



## Modelling of pollutant gas dispersion from dairy cattle barns

İlker Kılıç<sup>1\*</sup>, Onur Kazım Demirarslan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Biosystems Engineering, Uludag University, Bursa, 16059, Nilufer, Bursa, Turkey

<sup>2</sup>Department of Environmental Engineering, Artvin Coruh University, Artvin, 08100, Turkey

### Highlights:

- Pollutant gases formed in dairy cattle barns
- Emissions of pollutant gases
- Modelling of environmental dispersion of emissions

### Keywords:

- Calpuff
- Dispersion
- Emission
- Pollutant gases
- Dairy cattle

### Article Info:

Research Article

Received: 15.05.2017

Accepted: 05.10.2017

### DOI:

10.17341/gazimmfd.416475

### Acknowledgement:

### Correspondence:

Author: İlker Kılıç  
e-mail: ikilic@uludag.edu.tr  
phone: 0 224 294 1627

### Graphical/Tabular Abstract

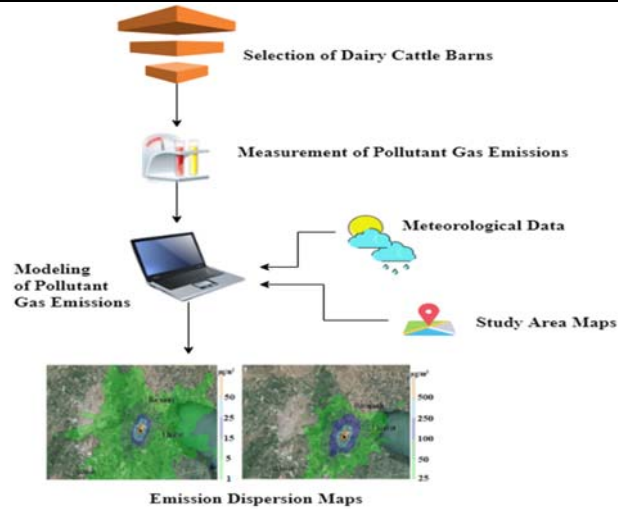


Figure A. Flow-chart of dispersion modelling of pollutant gas emissions from dairy cattle barns

**Purpose:** In this study, it was aimed to create dispersion models and maps showing the distribution of pollutant gas emissions from three dairy barns with similar characteristics in Bursa region in the summer and winter periods. These models and maps will provide practical scientific information on how far the new livestock barns will be constructed from the residential area.

**Theory and Methods:** The distribution of  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , and  $\text{CH}_4$  emissions from 3 dairy cattle farms (DF1, DF2 and DF3) in Bursa region was modelled by using CALPUFF VIEW 5.8 and distribution maps were obtained. In the monitored dairy cattle barns, the concentrations of pollutants such as  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CH}_4$  and  $\text{H}_2\text{S}$  were continuously monitored for 24 hours in winter and summer seasons. The pollutant gas concentrations were measured in the polluted indoor air from the barn exhaust and in the fresh air entering the barn inlet. For this purpose, two multiple gas meters (MX6 Ibrid, Industrial Scientific, USA) are placed in the air inlet and exhaust openings of monitored dairy cattle barns. Multiple gas concentrations were simultaneously measured with the help of electro-chemical sensors  $\text{NH}_3$  (accuracy  $\leq \pm 1\%$ , sensitivity 1ppm),  $\text{CH}_4$  (accuracy  $\leq \pm 1\%$ , sensitivity 1ppm) and  $\text{H}_2\text{S}$  (accuracy  $\leq \pm 1\%$ , sensitivity 1ppm), which is placed in the device.

**Results:** The highest concentrations in the modeling calculated using the average emission and maximum emissions in winter and summer months at the designated receiver points for all  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$  and  $\text{H}_2\text{S}$  pollutant gas emissions for the DF1 operation were seen at the F1\_C receiver point. The highest concentrations calculated from average and maximum emissions in winter and summer months were obtained at point F2\_C in the  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$  and  $\text{H}_2\text{S}$  modeling of DF2 operation. For all  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$  and  $\text{H}_2\text{S}$  emissions from DF3 operation, the highest concentrations modeled using both average and maximum emissions reached maximum values at F3\_A in all three gases.

**Conclusion:** As a result of the study, it was revealed that pollutant gases originating from animal barns can be distributed at important concentrations up to 2 km from the barns under the conditions of Bursa region. The distance between animal barns and residential area in existing legal arrangements is defined as 1 km.



## Süt sığırı barınaklarından kaynaklanan kirletici gaz dağılımlarının modellenmesi

İlker Kılıç<sup>1\*</sup>, Onur Kazım Demirarslan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Görükle Kampüsü, 16059, Nilüfer, Bursa, Türkiye

<sup>2</sup>Artvin Çoruh Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Seyitler Yerleşkesi 08100, Seyitler, Artvin, Türkiye

### Ö N E Ç İ K A N L A R

- Süt sığırı barınaklarında oluşan kirletici gazlar
- Kirletici gazların emisyonları
- Emisyonların çevreye olan dağılımlarının modellenmesi

#### Makale Bilgileri

Araştırma Makalesi

Geliş: 15.05.2017

Kabul: 05.10.2017

#### DOI:

10.17341/gazimmfd.416475

#### Anahtar Kelimeler:

Calpuff,  
dispersiyon,  
emisyon,  
gaz,  
süt sığırı

#### ÖZET

Modern hayvancılık işletmelerinin sayısının artması ile kirletici gaz ve toz konsantrasyonları da artmakta ve yerleşim alanlarının tarımsal alanların aleyhine olarak genişlemeleri bu gaz kirleticilerinin daha sıklıkla ve fazla olarak hissedilmesine neden olmaktadır. Bu çalışmada Bursa bölgesinde faaliyet gösteren 3 adet süt sığırı işletmesinden kaynaklanan ve kokuya neden olan gazlar, yörenin meteorolojik ve topografik verileri kullanılarak modellenmiştir. Sorunun nicelik anlamda ifadesi ve modellenmenin oluşturulması çalışmasında, süt sığırı işletmelerinden salınan kirletici gaz emisyonları ve CALPUFF VIEW 5.8 bilgisayar yazılımı kullanılmıştır. Çalışma sonucunda incelenen barınaklar çevresinde belirlenen ve yerleşim yerlerini temsil eden beş adet nazal noktada (A-E) kirletici konsantrasyonlarının önemli ölçülerde olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, barınaktan kaynaklanan kirletici gaz emisyonlarının barınak çevresindeki ortalama 2000 m yarıçapında bir alanda uygun mevsim ve rüzgâr şartlarında hatırı sayılır değerlere ulaşabildiği ortaya konmuştur.

## Modelling of pollutant gas dispersion from dairy cattle barns

### H I G H L I G H T S

- Pollutant gases formed in dairy cattle barns
- Emissions of pollutant gases
- Modeling of environmental dispersion of emissions

#### Article Info

Research Article

Received: 15.05.2017

Accepted: 05.10.2017

#### DOI:

10.17341/gazimmfd.416475

#### Keywords:

Calpuff,  
dispersion,  
emission,  
gas,  
dairy cattle

#### ABSTRACT

The increased number of modern livestock farming increase pollutant gas and particulate matter emissions and expanding of residential area against rural area cause to be more sensitive to these gas and particulate matter emissions from animal operations. In this study, pollutant gas dispersions from three dairy cattle barns operated in Bursa region were modelled using hourly outdoor environmental and topographic conditions. To develop dispersion models and describe dispersion problem as a quantity, pollutant gas emissions from dairy cattle operations and CALPUFF VIEW 5.8 modelling software were used. It was determined that estimated pollutant gas concentrations in five receptor points (A-E) in surrounding environment were significant levels. Furthermore pollutant gas emissions from dairy cattle barns can reach a remarkable values in an area with 2000 m diameter in surrounding environment.

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: ikilic@uludag.edu.tr, onurdemirarslan@gmail.com / Tel: +90 224 294 1627

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Hava kirliliği çevre ve toplum sağlığı ile doğrudan bağlantılı olup, meteorolojik değişkenlerin de etkisiyle kirlenici partiküllerin birikimi ve uzun mesafe erişimlerinin olduğu kentsel ve endüstriyel alanlarda daha sıklıkla görülmektedir [1]. Hava kirliliğine yol açan ve hava kalitesini düşüren etkenlerden biri de kokuya neden olan kirlenici gazlardır. Kokuya yol açan gaz karışımlarının etkileri basitçe koku olarak adlandırılmıştır [2]. Bu emisyonlar mevsimsel olup; yüksek emisyon ile düşük emisyon oranlı periyotlarla karakterize edilmektedirler [3]. İnsanlar tarafından hissedilen koku, havadaki karmaşık yapıdaki gazlar nedeniyle oluşmaktadır. Kokuya maruz kalma süresi arttıkça, kokunun hissedilmesi, tanımlanması, rahatsızlık, bedensel tahriş, kronik ve akut zehirlenme şikâyetleri meydana gelmekte ayrıca baş ağrısı, uykusuzluk, mide bulantısı, kusma gibi şikâyetleri de arttırmaktadır. Ancak kokuya yol açan emisyonlara devamlı olarak maruz kalınması sonucunda; burun mukozasında kokuya karşı duyarsızlık gelişmekte, nazal şikâyetler azalmakta ancak astım gibi kronik solunum rahatsızlıklarında artışlar görülmektedir. Sonuç olarak koku rahatsızlığının, hayat kalitesinde ciddi bozulmalara yol açtığı belirtilmektedir. [4, 5].

