şekil 2: DOSB'de bulunan üretim birimlerinde kömür kullanımından kaynaklanan emisyon miktarı.



Şekil 3: DOSB'de bulunan üretim birimlerinde doğalgaz kullanımından kaynaklanan emisyon miktarı.

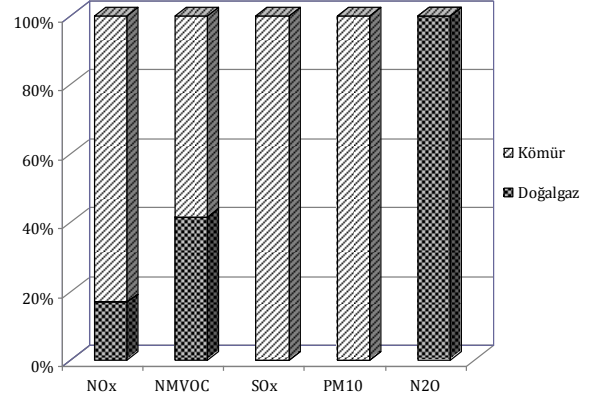


Şekil 4: DOSB idari kısmında doğalgaz kullanımından kaynaklanan emisyon miktarı.

DOSB'de meydana gelen emisyonların yakıt türlerine göre oranları Şekil 5'te verilmiştir. Buna göre N<sub>2</sub>O hariç Bölge'de oluşan emisyonların büyük kısmının kömür kullanımından kaynaklandığı ifade edilebilir. NMVOC emisyonunda doğalgaz tüketiminin de etkisi açıkça görülmektedir. NO<sub>x</sub> emisyonunda kömür ile birlikte doğalgaz kullanımı da rol oynamaktadır. N<sub>2</sub>O emisyonunda doğalgaz kullanımı, SO<sub>x</sub> ve PM<sub>10</sub> emisyonlarında ise kömür kullanımı etkili olmaktadır.

DOSB'ye ilişkin 2012 yılı kontrollü durum emisyon miktarları da değerlendirilmiştir. Bölge'de kömürlü kazan işleten sanayi tesislerinin bir kısmında ıslak tip baca filtresi bulunmaktadır. Buna göre EPA AP42 kılavuzunda NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> ve PM<sub>10</sub> için belirtilen kontrollü durum emisyon faktörleri esas alınmış ve denetim sistemlerinin etkin bir şekilde kullanılması durumunda oluşacak emisyonlar hesaplanmıştır (Tablo 4).

Hesaplama sonucunda NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> ve PM<sub>10</sub> için sırasıyla %15.5, 85.0 ve 99.8 oranlarında azalma öngörülmüştür. Bölge'de tekstil sektöründe yer alan bazı tesislerde koku ve duman sorunu devam etmektedir. DOSB'de bulunan bazı sanayi tesislerinin kazan kapasiteleri 10 MW'ın üzerinde olduğundan Bakanlık tarafından gerekli görülen online baca gazı izleme sistemlerini kurmaları gerektiği belirtilmiştir.



Şekil 5: DOSB'de meydana gelen emisyonların kullanılan yakıt türüne göre dağılımı.

Tablo 4: DOSB kontrolsüz ve kontrollü durum emisyonları.

Emisyon (ton/yıl)	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>
Kontrolsüz durum	623.7	3.953.2	12.096.8
Kontrollü durum	527.1	592.9	23.7

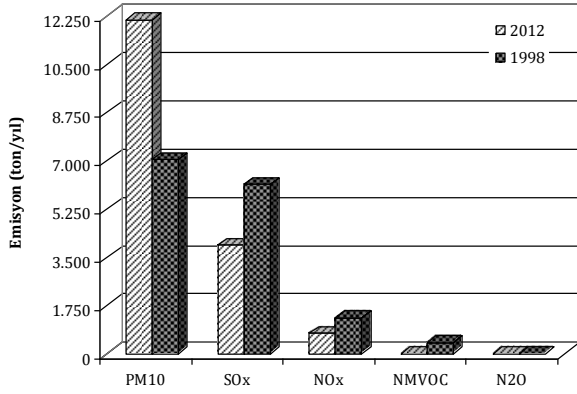
DOSB için gerçekleştirilen bu çalışma sonucunda elde edilen emisyon verisi aynı Bölge için 1998 yılında yapılan bir emisyon çalışması verisi ile karşılaştırılmıştır. Çukurluoğlu [14] tarafından DOSB'deki hava kalitesi düzeyi EDMS (Emissions and Dispersion Modeling System) modeli kullanılarak belirlenmiştir. EDMS modelinde yakıt türü ve miktarı, yakma sistemi özellikleri, bacalar, meteorolojik veri gibi faktörler dikkate alınmaktadır. Güç üretim birimlerinden ve ulaşımdan kaynaklanan hava kirletici madde miktarları belirlenebilmektedir. EDMS modeli ile elde edilen sonuca göre DOSB'de 1998 yılında 7.036 ton PM<sub>10</sub>, 6.153 ton SO<sub>x</sub>, 1.318 ton NO<sub>x</sub> ve 410 ton hidrokarbon açığa çıktığı hesaplanmıştır.

