



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



ENDÜSTRİYEL ORTAM HAVASINDA
UÇUCU ORGANİK BİLEŞİKLERİN TESPİTİ

EMRE DALKILIÇ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

ARALIK-2019
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Emre DALKILIÇ tarafından hazırlanan "Endüstriyel Ortam Havaında Uçucu Organik Bileşiklerin Tespiti" adlı tez çalışması 20/12/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / ~~oy çokluğu~~ ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Prof. Dr. Hamiyet ŞAHİN KOL

Danışman

Prof. Dr. Şükrü DURSUN


Üye

Prof. Dr. Hamiyet ŞAHİN KOL

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Merve SOĞANCIOĞLU

İmza



Yukarıdaki sonucu onaylarım.



Prof. Dr. Saadettin-Erhan KESEN
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü Vekili

Bu tez çalışması BAP tarafından 191001001 nolu proje ile desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.



EMRE DALKILIÇ

Tarih: 20.12.2019

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ENDÜSTRİYEL ORTAM HAVASINDA UÇUCU ORGANİK BİLEŞİKLERİN TESPİTİ

Emre DALKILIÇ

Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Şükrü DURSUN

2019, 68 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Şükrü DURSUN
Prof. Dr. Hamiyet ŞAHİN KOL
Dr. Öğr. Üyesi Merve SOĞANCIOĞLU

Hızlı nüfus artışı ve sanayi devrimi ile beraber insanoğlu artan taleplerini karşılayabilmenin hızlı yollarını aramıştır. Bu arayış insanların doğal yaşamı bırakıp yapay ve suni materyallerin keşfedilmesine ve yaygın bir şekilde hemen hemen her sektörde kullanılmasına neden olmuştur. Bu ürünlerde kimyasal malzeme kullanımı ürünün hem ucuz hem de kolay üretimi için oldukça önemlidir. Fakat maliyetten ve iş yükünden kaçınmak için kullanılan bu kimyasallar iç ortamda kullanılmaya başlanınca araştırmacılar kimyasalların insan sağlığına ve çevresine verdiği zararlar üzerine araştırmalarını yoğunlaştırmış ve çeşitlendirmişlerdir. Geçmişte iç ortam hava kalitesinin dış ortama göre daha temizdir düşüncesi günümüzde yapılan bu araştırmalarla değişmiştir. Ev dekorasyonu için alınan ürünler iç ortamda kullanılmaya başlandıkça iç ortam hava kalitesini bozmaya başlamış ve insanların sağlığını olumsuz etkilemeye başlamıştır. Özellikle endüstri tesislerinde üretim konusu ve proseslere bağlı olarak iç ortam hava kalitesi daha da kötüleşebilmektedir. Endüstri tesislerinde malzeme ve araçların boyama işlemlerinin yapıldığı ortamlarda iç ortam hava kalitesini bozan kirletici türleri daha çok partikül maddeler ve uçucu organik bileşiklerdir. Bu ortamlarda günün uzun bir vaktini bu alanlarda geçirmek zorunda kalan çalışanlar için ciddi hastalıklara sebep olabilecek kirletici konsantrasyonları mevcut olmaktadır. Bunların önüne geçilebilmesi için uçucu organik bileşiklerin tespit edilmesi, konsantrasyonların belirlenmesi ve yüksek seviyelerde ise ortam havasından arıtılması gerekmektedir. Bu tez çalışmasında belirlenen bir endüstri tesisi içerisinde yer alan araç boyama prosesinden açığa çıkan uçucu organik bileşiklerin tespit edilmesi çalışması gerçekleştirilmiştir. Ayrıca tespit edilen uçucu organik bileşiklerin tesis içerisinde dağılım davranışları bir model programı vasıtasıyla modellenmiştir. Boyama işleminin gerçekleştiği alanda toplam 5 noktada uçucu organik bileşikler için iç ortam hava numuneleri alınmıştır. UOB'lerin tayininde Gaz Kromatografisi FID dedektörü kullanılmıştır. Tesisten alınan örneklerde gerçekleştirilen ölçümler sonucunda ortalama konsantrasyonlar sırasıyla benzen 38.479 mg/m³, aseton 17.626 mg/m³, etilbenzen 3.742 mg/m³, m,p -ksilen 9.290 mg/m³, etanol 0.335 mg/m³, n-bütülasetat 5.632 mg/m³, o-ksilen 2.279 mg/m³, tolüen 5,650 mg/m³ olarak tespit edilmiştir. Uçucu organik bileşiklerin her türü için kansere sebep olma riski mevcuttur. Endüstriyel ortamda tespit edilen kirletici türlerinden kanserojen etkisi en yüksek bileşik benzen olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Endüstriyel ortam, Kapalı ortam, Uçucu organik bileşikler, UOB tespiti

ABSTRACT

M.Sc. THESIS

DETECTION OF VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS IN INDUSTRIAL AIR

Emre DALKILIÇ

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Environmental Engineering**

Advisor: Prof. Dr. Şükrü DURSUN

2019, 68 Pages

**Jury
Prof. Dr. Şükrü DURSUN
Prof. Dr. Hamiyet ŞAHİN KOL
Asst. Prof. Dr. Merve SOĞANCIOĞLU**

Human beings have look for fast ways to meet their increasing demands with the rapid population growth and the industrial revolution. This search has led to the discovery of synthetic and artificial materials and common use in almost every industry. The use of chemical materials in these products is very important for both the cheap and easy production of the product. However, when these chemicals, which are used to avoid costs and workloads, are used indoors, researchers have intensified and diversified their research on the harmful effects of chemicals on human health and the environment. In the past, "Indoor air quality is cleaner than outside." the idea was destroyed by these researches. As the products purchased for home decoration started to be used indoors, the indoor environment started to deteriorate air quality and started to affect the health of people negatively. Especially in industrial plants, indoor air quality may deteriorate further depending on the production subject and processes. Pollutants that disrupt the indoor air quality are mostly particulate matter and volatile organic compounds in industrial plants where materials and vehicles are painted. In these environments, there are concentrations of pollutants that can cause serious diseases for employees who have to spend a long time in these areas. In order to prevent these, volatile organic compounds should be determined, concentrations should be determined and at high levels, it should be purified from ambient air. In the thesis study, the determination of volatile organic compounds released in the vehicle painting process in an industrial plant was being carried out. In addition, how the determined volatile organics are diffuse in the industrial plant is modelled by means of a model program. Volatile organic compounds were measured at 5 points in the area where dyeing took place. GC / FID was used for the determination of UOBs. As a result of the measurements carried out at the facility, the average total concentrations; benzene 38.479 mg / m³, acetone 17.626 mg / m³, ethylbenzene 3.742 mg / m³, m, p-xylene 9.290 mg / m³, ethanol 0.335 mg / m³, n-butyl acetate 5.632 mg / m³, o-xylene 2.279 mg / m³, toluene 5,650 mg / m³ was determined. There is a risk of cancer for all types of volatile organic compounds. The highest carcinogenic effect was determined as benzene.

Keywords: Industrial environment, Indoor environment, Volatile organic compounds, UOB detection

ÖN SÖZ

Başta danışman hocam Prof. Dr. Şükrü DURSUN'a rehberliği, sabrı, tavsiyeleri bilgi ve deneyim paylaşımları için en içten dileklerle teşekkür ediyorum. Desteklerinden dolayı Konya Teknik Üniversitesi BAP'a (Proje no: 191001001) teşekkürü borç biliriz. Çalışmamı gerçekleştirdiğim Kademe Atık Teknolojileri Sanayi A.Ş. müdür vekili Atila ERDEM ve personellerine bana sağladıkları imkânlar için teşekkür ederim. Tez çalışmam boyunca bölüm imkânlarından faydalanmam hususunda benden yardımlarını esirgemeyen Konya Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümüne teşekkür ederim.

Çalışmam boyunca maddi ve manevi desteklerini benden esirgemeyen ve bana güç veren babam Cengiz DALKILIÇ'a, annem Hatice DALKILIÇ'a, ablam Elmas DALKILIÇ'a, abim Enes DALKILIÇ'a ve yengem Tuğba DALKILIÇ'a sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Çalışmam boyunca bilgilerini ve desteklerini benden esirgemeyen saygı değer hocalarım Sezen KÜÇÜKCONGAR, Mehmet TÜRKYILMAZ, Zeynep Cansu AYTURAN'a ve eşi Yasin Akın AYTURAN'a teşekkür ederim.

Arkadaşlarım Feride BAYAZIT, Ayça Lale ALTUNGÖK, Gamze KIZILCALIOĞLU, Gizem ÖZCAN, Ümmüğülsüm GÜNAY, Bayram SARIDOĞAN, Abobakar HİMAT, Furkan ÖZÇATAL, Muhammet SAMUR, Mustafa TARAKÇI, Yusuf DAMARLI, Yahya DAMARLI, Mehmet ÖZDEMİR, Mücahit HARMANKAYA, Ahmet TEK, Hasan ÇELİK, Ali Anıl NAMAL, Tolgahan ZENGİNGÜL ve Sefa ALTINTAŞ'a tez çalışmam boyunca bana destek verdikleri için teşekkürlerimi sunuyorum.

Emre DALKILIÇ
KONYA-2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖN SÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
1. GİRİŞ	1
1.1. Uçucu Organik Bileşikler	2
1.2. Uçucu Organik Bileşiklerin Yayılma Kaynakları.....	3
1.3. Uçucu Organiklerin İnsan Sağlığına Etkileri.....	4
1.4. Uçucu Organik Bileşiklerin Tayininde Numune Alma ve Saklama Yöntemleri... 5	
1.5. Uçucu Organiklerin Giderim Yöntemleri	5
1.6. Uçucu Organik Bileşiklerle İlgili Yönetmelikler ve Sınır Değerleri.....	6
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	8
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	16
3.1. Çalışma Alanı	16
3.2. Numune Alma Noktasının Belirlenmesi.....	17
3.3. Analiz Yöntemi.....	17
3.3.1. Numune Alma.....	18
3.3.2. UOB'lerin Adsorplama Tüplerinden Özütlenmesi	19
3.3.3. Aktif Karbon Tüplerinden Elde Edilen Özütün GC'de Analizi	19
3.4. Modelleme Programı	20
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	21
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	29
KAYNAKLAR	31
EKLER	34
Aseton Kromotogramları	34
n-bütülasetat Kromotogramları.....	41
Btex Kromotogramları	48
ÖZGEÇMİŞ	58

TABLolar VE ŐEKİLLER DİZİNİ

Tablo 1 Bazı uçucu organik bileşiklerin kaynama noktaları ve buhar basınçları	2
Tablo 2 İç ortam havasında bulunan uçucu organik bileşiklerin kaynakları	3
Tablo 3 Kapalı alanlarda uçucu organik bileşiklerin sınır değerler	7
Tablo 4 Yüksek dozda maruz kalınan UOB'lerin insan sağlığına etkileri	8
Tablo 5 Endüstriyel tesisteki iç ortam havasından alınan örneklerde UOB analizlerinin toplu sonuçları.....	22
Şekil 1 Numune alınacak endüstriyel tesisin kuş bakışı görünümü.....	16
Şekil 2 Tesis içerisindeki örnekleme noktaları	17
Şekil 3 Numune alma işlemi	18
Şekil 4 Buck Libra Plus LP-1 Atmosferik Gaz Örnekleme cihazı ve Aktif Karbon Tüpü	19
Şekil 5 SURFER programı örnek bir arayüzü	20
Şekil 6 Benzenin ölçüm yapılan alanın ortam havasındaki dağılım davranışı	23
Şekil 7 Asetonun ölçüm yapılan alanın ortam havasındaki dağılım davranışı	23
Şekil 8 M-p ksilenin ölçüm yapılan alanın ortam havasındaki dağılım davranışı.....	24
Şekil 9 O- Ksilenin ölçüm yapılan alanın ortam havasındaki dağılım davranışı.....	25
Şekil 10 Toluenin ölçüm yapılan alanın ortam havasındaki dağılım davranışı	25
Şekil 11 Etanolun ölçüm yapılan alanın ortam havasındaki dağılım davranışı	26
Şekil 12 N-bütülasetatın ölçüm yapılan alanın ortam havasındaki dağılım davranışı.....	26
Şekil 13 Etilbenzenin ölçüm yapılan alanın ortam havasındaki dağılım davranışı	27
Şekil 14 Tüm kirleticilerin ölçüm yapılan alanın ortam havasındaki ortalama konsantrasyonda dağılım davranışı.....	28
Şekil 15 1. ölçüm noktasındaki aseton analiz kromotogramı	34
Şekil 16 2. ölçüm noktasındaki aseton analiz kromotogramı	35
Şekil 17 3. ölçüm noktasındaki aseton analiz kromotogramı	36
Şekil 18 3. ölçüm noktasındaki aseton analiz kromotogramı (1/20 seyreltme).....	37
Şekil 19 4. ölçüm noktasındaki aseton analiz kromotogramı	38
Şekil 20 4. ölçüm noktasındaki aseton analiz kromotogramı (1/20 seyreltme).....	39
Şekil 21 5. ölçüm noktasındaki aseton analiz kromotogramı	40
Şekil 22 1. ölçüm noktasındaki n-bütülasetat analiz kromotogramı.....	41
Şekil 23 1. ölçüm noktasındaki n-bütülasetat analiz kromotogramı (1/2 seyreltme)	42
Şekil 24 2. ölçüm noktasındaki n-bütülasetat analiz kromotogramı.....	43
Şekil 25 3. ölçüm noktasındaki n-bütülasetat analiz kromotogramı.....	44
Şekil 26 3. ölçüm noktasındaki n-bütülasetat analiz kromotogramı (1/2 seyreltme)	45
Şekil 27 4. ölçüm noktasındaki n-bütülasetat analiz kromotogramı.....	46
Şekil 28 5. ölçüm noktasındaki n-bütülasetat analiz kromotogramı.....	47
Şekil 29 1. ölçüm noktasındaki btex analiz kromotogramı	48
Şekil 30 2. ölçüm noktasındaki btex analiz kromotogramı	49
Şekil 31 3. ölçüm noktasındaki btex analiz kromotogramı	50
Şekil 32 3. ölçüm noktasındaki btex analiz kromotogramı (1/2 seyreltme)	51
Şekil 33 3. ölçüm noktasındaki btex analiz kromotogramı (1/20 seyreltme)	52
Şekil 34 4. ölçüm noktasındaki btex analiz kromotogramı	53
Şekil 35 4. ölçüm noktasındaki btex analiz kromotogramı (1/2 seyreltme)	54
Şekil 36 4. ölçüm noktasındaki btex analiz kromotogramı (1/20 seyreltme)	55
Şekil 37 5. ölçüm noktasındaki btex analiz kromotogramı	56
Şekil 38 5. ölçüm noktasındaki btex analiz kromotogramı (1/10 seyreltme)	57

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

C_3H_6O	Aseton
C_2H_2	Asetilen
C_6H_6	Benzen
C_6H_{10}	Sikloheksen
C_2H_5OH	Etanol
HCHO	Formaldehit
C_4H_9OH	Bütanol
CH_3OH	Metanol
C_7H_8	Toluen
C_3H_8O	İzopropil Alkol
ZnO	Çinko Oksit
SnO_2	Kalay Oksit
WO_3	Tungsten Trioksit
TiO_2	Titanyum dioksit
$\alpha-Fe_2O_3$	Demir (III) Oksit
Au	Altın
In_2O_3	İndiyum Oksit

Kısaltmalar

UOB	Uçucu Organik Bileşikler
IO	Inverse Opal
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
UV	Ultraviyole

1. GİRİŞ

Sanayi devrimiyle birlikte insanoğlu köyden kente doğru bir göç izlemiş ve nüfusun yüzde seksen beşinden fazlası kentlere yerleşmiştir. İnsanoğlu zamanının yüzde doksanından fazlasını kapalı ortamlarda geçirmektedir. Bu durum da kapalı ortam havasının araştırması gereken bir konu olmasını gerekli kılmıştır. Kapalı ortam havası; konutlarda, endüstriyel üretim olmayan işyerlerinde, okul ve hastane gibi resmi kurumlar içerisindeki solunabilir ortam havasıdır. Kapalı ortamlar; insanların temel ihtiyaçlarını karşılayabileceği, sağlıklı, yeterli miktarda güneş gören, uç sıcaklıklardan kaçınılan ve sürekli temiz hava alabilmelidirler. İç hava kalitesi, iç ortam havasının temizliğiyle ilgilidir. Uzun yıllar boyunca iç hava kalitesinin dış ortama göre daha temiz olduğu kanısı benimsenmiştir. Ancak yapılan araştırmalar neticesinde kapalı ortamlardaki yapı malzemeleri, temizlik ürünleri, boya maddeleri ve ısınmadan kaynaklanan kirletici konsantrasyonları iç ortam hava kalitesini ciddi ölçüde etkilediği görülmüştür (Soysal ve Demiral, 2007).

İç ortam hava kalitesini etkileyebilecek yüzlerce kirletici ve binlerce kaynak mevcuttur. Bu kirleticilerden en önemlisi hiç şüphesiz ki uçucu organik bileşiklerdir. Uçucu organik bileşikler (UOB) yüksek buhar basıncına sahip olan organik kimyasallar olarak nitelendirilmektedirler. Bu özelliği UOB'lerin sıvı veya katı formdaki maddelerden kolaylıkla buharlaşmasına veya süblimleşmesine olanak sağlamaktadır. UOB'ler kontrplak, sunta, yapıştırıcı, yalıtım malzemeleri, kumaş, boya, parfüm, temizlik ürünleri gibi birçok iç mekân kaynağından yayılabilmektedir. Bu yüzden UOB iç mekân konsantrasyonu dış ortama göre daha yüksektir. Her an maruz kaldığımız bu kirletici türünün kısa ve uzun vadeli olumsuz sağlık etkilerine sebep olabilmektedir (Alyüz ve Sevil, 2006; Soysal ve Demiral, 2007; Çilingiroğlu, 2010).

Organik kirleticiler kimyasal yapılarının yanı sıra uçucu organik veya partikül organik karbon olarak da atmosferde bulunurlar. Organik hava kirleticileri içinde yer alan ve 100'den fazla bileşici içinde barından uçucu organik bileşiklerin birçok sağlık sorununa sebebiyet verdiği tespit edilmiştir. Ayrıca gün ışığında azot oksitlerle reaksiyon vererek foto-kimyasal oksidanların oluşumuna sebep olurlar. Bununla birlikte UOB kaynaklı sağlık problemleri maruziyetin süresi ve dozuna göre farklılıklar gösterebilir. Özellikle astım hastaları ve kimyasallara karşı duyarlı olan kişilerde daha ciddi etkileri olabilir. UOB kirletici grubuna giren her kimyasalın kendine özgü zararlarının olabileceğini de unutmamak gereklidir. İnsan sağlığını bu denli olumsuz

etkileyebilecek potansiyele sahip olan uçucu organik bileşiklerin tespit edilmesine yönelik yapılacak olan bu çalışmada, endüstriyel ortam havasında hangi UOB türlerinin bulunduğu alınan numunelere kantitatif analizler uygulanarak belirlenecektir.

1.1. Uçucu Organik Bileşikler

Organik bileşikler; kimyasal birleşimi kalabalık olan ve yapısında en az bir karbon ve hidrojen atomu içeren kimyasallardır. 293,15 Kelvin sıcaklığında, 0,01kPa veya daha yüksek buhar basıncına sahip organik maddeler uçucu organik bileşikler olarak tanımlanmıştır. Uçucu organik bileşiklerin kaynama noktası 50-260 °C arasında değişmektedir. Düşük kaynama noktalarından dolayı buldukları ortamda hemen buharlaşabilmekte ve ortam hava kalitesini bozmaktadırlar. Tablo 1’de bazı uçucu organik bileşiklerin kaynama noktası sıcaklıkları ve buhar basınçları gösterilmiştir. Uçucu organik bileşikler temizlik ürünlerinde, kozmetik, boya, solventler, sigara dumanından, spreyleyler vb. yayılmaktadırlar(Alyüz ve Sevil, 2006; Soysal ve Demiral, 2007).