Son yıllarda beşeri faaliyetler sonucunda meydana gelen, hava kalitesini etkileyen ve atmosferik kirlenici olarak da kabul edilen koku emisyonları, bireyler üzerinde doğrudan ve dolaylı olarak kötü etkilere neden olmaktadır. Aslında konvansiyonel tüm hava kirlenici insan sağlığı üzerinde zararlı etkileri bulunmasına rağmen genelde bireyler tarafından hissedilmezler. Kokuyu meydana getiren emisyonların ise bileşenlerinin varlığı çok düşük konsantrasyonlarda bile hissedilmesi ve rahatsız etmesi ile kokulu kirlenicilerin önemi özellikle vurgulanmaktadır [6].

Hayvancılık işletmelerinden kaynaklanan koku emisyonları çeşitli kaynaklardan atmosfere yayılmaktadır. İşletmelerde kokuya neden olan kaynaklar, gübre, silaj suyu, yem ve barınak temizliğine yeterli önem verilmeyişi olarak özetlenebilmektedir [7]. Hayvan gübresi nedeniyle oluşan kokular, gübrenin olgunlaşması esnasında, içerisindeki organik maddelerin maruz kaldığı ve tamamlanmamış olan anaerobik parçalanmanın etkisiyle meydana gelmektedir. Hayvan atıklarında ve gübrede, amonyak, aminler, hidrojen sülfür, uçucu yağ asitleri, merkaptanlar, alkoller, aldehitler, esterler ve karbonil gruplarının olduğu 170'den fazla iz bileşenlerinin karışımı bulunmaktadır. Ancak buradaki hidrojen sülfür ( $H_2S$ ) ve amonyak ( $NH_3$ ) gibi bazı bileşenler, insan ve hayvan sağlığı üzerindeki etkilerinden dolayı birbirlerinden farklı ve detaylı olarak gözlemlenmektedir [2].

Genel olarak Tarımsal faaliyetler, atmosferdeki  $NH_3$ 'ün bilinen en büyük kaynağıdır ve küresel  $NH_3$  emisyonlarının %50' sini oluşturmakta olup Avrupa ve Amerika'daki toplam  $NH_3$  emisyonlarından yaklaşık olarak %80'inin hayvansal atıkların sorumlu olduğu görülmektedir.  $H_2S$  ise renksiz, potansiyel olarak tehlikeli ve gübreden kaynaklanan

bir gazdır. Bu gazın hayvancılık işletmelerinde rahatsız edici kokunun ana kaynağı olduğu ispatlanmıştır. Bununla birlikte yüksek  $H_2S$  konsantrasyonu hayvanlar ve çalışanlar üzerinde sağlık problemlerine yol açabilmektedir [8-10]. Çiftlik aktiviterinden meydana gelen metan ( $CH_4$ ) ise sera etkisine yol açan önemli gazlardandır.

Hayvan gübresinin yanma tabir edilen işlem sırasında organik gübreye dönüşmesi esnasında ( zira yanmış gübrede bakteriyolojik işlem tamamlanmış olduğundan koku yayılımı durmuştur) yayılan kokulu gazların bir kısmı zayıf asidik ( $H_2S$ ,  $CO_2$ ), bir kısmı da bazik ( $NH_3$ ) bileşiklerdir. Gübredeki bu gazların uçuculuğu geniş oranda yüzeyin pH'sıyla ilgilidir. Kokunun yayılmasındaki diğer bir faktör ise gübrenin sıcaklığı ve kimyasal bileşimi, hava sıcaklığı, havadaki nem ve hava akımının hızıdır. Hava akımının şiddeti arttıkça gübre yüzeyinde meydana gelen gaz transfer oranı da artmaktadır. Sonuç olarak gübre sıcaklığı parçalanmayı etkilemekte, hava sıcaklığı da dış atmosferde gaz dağılımını etkilemektedir [8].

Bu çalışmada Bursa ilinde faaliyet gösteren benzer özelliklere sahip üç adet süt sığırları işletmesinden kaynaklanan kirlenici gaz emisyonlarının yaz ve kış periyotlarında olmak üzere barınağın yakın çevresinde hangi mesafeye kadar önemli konsantrasyonlarda dağıldığını gösteren dispersiyon modelleri ve haritalarının oluşturulması amaçlanmıştır. Bu modeller ve haritalar, yeni kurulacak hayvancılık işletmelerinin yerleşim yerlerinden ne kadar uzağa inşa edilmesi ile ilgili olarak uygulamaya dönük yararlı bilimsel bilgiler sunacaktır.

## 2. MATERYAL VE METOT (MATERIAL AND METHOD)

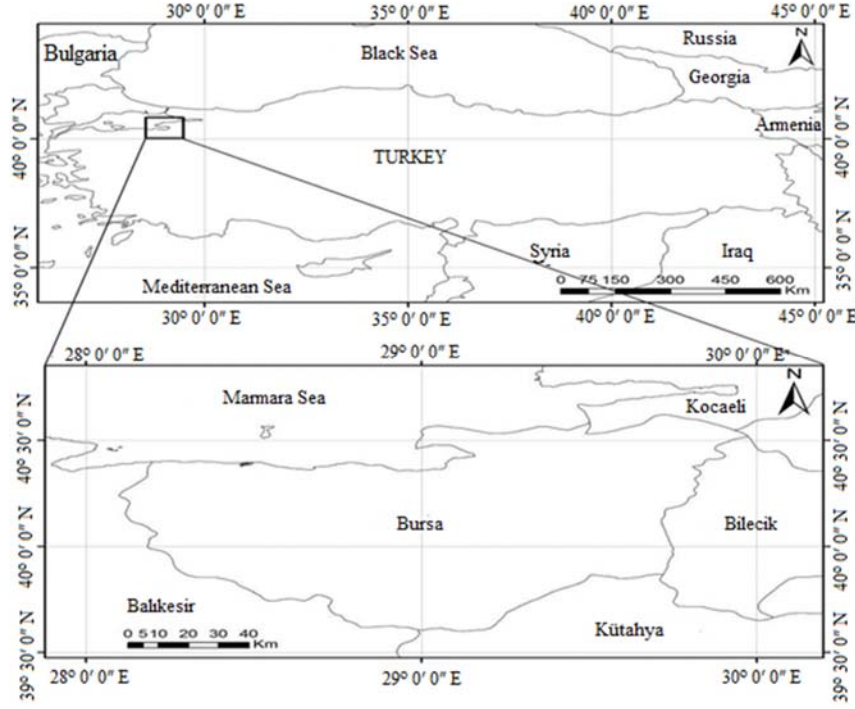
Bu çalışmada Bursa İli içerisinde bulunan 3 süt sığırları çiftliğinde (DF1, DF2 ve DF3) meydana gelen ve koku problemine yol açan  $NH_3$ ,  $H_2S$ ,  $CH_4$  emisyonlarının dağılımı "CALPUFF VIEW 5.8" modelleme programı yardımıyla belirlenmiş ve dağılım haritaları elde edilmiştir.

### 2.1. Çalışma Alanı (Study Area)

Çalışma alanını gösteren harita Şekil 1 ve Şekil 2'de verilmektedir. Çalışmada modelleme alanı üç ayrı şekilde ele alınmıştır. İlk çalışmada DF1, ikinci çalışmada DF2 ve üçüncü çalışmada ise DF3 işletmelerini içine alan kısım seçilmiştir. Modelleme çalışmasının yapıldığı alanlar Şekil 2'de verilmektedir.

### 2.2. Ölçüm Yöntemi (Measurement Method)

Çalışma kapsamında incelenen süt sığırları ahırlarında  $NH_3$ ,  $CH_4$  ve  $H_2S$  gibi kirlenici gaz konsantrasyonları kış ve yaz mevsimlerinde 24 saat sürekli olarak izlenmiştir. Çalışmada kirlenici gaz konsantrasyonları barınak iç ortamından çıkan kirlenmiş iç ortam havasında ve barınağa giren temiz hava içerisinde ölçülmüştür. Bu amaçla iki adet çoklu gazölçer (MX6 Ibrid, Industrial Scientific, ABD) hava girişi ve çıkışı



Şekil 1. Modelleme çalışmanın yapıldığı alan (Study area)



Şekil 2. Çalışmanın yapıldığı süt sığırları (Monitored dairy cattle farms)

açıklığına yerleştirilmiştir. Cihaz içerisine yerleştirilen elektro kimyasal  $\text{NH}_3$  (doğruluk  $\leq \pm 1\%$ , hassasiyet 1ppm),  $\text{CH}_4$  (doğruluk  $\leq \pm 1\%$ , hassasiyet 1ppm) ve  $\text{H}_2\text{S}$  (doğruluk  $\leq \pm 1\%$ , hassasiyet 0,1ppm) sensörler yardımıyla aynı anda birden fazla gaz konsantrasyon ölçümleri yapılabilmektedir.

