

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GIDA ENDÜSTRİSİ KAYNAKLI KOKU EMİSYONLARININ KONTROL  
STRATEJİLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İlker AKMIRZA**

**Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Çevre Bilimleri ve Mühendisliği Programı**

**HAZİRAN 2012**



**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GIDA ENDÜSTRİSİ KAYNAKLI KOKU EMİSYONLARININ KONTROL  
STRATEJİLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İlker AKMIRZA  
501091749**

**Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Çevre Bilimleri ve Mühendisliği Programı**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. KADİR ALP**

**HAZİRAN 2012**







İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501091749 numaralı Yüksek Lisans / ~~Doktora~~ Öğrencisi **İlker Akmurza** ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “ **GIDA ENDÜSTRİSİ KAYNAKLI KOKU EMİSYONLARININ KONTROL STRATEJİLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ** ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

**Tez Danışmanı :** **Prof. Dr. Kadir ALP** .....  
İstanbul Teknik Üniversitesi

**Jüri Üyeleri :** **Prof. Dr. Kadir ALP** .....  
İstanbul Teknik Üniversitesi

**Prof. Dr. İsmail TORÖZ** .....  
İstanbul Teknik Üniversitesi

**Prof. Dr. Selahattin İNCECİK** .....  
İstanbul Teknik Üniversitesi

**Teslim Tarihi :** **03 Mayıs 2012**  
**Savunma Tarihi :** **06 Haziran 2012**





## ÖNSÖZ

Tez çalışmalarım sırasında bana yol gösteren, her türlü yardımı ve desteğini esirgemeyen değerli hocam ve danışmanım Prof.Dr. Kadir ALP'e sonsuz şükran ve teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca tez çalışmalarımın her safhasında yardımlarıyla tezimin olgunlaşmasına fikirleri ve yardımlarıyla çok büyük katkıda bulunan değerli hocam Ar.gör .Edip AVŞAR'a; tez sürecinde karşılaştığım zorlukların üstesinden gelmemde her daim benimle birlikte olan desteklerini esirgemeyen Ar.Gör Emel TOPUZ'a, Ar. Gör.Dr. Zeynep ÇETECİOĞLU'na, Ar. Gör. Fatih Yılmaz'a ve Ezgi ERDOĞAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Beni bugünlere getiren ve her daim desteklerini hissettiğim annem Şule AKMIRZA ve babam Ahmet AKMIRZA'ya ve de dedem Hamdi İNCE'ye en içten sevgilerimle teşekkürü bir borç bilirim

Haziran 2012

İlker AKMIRZA  
(Çevre Mühendisi)



## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

|                                                                                                               |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| ÖNSÖZ.....                                                                                                    | v         |
| İÇİNDEKİLER .....                                                                                             | vii       |
| KISALTMALAR .....                                                                                             | ix        |
| ÇİZELGE LİSTESİ.....                                                                                          | xi        |
| ŞEKİL LİSTESİ.....                                                                                            | xiii      |
| ÖZET.....                                                                                                     | xv        |
| SUMMARY .....                                                                                                 | xvii      |
| <b>1 GİRİŞ .....</b>                                                                                          | <b>1</b>  |
| 1.1 Tezin Amacı ve Kapsamı .....                                                                              | 1         |
| <b>2 KOKUNUN TANIMI VE ÖNEMİ, KOKU İLE İLGİLİ YASAL DÜZENLEMELER, KOKU KONTROLÜ VE ÖLÇÜM TEKNİKLERİ .....</b> | <b>3</b>  |
| 2.1 Kokunun Tanımı ve Önemi.....                                                                              | 3         |
| 2.2 Koku Kaynakları .....                                                                                     | 4         |
| 2.3 Koku Parametreleri .....                                                                                  | 5         |
| 2.3.1 Koku konsantrasyonu.....                                                                                | 5         |
| 2.3.2 Koku yoğunluğu.....                                                                                     | 6         |
| 2.3.3 Koku hedonik tonu.....                                                                                  | 6         |
| 2.3.4 Koku karakter tanımlaması .....                                                                         | 7         |
| 2.4 Koku Emisyon Kaynakları.....                                                                              | 7         |
| 2.4.1 Atıksu arıtma tesisleri .....                                                                           | 7         |
| 2.4.2 Katı atık depolama sahaları ve kompost tesisleri.....                                                   | 11        |
| 2.4.3 Endüstriyel prosesler.....                                                                              | 11        |
| 2.4.3.1 Gıda Sektörü .....                                                                                    | 12        |
| 2.5 Koku ile İlgili Yasal Düzenlemeler.....                                                                   | 12        |
| 2.5.1 Avrupada koku ile ilgili yasal düzenlemeler.....                                                        | 13        |
| 2.5.2 Amerikada koku ile ilgili yasal düzenlemeler.....                                                       | 13        |
| 2.5.3 Ülkemizdeki koku ile ilgili yasal düzenlemeler.....                                                     | 14        |
| 2.6 Koku Ölçüm Teknikleri .....                                                                               | 15        |
| 2.6.1 Analitik teknikler .....                                                                                | 15        |
| 2.6.2 Elektronik burun.....                                                                                   | 15        |
| 2.6.3 Olfaktometrik teknik .....                                                                              | 16        |
| 2.6.3.1 Ölçüm Mekanizmaları.....                                                                              | 17        |
| 2.7 Koku Kontrol Yöntemleri .....                                                                             | 19        |
| 2.7.1 Kaynakta Önleme.....                                                                                    | 20        |
| 2.7.2 Arıtma .....                                                                                            | 20        |
| 2.7.2.1 Fizikokimyasal koku arıtma yöntemleri.....                                                            | 20        |
| 2.7.2.2 Biyolojik koku arıtma yöntemleri .....                                                                | 21        |
| <b>3 HAVA KALİTESİ MODELLEMELERİ İLE KOKU KONTROLÜ .....</b>                                                  | <b>27</b> |
| 3.1 Model Uygulamaları Gelişimi ve Önemi .....                                                                | 27        |
| 3.2 Model Kullanım Alanları .....                                                                             | 28        |

|          |                                                                                                                                           |           |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.3      | Çeşitli Dağılım Modellerinin Tanımı .....                                                                                                 | 29        |
| 3.3.1    | ISC 3 Modeli .....                                                                                                                        | 29        |
| 3.3.2    | AERMOD Modeli .....                                                                                                                       | 29        |
| 3.3.3    | CALPUFF Modeli .....                                                                                                                      | 30        |
| <b>4</b> | <b>GIDA ENDÜSTRİLERİNDE KOKU PROBLEMİ .....</b>                                                                                           | <b>31</b> |
| 4.1      | Büyükbaş ve Küçükbaş Hayvancılık Tesisleri .....                                                                                          | 32        |
| 4.2      | Mezbahalar ve Et İşleme Üniteleri .....                                                                                                   | 33        |
| 4.3      | Şeker ve Şeker Ürünleri Üretimi .....                                                                                                     | 34        |
| <b>5</b> | <b>FERMANTASYON PROSESİ VE KOKU KAYNAKLARI .....</b>                                                                                      | <b>35</b> |
| 5.1      | Fermantasyon Prosesi Emisyonları .....                                                                                                    | 37        |
| <b>6</b> | <b>AERMOD MODELİ .....</b>                                                                                                                | <b>41</b> |
| 6.1      | Model ile İlgili Gerekli Tanımlar ve Açıklamalar .....                                                                                    | 41        |
| 6.1.1    | Topoğrafik bileşenler ve inceleme alanının tespiti .....                                                                                  | 42        |
| 6.1.2    | Meteorolojik bileşenler .....                                                                                                             | 43        |
| 6.1.3    | Kaynak ve reseptör bileşenleri .....                                                                                                      | 43        |
| <b>7</b> | <b>AERMOD MODELİ İLE BİR FERMANTASYON ENDÜSTRİSİNDE<br/>KOKU EMİSYONLARIN TESPİTİ VE KONTROL STRATEJİLERİNİN<br/>GELİŞTİRİLMESİ .....</b> | <b>45</b> |
| 7.1      | Senaryo 1 .....                                                                                                                           | 48        |
| 7.2      | Senaryo 2 .....                                                                                                                           | 55        |
| 7.3      | Senaryo 3 .....                                                                                                                           | 62        |
| <b>8</b> | <b>SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....</b>                                                                                                         | <b>69</b> |
|          | <b>KAYNAKLAR .....</b>                                                                                                                    | <b>73</b> |
|          | <b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>                                                                                                                     | <b>77</b> |

## **KISALTMALAR**

|               |                                                         |
|---------------|---------------------------------------------------------|
| <b>KSOEKY</b> | :Kokuya Sebep Olan Emisyonların Kontrolü Yönetmeliği    |
| <b>KB</b>     | :Koku Birimi                                            |
| <b>TS-EN</b>  | :Türk Standartları Enstitüsü                            |
| <b>GC/MS</b>  | :Gaz Kromatograf-Kütle Spektrometre                     |
| <b>UOM</b>    | :Uçucu Organik Madde                                    |
| <b>USEPA</b>  | :Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı        |
| <b>VDI</b>    | :Alman Mühendisler Birliği                              |
| <b>SKHKKY</b> | :Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği |
| <b>HKKD</b>   | :Hava Kirlenmesi Katkı Değeri                           |
| <b>UVD</b>    | :Uzun Vadeli Değer                                      |
| <b>UVS</b>    | :Uzun Vadeli Sınır Değer                                |
| <b>KVD</b>    | :Kısa Vadeli Değer                                      |
| <b>KVS</b>    | :Kısa Vadeli Sınır Değeri                               |



## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

|                                                                                                      |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Çizelge 2.1 : Atıksu Arıtma tesislerinin çeşitli ünitelerinde karakteristik koku<br>emisyonları..... | 9  |
| Çizelge 2.2 : Amerikadaki Eyaletlerdeki Yasal Sınırlar (Mahin, 2003).....                            | 14 |
| Çizelge 3.1 : Hava Kalitesi Modelleri Uygulama Boyutları.....                                        | 28 |
| Çizelge 4.1 : Koku Emisyonu Oluşturan Endüstriyel Prosesler (Nicolay, 2006).....                     | 31 |
| Çizelge 5.1 : Maya Fermantasyonu Emisyon Miktarları.....                                             | 38 |





## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

|                                                                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 2.1 : Atıksu arıtma tesislerinde yer alan üniteler ve bu ünitelerin koku emisyonlarındaki payları..... | 10 |
| Şekil 2.2 : Arıtma Tesislerinin Kapasitelerine göre koku birimi cinsinden emisyonları .....                  | 10 |
| Şekil 5.1 : Saccharomyces cerevisiae bakterilerin genel bir görünüşü.....                                    | 35 |
| Şekil 5.2 : Maya endüstrisi akım şeması.....                                                                 | 37 |
| Şekil 7.1 : Bölgenin Topoğrafyası .....                                                                      | 46 |
| Şekil 7.2 : Bölgenin rüzgar haritası .....                                                                   | 46 |
| Şekil 7.3 : Modelleme Alanı .....                                                                            | 47 |
| Şekil 7.4 : Maksimum 1 saatlik en yüksek birinci konsantrasyon.....                                          | 48 |
| Şekil 7.5 : Maksimum 1 saatlik en yüksek ikinci konsantrasyon .....                                          | 49 |
| Şekil 7.6 : Maksimum 1 saatlik en yüksek üçüncü konsantrasyon .....                                          | 49 |
| Şekil 7.7 : Yıllık konsantrasyon .....                                                                       | 50 |
| Şekil 7.8 : Senaryo Bir - Bir numaralı pilot reseptör yıllık koku konsantrasyonları .                        | 51 |
| Şekil 7.9 : Senaryo Bir - İki numaralı pilot reseptör yıllık koku konsantrasyonları..                        | 51 |
| Şekil 7.10 : Senaryo Bir - Üç numaralı pilot reseptör yıllık koku konsantrasyonları                          | 52 |
| Şekil 7.11 : Senaryo Bir - Dört numaralı pilot reseptör yıllık koku konsantrasyonları .....                  | 53 |
| Şekil 7.12 : Senaryo Bir - Beş numaralı pilot reseptör yıllık koku konsantrasyonları .....                   | 54 |
| Şekil 7.13 : Senaryo Bir - Altı numaralı pilot reseptör yıllık koku konsantrasyonları .....                  | 54 |
| Şekil 7.14 : Senaryo 2 Maksimum 1 saatlik en yüksek birinci konsantrasyon.....                               | 55 |
| Şekil 7.15 : Senaryo 2 Maksimum 1 saatlik en yüksek ikinci konsantrasyon .....                               | 55 |
| Şekil 7.16 : Senaryo 2 Maksimum 1 saatlik en yüksek üçüncü konsantrasyon .....                               | 56 |
| Şekil 7.17 : Senaryo 2 Yıllık konsantrasyon .....                                                            | 56 |
| Şekil 7.18 : Senaryo İki - Bir numaralı pilot reseptör yıllık koku konsantrasyonları                         | 57 |
| Şekil 7.19 : Senaryo İki - İki numaralı pilot reseptör yıllık koku konsantrasyonları                         | 58 |
| Şekil 7.20 : Senaryo İki - Üç numaralı pilot reseptör yıllık koku konsantrasyonları                          | 59 |
| Şekil 7.21 : Senaryo İki - Dört numaralı pilot reseptör yıllık koku konsantrasyonları .....                  | 60 |
| Şekil 7.22 : Senaryo İki - Beş numaralı pilot reseptör yıllık koku konsantrasyonları                         | 61 |
| Şekil 7.23 : Senaryo İki - Altı numaralı pilot reseptör yıllık koku konsantrasyonları .....                  | 61 |
| Şekil 7.24 : Senaryo 3 Maksimum 1 saatlik en yüksek konsantrasyon .....                                      | 62 |
| Şekil 7.25 : Senaryo 3 Maksimum 1 saatlik en yüksek ikinci konsantrasyon .....                               | 62 |
| Şekil 7.26 : Senaryo 3 Maksimum 1 saatlik en yüksek üçüncü konsantrasyon .....                               | 63 |
| Şekil 7.27 : Senaryo 3 yıllık konsantrasyon .....                                                            | 63 |
| Şekil 7.28 : Senaryo Üç - Bir numaralı pilot reseptör yıllık koku konsantrasyonları                          | 64 |
| Şekil 7.29 : Senaryo Üç - İki numaralı pilot reseptör yıllık koku konsantrasyonları                          | 65 |

|                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Şekil 7.30 :</b> Senaryo Üç - Üç numaralı pilot reseptör yıllık koku konsantrasyonları   | 66 |
| <b>Şekil 7.31 :</b> Senaryo Üç - Dört numaralı pilot reseptör yıllık koku konsantrasyonları | 66 |
| <b>Şekil 7.32 :</b> Senaryo Üç - Beş numaralı pilot reseptör yıllık koku konsantrasyonları  | 67 |
| <b>Şekil 7.33 :</b> Senaryo Üç - Altı numaralı pilot reseptör yıllık koku konsantrasyonları | 68 |

## **GIDA ENDÜSTRİSİ KAYNAKLI KOKU EMİSYONLARININ KONTROL STRATEJİLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

### **ÖZET**

Koku emisyonlarını oluşturan moleküller günümüzde önemli bir hava kirletici parametre konumundadır. Bu emisyonlar insanları rahatsız edici özellikleri yanında sağlık üzerinde de zararlı etkileri olan bileşikler içermektedir. Koku oluşumunda inorganik ve organik yapıda pek çok kimyasal bileşik yer almaktadır. Koku oluşumunda yer alan organik bileşiklerin önemli bir kısmı atmosferde ozon sentezini tetiklemede ve oksidasyon ürünleri ile sera gazlarına katkıda bulunmaktadır. Koku emisyonları endüstriyel prosesler, depolama ve transfer işlemleri, atık bertaraf prosesleri, durgun su kütleleri, doğal çürüme olayları gibi birçok kaynak tarafından oluşturulmaktadır. Özellikle ülkemizde 01 Ocak 2012 tarihi itibarı ile yürürlüğe giren “Kokuya Sebep Olan Emisyonların Kontrolü Yönetmeliği (KSOEKY)” ile koku emisyonlarına neden olan endüstriyel tesislerin çevrelerinde koku rahatsızlığı oluşturup oluşturmadığının belirlenmesi ve yasal limitlerin aşılması halinde de uygun kontrol sistemleri ile arıtılması mecburiyeti getirilmiştir. Koku probleminin olduğu bölgelerde kokulu kirleticilerin zamana ve mekana bağlı kalınarak uzun süreli ölçümleri deneysel zorluklar ve yüksek maliyetlerinden ötürü her zaman uygun olmamaktadır. Bu problemleri minimize etmek ve problemin efektif olarak tespitine yönelik olarak matematik modeller hava kalitesi yönetiminde emisyonların belirlenmesi aşamasında kullanılmaktadır.

Bu çalışma kapsamında maya endüstrisi kaynaklı koku emisyonlarının neden olduğu koku problemlerinin hava kalitesi modeli AERMOD ile yer seviyesindeki dağılımı, değişik atmosferik koşullar çerçevesinde yapılmıştır.

Çalışmanın ilk aşamasında inceleme yapılacak alanda bulunan koku emisyonu kaynakları tespit edilip karakterleri ve koku oluşturma eşik seviyeleri literatürdeki verilerle desteklenerek belirlenmiştir. Kaynak özellikleri belirlenen bölgenin topoğrafik şartları ve o bölgenin meteorolojik özelliklerini temsil eden yıllık meteorolojik verilerini içeren meteorolojik veri dosyası model programına eklenerek değişik senaryolarda model çalışmaları yapılmıştır.

Model çıktı dosyaları analiz edilerek koku probleminin oluşabileceği noktalar belirlenmiştir. Koku probleminin olduğu bölgelerin hangi faktörlerden etkilendiği ve koku problemine maruz kaldığı belirlenmiştir. Koku rahatsızlığının yoğun olduğu bölgelerdeki koku probleminin giderilmesine yönelik olarak maya endüstrisi fermantasyon prosesinde uygulanması gereken önlemlerin neler olduğu ve kokulu gaz içerisinde bulunan uçucu organik maddelerin uygun ve efektif bir biçimde arıtımını sağlayan metotlar tespit edilerek ilgili öngörüler ve nedenleri değişik senaryo uygulamaları için belirlenmiştir.



## **DEVELOPMENT OF CONTROL STRATEGIES FOR FOOD INDUSTRY SOURCED ODOR EMISSIONS**

### **SUMMARY**

Nowadays odor emissions are considered as an important air pollution parameters. These emissions have an irritant effect on human senses, but also include toxic materials on the human health. In fact, very little information is available on the impact of odor on human health (e.g., the smell of hydrogen sulfide and its lethality to humans). Many inorganic and organic chemical compounds take part in odor structure. There are several problems to that approach, the toxicity of most chemicals, even those with high production volumes, is not known, and frequently the chemical composition of materials resulting from complex industrial processes is unidentified.

Organic compounds which take part in odor formation trigger ozone synthesis in the atmosphere and contribute to the greenhouse gases with the oxidation products. The most important odor emission sources are industrial processes, storage and transfer operations, waste disposal processes and natural decay events. Especially today, industrial facilities caused the odor emissions must be controlled to provide the legal limits by the regulation "Regulation on Control of emissions that contribute to odor (KSOEKY)", which came into force as of January 1, 2012.

If the legal limits which determined by this regulation excess, the industry is obligated to treat the emissions by proper control systems. It is asked for the control gase emissions of industrial facilities by Industrial Air Pollution Control Regulation (SKHKKY). Infrastructure systems for odorous gases treatment are inadequate in our country and limited applications is made substantially as turn key facility or it is been increased by request for consultancy service. It is required to support this subject area in manner local technology and academical research applications should be extend.

Within this project processes, that cause odor emission from food industries will be analyzed in representative example for each industry and odour emissions for both industries will be assessed within Regulation on Control of emissions that contribute to odor and Industrial Air Pollution Control Regulation regulations.

In the area of odour problem, it is difficult to make long-term measurements of adherence to time and space because of experimental difficulties and high costs are not always appropriate.

Odor measurements take long times and laboratory costs are too much. For a result of this situation the most effective way for minimizing these problems, to use of mathematical dispersion models for determining the stage of emissions in the management of air quality. Comparing the odor measurements, mathematical dispersion models take short times and low cost capitals.

Within this project AERMOD dispersion model is used to make short term measurements for air and odor pollution controls.

AERMOD atmospheric dispersion modeling system is an integrated system that includes three modules. AERMOD is a steady-state dispersion model designed for short-range (upto 50 kilometers) dispersion of air emissions from stationary industrial sources. Within this project yeast fermentation process and their odorous emissions are analyzed in 10\*10 km area range.

AERMOD consist of three modules and one of them is AERMET module. AERMET is a meteorological data preprocessor that accepts surface meteorological data, upper air soundings, and optionally, data from on-site instrument towers. It then calculates atmospheric parameters needed by the dispersion model, such as atmospheric turbulence characteristics, mixing heights, friction velocity, Monin-Obukov length and surface heat flux. Meteorological datas are divided to the two parts. One part is for surface meteorological datas and other part is high atmosphere datas.

AERMOD combines to kind of datas and convert them to the one file. Within this project meteorological datas has taken from Izmit meteorological station, because of representing the regions meteorological characteristic and most appropriate year was selected for representing meteorological situations.

Another module of AERMOD is a terrain preprocessor (AERMAP) whose main purpose is to provide a physical relationship between terrain features and the behavior of air pollution plumes. It generates location and height data for each receptor location. It also provides information that allows the dispersion model to simulate the effects of air flowing over hills or splitting to flow around hills.

To find the exact coordinates for investigation area “Google Earth” program is used. After getting coordinates for investigation area, SRTM ( Shuttle Radar Topography Mission) map selected and added to the system. In this manner AERMAP can read all of the elevations for each receptor and it shows us exact terrain profiles.

AERMOD also includes PRIME (Plume Rise Model Enhancements) which is an algorithm for modeling the effects of downwash created by the pollution plume flowing over nearby buildings.

After getting all data modules for AERMOD atmospheric dispersion model, model run successfully and as a result of AERMOD terrains that have affected from odorous gaseous emissions, are determined.

Model run for the most worse scenarios and determine terrains for the odour problem. As a result of yeast fermentation processes number of factors affect the emissions of compounds from food industry operations. Most of the substances emitted are the products of microbial processes and in most cases it is the microbial environment that will determine which substances are generated and at what rate.

During the degradation of organic matter in yeast fermentation process under anaerobic conditions volatile organic compounds (VOC) like ethanol and acetaldehyde are released to the ambient air and they are primary sources for the odor problem and if the concentration of this compounds exceeds the threshold level, odor problems occur in the ambient air.

Within this project AERMOD model has run for alternative scenarios and the data is analyzed for all scenarios.

Solution alternatives for each scenario are investigated. After analyzing the results of model for odorous emissions treatment alternatives are discussed like absorption, biological treatment and biofilm for these kind of pollutants will be investigated.

Depending on construction and operation cost, biological odour treatment systems , physico-chemical oxidation / thermal oxidation processes are analyzed.

In a conclusion of this project odorous emissions from yeast fermentation process are determined in the ambient air for ethanol and acetaldehyde with using mathematical air dispersion model AERMOD and three alternative scenarios for the worst conditions are investigated and as a result of defined terrains that is affected from odor problems from yeast fermentation processes.

Pilot receptors are selected to identify odorous emissions in the near of living spaces and the datas on this points are analyzed.

The best available treatment technology for the odorous emissions are to be suggested to solve the odor problem and as a result of this study biofilters and bioscrubbers are suggested due to their low operational and construction cost and their environmental friendly technologies.





## 1 GİRİŞ

Koku parametresi gerek insanlarda oluşturduğu rahatsızlık ve gerekse içerdiği kirleticilerin yol açtığı çevresel etkileri nedeniyle günümüzde önem kazanan bir parametre olmuştur. Tarımsal faaliyetlerden, endüstriyel tesislere ve atık bertarafına kadar geniş bir kaynak grubu için koku yasal düzenlemelerle kontrol edilmesi gereken bir kirletici parametredir. Bazı endüstriyel faaliyetler sonucu tesislerin bacalarından çıkan atık gazlar ve içeriğindeki kokulu bileşikler çevre havasına yayılmakta ve miktar ve konsantrasyonlarına göre lokal, bölgesel ve ya global çapta oluşabilecek problemlere sebebiyet vermektedir.(Schlegelmilch vd., 2005). İlk etapta koku problemine sebebiyet veren atıksu arıtma tesisleri, kompost sahaları, çeşitli endüstri kolları (gıda, kimya, petrokimya, ahşap ürünler, metal son işlemleri, demir çelik vb...) büyük ve küçükbaş hayvan çiftlikleri, mezbahalar gibi tesisler yerleşim yerlerinden uzak yerlere kurulmuş ancak artan nüfusla beraber bu tesisler günümüzde yerleşim yerleri içinde kalmıştır. Uçucu organik bileşiklerin (VOC) ve kokulu bileşiklerin atmosfere salınımı ekolojik yönden ve sağlık açısından risk oluşturmaktadır (Mudliar vd., 2010). Artan endüstriyel faaliyetler ve yaşam kalitesindeki iyileşme sebebiyle kokulu bileşiklerin arıtımına yönelik çalışmalar önem kazanmaktadır Koku kontrolünde koku probleminin olduğu bölgelerde kokulu kirleticilerin zamana ve mekana bağlı kalınarak uzun süreli ölçümleri deneysel zorluklar ve yüksek maliyetlerinden ötürü her zaman uygun olmamaktadır. Bu problemleri asgariye indirmek ve problemin en kısa yoldan tespitine yönelik olarak matematik modeller hava kalitesi yönetiminde kullanılmaktadır (Krishma ve diğ, 2005)

### 1.1 Tezin Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmanın amacı koku problemine sebep olan fermantasyon proseslerinden maya üretimi kaynaklı emisyonların hava dağılım modelleri ile değişik senaryolar ile çevre sahasında dağılımı ve koku problemin giderilmesi için uygun arıtma metotlarının tespitidir. Bu bağlamda maya fermantasyon prosesinin koku kaynaklarının tespiti,

tanımlanması ve kontrol altına alınması hedeflenmektedir. Çalışmanın ilk aşamasında tesiste oluşan koku kaynakları belirlenerek bu kaynakların karakterizasyonu ve oluşturmuş olduğu emisyon yükleri tespit edilecektir .Bu bilgiler, AERMOD hava dağılım model programında bölgenin topoğrafik özellikleri ve bölgenin temsil edici meteorolojik verileri ile birleştirilip çeşitli senaryolarda çalıştırılarak; tesiste oluşan emisyonların çevre havasında oluşturmuş olduğu emisyonlar ve bu emisyonların zaman ve mekan kapsamındaki dağılımı analiz edilecek ve koku probleminin oluşabileceği öngörülen bölgeler belirlenecektir.Koku emisyonlarının oluşabileceği bölgelerde problemin çözümüne yönelik çalışmalar yapılacak ve de tesiste uygulanabilecek arıtma metotları ve koku probleminin kaynakta önlenmesine yönelik çalışmalar yapılacaktır.

## **2 KOKUNUN TANIMI VE ÖNEMİ, KOKU İLE İLGİLİ YASAL DÜZENLEMELER, KOKU KONTROLÜ VE ÖLÇÜM TEKNİKLERİ**

### **2.1 Kokunun Tanımı ve Önemi**

Koku, koku alma duyusuyla hissedilen, genelde çok düşük konsantrasyonlarda havada çözünmüş halde bulunan kimyasal maddelerden herbirdir. Koku, havada çözünmüş haldeki koku verici moleküllerin verdiği histir. Koku alma duyusu, beş duyu içerisinde en kompleks ve en hassas yapı ve işleyişe sahip olan duyu olarak gösterilmektedir. Bu duyu hissiyatı, insan burnu içerisinde bulunan epitel dokuda yer alan ve sayıları 10 ila 25 milyon arasında değişen olfaktori hücrelerinin uyarılması ile başlamaktadır. ‘Sarı bölge’ olarak da bilinen bölgesel koku alanı, burun boşluğunun üst kısmında bulunan ve burnun her iki yanında  $2,5 \text{ cm}^2$  ‘lık bir yüzey alanını oluşturmaktadır. Bu bölgede, epitel yapı yüzeyinde bulunan ve olfaktometri hücrelerine sahip olan mikro ölçekli tüyler yer almaktadır. Burundan çekilen hava, olfaktori hücrelerinin burnun iç kısımlarında olması nedeniyle doğrudan ‘olfaktori’ alanı ile temas etmemektedir. Burundan çekilen hava, ilk başta, burun kılları ve mukoza salgısı ile içinde bulundurduğu toz ve mikroplardan ayrıştırılmakta ve nemlendirilmektedir. Bu aşamadan sonra çekilen hava, hızıyla orantılı olarak bir türbülans kazanmakta ve daha sonra olfaktori alanına ulaşmaktadır (Pearce, 1996). Hava sık ve hızlı olarak burna çekilirse koku daha net ve iyi bir biçimde algılanmaktadır. Çünkü, havanın burundan geçiş hızı arttırıldığı zaman hava, olfaktori bölgesine daha kolay bir biçimde ulaşmaktadır. Koku moleküllerinin algılanabilmesi için koku hücrelerinin uyarılması gerekmektedir ve bu uyarılma işlemi epitel yapı yüzeyindeki mikro ölçekli tüylerde bulunan mikrovililer ile kokulu bileşiklerin birbirlerine temas etmesi sonucu ortaya çıkmaktadır. Epitel yapı üzerinde bulunan mikrovililer etkin bir temas alanı etkili oluşturarak koku hücrelerinin uyarılmasını sağlamaktadır (Mahin, 2004). Kokulu madde molekülleri kendilerine uygun koku reseptörlerine yerleşmekte ve bu reseptörleri uyarmaktadır. Gerçekleşen her uyarı sinyali olfaktometrik sinir sistemine iletilmekte ve bir sinir lifi halinde beyne ulaşmaktadır. Bir eylemin gerçeklebileceğini belirten bu sinyaller eşik

seviyeye ulaştığı zaman beynin koku alma kısmı uyarılmış olur ve koku alma olayı gerçekleşir.