Tablo 1 Bazı uçucu organik bileşiklerin kaynama noktaları ve buhar basınçları (Alyüz ve Sevil, 2006)

Uçucu Organik Bileşik	Kaynama Noktası Sıcaklığı (°C)	Buhar Basıncı (mm Hg)
Benzen	80.1	95.2 (25 °C)
Toluen	111	22 (20 °C)
o-ksilen	144	7(20 °C)
1,1,1, Trikloroetan	74.1	10 (20 °C)
1,2,4- Trimetilbenzen	169	2.03 (25 °C)
p-ksilen	138	9 (20 °C)
Undekan	196	0.28 (20 °C)
1,3,5 Trimetilbenzen	165	1.86 (20 °C)
Etilbenzen	136	10 (20 °C)
Karbon tetra klorür	76.8	91.3 (20 °C)
Dikloro benzen	174	10 (55 °C)
p-dikloro-benzen	174	10 (55 °C)
Metil klorür	39.8	350 (20 °C)
Etilen dibromür	131.5	11.0 (25 °C)

1.2. Uçucu Organik Bileşiklerin Yayılma Kaynakları

Uçucu organik maddelerin türü ve yayıldıkları kaynaklar tespiti için önemli bilgilerdir. Bu bileşikler genelde kokuyla algılanabilen seviyenin altında konsantrasyonlara sahiptir ve dış ortamdaki seviyeden yaklaşık on kat fazladır (Alyüz ve Sevil, 2006). Atmosferik uçucu organik bileşiklerin antropojenik kaynakları; ulaşım ve ısınma amaçlı kullanılan fosil yakıtlar, endüstriyel üretim sırasındaki yayılma ve çeşitli üretim prosesleridir. Uçucu organik bileşikler boya, vernik, yapıştırıcı madde, inşaat malzemeleri, temizlik ürünleri, ısı değiştirici sistemler, yalıtım malzemeleri, odun sobaları ve borulardaki sızıntılar gibi birçok materyalden kaynaklanabilmektedir. Yapılan çalışmalarda uçucu organik maddelere iç ortamda sıkça rastlandığını göz önüne sermiştir (Liotta, 2010; Soylu ve ark., 2010; Drobek ve ark., 2015).

Ofis ortamlarında yazıcılar ve fotokopi makinaları en ciddi uçucu organik madde yayım merkezleridir. Bir fotokopi işleminde 60 çeşit uçucu organik madde türü oluşmaktadır (Wolkoff ve ark., 1993).

Uçucu organik bileşiklerin doğal kaynakları ise; ağaçlar, bitkiler, vahşi hayvanlar, doğal orman yangınları ve bataklıklardaki anaerobik proseslerdir.

Tablo 2 İç ortam havasında bulunan uçucu organik bileşiklerin kaynakları (Alyüz ve Sevil, 2006)

Kaynaklar	Tipik kirleticiler
Ticari ürünler	Alifatik hidrokarbonlar (n-dekan, dallanmış alkanlar, aromatik hidrokarbonlar (toluen, ksilen), halojenlenmiş hidrokarbonlar (metil klorür), alkoller, ketonlar (aseton, metil etil keton), aldehydler (formaldehit), esterler (glikoleterler), terpenler (limonen, alfa-pinen)
Boyalar	Alifatik hidrokarbonlar (n-hekzan, n-heptan), aromatik hidrokarbonlar (toluen), halojenlenmiş hidrokarbonlar (metil klorür, propilen diklorür), alkoller, ketonlar (metil etil keton), esterler (etil asetat), eterler (metil eter, etil eter, butil eter)
Yapıştırıcı malzemeler	Alifatik hidrokarbonlar (hekzan, heptan), aromatik hidrokarbonlar, halojenlenmiş hidrokarbonlar, alkoller, aminler, ketonlar (aseton, metil etil keton), esterler (vinil asetat)
Döşeme ve kumaşlar	Aromatik hidrokarbonlar (stiren, bromlaşmış aromatikler), halojenlenmiş hidrokarbonlar (vinil klorür), aldehydler (formaldehit), eterler, esterler.
Yapı malzemeleri	Alifatik hidrokarbonlar (n-dekan, n-dodekan, aromatik hidrokarbonlar (toluen, etil benzen), halojenlenmiş hidrokarbonlar (vinil klorür), aldehydler (formaldehit), ketonlar (aseton), eterler, esterler.

Tablo 2’de de görüldüğü gibi uçucu organik bileşikler boya, yapıştırıcı malzemeler, yapı malzemeleri, döşeme ve kumaşların yapısında bulunmaktadırlar. Ayrıca yemek pişirme, esnasında, temizlik esnasında veya sigara içerken de UOB’lere maruz kalmaktayız. Uçucu organik bileşiklerin havadaki toplam konsantrasyonu kapalı ortamın havalandırma sistemi ile ilişkilidir. İç ortam hava değişim oranı ile UOB konsantrasyonu azalır veya artabilmektedir. İç ortam UOB konsantrasyonları evden eve hatta odadan odaya bile değişiklik gösterebilmektedir (Kostiainen, 1995).

1.3. Uçucu Organiklerin İnsan Sağlığına Etkileri

Kapalı ortamlar insanların gün içerisinde birçok ihtiyacını karşıladıkları ve vakitlerinin çoğunu geçirdikleri ortamlardır. Bu yüzden iç ortamda solunan havanın temiz olması gerekmektedir. Ne yazık ki çoğu kez kapalı ortamların havası açık ortamlara göre 10 kat daha kirli olmaktadır. Bu kirliliğe sebep olan bileşenlerden biriside uçucu organik bileşiklerdir. Eşyalardan ve insan aktiviteleri sonucunda iç ortamda uçucu organik bileşiklere sürekli maruz kalınmaktadır. Son 10 yılda kimyasal ve sentetik yapıların daha çok kullanılmasından dolayı uçucu organik bileşiklerin türü ve miktarı artmıştır. İç mekanlarda ki uçucu organik bileşik konsantrasyonun yüksek olması insanlar üzerinde bir dizi semptomlara sebep olmuştur. Dünya sağlık örgütü bu semptomların genel adına “Hasta Bina Sendromu“ demektedir. Bu sendrom da insanlarda baş ağrısı, mide bulantısı, gözlerde tahriş, solunum sistemleri hastalıkları, uyuşukluk ve genel halsizlik görülmektedir (Kostiainen, 1995). UOB maruziyeti sonucunda nörolojik toksisite, akciğer kanseri, göz ve boğaz tahrişi gibi hastalıklarla da karşılaşılabilir (Guo ve ark., 2004) .

Norback ve arkadaşları astım semptomları ile bina özellikleri ve konutlardaki uçucu organik bileşik konsantrasyonu arasındaki ilişkileri incelemişler. İç mekân UOB lerinin ve formaldehitin astım benzeri semptomlara neden olabileceği kanaatine varılmıştır. UOB’leri makul düzeyde tutabilmek için ise inşaat malzemeleri, bina inşaatı ve iç mekân aktivitelerinin seçimine dikkat etmek gerekmektedir. (Norbäck ve ark., 1995)

1.4. Uçucu Organik Bileşiklerin Tayininde Numune Alma ve Saklama Yöntemleri

Uçucu organik bileşiklerin gerçekçi ölçümü için ilk şart, örnekleme ve depolama işlemlerinin doğru ve standartlara uygun olarak yapılmasıdır. Baca gazı örnekleme ve analiz için ortam havası örnekleme yöntemleri farklılık gösterir. Baca gazı numunesi alınırken fabrikanın stabil olduğu şartlar altında numune alınması gerekir. Örneklemeden sonra, kaçak kontrolü yapılmalıdır. Örnekleme sırasındaki baca gazı sıcaklığı 40°C'yi geçmemelidir. Numune kabındaki yoğuşmayı önlemek için, baca gazı bir soğutma odasından geçirilebilir ve daha sonra numuneyi almak için soğutulabilir. Organik bileşiklerin konsantrasyonu, sorbent tüplerin kapasitesini aşma riski altındaysa, numune alma işleminde seyreltme ile yapılmalıdır. Analizin gerçekçi sonuçları için en az 10 dakikalık bir örnekleme süreci önemlidir. Boş numuneler alınan numune hacminin iki katı kadar alınmalıdır.

Baca gazından alınan örnekler hemen serin ve karanlık bir ortama alınmalıdır. Uzun süreli depolama için, 4°C'nin altındaki solvent ile kontamine olmayan bir kaptaki saklanmalıdır (Enstitüsü, 2003).

Ortam havasından alınacak bir numune için; Pasif örnekleme için, analize uygun bir örnekleme tüpü bir ay örnek toplanmalı ve kullanılmalıdır. Dairesel bir plaka ile örneklenirse, mikro gözenekli aktif karbondaki saklanabilir. Örneklemeden sonra serin ve karanlık bir ortamda saklanabilir ve analiz sırasında kullanılabilir (Enstitüsü, 2003).

1.5 Uçucu Organiklerin Giderim Yöntemleri

Uçucu organik bileşiklerinin kontrolü için birçok yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemler UOB'nin yayıldığı proseslerin ve ekipmanların modifikasyonu; kontrol teknikleri eklemektir. Kontrol teknikleri yıkım ve geri kazanım olarak ikiye ayrılmaktadır. Yıkım; UOB'lerin aerobik koşullar altında termal ve katalitik oksidasyonu gibi farklı oksidasyon tiplerinde mikroorganizmalar tarafından sindirilmesi ile giderilir. Geri kazanım aşamasında UOB'ler yoğunlaştırma, absorpsiyon, absorpsiyon ve membran ayırma işlemleri ile giderimi gerçekleştirilmektedir.

Endüstriyel ortamlarda uçucu organik bileşik giderimi gerçekleştirilmeden önce ortam içerisinde maliyet-yarar analizi yapılarak hangi noktada ne miktarda UOB olduğunu, en iyi tespit yöntemini ve en uygun numune alma yönteminin seçilmesi gerekmektedir. Ortamda uygulanacak bir iyileştirmede ekonomik kısıtlamalar ve

uygulanacak teknolojiler sınırlı olduğundan, en uygun giderim yönteminin en uygun noktada gerçekleştirilmesi önemlidir.

Uçucu organik bileşiklerin bulunduğu ortamlar etkili bir havalandırma sistemiyle havalandırılmalıdır. Uygulanan havalandırma sisteminde ortamda bulunan hava dışarı verilmeden önce filtre sisteminden geçirilmelidir. Bunun için adsorbsiyon veya oksidasyon işlemleri uygulanabilir. Literatürde UOB'ler oksidasyon ve absorpsiyon ile giderimine çokça değinilmektedir. Uçucu organik bileşiklerin gideriminin de yüksek oksidasyon özelliğine sahip fotokatalizörlerin ve yüksek absorpsiyon özelliğine sahip aktif karbonun oldukça etkili olduğu görülmektedir. Ayrıca ozonlama sistemiyle de UOB giderimi gerçekleştirilebilmektedir. Ozonlama sistemleri bir hava motoru tarafından çekilen havaya doğrudan ozon uygulanmasıyla oksitleme işlemi sağlanan bir yöntemdir (Türker ve ark., 2015; Olgun ve ark., 2017).

1.6. Uçucu Organik Bileşiklerle İlgili Yönetmelikler ve Sınır Değerleri

Uçucu organik bileşikler ortam havasında fotokimyasal reaksiyonlara sebep olan yapısında karbon bulunan ve insan sağlığına olumsuz etkilerde bulunan bileşiklerdir. Bu bileşiklerin dünya üzerinde troposfer tabakasının yeryüzüne yakın kısımlarında bulunan ozon ve duman bulutlarını kontrol altında tutulması amacıyla yasal denetimler altına alınmıştır. Uzun vadede uçucu organik bileşiklerin konsantrasyonu 50-1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ aralık değerlerinde gözlemlenmekte, birkaç dakikadan saatlere kadar ölçülen sürelerde de mg/m^3 'e varan konsantrasyonlar da bulabilmektedir

İç ortam veya baca gazından uçucu organik bileşiklerin ölçümü çalışmalarında 17.07.2013 tarihinde 28710 nolu resmi gazetede yayımlanan "İşyeri Bina ve Eklentilerinde Alınacak Sağlık ve Güvenlik Önlemlerine İlişkin Yönetmelik" ve 12.08.2013 tarihinde 28733 nolu resmi gazetede yayımlanan "Kimyasal Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik" kapsamında uçucu organik gaz ve buhar ölçümleri yapılmalıdır. Yapılan ölçümler 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanununun 30. Maddesine dayanılarak hazırlanmaktadır. Uçucu organik bileşiklerin sınır değerleri uluslararası çapta OSHA (Occupational Safety & Health Administration) ve NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) standartlarına göre değerlendirilmektedir. Ulusal ve uluslararası ölçekte uçucu organik bileşiklerin sınır değerleri Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3 Kapalı alanlarda uçucu organik bileşiklerin sınır değerler

Kimyasal Madde	ULUSAL		ULUSLARARASI			
	KMÇSGÖHY*		OSHA***		NIOSH****	
	TWA (mg/m ³)	STEL (mg/m ³)	TWA (mg/m ³)	STEL (mg/m ³)	TWA (mg/m ³)	STEL (mg/m ³)
Aseton	1210	-	2400	-	590	-
Benzen	3,25**	-	3,19	15,95	0,319	3,19
Etanol	-	-	1900	-	1900	-
Etilbenzen	442	884	435	-	435	545
m-, p- Ksilen	221	442	435	-	435	655
n- Bütil Asetat	-	-	710	-	710	950
o- Ksilen	221	442	435	-	435	545
Toluen	192	384	750	1130	375	560

*KMÇSGÖHY: Kimyasal Maddelerle Çalışmalarda Sağlık Ve Güvenlik Önlemleri Hakkında

Yönetmelik

**Kanserojen Veya Mutajen Maddelerle Çalışmalarda Sağlık Ve Güvenlik Önlemleri Hakkında

Yönetmelik

***OSHA: Occupational Safety & Health Administration

****NIOSH: National Institute for Occupational Safety and Health

TWA: 8 saatlik belirlenen referans süre için ölçülen veya hesaplanan zaman ağırlıklı ortalama.

STEL: Başka bir süre belirtilmedikçe, 15 dakikalık bir süre için aşılmaması gereken maruziyet sınır değeri

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Organik kirleticiler kimyasal yapılarının yanı sıra uçucu organik veya partikül organik karbon olarak da atmosferde bulunurlar (Simoneit ve ark., 2009). Organik hava kirleticileri içinde yer alan ve 100'den fazla bileşiği içinde barından uçucu organik bileşiklerin birçok sağlık sorununa sebebiyet verdiği tespit edilmiştir. Ayrıca gün ışığında azot oksitlerle reaksiyon vererek foto-kimyasal oksidanların oluşumuna sebep olurlar (CSB, 2008). Bununla birlikte UOB kaynaklı sağlık problemleri maruziyetin süresi ve dozuna göre farklılıklar gösterebilir. Özellikle astım hastaları ve kimyasallara karşı duyarlı olan kişilerde daha ciddi etkileri olabilir (MDH, 2017). UOB kirletici grubuna giren her kimyasalın kendine özgü zararlarının olabileceğini de unutmamak gereklidir. Yüksek dozlarda UOB maruziyetinde ortaya çıkabilecek bazı semptomlar Tablo 4'de gösterilmektedir.

Tablo 4 Yüksek dozda maruz kalınan UOB'lerin insan sağlığına etkileri (MDH, 2017)

Kısa Süreli Maruziyet	Uzun Süreli Maruziyet
Göz, burun ve soluk borusu tahribatı	Kanser
Baş ağrıları	Böbrek ve ciğer rahatsızlıkları
Kusma	Sinir sistemi problemleri
Baş dönmesi	
Astım sorunlarının artması	

Nano yapıları yarı iletken metal oksitlere dayanan kondüktometrik katı hal sensörleri aracılığıyla aseton (C_3H_6O), asetilen (C_2H_2), benzen (C_6H_6), sikloheksen (C_6H_{10}), etanol (C_2H_5OH), formaldehit ($HCHO$), n-butanol (C_4H_9OH), metanol (CH_3OH), tolüen (C_7H_8) ve 2-propanol (C_3H_8O) 'de dâhil olmak üzere bazı yaygın UOB'lerin saptanmasını sağlamıştır. Nanopartiküller, nanotüpler, nanofiberler, nanoteller, nano çubuklar gibi nanoyapılı morfolojileri gösteren ZnO , SnO_2 , WO_3 , In_2O_3 , TiO_2 ve $\alpha-Fe_2O_3$ 'ün tespit limitleri UOB'lerin tespiti için umut verici olduğu sonucuna varmışlardır (Mirzaei ve ark., 2016).

Malezya Johor Bahru'daki okullarda uçucu organik bileşikler (UOB), formaldehit ve azot dioksit (NO_2): Malezya: Rinit, oküler, boğaz ve dermal semptomlar, baş ağrısı ve yorgunluk ile olan ilişkilerin incelendiği bir çalışmaya 462 öğrenci

katılmıştır. Çalışmada UOB; kömür tüpleri (Anasorb 747) içerisinde örneklenmiş ve hava örnekleme oranı 4 saat boyunca 0,2 L / dakika ve 7 gün boyunca bir odun kömürü difüzyon örnekleme (ORSA 5) tarafından yapılmıştır. Kömür tüpleri 2 mL ve difüzyon örnekleme 3 mL karbon disülfür tarafından desorbe edilip kütle seçici ile donatılmış bir Hewlett Packard 5890 gaz kromatografisi ile tarama modunda gaz kromatografisi-kütle spektrometresi (GC-MS) ile spesifik UOB için analiz edilmiştir. UOB iç ortam konsantrasyonları dış ortama oranla daha büyük çıkmıştır. Her UOB türü için hangi hastalığa sebep olduğu belirlenmiştir (Norbäck ve ark., 2017).

Saf altın yüklü ve 2D In₂O₃ ters opal ince filmleri kullanarak iç hava kalitesini izlemek için uçucu organik bileşiklerin yüksek düzeyde ayırt edebilmek ve hassas bir şekilde saptanabilirliği üzerine bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışma sonunda temsil edilen iç mekândaki gaz içerisindeki UOB'lerinin IO yapıları açısından ayırt edici ve hassas bir şekilde algılanması ve ayrıca katalitik Au nanopartiküllerin morfolojik ve bileşimsel çeşitliliğinin anlaşılmıştır (Lee ve ark., 2018).

UOB'lerin saptanması için ticari olarak temin edilebilen sensörler ve bunların meteorolojik parametrelerinin (ölçüm aralığı, algılama sınırı, ölçüm çözünürlüğü, duyarlılık ve tepki süresi) verildiği bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada; uygun bir sensörün seçilmesi, sensörün sabit veya portatif oluşu, analiz edilecek ortamdaki kirliliğin noktasal mı yoksa alansal mı olduğu, kirliliğin tespiti edilebilirliğini etkileyebileceği vurgulanmıştır. Ayrıca sensörlerin ölçümlerde sağladığı işlevsellik, basit minyatüre tasarım gibi avantajları vardır. Fakat bu yöntemler çok yüksek tespit ve kantifikasyon sınırı nedeniyle belirli sınırlamalara sahiptir. UOB tespiti ve ölçümü için kimyasal sensörler geliştirilmesi gereken ve piyasa talebi her geçen gün artan cihazlar olmuştur (Szulczyński ve Gębicki, 2017).

Nanopartikül tutturulmuş aktif karbon ile ortam havasında uçucu organik bileşik giderimini incelenmiş, yapılan fotokatalitik oksidasyon çalışmalarında TiO₂ fotokatalizörü yaygın olarak kullanıldığı gözlemlenmiştir. Ayrıca UOB giderimi içinde Ag-TiO₂, Ln⁺³-TiO₂, Nd⁺³-TiO₂, La⁺³-TiO₂ kullanıldığı gözlemlenmiştir. Yapılan aktif karbon adsorpsiyonu çalışmalarında ise aktif karbon genelde hindistan cevizi kabuğundan seçilmiş ve uçucu organik madde giderim verimleri incelenmiştir. Nanopartikül tutturulmuş aktif karbon ile uçucu organik bileşiklerin gideriminin de ise aktif karbonun üzeri nanopartikül ile kaplanmış ve bunun uçucu organik bileşiklerin giderimini arttığı gözlemlenmiştir. Bu sistemler sadece nanopartikül veya sadece aktif

karbon ile olan giderim yöntemlerine kıyasla daha fazla giderim gerçekleştirdiği gözlemlenmiştir (Olgun ve ark., 2017).

Aktif karbon olarak seçilen badem kabuğunu TiO₂ nanopartikülleri ile kaplamış ve gaz halinde tolüenin fotokatalitik oksidasyonunun incelendiği bir çalışmada farklı UV lambaları bulunan sabit yataklı reaktör kullanılmış ve farklı bağıntılar incelenmiştir. Sonuç olarak UV ışığının yoğunluğunun artmasıyla fotokatalitik reaksiyon süresi azalmış ve konsantrasyonu 20-450 mg/m³ arasında olan ortamlarda toluen ayrışma hızı %98 olarak bulunmuştur (Rezaee ve ark., 2008).

Kuru inşaat malzemelerinden kaynaklanan uçucu organik bileşik emisyonlarının modellenmesi çalışmasında emisyon oranını tahmin edebilmek için sayısal ve analitik bir model geliştirilmiştir. Modelleme çalışmasında malzeminin difüzyon katsayısı, malzeme/hava katsayısı, malzemedeki ilk konsantrasyon, havadaki kütle transfer katsayısı parametreleri kullanılmıştır. Bu parametrelerden ilk üçü deneysel yollarla belirlenebilmektedir. Ancak kütle transfer katsayısı akışkanlar mekaniği kullanılarak tahmin edilebilmektedir. Kullanılan model CFD (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği) modeliyle kıyaslandı ve iki model arasında uyum olduğu gözlemlendi. CFD; akışkan davranışının temel alındığı problemlerde, sayısal metot ve algoritmalar ile bilgisayar ortamında çözümlenerek analiz edildiği bir model programıdır. Analitik model ise deneysel, sayısal ve CFD modeliyle karşılaştırıldı ve modelin doğruluğu tespit edilmiştir. Daha sonra kuru inşaat malzemelerinden gelen hava hızının emisyon oranlarına etkisini araştırmak için kullanılmıştır. Sonuçlar, malzemenin UOB difüzyon katsayısı arttıkça hava hızının UOB emisyon oranı üzerindeki etkisinin arttığını göstermiştir. Kısa vadede (24 saat içerisinde) difüzyon katsayısı 10⁻¹⁰ m²/s den küçük olan malzemeler için UOB emisyon hızı, hava hızı arttıkça arttı. Orta veya uzun vadeli dönemlerde, UOB emisyon oranı hava hızı arttıkça hafifçe azaldı; bu durum hava hızının malzemeler üzerinde çok fazla etkisi olmadığını gösterir (Huang ve Haghghat, 2002).