Kokuya neden olan  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CH}_4$  ve  $\text{H}_2\text{S}$  gibi gazların dağılımının belirlenmesi için gerekli olan barınaktan olan emisyonlar Eş. 1’de hesaplanmıştır.

$$E : (C_{\text{çıkış}} - C_{\text{giriş}}) \cdot Q \quad (1)$$

Burada ;

E : Emisyon oranı ( g/s.barınak)

$C_{\text{çıkış}}$  : Barınak hava çıkış açıklığında ölçülen gaz konsantrasyonu (ppm)

$C_{\text{giriş}}$  : Barınak hava giriş açıklığında ölçülen gaz konsantrasyonu (ppm)

Q : Barınakta uygulanan havalandırma oranı ( $\text{m}^3/\text{s}.\text{barınak}$ )

### 2.3. Modelleme Çalışması

Koku, havada ya gaz olarak yayılmakta ya da toz partiküllerine absorbe olmuş halde taşınmaktadır. Koku ve buna neden olan gazların taşınımı, mevsim, gün içerisindeki zaman ve atmosferik koşullar (türbülans, rüzgar hızı ve

yönü, hava sıcaklığı, yağış vs.) gibi faktörlerden etkilenebilmektedir [3, 11]. Kokunun tamamen yok edilebilmesi pek mümkün olmasa da uzun mesafe taşınım koşullarının anlaşılması çevreye olan rahatsızlıkları en aza indirebilir. Koku ve gazlar, hakim rüzgârla beraber taşınmakta ve kaynaktan itibaren mesafe arttıkça dağılım nedeniyle konsantrasyonda azalma meydana gelmektedir. Dağılım oranı atmosferik kararlılığa bağlıdır, yani sıcak rüzgârlı bir günde (kararsız atmosfer) dağılım, soğuk, sakin, bulutsuz bir sabah (kararlı atmosfer) daha fazla olacaktır. Bazı durumlarda ise koku ve gazların uzun mesafeye taşınımı topografik yapının bir sonucu olarak sınırlanacaktır [2]. Gaz dağılım tahminlerinde hava kirliliği dağılım programları kullanılabilir. Hava kalitesi modelleme sistemleri, farklı kirletici kaynakların potansiyel etkilerini değerlendirmede önemli bir araçtır. Bilgisayar destekli gaz dağılım modelleri, yerel hava verileri kullanarak herhangi bir kaynaktan oluşan gazların dağılımını ve yoğunluğunu tahmin edilmekte kullanılmaktadır. Yapılan bu çalışmada gaz dağılımları CALPUFF VIEW 5.8 modelleme programıyla tahmin edilmiştir.

CALPUFF modelleme programı, kararlı olmayan durumlarda zaman ve bölgeye göre değişen meteorolojik koşullar içerisinde kirleticilerin taşınımını, kimyasal dönüşümlerini ve giderimlerini tahmin etmekte kullanılan bir Gaussian Puff modellemesidir [12]. Modelleme sistemi Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (USEPA) tarafından, kirleticilerin uzun mesafe taşınımının ve etkilerinin karmaşık meteorolojik ve jeofiziksel durumlarda tahmini için kabul görmüş ve önerilmiştir. CALPUFF farklılık gösteren konsantrasyonlar, yaş ve kuru birikimler ve görünebilir parametreler gibi durumlar için geliştirilmiştir [13]. CALPUFF modelleme sistemi, Atmosferik Çalışma Grubu (Atmospheric Studies Group) tarafından geliştirilmiştir ve USEPA tarafından denenmiş meteorolojik ve hava kalitesi modelleme programıdır. CALPUFF modelleme sistemi zamana göre farklılık gösteren nokta ve alan kaynakların modellenmesi, kaynaktan itibaren 10 metreden yüzlerce kilometreye kadar modelleyebilme imkânı, bir saatten bir yıla kadar modelleme

zaman seçenekleri, karmaşık arazi yapısı için uygulanabilirlik ve kimyasal dönüşüm mekanizmaları gibi özellikler içermektedir [14].

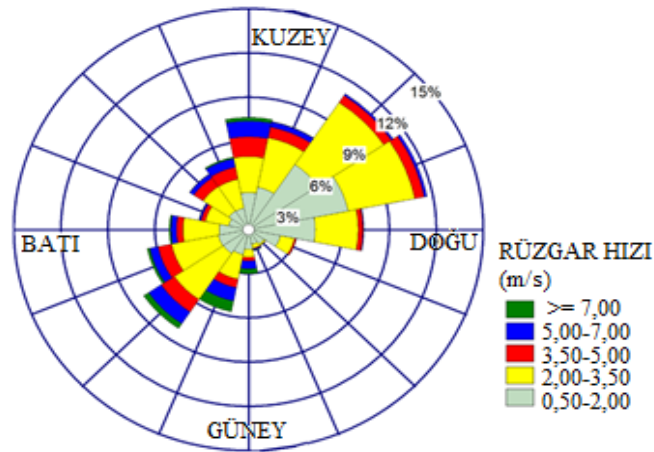
Yapılan modelleme çalışmasında çalışma alanına ait saatlik yüzeysel meteorolojik veriler kullanılmıştır. Bu veriler Bursa Osmangazi’de bulunan (40° 13’ 50.88’’ N 29° 0’ 47.88’’ E) istasyondan alınan veriler olup 2009-2010 yıllarına ait saatlik yüzeysel verilerdir. Üst hava katmanı verileri ise 2009 yılının olup “Lakes Enviromentals” tarafından uydu aracılığı ile elde edilen ve yukarıda bahsedilen yüzeysel gözlem istasyonunun 85 km kuzey batısına ait üst hava katmanı verileridir. Tüm bu verilerin yardımıyla çalışma alanı için “WRPLOT View” programı ile rüzgârgülü oluşturulmuş ve Şekil 3 de verilmiştir.

Şekil 3 incelendiğinde alandaki hakim rüzgar yönünün Kuzey Doğu olduğu görülmektedir. Rüzgâr hızları ile frekans yüzdeleri ise Tablo 1’de verilmektedir

**Tablo 1.** Çalışma alanına ait rüzgâr hızları ve frekans yüzdeleri (Wind sepetse ant frequency percentages of the working area)

Rüzgâr Hızı (m/s)	Frekans yüzdeleri
Sakin Koşullar	%7,7
0,5~2,00	%39
2,00~3,5	%36,1
3,5~5,00	%8,7
5,00~7,00	%6,2
≥7	%2,3

Tablo 1 den de anlaşılacağı gibi çalışma alanında hakim rüzgar hızı 0,5~2,00 m/s arasında ikinci hakim rüzgâr hızları ise 2,00~3,5 m/s arasında değişmektedir. Bölgede sakin koşullar diyebileceğimiz hiç rüzgârın esmediği durumlar ise % 7,7 olmaktadır. Modelleme çalışmasında çiftlikler alansal kaynak olarak ele alınmış ve her bir çiftliğe yakın yerleşim yerleri, ayırık alıcı noktası (discrete receptor) olarak seçilmiş ve bu alıcı noktaları Tablo 2’de verilmiştir.



**Şekil 3.** Modelleme alanı rüzgârgülü (Modeling area wind rose)

Her çalışma için koku kaynakları alansal kaynak verisi olarak programa girilmiştir. Bunun için her bir çiftliğin koordinatları alınarak Google Earth programında yerleri

bulunmuş ve buradan alanları ölçülmüştür. Her bir kaynaktaki kış ve yaz aylarında ölçülen ortalama ve maksimum emisyonlar Tablo 3 ve 4’de verilmiştir.