Kokulu bileşikler içeren moleküllerin algılanması sürecinde, koku konsantrasyonu, kokuyu oluşturan moleküllerin suda ve yağda çözünürlüğü gibi çeşitli parametreler önem kazanmaktadır. Kokunun algılanması sürecinde koku konsantrasyonun artması daha çok olfaktori hücresinin uyarılmasına ve algılama sürecinin kısılmasına sebebiyet vermektedir. Kokulu bileşiklerin mukoz yapıyı aşarak koku hücrelerine ulaşabilmesi esnasında suda çözünür yapıda olması kokunun koku hücreleri tarafından daha iyi bir biçimde algılanmasına olanak sağlamaktadır. Ayrıca, kokulu madde moleküllerinin olfaktori hücrelerinin lipit içeren zarlarından geçebilmeleri için de belli ölçüde yağda çözünebilir yapıda olmaları gerekmektedir.

Beyne gelen tüm olfaktori sinyalleri olfaktometri haznesine iletdikten sonra burada beynin iki farklı kısmına (limbik ve korteks) ayrılmaktadır. Bunlardan ilki olan limbik sistem kokunun algılanmasını ve karakterize edilmesini sağlamaktadır. Bu merkezden gelen uyarılarla çalışan korteks merkezinde ise çağrışımlar ve geçmişten birikmiş deneyimler ile bilgilerin projeksiyonu yapılmakta ve koku hissedilmektedir. Böylelikle kokuyu koklayan kişi, kokuyu algılayıp tanımlayabilmektedir.

## **2.2 Koku Kaynakları**

Kokulu bileşikler, bir çok endüstriyel faaliyet sonucu organik ve ya inorganik yapıda ve gaz ya da partiküler formda atmosfere salınmaktadır. Kokulu bileşiklerin çoğu kimyasal proseslerden kaynaklı emisyonlarla ve ya biyolojik aktiviler sonucu ortaya çıkmaktadır.  rnek olarak sülfür ve azot içeren organik maddelerin anaerobik ayrışması, kokulu bileşiklerin ortaya çıkmasına sebebiyet vermektedir. Kokulu bileşiklerin bir çoğu atmosferde ya gaz fazında bulunur ya da çok uçucu bir yapıda sıvı ve ya katı halde bulunmaktadır. Bu yapılarından ötürü çok kısa bir sürede dispersiyon yoluyla çevreye yayılmakta ve çeşitli rahatsızlıklara neden olmaktadır. Çürük yumurta kokusuna sahip olan hidrojen sülfür ve amonyak, koku üreten maddeler içerisinde en sık karşılaşılanlarıdır . Karbon dis lf t, merkaptanlar, protein ürünleri ( zellikle hayvansal kaynaklı olanlar), fenoller ve bazı petrokimya kaynaklı hidrokarbonlar da diğer sık olarak rastlanan kokulu bileşikler arasında yer almaktadır

Koku kaynakları üç grup altında kategorize edilmektedir. Bunlardan ilki baca, havalandırmalar gibi noktasal kaynaklardır. İkinci grup, atıksu arıtma tesisleri, katı atık depolama sahaları gibi alansal kaynaklardır. Üçüncü grup ise hayvan çiftlikleri gibi binasal kaynaklardır (CPCB, 2008). Bu kaynaklardan ortaya çıkan kokulu bileşikler farklı metotlarla ölçülebilmektedir. Koku ölçümü için uygulanan metotlar zaman içinde bir çok değişiklik göstermiş ve birçok farklı metot ile koku parametresinin ölçümü için çalışmalar yapılmıştır.

### **2.3 Koku Parametreleri**

Koku ile ilgili terminoloji ele alındığı zaman koku tespiti subjektif ve objektif olmak üzere iki dalda incelenmektedir. Bunlardan objektif olan üç adet parametre koku tespitinde ve kokunun karakterize edilmesinde önemli rol oynamaktadır. Bunlar koku konsantrasyonu, koku kalıcılığı ve koku karakter tanımlanmasıdır. Kokunun bireyler üzerinde yaratabileceği etkiler farklı olacağından kokunun tespiti konusunda objektif parametrelerin yanısıra subjektif parametreler söz konusu olmaktadır. Bu subjektif parametreler koku hedonik tonu, koku yoğunluğu, kokunun gücü, koku rahatsızlığı ve kokunun nahoşluğudur. (Mahin, 2004)

Koku ölçümünde ise genellikle objektif ve subjektif parametrelerden koku konsantrasyonu, koku yoğunluğu, koku karakteri ve koku hedonik tonu dikkat edilmesi gereken parametreler olarak ortaya konmuştur( Gostelow ve diğ, 2000 ).

#### **2.3.1 Koku konsantrasyonu**

Koku konsantrasyonu, koku tayini yapılmak istenen örneğin temiz hava ile koku eşik seviyesine kadar seyretildikten sonra tayin edilmesi sonucu bulunmaktadır. Eşik seviyeye indirilmiş andaki gaz miktarının, gazı seyreltmek için kullanılan hava miktarına oranı kokunun konsantrasyonunun sayısal ifadesini göstermektedir. Ülkemizde 2012 yılı itibariyle yürürlüğe giren “Kokuya Sebep Olan Emisyonların Kontrolü Yönetmeliği”ne göre ise koku konsantrasyonu; birim  $m^3$  hacimdeki koku birimi (KB) cinsinden  $KB/m^3$  olarak verilen ve standart koşullardaki  $1m^3$  gaz içinde kaç adet KB bulunduğunu gösteren birim olarak ifade edilmektedir. (KSOEKY,2012).

Bir kokulu maddenin standart koşullardaki  $1m^3$  nötral hava içine buharlaştırılarak karıştırıldığında panelistin algılama eşiğindeki fizyolojik tepkisinin, aynı koşullarda

bir birimlik Avrupa referans koku kütlesinin yine  $1\text{m}^3$  nötral hava içine buharlaştırılarak karıştırıldığında verdiği tepkiye eşit olması halindeki koku miktarıdır.

### 2.3.2 Koku yoğunluğu

Koku yoğunluğu, subjektif bir kategori sınıflamasını (Örneğin, baygın, ılımlı, kuvvetli) temsil eder. Ya subjektif bir büyüklük belirlemesidir (Örnek: A kokusu B kokusundan iki kat kuvvetlidir) veya spesifik bir koku için referans yolu ile yapılan bir sınıflandırmadır. İkincisinde konsantrasyon, referans ve test kokusu aynı yoğunluk duygusunu verene kadar ayarlanır. Konsantrasyon ve yoğunluk birbirleriyle ilişki halindedir. Hissedilen yoğunluk, koku konsantrasyonunun artması ile artar. Ancak, bu ilişki lineer değildir. Yoğunluk ile konsantrasyon ilişkisi Weber-Fechner (2.1) ve Steven (2.2) kanunları ile açıklanmaktadır.

$$\text{Weber-Fechner kanunu : } I = a \log C + b \quad (2.1)$$

$$\text{Steven's kanunu : } I = k C^n \quad (2.2)$$

Burada  $I$  yoğunluk,  $C$  koku veren maddenin konsantrasyonu  $a, b, k$  ve  $n$  ise sabitlerdir. Subjektif kategori skalası için Weber-Fechner kanunu, referans skala kullanıldığında ise Steven's kanunu daha uygun sonuçlar vermektedir (Gostelow, 2001).

### 2.3.3 Koku hedonik tonu

Koku hedonik tonu, kokunun bireyde yaratmış olduğu etki ile ilgili bir parametredir. Birey, algıladığı kokunun kendisinde yarattığı memnuniyet hissine bağlı olarak kokudan rahatsızlık duyabilmektedir. Kokular hedonik tona göre; hoş ve nahoş kokular olmak üzere ikiye ayrılırlar. Parfüm gibi bireye hoş gelen kokular, yoğun konsantrasyonlarda dahi kokunun rahatsız edici düzeyde olmamasını sağlarken, nahoş kokular düşük konsantrasyonlarda bile bireylerde rahatsız edici etki yaratır. Koku hedonik tonu; kokuya maruz kalma zamanı, konumu, bireyin geçmiş yaşanmışlıkları, kokunun yoğunluğu gibi birçok etkene göre şekillenmektedir (Mahin, 2004). Koku hedonik tonunu belirlemek üzere çeşitli ölçekler kullanılmaktadır. Bu ölçeklerde genellikle hoşla gitmeyen kokular için negatif değerler, hoşla giden kokular için de pozitif değerler içeren ölçekler kullanılır. En çok kullanılan hedonik ton skalası -3;+3 veya -4;+4 şeklindedir.

### **2.3.4 Koku karakter tanımlaması**

Koku ile ilgili parametreler belirlenirken kokunun karakterize edilmesi de büyük önem taşımaktadır. Kokuya sebep olan maddeler hedonik tonlarına, rahatsızlık verici etkilerine, psikolojik etkilerine ve güç yapılarına göre karakterize edilmektedirler. Hedonik ton, kokunun bireyde hoş, nahış veya nötr bir etki bıraktığı ile ilgili bilgiyi vermektedir. Diğer bir karakterizasyon ölçütü olan kokunun rahatsız edici olması, hissedilen kokunun bireyde sıkıntı veren bir etkiye neden olup olmasına göre şekillenir. Psikolojik etki de kokunun kişi üzerinde bıraktığı etkinin bir göstergesidir (Stuetz vd., 2001) . Bireyin yaşı da kokunun algılanması ve tanımlanmasında önemli rol oynamakta ve yaşlandıkça koku algılaması azalmaktadır (Bliss vd., 1996). Koku karakterizasyonundaki son etken ise kokunun gücü ile ilgili olup kokunun zayıf veya kuvvetli bir şekilde hissedilmesini betimlemektedir.

## **2.4 Koku Emisyon Kaynakları**

### **2.4.1 Atıksu arıtma tesisleri**

Atıksu arıtma tesisleri mikrobiyal parçalanmanın en yoğun olarak yaşandığı ve içerisinde bir çok koku emisyonu yaratan kirleticileri barındıran tesislerdir. Bu yapısı sebebiyle birçok tesiste atıksuyun doğası gereği zaman zaman koku problemleri yaşanmaktadır. Atıksu Arıtma Tesislerinde en belirgin koku emisyonları hidrojen sülfür ve amonyak kaynaklı emisyonlardan ötürü kaynaklanmaktadır (DIN 12255-9). Atıksu arıtma tesislerine iletilen atıksular kanalizasyon sistemi içerisinde oksijen ve nitrat eksikliğinde anaerobik parçalanma sonucunda inorganik yapıdaki amonyak, hidrojen sülfür gibi kokulu gazların ve de organik yapıdaki amin, aldehit, alkol, merkaptan ve yağ asidi gibi kokulu gazların ortaya çıkmasına sebebiyet vermektedir. Uzun boru hatları, tesisteki uzun bekletme süreleri ve yüksek sıcaklık tesislerde oluşan sülfür miktarının artmasına neden olacaktır. Koku probleminin çözümüne yönelik atıksu arıtma tesislerinde düzenli işletme ve bakım, uygun hava enjeksiyonu ve kokulu bileşiklere karşı kimyasal madde ilavesi problemin çözümü için uygulanmaktadır. Azotlu ve sülfür bileşikleri atıksu arıtma tesislerinde koku oluşturan başlıca maddelerdir. İşletilmekte olan atıksu arıtma tesislerinde karşılaşılan başlıca koku kaynakları;

- sülfürlü bileşikler içeren septik atıksuların arıtma tesisine gelmesi;

- kanalizasyon toplama sistemine deşarj edilen endüstriyel atıksuların tesise ulaşması;
- aşırı organik yüklemeler;
- çamur susuzlaştırma veya çamur yoğunlaştırma üniteleri;
- çamur kurutma üniteleri ve depolama alanları;
- çamur şartlandırma ve su giderme üniteleri;
- çamur yakma tesisleri (sıcaklık düşük olduğunda) olarak sıralanmaktadır ( TS-EN 12255-9).

Bununla birlikte aşağıdaki aşamalarda bazı koku problemleri ortaya çıkabilir:

- Giriş yapılarında: gelen akımdaki keskin kokular, giriş yapılarında yüksek miktarlarda yayılıma yol açar,
- Ön çöktürme tanklarında: bunlara çok kokulu akımlar geliyorsa veya tanklarda aşırı çamur birikimine müsaade ediliyorsa, septik koşullar oluşur,
- İkincil arıtmada: aşırı yükleme veya çok kokulu besleme yapılıyorsa,
- Özellikle dengeli hale gelmemiş çamurların taşıma, depolama ve arıtım yerlerinde,
- Anaerobik parçalamadaki biyogazların sızıntılarında ve emisyonlarında ve çamur çürütme ilk deşarj noktasında

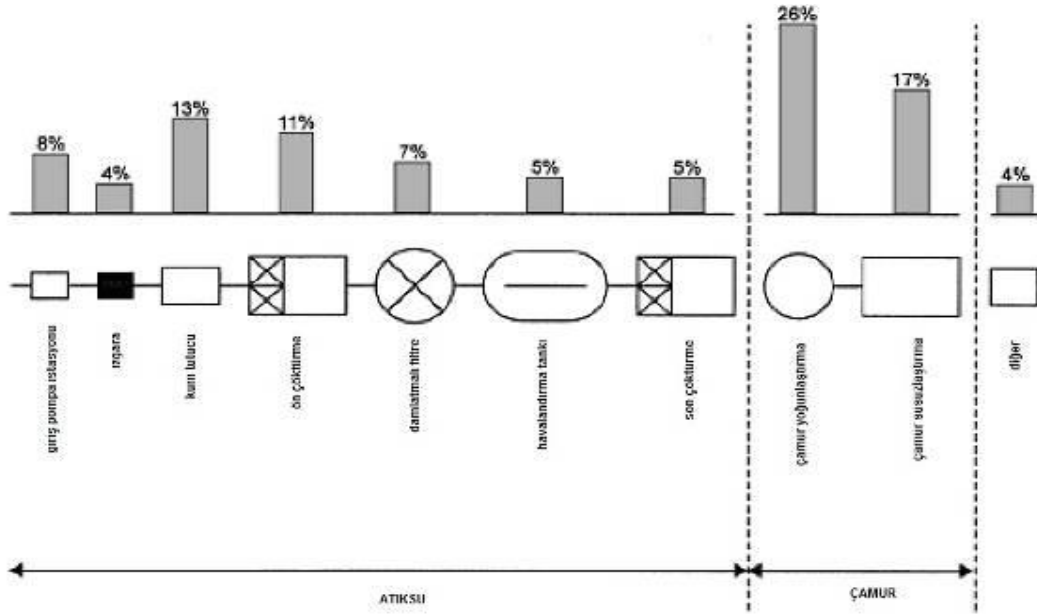
Arıtma tesislerinin farklı ünitelerinden havaya verilen kokulu bileşikler ve konsantrasyonları Çizelge 2.1’ de verilmiştir.

Koku emisyonlarının belirlenmesinde literatürdeki bazı çalışmalardan yararlanılabilir. Arıtma tesislerindeki üniteler ve rölatif olarak koku emisyonu üzerindeki payları Şekil 2.1’de ve Şekil 2.2’de verilmiştir (Gostelow, 2001).

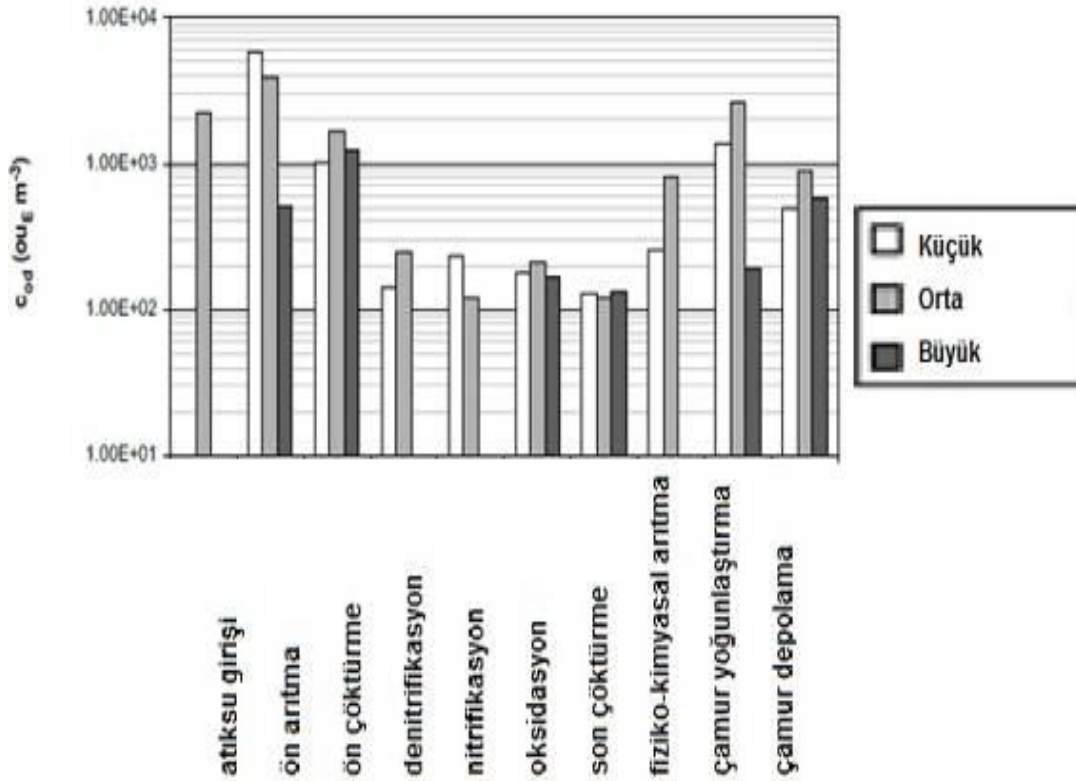


**Çizelge 2.1 :** Atıksu Arıtma tesislerinin çeşitli ünitelerinde karakteristik koku emisyonları.

| Atıksu Arıtma Tesisi Üniteleri |                                  |                    |                       |                             |                                          |                          |                            |
|--------------------------------|----------------------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------------|------------------------------------------|--------------------------|----------------------------|
| Kirletici                      | Oksijenlendirilmiş<br>kanal suyu | Terfi<br>İstasyonu | Ön Çöktürme<br>havuzu | Ön çöktürme<br>çıkış kanalı | Çamur<br>Susuzlaştırma<br>tanker yükleme | Çamur<br>kompostlaştırma | Çamur<br>Kurutma<br>Yatağı |
| Koku(D/T)                      | 273                              | 589.821            | 163                   | 82                          | 382.473                                  | 33.245                   | 424                        |
| Amonyak, ppbv                  | 1                                | 0-4                | 0                     | 0                           | 433                                      | 2.600                    | 91                         |
| Hidrojen sülfür,<br>ppmv       | 14                               | 39                 | 19                    | 7,2                         | 6.100                                    | YOK                      | 6,8                        |
| Karbonil sülfür,<br>ppbv       | 19                               | YOK                | 9,3                   | 7,2                         | YOK                                      | 110                      | 8,6                        |
| Metil merkaptan,<br>ppbv       | 2,5                              | 310                | 3,5                   | YOK                         | 52                                       | 78                       | 7,0                        |
| Etil merkaptan,<br>ppbv        | YOK                              | YOK                | YOK                   | YOK                         | 7,4                                      | YOK                      | YOK                        |
| Dimetil sülfür,<br>ppbv        | 47                               | 10                 | 1,4                   | 4,7                         | YOK                                      | 31                       | 25                         |
| Karbondisülfür,<br>ppmv        | 5,5                              | 4                  | 4,9                   | 7,6                         | 32                                       | 49                       | 9                          |
| Dimetildisülfür,<br>ppbv       | YOK                              | YOK                | YOK                   | YOK                         | YOK                                      | 2.300                    | 20                         |



Şekil 2.1 : Atıksu arıtma tesislerinde yer alan üniteler ve bu ünitelerin koku emisyonlarındaki payları (Gostelow, 2001).



Şekil 2.2 : Arıtma Tesislerinin Kapasitelerine göre koku birimi cinsinden emisyonları (Gostelow, 2001).

#### **2.4.2 Katı atık depolama sahaları ve kompost tesisleri**

Atıksu arıtma tesislerinde olduğu gibi katı atık depolama sahaları ve kompost tesisleri de koku probleminin yoğun olarak görüldüğü bölgelerdir. Özellikle ülkemizde depolama alanlarına kabul edilen atıkların içermiş olduğu yüksek derecede organik madde muhtevası, sahalarda gerçekleşen biyokimyasal parçalanma miktarının artmasına ve bunun sonucu olarak kokulu bileşiklerin ortaya çıkmasına sebebiyet vermektedir. Sahalarda oluşan anaerobik koşullar amonyak, hidrojen sülfür, merkaptan ve yağ asitleri gibi osmojen maddelerin ortaya çıkmasına sebebiyet vermektedir. Bu sahalarda en yoğun olarak karşılaşılan kokulu bileşikler proteinlerin anaerobik koşullar altında biyokimyasal ayrışması sonucu oluşan amonyak problemidir. Sülfür içeren atıkların da anaerobik koşullar altında biyokimyasal olarak ayrışması ortamda hidrojen sülfürün ortaya çıkmasına sebebiyet vermektedir. (EPA AP 42-2.4,2004) Özellikle mikrobiyal parçalanmanın en yoğun olarak görüldüğü kompost tesislerinde aerobik koşulların anaerobik şartlara çevrilmesi durumunda düşük konsantrasyonda dahi koku problemine sebep olan osmojen maddeler amonyak, hidrojen sülfür, merkaptan vs. ortaya çıkmaktadır.

Koku probleminin minimize edilmesi için tesis işletimine azami ölçüde dikkat edilmeli ve havalandırma sistemleri en verimli bir biçimde sağlanmalı ve de koku oluşumunun önüne geçilmelidir. Koku probleminin önlenemediği durumlarda arıtım mekanizması ile giderim sözkonusu olmaktadır. Kompost tesislerinde en sık karşılaşılan arıtma mekanizması, kompost malzemesinin filtre yatağı olarak kullanıldığı ve kokulu gazların filtre yatağında tutulması prensibine dayanan biyofiltreler ile koku giderimi olmuştur. (Url 1)

#### **2.4.3 Endüstriyel prosesler**

Çeşitli endüstriyel faaliyetler gerek kullandıkları hammadde gerekse uygulanan prosesler sonucu ve işletmedeki yetersizliklerden dolayı koku emisyonu yaratan gazları atmosfere salmaktadır. Bu sebepten ötürü koku emisyonları kaynakları altında incelenmeleri gerekmektedir. Koku emisyonu oluşturan başlıca endüstriyel faaliyetler şu şekilde sıralanabilmektedir:

- Gıda Sektörü
- Maya

- Mayalı içkiler
- Kahve ve Kakao Kavurma
- Şeker Üretimi
- Etil Alkol Üretimi
- Demir Çelik
- Petrokimya
- Deri İşleme

#### **2.4.3.1 Gıda Sektörü**

Koku emisyonların en yoğun olarak görüldüğü sektörlerin başında gıda sektörü gelmektedir. Proseslerde kullanılan hammaddenin genellikle biyolojik kökenli olması ve biyolojik parçalanmanın gerçekleştiği yerlerde yaşanan işletme problemleri koku emisyonlarının yaşanmasına sebebiyet vermektedir (EPA AP-42, 2004). Ayrıca üretim yapılan prosese göre kullanılan kimyasal maddeler ve onların oluşturmuş olduğu reaksiyonlar sonucu koku emisyonları ortaya çıkmaktadır. Sektörde üretim için kullanılacak hammaddenin depolanması, sistemde bulunan kaçaklar ve sektörde üretilen ürünün depolanması ve de çıkan atıkgaz – atıksu akımları gıda sektörünün başlıca emisyon kaynakları arasında olmaktadır.

### **2.5 Koku ile İlgili Yasal Düzenlemeler**

Kokulu birleşikler ve onların oluşturmuş olduğu koku emisyonları, hava kirliliği şikayetlerine sebebiyet veren en önemli kaynaklardan birini oluşturmaktadırlar. Koku emisyonlarının endüstriyel, tarımsal ve kentsel faaliyetler gibi bir çok kaynağı vardır. Gelişen teknolojik faaliyetler ve artan üretim ihtiyacından ötürü, koku emisyon kaynaklarından ortaya çıkan emisyonlar hızla artan bir grafik çizmekte ve koku ile ilgili rahatsızlıklardan kaynaklı şikayetler hızla artmaktadır. Bir çok ülke koku emisyonlarının kontrolü ile ilgili yasal düzenlemeleri son dönemde artan bir sınırlama ile ilgili yasalarla yürürlüklerine koymaktadır. Hava Kirliliği üzerine yapılmış yasalar toz, asit gazları, uçucu organik maddeler gibi bir çok tip hava kirlileti parametreyi içermektedirler. Fakat, koku ile ilgili yasalar koku dağılım modellerini, koku kaynaklarının tespitini, dış alan koku gözlemlenmesini, koku

kontrol prosedürlerini de içermelidir. Ülkeler genellikle ilk olarak koku ile ilgili bölgesel düzenlemeler getirmiştir. Ancak endüstriyel faaliyetlerin artış göstermesiyle birlikte koku problemlerinin de artması, ülkelerin koku problemlerini bölgesel bir sorun olarak görmekten vazgeçip ülkeleri ulusal ölçekte yasal düzenlemeler oluşturmaya sevk etmiştir. Koku ile ilgili tanım, bir çok ülkenin yasalarında birbirinden oldukça farklı yapılmıştır. Kokunun kirletici bir çeşit madde, ya da atık olarak belirtildiği farklı yasalar mevcuttur. Bazı ülkelerin yasalarında ise koku, kokunun yaratmış olduğu etkiler esas alınarak farklı yasal çerçevelerde incelenmiş ve çeşitli parametreler ile sınırlandırılmak istenmiştir. Koku probleminin çözümü ile ilgili farklı ülkelerde oluşturulan yasal düzenlemeler aşağıda özetlenmiştir.

### **2.5.1 Avrupada koku ile ilgili yasal düzenlemeler**

Avrupa’da koku ile ilgili ilk düzenlemeler bölgesel seviyede yapılmıştır. Koku kaynağı olarak görülen tesisler, insanların yerleşim yerinden uzak alanlara konularak tesislerin yaratmış olduğu koku probleminin çözülmesi hedeflenmiştir. Fakat endüstri devriminden sonra hızla artan teknolojik faaliyetler ve bunun getirmiş olduğu üretim ve nüfus artışı, koku kaynaklarının şehirlere daha yakın yerlerde bulunmalarına sebebiyet vermiştir. Konfor ve refah seviyesinin artması paralelinde koku şikayetlerinde de artış sözkonusu olmuştur (Van Harreveld, 2003) . Bu sıkıntıların önüne geçebilmek için Avrupa’nın bir çok ülkesi “Rahatsızlık Yasası” adlı yasayı yürürlüğe koymuştur. Bu yasa temel alınarak, “Dinamik Olfaktometrik Ölçüm” metodu Avrupa Birliği Standartları Birliği tarafından yetkin standardizasyon metodu olarak belirlemiştir (McGinley ve Mann, 1999).

### **2.5.2 Amerikada koku ile ilgili yasal düzenlemeler**

Amerika’da koku ile ilgili ulusal çapta uygulanmakta olan bir yasal düzenlememe bulunmamaktadır. Koku ile ilgili parametreler lokal bazda değerlendirilmekte olup eyaletlerin kendi sorunlarının çözümüne yönelik özerk yapıda yasal sınırlamalar ile koku probleminin ortaya çıktığı koşullar ile ilgili düzenlemeleri mevcuttur. Her eyalet kendi bünyesi içerisinde bulunan ve koku kirliliğine sebep veren faaliyetleri gerçekleştiren tesislere Amerika Ulusal Çevre Ajansı, Tarım ve Tabii Kaynakları Koruma Bakanlığı ve Çevre Bakanlığının öngördüğü yasal limit değerler baz alınarak çeşitli yönetmelikler uygulanmaktadır. Amerika’da koku problemine çözümüne yönelik uygulamalar şu şekilde olmaktadır. (Url 1)

Çevre Havası Limitleri : Koku problemine sebebiyet verdiği tespit edilmiş maddeler ile ilgili emisyon limitleri getirilerek problemin önüne geçilmek istenmiştir. Her eyalet kendi yasal limitlerini belirleyerek koku problemi yaratan kirleticilerin atmosfere salınımını sınırlamıştır. Bu düzenleme ile ilgili olan en temel parametre olan hidrojen sülfür için çeşitli eyaletlerde uygulanan sınır değerler Çizelge 2.2’de gösterilmiştir.

**Çizelge 2.3 : Amerikadaki Eyaletlerdeki Yasal Sınırlar (Mahin, 2003).**

| <b>Eyalet</b> | <b>Kokulu Bileşik</b> | <b>Çevre Havası Standartı Limitleri</b>                                 |
|---------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Kalifornia    | Hidrojen sülfür       | 30 ppbv (1 saatlik)                                                     |
| Teksas        | Hidrojen sülfür       | 80 ppbv (30 dk yerleşim yerlerinde)<br>120 ppbv (endüstriyel alanlarda) |
| Pensilvanya   | Hidrojen sülfür       | 100 ppbv (1saatlik ortalama)<br>5 ppbv (24 saatlik ortalama)            |
| Nev York      | Hidrojen sülfür       | 10ppbv(14 µg/m <sup>3</sup> ) (1saatlik)<br>30-100ppbv (30 dk )         |

Saha Denetimi: Yetkili mercilerce koku probleminin kaynaklandığı prosesler incelenerek koku şiddet skalasına göre kokunun şiddeti tespit edilmektedir.

Proses Yeri Seçimi : Koku problemi yaratan işletme ve tesislerin yerleşim yerlerinden ve hakim rüzgar yönünden uzak yerlere inşa edilmesi sağlanmaktadır.

Olfaktometrik Ölçüm : Olfaktometrik ölçümler yapılarak koku probleminin ortaya çıktığı noktalar problem koku birimi cinsinden tespit edilerek sorunun çözümüne yönelik çalışmalar yapılmaktadır ( Guvener, 2004).