Yapı malzemelerinden kaynaklanan uçucu organik bileşiklerin emisyonunun modellenmesi gaz-faz kütle transfer katsayısının tahmini adlı çalışmada homojen malzemelerde uçucu organik bileşiklerin emisyon oranlarını belirleyebilmek için matematiksel bir model geliştirilmiştir. Bu modelin tutarlılığı, Concordia Üniversitesi, Bina Araştırmaları Merkezi (CBS) ve ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA) 'nın deneysel sonuçları; ayrıca diğer modeller tarafından yapılan tahminlerden elde edilen deneysel sonuçlarla karşılaştırmalı olarak yapıldı ve onaylandı. Model

CBS hız kontrollü test odasında hem sabit bir kaynaktan (su), hem de hızlı bozulan bir ıslak kaynaktan (vernik) elde edilen deneysel sonuçlara karşı test edildi. Önerilen modelin özelliklerinden biri, malzeme yüzeyiyle hava akışı arasındaki sınır katmanında hem kütle difüzyonunu hem de kütle taşınımını dikkate almasıdır. Bu, yüzey hava akışı ve malzeme emisyon oranları arasındaki ilişkiyi açıklığa kavuşturur ve modelin farklı çevresel koşullar altında malzeme emisyon oranlarını tahmin etmesini sağlar. Önerilen fiziksel modelin diğer bir özelliği de, tüm parametrelerin net bir fiziksel anlamı olduğu ve bilinen teoriler ve / veya denklemler kullanılarak hesaplanan literatürde bulunabileceğidir. Ancak model çeşitli varsayımlara dayandığı için kimyasal reaksiyonlara, sıcaklık farklarına, ağır yüklemelere dayanmamaktadır. Bu durum modelin gerçek iç mekanlarında kullanımını engellemektedir (Haghighat ve Zhang, 1999).

Latin Amerika ve Asya şehirlerinde, uçucu organik bileşiklerin ortam hava seviyeleri konulu bir çalışmada Latin Amerika'dan 4 şehir; Karakas (Venezuela), Quito (Ekvador), Santiago (Şili), São Paulo (Brezilya) ve Asya'dan iki şehir; Bangkok (Tayland) ve Manila'daki (Filipinler) uçucu organik bileşik seviyeleri ölçülmüştür. Numune alımı için 50 ml / dakikalık bir akış hızında çalışan düşük akışlı bir pompa, iki adsorbanla doldurulmuş bir paslanmaz çelik termal desorpsiyon tüpüne bağlanmıştır. Tüplerin hava giriş yönünde öncelikle 5-10 karbon atomlu uçucu organik bileşikleri (C₅-C₁₀) yakalamak için tasarlanmış 250 mg Carbopack B bulunur. Her tüpün arkasında, daha hafif moleküler ağırlıklı UOB'leri tutan ikinci bir adsorban (Carbosieve SIII) kullanılmış. Bu çift adsorban tüpü, daha fazla uçucu bileşik dizisinin toplanması için kullanılmış. UOB analizleri bir termal desorpsiyon cihazı (Perkin-Elmer ATD 400) ve bir kapiler gaz kromatografisi olan 8320 gaz kromatografisi (GC) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Gaz kromatografisi miktar tayini için bir alev iyonizasyon dedektörü (FID) ve bileşik tanımlanmasına yardımcı olmak için iyon tuzağı dedektörü (ITD) ile donatılmıştır. Sonuç olarak çalışma yapılan şehirlerin anlık görüntüsü ortaya konmuştur. Latin Amerika şehirlerinden Quito hariç diğer şehirlerin sonuçları benzerdir. Quitoyu ayıran sebep ise deniz seviyesinden 3000 m daha yüksek olması ve bu nedenle düşük oktanlı yakıtlar kullanmalarıdır. Manila ve Bangkok ta tespit edilen UOB seviyeleri Latin Amerika şehirlerine göre daha yüksek çıkmıştır. Bunun nedeni ise şehir içerisindeki trafik yoğunluğu olarak tanımlanmıştır. Ölçümleri kıyaslamada en değişken faktör numune

alınan şehirlerdeki sıcaklık ve iklim farklılıklarıdır. Bu farklılıklar kıyaslama yapılacak verileri ciddi ölçüde etkileyebilmektedir (Gee ve Sollars, 1998).

Hong Kong şehir atmosferinde uçucu organik bileşikler adlı bir çalışmada Hong Kong'daki farklı kentsel alanlarda uçucu organik bileşiklerin türlerinin tespiti, miktar tayininin gerçekleştirilmesi ve karakterize edilmesi amaçlanmaktadır. Uçucu organik bileşiklerin çevresel dağılımı anlayabilmek için farklı arazilere, nüfus yoğunluğuna ve trafik yoğunluğuna sahip beş saha (Mong Kok, Causeway Körfezi, Kuai Chung, Yuen Long ve Hok Tsui) seçimi gerçekleştirmişlerdir. İlk çalışma sabah 08.00-09.00 saat aralığında beş sahada da gerçekleştirildi. Mevsimsel olarak da kışın aralık ve ocak aylarında 5'er numuneden toplam on numune alınmıştır. Yaz aylarında da temmuz ve ağustos aylarında beş'er numuneden toplam on numune alınmıştır. Her bir saha için toplam 20 numune alınmıştır. Örneklem vakum ölçerli bir SUMMA kabına gerçekleştirilmektedir. Dakikada 2.7 L hava akışlı bir pompa yardımıyla 15 dakika boyunca 1.2 metre yükseklikten numune alınmaktadır. Uçucu organik bileşikler USEPA metodu TO-14'e uygun olarak gerçekleştirilmiş olup MS ile donatılmış gaz kromatografi ile kombine bir kriyojenik yoğunlaştırıcı kullanılmıştır. Sonuç olarak uçucu organik bileşikler (1,3-bütadien, metilen klorür, kloroform, trikloroeten, tetrakloroeten, 1,1,1-trikloroetan, benzen, toluen, etilbenzen, m, p-oksilen, o- oksilen ve stiren) yol kenarlarında tespit edilmiştir. Kent de UOB seviyesi $1396 \mu\text{g}/\text{m}^3$ saptanamayan aralığındadır. Kentteki en yüksek konsantrasyona sahip uçucu organik bileşik toluen olarak saptanmıştır. Endüstriyel bölgelerde ise yüksek konsantrasyonlu klorlu bileşiklere rastlanmıştır. Toluene ve benzenin, kirleticilerin araç egzozundan kaynaklandığı ve bu kirleticilerin kanser gibi ciddi bir hastalığa sebep olduğu göz önüne alındığında, bu tür toksik bileşikler için emisyon standartlarının sıkılaştırılması gerekmektedir (Lee ve ark., 2002).

Şizofreni hastalarının nefesinde uçucu organik bileşikler konulu çalışmada şizofreni hastalarının nefes örneklerinde uçucu organik bileşiklerin varlığı araştırılmıştır. 25 adet şizofreni hastası, 26 adet psikolojik rahatsızlığı olan hasta ve 38 adet normal denek nefesleri üzerinde analizler gerçekleştirildi. Çalışmada bütün katılımcıların 10 litre hacmindeki nefesleri alveolar nefes örneklemme aparatı ile toplandı ve aktif karbon tüpünden geçirilerek adsorbe edildi. Laboratuvar ortamında nefesteki uçucu organik bileşikler, kütle spektroskopisi ile donatılmış gaz kromatografisi (GC-MS)'de test edildi. Sonuç kırk sekiz farklı uçucu organik bileşik deneklerin nefes örneklerinde gözlemlendi. Üç ayrı örüntü tanıma yöntemi, şizofreni

hastaları ile diğer denekler arasında farklılaşma kabiliyetinin arttığını göstermiştir. Yaş, cinsiyet, ırk ve sigara içme gibi değişkenler, üç grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermedi (Phillips ve ark., 1995).

Kahire'nin atmosferindeki uçucu organik bileşiklerin ortam seviyeleri isimli çalışmada Büyük Kahire (Ramsis ve Haram) ve Menofiya bölgesi (Kafr El-Akram) için uçucu organik bileşik tespit çalışması gerçekleştirilmiştir. Menofiya bölgesi sanayi kuruluşu azlığı ve trafikiğin yoğun olmaması nedeniyle çalışmada arka plan ölçütü olarak alınmasını sağladı. Ortam UOB örnekleri aktif karbon (ORBO™-32 aktif hindistan cevizi kömürü (20/40)) tüpleriyle alındı. Numuneler NIOSH tarafından geliştirilen standart bir yönteme göre toplandı. Aktif karbon tüpleri ön kısmında 100 mg arka kısmında 50 mg olmak üzere iki bölümden oluşan bir sistemdedir. Ön kısım UOB adsorbe etmek için arka kısım ise yedek bölüm olup önden çözücünün atılımının olup olmadığını belirlemek için tasarlanmıştır. Dakikada 200 ml'lik bir pompa yardımıyla numune alınıp özel tıpaçları takılıp laboratuvar ortamına alınmıştır. Her numune kabının içerisindeki aktif karbonlar distile karbon disülfür (CS₂) içeren cam test tüplerine aktarıldı. Mekanik karıştırıcıda karıştırılan numuneler bir saat bekletildi. Numunelerden 2 µl alınıp alev iyonizasyon detektörü (FID) ile donatılmış Hewlett-Packard markalı gaz kromatografisine (GC) (HP6890 Model) enjekte edildi. Yapılan analizler sonucunda bölgelerin ortalama n-heksan, n-heptan, benzen, toluen, etilbenzen, (m,p)-ksilen, o-oksilen, 1.3.5-trimetilbenzen ve 1.2.4-trimetilbenzenin konsantrasyonları belirlendi. Sonuç olarak Ramsis ve Haram bölgeleri Kahire'deki diğer şehirlerden 1.95 kat, arka plan ölçütü olan Kafr El-Akram'dan ise 22.10 kat daha yüksek uob konsantrasyonuna sahiptir. Toluene her iki şehir bölgesinde en yüksek konsantrasyonuna sahip uob türü olmuştur. n-heksan ise kırsal alandaki en yüksek konsantrasyona sahip uob türü olmuştur. Çalışmada elde edilen konsantrasyonlar şehir için tehlikesiz olduğuna işaret ettiği ve farklı mevsimlerde çalışmanın tekrarlanıp yıl bazında incelenmesinin kararlaştırılmasına karar verilmiştir (Khoder, 2007).

Seul, Kore'de çevresel ortamdaki uçucu organik bileşiklerin mevsimsel özellikleri adlı çalışmada C₂-C₉ uçucu organik bileşiklerin ölçümleri Kore'nin başkenti Seul'daki bir bölgede yapılmıştır. Bölgede her 6 günde bir 24 saat boyunca süren numune alma işlemi 6L SUMMA numune alma tüpüne alınmıştır. Örneklemme işlemi bir yıl sürmüştür ve toplam 55 numune alınmıştır. Alınan numuneler bir GC/FID ve GC/MS ile kantitatif olarak analiz edilmiştir. 70 adet UOB türü tanımlanmıştır. Ortalama konsantrasyonları en yüksek çıkan türler propan (7,8 ppb), toluen (6,4 ppb) ve etilen

(5.9 ppb) oldu. Sonuç olarak mevsimsel değişim uob tür çeşitliliği ve konsantrasyon üzerine eğilimi kışın daha yüksek, yazın ise daha düşük olduğunu göstermektedir. Bunun sebebinin ortam sıcaklığı olduğu vurgulanmıştır. Hava sıcaklığındaki düşüş ile birlikte solvent, doğal gaz, LPG ve bütan yakıt kullanımındaki artış kış mevsiminin yaz mevsimine göre uçucu organik bileşiklerin ortam konsantrasyonunun daha yüksek çıkmasında etkili olmuştur. Ayrıca fotokimyasal reaktivitenin, reaktif bileşiğin nispi konsantrasyonunu etkilediği bulunmuştur (Na ve Kim, 2001).

İstanbul atmosferinde uçucu organik bileşik kirliliğinin kaynaklarının belirlenmesi: YTÜ Davutpaşa kampüsü örneği adlı tez çalışmasında Yıldız Teknik Üniversitesi kampüs alanı içerisinde uçucu organik bileşik tespiti çalışması gerçekleştirip bulunan uçucu organik bileşiklerin konsantrasyonları belirlenip yayılım kaynaklarının atmosfere kattığı kirlilik miktarı tespit çalışması ve kaynaktan yayılan kirliliği gün içerisindeki yayılımının tahmin çalışması gerçekleştirmiştir. Numune alma hacmi yapılan kırılma testleri sonucunda ve USEPA metot TO-17’de tavsiye edilen “GÖH = $\frac{2}{3}$ KH olarak alınabilir” ibaresi dikkate alınması neticesinde 25-30 L arası tutulmuştur. Kırılma hacmi numune alma işlemlerinde önemli bir yere sahiptir. Alınan numularda kırılma hacminin aşılması tüpten geçen uçucuların tutunmadan geçmesine neden olur ve sonuçlar hatalı olur. Alınan numuneler Termal Desorpsiyon cihazı, Gaz Kromatografi cihazı ve Kütle Spektroskopi cihazından oluşan (TD-GC-MS) bir sistemde analiz edilmiştir. Sonuç olarak 45 adet uçucu organik bileşen tanımlanmıştır. Tanımlanan bileşiklerden ortalama konsantrasyonu en yüksek çıkan bileşikler sırasıyla tolüen hekzan, metilpentan 3-metilpentan olmuştur. Tanımlanan uçucu organik bileşiklerin tahmini yayılma kaynakları; solvent kullanımı, endüstriyel boya kullanımı, benzinli araç emisyonu, buharlaşan emisyonlar, dizel ve biyojenik emisyonlar olduğu saptanmıştır. Trafikten kaynaklanan uçucu organik bileşiklerin katkı değeri yaklaşık %38.5 olup bölgeye katkı değeri en fazla olan kaynak olarak belirlenmiştir (Demir, 2011).

Çin İnci nehri deltasındaki üretim tesislerinde ölçülen endüstriyel sektöre dayalı uçucu organik bileşik (UOB) kaynak profilleri adlı çalışmada; baskı sanayi, ahşap mobilya kaplama, ayakkabıcılık, boya imalatı ve metal yüzey kaplama gerçekleştirilen toplamda 62 endüstriyel tesisde uçucu organik bileşik tespiti çalışması gerçekleştirmişlerdir. Numune alma prosedürü olarak ABD EPA Metodu-18 kullanılmıştır. Metodu takiben su buharını ve partiküllü maddeleri gidermek için paslanmaz çelikten bir ultra-torr vakum armatürü, susuz sodyum sülfat ve cam yünü

ile doldurulmuş bir cam tüp seri halinde bağlanmıştır. Toplanan numunelerden 100 mL hava örnekleri ilk olarak 160°C'de 40 mL/dak akış hızında cam boncuklu bir sıvı azot kriyojenik tuzağından geçirilmiştir. Daha sonra, primer tuzak 10°C sıcaklığa ayarlandı ve tuzağa düşürülmüş H₂O sıvı halde bırakıldı. Saf helyum 4 dakika boyunca primer tuzaktan 10 ml/dak seviyesinde geçirilmiştir. Böylelikle ikinci tuzakta ise tüm hedef uçucu organik bileşikler ve CO₂ Tenax-TA adsorban içeren ikinci tuzakta tutulmuştur. Ardından ikincil tuzak 180°C'ye ısıtıldı ve UOB helyum ile 170°C'deki üçüncü bir kriyo odak tuzağına aktarıldı. Son olarak, tuzak hızla 60°C'ye ısıtıldı ve GC/MS sistemine aktarılmıştır. Çalışma sonucunda kaynak profilleri incelendiğinde boya imalatı, ahşap mobilya kaplama ve metal yüzey kaplama sanayi sektörlerinde benzer aromatik bileşiklere rastlanmıştır; UOB'lerin en yoğun bulunduğu ortamlar olduğu gözlemlenmiştir. Diğer sektörlerden farklı olan tek tesisinde ayakkabıcılık tesisleri olduğu gözlemlenmiştir (Zheng ve ark., 2013).

Pekin Çin'de Solvent kullanılmasına ilişkin uçucu organik bileşiklerin kaynak profilleri adlı çalışmada boyama uygulamalarından ve baskı işlemlerinden kaynaklanan uçucu organik bileşik emisyonlarının profilleri belirlenmiş ve diğer bölgelerle karşılaştırmaları gerçekleştirilmiştir. Ayrıca çalışmada uçucu organik bileşiklerin ozon oluşum potansiyeli de incelenmiştir. Çalışmada kullanılacak olan numuneler 3.2 L hacme sahip çelik numune kaplarında toplanmıştır. Her numune alma işleminden önce kaplar yüksek saflıkta azot ile temizlenmiştir. Alınan numuneler FID ile donatılmış GC cihazında analiz edilmiştir. Yapılan çalışmanın sonucunda ölçülen UOB'lerin %78'i tolüen ve C₈ aromatiklerdi. Baskı emisyonlarında n-dekan, n-undekan, n-nonan, toluen ve m / p-ksilen gibi ağır alkanlar ve aromatik bileşiklere de rastlanmıştır (Yuan ve ark., 2010).

Literatürde kapalı ortamlarda uçucu organik bileşiklerin insan sağlığına uzun vadeli ve kısa vadeli etkileri, numune alma teknikleri ve analiz yöntemleri farklı araştırmalarda yer almaktadır. Bu tez çalışmasında literatürdeki çalışmalar incelenerek bilgiler ışığında, boyama yapılan bir endüstri tesisi iç ortam havasında uçucu organik bileşiklerin veiyelerinin tespit edilerek mevcut ortamda dağılım modellenmesi gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma sonucunda tesisin iç ortamında elde edilen sonuçlar kapalı ortam hava kalitesi yönetmelikleriyle karşılaştırılarak yorumlanmıştır. Ayrıca endüstriyel tesilerde kapalı ortamda çalışan personellerin sağlık açısından kirleticilere maruz kalmasını en aza indirebilmek ve etkilerinin azaltılması için korunma yöntemleri sunulmuştur.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Çalışma Alanı

Tez çalışmasında Konya Organize Sanayi bölgesinde bulunan, 1.000.000 m²'lik arazi üzerinde 20.000 m²'lik kapalı alanda; vakumlu ve kompakt yol süpürme araçları, konteyner yıkama makinası ve sıkıştırılmalı çöp kasası üretimleri yapmakta olan bir endüstriyel tesisten alınan iç ortam hava numunelerinde uçucu organik bileşiklerin kantitatif tespiti için örnekler alınmıştır. Endüstri tesisinde boyama işleminin gerçekleştirildiği alanda ortam havalandırması gerçekleştirilmektedir. Havalandırma sistemi ortama yukarıdan hava verip dipten çekilmesiyle gerçekleştirilmektedir. Ortamda çekilen havadaki boya zerreciklerinin egzoz fanının kanatçıklarına yapışmasını engellemek amacıyla bir emiş fitresinden geçirilerek dışarıya verilmesi gerçekleştirilmektedir. Emiş filtresi bileşimi fiberglas olup 75 mm kalınlığındadır. Filtreden geçirilen havanın hızı 1.5 m/dak.'yı aşmaması gerekmektedir. Filtre 3500-4000 gr/m² toz tutma kapasitesine sahiptir.



Şekil 1 Numune alınacak endüstriyel tesisin kuş bakışı görünümü

Örnekleme noktalarından numune alınma esnasında ortam şartları hesaplamalarda kullanılmak üzere tespit edilmiştir. Numunelerin alınması sırasında

örnekleme ortamında ortam şartları: sıcaklık 23,7 °C; nem % 43 ve basınç 963,3 hPa olarak ölçülmüştür. Ortam şartları portatif bir hava istasyonu sayesinde belirlendi. Excelvan WH1170 kablosuz dijital gösterge hava istasyonu LCD ekranında sıcaklık, çiy noktası, nem ve barometrik basıncı göstermektedir.

3.2. Numune Alma Noktasının Belirlenmesi

Çalışma kapsamında seçilen endüstriyel tesis içerisinde boyama işlemi gerçekleştiği için boyama alanı etrafında uçucu organik bileşiklerinin tespiti gerçekleştirilmek üzere numune alınmıştır. Boyama yapılan alanda ve çalışma alanında numune alma noktaları belirlenerek ölçüm cihazları (Şekil 3 Buck Libra Plus LP-1 cihazı) bu noktalara konumlandırılmıştır.