**Tablo 2.** Kirletici gaz kaynağına yakın alıcı noktaları ve koordinatları (Receptor points and their coordinates near pollutant gas source)

Alıcı Noktası	Koordinatlar	Kaynağa Olan Mesafe (m)
DF1 İşletmesi		
F1_A	40°10'38.81''N 28° 44' 41.47'' E	230
F1_B	40°10'29.00''N 28° 44' 44.90'' E	470
F1_C	40°10'29.54''N 28° 44' 51.49'' E	460
F1_D	40°10'25.33''N 28° 46' 32.17'' E	2500
F1_E	40°10'14.36''N 28° 47' 37.13'' E	4000
F1_F	40°09'13.03''N 28° 42' 34.11'' E	4200
DF2 İşletmesi		
F2_A	40°16'08.68''N 28° 56' 33.65'' E	865
F2_B	40°15'55.57''N 28° 56' 13.97'' E	905
F2_C	40°16'10.27''N 28° 56' 09.64'' E	440
F2_D	40°16'10.13''N 28° 56' 57.01'' E	1360
F2_E	40°17'05.38''N 28° 56' 30.22'' E	1400
DF3 İşletmesi		
F3_A	40°12'14.43''N 28° 25' 55.01'' E	1250
F3_B	40°10'04.47''N 28° 23' 49.50'' E	3900
F3_C	40°12'30.32''N 28° 22' 06.34'' E	4400
F3_D	40°12'57.41''N 28° 22' 20.02'' E	4300
F3_E	40°12'36.21''N 28° 21' 45.63'' E	4900

**Tablo 3.** Kış aylarında ölçülen kirletici gaz emisyonları (Pollutant gas emissions measured in winter season in farms)

Kirletici	Ortalama Emisyon (g/s)	Maksimum Emisyon (g/s)
DF1 İşletmesi		
NH <sub>3</sub>	0,004	0,025
CH <sub>4</sub>	0,16	0,90
DF2 İşletmesi		
NH <sub>3</sub>	0,006	0,026
CH <sub>4</sub>	0,021	0,096
DF3 İşletmesi		
NH <sub>3</sub>	0,019	0,056
CH <sub>4</sub>	0,373	1,205

**Tablo 4.** Yaz aylarında ölçülen kirletici gaz emisyonları (Pollutant gas emissions measured in summer season in farms)

Kirletici	Ortalama Emisyon (g/s)	Maksimum Emisyon (g/s)
DF1 İşletmesi		
NH <sub>3</sub>	0,005422	0,02259
CH <sub>4</sub>	0,08639	0,2042
H <sub>2</sub> S	0,00023424	0,00505
DF2 İşletmesi		
NH <sub>3</sub>	0,002390	0,009970
CH <sub>4</sub>	0,0554	0,2162
H <sub>2</sub> S	9,8467E-5	0,0004966
DF3 İşletmesi		
NH <sub>3</sub>	0,03856	0,4389
CH <sub>4</sub>	0,3489	1,7232
H <sub>2</sub> S	0,002472	0,01578

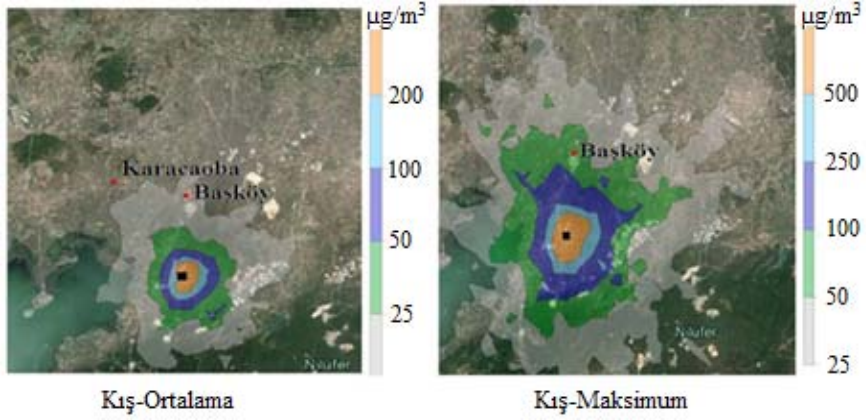
### 3. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Yapılan bu çalışmada ele alınan çiftliklerden meydana gelen ve koku problemlerine yol açabilecek  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CH}_4$  ve  $\text{H}_2\text{S}$  emisyonları yaz ve kış ayları için ortalama ve maksimum değerleri modellenmiş ve saatlik dağılım haritaları ele alınmıştır. Ancak kış mevsiminde barınak içerisindeki  $\text{H}_2\text{S}$  konsantrasyonunun çok düşük değerlerde kalması nedeniyle kullanılan cihaz ile ölçülememiştir. Bu nedenle  $\text{H}_2\text{S}$  emisyonu sadece yaz ayında hesaplanmış ve yaz ayı

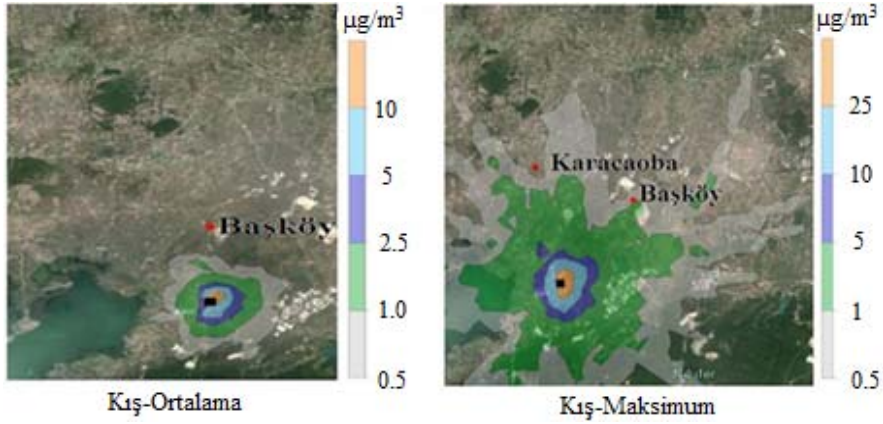
ortalama ve maksimum emisyonları kullanılarak modelleme çalışması yapılmıştır

#### 3.1. DF1 Çiftlik (DF1 Farm)

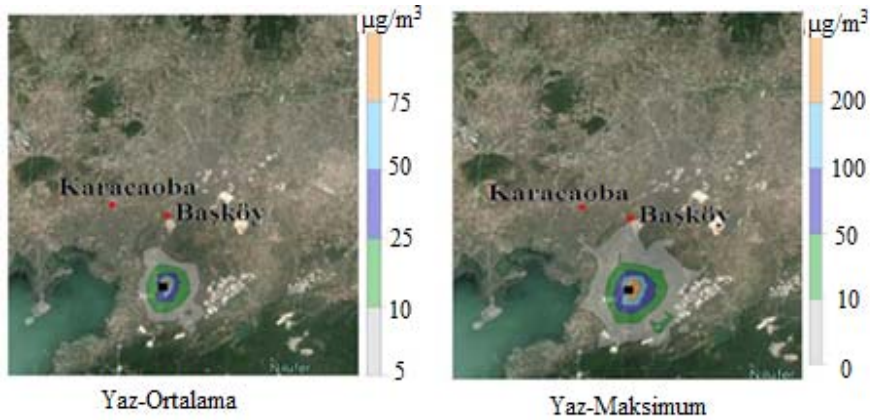
DF1 çiftliğinde kış ayları için  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$  ve yaz ayları için elde edilen  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$  ve  $\text{H}_2\text{S}$  saatlik dağılım haritaları Şekil 4, 5, 6, 7, 8'de verilmiştir. DF1 çiftliğinde kış ve yaz ayları için yapılan modelleme çalışmasında alıcı noktalarında hesaplanan saatlik kirletici konsantrasyonları ise Tablo 5'de verilmiştir.



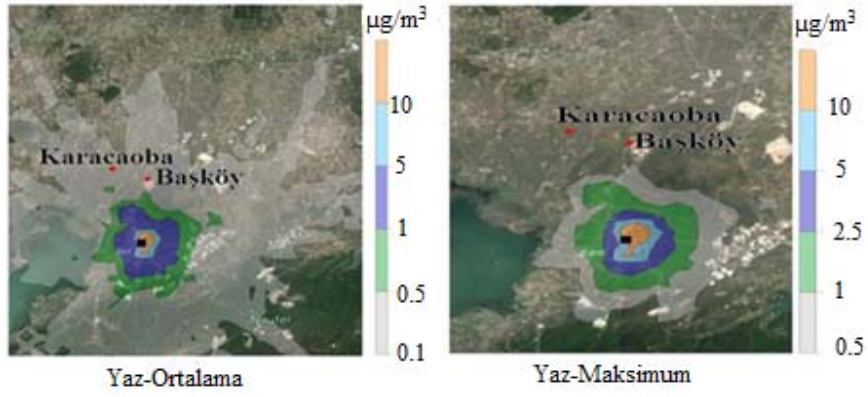
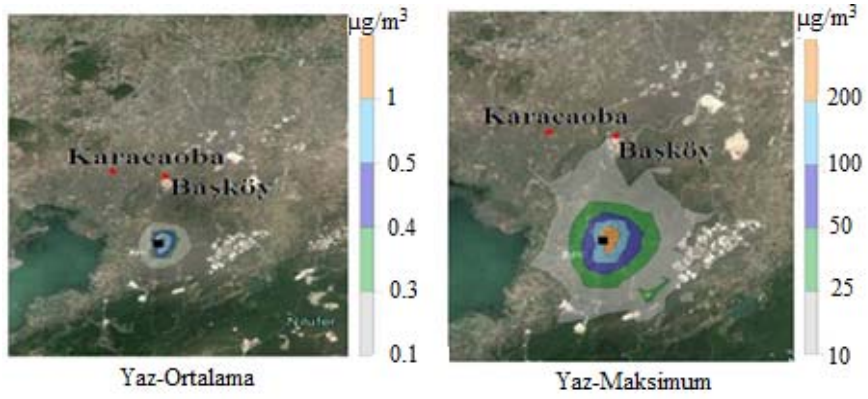
Şekil 4. DF1'den kış mevsiminde kaynaklanan saatlik  $\text{CH}_4$  dağılımı (Hourly  $\text{CH}_4$  dispersion in winter season from DF1)