### 2.5.3 Ülkemizdeki koku ile ilgili yasal düzenlemeler

Türkiye’de yakın zamana kadar direkt olarak koku ile ilgili yasal bir düzenleme bulunmamaktaydı. Bunun yerine Sanayi Kaynaklı Hava Kirlenmesi Kontrolü Yönetmeliği, kokulu emisyonları olan tesisler için koku rahatsızlığına yol açmayacak şekilde işletilme koşullarını istemekte, ayrıntıyı içermemekte idi. Bunun sonucu olarak koku probleminin yaratmış olduğu sorunların çözümüne yönelik adımlarda bir engel teşkil etmekte ve koku problemlerine neden olan kişi, kurum ve kuruluşların herhangi bir yaptırım ile karşılaşmamasına olanak tanımakta idi. Artan refah seviyesi ve çoğu bölgelerde endüstrilerin kentsel alanlarda kalması, koku probleminin bireyler tarafından daha şiddetli derecede hissedilmesine neden olmaktadır. Avrupa ve özellikle Almanya’nın koku probleminin çözümüne yönelik yasa ve yönetmelikler örnek alınarak ve de lokal koşullar da sisteme dahil edilerek Ocak 2012’den itibaren

Ülkemizde Koku Emisyonlarının Kontrolü Yönetmeliği yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmelik gereğince koku problemin oluştuğu bölgelerde analitik ve duysal ölçümler yapılarak koku probleminin çözümü sağlanmaktadır. Yürürlüğe Ocak 2012 tarihinde giren yönetmelik koku şikayetinin beyan edildiği durumlar gözönünde bulundurularak işlemektedir.

## **2.6 Koku lm Teknikleri**

Koku emisyonları, kompleks yapıdaki birçok koku kaynağından ortaya çıkmaktadır. Bu emisyonların tanımlanabilmesi ve ölçülebilmesi için çeşitli ölçüm teknikleri geliştirilmiştir. Bu teknikler arasında GC/MS ve elektronik burun yöntemi gibi analitik, olfaktometrik koku ölçümü yöntemi gibi duysal koku ölçümleri bulunmaktadır.

### **2.6.1 Analitik teknikler**

Analitik koku ölçümü, kokulu gaz örneklerinin gaz kromatografisi ya da gaz kromatografisini takiben kütle spektrometresi (GC/MS) ile ölçümüne dayanır. GC/MS yöntemi ile daha kompleks yapıdaki kokulu bileşiklerin analizi gerçekleştirilebilmektedir. Analitik lmde numuneler GC kolonu içine enjekte edildikten sonra kolon içinde buhar basınçlarına ve polaritelerine göre ayrıştırılmaktadır. Kütle spektrometresi yardımıyla da kokulu bileşiklerin kütlesel ayrımı net bir biçimde ortaya konularak daha etkili sonuçlar ortaya çıkmaktadır. GC/MS analitik yöntemi sonucu, her bileşik için kolonda spesifik bekletme süresi ve spesifik pik alanları meydana gelmekte (Hobbs, 2001) ve bu veriler vasıtasıyla kokulu bileşiklerin tayini gerçekleşmektedir. Analitik lmler çoğunlukla koku veren maddenin konsantrasyonunu belirlemeyi esas alır. Bu ölçümlerin avantajları; objektif, tekrarlanabilir ve hassas olmalarıdır. Ancak, ilk yatırım maliyetinin gerekli cihazların temini nedeniyle (GC/MS) yüksek miktarda olması, analizlerin uzun zaman alması ve de her analiz için maliyetin yüksek olması analitik ölçüm metodunun dezavantajları arasında yer almaktadır.

### **2.6.2 Elektronik burun**

Koku ölçümlerinde kullanılan bir diğer yöntem ise alternatif bir yaklaşım olan elektronik burun olarak adlandırılan “Algılayıcı Dizisi Teknolojisi (Sensor Array

Technology)” dir. Bu yöntemde kokuyu karakterize etmek için spesifik olmayan algılayıcılardan (sensörlerden) oluşmuş bir dizi kullanılır. Burada her algılayıcı koku veren maddelerin bir kısmına karşı duyarlı, ancak verilen bir koku için cevapları farklıdır. Bir dizi içinde yer alan her bir algılayıcının cevapları üst üste getirildiğinde kokuya özel bir kalıp oluşturulur ve bu kalıp bir hatırlama sisteminde işlenir. Bu sistem, burun örnek alınarak geliştirilmiş ve de insanın koku alma sistemine benzetilmiştir.

Algılayıcı dizisinin ürettiği cevaplar kalıp hatırlama sisteminde analiz edilir. Bu sistem iki kademeli çalışır. Başlangıçta bir öğrenme devresi gereklidir. Bilinen kokular için algılayıcı cevapları bir bilgi bankasında depolanır. Analiz kademesinde, bilinmeyen koku için üretilen cevaplar bilgi bankasındaki bilgilerle mukayese edilerek kokunun bileşenleri tahmin edilmeye çalışılır.

Avantajları:

- Tekrarlanabilir ölçüm yapılabilir.
- Belli kokular için hassasiyeti yüksektir.
- Sürekli ölçüm yapılabilir.
- Dezavantajları:
- Zamanla sensörler kirlenebilir ve kalibrasyon kabiliyeti azalır.
- Neme karşı hassasiyetleri azdır.
- Farklı kokular için farklı sensörler gereklidir.
- Koku hoş/nahoş olarak değerlendirilemez.

### **2.6.3 Olfaktometrik teknik**

Analitik olarak yapılan koku ölçümlerinde kokulu bileşiğin bireyler üzerine olan etkisi hakkında kesin bilgiler elde edilememektedir. Her kokulu bileşik farklı konsantrasyonlarda eşik seviyesine ulaşmakta ve koku probleminin ortaya çıkmasına sebebiyet vermektedir. Bu etkilerin daha net bir biçimde ortaya konulabilmesi için duyuusal koku ölçüm metodu olan olfaktometrik yöntem kullanılmıştır. Olfaktometrik kelimesi temel olarak “olfakto” yani “koklama” kelimesinden yola çıkılarak geliştirilmiş olup bu işlemin gerçekleştirildiği cihaz anlamına gelmektedir.(Şekil 2.3) Bu yöntemde amaç, insan koku alma duyusunu kullanarak bilinen koku



konsantrasyon aralıklarını belirlemektir. İnsan burnu kullanılarak yapılan testlerdeki sonuçlar bireyin kokuya karşı hassasiyetine ve tecrübelerine göre değişmektedir. Ölçüme katılan bireylerin kokuyu algılama ve tanımlama yetilerinin farklı olması ve ölçüm esnasında kokunun sunulmasındaki farklılıklar özel düzenlemelerle minimize edilmektedir. Yöntemin esası şu şekilde açıklanabilir:

- Etkileşim esasına dayanan bir ölçüm yöntemidir.
- Kokunun koku alma duyusu üzerine yaptığı etki ölçülmektedir.
- Fiziksel ve kimyasal sensörlerle bu etkinin ölçümü mümkün değildir.



**Şekil 2.3 : Olfaktometri TO7.**

#### **2.6.3.1 Ölçüm Mekanizmaları**

Olfaktometrik ölçümler koku numunesinin hava ile seyreltilmesine olanak tanıyan bir cihazla yapılmaktadır. Seyreltme esasına dayanan bu yöntemde iki uygulama söz konusudur. Bu yöntemler eşik olfaktometresi ve eşiküstü olfaktometresi olarak adlandırılmaktadır.

Eşik olfaktometresi kokunun ancak duyulabilecek seviyelere kadar seyreltilmesi esasına göre yürütülen bir ölçüm tekniğidir ve konsantrasyon olarak seyreltme tekniği sayısı değerini kullanır.

Eşiküstü olfaktometresi ise numune kokunun referans bir koku ile karşılaştırılmasına dayanır ve her ikisinin de aynı yoğunluk duygusunu verene kadar seyreltilmesine ve sonucun referans gaz veya koku konsantrasyonuna eşdeğer olarak ifadesini esas alır.

Seyreltme işlemi dinamik veya statik olarak gerçekleştirilebilir. Dinamik seyreltme bazı hataları ortadan kaldırdığı için daha çok tercih edilir. Statik seyreltme tekniğine dayanan bazı yöntemler atıksu arıtma tesislerinde osmoskop, scentometer ve ASTM'in şırınga metodu adı ile bilinmektedir.

## *Olfaktometre*

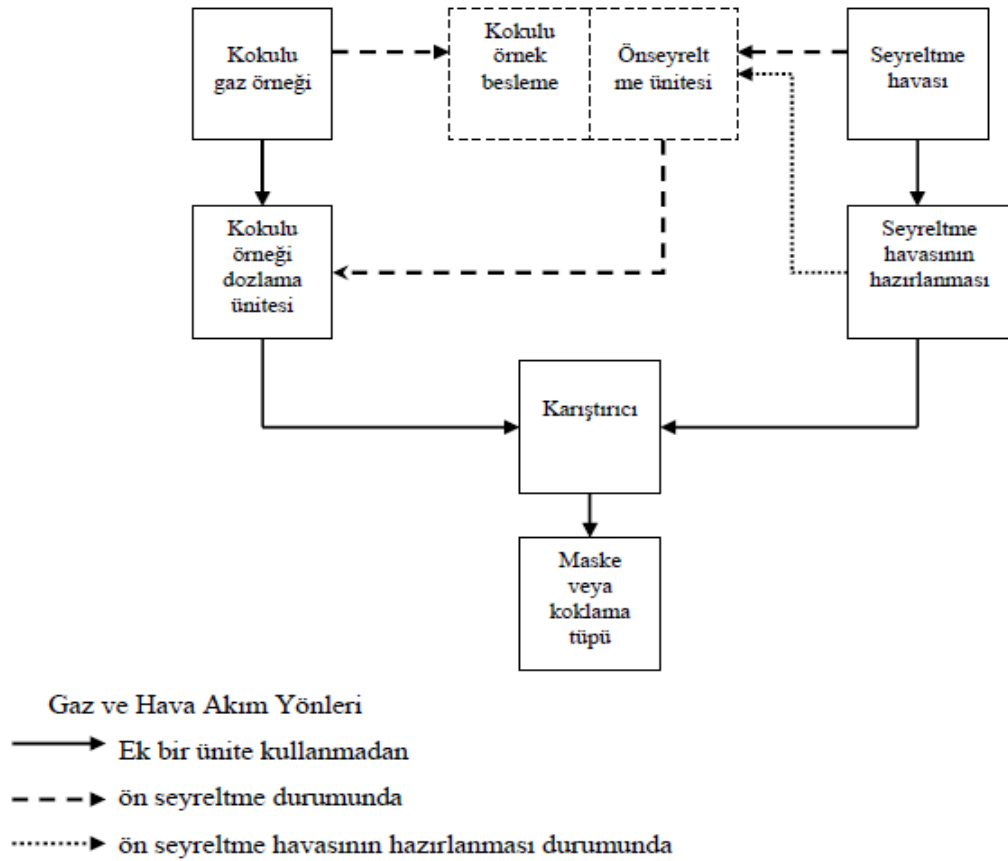
Koku ölçümlerinde kullanılan Olfaktometre, bilgisayar ile kontrol edilebilen, 4 panel üyesi ve bir deney lideri ile çalışan yarı-otomatik bir cihazdır. Cihazda elde edilen ölçüm sonuçları otomatik olarak bilgisayara aktarılır tüm hesaplamalar bilgisayar programı ile yapılır. Cihazda bulunan gaz pompası hiç bir koku içermeyen basınçlı hava ile çalışır. Nötr hava, bir hava kompresöründen veya bir basınçlı hava silindirin sağlanır. Nötr hava kompresörden sağlanacak ise basınçlı hava önce silikajel, aktif karbon ve mikrofiltre içeren bir filtre sisteminden geçirilir ve bu hava olfaktometreye verilir. Havanın akış hızı akış ölçerler ile kontrol edilir. Koku konsantrasyonu ölçülecek gaz örneği ise olfaktometreye bağlanır ve örnek alma torbasından gaz pompası ile emiş yapılarak kokulu gaz olfaktometreye gönderilir. Bu gazın miktarı da akış ölçerler ile kontrol edilir. Koku konsantrasyonu çok yüksek ise kokulu gaz, ön seyreltmeye tabi tutulur. Gaz pompasında kokulu gaz, nötr hava ile iyice karıştırılır. Bu karışım bir merkezi dağıtım vanası yardımıyla “koklama port”larına sevk edilir. Merkezi dağıtım vanası koklama portlarındaki panelistlere ya kokulu gaz, ya da nötr hava gönderir. Panelistlere koklama anları, optik bir sinyalle bildirilir. Bu süreç (nefes alma ve koklama süreci) 4 panelist için paralel olarak yürütülür. Nötr hava ve kokulu gaz karışımı birbiri ardından panel üyelerine verilir. Dolayısı ile panel üyeleri kokulu ve nötr hava arasında doğrudan bir karşılaştırma yapma olanağına sahip olmuş olur. Böylece sonuçların güvenilirliği de arttırılmış olur. Ölçüm periyodu istenildiği gibi ayarlanabilir. Ancak ölçümlerdeki başlangıç konsantrasyonlarının koku eşiğinin altında olmasına dikkat edilmeli ve kokulu gazın seyreltilme oranı buna göre ayarlanmalıdır. Panelistlere en az dört kez nötr hava verildikten sonra kokulu gaz karışımı ile testler başlatılmalıdır. Kokulu gaz karışımı, şaşırtmalı olarak panelistlere verilir, belli bir sıra takip edilmez. Her panelist 1. round’da bir kez denendikten sonra ikinci rounda geçilir. İkinci round’da kokulu gaz konsantrasyonu, bir üst seviyeye ayarlanır. Dolayısı ile iğne vanalar yardımıyla nötr hava içine daha fazla kokulu gaz karıştırılır. Karışma oranı, daha önce bilgisayar ekranında panel liderine gösterilir.

Tüm ölçüm periyodu bilgisayar programı tarafından kontrol edilir ve otomatik olarak uygulanır. Program birbiri ardından uygulanan değişik ölçüm periyodlarını da kapsar. Elde edilen sonuçlar doğrudan bilgisayara kaydedilir. Bilgisayardaki program

yardımı ile deney sonuçları değerlendirilir ve program çıktı olarak bir deney raporu hazırlar. Bu rapor yazıcıda bastırılır ve ölçüm süreci sona erer.

## 2.7 Koku Kontrol Yöntemleri

İstenmeyen kokular, kaynaklandıkları etkinliklerde kullanılan proses gereği oluşabileceği gibi, tesisin işletmesinde ortaya çıkan sorunlardan ve işletme yetersizliğinden de ortaya çıkabilir. İlk olarak kaynakta kontrol esasına dayanarak koku problemi oluşturabilecek bileşiklerin en az seviyeye indirgenmesi ile koku problemlerinin önüne geçilmesi gerekmektedir. Kaynakta önleme işleminin yetersiz kaldığı koşullarda da arıtım sistemleri vasıtasıyla koku problemlerinin çözümüne yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Şekil 2.4’de koku tespitine yönelik olfaktometri cihazı akım şeması gösterilmektedir.



Şekil 2.4 : Olfaktometri şematik gösterimi (Uyar, 2007).

### 2.7.1 Kaynakta Önleme

Koku probleminin kaynakta önlenmesi problemin çözümünü ekonomik ve etkin olarak sağlayacaktır. Kaynakta önleme işlemi, tesisin üretim sürecinde ve tesisin işletim yapısındaki değişikliklere ve iyileştirmelere bağlı olarak ortaya konmaktadır. Proseslerde oluşacak olan sızıntıların ve kaçakların kontrolü, üretimde koku problemi yaratmayacak hammadde kullanımı, uygun atık depolama sisteminin kurulması ve prosesin etkin bir biçimde yönetilmesi koku problemini oluşmadan önleyecek ya da problemin daha düşük seviyelerde yaşanmasına olanak tanıyacaktır.

### 2.7.2 Arıtma

Kaynakta koku probleminin önlenemediği koşullarda oluşan kokunun arıtımı sözkonusu olmaktadır. Kokulu bileşiklerin arıtımı için bir çok farklı yöntem kullanılmaktadır. Arıtma yöntemleri, fiziko-kimyasal ve biyolojik olmak üzere iki kategoride incelenmektedir.

#### 2.7.2.1 Fizikokimyasal koku arıtma yöntemleri

##### *Adsorpsiyon*

Adsorpsiyon, gaz moleküllerinin katı yüzeylerde tutunduğu ve dolayısıyla sıvıdan ayrıldığı heterojen bir tepkimedir. En sık tercih edilen adsorplama yöntemi, aktif karbon adsorpsiyonudur. Bu adsorplayıcı türü, düşük debi ve konsantrasyonlardaki kokulu bileşiklerin giderimi için kullanılmaktadır. Adsorpsiyon hızı, adsorplanan kokulu bileşiğin polaritesine bağlı olarak değişmektedir. Apolar (suda çözünürlüğü düşük) yapıdaki bileşikler adsorpsiyon işlemine daha uygun bileşiklerdir. Bünyesinde hidrokarbonlu bileşikler barındıran kokulu gaz akımları daha etkili bir biçimde adsorplanabilmektedir. Bu sebepten ötürü atıksu arıtma tesislerinde oluşan koku kaynaklarının başında gelen  $H_2S$ , hidrokarbonlardan sonra adsorpsiyon mekanizmasında tutulmaktadır. Aktif karbon adsorplayıcılar kullanılmadan önce kokulu gaz bileşiği analiz edilmeli ve arıtımı yapılacak kokulu bileşiklere uygun arıtım mekanizmaları seçilmelidir. Aktif karbon yatağının adsorpsiyon kapasitesinin sınırlı olmasından dolayı, karbon yatağı rejenere edilmeli ve belirli periyodlarla yenilenmelidir. Genel olarak aktif karbon adsorplayıcılar, ıslak yıkayıcı sistemleri takiben ikincil bir koku giderim mekanizması olarak kullanılmaktadır (Metcalf ve Eddy, 2004).

### *Yoğulturma*

Atık gazdaki çözücü buharlarını ya da diğer kokulu gazları, sıcaklıklarını çiğ noktalarının altına düşürerek ayırmaya yarayan bir tekniktir. Kokulu gazlarda genellikle suya doymuş gazdan yoğulturularak ayrılan su, kokulu gazlar içinde bir soğutucu görevi görmekte ve bu şekilde kokulu gaz arıtılmaktadır.

Kokulu gazlar için uygulama sınırı 100000 KB/Nm<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir.

#### **2.7.2.2 Biyolojik koku arıtma yöntemleri**

Biyolojik faaliyetler, atıksu arıtma tesisleri ve bir çok endüstriyel faaliyetlerden oluşan koku probleminin önemli bir kaynağını oluşturmaktadır. Mikrobiyel ayrışma sonucu kanalizasyon şebekesi içinde oluşabilen sülfid en ofansif kokular arasında yer almaktadır (Bowler ve diğ, 1985).

Eskiden kokulu gazların arıtımı çeşitli fiziksel ve kimyasal yöntemlerle gerçekleşmekte idi. Ancak kokuya sebep olan bileşiklerin birçoğunun biyolojik faaliyetler sonucu oluşması, koku kontrolünde ve arıtımında biyolojik arıtım mekanizmalarının kullanılmasına olanak tanımıştır. Biyolojik koku arıtım mekanizmalarının diğer arıtma mekanizmalarına göre çevreye daha duyarlı olması ve düşük maliyetle işletilebilmeleri bu yöntemlerin bu arıtma yöntemlerinin daha çok tercih edilmesine neden olmuştur.

Koku kontrolü ve arıtımında günümüze kadar kullanılan fiziksel ve kimyasal arıtma metotları kimyasal yıkayıcılar ve aktif karbon adsorplayıcılar; atıkgaz akımlarından kimyasal adsorplama gibi metotlardı. Bu arıtım sistemleri çeşitli kimyasal madde ihtiyaçları ve yüksek işletim maliyetleri ve de fiziksel-kimyasal yöntemlerle giderilemeyen maddelerin biyolojik arıtma sistemleri ile giderilmesin ötürü yerlerini gelişen teknolojilerle biyolojik arıtma sistemlerine bırakmışlardır. Bir çok koku kaynağının biyolojik faaliyetler sonucu ortaya çıkması ve bu kokulu bileşiklerin mikroorganizmalar kullanılarak daha az maliyet ve yüksek verimle giderilmesi biyolojik arıtma sistemlerinin tercih edilmesine etken olmuştur. Konvansiyonel kimyasal ve fiziksel koku arıtma sistemlerinde bir çok kimyasal madde kullanılmakta ve bu kimyasal maddeler kokulu bileşiğin taşınması,depolanması ve de arıtılması esnasında toksik ve tehlikeli pH değerlerine ulaşabilmesine sebebiyet vermektedir. Biyolojik koku arıtım teknolojileri ile bu tür kimyasal maddelerin kullanılmasına olan ihtiyaç ortadan kalkmaktadır. Biyolojik koku arıtım sistemleri sadece su ve

mikroorganizmalar kullanılarak yapılmakta ve de bu çerçevede daha verimli ve çevre dostu teknolojilerin ortaya konmasını sağlamaktadır.

Kokulu bileşiklerin biyolojik yollarla arıtımına yönelik olarak günümüzde birçok arıtım teknolojisi kullanılmaktadır. Biyolojik koku giderimi gaz ve sıvı fazda yapılabilen teknolojilerden oluşmaktadır. Her iki faz da yaygın olarak kullanılmasına karşın, gaz fazındaki koku giderim teknolojileri en çok kullanılmakta olan teknolojilerdir. İşletim sisteminin kolaylaştırılması, maliyetin düşürülmesi ve inşaatın daha iyi tasarlanması ve verimin arttırılması için çalışmalar devam etmektedir. En çok kullanılan biyolojik koku arıtım teknolojileri biyofiltreler, biyo yıkayıcılar ve biyodamlatmalı filtrelerdir.

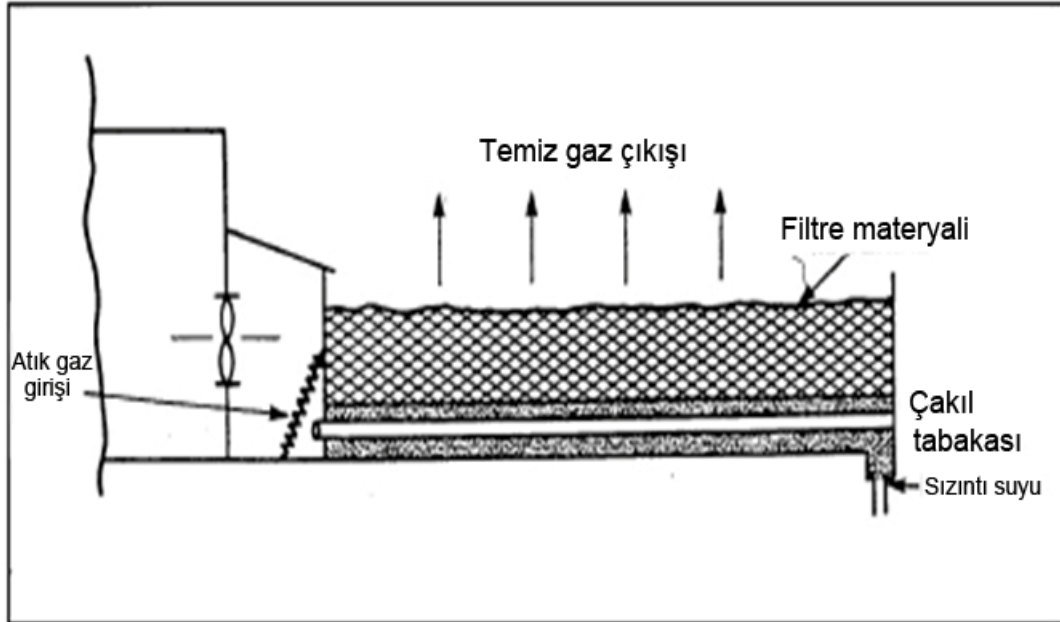
#### *Biyofiltrasyon*

Biyofiltreler, koku giderim teknolojilerine yenilikçi bir yaklaşımdır. Güvenilir ve mali açıdan uygun sistemler olması biyofiltreleri cazip kılan avantajlardır. Biyofiltre sisteminde kokulu kirleticilerin filtre dolgu malzemeleri üzerinde bulunan mikroorganizmalar tarafından tutulması amaçlanmaktadır. Filtre dolgu malzemesi üzerinde bulunan mikroorganizmalar, uçucu organik karbon bağlarını bozup inorganik gazlara okside ederek kokulu kirleticilerin CO<sub>2</sub> ve suya dönüştürmesi sonucunda koku probleminin ortadan kalkmasını sağlamaktadır. (Şekil 2.5) Biyofiltre sisteminin kokulu bileşiklerin giderimini düzgün bir şekilde sağlaması için kokulu bileşiklerin filtre dolgu malzemesi ile en yüksek şekilde temas etmesi gerekmektedir. Biyofiltre sistemleri işleyişlerini kendi kendilerine devam ettirebilen ve dışardan ekstra bir müdahaleye gerek duymayan sistemlerdir. Biyofiltre yatak dolgu malzemesi olarak kompost, talaş ve saman gibi pahalı olmayan malzemeler kullanılarak sistemin maddi açıdan daha uygun bir yapıya kavuşması sağlanmaktadır. Biyofiltre sistemleri amonyak, H<sub>2</sub>S, merkaptan, disülfidler, etilen klorid, metanol gibi 60 adet kokulu bileşiğin arıtımında etkin olarak rol alabilmektedir. (Shareefdden ve Singh, 2005). Avrupa'da 600'den fazla proseste koku ve uçucu organik madde giderimi için biyofiltre sistemleri kullanılmaktadır. Bu sistemleri avantajları ve dezavantajları şu şekilde sıralanabilmektedir (Mudliar vd.,2010).

#### *Avantajlar:*

- Mali açıdan etkili olması (Düşük yatırım ve işletme maliyeti)

- Büyük hacim ve düşük konsantrasyondaki kokulu bileşikleri ve uçucu organik karbonları giderebilmesi
- İkincil bir atık akımı oluşturmaması
- Düşük basınç kayıpları



**Şekil 2.5 : Biyofiltrasyon.**

Dezavantajlar:

- Biyofiltre dolgu malzemesi üzerinde tıkanma problemi
- Yüksek konsantrasyondaki kirlilik yüklerinde arıtma veriminde azalma
- pH ve nem gibi işletme parametrelerinin kontrolünün zorluğu
- Dolgu malzeme yıpranması ve bozunması

Biyofiltre sistemleri en yaygın olarak kullanılan biyolojik koku giderim mekanizmalarıdır. Bu sistemlerin işletiminde dikkat edilmesi gereken birtakım tasarım parametreleri mevcuttur. Bu parametreler sistemin işleyişinin daha yüksek verimlerle sağlanabilmesi için çeşitli laboratuvar, pilot ve gerçek çapta yapılan çalışmalar sonucu belirlenmiştir.

Biyofiltre sistemlerinde dikkat edilmesi gereken tasarım parametrelerinin başında atıkgazın biyofiltre ile arasındaki temas süresidir. Yeterli sürenin sağlandığı koşullarda arıtım mekanizmaları daha yüksek verimle gerçekleşecektir. Literatürde

kabul gören temas süreleri biyofiltre yapısı ve atıkgaz debisine de bağlı olmakla beraber 30 ila 90 saniye arasında değişmektedir. Biyofiltrelerde kontrol edilmesi gereken diğer bir parametre pH'dır. Nötr pH 6-7,5 mikrobiyal aktivitenin en yoğun olarak gerçekleştiği aralıktır. Biyofiltreler genellikle mezofilik mikroorganizmaların yaşamasına olanak tanıyacak şekilde işletilmektedir. Bu sebepten ötürü sıcaklık 15-35 derece arasında değişmektedir. Sistemlerin düzgün bir biçimde işleyebilmesi için filtre yüzeyinin nem muhtevasının korunması gerekmekte ve kurumanın olduğu bölgelere nemli hava verilerek hem havalandırma işlemi sağlanmalı hem de biyofiltreler için gerekli nem muhtevası ( %40- %60) sağlanmalıdır ( Easter, 2005 ).

#### *Biyoyıkayıcı*

Biyo yıkama sistemleri, ıslak gaz yıkama işlemlerini biyolojik parçalama ile birleştirir. (Şekil 2.6) Burada yıkama suyu kokulu gaz bileşenlerini oksidize edebilecek bakteri popülasyonlarını barındırır. Bunun için atıkgaz içeriğinin yıkanabilir ve yıkanan bileşenlerin de aerobik koşullarda biyolojik olarak parçalanabilir olması gerekir. (Malhautier vd., 2009).

Biyoyıkayıcılar genel tasarım kriter esasları ile biyofiltrelere paralellik göstermekle beraber atıkgaz akımlarının temas ettiği yüzeyin sıvı olmasından ötürü çeşitli farklılıklar söz konusudur. Atıkgaz akımları içinde bulunan kirleticilerin sıvı içinde çözünebilir Henry sabitine sahip olmaları sistemin işleyişine etki eden en temel parametredir. Biyoyıkayıcı sistemlerinin tam ölçekli uygulamaları çok fazla gelişmediğinden ötürü temel tasarım kriterleri ile ilgili kesin tasarım esasları sözkonusu değildir.