Şekil 2 Tesis içerisindeki örnekleme noktaları

3.3. Analiz Yöntemi

İç ortam havasındaki uçucu organik bileşiklerin analizi için örnekleme işlemi, sabit bir konumda sabit bir debide hava çeken bir pompa vasıtasıyla ortam havasının aktif karbon tüpünden geçirilmesiyle gerçekleştirildi. UOB analizleri analitik/kromatografik saflıkta reaktifler kullanılarak aktif karbon ve çözücü

desorpsiyonu metodu ile ön işlemden geçirildikten sonra, alev iyonizasyon dedektörü olan kapiler kolonlu gaz kromatografisi ile analiz edilmiştir. Uçucu organik bileşik (UOB) kirleticilerin konsantrasyonları belirlenirken " İşyeri hava kalitesi -uçucu organik bileşiklerden numune alma ve çözücü desorpsiyonu / gaz kromatografisiyle analiz Bölüm 1: Pompa ile numune alma yöntemi - TS ISO 16200-1" standardı kullanılmıştır.

3.3.1. Numune Alma

Numune alma işlemi için TS ISO 16200-1 standardı temel alınmıştır. Endüstriyel ortam havasında numune alma işleminde The Buck Libra Plus LP-1 markalı numune alma pompası kullanılarak, ortam havası aktif karbon sorbent tüpünden geçirilmesi ile alınmıştır. Cihaz şarj edilebilir bataryası sayesinde ortamda istenilen noktada ölçüm yapılabilme olanağı tanımıştır. Numune alma işlemi sabit bir noktada sabit bir debide gerçekleştirilmiştir. Ortam havasından numune alma işlemi için hindistan cevizi bazlı aktif karbon tüpünden ((Coconut Charcoal) 50/100 mg, 6x70 mm) ortam havası geçirilmiştir (Şekil 2)



Şekil 3 Numune alma işlemi

Daha güvenilir bir numune saklama, kolay taşıma, kaçak riskinin olmaması, kontaminasyon riskinin olmaması gibi sebeplerden dolayı aktif karbon ile numune alma işlemi uygun görülmüş ve uygulanmıştır. Aktif karbondan ortam havasının geçirilme debisi 0.2 L/dak. olup her bir numune işlemi için 10 L gaz geçirimi sağlanmıştır. Numune alınmış tüplerin her iki ucu da kapatılıp ve 25°C'nin altında doğrudan güneş ışığına maruz kalmayan ve UOB içermeyen bir kapta muhafaza edildi. Analiz edilecek laboratuvara taşınması işlemi aynı günün akşamı gerçekleştirildi. Numune alma işlemi

ile analiz işlemi arasında 7 günden daha uzun bir süreç olacaksa numune 4°C den düşük sıcaklıklarda muhafaza edilmelidir. Bu durumlarda numune analiz edilmeden önce oda sıcaklığında dengelenmeye bırakılmalıdır.



Şekil 4 Buck Libra Plus LP-1 Atmosferik Gaz Örneklemesi cihazı ve Aktif Karbon Tüpü

3.3.2. UOB'lerin Adsorplama Tüplerinden Özütlenmesi

Endüstriyel tesiste belirlenen 5 örneklemesi noktasından alınan numuneler, aktif karbon tüpünden desorbe edilebilmesi için laboratuvar ortamına alınmıştır. Aktif karbon tüpünün içerisinde yer alan adsorban maddenin bir cam kesici kullanılarak tüp içerisinde bulunan adsorban tabakasını, cam yünü ve güvenlik adsorban katmanını ayrı bir cam şişe içerisine alınmıştır. Vidalı kapak veya tıpa kullanılarak şişe kapatılır. Septumdan bir şırınga yardımıyla CS₂ (özütme çözültisi) içerisinde enjekte edilmiştir. Özütme çözültisi hacmi 100 mg aktif karbon için 1 ml'dir. Özütme çözültisi eklenen şişeler 10 dakika boyunca 25°C'yi aşmayan bir sıcaklıkta ultrasonik bir banyoda çalkalanmıştır. Bu işlemler sonucunda karbon partikülleri cam şişenin dibinde birikirken özüt şişenin üst kısmında yer aldı. Bir septum yoluyla manuel olarak veya otomatik örneklemesi vasıtasıyla GC/FID sistemine enjekte edilmiştir.

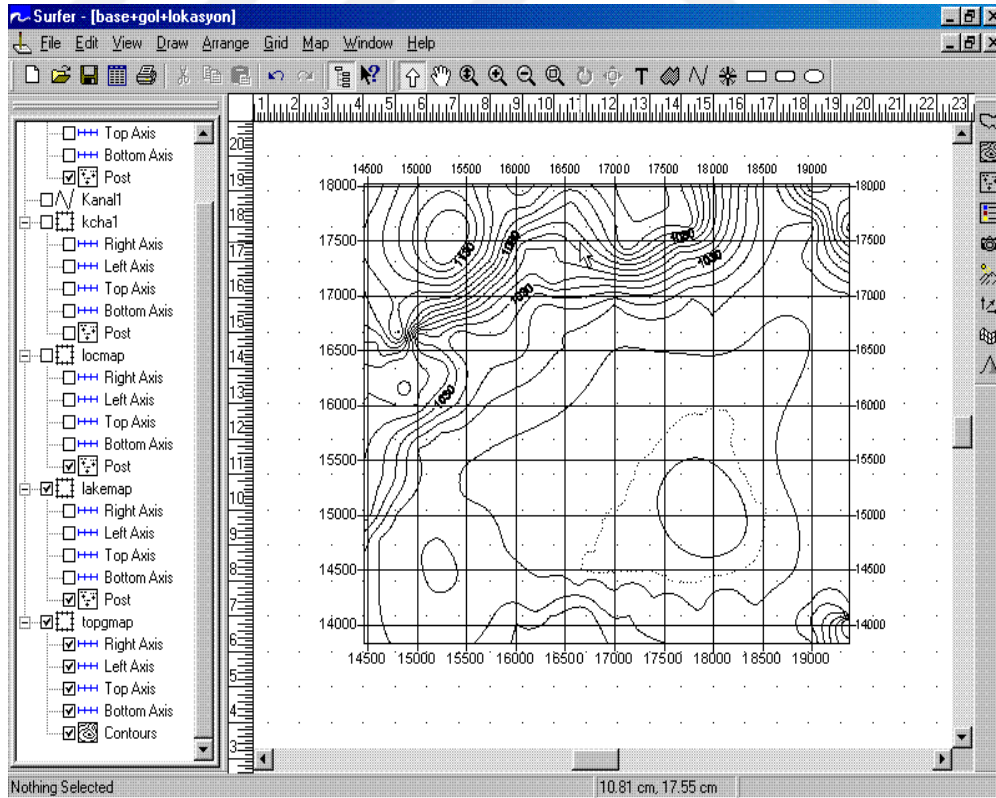
3.3.3. Aktif Karbon Tüplerinden Elde Edilen Özütün GC'de Analizi

Özütlemesi işlemi her numune tüpüne ayrı ayrı yapılmıştır. Her numunedan alınan özüt bir vialde alınmıştır. Gaz kromatografisindeki otomatik örneklemesi portunda sırasıyla yerleştirildi. Özütlemesi işlemi yapılmış numunedan 1 µl otomatik örnekleyici

portu yardımıyla Gaz kromatografisi/Alev İyonizasyonu Dedektörü sistemine enjekte edilmiştir. Enjeksiyon portu sıcaklığı 240°C olup taşıyıcı gaz olarak helyum gazı kullanılmıştır. Kolon başlangıç sıcaklığı 50°C olup 2. dakikada ölçüm başlamıştır. Cihaz dakikada 8°C derece artıp 195°C'de 15 dakika bekletileceği bir prosedürü izlemektedir. Gaz Kromatografisi cihazı TRB 5 Teknokroma Capillary Column ile donatılmış olup kolon iç çapı 0.25 mm, kolon et kalınlığı 0.25 µm ve kolon uzunluğu 60 m'dir. Cihazda FID dedektörü kullanılmıştır. Dedektör sıcaklığı 280°C'dir.

3.4. Modelleme Programı

Endüstri tesisinde numune alma çalışmaları sonrasında laboratuvarında gerçekleştirilen analizlerden elde edilen veriler SURFER modelleme programında iki boyutlu olarak modellendi. SURFER programı verilen noktaların bir koordinat sistemine göre yerleştirilmesini mümkün kılan bir programdır. Programa işlenen koordinat noktaları ve bu koordinat noktalarında ki her bir kirleticinin konsantrasyon değerleri 2-D olarak modellenmesi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 5 SURFER programı örnek bir arayüzü

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Ortamdan numune alınmadan önce tespit edilmesi hedeflenen bileşikler boya kutuları, tiner kutuları ve boya sertleştirici kutularının içeriğinden yola çıkılarak listelenmiştir. Yapılan analizler sonucunda ortamda aseton, benzen, etanol, etilbenzen, m/p-ksilen, n-bütülasetat, o-ksilen, tolüen bileşikleri saptanmıştır. Ölçüm yapılan noktalardaki konsantrasyon farkının sebebi olarak seyrelme ve boya işleminin yer farklılığı olduğu saptanmıştır. Tespit edilen bileşikler ve konsantrasyonları Tablo 1’de verilmiştir. Yapılan analizler ile hedeflenen bileşikler benzerlik göstermiştir.

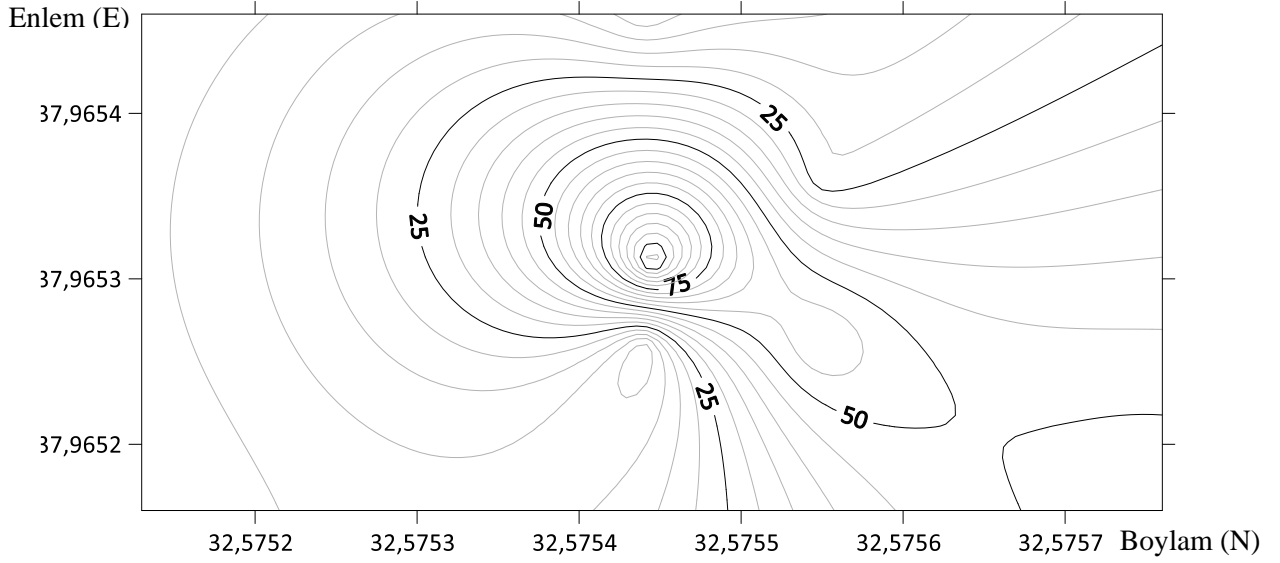
Benzen sanayilerde boya, ilaç ve patlayıcı materyallerin yapımında kullanılan organik bileşiklerinden birisidir. Kaynama sıcaklığı noktası 80.1°C olan benzen boya yapımına yarayan anilinin başlangıç maddesi olarak kullanılmaktadır. Aynı zamanda çok iyi bir çözücü olduğundan boyahanelerin vazgeçilmez bileşiği olmuştur. Bu nedenlerden dolayı gerçekleştirilen ölçümlerde de görüldüğü üzere en yüksek konsantrasyona sahip bileşik olmuştur. Yayıldığı merkez noktadaki konsantrasyonu 110,296 mg/m³ olarak ölçülmüştür. Kanserojen veya mutajen maddelerle çalışmalarda sağlık ve güvenlik önlemleri hakkında yönetmelikte belirlenen sınır değer 3.25 mg/m³ dür. Occupational Safety & Health Administration’de (OSHA) ve National Institute for Occupational Safety and Health’de (NIOSH) belirlenen sınır değer 3.19 mg/m³ ‘dür. Ölçülen değer hem ulusal hem de uluslararası yönetmeliklerde belirtilen sınır değerlerin üzerindedir. Model çıktısına (Şekil 5) bakıldığında merkez notadan yaklaşık 7 metre uzakta ilgili yönetmeliklerde belirlenen sınır değerlere uygun şartların oluştuğu gözlemlenmiştir.

Boyahanelerde boyaların hızlı bir şekilde kurumasını sağlamak amacıyla kullanılan ve ismine sertleştirici denilen kimyasalların içerisinde yer alan aseton keskin kokusuyla tanınmaktadır. Kaynama noktası 56°C olan aseton gerçekleştirilen analizlerde ölçüm noktalarının merkezinde rastlanan en yüksek konsantrasyona sahip ikinci bileşik olmuştur. Yayıldığı merkez noktadaki konsantrasyonu 53.801 mg/m³ olarak ölçülmüştür. Kimyasal maddelerle çalışmalarda sağlık ve güvenlik önlemleri hakkında yönetmelikte belirlenen sınır değer 1210 mg/m³ dür. Occupational Safety & Health Administration’de (OSHA) sınır değer 2400 mg/m³ ve National Institute for Occupational Safety and Health’de (NIOSH) belirlenen sınır değer 590 mg/m³ ‘dür. Ölçülen değer hem ulusal hem de uluslararası yönetmeliklerde belirtilen sınır değerlerin

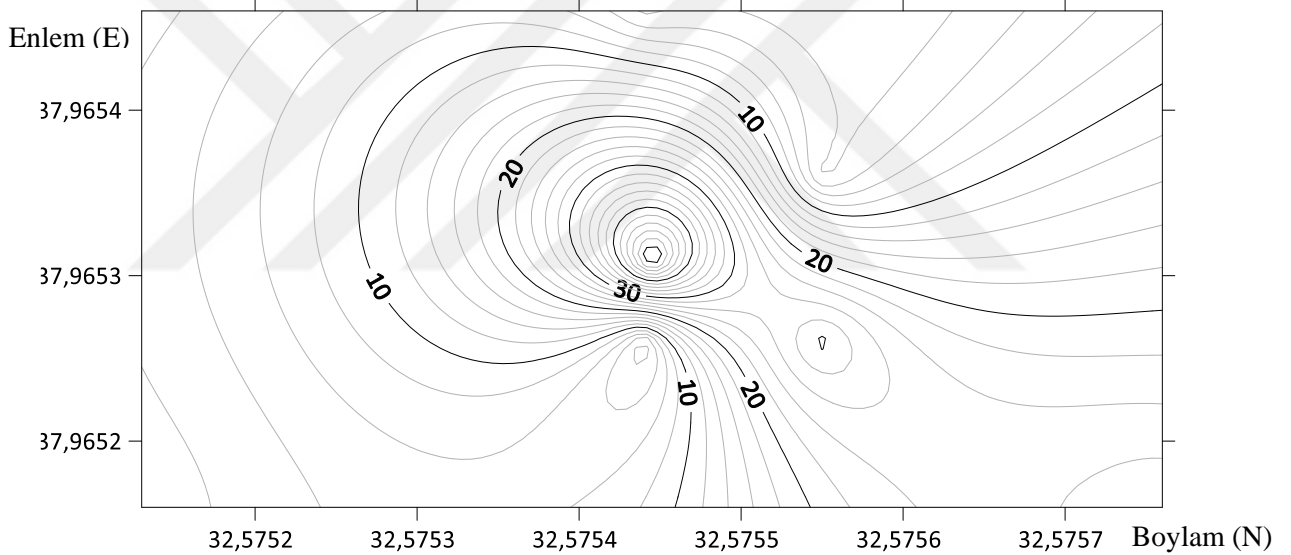
altındadır. Model çıktısına (Şekil 6) bakıldığında merkez notadan 6 metre uzakta eser miktarda gözlemlenmektedir.

Tablo 5 Endüstriyel tesisteki iç ortam havasından alınan örneklerde UOB analizlerinin toplu sonuçları

Numune Noktası	Numune Noktası Koordinatları	Parametreler	Kapalı Formül	Ölçüm Değeri (mg/m ³)
1.Nokta	37°57'55.36"N 32°34'31.33"E	Aseton	(CH ₃) ₂ CO	1,462
		Benzen	C ₆ H ₆	0,429
		Etanol	CH ₃ CH ₂ OH	<0,335
		Etilbenzen	CH ₃ CH ₂ C ₆ H ₅	2,163
		m, p- Ksilen	C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂	<0,355
		n- Bütilasetat	CH ₃ COO[CH ₂] ₃ CH ₃	10,800
		o- Ksilen	C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂	<0,348
		Toluen	C ₆ H ₅ CH ₃	<0,346
2.Nokta	37°57'54.96"N 32°34'31.41"E	Aseton	(CH ₃) ₂ CO	0,617
		Benzen	C ₆ H ₆	<0,340
		Etanol	CH ₃ CH ₂ OH	<0,335
		Etilbenzen	CH ₃ CH ₂ C ₆ H ₅	<0,347
		m, p- Ksilen	C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂	<0,355
		n- Bütilasetat	CH ₃ COO[CH ₂] ₃ CH ₃	1,743
		o- Ksilen	C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂	<0,348
		Toluen	C ₆ H ₅ CH ₃	<0,346
3.Nokta	37°57'55.18"N 32°34'31.61"E	Aseton	(CH ₃) ₂ CO	53,801
		Benzen	C ₆ H ₆	110,296
		Etanol	CH ₃ CH ₂ OH	<0,335
		Etilbenzen	CH ₃ CH ₂ C ₆ H ₅	9,727
		m, p- Ksilen	C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂	29,813
		n- Bütilasetat	CH ₃ COO[CH ₂] ₃ CH ₃	11,523
		o- Ksilen	C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂	6,722
		Toluen	C ₆ H ₅ CH ₃	19,305
4.Nokta	37°57'55.00"N 32°34'31.97"E	Aseton	(CH ₃) ₂ CO	30,678
		Benzen	C ₆ H ₆	60,367
		Etanol	CH ₃ CH ₂ OH	<0,335
		Etilbenzen	CH ₃ CH ₂ C ₆ H ₅	4,445
		m, p- Ksilen	C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂	10,991
		n- Bütilasetat	CH ₃ COO[CH ₂] ₃ CH ₃	3,370
		o- Ksilen	C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂	2,802
		Toluen	C ₆ H ₅ CH ₃	7,633
5.Nokta	37°57'55.39"N 32°34'31.91"E	Aseton	(CH ₃) ₂ CO	1,572
		Benzen	C ₆ H ₆	20,967
		Etanol	CH ₃ CH ₂ OH	<0,335
		Etilbenzen	CH ₃ CH ₂ C ₆ H ₅	2,027
		m, p- Ksilen	C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂	4,938
		n- Bütilasetat	CH ₃ COO[CH ₂] ₃ CH ₃	0,723
		o- Ksilen	C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂	1,179
Toluen	C ₆ H ₅ CH ₃	0,623		



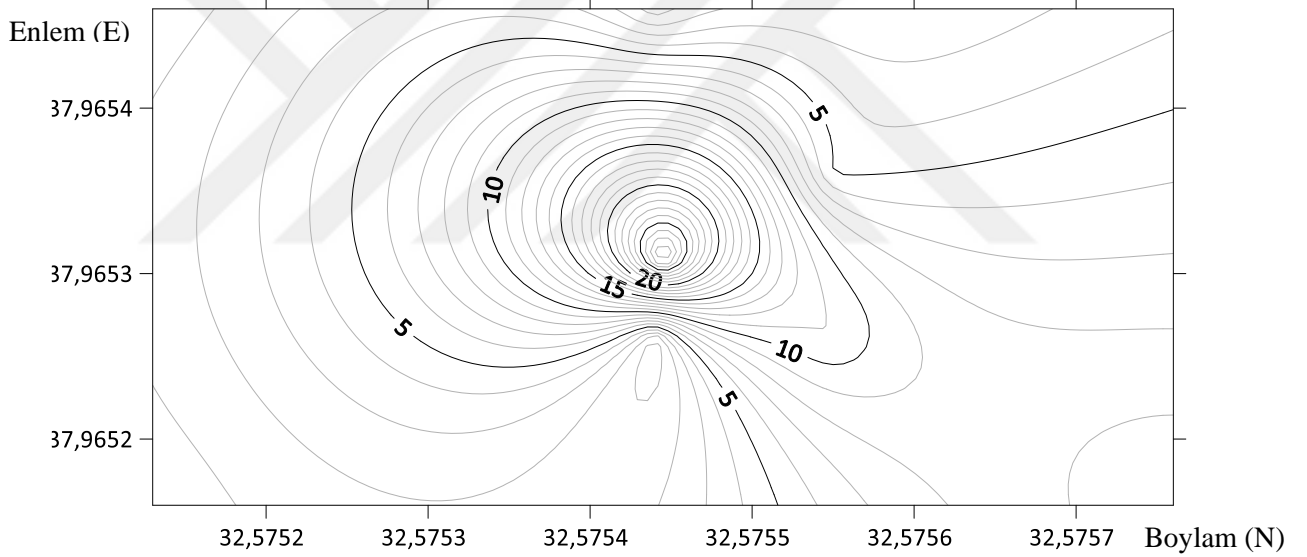
Şekil 6 Benzenin ölçüm yapılan alanın ortam havasındaki dağılım davranışı