1998 ve 2012 yılı DOSB emisyon değerleri karşılaştırıldığında PM<sub>10</sub> emisyonunda artış gözlemlenirken, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> ve NMVOC emisyonlarında bir azalma olduğu görülmektedir (Şekil 6).

1998 ve 2012 yılı emisyon miktarlarındaki farklılığın temel sebebinin kullanılan yakıt tür ve miktarları ile tesis sayısındaki değişim olduğu söylenebilir (Tablo 5). 1998 yılında LPG, fuel oil ve kömür kullanılmakta iken günümüzde kömür ve doğalgaz kullanılmaktadır. Sanayi tesislerinin enerji ihtiyaçlarını karşılamak üzere kullandıkları kömür miktarında bariz bir artış gözlemlenmiştir. Ayrıca kullanılan kömürlerdeki kül miktarının 1998 yılında %24 iken, 2012 yılında %27 olması PM<sub>10</sub> artışında etkilidir. Kükürt miktarının %1.7'den %1.5'e düşmüş olması ve yakma sistemlerinin geliştirilmiş olması SO<sub>x</sub> emisyon oranında azalmaya neden olmuş olabilir.

Türkiye'deki endüstriyel emisyon envanterinin sektörel olarak değerlendirildiği bir çalışmada SO<sub>2</sub> emisyonunun yaklaşık %65'inin ve NO<sub>x</sub> emisyonlarının ise yaklaşık %75'inin termik santrallerden, parçacık madde emisyonunun yaklaşık %50'sinin çimento fabrikalarından ve yaklaşık %40'ının termik santrallerden kaynaklandığı belirtilmiştir [11]. Türkiye'deki inorganik kimya endüstrisini temsilen bor bileşikleri, soda

külü, krom oksitler, magnezyum oksit, gübre, asit türleri, klor alkali ve amonyak üretim sektörleri ve alt sektörlerin faaliyetlerinden açığa çıkan karbon dioksit, parçacık madde, CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub> ve N<sub>2</sub>O emisyonlarının 2010 yılı envanteri sonuçlarına göre inorganik kimya endüstrisinin yüksek miktarda NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O ve NO<sub>x</sub> emisyonuna neden olduğu anlaşılmıştır. NO<sub>x</sub> emisyonuna en büyük katkısı nitrik asit ve magnezyum oksit üretimi yapmaktadır. Türkiye’de proses kaynaklı NH<sub>3</sub> emisyonlarının %76’sı gübre üretiminden kaynaklanmaktadır [15]. Sakarya ilinde hava kirliliğine neden olan sanayi kaynaklı global ve lokal emisyonlar Tier-2 emisyon faktörleri kullanılarak envanterlenmiş; kauçuk-plastik ve gıda sektörlerinin NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> ve CO miktarlarını arttıran en önemli sektörler olduğu belirlenmiştir [16]. DOSB 2012 yılı emisyonlarının sektörel bazda değerlendirmesi yapıldığında tekstil endüstrisinin toplam emisyon miktarındaki payının %70 civarında olduğu ifade edilebilir. DOSB için sektörel bir emisyon değerlendirmesinin tam anlamıyla yapılabilmesi için yakıt tüketim miktarlarına bağlı detaylı bir değerlendirmenin yanı sıra proses kaynaklı emisyonların da dikkate alınması uygun olacaktır.



Şekil 6: 1998 ve 2012 yılı DOSB emisyon değerleri.

Tablo 5: DOSB 1998 ve 2012 yılı tesis sayısı ve yakıt miktarı.

Yıl	Tesis Sayısı	Kömür (ton/yıl)	Doğalgaz (Sm <sup>3</sup> /yıl)	Fuel oil (ton/yıl)	LPG (ton/yıl)
1998	99	30.075	-	37.500	2.525
2012	125	193.500	28.264.690	-	-

DOSB’de hava kalitesinin geliştirilmesine yönelik sürdürülebilir bir hava kalitesi yönetim programı yapılmalıdır. Üretim birimlerinde, daha az hava kirlenme madde oluşumuna neden olan üretim teknolojilerinin seçilmesi, mevcut proseslerin düzenlenmesi, organize bir enerji yönetim sisteminin kurulması gerekmektedir.

DOSB’de doğalgaz kullanımının artırılması yanında kullanılan kömürün kükürt ve kül oranını düşürerek kalitesini artırmaya yönelik işlemler yapılmalıdır.

Güneş enerjisinden yararlanma imkânının sağlanması uzun dönemli bir önlem olarak ele alınabilir.

Hava kirliliği kontrol sistemlerinin yeterli ve verimli bir şekilde işletilmesi, gerekli bakım ve yenileme işlemlerinin yapılması ve gerekirse yeni modifikasyonların uygulanması hava kalitesi düzeyinin artırılmasına katkıda bulunacaktır.

DOSB Merkezi Atıksu Arıtma Tesisi’nden çıkan çamurdaki metan gazı elektrik enerjisine dönüştürülerek arıtma tesisinin elektrik gereksinimini karşılamak üzere değerlendirilebilir. Kurutulmuş çamurun sanayide yakıt amaçlı olarak kullanılması konusunda fizibilite çalışması yapılabilir.