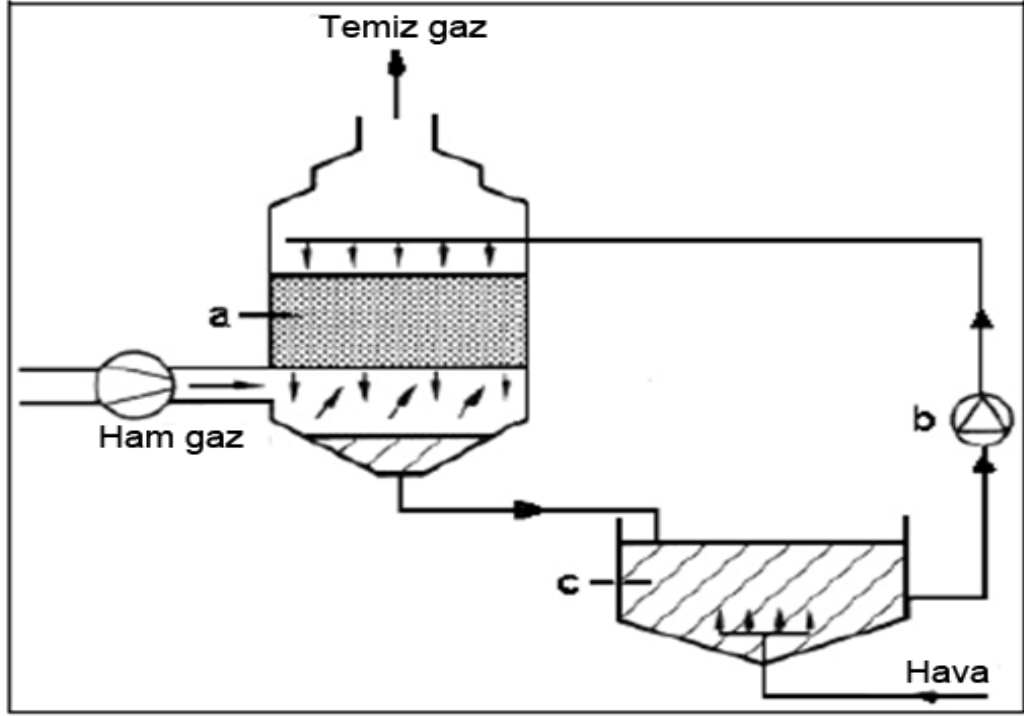
#### Avantajlar:

- İşletim stabilitesi ve işletim parametrelerinin kontrolünün kolaylığı
- Düşük alan ihtiyacı
- Düşük basınç kayıpları

#### Dezavantajlar:

- Sıvı atık oluşumu
- Biyoyıkayıcılar kolay ayrışabilen UOK, alkoller ve ketonların arıtımı için uygun olması . (Henry sabiti  $< 0,01$  ve kosantrasyon  $5 \text{ g / m}^3$  )
- Gaz-sıvı akım arasındaki düşük kontak alanı



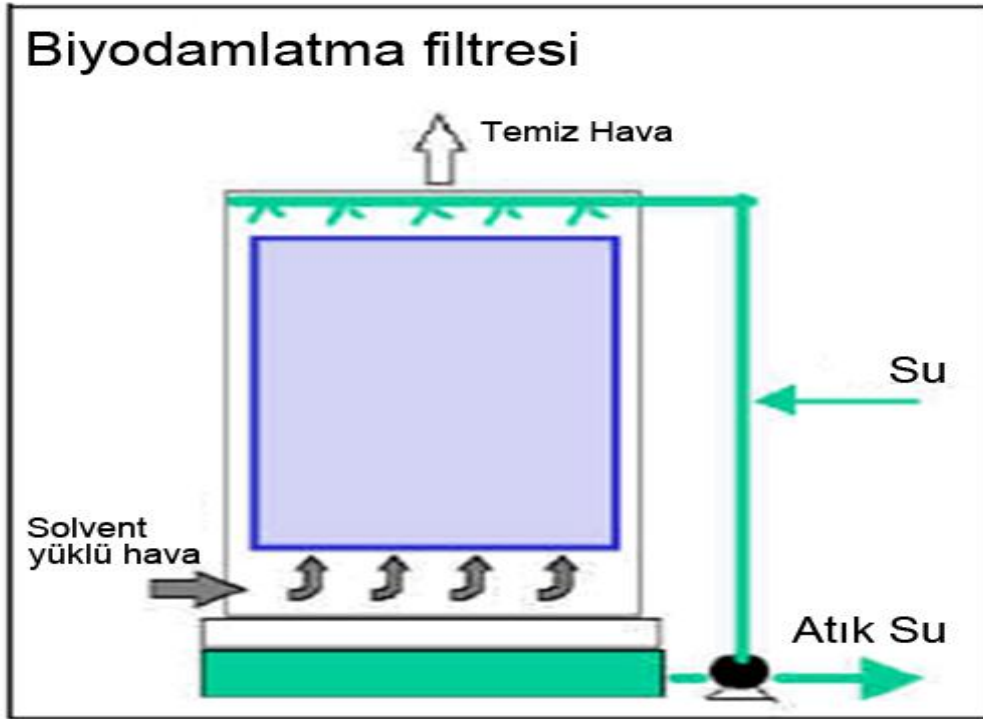


**Şekil 2.6 :** Biyo yıkayıcı.

#### *Bio Damlatmalı Filtreler*

Biyo damlatmalı filtre sistemleri biyo yıkama ile aynı koşullarda çalışır. Biyo yıkamanın aksine bakteri popülasyonu destek öğeleri yani bir yatak malzemesi üzerinde tutunmuştur.(Şekil 2.7) Burada sıvı inert maddelerden oluşan bir yataktan dolaştırılarak geçirilmektedir.

Biyo damlatmalı filtrelerde biyoyıkayıcılar gibi günümüze kadar koku arıtımına yönelik olarak tam ölçekli tesislerde yeterli veriyi sağlayacak kadar kullanılmamıştır.



Şekil 2.7 : Biyodamlatmalı Filtre.

### **3 HAVA KALİTESİ MODELLEMELERİ İLE KOKU KONTROLÜ**

Modelleme, bir olayı, bir olayın bağlı olduğu parametreler cinsinden mümkün olduğunca, matematiksel olarak ifade etmektir. Hava Kalitesi modellemeleri de bu bağlamda bir kaynaktan çıkan kirleticilerin atmosfere yayıldıktan sonra dağılımını; rüzgar hızı, yönü ,atmosferdeki dikey karışımı ve sıcaklık başta olmak üzere birçok meteorolojik parametreye bağlı kalarak matematiksel olarak ifade edebilmek için uygulanan modellerdir. Modellemede amaç kaynaktan çıkan emisyonların çıkış hızı,karakteri ve bölgenin meteorolojik ve de coğrafik koşulları biliniyorsa ölçüm yapmadan kaynaktan çıkan kirleticilerin nereye ve nasıl dağıtılacağını ve de ilgili reseptörlerdeki kirletici konsantrasyonlarının hesap yöntemleri ile tespitini sağlamaktadır. Uygun koşullar altında iyi bir şekilde çalıştırılan modeller sonuçların daha kolay ve hızlı bir şekilde elde edilmesini ekonomik bir yaklaşımla sağlamış olurlar.

#### **3.1 Model Uygulamaları Gelişimi ve Önemi**

Modelleme çalışmaları insan faaliyetleri ve endüstriyel prosesler gibi çeşitli faaliyetler sonucu ortaya çıkan hava kirletici emisyonların dağılımının mekansal ve zamansal olarak hızlı ve efektif bir biçimde ortaya koyulabilmesi açısından önemini giderek arttırmaktadır. Kirletici parametrelerin zaman ve mekanda dağılımını sürekli ve uzun süreli izleyebilmek deneysel zorluklardan ve yüksek maliyetinden ötürü her zaman uygun olamamaktadır. Bu kirletici parametrelerin tespiti ve hava kalitesinin belirlenmesi için matematiksel modellerin kullanımı gerekmektedir (Krisha ve diğ, 2005). Model olarak kullanılan programların doğruluğu ve uygunluğu, model sonuçlarının ölçüm sonuçlarıyla istatistiksel yöntemlerle karşılaştırılması ile belirlenmelidir.

### 3.2 Model Kullanım Alanları

Hava kalitesi modelleri farklı amaçlara yönelik yaygın bir kullanım alanına sahiptir. En çok kullanılmakta olan modeller temel hava kirletici kaynaklarının tespiti ve atmosferdeki dağılımları ile ilgili olmuştur. Günümüzde hava kalitesi modelleri genellikle SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, VOC, CO gibi birincil hava kirletici kaynakların modellenmesi ile ilgilenir. Model sonuçları bir çok amaç için kullanılmaktadır. Bu amaçlardan bazıları ise şu şekilde sıralanabilir:

- Endüstriyel tesislerin yer seçimi ve planlanması için gerekli kriterlerin belirlenmesi
- Çevresel Etki Değerlendirme çalışmaları
- Minimum baca yüksekliğinin tayini
- Hava kalitesi kontrol stratejilerin geliştirilmesi ve planlanması
- Hava kalitesinin korunması veya iyileştirilmesinde alınacak önlemlerin belirlenmesidir.

Hava Kalitesi modellemeleri modellenecek alanların boyutlarına ve mekan skalasındaki değişik özelliklerine göre birbirinden farklılık göstermektedir. Uygun modeller, modellenecek alan ve zaman boyutuna göre seçilmelidir. Hava kalitesi modelleri uygulama boyutları Çizelge 3.1 'de belirtilmiştir.

**Çizelge 3.1 : Hava Kalitesi Modelleri Uygulama Boyutları.**

| Uygulama Alanı                        | Mekan Boyutu    | Zaman Boyutu          |
|---------------------------------------|-----------------|-----------------------|
| Bölgesel veya daha büyük alanlar için | 50-2000 km      | 0.5gün -1 hafta       |
| Kentsel- Bölgesel alanlar için        | 1-100 km        | 1 saat-1gün           |
| Nokta kaynaklar                       | 0.5 – birkaç km | 0.5 saat- birkaç saat |
| Çizgisel kaynaklar                    | 100m-km'ler     | 0.5 saat- birkaç saat |
| Kanyon şeklinde cadde                 | 1m – 100m       | Dakikalar-1 saat      |

Hava Kalitesi modelleme çalışmalarında amaç kirletici emisyonlarını simule etmek ve kirleticilerin konsantrasyonlarını zaman ve yer bazında tahmin etmektir. Bu modellerin işleyişlerini gerçekleştirebilmeleri için model çalışmalarında kullanılmak üzere temel verilere ihtiyaçları vardır. Temel veriler emisyon kaynaklarının koordinat, özellik ve tipini içeren emisyon verileri; rüzgar hızı, yönü, sıcaklık, bulutluluk, karışma yüksekliği gibi parametreleri içeren meteorojik verileri ve reseptörlerin koordinat, topografik durumunu gösteren verilerinden oluşmaktadır.

### **3.3 Çeşitli Dağılım Modellerinin Tanımı**

#### **3.3.1 ISC 3 Modeli**

ISC 3 modeli USEPA tarafından geliştirilmiştir. Modelin temeli Gaussian dağılımın kararlı koşulları baz alınarak tasarlanmıştır. ISC 3 modeli daha çok lokal boyuttaki hava kirletici emisyonların dağılımın tahmin edilemesi amacı ile kullanılmaktadır. ISC 3 modeli aynı anda veya ayrı ayrı olarak noktasal,alan, çizgisel kirleticilerin modellenebilme imkanı bulunmaktadır.Model vasıtası ile konsantrasyon ve çökelme hesaplamaları da yapılabilmektedir.Modelde kısa vaddeli kirletici dağılımları için ISCST3 ve uzun vadeli kirletici dağılımlarına yönelik ise ISCLT 3 olmak üzere iki ayrı sürüm içermektedir (EPA, 2010).

#### **3.3.2 AERMOD Modeli**

Aermod modeli ilk olarak 1991 yılında geliştirilmiştir. 2005 yılından itibaren EPA AERMOD modelini resmi olarak benimsemiştir.Bu Model atmosferik türbülansı “atmosferik sınır tabakası” teorisine dayanarak simule eder. EPA tarafından kendinden önce benimsenen ISC 3 modeline göre daha gelişmiş formülasyon yapısına sahip olup günlük karışım yüksekliği değerleri için daha gerçekçi değerler hesaplar. Model vasıtasıyla noktasal, alansal, hacimsel ve çizgisel kaynaklar modellenebilmektedir. Havanın kararsız olduğu durumlar için “non gaussian probability density function” varsayımını kullanır. Topografik yapısı daha kompleks olan coğrafyalarda daha doğru sonuçlar elde edilmektedir. Kentsel alanlar için yapılan modelleme çalışmalarında ise “ısı adası” konseptini dikkate almaktadır. AERMOD model sistemi üç modülden oluşmaktadır. Bunlar yer istasyonları ve radyosonda istasyonlarından alınan meteorolojik verileri işlemek için bir veri işlemcisi olan AERMET; uygulama alanı özellikleri ile hava kalitesi arasındaki fiziksel ilişkiyi irdelemek üzere bir alan ön işlemcisi olan AERMAP ve emisyon kaynakları ve de onların özelliklerini barındıran model girdi dosyasıdır (Brode, 2006). AERMOD modeli sanayi tesislerinden açığa çıkan emisyonların kısa mesafelerdeki dağılımı için tasarlanmış bir model olarak global ölçekte uygulanmaktadır.

### **3.3.3 CALPUFF Modeli**

CALPUFF, Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (US EPA) tarafından tavsiye edilen (EPA, 2010) ve günümüze kadar geliştirilmiş olan bu tür modeller arasında en karmaşık olanlarından biridir. Model sistemi, CALMET, CALPUFF ve CALPOST isimli üç fonksiyonel bileşenden oluşmaktadır. Çok tabakalı, çok türlü kararsız hal Lagrangian kabarık duman (puff) dağılım modeli olan CALPUFF kirleticilerin zamana ve mekâna göre değişen meteorolojik şartlar altında taşınımı, dönüşümü ve ortadan kaldırılma durumlarını simüle eder. CALPUFF,CALMET tarafından oluşturulan üç boyutlu meteorolojik alanları girdi olarak kullandığı kadar, basitçe tek istasyon verilerini kapsayan bir meteoroloji dosyasıyla da çalışabilir. Bu durumda modelin kendine özgü avantajları kullanılmamış olur. CALPOST adlı bir postprosesor kullanılarak model çıktılarının, grafik çizim dosyaları hazırlanır(Özkurt, 2011).

#### 4 GIDA ENDÜSTRİLERİNDE KOKU PROBLEMİ

Gıda endüstrisi koku emisyonlarının en yoğun olarak görüldüğü sektörlerinin başında gelmektedir. Başlıca gıda endüstrisi bileşenleri ham maddenin sağlandığı tarım ve balıkçılık, ürünün işlendiği imalat, toptan ve perakende satış ve tüketim olarak kategorize edilmektedir (Davies ve Konisky, 2000). Koku emisyonlarına yoğun olarak sebebiyet veren bileşenler ise hammaddenin sağlanması ve ürünün işlendiği imalat prosesleri olarak tespit edilmiştir. Endüstri kolları incelendiği zaman ise büyük hayvan çiftliklerinin, mezbahaların, balıkhanelerin, konserve sebze ve meyve üretim tesisleri ve maya, tahıl üretim tesisleri ve de şeker üretiminin koku emisyonlarına zemin hazırlayan üretim prosesleri olduğu ortaya konmaktadır. Koku emisyonu oluşturan endüstriyel prosesler Çizelge 4.1’de belirtilmiştir.

**Çizelge 4.1 : Koku Emisyonu Oluşturan Endüstriyel Prosesler (Nicolay, 2006).**

| <b>Endüstriyel Faaliyet</b>                      | <b>Koku Kaynakları</b>                                                                                                                                                                                                                 |
|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Büyük ve küçük baş hayvan yetiştirme işlemleri   | Hayvan yemleri<br>Hayvan Barınakları<br>Mandıra Çiftlikleri<br>Gübre üretim üniteleri                                                                                                                                                  |
| Mezbahalar                                       | Et parçalama üniteleri<br>Et tütsüleme üniteleri<br>Kesimhane üniteleri                                                                                                                                                                |
| Balıkçılık<br>Mandıracılık<br>Tahıl-maya üretimi | Balık konserveleme üniteleri<br>Süt ve Süt ürünleri üretim üniteleri<br>Kahvaltılık mısır gevreği üretim üniteleri<br>Hayvan maması üretim üniteleri<br>Ekmek üretim üniteleri<br>Mısır öğütme üniteleri<br>Pasta-Kek üretim üniteleri |
| Şeker Ürünleri                                   | Şeker üretimi<br>Şeker kamışı üretimi<br>Şeker pancarı üretimi<br>Fındık ezmesi üretimi<br>Salamura&kavrulmuş ceviz üretimi                                                                                                            |

#### 4.1 Büyükbaş ve Küçükbaş Hayvancılık Tesisleri

Hayvan çiftliklerinde koku ve diğer emisyonlar gübrenin ve diğer organik maddelerin mikrobiyal parçalanmasından ötürü kaynaklanmaktadır. Oluşan emisyon miktarı mikrobiyal aktivitenin tipine ve miktarına göre değişmektedir. Mikrobiyal aktivite de belli parametrelere bağlı olarak ortamda artmakta veya azalmaktadır. Bu parametreler ise sıcaklık,pH, ortamdaki oksijen konsantrasyonu, nem muhtevası ve diğer çevresel parametrelerdir (Zhu, 2000). Bu parametrelerdeki en ufak bir değişim bile koku ve diğer emisyonların oluşma miktarını büyük ölçüde etkilemektedir. Örnek olarak sıcaklığın düşmesi ile mikrobiyal aktivite yavaşlayacak ve koku oluşumu daha düşük mertebelerde ortaya çıkacaktır. Bunun sonucunda kış aylarında genellikle daha düşük koku emisyonlarının ortaya çıktığı tespit edilmiştir. Çiftliklerde koku emisyonlarının ortaya çıktığı kaynaklar hayvanların yaşamış olduğu binalar, gübre üretim alanları,hayvan yemleme işleminin gerçekleştiği üniteler olarak tespit edilmiştir ( Skinner ve diğ, 1997). Bu binalar içinde oluşan kokulu gaz emisyonları mevsimler değişimlerden asgari olarak etkilenmekle beraber, gübreli bileşiklerin sahada uygulanması sırasında ortaya çıkan emisyonlar mevsimler şartlardan daha yoğun bir biçimde etkilenmektedir.

Bu endüstri kolunda ortaya en çok atıklar aminler, amonyak, aromatikler, inorganik ve organik sülfür olarak belirtilmiştir. (Amerika Çevre Koruma Ajansı, 2001 )Koku emisyonları ise en çok hidrojen sülfür kaynaklı olarak ortaya çıkmaktadır. Diğer bir kötü koku kaynaklı bileşikler ise hayvan besleme ünitelerinde ortaya uçucu organik karbonlu bileşiklerdir. Bu bileşikler koku probleminin yanı sıra atmosferik fotokimyasal reaksiyonlara da katılmakta ve çevresel açıdan büyük riskler oluşturmaktadırlar.

Çeşitli kurum ve kuruluşlar bu tarz endüstrilerde koku ve diğer emisyonların oluşumunun azaltılması için aşağıda belirtilen önlemlerin alınmasının uygun olacağı kanaatindedirler.

Çeşitli kurum ve kuruluşlar tarafından, koku oluşumuna ağırlıkla önem veren ve bu tür tesisler için hazırlanmış olan kılavuzlar bulunmaktadır.

- VDI (Alman Mühendisler Birliği) 3471, 3472 ,
- 2001/88/EC AT Direktifi (Domuz sağlığı ile ilgili),



- Uygun ahır/ağıl koşulları ve havalandırma (DIN 18910),
- Ahırların temiz ve kuru tutulması,
- Nem tutmayan zemin kaplamaları kullanılması,
- Dışkı depolama yapısının tasarımı en az 6 aylık depolama kapasitesine sahip olmalı. Depolar sızdırmaz beton zeminli olmalı,
- Güvenlik mesafesi uygulanması: son çare olarak, belirli tesisler ile çevresindeki yerleşim yeri ve ticari etkinlikler arasında belirli uzaklıkların korunması (Almanya, İrlanda, İspanya, v.b.),

#### 4.2 Mezbahalar ve Et İşleme Üniteleri

Mezbahalar ve et işleme üniteleri koku emisyonlarının en yoğun ve sık olarak görüldüğü tesislerdir. Etin kesimi ve işlenmesi esnasından partiküler madde, karbon monoksit, uçucu organik birleşikler, poliaromatik hidrokarbonlar, organik asit, formaldehit gibi kirleticiler atmosfere salınmaktadırlar (AP-42,2004). Et işleme ünitelerinde en çok yapılan işlem etin tütsülenmesidir. Tütsüleme ete renk, tat ve aroma verilmesi için uygulanan bir prosestir. Asedik asit et tütsüleme sonucu ortaya en yoğun bir biçimde çıkan kirletici parametredir ve bu sektörde oluşan hava kirleticileri arasında birinci sırada yer almaktadır. Ayrıca et ısıtma bölgeleri de koku içeren uçucu organik bileşiklerin ortaya çıktığı bölgelerdir.

Bu işletmelerde koku probleminin önüne geçebilmek için belirlenen bazı temel işletme kriterleri şu şekilde olmaktadır.

Mezbaha ve Hayvansal Yan Ürünler:

- Maddelerin hızlı prosese sokulması,
- Yan ürünlerin kısa süre için ve düşük sıcaklıkta depolanması,
- Yoğuşturulamayan buhar ve gazların yakılması,
- Proses suyunun proses-dışı sudan ayrılması,
- Proses/tesis havasının toplanarak yakma tesisinde yakılması,
- Koku tutucu yedek sistemler (Aktif karbon, v.b).

Mezbaha ve Hayvansal Yan Ürünler- Rendering:

- Pişirme buharının yoğuşturulması,
- Yoğuşturulamayan buhar ve gazların yakılması veya biyofiltrasyonu,
- Buhar ve gazların termal oksidasyonu ve/veya biyofiltrasyonu,
- Tüm proses hattının kapatılması,
- Rendering öncesinde suyun kandan alınması (buhar koagülasyonu)

#### **4.3 Şeker ve Şeker Ürünleri Üretimi**

Şeker imalatı prosesi sonucu ortaya çıkan ürünler çevre açısından bir çok problem oluşturmaktadırlar. Şeker üretim prosesinin her adımında organik içerik bakımından çok zengin atıklar ortaya çıkmaktadır. Bu atıklar askıda katı madde ve renkli ürünler olarak çevreye karışmaktadırlar (EPA AP 42, 2004). Üretim prosesleri sonucu ortaya çıkan atıksuların çevreye arıtılmadan deşarjı halinde, organik içerik bakımından zengin bir yapıya sahip olan bu atıksu akımı, deşarj edildiği bölgedeki oksijeni tüketmekte ve bölgedeki akuatik hayatı inhibe etmektedir. Desarj edilen bölgelerde bu inhibisyondan ötürü koku problemleri ortaya çıkmakta ve o çevrede yaşayan halkı rahatsız edici nitelikte olmaktadır.

## 5 FERMANTASYON PROSESİ VE KOKU KAYNAKLARI

Fermantasyon endüstrisi kokulu bir çok uçucu organik bileşiğin ve kokulu gaz emisyonlarının çevre havasına verilmekte olduğu bir gıda endüstrisi koludur. Hammaddenin aşılama sistemi ile devreye alınması ve ardında uygulanan fermantasyon prosesi ile maya üretimi gerçekleşmektedir. Prosesin başlangıcında gerekli olan hammadde ihtiyacı saf maya kültüründen ve melastan sağlanmaktadır. *Saccharomyces cerevisiae* (Şekil 5.1) ekmek mayası üretiminde kullanılmakta olan türü oluşturmaktadır. Bu tür niasin ve folik asit gibi zengin B vitamin içeriğini bünyesinde barındırmaktadır. Ayrıca içeriğinde (%40-%50) protein bulundurmasından ötürü proste tercih edilen tür olmuştur. Bir diğer gerekli hammadde olan melas proste fermente edilebilen sakkaroz, fruktoz ve glukoz gibi şekerleri içermektedir. Ekmek mayası bakterileri melası fermantasyon süreci içerisinde kullanmakta ve çoğalma işlemini gerçekleştirmektedir. Maya üretimi için gerekli olan bu iki hammadde dışında eser miktarda bulunması gereken biotin, inositol pantotenik gibi vitaminlerin; azot, potasyum, fosfat, magnezyum, kalsiyum gibi minerallerin ve demir, bakır, çinko, manganez gibi iz elementlerin de sistemde bulundurulması üretim prosesini etkilemektedir. Ayrıca sistem en optimum verim ile 4.5-5 pH aralığında işletilmekte ve pH değerleri her zaman gözlem altında tutulmaktadır.



**Şekil 5.1 :** *Saccharomyces cerevisiae* bakterilerin genel bir görünüşü.

Hammaddeler aşılama sistemi ile laboratuvar ortamında saf kültürün oluşturulması amacıyla kullanılmaktadır. Aşılama aşamasını takiben fermantasyon süreci gelmektedir. Fermantasyonda amaç melas içindeki şekerlerin ve ortamda bulunan nutrient ve de iz elementlerin aerobik koşullar altında fermantasyonu ile maya

hücrelerinin çoğalmasını sağlamaktadır. Fermantasyon prosesi aerobik koşullarda daha hızlı ve yüksek sayıda maya hücresine olanak vermesi ve de anaerobik koşullarda fermente edilebilen şekerlerin etanol ve karbondioksit'e dönüşerek çoğalmayı azaltması ve koku problem oluşturacak etanollü bileşiklerin ortaya çıkmasına olanak tanınmasından ötürü aerobik koşullarda işletilmektedir.

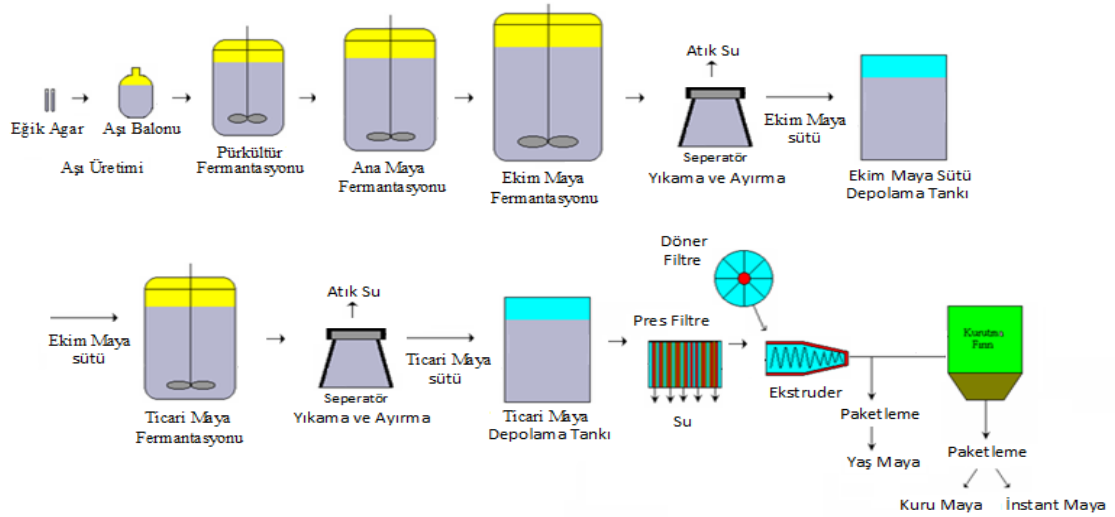
Fermantasyon prosesi dört aşamadan oluşmaktadır. (Şekil 5.2) Bu aşamalardan ilki pürkültür fermantasyonudur. Bu aşamanın başında maya bakterileri sterilizasyon amacıyla 1 atm basınç ve 121<sup>0</sup> C'de sterilizasyona tabii tutulurlar. Burdaki amaç maya dışındaki tüm bakterilerin ortamdan uzaklaştırılması ve fermantasyonun sadece maya bakterileri tarafından gerçekleştirilmesini sağlamaktır. Pürkültür fermantasyonu 33-35<sup>0</sup> C aralığında 18 saatlik kesikli sistemler halinde işletilmektedir.

Fermantasyon aşamasının ikinci bölümünde ana maya fermantasyonu bulunmaktadır ve maya üretimi burada 14 saat 29-31 derece aralığında gerçekleşmektedir. Çoğalmanın gerçekleşmesi için gerekli olan mikro elementler (MgSO<sub>4</sub>, ZnSO<sub>4</sub>, CuSO<sub>4</sub> ) sisteme eklenmektedir.

Ekim maya fermantasyonu ise 18 saat ve 28-32 derece aralığında işletilmektedir. Gerekli iz elementler ve mineraller önceki ana maya fermantasyonunda olduğu gibi bu aşamada da sisteme eklenmekte ve aerobik koşullar altında sistem işletilmektedir. Bu aşama sonucunda maya sütü denilen ve yüksek miktarda su muhtevasına sahip olan ürün oluşmaktadır. Ekim maya fermantasyonu sonunda maya sütü gravimetrik olarak ayrıştırılmakta ve sulu kısım ortamdan uzaklaştırılıp atıksu arıtma tesisine gönderilmekte ve de sudan ayrıştırılan maya en son aşama olan ticari maya fermantasyonu prosesine iletilmektedir.

Ticari maya fermantasyonu başlangıcında atıksudan ayrılmış olan maya elek sisteminden geçirilerek büyük parçacıklı taneciklerden arındırılmaktadır. Filtrelenen kısım pH 1,5-2 aralığında pastörizasyona tabii tutulduktan sonra 30-36 derece aralığında 18 saat bu bölümde fermente olmaktadır.

Fermantasyon prosesinden elde edilen maya kurutma işlemi gerçekleşene kadar +4 derecede bekletme tanklarında bekletilmektedir.



**Şekil 5.2 : Maya endüstrisi akım şeması.**

Fermantasyon prosesinden sonra gelen kurutma prosesi ürünün %16-17 mertebesinde olan katı madde oranını % 32-33 oranına yükseltmek amacıyla neminin alınması işlemi için uygulanmaktadır.

Maya hammaddesinin temini, çoğaltılması ve hazır bir ürün olarak ortaya konması aşamasında bir çok emisyon ortaya çıkmaktadır. Maya endüstrisi emisyon kaynakları fermantasyon prosesi bacaları, kurutma prosesi bacaları ve atıksu arıtma tesisinde oluşan emisyonları kapsamaktadır. Sektörde en çok karşılaşılan emisyon etanolden kaynaklanmaktadır. Toplam emisyonun %80-90 arasındaki bir değere sahip olan bu etanol emisyonu fermantasyon prosesinin anaerobik koşullarda işletildiği koşullarda ortaya çıkmaktadır ve tesis çevresinde uygun konsantrasyonlarda kokulu bir bileşik haline gelmektedir. Diğer emisyon çeşitleri ise %10-20 arasında asetaldehit ve alkollerden oluşmaktadır.