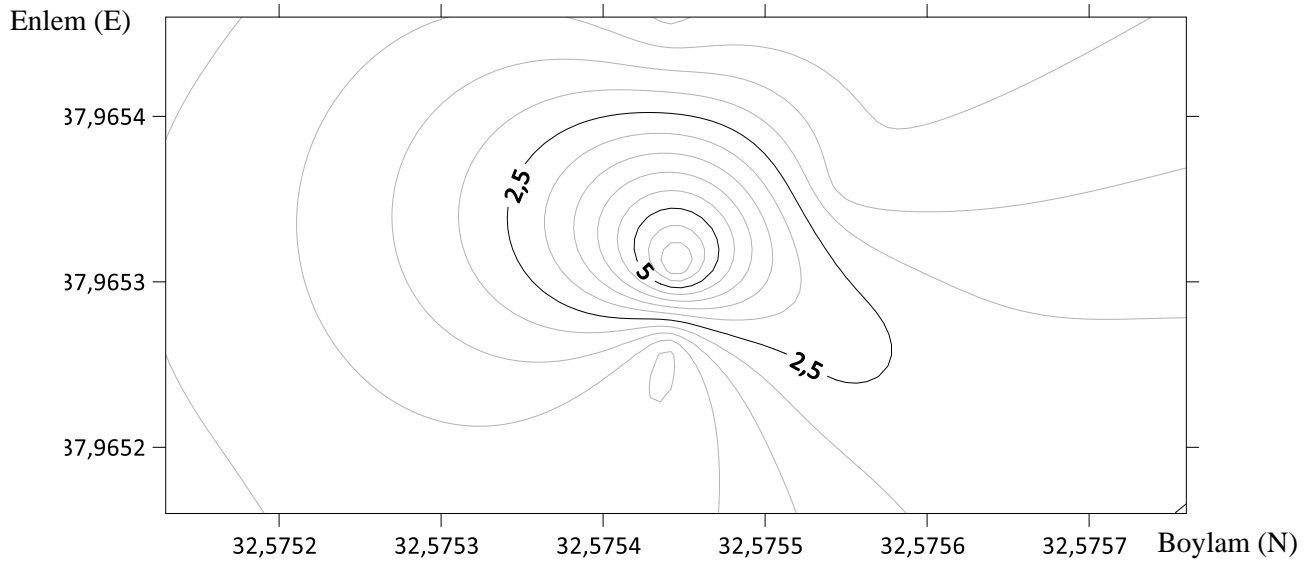
Şekil 7 Asetonun ölçüm yapılan alanın ortam havasındaki dağılım davranışı

Benzene iki adet metil grubunun bağlanmasıyla oluşan ksilenlerden m grubu en çok rastlanılan gruptur. P grubu ve O grubunu saptamak için ise damıtma yoluyla ayırma işlemi gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Boya endüstrisinde sıkça kullanılan bu kimyasal bileşiklerin 1 m³ havada 435 mg üzerindeki konsantrasyonları insan sağlığı için tehlikelidir. Bir benzen türevi olan tolüen de tinerin karakteristik kokusuna sahip suda çözünmeyen bir sıvıdır. Toluen boyalarda ve boyaları inceltmek için kullanılan bir bileşendir. Kaynama noktası 1.44°C olan m, p-ksilen gerçekleştirilen analizlerde ölçüm noktalarının merkezinde rastlanan en yüksek konsantrasyona sahip üçüncü bileşik

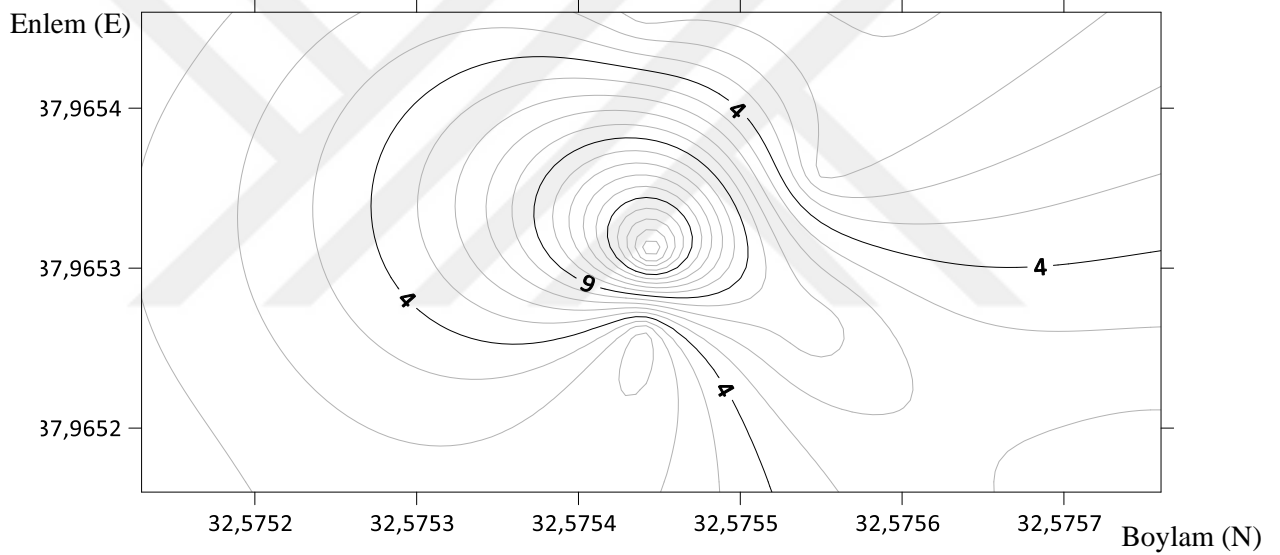
olmuştur. Yayıldığı merkez noktadaki m, p- ksilen konsantrasyonu 29.813 mg/m^3 , o-ksilen konsantrasyonu ise 6.722 mg/m^3 , toluen konsantrasyonu $19,305 \text{ mg/m}^3$ olarak ölçülmüştür. Kimyasal maddelerle çalışmalarda sağlık ve güvenlik önlemleri hakkında yönetmelikte m, p- ksilen ve o-ksilen için belirlenen sınır değer 221 mg/m^3 , toluen için belirlenen sınır değer 192 mg/m^3 dür. Occupational Safety & Health Administration'de (OSHA) m, p- ksilen ve o-ksilen için belirlenen sınır değer 435 mg/m^3 , toluen için belirlenen sınır değer 750 mg/m^3 dür. National Institute for Occupational Safety and Health'de (NIOSH) m, p- ksilen ve o-ksilen için belirlenen sınır değer 435 mg/m^3 , toluen için belirlenen sınır değer 375 mg/m^3 dür. Ölçülen değer hem ulusal hem de uluslararası yönetmeliklerde belirtilen sınır değerlerin altındadır. Model çıktılarına (Şekil 7-8-9) bakıldığında merkez noktadan 6 metre uzakta eser miktarda gözlemlenmektedir.



Şekil 8 M-p ksilenin ölçüm yapılan alanın ortam havasındaki dağılım davranışı

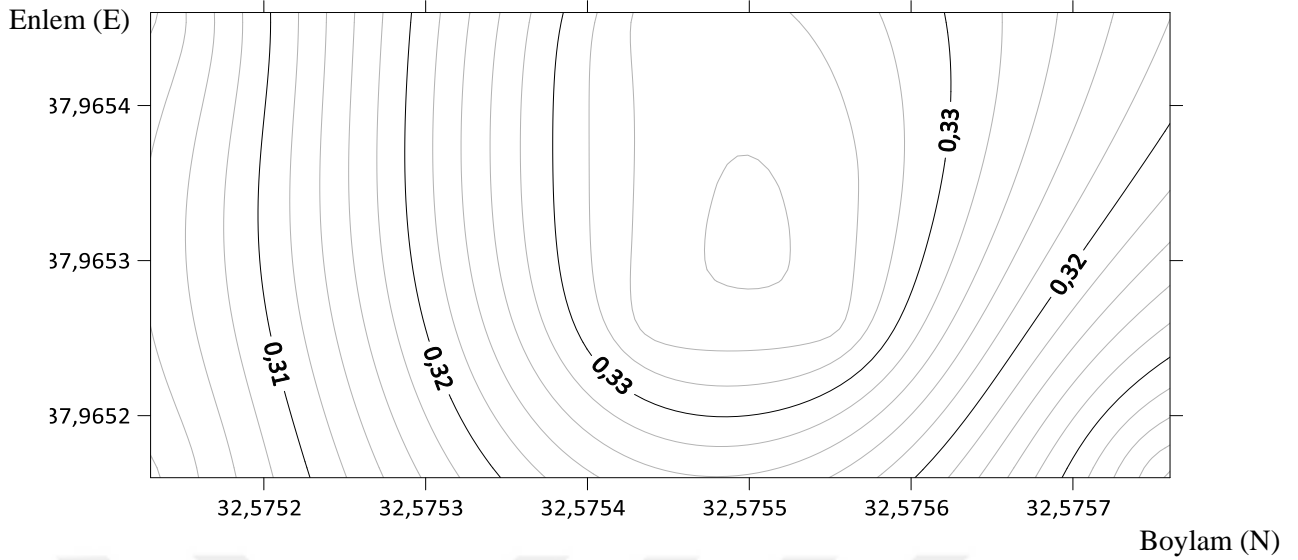


Şekil 9 O- Ksilenin ölçüm yapılan alanın ortam havasındaki dağılım davranışı



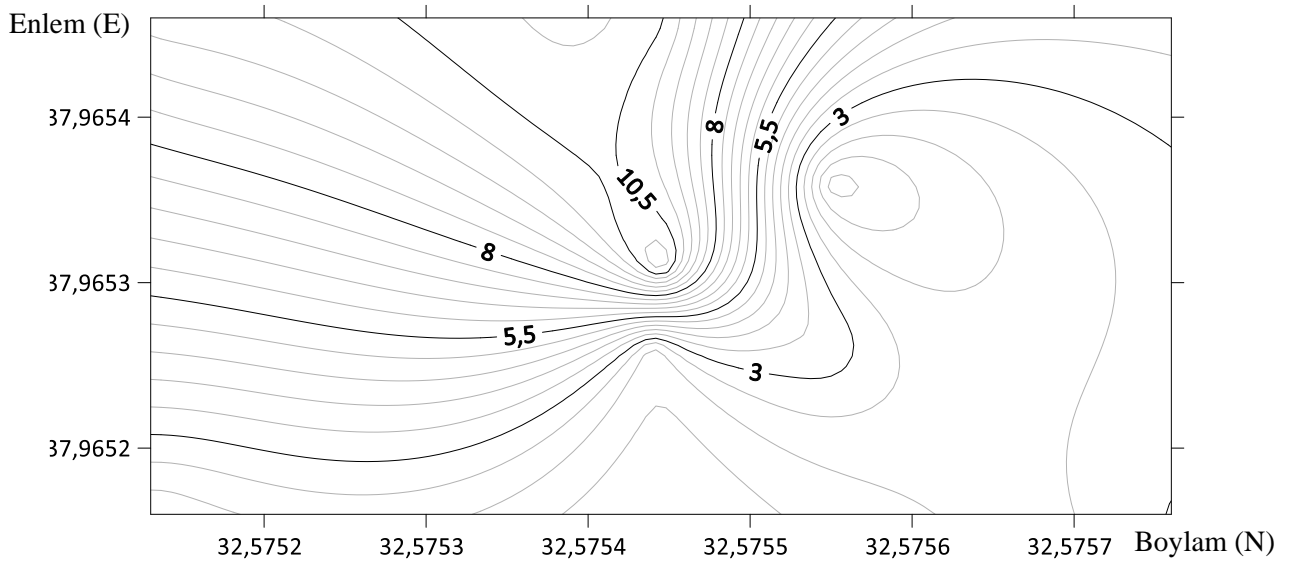
Şekil 10 Toluenin ölçüm yapılan alanın ortam havasındaki dağılım davranışı

Etanol iki karbonlu bir monoalkoldür. Kimyasal formülü C_2H_6O dur. Uçucu renksiz bir sıvıdır. Yüksek konsantrasyonlarda etanol suda çözünemeyen birçok kimyasal bileşiğin çözünebilmesi için kullanılır. Kaynama noktası $78.4^{\circ}C$ olan etanol gerçekleştirilen analizlerde ölçüm noktalarının merkezinde rastlanan en düşük konsantrasyona sahip bileşik olmuştur. Yayıldığı merkez noktadaki etanol konsantrasyonu $<0,335 \text{ mg/m}^3$ olarak ölçülmüştür. Occupational Safety & Health Administration'de (OSHA) ve National Institute for Occupational Safety and Health'de (NIOSH) belirlenen sınır değeri 1900 mg/m^3 'dür. Ölçülen değeri uluslararası standartlarda belirtilen sınır değerlerin altındadır.



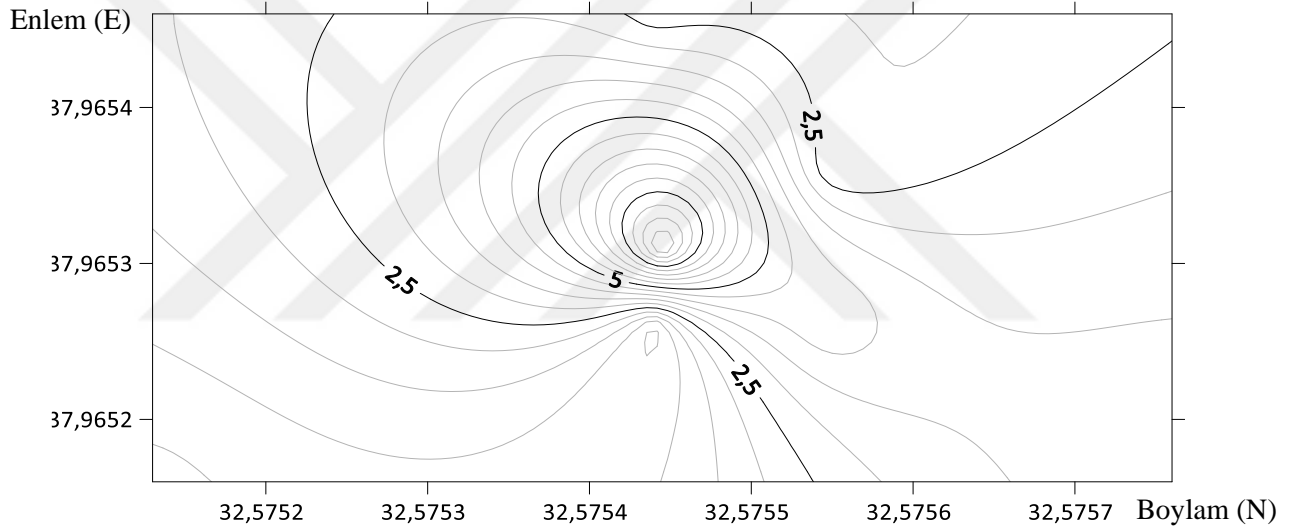
Şekil 11 Etanolun ölçüm yapılan alanın ortam havasındaki dağılım davranışı

N-bütülasetat boya ve vernik üretiminde önemli bir solvent olarak kullanılır. Boyahanelerde sıkça rastlanan bu bileşik; gerçekleştirilen ölçümlerde de görüldüğü üzere ortam havasında en yüksek konsantrasyon seviyelerinde seyreden organik bileşik olmuştur. Kaynama noktası 126.5°C olan n-bütülasetat yayıldığı merkez noktadaki konsantrasyonu 11.523 mg/m^3 olarak ölçülmüştür. Occupational Safety & Health Administration'de (OSHA) ve National Institute for Occupational Safety and Health'de (NIOSH) belirlenen sınır değer 710 mg/m^3 'dür. Ölçülen değer uluslararası standartlarda belirtilen sınır değerlerin altındadır.



Şekil 12 N-bütülasetatın ölçüm yapılan alanın ortam havasındaki dağılım davranışı

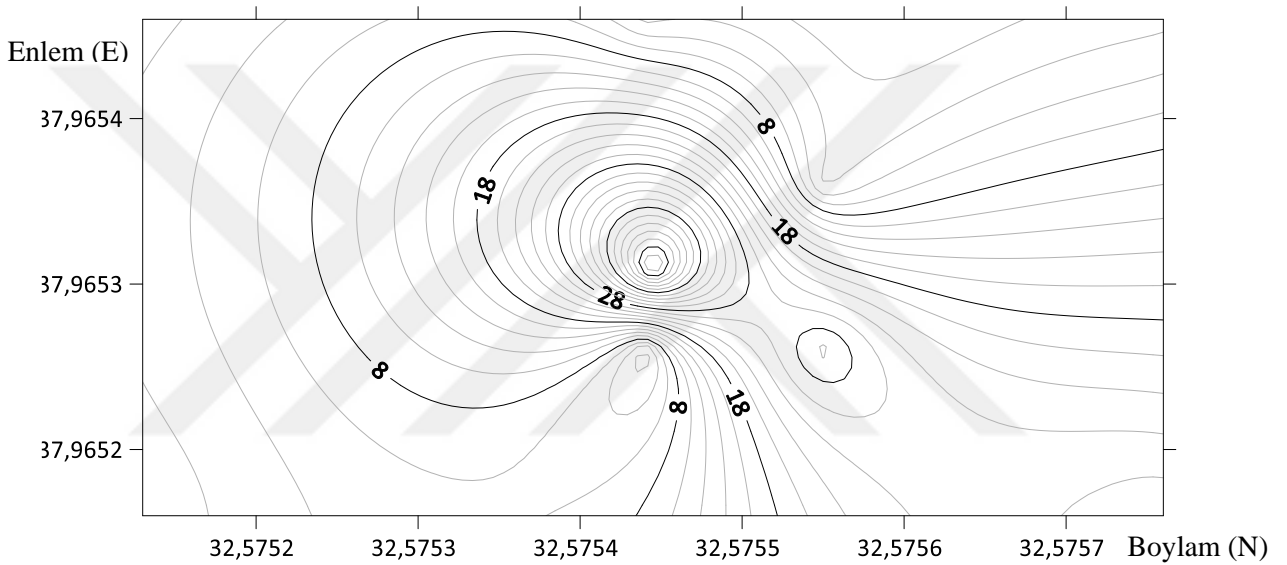
Etil benzen, aromatik hidrokarbonlardan olan; kimyasal, organik bir bileşiktir. Etil benzen, sıvı bir aromatik hidrokarbon olup, etilen ve benzenden üretilir. Boya endüstrisinde karışım malzemesi olarak kullanılır. Kaynama noktası 136°C olan etil benzen yayıldığı merkez noktadaki konsantrasyonu 9.727 mg/m³ olarak ölçülmüştür. Kimyasal maddelerle çalışmalarda sağlık ve güvenlik önlemleri hakkında yönetmelikte belirlenen sınır değer 442 mg/m³ dür. Occupational Safety & Health Administration'de (OSHA) ve National Institute for Occupational Safety and Health'de (NIOSH) belirlenen sınır değer 435 mg/m³ 'dür. Ölçülen değer hem ulusal hem de uluslararası yönetmeliklerde belirtilen sınır değerlerin altındadır. Model çıktısına (Şekil 12) bakıldığında merkez notadan 6 metre uzakta eser miktarda gözlemlenmektedir.