Şekil 5. DF1'den kış mevsiminde kaynaklanan saatlik  $\text{NH}_3$  dağılımı (Hourly  $\text{NH}_3$  dispersion in winter season from DF1)



Şekil 6. DF1'den yaz mevsiminde kaynaklanan saatlik  $\text{CH}_4$  dağılımı (Hourly  $\text{CH}_4$  dispersion in summer season from DF1)

Şekil 7. DF1'den yaz mevsiminde kaynaklanan saatlik NH<sub>3</sub> dağılımı (Hourly NH<sub>3</sub> dispersion in summer season from DF1)Şekil 8. DF1'den yaz mevsiminde kaynaklanan saatlik H<sub>2</sub>S dağılımı (Hourly H<sub>2</sub>S dispersion in summer season from DF1)**Tablo 5.** DF1 çiftliğinin alıcı noktalarında saatlik hesaplanan CH<sub>4</sub> NH<sub>3</sub> ve H<sub>2</sub>S (yaz) konsantrasyonlar (CH<sub>4</sub> NH<sub>3</sub> ve H<sub>2</sub>S (summer) concentrations in receptor points of DF1 farm)

Kirlenici Gaz	Alıcı Noktası	Kış Konsantrasyonları		Yaz Konsantrasyonları	
		Ortalama Emisyondan Hesaplanan (µg/m <sup>3</sup> )	Maksimum Emisyondan Hesaplanan (µg/m <sup>3</sup> )	Ortalama Emisyondan Hesaplanan (µg/m <sup>3</sup> )	Maksimum Emisyondan Hesaplanan (µg/m <sup>3</sup> )
CH <sub>4</sub>	F1_A	199,8	862,3	28,23	107,9
	F1_B	313,9	1440	44,36	169,6
	F1_C	411,4	2032	58,14	222,3
	F1_D	11,36	60,13	1,65	6,139
	F1_E	5,698	30,12	0,8051	3,078
	F1_F	4,486	25,25	0,6339	2,423
NH <sub>3</sub>	F1_A	3,505	21,95	4,436	4,762
	F1_B	7,836	28,1	9,916	10,64
	F1_C	10,27	34,57	12,99	13,95
	F1_D	0,2601	1,629	0,3291	0,3534
	F1_E	0,1335	0,8365	0,169	0,1814
	F1_F	0,0557	0,2625	0,07048	0,07566
H <sub>2</sub> S	F1_A	-	-	0,2927	101,4
	F1_B	-	-	0,4599	159,3
	F1_C	-	-	0,6027	208,8
	F1_D	-	-	0,01664	5,767
	F1_E	-	-	0,00834	2,892
	F1_F	-	-	0,00657	2,777



Tablo 5'ten de anlaşılacağı üzere CH<sub>4</sub> emisyonu için, belirlenmiş alıcı noktalarındaki, kış ayları ortalama emisyonu kullanılarak yapılan modellemede hesaplanan en yüksek konsantrasyon F1\_C alıcı noktasında 414,5 µg/m<sup>3</sup>, maksimum konsantrasyon kullanılarak yapılan modelleme çalışmasında hesaplanan en yüksek konsantrasyon ise 2032 µg/m<sup>3</sup> olarak yine F1\_C noktasında görülmüştür. Yaz aylarındaki ortalama CH<sub>4</sub> emisyonu kullanılarak yapılan modellemede tahmin edilen en yüksek konsantrasyon F1\_C noktasında bulunmuş olup 58,14 µg/m<sup>3</sup> tür. Maksimum emisyon değeri alınarak yapılan tahmin çalışmalarında ise 222,3 µg/m<sup>3</sup> şeklinde F1\_C noktasında bulunmuştur. NH<sub>3</sub> emisyonu için yapılan çalışma özetlenirse, ortalama ve maksimum emisyonlardan hesaplanan NH<sub>3</sub> kış konsantrasyonları sırasıyla 10,2 µg/m<sup>3</sup> ve 34,5 µg/m<sup>3</sup> olarak F1\_C alıcı noktasında gözlemlenmiştir. Ortalama ve maksimum yaz emisyonlarından hesaplanan NH<sub>3</sub> konsantrasyonları ise sırasıyla 12,99 µg/m<sup>3</sup> ve 13,95 µg/m<sup>3</sup> olarak yine F1\_C alıcı noktasında hesaplanmıştır.

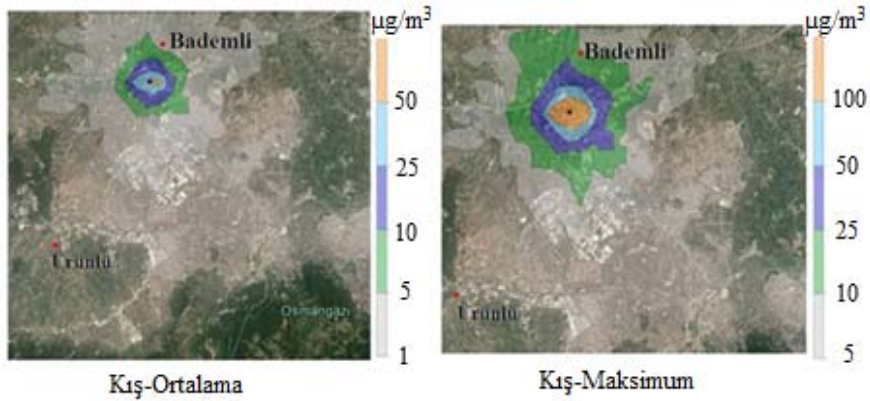
H<sub>2</sub>S emisyonu sadece yaz ayında ölçülmüş ve bu nedenle yaz ayı ortalama ve maksimum emisyonları kullanılarak modelleme çalışması yapılmıştır. Buna göre ortalama ve maksimum emisyon değerine göre hesaplanan konsantrasyonlar sırasıyla 0,602 µg/m<sup>3</sup> ve 208,85 µg/m<sup>3</sup> şeklinde hesaplanmış, bu alıcı noktasının ise yine F1\_C noktası olduğu anlaşılmıştır.

Her üç çalışmada yaz ve kış ayları için yapılan modellemede en yüksek konsantrasyonun görüldüğü alıcı noktası F1\_C dir. Alıcı noktaları ile burada hesaplanan konsantrasyonlar incelendiğinde hakim rüzgar yönü ve kaynağa olan mesafenin etkilerinin önemli olduğu anlaşılmaktadır. En yüksek konsantrasyonların görüldüğü noktalar sırasıyla F1\_C, F1\_A ve F1\_B olup tüm bu noktalar hakim rüzgar yönü olan Kuzey Doğu yönünde oldukları belirlenmiştir (Şekil 3). Ayrıca kaynağa olan mesafelerinin de sırasıyla 460 m, 230 m ve 470 m'dir ve bu noktalarda hesaplanan konsantrasyonların diğer alıcı noktalarına nazaran fazla olmasını açıklamaktadır.

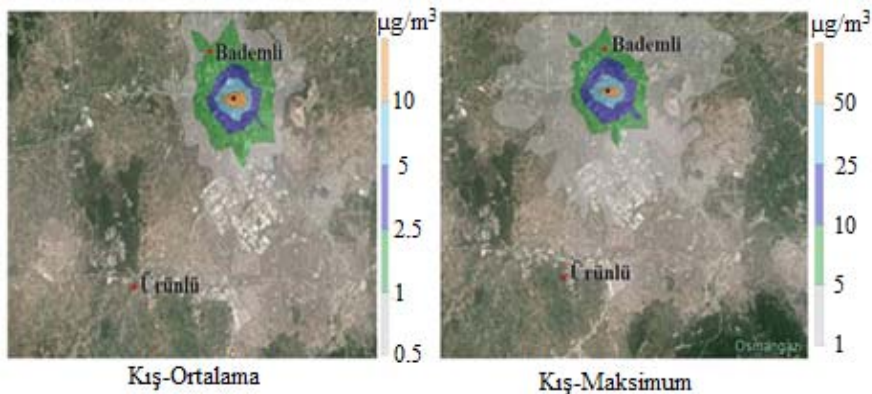
### 3.2. DF2 Çiftlik (DF2 Farm)

DF2 çiftliğinde kış aylarında CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub> ve kışa aylarında yapılan CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub> ve H<sub>2</sub>S ölçümlerinden ortalama ve maksimum değerler alınmış ve bu değerler CALPUFF VIEW modelleme programına girerek saatlik dağılım haritaları elde edilmiştir. Elde edilen dağılım haritaları Şekil 9, 10, 11, 12 ve 13'de verilmiştir.