### 5.1 Fermantasyon Prosesi Emisyonları

Fermantasyon endüstrisi, birçok emisyon kaynağına sahip olan bir gıda sektörü koludur. Yapılan incelemelerde gıda sektöründe başlıca kokulu gaz emisyon kaynağı olarak fermantasyon prosesi tespit edilmiştir. Fermantasyon prosesi bacalarından kokuya sebep olan uçucu organik maddelerden etanol ve asetaldehit çevre havasına yayılmaktadır. Literatür araştırmaları sonucunda etanolün koku eşik seviyesinin 5-500 ppbV (Fazzalari, 1978) ve asetaldehitin koku eşik seviyesinin 10- 120 ppbV (Buttery, 1988) olduğu tespit edilmiştir.

Yıllık 90000 ton kapasite ile çalışan endüstrinin yaratmış olduğu koku emisyonu, literatürde bulunan emisyon faktörleri gözönünde bulundurularak hesaplanmış (EPA AP 42, 2004) ve aşağıda Çizelge 5.1’de gösterilmiştir

**Çizelge 5.1 : Maya Fermantasyonu Emisyon Miktarları**

| <b>Fermantasyon</b> | <b>İşlenen Maya Miktarı (kg/Vardiya)</b> | <b>Vardiya ( yıllık )</b> | <b>Toplam Maya Üretimi (yıl/ton)</b> | <b>Emisyon faktörü (kg/ton)</b> | <b>Toplam Emisyon Miktarı (kg/yıl)</b> | <b>Emisyon yüzdesi</b> |
|---------------------|------------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------|------------------------|
| Safkültür           | 180                                      | 156                       | 28                                   | 16,2                            | 450                                    | 0,02                   |
| Ana Maya            | 1800                                     | 208                       | 375                                  | 2,25                            | 845                                    | 0,04                   |
| Ekim Maya           | 12500                                    | 208                       | 2600                                 | 2,25                            | 58500                                  | 21,6                   |
| Ticari              | 90000                                    | 1040                      | 93600                                | 2,25                            | 210600                                 | 78,54                  |
| <b>Toplam</b>       |                                          |                           |                                      |                                 | <b>270395</b>                          | <b>100</b>             |

Bu veriler ışığında prosesten yıllık 270395 kg emisyon atmosfere salınmaktadır.İnceleme yapılan tesisin yılın 330 günü 24 saat hizmet verdiği tespit edilmiş ve toplam emisyon yükü bu değerler çerçevesinde gram/saniye mertebesinde hesaplanarak model girdi dosyasına işlenmiştir.

$$\text{Emisyon yükü (g/sn)} = 270395 / 330 \times 24 \times 3600 \times 10^3 = 8 \text{ g/sn}$$

Modelin çalışabilmesi için gerekli olan diğer kaynak özellikleri baca çapı, kaynak yüksekliği, atıkgaz baca çıkış hızı ve atıkgaz debisine ait olan verilerdir.

Bu özelliklerden baca çapı 2m, kaynak yüksekliği 19 m ,atıkgaz hızı 6,3 m/sn olarak ve atıkgaz debisi 21 m<sup>3</sup>/sn olarak tespit edilmiş ve de model girdi dosyasına işlenmiştir.

Tesiste koku problemi yaratan toplam emisyonun %80-%85’ini etanol, %10-%15’ini asetaldehit ve cüzi miktarda da alkoller, yağ asitleri, esterler vb oluşturmaktadır. Literatürde bulunan UKM’lerin koku eşik seviyeleri atıkgaz içindeki gaz yüzdeleri ve ortam koşullarına bağlı olarak ifade edilmek istendiği zaman;

Etanol : C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O = 46 g/mol ve Sıcaklık : 25<sup>0</sup>C koku eşik seviyesi : 15 ppb ve atıkgaz içerisinde %85 oranında bulunması kabulü ile koku eşik konsantrasyonu;

$$C (\mu\text{g}/\text{m}^3) = (\text{ppbV} \times \text{MA} / \text{V}) \times 10^6 \text{ formülü vasıtası ile}$$

$$C = (15 \times 46 / 24.45) \times 10^6 / 0.85 = 33 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Asetaldehit : CH<sub>3</sub>-CHO = 44 g/mol Sıcaklık : 25<sup>0</sup>C koku eşik seviyesi : 10 ppb ve atıkgaz içerisinde %15 oranında bulunması kabulü ile koku eşik konsantrasyonu ;

$C (\mu\text{g}/\text{m}^3) = (\text{ppbV} * \text{MA} / \text{V}) * 10^6$  formülü vasıtası ile

$$C = (10 * 44 / 24.45) * 10^6 / 0.15 = 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Koku ölçümü KSOEKY uyarınca 10 dakikalık periyodlar için yapılmaktadır. Ancak model sonuçları saatlik veriler olduğundan saatlik ölçümlerin 10 dakikalık ölçümler cinsinden ifade edilmesi gerekmektedir. Saatlik konsantrasyon verileri 10 dakikalık verilere Turner denklemi kullanılarak çevrilebilmektedir (Wesley,1983).

$$C_{10} = C_{60} (T_{60}/T_{10})^{0.18}$$

Denklemini uyarınca etanol

$$33 \mu\text{g}/\text{m}^3 = C_{60} (60/10)^{0.18} \text{ uyarınca}$$

$$C_{60} = 24 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ olarak}$$

Asetaldehit ise

$$120 \mu\text{g}/\text{m}^3 = C_{60} (60/10)^{0.18} \text{ uyarınca}$$

$$C_{60} = 87 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ olarak saatlik ölçümlerdeki eşik seviyesi tespit edilmiştir.}$$





## 6 AERMOD MODELİ

### 6.1 Model ile İlgili Gerekli Tanımlar ve Açıklamalar

AERMOD modeli uygulamasında hava kalitesinin ölçüleceği alanın belirlenmesinde ve incelemelerin yapılmasında esas alınan koşullar şu şekildedir.

Tesis Etki Alanı : Emisyonların merkezinden itibaren SKHKKY EK 4’te verilen esaslara göre tespit edilmiş baca yüksekliklerinin 50 katı yarı çapa sahip alan, tesis etki alanı olarak belirlenmiştir. Zeminden itibaren emisyonların efektif yüksekliği (  $\Delta h + h$  ) 30m ‘den daha az olan tesislerde, tesis etki alanı bir kenar uzunluğu 2km olan kare şeklindeki alandır. Baca dışı emisyon kaynaklarının ( alan kaynak ) yüzey dağılımı 0,04 km<sup>2</sup> ‘den büyükse, tesis etki alanı, alan kaynak karenin ortasında olmak üzere bir kenar uzunluğu 2 km olan kare şeklindeki alandır. Emisyon kaynaklarının yüzeydeki dağılımının tespitinde tesisin etki alanı esas alınır. Baca yüksekliği 19 m olmasına karşın daha geniş bir alanda inceleme yapılmış olup, emisyon kaynağı merkez alınarak 10km\*10km’lik kare şeklindeki alan için model çalışması yapılmıştır.

İnceleme Alanı : Tesis etki alanı içinde kenar uzunlukları 1 km olan kare şeklindeki alanlardır. Kirlenme hakkında kararın verilemediği özel durumlarda inceleme alanının kenar uzunluğu 0,5 km olarak alınır.

Tepe Noktası : Emisyon kaynağının kuzeyinden itibaren saat yönünde 10 derecelik ardışık açılarla emisyon kaynağına çizilen R yarıçapındaki çemberin kare şeklindeki inceleme alanı içinde kalan yayı kestiği noktalar tepe noktası olarak kabul edilir.

Hava Kirlenmesi Katkı Değeri ( HKKD ) : Tesis etki alanı içinde her bir inceleme alanındaki tüm tepe noktalarında ve bütün yayılma durumları için hesaplanan değerin aritmetik ortalamasıdır.

Uzun Vadeli Değer (UVD ) : Yapılan bütün ölçüm sonuçlarının aritmetik ortalaması olan değeri ifade eder. Tesis etki alanında 250 m aralıklarla belirlenen tüm alıcı noktalarda elde edilen aylık ve yıllık konsantrasyonların ortalama değerleri temsil eder.

Uzun Vadeli Sınır Değer (UVS ) : Yapılan bütün ölçüm sonuçlarının aritmetik ortalaması olan, SKHKKY Ek2 Tablo 2.2. 'de verilen değeri aşmaması gereken değeri ifade eder.

Kısa Vadeli Değer (KVD ) : Maksimum günlük ortalama değerler veya istatistik olarak bütün ölçüm sonuçları sayısal değerlerinin büyüklüğüne göre dizildiğinde, ölçüm sonuçlarının % 95 'ine tekabül eden değeri, çöken tozlar için farklı olarak aşılması gereken maksimum aylık ortalama değerleri ifade eder.

Kısa Vadeli Sınır Değeri ( KVS ) : Maksimum günlük ortalama değerleri veya sayısal değerlerinin büyüklüğüne göre dizildiğinde, istatistik olarak bütün ölçüm sonuçlarının % 95'ine tekabül eden değer olan ve SKHKKY Ek 2 Tablo 2.2'de verilen değeri aşmaması gereken değeri ifade eder.

Modelde yer alacak emisyon kaynakları : Emisyon kaynakları, hava kirleticilerin tesisden atmosfere yayıldığı yerlerdir. Emisyonlarını bir baca üzerinden atmosfere veren tesislerin bacaları nokta kaynak, baci dışından veya çok sayıda birbirine yakın küçük bacaların bulunduğu alanlardan atmosfere verilen kirletici kaynaklar alan kaynak, hareketli kirletici kaynaklar ise çizgi kaynak olarak nitelendirilirler.

Emisyonların Kütlesel Debisi : İşletme şartlarında emisyon kaynaklarından açık havaya verilen hava kirleticilerin ortalama saatlik kütlesel ( kg/saat) debileridir.

#### **6.1.1 Topoğrafik bileşenler ve inceleme alanının tespiti**

Modelin uygulanması aşamasında ilk öncelikle maya endüstrisinin bulunduğu tesisin koordinatları google earth sistemi vasıtasıyla tespit edilir. İnceleme yapılacak alan SKHKKY Ek4 uyarınca efektif baca yüksekliğinin 50 katına eşdeğer yarı çap için hesaplanır. Modelin uygulanacağı tesisin efektif baca yüksekliklerinin 30 m'den az olması halinde inceleme yapılması gereken alan yönetmeliklere göre bir kenarı 2km olan alan olarak seçilir. Endüstrisi kaynaklı alanın emisyon kaynağı olan baca merkez kısmında olmak üzere inceleme alanı içerisine belirlenen aralıklarla reseptörler konularak incelenecek alan içerisinde kirletici konsantrasyonların o noktalar bazında değerlendirilmesi sağlanmış olur. İnceleme alanı Ge Path adlı bilgisayar programı ile tanımlandıktan sonra, model tarafından kabul gören ilgili endüstriyel tesisin koordinat sistemindeki yerini gösteren srtm. uzantılı dosya bulunarak model girdi dosyasına işlenerek, model çalışmasının yürütüleceği alanın

topoğrafik koşullarının reseptör noktaları da dahil olmak üzere tespit edilmesi sağlanmıştır.

### **6.1.2 Meteorolojik bileşenler**

Model çalışmasının bir diğer önemli girdisi ise rüzgar hızı, yönü, sıcaklık, bulutluluk, karışma yüksekliği gibi parametreleri içeren ve bölgenin meteorolojik olaylarını temsil eden değerleri bulunduran meteorolojik veri dosyasıdır. AERMOD modeli için modellemenin yapılacağı alana en uygun ve en temsil edici verileri içeren meteorolojik veri istasyonundan veri dosyası talep edilir. AERMOD modeli hem yer seviyesi hem de yüksek atmosfer için temin edilir ve AERMET meteorolojik veri işleme dosyası yardımı ile modelde kullanılabilecek şekilde hazırlanır.

### **6.1.3 Kaynak ve reseptör bileşenleri**

AERMOD model çalışmasının bu aşamasında ise kaynakların özelliklerini belirten veriler sisteme işlenmiştir. İlgili endüstrisi emisyon kaynakları (noktasal, alansal ve çizgisel) modelde emisyon kaynağı olarak işlenir ve model için gerekli olan emisyon kaynağı yüksekliği, sıcaklığı, büyüklüğü ve emisyon yükü model kaynak dosyasına işlenip AERMOD modeli çalışır hale getirilmiştir.



## **7 AERMOD MODELİ İLE BİR FERMANTASYON ENDÜSTRİSİNDE KOKU EMİSYONLARIN TESPİTİ VE KONTROL STRATEJİLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

Fermantasyon endüstrisi sonucu oluşan etanol, asetaldehit ve cüzi miktarda da alkoller, yağ asitleri, esterler vb Uçucu Organik Maddeli bileşikler çevre havasında koku problemin oluşmasına sebebiyet vermektedirler. Literatürde bulunan koku eşik seviyeleri baz alınarak muhtemel koku problemi oluşturabilecek alanlar tespit edilmiş ve modelden elde edilen sonuçlar esas alınarak sistemde yapılması gereken iyileştirmeler için çeşitli çözüm yolları öngörülmüştür.

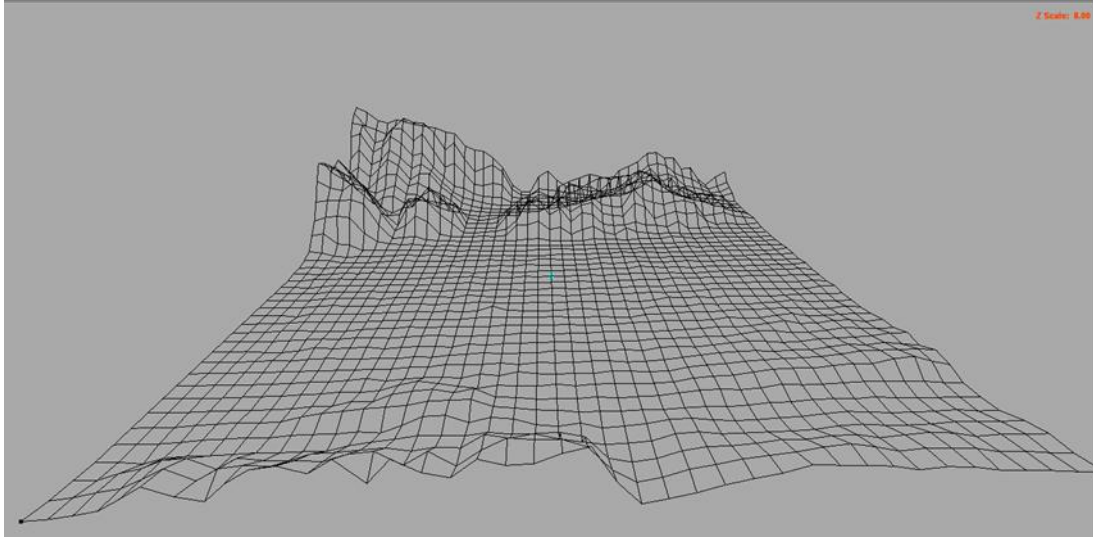
Model uygulaması içerisinde kullanılacak olan bölgenin topoğrafik özelliklerini içeren veri dosyası, kirleticilerin atmosferdeki dağılımının daha doğru bir biçimde modellenmesi için bölgedeki meteorolojik veri istasyonundan alınan ve yer seviyesi atmosferik verileri ile yüksek atmosfer verilerini içeren meteorolojik veri dosyası ve de prosesten çevre havasına salınan emisyon kaynağının emisyon yükü, atıkgaz hızı, sıcaklığı, kaynak yüksekliği gibi parametreleri içeren kaynak girdi dosyaları sisteme yüklenerek maya üretim prosesi sonucu oluşan uçucu organik maddelerin çevre havasındaki dağılımı yıllık, aylık, günlük ve saatlik bazda tespit edilerek değişik senaryolar ışığında uygulamalar yapılmıştır.

İncelemede bulunulan maya fermantasyonu modellenmesinde, ilk olarak tesisin bulunduğu bölgenin topoğrafik özellikleri model işletim sistemine işlenmiştir. (Şekil 7.1)

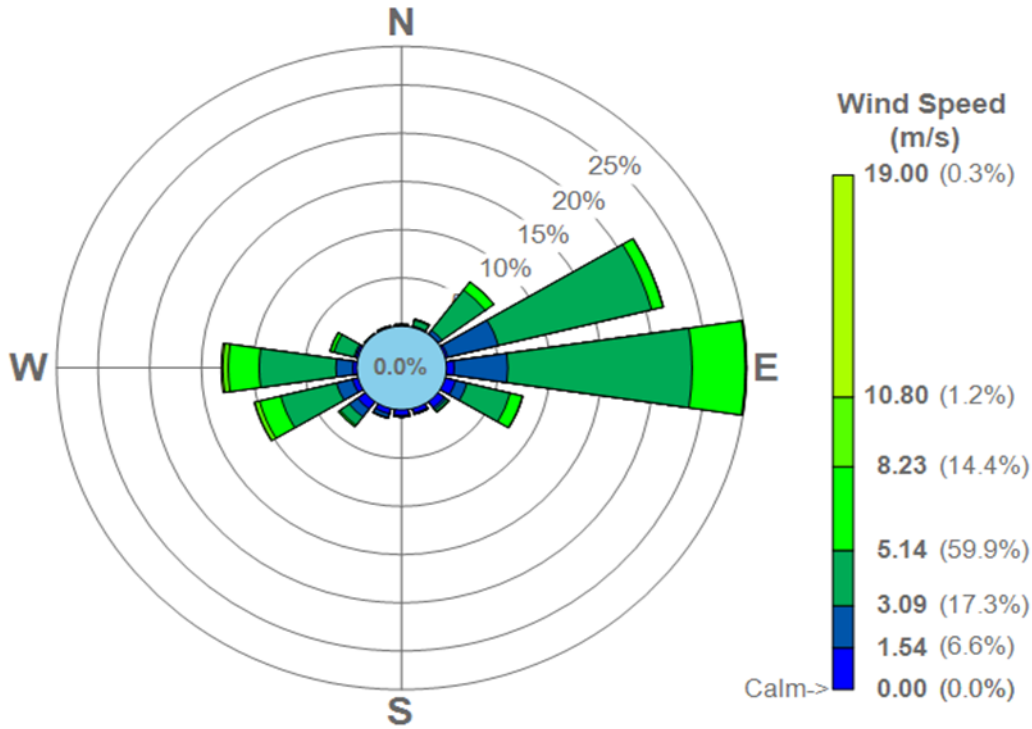
İkinci aşamada, atmosferik dağılımların tespitinin doğru bir şekilde yapılabilmesi için bölgenin temsil edici meteorolojik verilerini barındıran yıl seçilerek AERMOD modelinin sistem dosyası içine aktarılmıştır. (Şekil 7.2)

Modelleme çalışmalarında kullanılacak gridleme sistemi 250 metre aralıklar tespit edilmiş olup model kaynak merkezde olmak üzere 10\*10 km'lik bir alanda 1681 reseptörde inceleme yapmıştır.

Bu yapılan incelemelerde sonuçların analizi için yerleşim yerlerine yakın bölgelerdeki reseptörler analiz edilerek koku probleminin ortaya çıktığı bölgeler tespit edilmiştir.



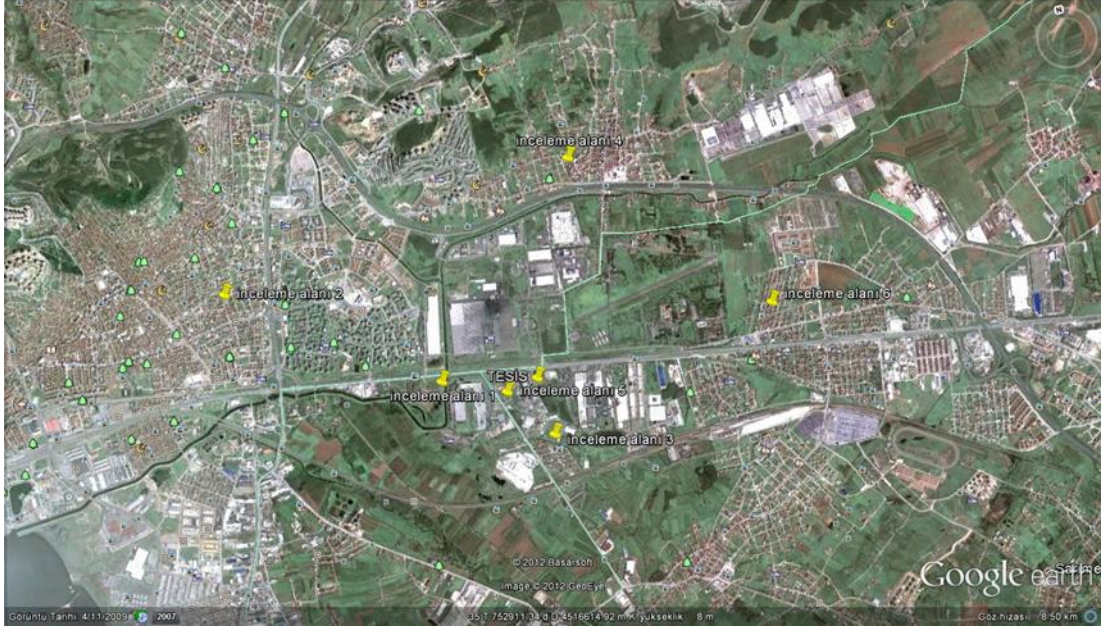
Şekil 7.1 : Bölgenin Topoğrafyası.



Şekil 7.2 : Bölgenin rüzgar haritası.

İnceleme yapılacak reseptörler; tesisin 400 m batısında bulunan lojmanları içinde bulunduran reseptör 1 numaralı kod ile, tesisin kuzeybatısında yaklaşık 3

kilometrelik kuş uçuşu mesafede bulunan reseptör 2 numaralı kod ile, tesisin 500-600 m güneyindeki yerleşimlerdeki reseptör 3 numaralı kod ile tesisin 3 kilometre kuzeyindeki yerleşimleri gösteren reseptör 4 numaralı kod ile tesisin 800 m batısında bulunan reseptör 5 numaralı kod ile ve de tesisten yaklaşık 2.5 kilometre kuzeydoğuda bulunan yerleşim yerindeki reseptör 6 numaralı kod ile Şekil 7.3’de belirtilerek inceleme yapılmıştır.



**Şekil 7.3 : Modelleme Alanı.**

Modelde çalışmalarında inceleme yapılan Kocaeli ilinin nüfus yoğunluğunun 350 kişi/ km<sup>2</sup> olduğu TÜİK verilerine göre tespit edilmiş ve inceleme yapılacak 100 km<sup>2</sup> alanda toplam nüfus 35000 kişi olarak model çalışmalarında kullanılmıştır.

Modelleme çalışmalarında koku problemi yaratan emisyonlardan etanolün koku eşik seviyesi yapılan hesaplamalar sonucu 24 µg/m<sup>3</sup>, asetaldehitin koku eşik seviyesi

87 µg/m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır.(Url 4 ve 5) Saatlik konsantrasyonlar yıl boyunca ilgili reseptörlerde ölçülmüş ve bölgenin genelinde ve de pilot bölgelerdeki maksimum konsantrasyonların dağılımı tespit edilmiştir.

AERMOD modeli ile yapılan çalışmalarda dağılımlar sonucunda koku probleminin konsantrasyonun eşik seviyenin altında kalmasında ötürü oluşmadığı alanlar yeşil renk ile ( $C < 24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), etanol eşik seviyesine eşit ve üstünde, asetaldehit koku eşik seviyesinin altında konsantrasyonlara sahip olan alanlar sarı renk ile ( $24 \mu\text{g}/\text{m}^3 \leq C < 87 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ve her iki madde için koku eşik seviyesinin aşıldığı



konsantrasyonlarındaki alanlar kırmızı renk ile şekil üzerinde gösterilmiştir. ( $87 \mu\text{g}/\text{m}^3 \leq C$ )

Not: Konsantrasyonun çok düşük olduğu alanlar ;  $C < 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  renksiz olarak ifade edilmiştir.

Not 2 : Senaryolarda yıllık ortalama konsantrasyonlar için koku eşik seviyeleri Turner denklemi vasıtasıyla hesaplanmıştır. Ancak Turner denklemi büyük zaman periyotlarında kesin sonuçlar vermemektedir. Burada bulunan değerlerin inceleme alanı seçiminde gözönünde bulundurulabilecek faktörler olarak yararlanılır. Turner denklemine göre etanolün koku eşik seviyesi yapılan hesaplamalar sonucu  $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , asetaldehitin koku eşik seviyesi  $87 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak hesaplanmıştır.

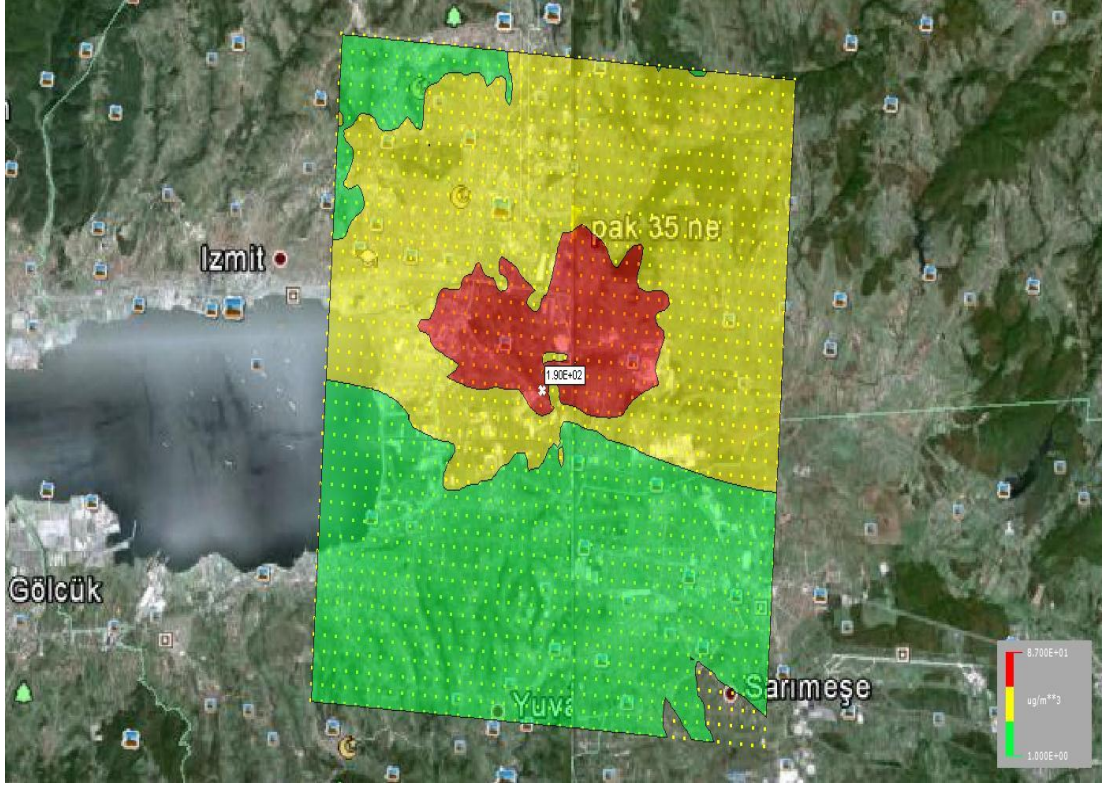
## 7.1 Senaryo 1

AERMOD modeli ile koku probleminin tespiti için yapılan ilk senaryo çalışmasında mevcut durum içinde kaynaktan çıkan emisyonların hiçbir arıtma ve önleme işlemine tabii olmadan atmosfere salınması ile olabilecek en kötü hal için ve modelin uygulanacağı alanın kentsel bir alan olduğu kabulü ile bir modelleme çalışması yapılmıştır. Bu senaryo uyarınca kaynaktan çıkan kirleticilerin saatlik ölçümleri yapılmış ve her reseptördeki en yüksek saatlik konsantrasyonlar Şekil 7.4, Şekil 7.5 ve Şekil 7.6 ve yıllık ortalama konsantrasyonlar Şekil 7.7’de bulunmuştur. Bulunan konsantrasyonlar asetaldehit ve etanol gibi koku emisyonu yaratan UKM’lerin koku eşik seviyeleri ile karşılaştırılmış ve de koku problemine maruz kalabilecek alanlar tespit edilmiştir.(Url 3 )

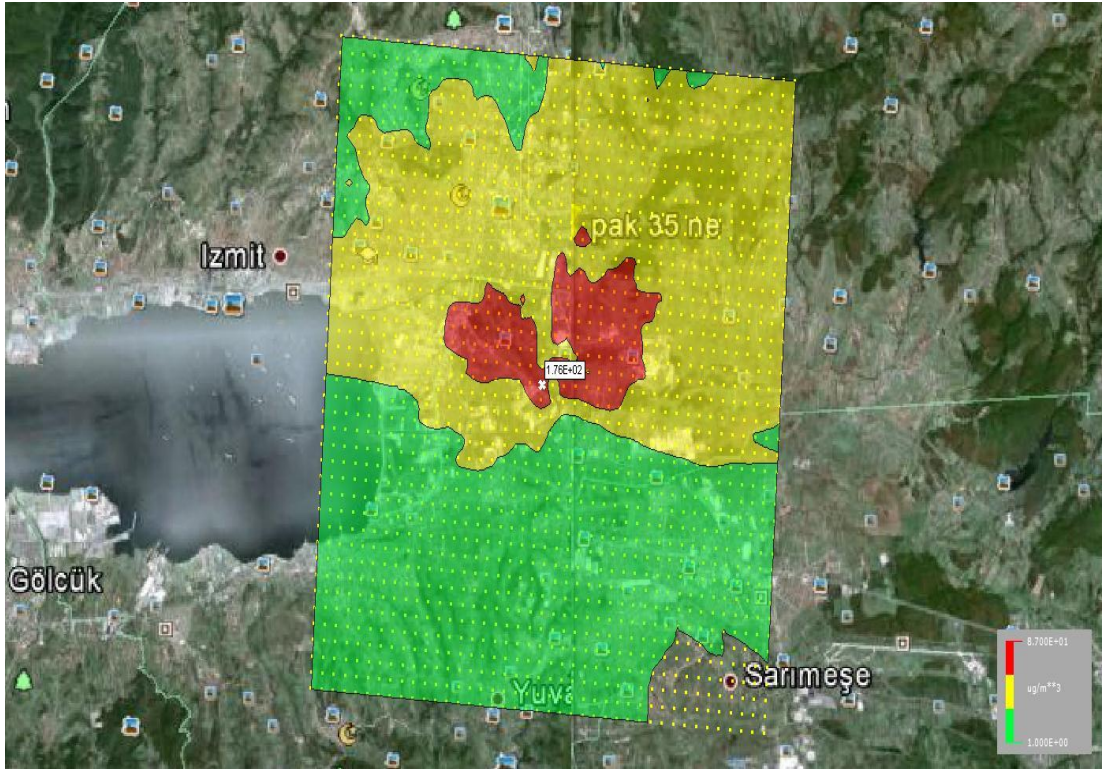


Şekil 7.4 : Maksimum 1 saatlik en yüksek birinci konsantrasyon.