Şekil 13 Etilbenzenin ölçüm yapılan alanın ortam havasındaki dağılım davranışı

Boyama işleminin gerçekleştiği alanda toplam 5 noktada uçucu organik bileşiklerin ölçümü yapılmıştır. Tesiste gerçekleştirilen ölçümler sonucunda ortalama konsantrasyonlar benzen 38.479 mg/m³, aseton 17.626 mg/m³, etilbenzen 3.742 mg/m³, m,p -ksilen 9.290 mg/m³, etanol 0.335 mg/m³, n-bütülasetat 5.632 mg/m³, o-ksilen 2.279 mg/m³, tolüen 5.650 mg/m³ olarak tespit edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda tespit edilen kirletici konsantrasyonları ulusal çapta Kimyasal Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik ile Kanserojen veya Mutajen Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik çerçevesinde değerlendirilmiştir. Uluslararası çapta ise Occupational Safety & Health Administration (OSHA) ve National Institute for Occupational Safety and Health

(NIOSH) çerçevesinde değerlendirilmiştir. Benzen ortalama konsantrasyonu kanserojen veya mutajen maddelerle çalışmalarda sağlık ve güvenlik önlemleri hakkında yönetmelikte belirtilen sınır değerlerin üzerindedir. Model çıktısına (Şekil 13) bakıldığında merkez notadan yaklaşık 8 metre uzakta kirletici konsantrasyonunun yönetmelikte belirtilen konsantrasyon seviyelerinde olduğu gözlemlenmiştir. Diğer kirletici konsantrasyonları hem ulusal hem de uluslararası yönetmeliklerde belirtilen sınır değerlerin altındadır. Model çıktısına (Şekil 13) bakıldığında merkez notadan yaklaşık 10 metre uzakta kirletici konsantrasyonlarının eser miktarda bulunduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 14 Tüm kirleticilerin ölçüm yapılan alanın ortam havasındaki ortalama konsantrasyonda dağılım davranışı

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Uçucu organik bileşikler insanlarda baş ağrısı, mide bulantısı, gözlerde tahriş, solunum sistemleri hastalıkları, uyuşukluk ve genel halsizlik gibi birçok rahatsızlığa sebep olduğu için araştırmacılar tarafından incelenen önemli konulardan birisidir. (Kampa ve Castanas, 2008). Özellikle endüstriyel alanlarda kullanılan kimyasallar, boyalar, üretim proseslerindeki işlemler, ortamda bulunan insanların düşük veya yüksek kirletici konsantrasyonlarına uzun süreli maruziyet sonucunda ciddi hastalıklara sebep olmaktadır (Mølhav ve ark., 1986). Söz konusu olan uçucu organik bileşikler ile ilgili literatürde insan sağlığına etkileri, tespit yöntemleri ve giderim yöntemleri hakkında çeşitli çalışmalar yapılmış ve sonuçları incelenmiştir (Chen ve ark., 2009; Mo ve ark., 2009; Kamal ve ark., 2016; Mirzaei ve ark., 2016).

Yapılan çalışmalar incelendiği zaman ölçülmesi planlanan hedef uçucu organik bileşikler listelerindeki değişkenlikler gözlemlenmiştir (Lee ve ark., 2002; Khoder, 2007). Bunun sebebi olarak ölçüm yapılacak olan ortamların farklılıkları gösterilmiştir. Özellikle endüstriyel ortamlarda üretim proseslerine göre farklılıklar gösteren hedef bileşiklerin, üretim proseslerinde kullanılan kimyasalların içeriğine bakılarak belirlendiği gözlemlenmiştir. Hedef listesi analiz yapılırken kullanılacak olan numune alma yöntemine, kullanılacak olan analiz cihazının belirlenmesinde, GC cihazındaki kolonun tipi, enjeksiyon portu sıcaklığı, analiz süresi, dedektörün türü gibi bilgileri bize belirleme imkanını sağlamaktadır.

Yapılan bu tez çalışmasında endüstriyel ortamda tespit edilen olan uçucu organik bileşikler; o ortamdaki boya kutularının, tiner kutularının ve boya sertleştirici kutularının içeriğine bakılarak ve ortamda bulunan üretim proseslerinden yayılması muhtemel UOB'lerin tahmin yoluyla yapılan çalışmanın doğruluğunun tespit edilmesi sağlanmıştır. Ayrıca çalışma sonucunda ortaya çıkan sonuçlar benzer çalışmayı uygulamak isteyen araştırmacılara yöntem ve yorumlama safhaları için gerekli öneriler sunulmuştur.

Çalışma literatürdeki benzer çalışmalarla karşılaştırıldı ve uygulanan metodolojiyle bulunan kirletici türlerinin benzer olduğu gözlemlenmiştir. Örnekler GC-MS/FID ile analiz edildi. Analiz edilen numunelerdeki tek fark konsantrasyonlardı. Literatür taramasında karşılaşılan konsantrasyonlardan farklı olması normaldir. Çünkü uygulanan işlemler ve kullanılan kimyasalların miktarı endüstrilerde değişebilir.

Yapılan çalışma kirletici türleri ve konsantrasyonları tespit edilmiş olup bu kirleticilerin sınır değerlere göre kontrolü gerçekleştirilmiştir. İnsan sağlığına risklerinin azaltılabilmesi için genel önerilerde bulunulabilir. Bu önerilerden ilki kirleticilerin kaynaktan yok edilmesidir. Bunun mümkün olması için kullanılan kimyasalların yerine daha az zararlı olan kimyasalların kullanılması gerekmektedir ya da çalışma yapılan alanda çok iyi havalandırma sistemlerinin kullanılması ve kişisel tedbirlerin alınması gerekmektedir. Ayrıca bu kimyasalların ortam sıcaklığında uçucu hale geçtiği unutulmamalı ve her kimyasalın ağzı sıkıca kapatılarak muhafaza edilmesi gerekmektedir. Ayrıca boyama yapan kişilerin özel maskelerle donatılması gerekmektedir. Yüksek konsantrasyonda kirletici bulunan ortamda kısa bir süre duran kişi ile düşük konsantrasyonda kirletici bulunan bir ortamda uzun süre kalan bir kişinin aynı seviyede maruziyet yaşadığı ve olumsuz sağlık etkilerinin eşit olduğu varsayılabilir. Bu nedenle düşük konsantrasyonda kirletici konsantrasyonu olan çalışma alanlarının havalandırma sistemlerinin iyileştirilmesi gerekmektedir. Kimyasal madde kullanımının çok olduğu bir ortamda çalışan personellerin periyodik sağlık kontrollerinden geçirilmesi ve kanser taramalarının yapılması sağlanmalıdır.

Tez çalışmasının gerçekleştirildiği endüstri tesisinde boyama işleminin gerçekleştirildiği alanda ortam havalandırması gerçekleştirilmektedir. Ancak ortam havalandırılmasının iyileştirilmesi gerekmektedir. Ayrıca çekilen havanın etkin bir arıtma sisteminden geçirilmeden atmosfere salınımı gerçekleştirilmektedir. Ortam havasının bir aktif karbon filtrasyon sisteminden geçirilmesi veya fotokatalitik parçalanma sonrası atmosfere verilmesi ile daha az zararlı kirletici ürünlerinin atmosfere salınmasını sağlanacaktır (Lahousse ve ark., 1998; Zhao ve ark., 1998).

KAYNAKLAR

- Alyüz, B. ve Sevil, V., 2006, İç ortam havasında bulunan uçucu organik bileşikler ve sağlık üzerine etkileri, *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7 (2), 109-116.
- Chen, H. L., Lee, H. M., Chen, S. H., Chang, M. B., Yu, S. J. ve Li, S. N., 2009, Removal of volatile organic compounds by single-stage and two-stage plasma catalysis systems: a review of the performance enhancement mechanisms, current status, and suitable applications, *Environmental science & technology*, 43 (7), 2216-2227.
- Çilingiroğlu, S., 2010, İç hava kalitesi, *Tesisat Mühendisliği*, 1 (115), 23-42.
- CSB, 2008, Hava kalitesi değerlendirme ve yönetimi yönetmeliği. Çevre ve Orman Bakanlığı. Bakanlığı, Ç. v. Ş.: 06.
- Demir, S., 2011, İstanbul atmosferinde uçucu organik bileşik kirliliğinin kaynaklarının belirlenmesi: YTÜ Davutpaşa Kampüsü örneği.
- Drobek, M., Figoli, A., Santoro, S., Navascués, N., Motuzas, J., Simone, S., Algieri, C., Gaeta, N., Querze, L. ve Trotta, A., 2015, PVDF-MFI mixed matrix membranes as VOCs adsorbers, *Microporous and Mesoporous Materials*, 207, 126-133.
- Enstitüsü, T. S., 2003, TSE - TS EN 13649. Stationary source emissions - Determination of the mass concentration of individual gaseous organic compounds - Activated carbon and solvent desorption method.
- Gee, I. L. ve Sollars, C. J., 1998, Ambient air levels of volatile organic compounds in Latin American and Asian cities, *Chemosphere*, 36 (11), 2497-2506.
- Guo, H., Lee, S. C., Chan, L. Y. ve Li, W. M., 2004, Risk assessment of exposure to volatile organic compounds in different indoor environments, *Environmental Research*, 94 (1), 57-66.
- Haghighat, F. ve Zhang, Y., 1999, Modelling of emission of volatile organic compounds from building materials—estimation of gas-phase mass transfer coefficient, *Building and Environment*, 34 (4), 377-389.
- Huang, H. ve Haghighat, F., 2002, Modelling of volatile organic compounds emission from dry building materials, *Building and Environment*, 37 (12), 1349-1360.
- Kamal, M. S., Razzak, S. A. ve Hossain, M. M., 2016, Catalytic oxidation of volatile organic compounds (VOCs)—A review, *Atmospheric Environment*, 140, 117-134.
- Kampa, M. ve Castanas, E., 2008, Human health effects of air pollution, *Environmental pollution*, 151 (2), 362-367.

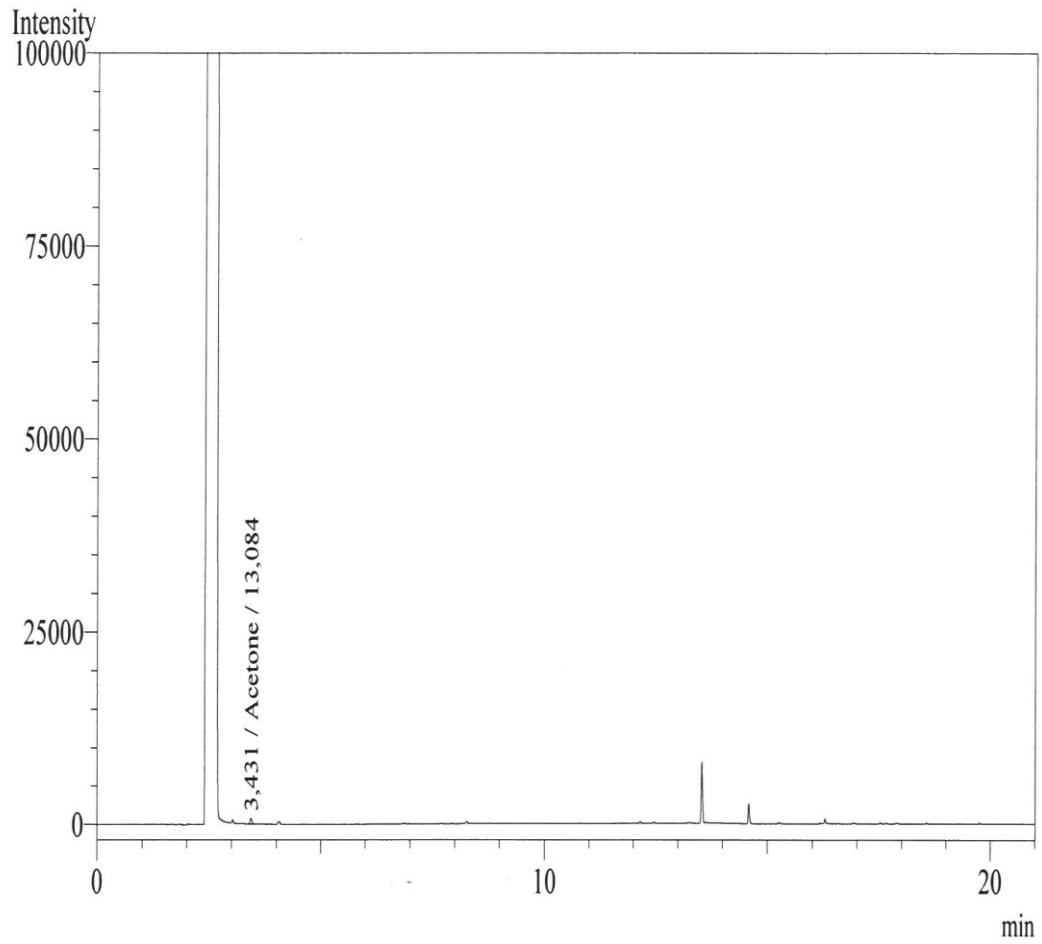
- Khoder, M. I., 2007, Ambient levels of volatile organic compounds in the atmosphere of Greater Cairo, *Atmospheric Environment*, 41 (3), 554-566.
- Kostiainen, R., 1995, Volatile organic compounds in the indoor air of normal and sick houses, *Atmospheric Environment*, 29 (6), 693-702.
- Lahousse, C., Bernier, A., Grange, P., Delmon, B., Papaefthimiou, P., Ioannides, T. ve Verykios, X., 1998, Evaluation of γ -MnO₂ as a VOC removal catalyst: comparison with a noble metal catalyst, *Journal of Catalysis*, 178 (1), 214-225.
- Lee, C.-S., Dai, Z., Kim, D. H., Li, H.-Y., Jo, Y.-M., Kim, B.-Y., Byun, H.-G., Hwang, I.-S. ve Lee, J.-H., 2018, Highly discriminative and sensitive detection of volatile organic compounds for monitoring indoor air quality using pure and Au-loaded 2D In₂O₃ inverse opal thin films, *Sensors and Actuators B: Chemical*.
- Lee, S., Chiu, M., Ho, K., Zou, S. ve Wang, X., 2002, Volatile organic compounds (VOCs) in urban atmosphere of Hong Kong, *Chemosphere*, 48 (3), 375-382.
- Liotta, L., 2010, Catalytic oxidation of volatile organic compounds on supported noble metals, *Applied Catalysis B: Environmental*, 100 (3-4), 403-412.
- MDH, 2017, Volatile organic compounds in your home, <http://www.health.state.mn.us/divs/eh/indoorair/voc/>: [07 Kasım].
- Mirzaei, A., Leonardi, S. ve Neri, G., 2016, Detection of hazardous volatile organic compounds (VOCs) by metal oxide nanostructures-based gas sensors: A review, *Ceramics International*, 42 (14), 15119-15141.
- Mo, J., Zhang, Y., Xu, Q., Lamson, J. J. ve Zhao, R., 2009, Photocatalytic purification of volatile organic compounds in indoor air: a literature review, *Atmospheric Environment*, 43 (14), 2229-2246.
- Møhlhave, L., Bach, B. ve Pedersen, O. F., 1986, Human reactions to low concentrations of volatile organic compounds, *Environment International*, 12 (1-4), 167-175.
- Na, K. ve Kim, Y. P., 2001, Seasonal characteristics of ambient volatile organic compounds in Seoul, Korea, *Atmospheric Environment*, 35 (15), 2603-2614.
- Norbäck, D., Björnsson, E., Janson, C., Widström, J. ve Boman, G., 1995, Asthmatic symptoms and volatile organic compounds, formaldehyde, and carbon dioxide in dwellings, *Occupational and environmental medicine*, 52 (6), 388-395.
- Norbäck, D., Hashim, J. H., Hashim, Z. ve Ali, F., 2017, Volatile organic compounds (VOC), formaldehyde and nitrogen dioxide (NO₂) in schools in Johor Bahru, Malaysia: Associations with rhinitis, ocular, throat and dermal symptoms, headache and fatigue, *Science of The Total Environment*, 592, 153-160.
- Olgun, B., Erdem, A., Asiltürk, M. ve Doğan, G., 2017, Nanopartikül tutturulmuş aktif karbon ile ortam havasında uçucu organik bileşik gideriminin değerlendirilmesi, *VII. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu*.

- Phillips, M., Erickson, G., Sabas, M., Smith, J. ve Greenberg, J., 1995, Volatile organic compounds in the breath of patients with schizoprenia, *Journal of clinical pathology*, 48 (5), 466-469.
- Rezaee, A., Pourtaghi, G. H., Khavanin, A., Mamoor, R. S., Ghaneian, M. ve Godini, H., 2008, Photocatalytic decomposition of gaseous toluene by TiO₂ nanoparticles coated on activated carbon, *Iran J Environ Health Sci Eng*, 5 (4), 305-310.
- Simoneit, B. R., Mazurek, M. A. ve Jones, P. W., 2009, Air pollution: The organic components, *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 11 (3), 219-276.
- Soylu, G. S. P., Özçelik, Z. ve Boz, İ., 2010, Total oxidation of toluene over metal oxides supported on a natural clinoptilolite-type zeolite, *Chemical Engineering Journal*, 162 (1), 380-387.
- Soysal, A. ve Demiral, Y., 2007, Kapalı ortam hava kirliliği, *TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni*, 6 (3), 221-226.
- Szulczyński, B. ve Gębicki, J., 2017, Currently commercially available chemical sensors employed for detection of volatile organic compounds in outdoor and indoor air, *Environments*, 4 (1), 21.
- Türker, M., Karadağ, S., Işık, Y. ve Ertan, İ., 2015, Maya endüstrisi koku problemi ve çözümleri: pakmaya deneyimi, *Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu (7-9 Ekim). İzmir*.
- Wolkoff, P., Wilkins, C. K., Clausen, P. A. ve Larsen, K., 1993, Comparison of volatile organic compounds from processed paper and toners from office copiers and printers: methods, emission rates, and modeled concentrations, *Indoor air*, 3 (2), 113-123.
- Yuan, B., Shao, M., Lu, S. ve Wang, B., 2010, Source profiles of volatile organic compounds associated with solvent use in Beijing, China, *Atmospheric Environment*, 44 (15), 1919-1926.
- Zhao, X., Ma, Q. ve Lu, G., 1998, VOC removal: comparison of MCM-41 with hydrophobic zeolites and activated carbon, *Energy & Fuels*, 12 (6), 1051-1054.
- Zheng, J., Yu, Y., Mo, Z., Zhang, Z., Wang, X., Yin, S., Peng, K., Yang, Y., Feng, X. ve Cai, H., 2013, Industrial sector-based volatile organic compound (VOC) source profiles measured in manufacturing facilities in the Pearl River Delta, China, *Science of The Total Environment*, 456, 127-136.