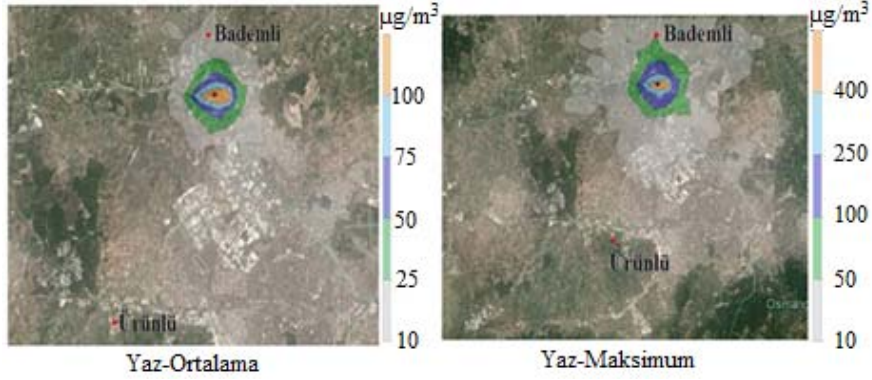
DF2 çiftliğinde kış ve yaz aylarında ölçülen CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub> ve H<sub>2</sub>S ortalama ve maksimum emisyon değerleri kullanılarak yapılan modelleme çalışması sonucunda alıcı noktalarındaki saatlik olarak hesaplanan kirletici konsantrasyonları Tablo 6'da verilmiştir.



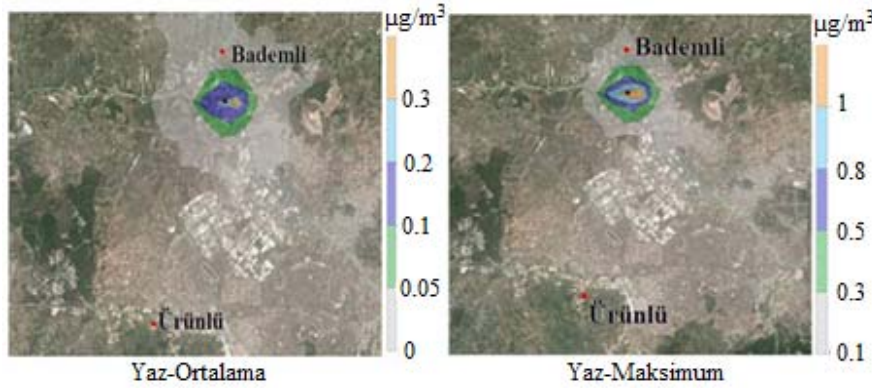
Şekil 9. DF2'den kış mevsiminde kaynaklanan saatlik CH<sub>4</sub> dağılımı (Hourly CH<sub>4</sub> dispersion in winter season from DF2)



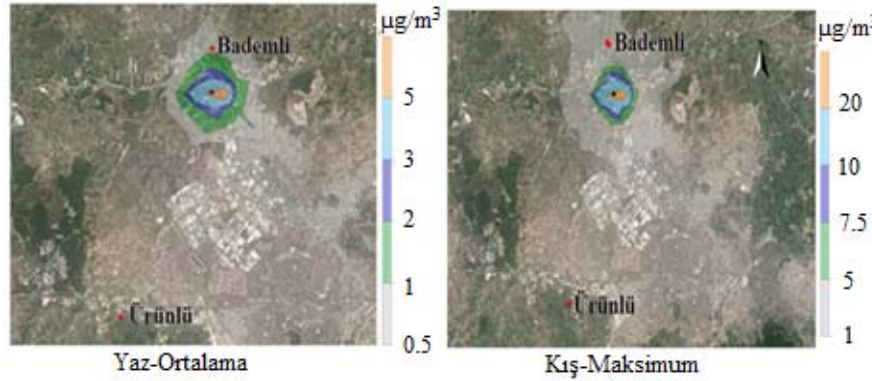
Şekil 10. DF2'den kış mevsiminde kaynaklanan saatlik NH<sub>3</sub> dağılımı (Hourly NH<sub>3</sub> dispersion in winter season from DF2)



Şekil 11. DF2'den yaz mevsiminde kaynaklanan saatlik CH<sub>4</sub> dağılımı (Hourly CH<sub>4</sub> dispersion in summer season from DF2)



Şekil 12. DF2'den yaz mevsiminde kaynaklanan saatlik H<sub>2</sub>S dağılımı (Hourly H<sub>2</sub>S dispersion in summer season from DF2)



Şekil 13. DF2'den yaz mevsiminde kaynaklanan saatlik NH<sub>3</sub> dağılımı (Hourly NH<sub>3</sub> dispersion in summer season from DF2)

Tablo 6'da verilen bilgilere göre, CH<sub>4</sub> emisyonu için yapılan çalışmada, ortalama ve maksimum emisyonlardan hesaplanan CH<sub>4</sub> kış konsantrasyonları sırasıyla 32,15 µg/m<sup>3</sup> ve 146,92 µg/m<sup>3</sup> olarak F2\_C alıcı noktasında gözlemlenmiştir. Ortalama ve maksimum yaz emisyonlarından hesaplanan konsantrasyonlar ise sırasıyla 84,81 µg/m<sup>3</sup> ve 331,02 µg/m<sup>3</sup> olarak yine F2\_C alıcı noktasında hesaplanmıştır.

NH<sub>3</sub> emisyonu için yapılan çalışma incelenirse, ortalama ve maksimum emisyonlardan hesaplanan NH<sub>3</sub> kış konsantrasyonları sırasıyla 9,18 µg/m<sup>3</sup> ve 39,8 µg/m<sup>3</sup> olarak F2\_C alıcı noktasında gözlemlenmiştir. Ortalama ve maksimum yaz emisyonlarından hesaplanan konsantrasyonlar ise sırasıyla 3,65 µg/m<sup>3</sup> ve 15,26 µg/m<sup>3</sup>

olarak yine F2\_C alıcı noktasında hesaplanmıştır. H<sub>2</sub>S emisyonu sadece yaz ayında ölçülmüş ve bu nedenle yaz ayı ortalama ve maksimum emisyonları kullanılarak modelleme çalışması yapılmıştır. Buna göre ortalama ve maksimum emisyon değerine göre hesaplanan konsantrasyonlar sırasıyla 0,15 µg/m<sup>3</sup> ve 0,76 µg/m<sup>3</sup> şeklinde hesaplanmış, bu alıcı noktasının ise yine F2\_C noktası olduğu anlaşılmıştır.

Her üç çalışmada yaz ve kış ayları için yapılan modellemede en yüksek konsantrasyonun modellendiği alıcı noktaları sırasıyla F2\_C, F2\_B ve F2\_A olarak görülmektedir. Tüm bu noktalar hakim rüzgar yönünde olup kaynağa oldukça yakın noktadadırlar (sırasıyla F2\_C, F2\_A ve F2\_B). Bu durum sözü geçen alıcı noktalarında hesaplanan

konsantrasyonların diğer alıcı noktalarında hesaplanan konsantrasyonlara oranla daha fazla olmasını açıklayabilmektedir.

### 3.3. DF3 Çiftlik (DF3 Farm)

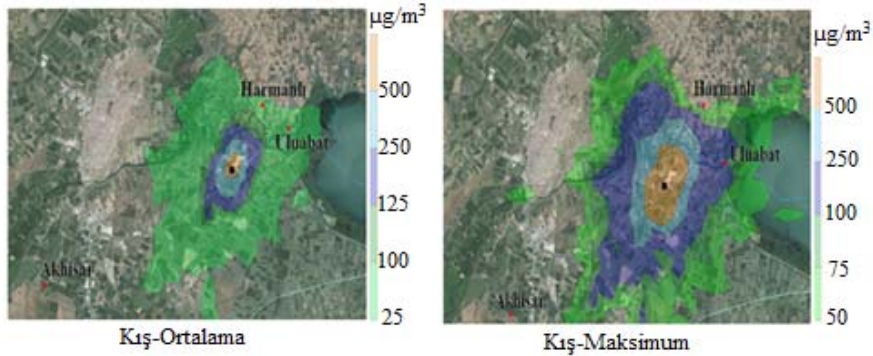
Yapılan bu çalışmada DF3 çiftliğinde kış aylarında CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub> ölçümleri ile yaz ayları CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S ölçümlerinden ortalama ve maksimum değerler alınmış ve bu değerler

CALPUFF VIEW modelleme programına girerek saatlik dağılım haritaları elde edilmiştir. Elde edilen dağılım haritaları Şekil 14, 15, 16, 17 ve 18’de verilmiştir.