Hem sanayileşme hem de çevreyi koruma ilkesinin bir arada yaşatılabilmesi amacıyla en az kirlenme madde miktarı ile en kaliteli ürünleri alabilen ilk hedeflerden biri olmalıdır.

## 4 Teşekkür

Çalışmanın yapılabilmesi için gerekli olan verilerin sağlanmasına katkı sağlayan Denizli Organize Sanayi Bölgesi Müdürü Sayın Tanju Beştaş’a, Denizli Organize Sanayi Bölgesi Müdür Yardımcısı Sayın Ahmet Taş’a ve Güçsan Gat Enerji İşletme Müdürü Sayın Oktay Zeybekoğlu’na teşekkür ederiz.

## 5 Kaynaklar

- [1] Bayram A, Müezzinoğlu A. A’tatürk Organize Sanayi Bölgesi’nin İzmir Hava Kalitesine Etkilerinin İncelenmesi”. *Çevre’87 Sempozyumu*, İzmir, Türkiye, 26-28 Ekim 1987.
- [2] Arpacıoğlu CB, Yurteri C, Tuncel G, Alp E. “Aliğa Bölgesi Hava Kirliliği Modellemesi: Yöntem ve Sonuçlar”. *İTÜ 1. Hava Kirlenmesi ve Kontrolü Sempozyumu’93*, İstanbul, Türkiye, 1 Ocak 1993.
- [3] Alp K. “Endüstride Hava Kirliliği”. *7 Bölümde İstanbul’un Çevre Sorunları ve Çözümleri Sempozyumu*, İstanbul, Türkiye, 9-13 Nisan 1990.
- [4] Müezzinoğlu A. *Industrial Air Pollution: Planning for Air Quality, Risk Assessment and Control*. Editors: Müezzinoğlu A, Williams ML. Industrial Air Pollution: Assessment and Control, 1-8, Berlin, Germany, Springer-Verlag, 1992.
- [5] Tünay O, Alp K. “Endüstride Emisyon Envanterlerinin Uygulama Esasları”. *II. Hava Kirlenmesi, Modellemesi ve Kontrolü Sempozyumu’95*, İstanbul, Türkiye, 22-24 Mart 1995.
- [6] United States Environmental Protection Agency. “US EPA”. <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch01/final/c01s07.pdf>, <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch01/final/c01s04.pdf>, (15.05.2014).
- [7] Durmaz A, Ercan Y, Ataer ÖE, Sivrioğlu M. “Organize Sanayi Bölgeleri Enerji Altyapısı ve Hava Kalitesinin Korunmasındaki Önemi”. *Uluslararası Çevre Sempozyumu (Çevre’87)*, İstanbul, Türkiye, 5-9 Haziran 1987.
- [8] Elagöz A. “Çağdaş Endüstri Yapılarında Güneş Enerjisinden Yararlanma ve Çevre Sorunları”, *Uluslararası Çevre Sempozyumu (Çevre’87)*, İstanbul, Türkiye, 5-9 Haziran 1987.
- [9] Denizli Organize Sanayi Bölgesi Arşivi, Denizli Organize Sanayi Bölgesi Müdürlüğü, Denizli, Türkiye, 2013.
- [10] Gürtepe İÇ, Köksal CE. “Ulusal Hava Kirlenme Emisyon Envanteri”. *Uluslararası Katılımlı 5. Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu*, Eskişehir, Türkiye, 18-20 Eylül 2013.
- [11] Palaogullarından G, Pervan T, Tuncel G, Alp E. “Türkiye Genelinde Endüstriyel Kaynaklı Hava Kirlenme Emisyon Envanteri Oluşturulması”, *İTÜ 1. Hava Kirlenmesi ve Kontrolü Sempozyumu’93*, İstanbul, Türkiye, Mayıs 1993.
- [12] Elbir T, Müezzinoğlu A, Bayram A, Seyfioğlu R, Demircioğlu H. “Ege Bölgesi Hava Kirlenme Emisyon Envanteri”. *DEÜ Mühendislik Fakültesi, Fen ve Mühendislik Dergisi*, 3(2), 21-27, 2001.
- [13] Çınar H. Preparation of Emission Inventories and GIS Supported Mapping of Air Pollution in Eskişehir, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye, 2003.
- [14] Çukurluoğlu SÇ. Denizli Organize Sanayi Bölgesi’nde Hava Kirlenmesinin EDMS Modeli ile Belirlenmesi ve Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli, Türkiye, 1999.

[15] Alyüz Ü, Alp K. "Türkiye'deki İnorganik Kimya Endüstrisi İçin 2010 Yılı Emisyon Envanteri". *Uluslararası Katılımlı 5. Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu*, Eskişehir, Türkiye, 19-20 Eylül 2013.

[16] Sonsuz B, Kargiođlu AF, Şıpka M, Oruç MM, Hepşen Ö, Selvi E. Adapazarı İlçesindeki Endüstriyel Kaynaklı Emisyonların Envanterlenmesi. Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, 2011.