EKLER**Aseton Kromotogramları**

Analysis Date & Time : 26.09.2019 21:43:33

Sample Name : B-20092019-019 1

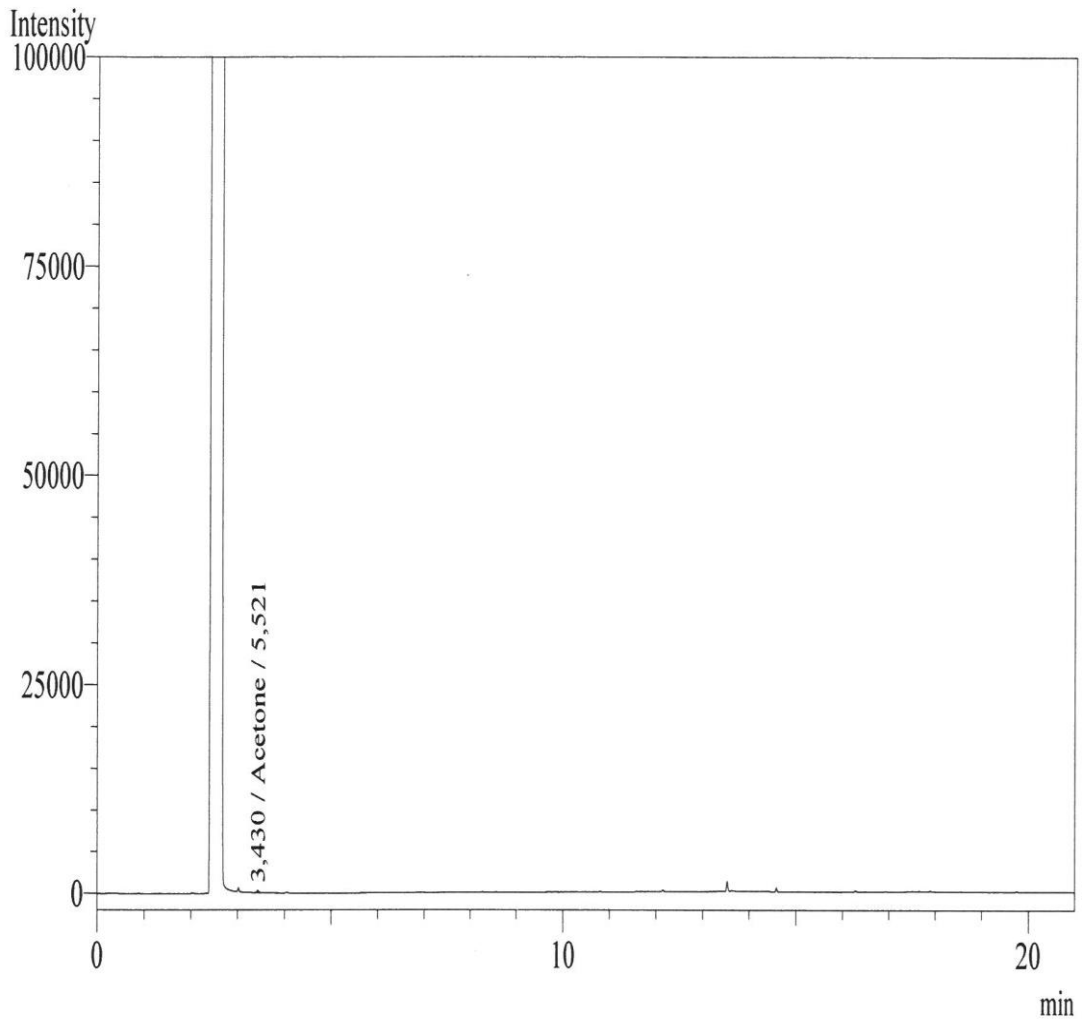


Peak#	Ret.Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	ID#	Cmpd Name
1	3,431	2284	737	13,084	ppm		1	Acetone
Total		2284	737					

Şekil 15 1. ölçüm noktasındaki aseton analiz kromotogramı

Analysis Date & Time : 26.09.2019 22:14:03

Sample Name : B-20092019-019 2

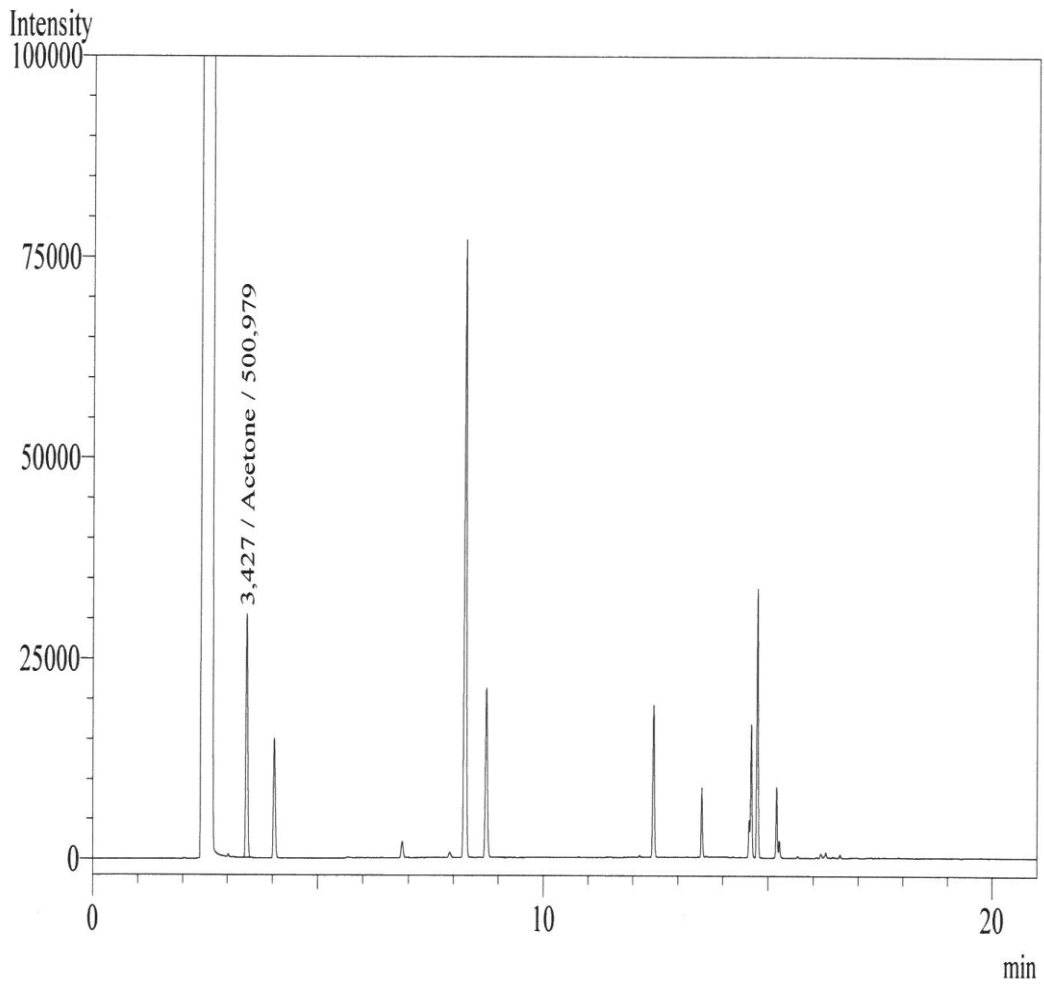


Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	ID#	Cmpd Name
1	3,430	936	274	5,521	ppm		1	Acetone
Total		936	274					

Şekil 16 2. ölçüm noktasındaki aseton analiz kromotogramı

Analysis Date & Time : 26.09.2019 22:44:39

Sample Name : B-20092019-019 3

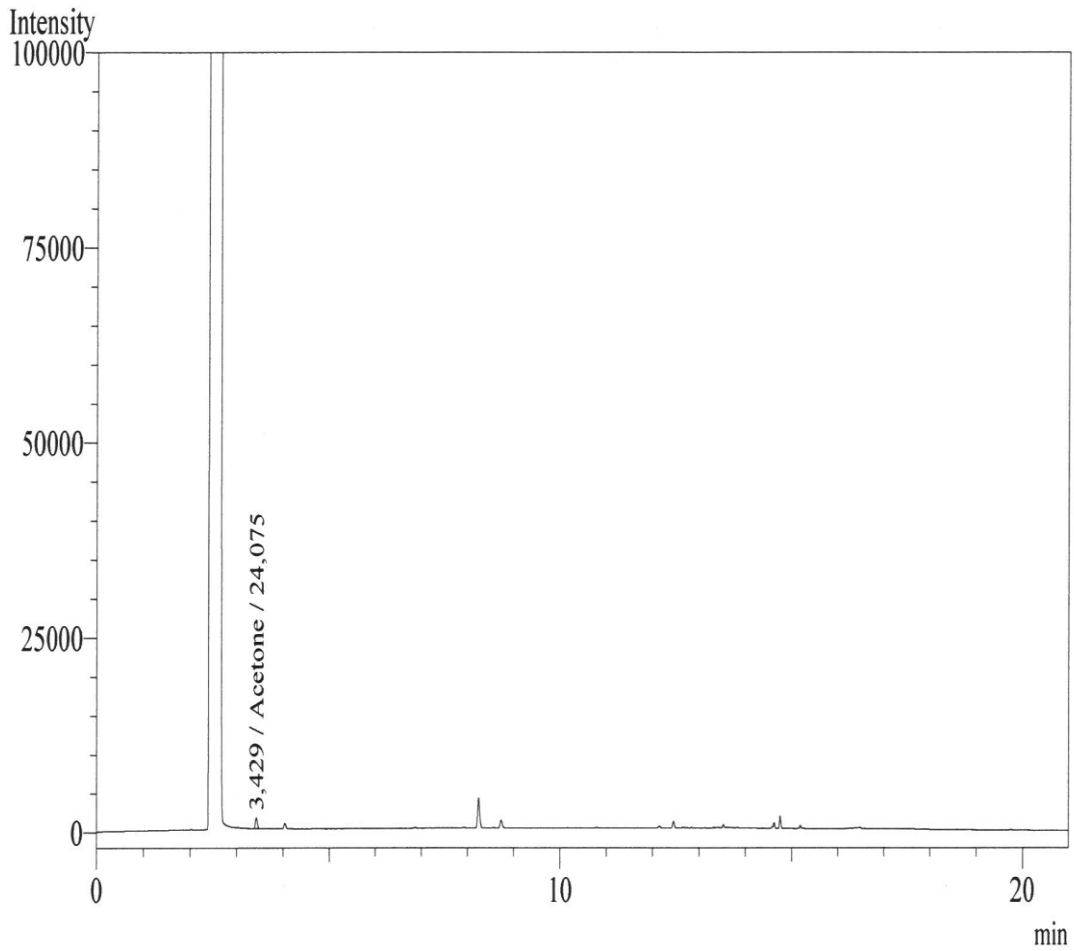


Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	ID#	Cmpd Name
1	3,427	89251	30383	500,979	ppm		1	Acetone
Total		89251	30383					

Şekil 17 3. ölçüm noktasındaki aseton analiz kromotogramı

Analysis Date & Time : 28.09.2019 10:04:17

Sample Name : B-20092019-019 3 1/20

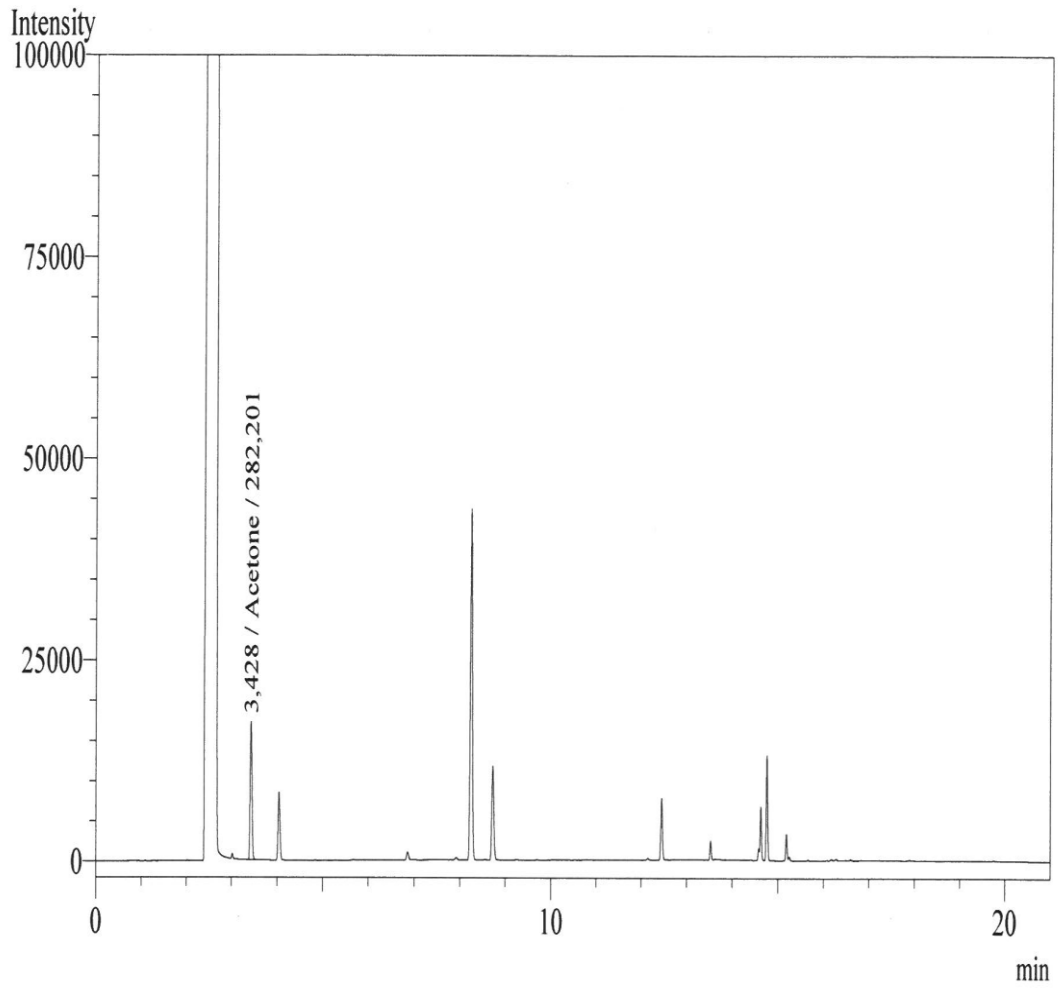


Peak#	Ret.Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	ID#	Cmpd Name
1	3,429	4243	1415	24,075	ppm		1	Acetone
Total		4243	1415					

Şekil 18 3. ölçüm noktasındaki aseton analiz kromotogramı (1/20 seyreltme)

Analysis Date & Time : 26.09.2019 23:15:05

Sample Name : B-20092019-019 4

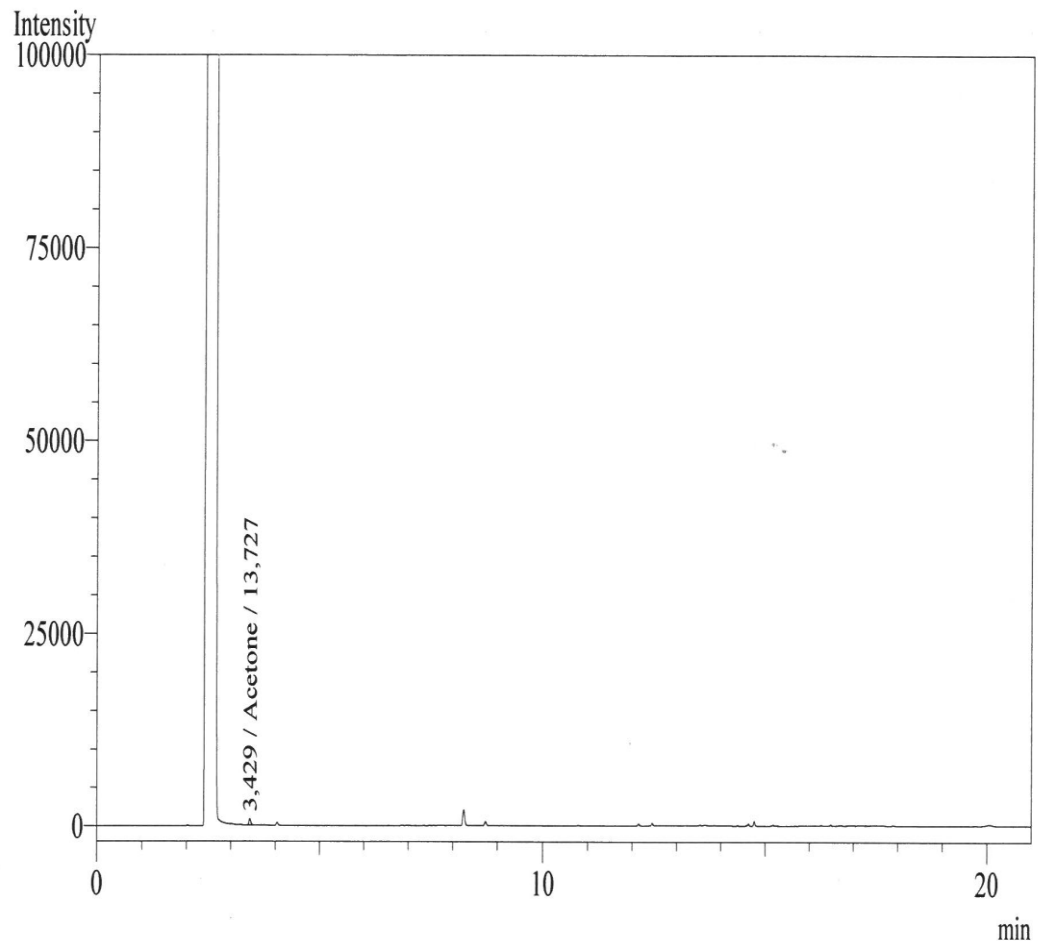


Peak#	Ret.Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	ID#	Cmpd Name
1	3,428	50254	17186	282,201	ppm		1	Acetone
Total		50254	17186					

Şekil 19 4. ölçüm noktasındaki aseton analiz kromotogramı

Analysis Date & Time : 28.09.2019 11:06:07

Sample Name : B-20092019-019 4 1/20

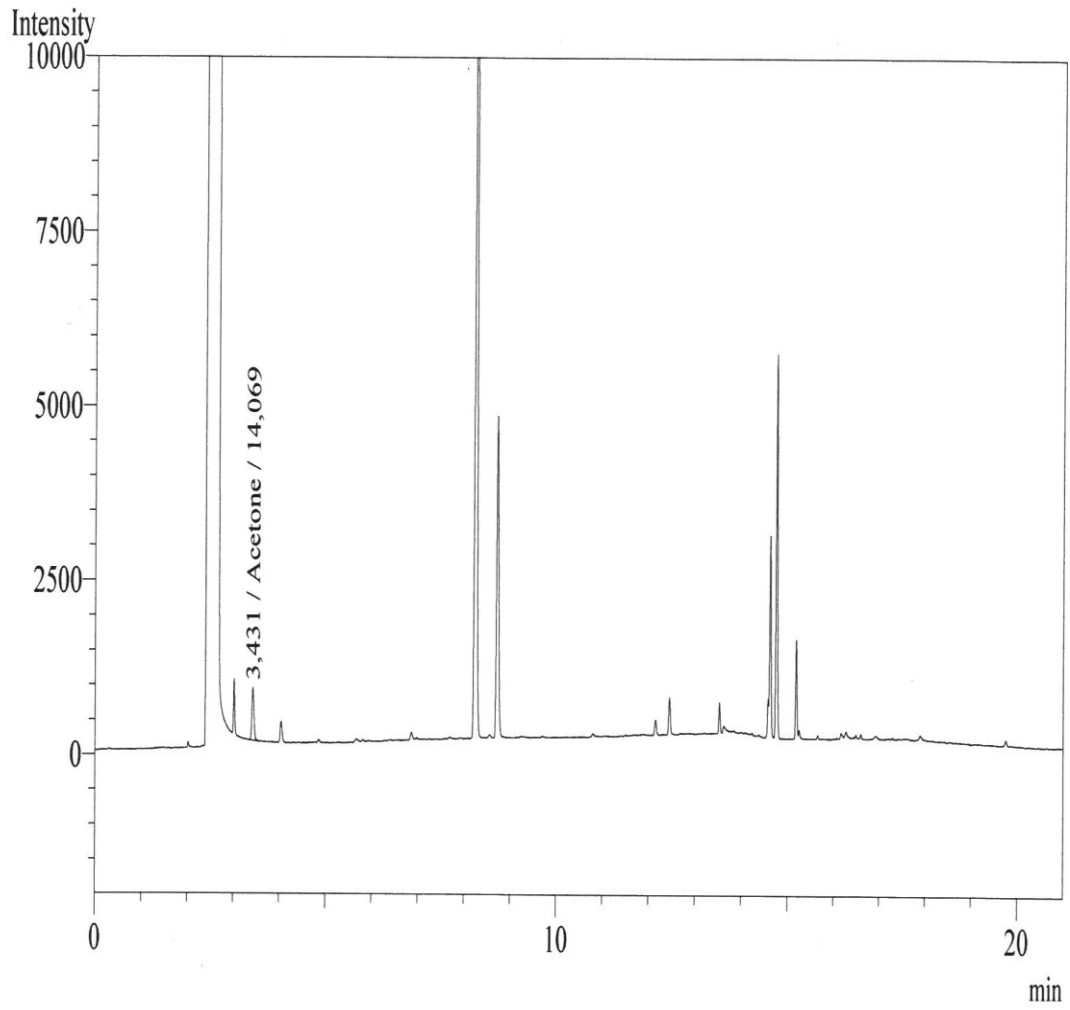


Peak#	Ret.Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	ID#	Cmpd Name
1	3,429	2399	803	13,727	ppm		1	Acetone
Total		2399	803					

Şekil 20 4. ölçüm noktasındaki aseton analiz kromotogramı (1/20 seyreltme)

Analysis Date & Time : 26.09.2019 23:45:32

Sample Name : B-20092019-019 5



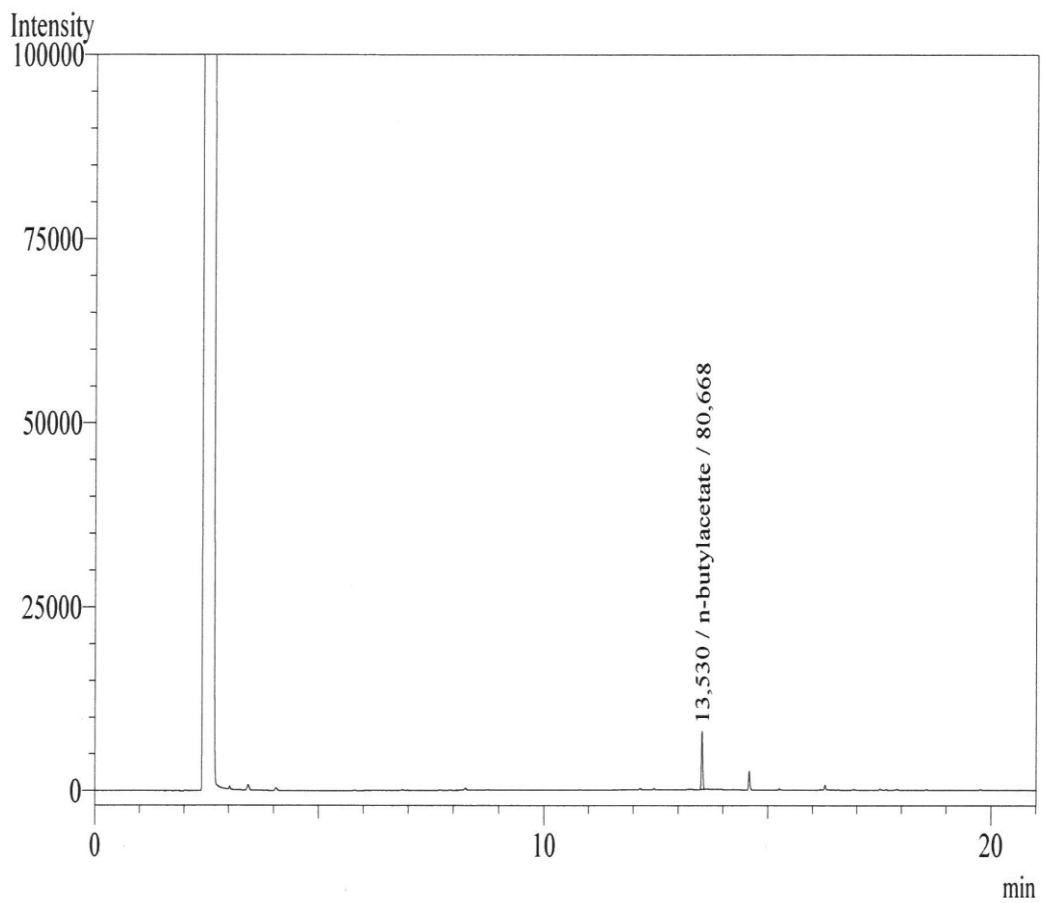
Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	ID#	Cmpd Name
1	3,431	2459	749	14,069	ppm		1	Acetone
Total		2459	749					