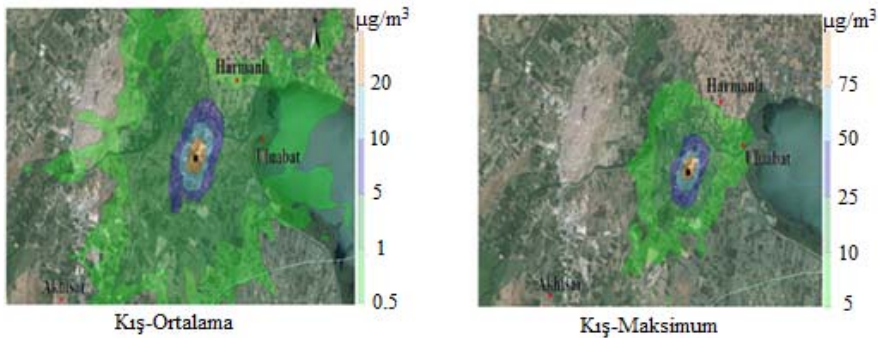
DF3 çiftliğinde kış ve yaz aylarında ölçülen CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub> ve H<sub>2</sub>S ortalama ve maksimum emisyon değerleri kullanılarak modelleme çalışması yapılmış ve alıcı noktalarında hesaplanan saatlik kirletici konsantrasyonları ise Tablo 7’de verilmiştir.

**Tablo 6.** DF2 çiftliğinin alıcı noktalarında saatlik hesaplanan CH<sub>4</sub> NH<sub>3</sub> ve H<sub>2</sub>S (yaz) konsantrasyonlar (CH<sub>4</sub> NH<sub>3</sub> ve H<sub>2</sub>S (summer) concentrations in receptor points of DF2 farm)

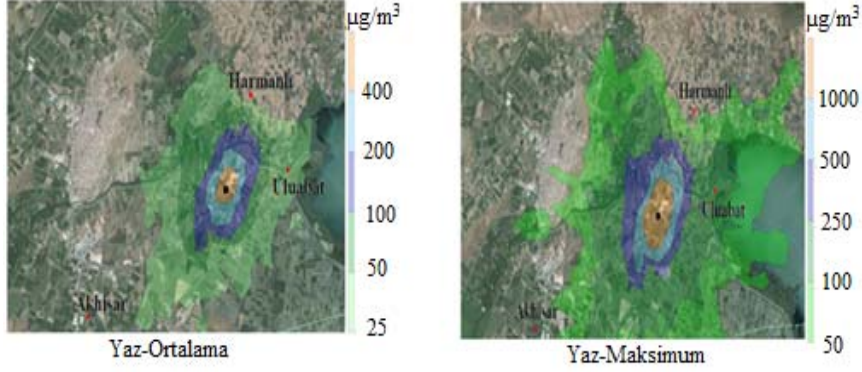
Kirletici Gaz	Alıcı Noktası	Kış Konsantrasyonları		Yaz Konsantrasyonları	
		Ortalama Emisyon Hesaplanan (µg/m <sup>3</sup> )	Maksimum Emisyon Hesaplanan (µg/m <sup>3</sup> )	Ortalama Emisyon Hesaplanan (µg/m <sup>3</sup> )	Maksimum Emisyon Hesaplanan (µg/m <sup>3</sup> )
CH <sub>4</sub>	F2_A	15,949	72,879	42,073	164,2
	F2_B	17,089	78,092	45,082	175,95
	F2_C	32,152	146,92	84,817	331,02
	F2_D	7,259	33,172	19,15	74,739
	F2_E	5,237	23,934	13,817	53,924
NH <sub>3</sub>	F2_A	4,5566	19,744	1,8151	7,5718
	F2_B	4,8826	21,157	1,9449	8,1134
	F2_C	9,1859	39,804	3,6591	15,264
	F2_D	2,074	8,9869	0,82617	3,4464
	F2_E	1,4964	6,484	0,59608	2,4866
H <sub>2</sub> S	F2_A	-	-	0,07478	0,37713
	F2_B	-	-	0,0801	0,40411
	F2_C	-	-	0,15075	0,76028
	F2_D	-	-	0,03403	0,17166
	F2_E	-	-	0,02455	0,1238



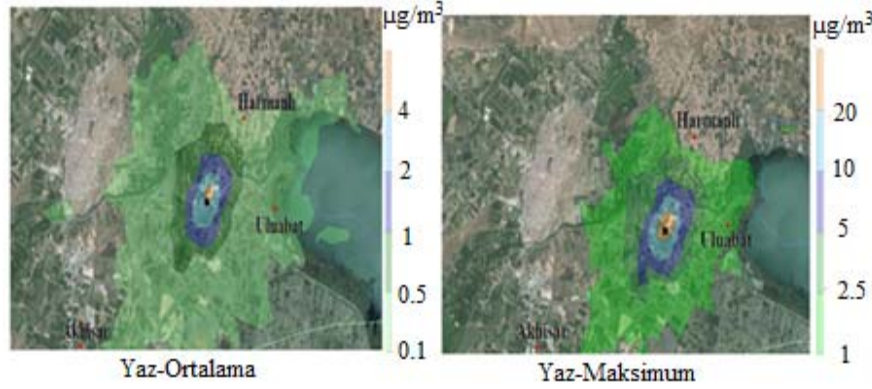
**Şekil 14.** DF3’den kış mevsiminde kaynaklanan saatlik CH<sub>4</sub> dağılımı (Hourly CH<sub>4</sub> dispersion in winter season from DF3)



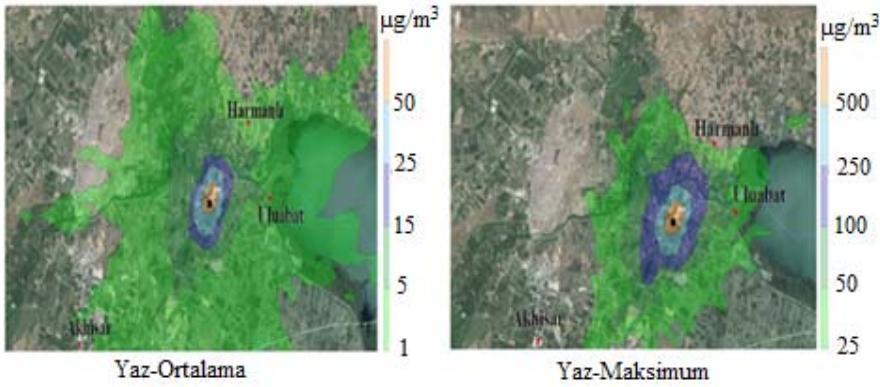
**Şekil 15.** DF3’den kış mevsiminde kaynaklanan saatlik NH<sub>3</sub> dağılımı (Hourly NH<sub>3</sub> dispersion in winter season from (DF3)



Şekil 16. DF3'den yaz mevsiminde kaynaklanan saatlik CH<sub>4</sub> dağılımı (Hourly CH<sub>4</sub> dispersion in summer season from DF3)



Şekil 17. DF3'den yaz mevsiminde kaynaklanan saatlik H<sub>2</sub>S dağılımı (Hourly H<sub>2</sub>S dispersion in summer season from DF2)



Şekil 18. DF3'den yaz mevsiminde kaynaklanan saatlik NH<sub>3</sub> dağılımı (Hourly NH<sub>3</sub> dispersion in summer season from DF3)

Tablo 7 incelenirse, CH<sub>4</sub> emisyonu için yapılan modelleme çalışmasında, ortalama ve maksimum emisyonlardan hesaplanan CH<sub>4</sub> kış konsantrasyonları sırasıyla 122,06 µg/m<sup>3</sup> ve 394,24 µg/m<sup>3</sup> olarak F3\_A alıcı noktasında gözlemlenmiştir. Ortalama ve maksimum yaz emisyonlarından hesaplanan konsantrasyonlar ise sırasıyla 114,15 µg/m<sup>3</sup> ve 563,94 µg/m<sup>3</sup> olarak yine F3\_A alıcı noktasında hesaplanmıştır.

NH<sub>3</sub> emisyonu için yapılan modelleme çalışmasında ise, ortalama ve maksimum emisyonlardan hesaplanan NH<sub>3</sub> kış konsantrasyonları sırasıyla 6,21 µg/m<sup>3</sup> ve 18,32 µg/m<sup>3</sup> olarak F3\_A alıcı noktasında gözlemlenmiştir. Ortalama ve

maksimum yaz emisyonlarından hesaplanan konsantrasyonlar ise sırasıyla 12,61 µg/m<sup>3</sup> ve 143,61 µg/m<sup>3</sup> olarak yine F3\_A alıcı noktasında olduğu anlaşılmıştır.

Yaz ayı ortalama ve maksimum H<sub>2</sub>S emisyonları kullanılarak yapılan modelleme çalışmasında ortalama ve maksimum emisyon değerine göre hesaplanan konsantrasyonlar sırasıyla 0,808 µg/m<sup>3</sup> ve 5,16 µg/m<sup>3</sup> şeklinde hesaplanmış, bu alıcı noktasının ise yine F3\_A noktası olduğu anlaşılmıştır.