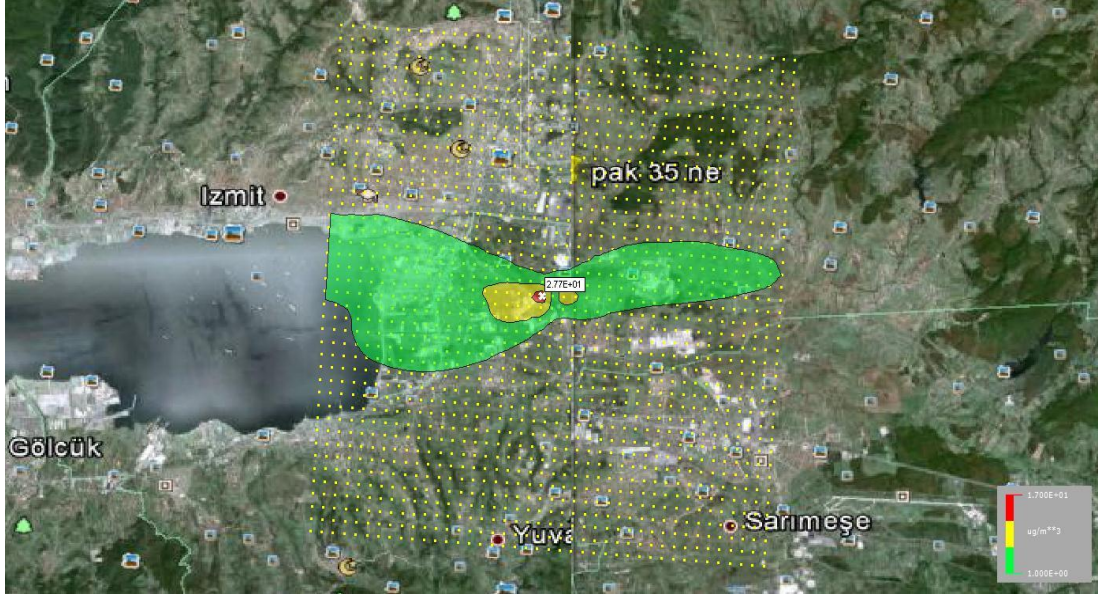




Şekil 7.5 : Maksimum 1 saatlik en yüksek ikinci konsantrasyon.



Şekil 7.6 : Maksimum 1 saatlik en yüksek üçüncü konsantrasyon.



**Şekil 7.7 : Yıllık konsantrasyon.**

Bu sonuçlar ışığında etanolün en kötü senaryo durumunda, kaynağa yakın bölgelerde ve hakim rüzgar yönleri olan doğu ve batının etkisinde kalarak batı ve doğu bölgelerde koku problemine sebebiyet verebilecek nitelikte olduğu tespit edilmiştir. Bölgenin koşullarının en kötü hal senaryosu için koku problemine sahip olabileceği tespit edilmiştir. Daha detaylı verilere sahip olmak için tesisin yerleşim yerlerine yakın reseptörleri pilot reseptörler olarak seçilmiş ve bu reseptörlerde yıl boyunca koku probleminin oluşup oluşmadığı takip edilmiştir.

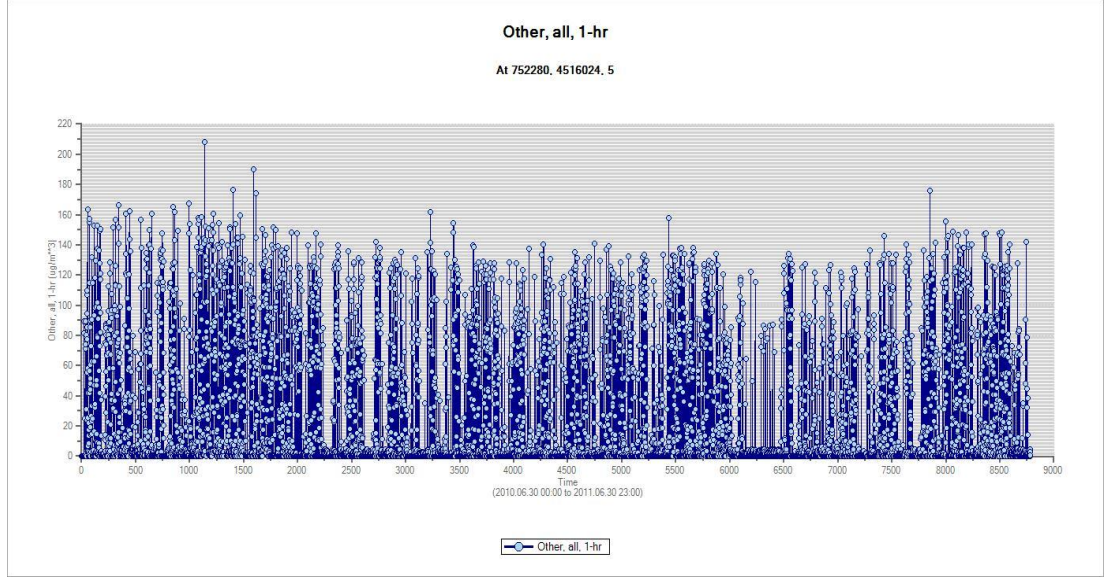
#### *Pilot Reseptör 1*

Bu reseptör tesisin yaklaşık olarak 400 m uzağında lojman gibi bir yerleşimin söz konusu olduğu bir bölgede bulunmaktadır. Ayrıca bölgenin hakim rüzgar yönünün bu reseptör üzerinden geçmesi bu bölgenin pilot bölge olarak seçilmesini sağlamaktadır.

KSOEKY uyarınca bir endüstriyel tesiste koku probleminin oluştuğunun tespit edilmesi için iki aylık ölçüm periyodlarında kokulu saat yüzdesinin toplam saat yüzdesinin 25'i veya daha fazla olması şartı bulunmaktadır. Tesisten çıkan emisyonlar seçilen bu reseptörde yılın her ayı boyunca etanolden kaynaklı koku probleminin oluştuğunu ve yılın belirli periyodlarında da asetaldehit kaynaklı koku problemlerinin de ortaya çıktığı görülmektedir.

İlk senaryo uyarınca reseptör 1 için saatlik ölçümler Şekil 7.8'de gösterilmiştir.

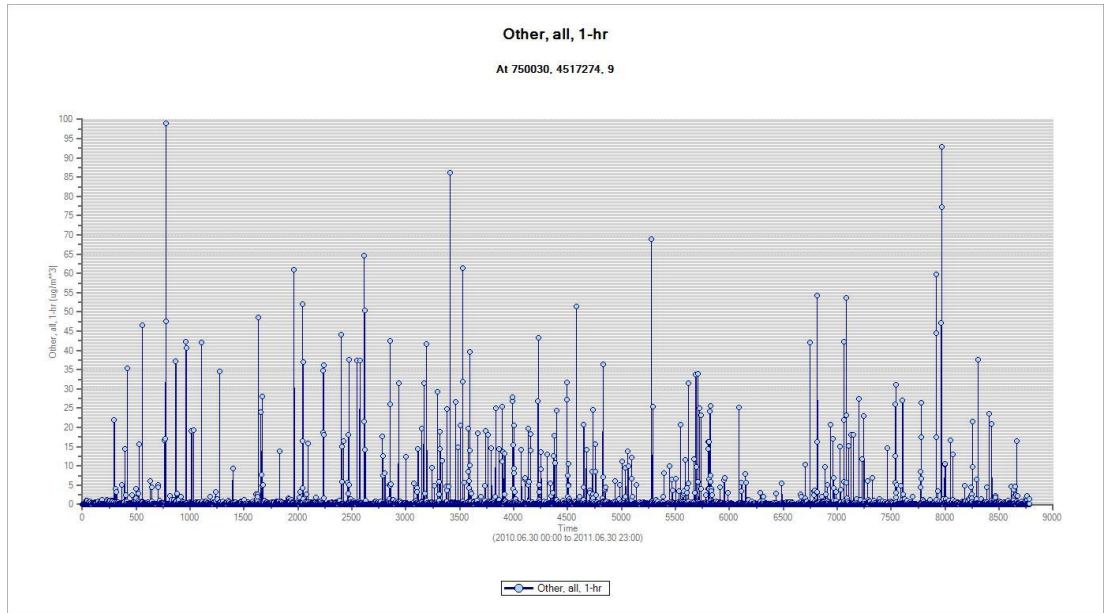




**Şekil 7.8 :** Senaryo Bir - Bir numaralı pilot reseptör yıllık koku konsantrasyonları.

#### *Pilot Reseptör 2*

Tesiste oluşan koku problemlerinin yerleşim yerlerine olan etkisini tespit etmek üzere tesisten 3 km uzakta kuzeybatı yönünde yoğun olarak yerleşime sahip olan bölgede inceleme yapılmıştır. İlk senaryo uyarınca reseptör 2 için saatlik ölçümler Şekil 7.9 'da gösterilmektedir

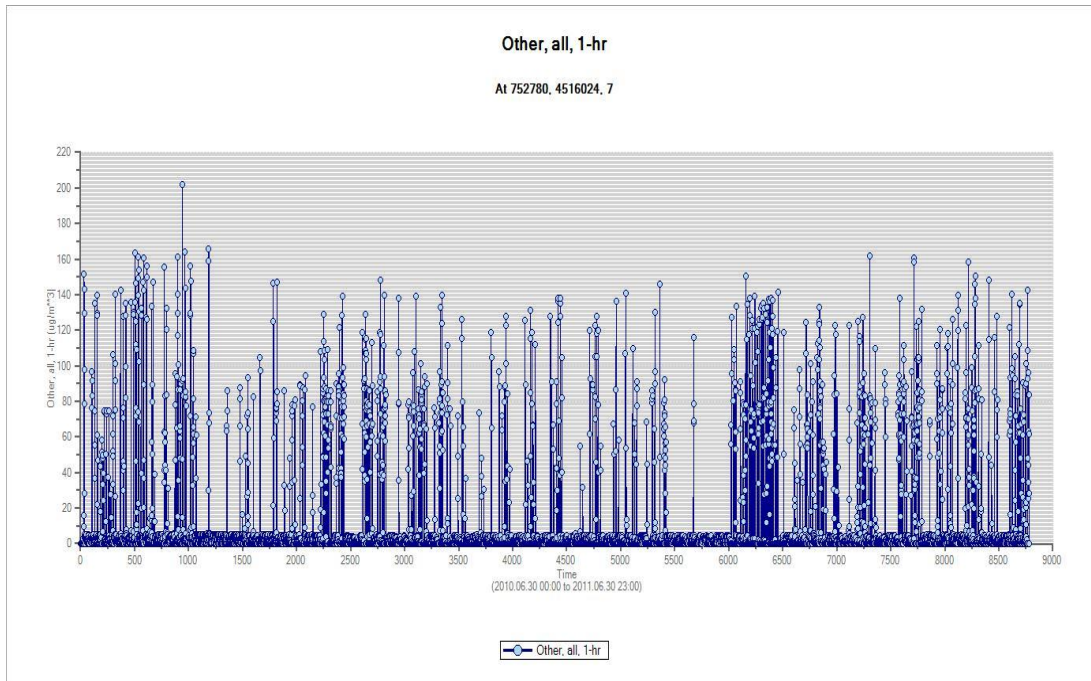


**Şekil 7.9 :** Senaryo Bir - İki numaralı pilot reseptör yıllık koku konsantrasyonları  
Bu reseptörde yapılan incelemelerde koku problemlerinin sürekli olmadığı yılın belirli saatlerinde koku eşik seviyesini aşan konsantrasyonların ortaya çıktığı, ancak bu seviyenin % 25 kokulu saat mertebesinde düşük olduğu tespit edilmiştir.

### Pilot Reseptör 3

Tesis inceleme alanlarından birtanesi de tesisin 500-600 m güneyinde bulunan yerleşim yeridir. Bu bölge yapılan senaryo 1 ile ilgili saatlik ölçümler Şekil 7.10'da gösterilmektedir.

Seçilen bu reseptörde yapılan ölçümler sonucunda yılın çeşitli aylarında etanolden ve asetaldehitten kaynaklı koku problemlerinin eşik seviyeyi aşmasından ötürü kaynaklanabileceği öngörülmektedir. Özellikler şubat-mart aylarında meteorolojik koşullarında etkisi ile bu bölgede koku problemlerinin oluşmasının beklendiği öngörüsü yapılmaktadır.

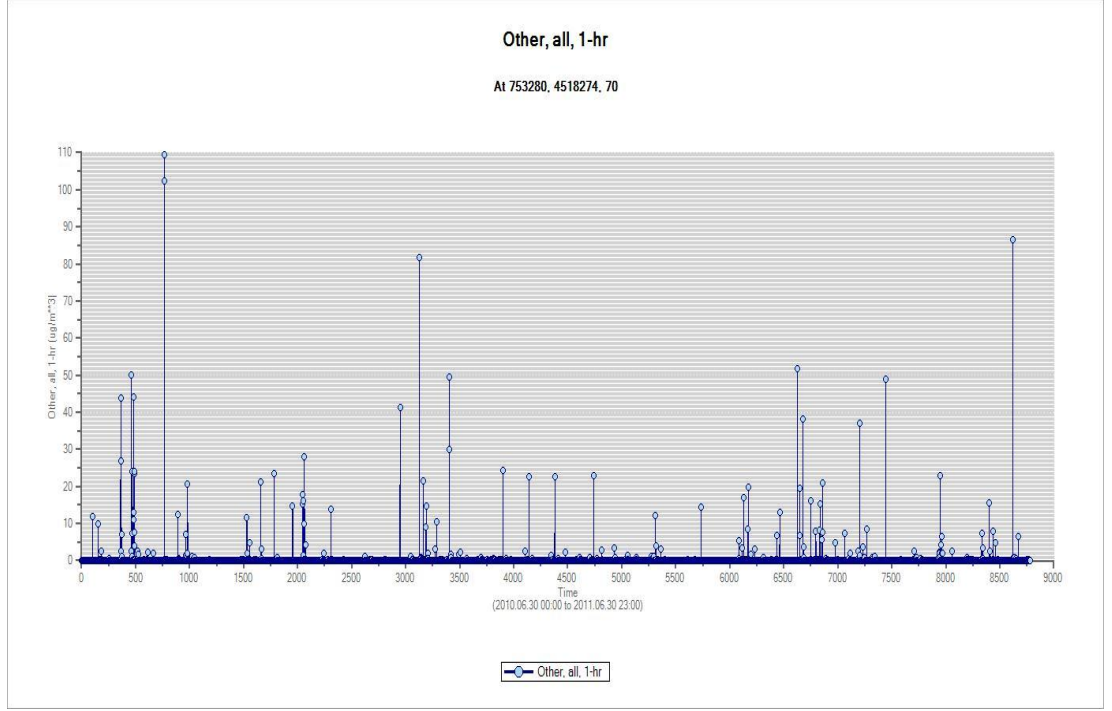


**Şekil 7.10 :** Senaryo Bir - Üç numaralı pilot reseptör yıllık koku konsantrasyonları.

### Pilot Reseptör 4

Tesisin 3 km kuzeyinde bulunan yoğun yerleşim yerinde tesisteki UÇM'lerin yaratmış olduğu bir kokunun olup olmadığının tespiti için bu reseptörde pilot reseptör olarak öngörülüp inceleme yapılmıştır. Bu bölgede yapılan senaryo 1 ile ilgili saatlik ölçümler Şekil 7.11'de gösterilmektedir.

Yoğun bir yerleşime sahip olan bu bölge tesiste oluşan kokulu emisyonlardan yılın sadece çok az bir kısmında etkilenmektedir.

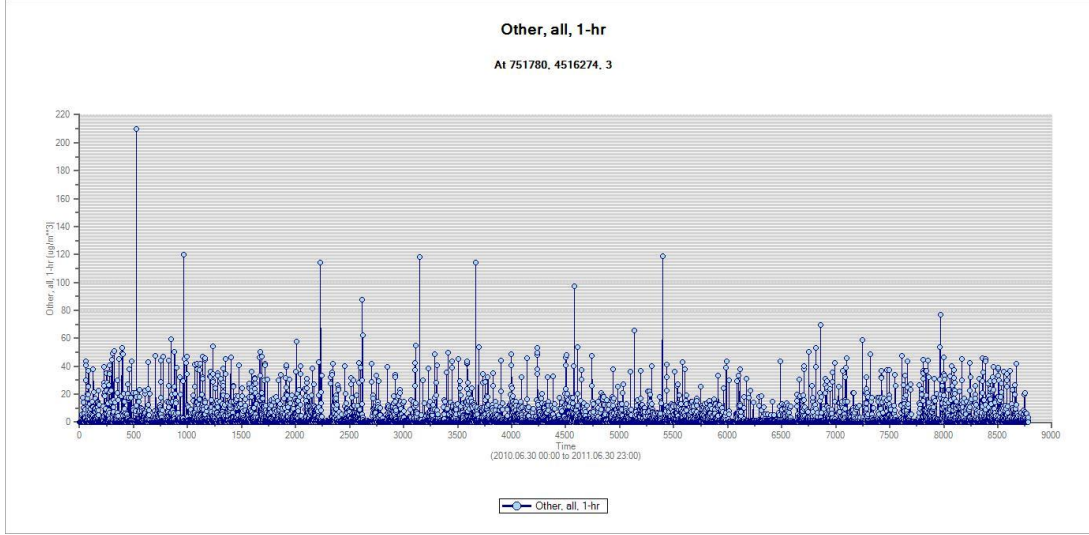


**Şekil 7.11 :** Senaryo Bir - Dört numaralı pilot reseptör yıllık koku konsantrasyonları. Bu bölgede koku şikayetleri olduğu takdirde saha ölçümleri yapılarak koku probleminin kesin tespiti yapılabilir, ancak model çıktılarına göre bu bölgede koku problemi oluşturacak konsantrasyonlar ölçülmemektedir.

#### *Pilot Reseptör 5*

Tesisin yaklaşık olarak 800 metre batısında yer alan reseptör saatlik pik ölçümlere bakıldığı zaman en yüksek kirletici pikinin  $217 \mu\text{g}/\text{m}^3$  verildiği nokta olarak tespit edilmiş ve konsantrasyonların yıl içindeki dağılımını öngörebilmek için bu pilot reseptörde inceleme yapılmıştır. Yapılan incelemeler sonucu saatlik bazda ve yıllık bazda emisyon konsantrasyonları tespit edilmiştir. Bu bölgede yapılan senaryo 1 ile ilgili saatlik ölçümler Şekil 7.12’de gösterilmektedir.

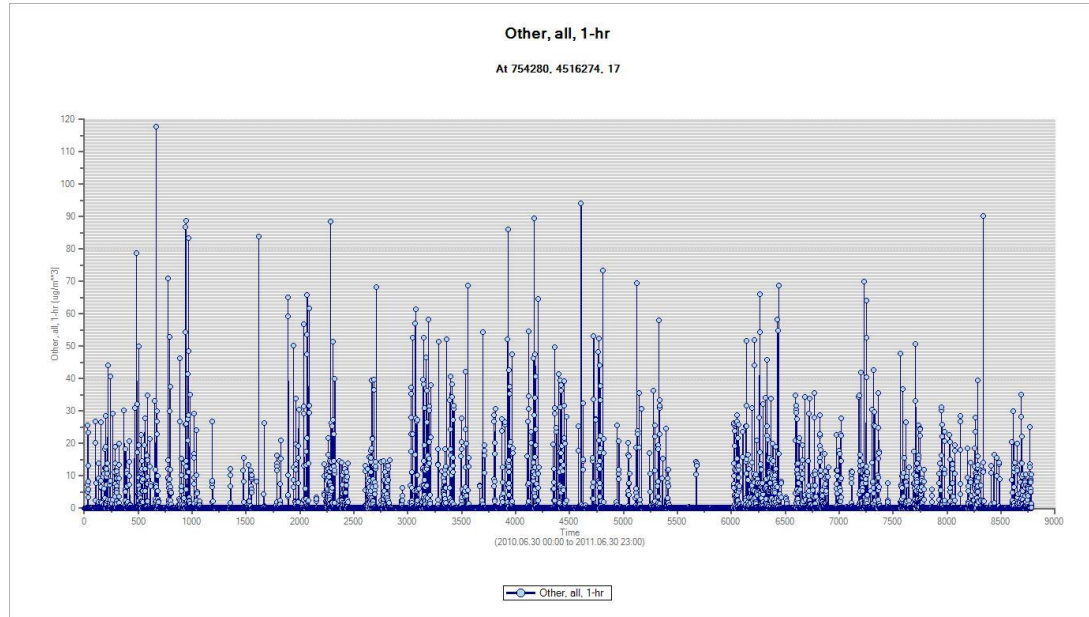
Yapılan modelleme çalışması ile maksimum pik konsantrasyonun ölçüldüğü noktada yılın genelinde etanolden kaynaklı koku problemin oluşabileceği ve meteorolojik şartlar ve topoğrafik koşullara bağlı olarak yılın belirli saatlerinde çok yoğun bir koku probleminin ortaya çıkabileceği öngörülmektedir.



**Şekil 7.12 :** Senaryo Bir - Beş numaralı pilot reseptör yıllık koku konsantrasyonları.  
*Pilot Reseptör 6*

Seçilen pilot reseptör 6 tesisin 2.5 km kuzeydoğusunda oluşabilecek koku problemlerinin tespiti öngörüsüyle modellenmiştir. Bu bölgede yapılan senaryo 1 ile ilgili saatlik ölçümler Şekil 7.13’de gösterilmektedir.

Tesisin kuzeydoğusunda yer alan bölgede koku problemi oluşturacak eşik seviyeye KSOEKY uyarınca %25 kokulu saat mertebesinde ulaşılmamıştır. Ancak yılın belirli zamanlarında etanol kaynaklı koku problemlerinin oluşması beklenmektedir.

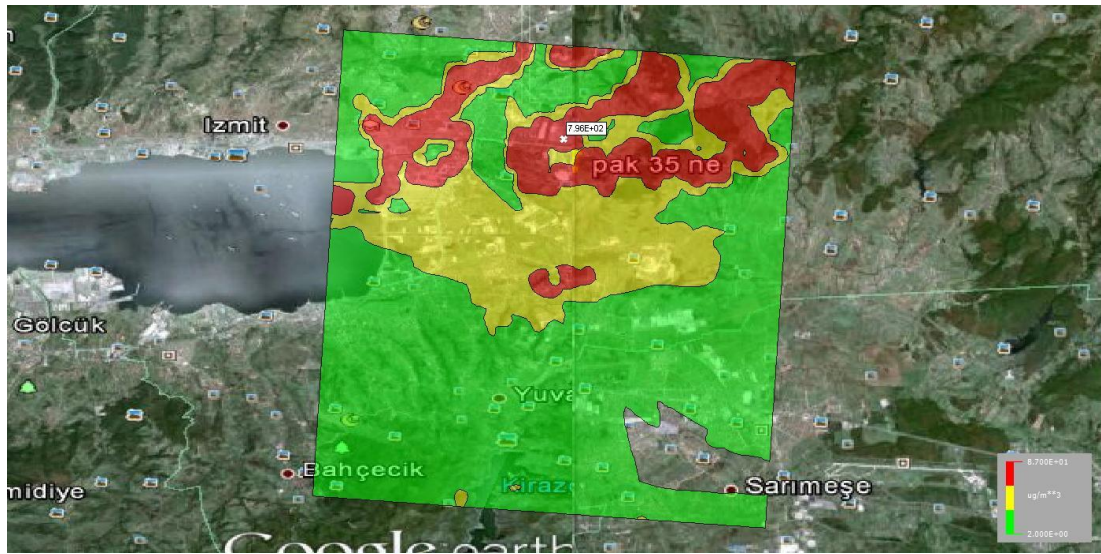


**Şekil 7.13 :** Senaryo Bir - Altı numaralı pilot reseptör yıllık koku konsantrasyonları.

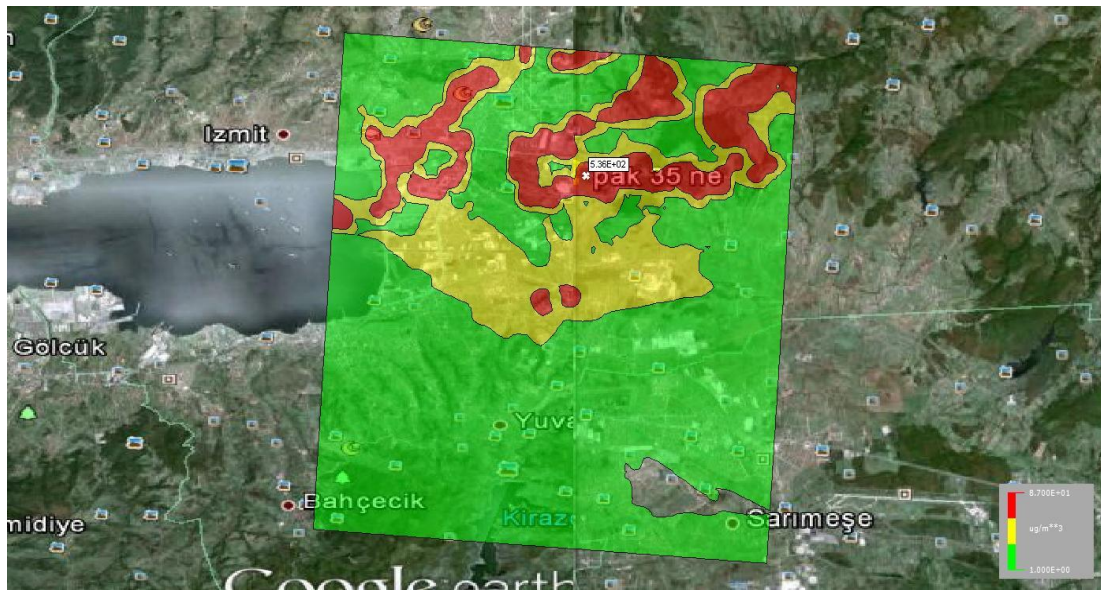


## 7.2 Senaryo 2

Model çalışmasının ikinci senaryosu uyarınca kentsel alan olarak modellenen alanın kırsal alan olarak modellenmesidir. Böylece bina etkileri minimize edilecek ve atmosferik ve coğrafik koşulların dağılım mekanizmasında daha etkin rol oynaması beklenecektir. Tesisle verileri sabit kalmak üzere model kırsal alan için tekrar modellenmiştir. Senaryo 1’de seçilen pilot noktalar senaryo 2 içinde kullanılmış olup farklılıklar belirtilmiştir. Senaryo 2 uyarınca kokulu bileşiklerin dağılımları saatlik olarak Şekil 7.14, Şekil 7.15 ve Şekil 7.16’da yıllık olarak Şekil 7.17. ‘de gösterilmektedir.

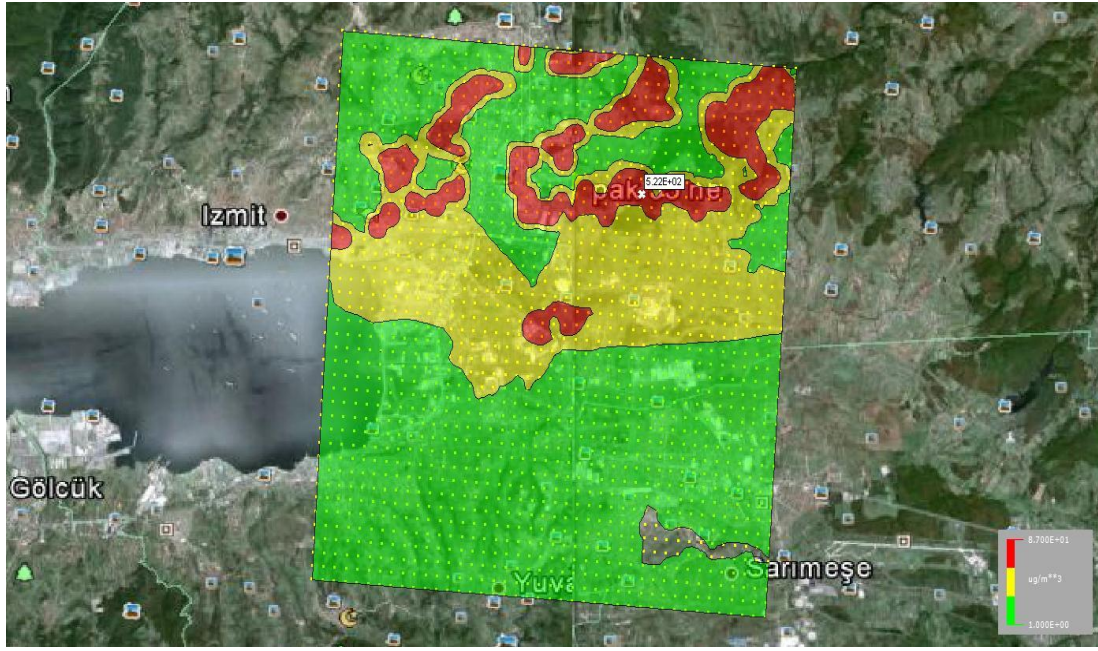


Şekil 7.14 : Senaryo 2 Maksimum 1 saatlik en yüksek birinci konsantrasyon.



Şekil 7.15 : Senaryo 2 Maksimum 1 saatlik en yüksek ikinci konsantrasyon.