Her üç çalışmada yaz ve kış ayları için yapılan modellemede en yüksek konsantrasyonun modellendiği alıcı noktası F3\_A

**Tablo 7.** DF3 çiftliğinin alıcı noktalarında saatlik hesaplanan CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub> ve H<sub>2</sub>S (yaz) konsantrasyonlar (CH<sub>4</sub> NH<sub>3</sub> ve H<sub>2</sub>S (summer) concentrations in receptor points of DF3 farm)

Kirlenici Gaz	Alıcı Noktası	Kış Konsantrasyonları		Yaz Konsantrasyonları	
		Ortalama Emisyondan Hesaplanan ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Maksimum Emisyondan Hesaplanan ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Ortalama Emisyondan Hesaplanan ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Maksimum Emisyondan Hesaplanan ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
CH <sub>4</sub>	F3_A	122,06	394,24	114,15	563,94
	F3_B	11,713	37,832	10,95	54,116
	F3_C	17,358	56,064	16,233	80,196
	F3_D	6,3135	20,392	5,9044	29,17
	F3_E	14,772	47,713	13,815	68,251
NH <sub>3</sub>	F3_A	6,217	18,321	12,617	143,61
	F3_B	0,5965	1,7581	1,2107	13,781
	F3_C	0,884	2,6054	1,7942	20,422
	F3_D	0,3215	0,9476	0,6526	7,4280
	F3_E	0,7524	2,2173	1,5270	17,380
H <sub>2</sub> S	F3_A	-	-	0,8088	5,1633
	F3_B	-	-	0,0776	0,4954
	F3_C	-	-	0,1150	0,7342
	F3_D	-	-	0,0418	0,267
	F3_E	-	-	0,0978	0,62489

dır. Bu alıcı noktasının kaynağa olan mesafe 1200 m dir. F3\_A alıcı noktasının konumu incelendiğinde maksimum konsantrasyon alanının içerisinde olduğu görülmektedir. Diğer yüksek konsantrasyon hesaplanan alıcı noktaları F3\_C ve F3\_E dir ve bu noktaların konumlarına bakıldığında hakim rüzgar yönünde oldukları anlaşılmaktadır. Bu da yüksek konsantrasyon hesaplamasını açıklayabilmektedir.

#### 4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Modelleme çalışması Bursa ilinde faaliyet gösteren ve benzer özelliklere sahip üç adet süt sığırlı işletmesinde (DF1, DF2 ve DF3), kış ve yaz mevsimlerinde olmak üzere iki farklı periyotta yapılan ölçümlerin sonucu elde edilen konsantrasyon verileri ışığında kokuya yol açabilecek CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, kirlenicilerine ait emisyonlar ile bunların yakın çevreye olan dağılımları CALPUFF VIEW modelleme programı yardımıyla incelenmiştir.

DF1 işletmesi için CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub> ve H<sub>2</sub>S kirlenici gaz emisyonlarının tümü için belirlenmiş alıcı noktalarında, kış ve yaz aylarındaki gerek ortalama emisyon gerekse maksimum emisyonlar kullanılarak yapılan modellemede hesaplanan en yüksek konsantrasyonlar F1\_C alıcı noktasında görülmüştür. DF2 işletmesinden kaynaklı CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub> ve H<sub>2</sub>S modellemesinde kış ve yaz aylarında ortalama ve maksimum emisyonlardan hesaplanan en yüksek konsantrasyonlar F2\_C noktasında elde edilmiştir. Son olarak DF3 işletmesinden kaynaklanan CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub> ve H<sub>2</sub>S emisyonlarının hepsi için gerek ortalama gerekse maksimum emisyonlar kullanılarak modellenen en yüksek konsantrasyonlar her üç gaz içinde F3\_A noktasında maksimum değerlere ulaşmıştır. Çalışma sonucunda hayvan barınaklarından kaynaklanan kirlenici gazların Bursa bölgesi koşulları altında barnaktan 2 km uzaklığa kadar önemli

konsantrasyonlarda dağılabildikleri ortaya çıkarılmıştır. Böylece, mevcut yasal düzenlemelerde yeni yapılacak hayvan barınaklarının yerleşim yerinden 1 km uzaklıkta inşa edilmesi kuralı 2 km olarak değiştirilmesi önerilmektedir. Çalışma sonucunda çalışma alanında bulunan süt sığırlı barınakları kaynaklı kokuya neden olan kirlenici gaz dağılımları elde edilmiştir. Literatürde kirlenici gaz giderimi için birçok yöntem bulunmaktadır. Çiftliklerdeki en önemli kirlenici gaz kaynağını gübre oluşturmaktadır. Gübre, mikroorganizmalar için besin kaynağıdır ve bu organizmalar tarafından parçalandığında çevreye kötü kokulu gazlar yayılmaktadır. Bakteriyel çoğalmayı önlemenin birçok yolu vardır. Bunlar dezenfeksiyon, pH yükseltilmesi ve susuzlaştırma gibi işlemlerdir. Bu işlemler uygulandığında gaz çıkışına yol açan etkenler de ortadan kalkmaktadır. Hayvan barınağından atılan kirli iç ortam havası biyofiltreler aracılığı ile arıtılarak dış ortama daha temiz bir hava verilebilir. İlerleyen çalışmalarda biyofiltre tasarımı konusunda çalışılması planlanmaktadır. Ayrıca gübrenin kontrollü bir şekilde anaerobik ortamda çürütülmesi ve meydana gelecek gazların enerji üretiminde kullanılabilmesi de mümkündür. Bunun yanında gübrelerin aerobik ortamda da çürütülmesi ile koku kaynağı olabilecek ve havasız ortamda meydana gelecek kokulu gazların önlenmesi de sağlanacaktır. Çalışma alanındaki çiftliklerden meydana gelen kirlenici gazların önlenmesinde kullanılacak bir diğer yöntem de fiziksel, kimyasal veya biyolojik proseslerle tutulmasıdır. Havalandırma bacalarına kurulacak bu tür prosesler yardımıyla gazlar tutularak alıcı ortama verilmesi önlenebilir. Ancak sayılan bu yöntemlerin kullanılabilmesi için yapılan bu modelleme çalışmasının bir sonraki aşaması olan alıcı noktalarda olfaktometre ölçümlerinin de yapılması ve orada yaşayan bireyler üzerinde anket çalışmasının da gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Böylelikle bu modelleme sonuçlarının validasyonu da mümkün olabilecektir.

## 5. KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Ghannan M., El-Fadel M., Emissions characterization and regulatory Compliance at an industrial complex: An integrated MM5/CALPUFF approach. *Atmospheric Environment*, 69, 156-169, 2013.
2. Dairy Australia, Effluent and Manure Management Database for the Australian Dairy Industry, 2008. <http://www.dairyngfortomorrow.com>. Accessed 10 April 2014.
3. Drew G.H., Smith R., Gerard V., Burgea C., Lowea M., Kinnersley R., Sneathd R., Longhursta P.J., Appropriateness of selecting different averaging times for modelling chronic and acute exposure to environmental odours. *Atmospheric Environment*, 41, 2870-2880, 2007
4. Blanes-Vidal V., Suh H., Nadimi E.S., Løfstrømd P., Ellermann T., Andersend H.V., Schwartzb J., Residential exposure to outdoor air pollution from livestock operations and perceived annoyance among citizens. *Environment International*, 40, 44-50, 2012.
5. Dourado H., Santos J.M., Reis N.C., Mavroidis I., Development of a Fluctuating plume model for odour dispersion around buildings. *Atmospheric Environment*, 89, 148-157, 2014.
6. Capelli L., Sironi S., Del Rosso R., Guillot J.M., Measuring odours in environment vs. dispersion modelling: A review. *Atmospheric Environment*, 79, 731-743, 2013.
7. Environmental guidance for your business in Northern Ireland & Scotland. Noise, odour and other nuisances. [http://www.netregs.org.uk/business\\_sectors/agriculture.aspx](http://www.netregs.org.uk/business_sectors/agriculture.aspx). Accessed 20 April 2014.
8. Blanes-Vidal V., Guardia M., Dai X.R., Nadimi E.S., Emissions of NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S during swine wastewater management: Characterization of transient emissions after air-liquid interface disturbances. *Atmospheric Environment*, 54, 408-418, 2012.
9. Carozzi M., Ferrara R.M., Rara G., Acutis M., Evaluation of mitigation strategies to reduce ammonia losses from slurry fertilisation on arable lands. *Science of the Environment*, 449, 126-133, 2013.
10. Blunden J., Aneja V.P., Overton J.H., Modeling hydrogen sulfide emissions across the gas-liquid interface of an anaerobic swine waste treatment storage system. *Atmospheric Environment*, 42, 5602-5611, 2008.
11. Toombs M., Factsheet, odour control on livestock and poultry farms. <http://www.omafra.gov.on.ca>. Yayın tarihi Ocak 01, 2003. Erişim tarihi Mayıs 15, 2014.
12. Official CALPUFF Modeling System. <http://www.src.com/calpuff/calpuff1.htm>. Accessed 10 January 2014.
13. Scire S.J., Strimaitis D.G., Yamartino R.J., A User's Guide for The Calpuff Dispersion Model, 3th ed., Earth Tech Inc., Concord, 2000.
14. Cui H., Yao R., Xu X., et al., A tracer experiment study to evaluate the CALPUFF real time application in a near field complex terrain settings. *Atmospheric Environment*, 45 (39), 7525-7532, 2011.