Şekil 7.16 : Senaryo 2 Maksimum 1 saatlik en yüksek üçüncü konsantrasyon.



Şekil 7.17 : Senaryo 2 Yıllık konsantrasyon.

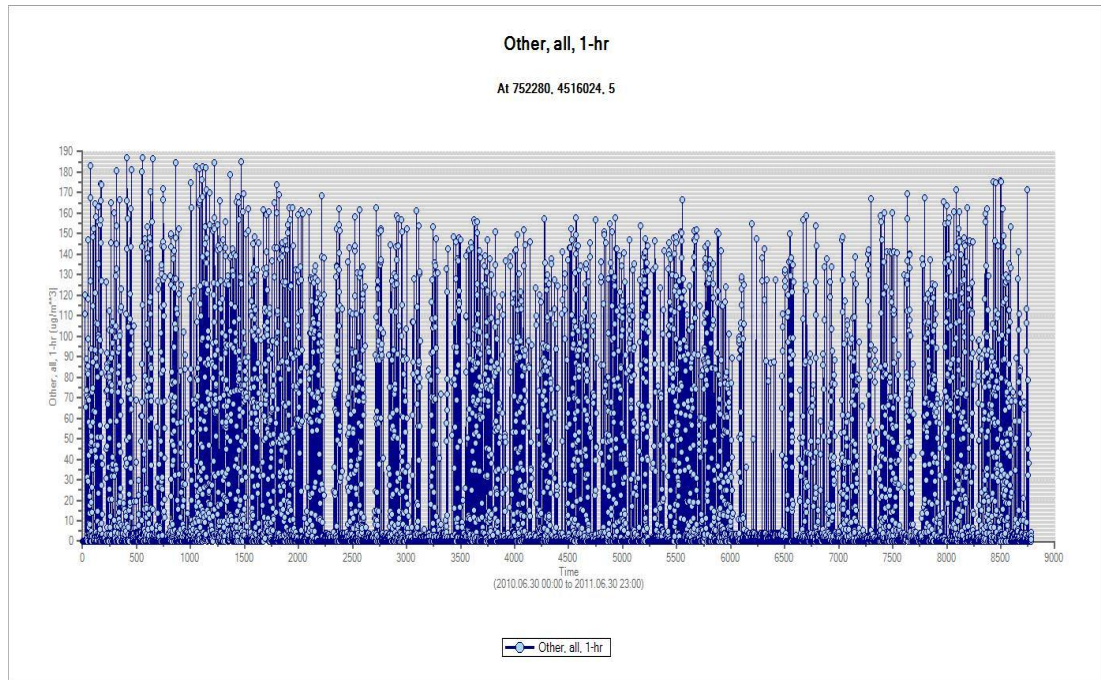
Kokuya sebep olan emisyonların kuzey ve kuzeydoğu bölgelerde saatlik ölçümlerde  $796 \mu\text{g}/\text{m}^3$  konsantrasyona yükseldiği gözlenmiştir. Model sonuçları detaylı bir şekilde incelendiğinde ise koku problemi oluşturan bu konsantrasyonun kalıcı olmadığı yılın belirli zaman dilimlerinde ender bir şekilde ortaya çıktığı belirlenmiştir. Bu bölgedeki konsantrasyon artışının en önemli sebebi bölgenin topoğrafik koşullarıdır. Tesisten atmosfere yayılan kirletici çevresine göre nispeten



çukur bir bölgeden atmosfere yayılmaktadır. Bölgenin kuzeyi ve kuzeydoğusu tesisin bulunduğu konuma göre daha yüksek bir yapıda olup tesisten atmosfere verilen kirleticiler kuzey ve kuzeydoğu yönüne hareket ettiklerinde bu bölgedeki yamaçlarda birikmelere ve koku problemine sebebiyet veren emisyonların oluşmasını sağlamaktadır. Model programı kırsal alan için çalıştırıldığında nüfusun ve bina etkisinden daha az etkilendiği, meteorolojik ve topoğrafik koşulların dağılım mekanizmasında daha baskın hale geldiği belirlenmiştir. Daha detaylı verilere sahip olmak için tesisin yerleşim yerlerine yakın reseptörleri pilot reseptörler olarak seçilmiş ve bu reseptörlerde yıl boyunca koku probleminin oluşup oluşmadığı takip edilmiştir.

#### *Pilot Reseptör 1*

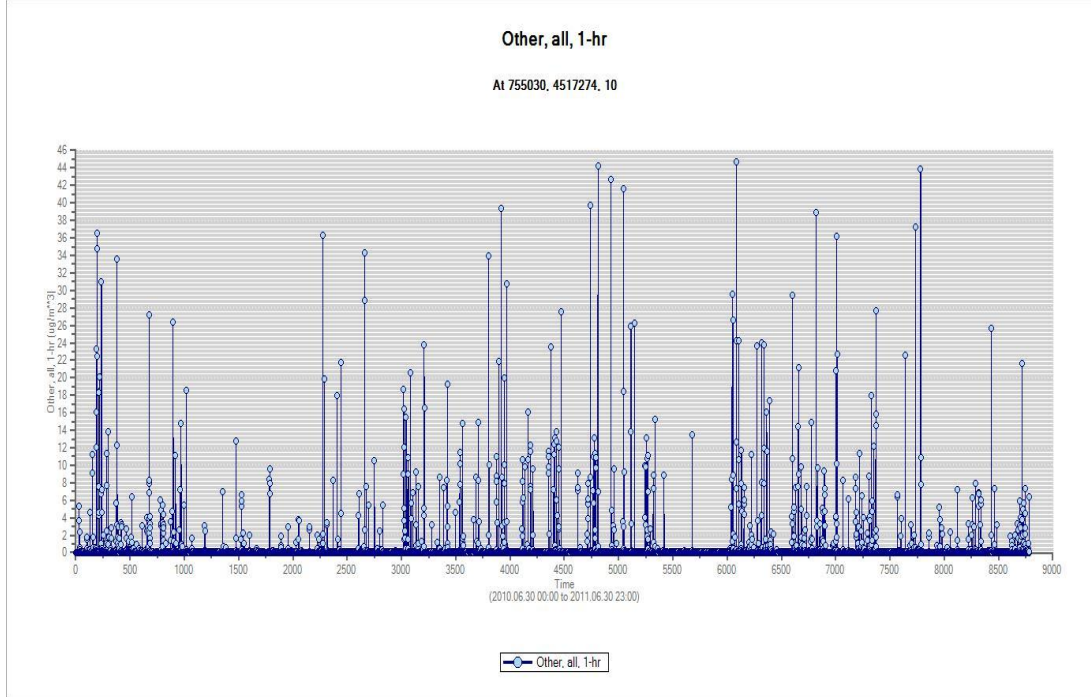
Senaryo 1’de de belirtildiği üzere tesisin 400m uzağındaki lojman alanı içinde bulunan bu reseptörde kırsal alan model senaryosu için yıllık konsantrasyon ölçümleri Şekil 7.18’de gösterilmiştir.



**Şekil 7.18 :** Senaryo İki - Bir numaralı pilot reseptör yıllık koku konsantrasyonları. Tesisten çıkan emisyonlar seçilen bu reseptörde senaryo 1’de de olduğu yılın her ayı boyunca etanolden kaynaklı koku probleminin oluştuğunu ve yılın belirli periyodlarında da asetaldehit kaynaklı koku problemlerinin de ortaya çıktığı görülmektedir.

### Pilot Reseptör 2

Tesiste oluşan koku problemlerinin kırsal alan senaryosu uygulanması halinde yerleşim yerlerine olan etkisini tespit etmek üzere tesisten 3 km uzakta kuzeybatı yönünde yoğun olarak yerleşime sahip olan bölgede inceleme yapılmıştır. İkinci senaryo uyarınca reseptör 2 için saatlik ölçümler Şekil 7.19’da gösterilmektedir

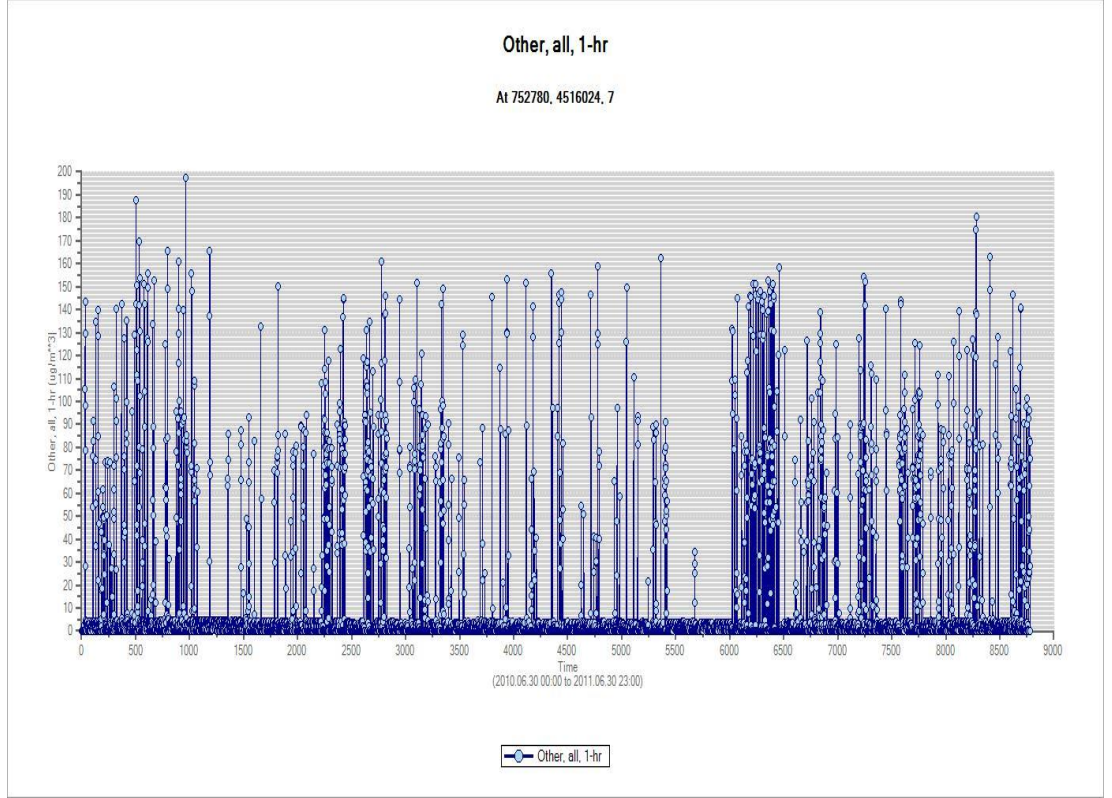


**Şekil 7.19 :** Senaryo İki - İki numaralı pilot reseptör yıllık koku konsantrasyonları. Senaryo 2 uyarınca bu bölgede asetaldehit kaynaklı koku problemlerin oluşabileceği eşik seviyeye konsantrasyonu aşan bir konsantrasyon büyüklüğüne ulaşılmamıştır. Bölgede yıl boyunca ender olmak üzere etanol kaynaklı koku probleminin oluşması öngörülmüştür. Bölgede ise asetaldehit kaynaklı koku emisyonlarını oluşturabilecek eşik seviyede konsantrasyonlara rastlanmamıştır.

### Pilot Reseptör 3

Tesis inceleme alanlarından birtanesi de tesisin 500-600 m güneyinde bulunan yerleşim yeridir. Bu bölge yapılan kırsal alan senaryo 2 ile ilgili saatlik ölçümler Şekil 7.20’de gösterilmektedir

Bu pilot reseptörde yapılan kırsal alan modelleme senaryo 2 için elde edilen sonuçların dağılımı senaryo 1 ile paralellik göstermektedir. Koku probleminin yaşanması muhtemel olan bu bölgelerde Konsantrasyon bazında ise az miktarda da olsa bir artış gözlemlenmektedir.

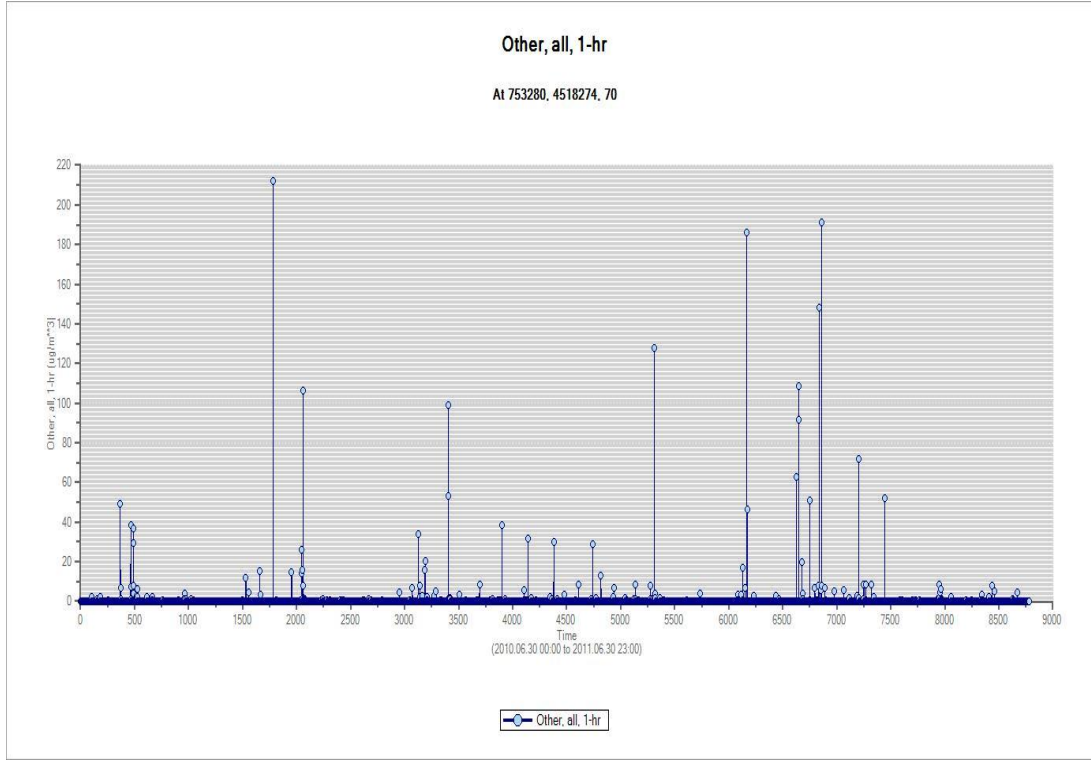


**Şekil 7.20 :** Senaryo İki - Üç numaralı pilot reseptör yıllık koku konsantrasyonları. Bunun sonucu olarak etanol kaynaklı koku probleminin yanında asetaldehit kaynaklı koku problemlerinin yaşandığı zaman aralığında bir artış öngörülmemektedir. Elde edilen veriler ışığında bu bölgede şubat-mart aylarında koku problemleri şikayetlerinde artış beklenmektedir.

#### *Pilot Reseptör 4*

Tesisin 3 km kuzeyinde bulunan yoğun yerleşim yerinde tesisteki UÇM'lerin yaratmış olduğu bir koku probleminin ortaya çıkıp çıkmayacağının tespiti için bu reseptörde pilot reseptör olarak öngörülüp inceleme yapılmıştır. Bu bölgede yapılan senaryo 2 ile ilgili saatlik ölçümler Şekil 7.21'de gösterilmektedir.

Reseptörde elde edilen verilere göre yılın çeşitli günlerinin çeşitli saatlerinde koku eşik seviyesini aşan konsantrasyonlar modellenmiştir. Ancak bu verilerin KSOEKY uyarınca % 25 kokulu saat yüzdesinin çok altında olduğu belirlenmiştir. Yapılan model çalışması sonuçlarına göre bu bölgede koku probleminin yasalarca belirlenmiş kokulu saat yüzdesinin altında olduğundan koku probleminin oluşmaktadığı kabulü yapılmıştır.



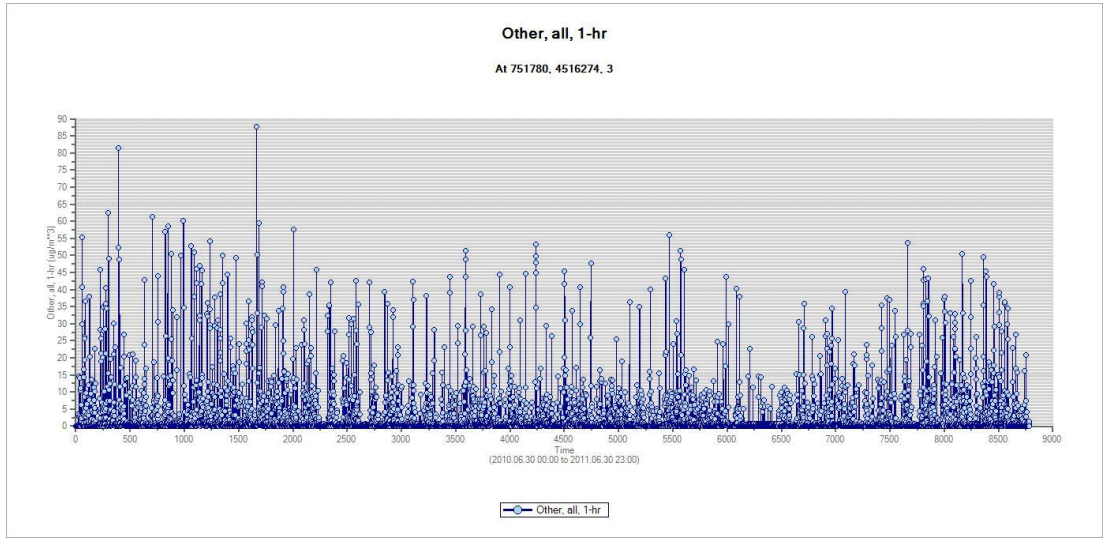
**Şekil 7.21 :** Senaryo İki - Dört numaralı pilot reseptör yıllık koku konsantrasyonları.

#### *Pilot Reseptör 5*

Tesisin yaklaşık olarak 800 metre batısında yer alan reseptör senaryo uyarınca kentsel olarak modellenen bölge saatlik pik ölçümlere bakıldığı zaman en yüksek kirletici pikinin verildiği nokta olarak tespit edilmiştir ve bu bölgenin kırsal alan senaryosunda nasıl bir değişme gösterdiğinin belirlenmesi üzerine bu bölgede bulunan konsantrasyonların yıl içindeki dağılımını öngörebilmek için bu pilot reseptörde inceleme yapılmıştır. Bu bölgede yapılan senaryo 2 ile ilgili saatlik ölçümler Şekil 7.22’de gösterilmektedir.

Uygulanan ikinci senaryo olan kırsal alan senaryosunda bölgedeki pik konsantrasyonlarda düşüşler gözlemlenmekte ve bunun neticesinde asetaldehit kaynaklı koku probleminin oluşmasını sağlayacak koku eşik seviyeye yılın hiçbir zaman diliminde ulaşılmadığı tespit edilmiştir. Özellikle ilkbahar sonu ve yaz aylarında bu bölgede etanol koku eşik seviyesini aşan konsantrasyonlar tespit edilmiştir ve bu bölgede özellikle yaz ayları için etanol kaynaklı koku probleminden söz edilebilmektedir. Konsantrasyon seviyelerinin asetaldehit için belirlenen seviyelerin altında kalmasından ötürü inceleme yapılan bölgede asetaldehit kaynaklı koku problemine rastlanmamıştır.

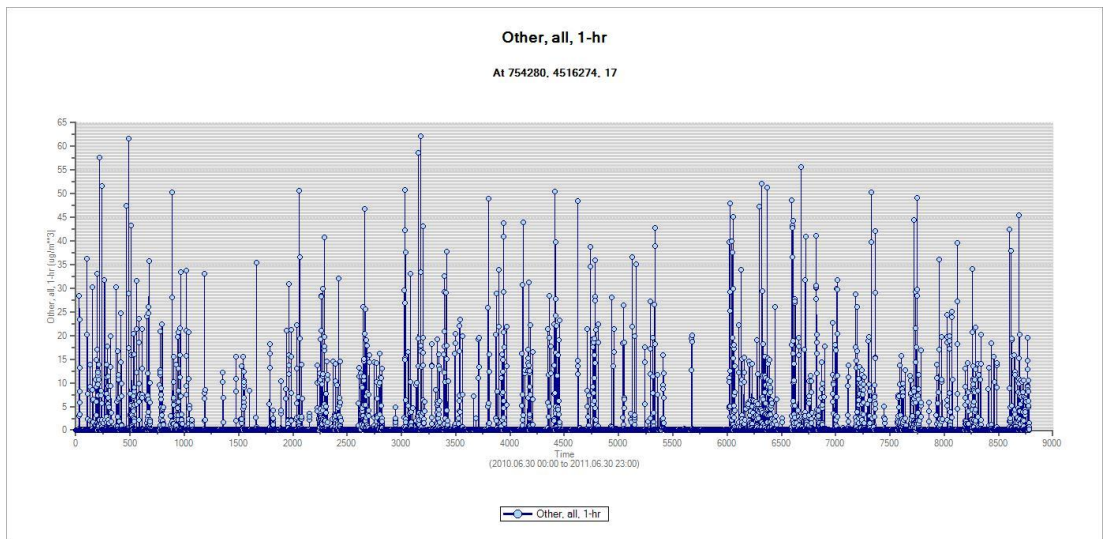




**Şekil 7.22 :** Senaryo İki - Beş numaralı pilot reseptör yıllık koku konsantrasyonları.  
*Pilot Reseptör 6*

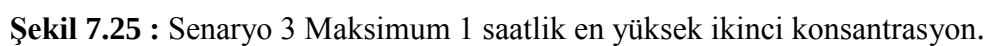
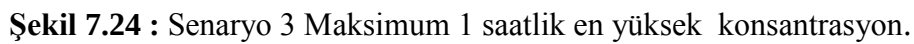
Seçilen pilot reseptör 6 tesisin 2.5 km kuzeydoğusunda oluşabilecek koku problemlerinin tespiti öngörüsüyle modellenmiştir. Bu bölgede yapılan senaryo 1 ile ilgili saatlik ölçümler Şekil 7.23’de gösterilmektedir.

Tesisin kuzeydoğusunda yer alan bölgede koku problemi oluşturacak eşik seviyeye KSOEKY uyarınca %25 kokulu saat mertebesinde ulaşılmamıştır. Birinci senaryoya kıyaslan konsantrasyonlarda düşüş gözlemlenmekte ve bu düşüş de bölgede oluşabilecek etanol kaynaklı koku probleminde azalımı sebebiyet vermektedir.

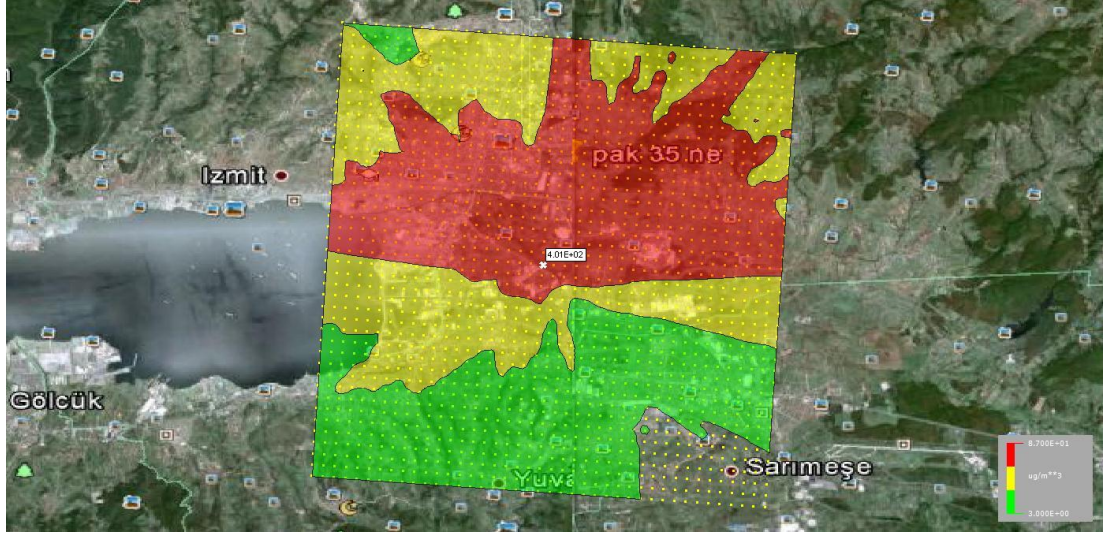


**Şekil 7.23 :** Senaryo İki - Altı numaralı pilot reseptör yıllık koku konsantrasyonları.

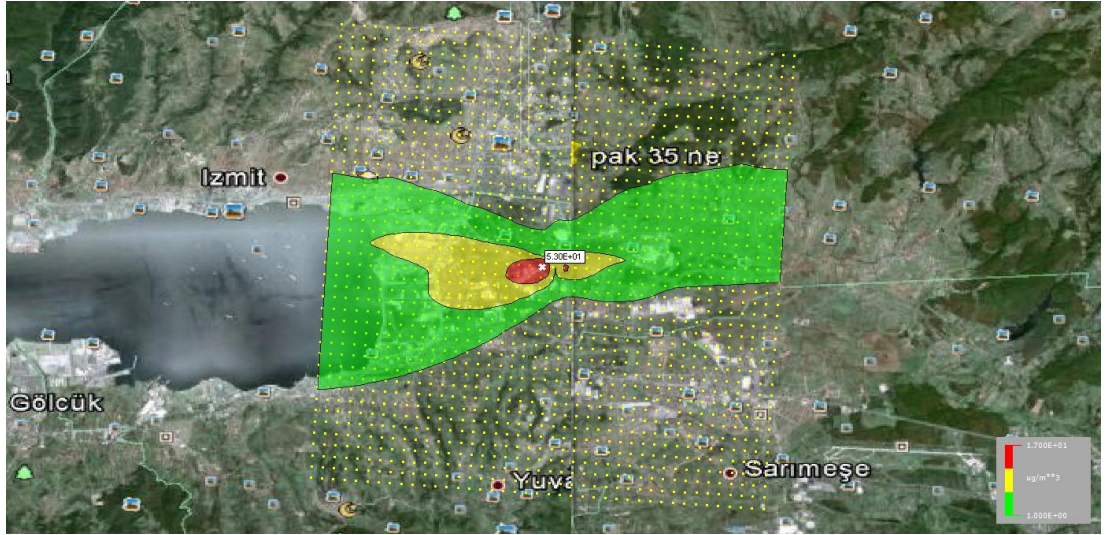
Senaryo 3 kapsamında model çalışması senaryo 1 kapsamında olduğu gibi kentsel alan senaryosu ile işletilmiştir. Bu senaryo kapsamında tesisin kapasitesinin gelecek yıllarda iki katına çıkarılacağı varsayımı ile prosesten kaynaklı UOM'lerin atmosferik dağılımları saatlik bazda Şekil 7.24, Şekil 7.25 ve Şekil 7.26'da yıllık ortalama Şekil 7.27 'de modellenmiştir. Detaylı inceleme alanları senaryo 1 ve senaryo 2'de de belirtilen 6 adet pilot reseptör olmuştur.







Şekil 7.26 : Senaryo 3 Maksimum 1 saatlik en yüksek üçüncü konsantrasyon.



Şekil 7.27 : Senaryo 3 yıllık konsantrasyon.

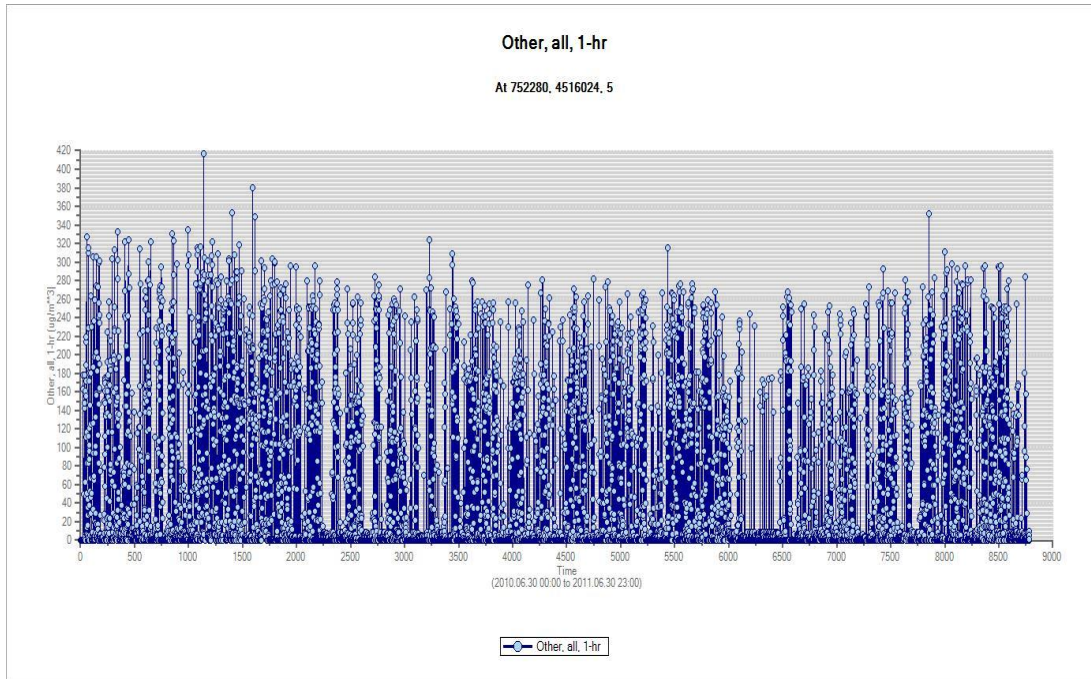
Senaryo 3 gelecekteki en kötü hal senaryosunda oluşabilecek koku problemlerinin büyüklüğü ve olduğu bölgeler hakkındaki çalışmayı kapsamaktadır. Tesis kapasitesinin iki katına çıkması sonucunda pilot reseptörlerde yapılan ölçümler konsantrasyonlarda belirgin bir artış olduğunu göstermektedir. Sonuçlar ışığında etanolün en kötü senaryo durumunda, kaynağa yakın bölgelerde ve hakim rüzgar yönleri olan doğu ve batının etkisinde kalarak batı ve doğu bölgelerde koku problemine sebebiyet verebilecek nitelikte olduğu tespit edilmiştir. Bölgenin koşullarının en kötü hal senaryosu için koku problemine sahip olabileceği tespit edilmiştir. İnceleme alanında saatlik en yüksek ölçümlerde  $448 \mu\text{g}/\text{m}^3$  konsantrasyon değerine ulaşılmıştır. Daha detaylı verilere sahip olmak için tesisin

yerleşim yerlerine yakın reseptörleri incelenmiştir ve bu reseptörlerde yıl boyunca koku probleminin oluşup oluşmadığı takip edilmiştir.

#### *Pilot Reseptör 1*

Tesisin 400m uzağındaki lojman alanı içinde bulunan bu reseptörde gelecek planlanması için yapılan model çalışmasının yıllık konsantrasyon ölçümleri Şekil 7.28’de gösterilmiştir.

Modelleme çalışması sonunda bölgede yüksek miktarda koku probleminin oluşacağı ve bu problemin sürekli bir şekilde güçlü bir halde yaşanacağı öngörülmektedir. Bu bölgede yaşayan kişilerin kokunun yaratmış olduğu rahatsızlardan azami ölçüde etkileneceği tahmin edilmektedir.



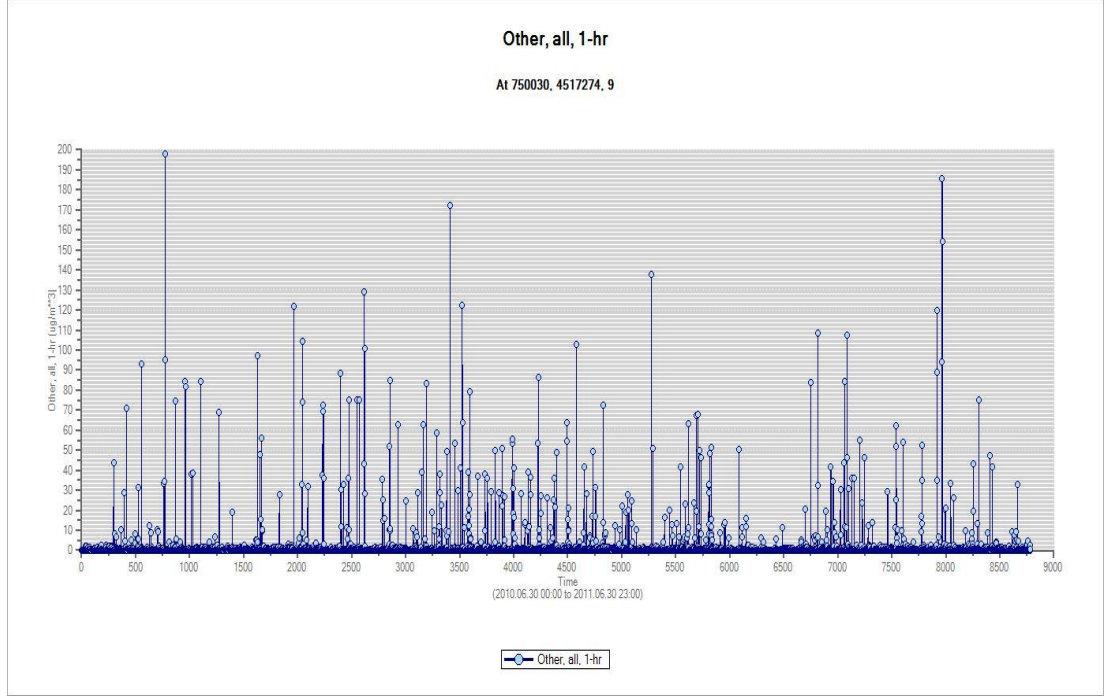
**Şekil 7.28 :** Senaryo Üç - Bir numaralı pilot reseptör yıllık koku konsantrasyonları.

#### *Pilot Reseptör 2*

Tesiste oluşan koku problemlerinin tesisten 3 km uzakta kuzeybatı yönünde yoğun olarak yerleşime sahip olan bölgede yapılan inceleme sonuçları Şekil 7.29’da gösterilmektedir.

Reseptörde yapılan incelemede emisyon yükü iki kat arttırıldığı zaman etanolden kaynaklı koku problemlerinin oluşmasına olanak tanıyacak konsantrasyonlar elde edilmiştir.





**Şekil 7.29 :** Senaryo Üç - İki numaralı pilot reseptör yıllık koku konsantrasyonları. Ancak problemin kesin tespiti için saha çalışmaları KSOEKY uyarınca iki aylık ölçüm periyotları ile yapılmalı ve koku probleminin olup oluşmadığına dair bilgiler bu veriler ışığında değerlendirilmelidir.

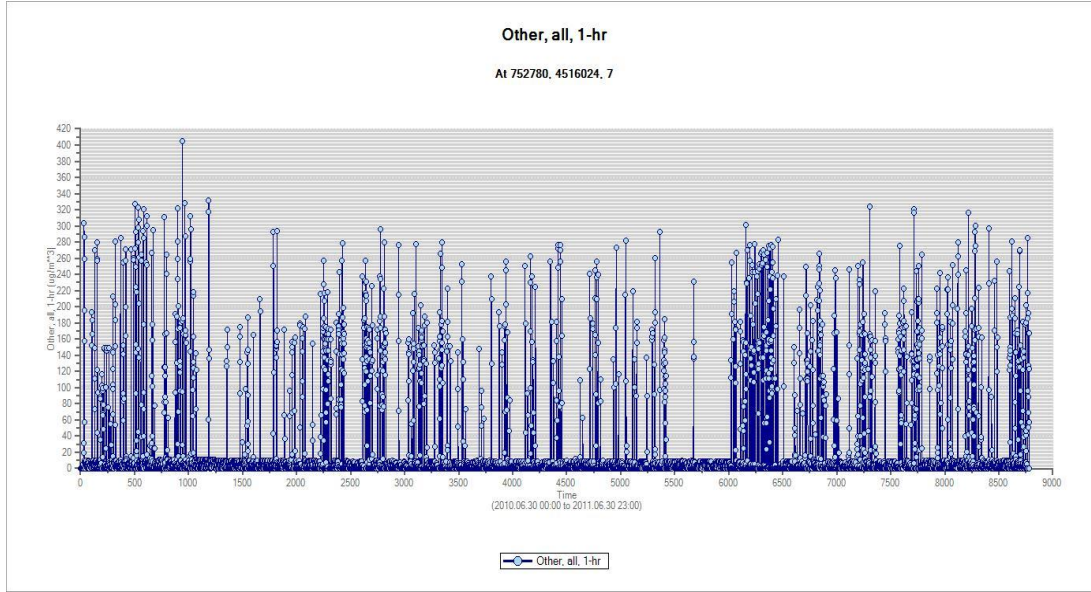
#### *Pilot Reseptör 3*

Pilot reseptör 3 tesisin 500-600 m güneyinde bulunan yerleşim yerinde bulunmaktadır. Bu bölge yapılan senaryo 3 ile ilgili saatlik ölçümler Şekil 7.30’da gösterilmektedir.

Senaryo 3 uyarınca emisyon yükünün iki katına çıkarılması bu yerleşim yerinde yaz aylarında ve özellikle ilkbahar aylarında koku eşik seviyesini aşan konsantrasyonlara ulaşılmasını sağlamaktadır. Modelleme sonuçları ile bölgede özellikle ilkbahar aylarında tesisteki fermantasyon prosesi sonucu oluşan UOM’lerin yaratmış olduğu emisyonlardan kaynaklı koku problemlerinin oluşması öngörülmektedir.

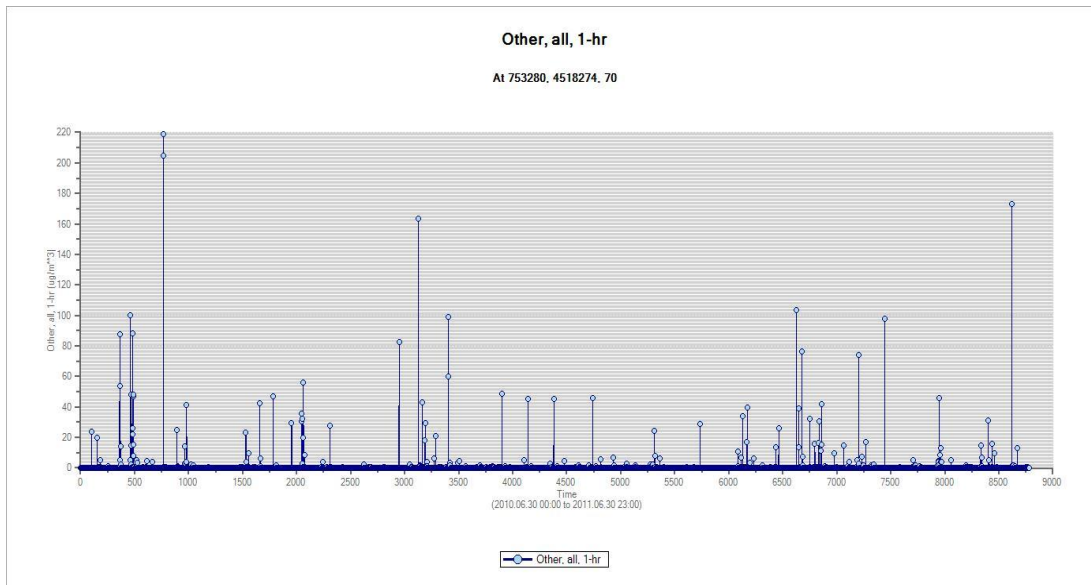
#### *Pilot Reseptör 4*

Tesisin 3 km kuzeyinde bulunan yoğun yerleşim yerinde tesisteki fermantasyon prosesi emisyonların iki katına çıkarıldığı zaman UÇM’lerin yaratmış olduğu bir kokunun olup olmadığının tespiti için bu reseptörde pilot reseptör olarak öngörülüp inceleme yapılmıştır.



**Şekil 7.30 :** Senaryo Üç - Üç numaralı pilot reseptör yıllık koku konsantrasyonları. Bu bölgede yapılan senaryo 3 ile ilgili saatlik ölçümler Şekil 7.31’de gösterilmektedir.

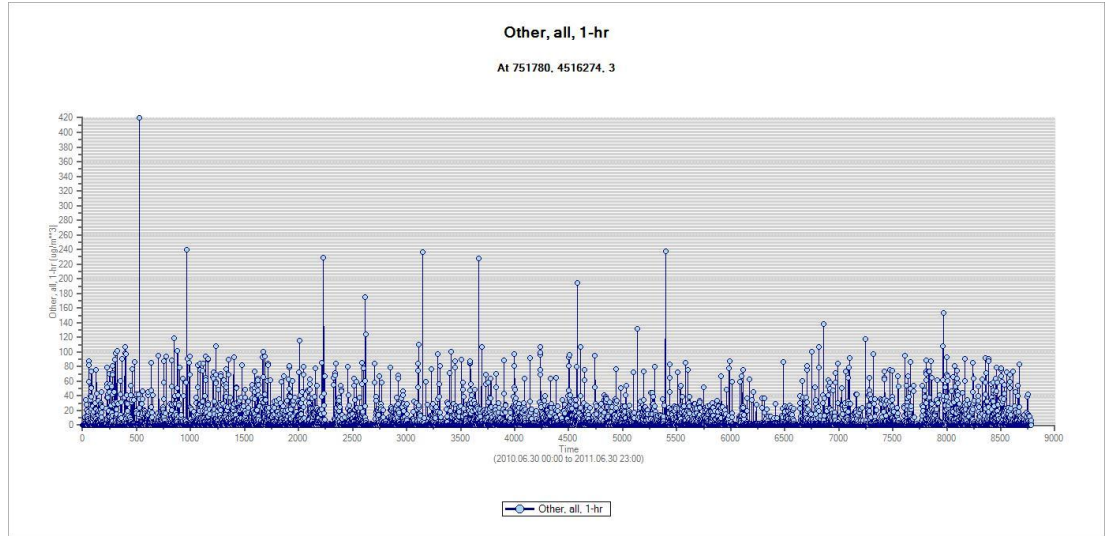
Emisyon yükün iki katına çıkarılması dahi bu bölgede oluşan koku emisyonlarının eşik seviyeyi aşmasını sağlamamaktadır. Model sonuçlarına göre yerleşim yerinin içinde bulunduğu reseptörde koku probleminin oluşması söz konusu değildir. Bu bölgede koku emisyonlarının düşük seviyelerde çıkması bölgenin güneybatı yönünden esen rüzgarlara maruz kalmamasından kaynaklanmaktadır



**Şekil 7.31 :** Senaryo Üç - Dört numaralı pilot reseptör yıllık koku konsantrasyonları.

### Pilot Reseptör 5

Tesisin yaklaşık olarak 800 metre batısında yer alan reseptör saatlik pik ölçümlere bakıldığı zaman en yüksek kirletici pikinin verildiği nokta olarak tespit edilmiş ve konsantrasyonların yıl içindeki dağılımını öngörebilmek için bu pilot reseptörde inceleme yapılmıştır. Saatlik pik konsantrasyon emisyon yükü iki katına çıkarıldığı zaman  $420 \mu\text{g}/\text{m}^3$  mertebesine kadar çıkmıştır. Bu bölgede yapılan senaryo 3 ile ilgili saatlik ölçümler Şekil 7.32’de gösterilmektedir.

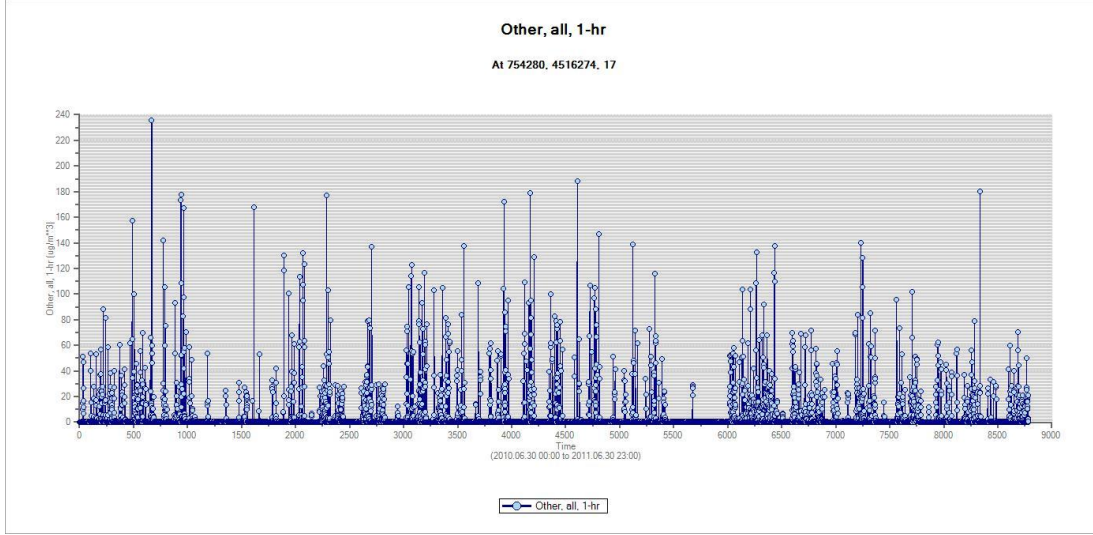


**Şekil 7.32 :** Senaryo Üç - Beş numaralı pilot reseptör yıllık koku konsantrasyonları. Model çıktıları uyarınca emisyon yükünün iki katına çıkarılması bu bölgede fermantasyon prosesinden kaynaklı etanolün yaratmış olduğu koku probleminin ortaya çıkmasına sebep olacaktır. Özellikle yaz ve ilkbahar aylarında koku eşik seviyesine aşan konsantrasyon ölçümleri yapılmıştır.

### Pilot Reseptör 6

Seçilen pilot reseptör 6 tesisin 2.5 km kuzeydoğusunda oluşabilecek koku problemlerinin tespiti öngörüsüyle modellenmiştir. Bu bölgede yapılan senaryo 3 ile ilgili saatlik ölçümler Şekil 7.33’de gösterilmektedir.

Senaryo 1’de elde edilen model çıktılarına göre bölgede oluşan etanol kaynaklı koku probleminin senaryo 3’de daha belirgin ve kalıcı bir şekilde bölgede etkin olduğu görülmektedir. Bölgede etanolden kaynaklı koku problemlerine maruz kalınabilecek eşik seviyede kirletici konsantrasyonları elde edilmiştir. Ancak kesin bir problem tespiti için saha çalışmaları gerekmektedir.



**Şekil 7.33 : Senaryo Üç - Altı numaralı pilot reseptör yıllık koku konsantrasyonları.**

## 8 SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çalışma kapsamında yapılan AERMOD modelleme çalışmaları ile maya fermantasyon prosesi kaynaklı koku emisyonu oluşturan kirleticiler olan etanol ve asetaldehitin çevre havasındaki dağılımı belirlenmiştir.

Atmosferik dağılım modeli vasıta ile tespit edilen bu kirletici emisyonları kentsel alan senaryosu, kırsal alan senaryosu ve ileriye dönük olarak kentsel alanda emisyon miktarının iki katına çıkarılması için modellenmiştir. Meteorolojik şartlara ve bölge topoğrafyasının etkisine bağlı olarak tesisin 500 metre yarıçaplı bölgesinde özellikle etanolün koku eşik seviyesini aşan konsantrasyonlarda ölçümleri modellenmiştir. Asetaldehit fermantasyon prosesinde daha az miktarda ortaya çıkmasından ötürü daha az bölgede eşik seviyeye ulaşmıştır.

Senaryo 1 uyarınca kentsel alanda yapılan ölçümlerde koku problemi yaratacak dağılımların genellikle tesise yakın bölgelerde emisyon noktası merkez olmak üzere yaklaşık 500 metre yarıçaplı bölgede olduğu ve tesisten uzaklaştıkça ölçülen konsantrasyonların buna bağlı olarak azalması ile koku problemini yaratacak eşik seviye konsantrasyonlarının altında konsantrasyonlar tespit edilmiştir. Tesisin bulunduğu bölgenin düz bir yapıda olması dağılımın daha uzak mesafelere ulaşmasını da sağlamaktadır. Meteorolojik veriler ışığında hakim rüzgar yönlerinin doğudan ve batıdan esen rüzgarlar olduğu belirlenmiştir. Atmosferik dağılımlarda bu verilerle örtüşerek genellikle tesisin batı ve doğu kesimlerinde yüksek konsantrasyonlarda dağılımlara sebep olmuştur.

Senaryo 2 uyarınca kırsal alan kabulü ile yapılan modelleme çalışmalarında topoğrafik koşulların etkisiyle pik saatlik debiler kuzeyde bulunan tepelerin yamaçlarında tespit edilmiştir. Yine hakim rüzgar yönünden ötürü tesise yakın olan batı ve doğu bölgelerde koku eşik seviyesini aşan konsantrasyonlarda UOM'lerin yaratmış olduğu koku emisyonları özellikle etanol için tespit edilmiştir.

Senaryo 3 gelecekte tesisin kapasitesinin iki katına çıkarılması halinde oluşacak durum için uygulanmış olan bir senaryodur. Kirletici yüklerinin artması sonucu

konsantrasyonlarda da artış söz konusu olmaktadır. Senaryo 1'de etanol için koku eşik seviyenin aşıldığı bölgelerde bu senaryo ile emisyonların daha kalıcı hale geldiği tespit edilmiştir. Ayrıca asetaldehit kaynaklı koku emisyonları kaynağa yakın özellikle tesisin 500 metre kuzey ve batı bölgelerinde tespit edilmiştir.

Modelleme çalışmaları ile inceleme yapılan bölgelerde koku probleminin oluşup oluşmadığının kesin tayini için saha çalışmaları KSOEKY yönetmeliği uyarınca yapılarak sonuçlar elde edilmelidir.

Bu çalışma sonucunda koku probleminin ortaya çıktığı bölgelerdeki problemin çözümüne yönelik olarak tesisin işletimi konusunda iyileştirmeye gidilmesi öngörülmekte ve uygun arıtma metodu ile koku emisyonlarının çevre havasına salınmasının azaltılmasının çevredeki yerleşim bölgelerindeki koku probleminin ortadan kalkmasını sağlayacağı öngörülmektedir.

Fermantasyon prosesinin daha verimli bir şekilde yani daha az koku emisyonuna sebebiyet verecek durumda çalıştırılmaması halinde arıtma sistemlerinin kurulması gerekmektedir. Tesiste senaryo 1 için oluşan en yüksek kirletici seviyesi olan  $217 \mu\text{g}/\text{m}^3$  konsantrasyon değerinin koku problemini ortadan kaldıracak seviyeye yani koku eşik seviye konsantrasyonun altına çekilmesi  $C < 24 \mu\text{g}/\text{m}^3$  gerekmektedir. Yapılacak arıtma % 88 verimle gerçekleştirilmelidir. Tesisin gelecekteki kapasite artışı düşünüldüğü zamanki senaryo 3 uyarınca arıtma verimi % 94 seviyelerine çıkarılmalıdır. İstenen arıtma verimlerinin sağlanması için koku emisyonu oluşturan maddelerin uçucu organik yapıda olması sebebiyle biyolojik koku giderme sistemleri veya ıslak arıtıcılar ile arıtılması en uygun arıtma metodu olarak tespit edilmiştir.

Islak arıtıcılar gaz-partikül karışımının bir sıvı ile temas ettirilerek partiküllerin uzlaştırılması esasına dayanan bir yöntemdir. Gazların da sıvı içinde çözünmeleri mümkün olduğundan aynı zamanda gaz halinde bulunan kirleticilerin de arıtılmasında etkili olabilir.

Biyolojik koku sistemleri başta biyofiltre olmak üzere biyo yıkayıcılar ve bio damlatmalı filtreler hem çevre dostu teknolojiler olması hem de düşük maliyetli işletme koşullarından ötürü günümüzde artan bir önemle koku arıtımında yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca biyofiltre sistemleri düşük konsantrasyonlarda ve büyük hacimde UOM giderimini yüksek bir verimle sağlamaktadır.

Bu bilgiler ışığında incelenen alanda koku problemi tesise yakın olan yerleşim yerlerinde sözkonusu olmakta ve bu problemin çözümüne yönelik olarak mevcut durumda emisyon kaynağından çıkan kirleticilerin biyofiltre sistemleri ile ortamdan uzaklaştırılmasının en uygun yöntem olacağı kanısına varılmıştır. Kapasitenin iki katına çıkarılması halinde emisyon miktarının artması ile arıtma veriminde de iyileştirmeye gerek duyulmaktadır. Bu bağlamda biyofiltre sistemleri biyo yıkayıcı sistemlerle kombine olarak çalıştırılarak arıtma verimi artacak ve istenen limit değerlerinin altında konsantrasyonlar elde edilerek koku problemlerinin oluşmaması sağlanacaktır.





## KAYNAKLAR

- Alp, K., Ateş Genceli, E. ve Orhon, D.** (2002). İSKİ Tarafından İşletilen Biyolojik, İleri Biyolojik Ya Da Ön Arıtma Tesislerinde Koku Kontrolü Uygulamalarına Dönük Araştırmaların Yapılması Projesi- I. AraPapor, İTÜ Geliştirme Vakfı, Temmuz 2002.
- Bliss, P.J., Schulz, T.J., Senger, T. ve Kaye, R.B.** (1996) “Odor Measurement – Factors affecting olfactometry panel performance.” *Water Science and Technology*, 34 (3-4), 549-556
- Butery, B.G., Turnbaugh, J.G., Ling, L.C. ve Agric, J.** (1988) *Food Chem.*, 36(5) pp 1006-1009
- Central Pollution Control Board.** (2008) Ministry of Environment & Forests, Govt. of India Parivesh Bhawan, East Arjun Nagar, Delhi – 1100, 32
- Davies, T. ve Konisky, D.M.,** (2000). Environmental Implications of the Food service and Food Retail Industries. Discussion Paper 00-11, Resources for the Future, Washington DC. <http://www.rff.org> (2004. Nov 23)
- DIN EN 12255-9** – April 2002, Odor Control and Ventilation
- Easter, C., Quigley, C., Burrowes, P., Witherspoon, J. ve Aggar, D.,** (2005). Odor and air emissions control using biotechnology for both collection and wastewater treatment system. *Chemical Engineering Journal* 113, p 93-104
- Fors, S.,** (1988). Sensory Properties of Volatile Maillard Reaction Products and Related Compound. in *The Maillard in Foods and Nutrition*, ACS Symposium Series 215, G. R. Waller and M. S. Feather, Editors, ACS Washington, pp. 185-286
- Fazzalari, F.A.** (1978). Compilation of Odor and Taste Threshold Data. ASTM Data Series DS 48A
- Gostelov, P.** (2001). Odor Measurements for Sewage Treatment Works, *Water Research*, 35, 579-597.
- Gostelow, P. ve Parsons S.A.** (2000) Sewage treatment works odour measurement; *Water Science of Technology*, 41, sf 33-40
- Guvener, M.** (2004). Investigation Of Odorous Emissions And Immisions In Ankara With Olfactometer. ODTU, Master Thesis

- Hobbs, P.** (2001). Odor analysis by gas chromatography. In Stuetz, R.M., Frechen, F.-B.(eds), ), *Odours in Wastewater Treatment: Measurement, Modeling and Control*. London IWA publishing.
- KSOEKY.**(2012) Kokuya Sebep Olan Emisyonların Kontrolü Yönetmeliği
- Mahin, T.D.** (2003).Measurement and Regulation of Odors in the U.S.A.” Comprasion Different Approaches Used to Regulate Odors Around the World. *Water Science and Technology*, Vol 44 No 9 pp 87-102
- Mahin, T.** (2004). Control of Odors and Emissions from Wastewater Treatment Plants
- Malhautier, L., Lalanne, F. ve Fanlo J-L.**, (2009). Bioscrubbing as a treatment for a complex mixture of volatile organic compounds: influence of the absorption column characteristics on performance. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 36, 1926–1934.
- McGinley, P.E.** (2008).Odor Threshold Emission Factors for Common WWTP Processes.*Water Environment Federation / Air & Waste Management Association Specialty Conference: Odors and Air Emissions 2008* Phoenix, AZ: 6-9 April 2008
- McGinley, M.A.ve Mann, J.** (1999) European versus United States - Odour / Odor Standards of Evaluation”, Presented as a Poster Paper at the Water Environment Federation 71st Annual Conference, Orlando
- Metcalf&Eddy.** (2004).Wastewater Engineering Treatment and Reuse. McGraw Hill 4th edition
- Mohseni, M ve Allen, D.G.** (2000). Biofiltration of mixtures of hydrophilic and hydrophobic volatile organic compounds. *Chemical Engineering Science*, 55, 1545-1558.
- Müezzinoğlu, A.** (2000), Hava Kirliliği ve Kontrolünün Esasları, Dokuz Eylül Yayınları, 86-120.
- Nicolay, X.** (2006) .Odors in Food Industry. Springer publishing
- Özkurt, N.**(2011) Kırsal Alanlarda Hava Kalitesi Modellemesi Üzerine Araştırma (Çan-Bayramiç Bölgesi Örneği), Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi
- Schlegelmilch, M., Streese, J. ve Stegmann, R.** (2005). Odour management and treatment technologies: An overview. *Waste Management*, 25, 928-939.
- Shareefdeen, Z. ve Singh, A.** (2005). Biotechnology for Odor and Air Pollution Control. Springer, Berlin, Heidelberg, New York.
- Skinner, J.A., Lewis, K.A., Bardon, K.S., Tucker P. C. ve J.A., Chamber.** (1997). An overview of the environmental impact of agriculture in the UK.. *Journal of Environmental Engineering* 86 (4), 399-410

**Stuetz, R.M., Gostelow, P. ve Burgess, J.E.** (2001) "Odor perception."In : Stuetz, R.M., Frechen, F.B (eds), *Odours in Wastewater Treatment: Measurement, Modeling and Control*. London IWA publishing.

**Teranishi, R., Buttery, R.G. ve Gaudagni, D.G.** (1974) *Annals New York Acad. Sci* no 237 p 209-216

**TSE EN 12255-9** – Nisan (2006). Atıksu Arıtma Tesisleri Koku Kontrolü ve Havalandırma.

**Uyar, Ö.** (2007) .Biyofiltrelerde Amonyak Kontrolü . İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi

**Van Harreveld, A.P.** (2003).Odour Regulation and the History of Odour Measurement in Europe. Barcelona, Spain, sf 54-61

**Wesley, A.** (1983).Air Pollution Handbook. Kenneth Work p 150

**Zhu, J.** (2000).A review of microbiology in swine manure odor control.*Agriculture, Ecosystems& Environment*, 78 (2), 93-106

**Url \_1** < <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch02/draft/d02s04.pdf> > alındığı tarih : 20.04.2012

**Url \_2** <. <http://web.sfn.org/content/Publications/BrainBriefings/smell.html> > alındığı tarih : 25.03.2012

**Url \_3** < [www.odor-life.metu.edu.tr/.../Koku%20Prob+Kaynaklari-Volkan.pp](http://www.odor-life.metu.edu.tr/.../Koku%20Prob+Kaynaklari-Volkan.pp)> alındığı tarih : 01.05.2012

**Url \_4** < (Mayıs 2012), [www.iwes.com.tr/2010sunumlar/51\\_Giyasettin\\_Gunes.pdf](http://www.iwes.com.tr/2010sunumlar/51_Giyasettin_Gunes.pdf)> alındığı tarih : 02.05.2012

**Url \_5** < (Mayıs 2012) <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch09/index.html>> alındığı tarih : 07.04.2012



## ÖZGEÇMİŞ



**Ad Soyad:** İlker Akmirza  
**Doğum Yeri ve Tarihi:** İzmit – 12.09.1986  
**Adres:** Zuhuratbaba Mah. Yüce Tarla Cad. Benek Apt.  
Bakırköy/İstanbul  
**E-Posta:** akmirzailker@itu.edu.tr  
**Lisans:** Yıldız Teknik Üniversitesi  
**Mesleki Deneyim ve Ödüller:** İTÜ Çevre Mühendisliği Araştırma Görevlisi