Şekil 21 5. ölçüm noktasındaki aseton analiz kromotogramı

n-bütülasetat Kromotogramları

Analysis Date & Time : 26.09.2019 21:43:33

Sample Name : B-20092019-019 1

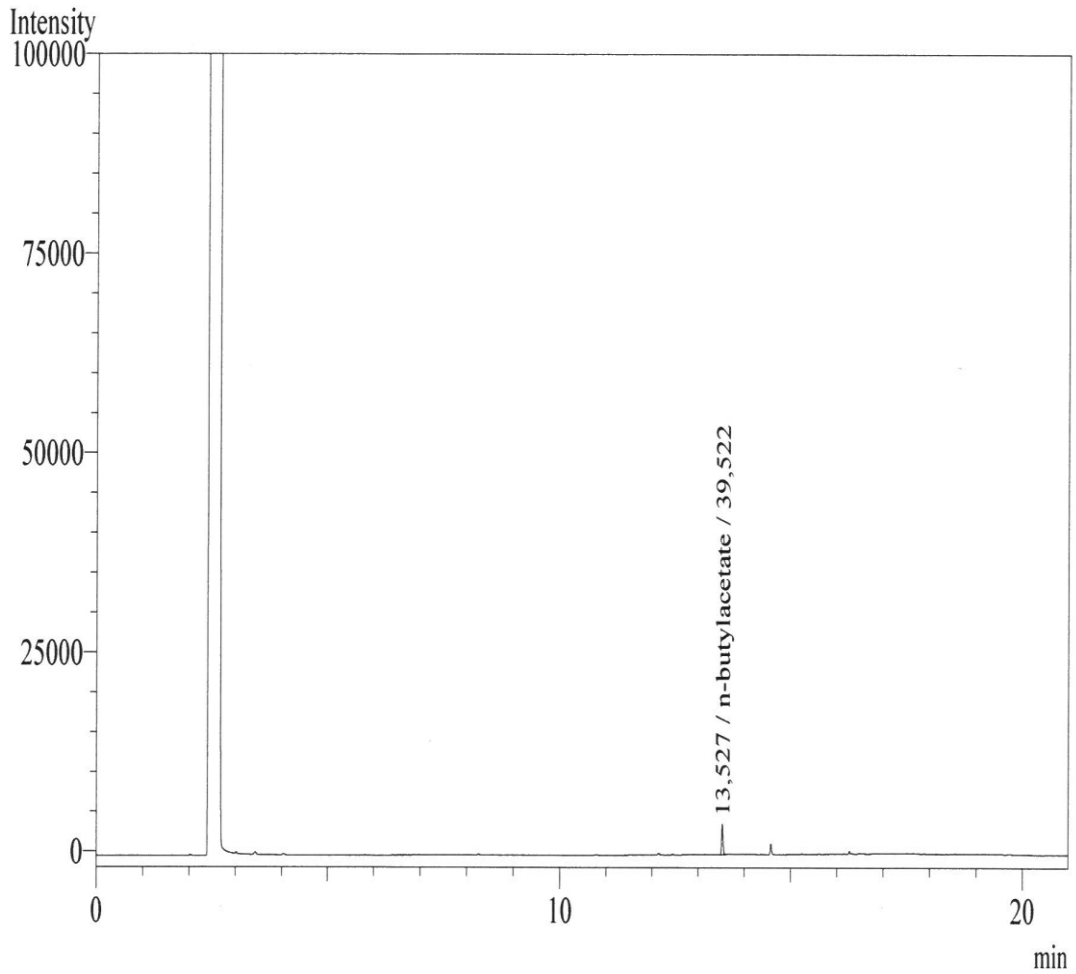


Peak#	Ret.Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	ID#	Cmpd Name
1	13,530	16410	7848	80,668	ppm		6	n-butylacetate
Total		16410	7848					

Şekil 22 1. ölçüm noktasındaki n-bütülasetat analiz kromotogramı

Analysis Date & Time : 28.09.2019 09:03:19

Sample Name : B-20092019-019 1 1/2

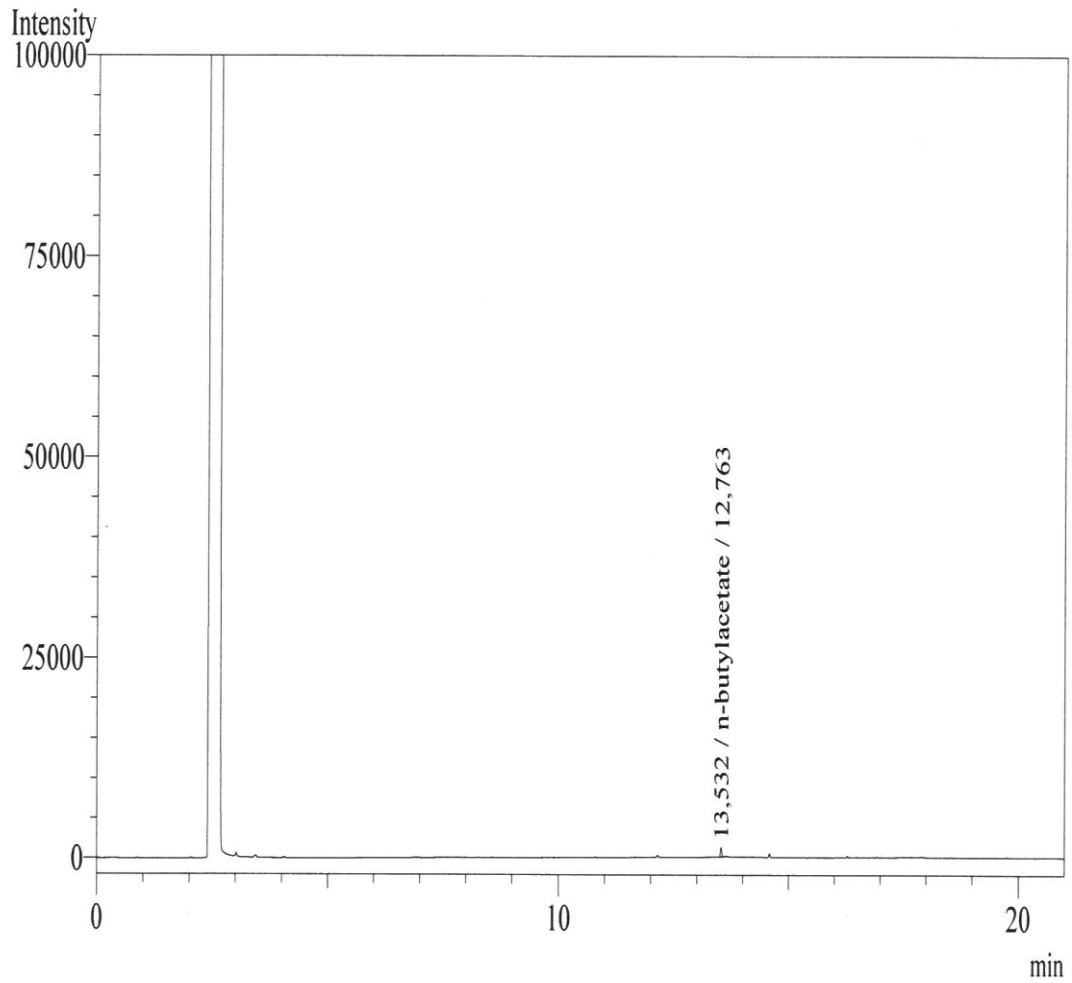


Peak#	Ret.Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	ID#	Cmpd Name
1	13,527	7948	3842	39,522	ppm		6	n-butylacetate
Total		7948	3842					

Şekil 23 1. ölçüm noktasındaki n-bütülasetat analiz kromotogramı (1/2 seyreltme)

Analysis Date & Time : 26.09.2019 22:14:03

Sample Name : B-20092019-019 2

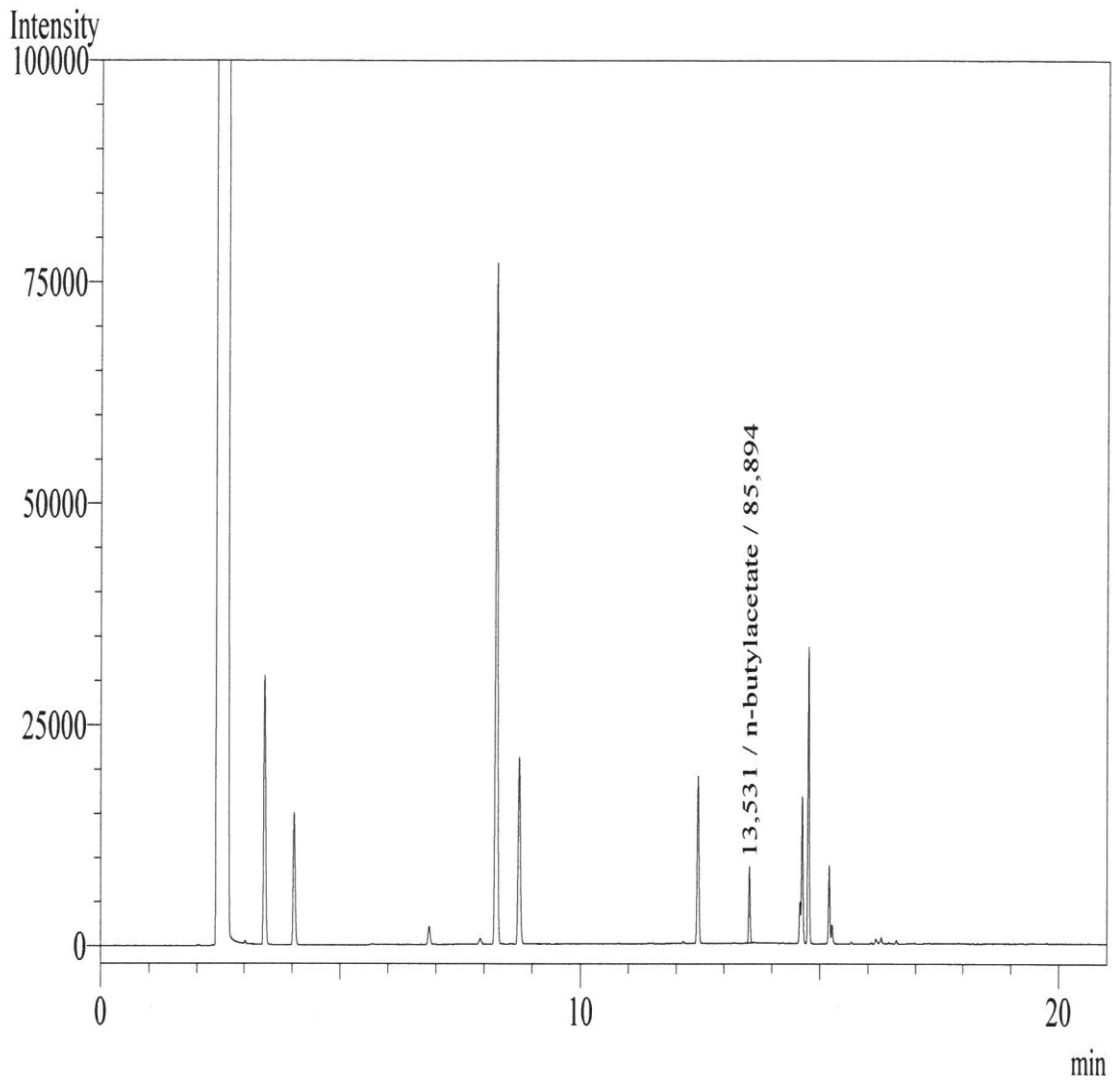


Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	ID#	Cmpd Name
1	13,532	2444	1194	12,763	ppm		6	n-butylacetate
Total		2444	1194					

Şekil 24 2. ölçüm noktasındaki n-bütülasetat analiz kromotogramı

Analysis Date & Time : 26.09.2019 22:44:39

Sample Name : B-20092019-019 3

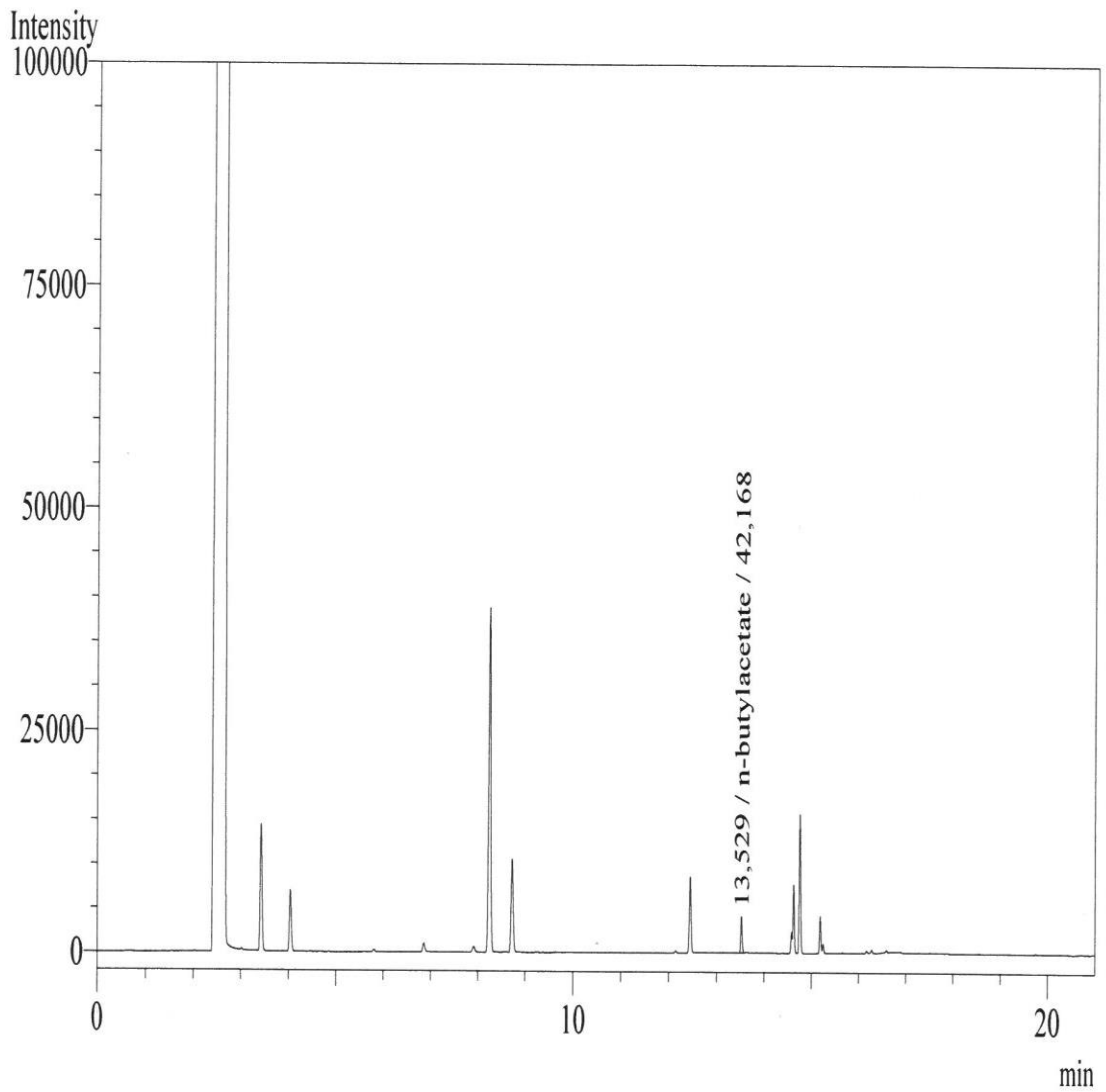


Peak#	Ret.Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	ID#	Cmpd Name
1	13,531	17484	8616	85,894	ppm		6	n-butylacetate
Total		17484	8616					

Şekil 25 3. ölçüm noktasındaki n-bütülasetat analiz kromotogramı

Analysis Date & Time : 28.09.2019 09:33:49

Sample Name : B-20092019-019 3 1/2

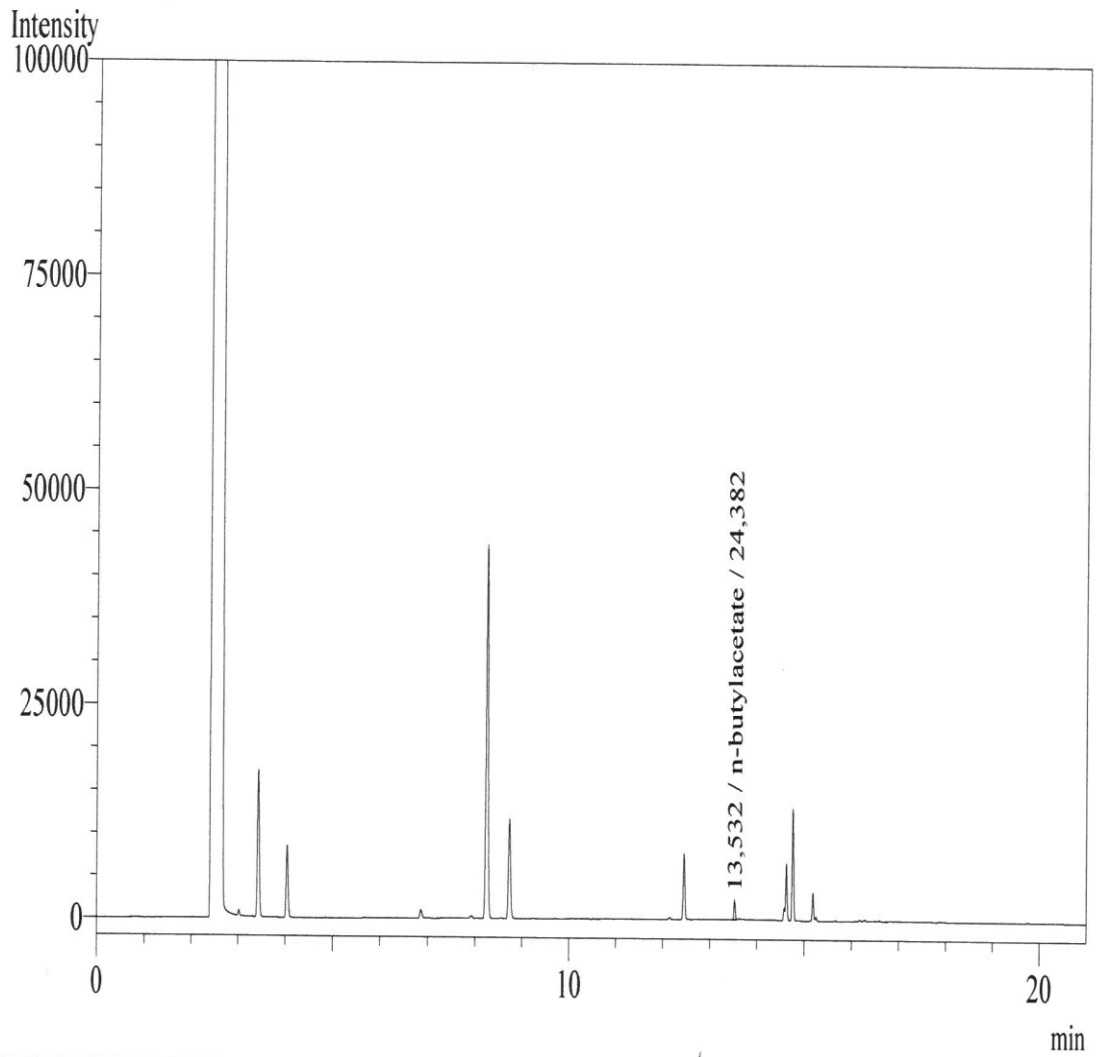


Peak#	Ret.Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	ID#	Cmpd Name
1	13,529	8492	4077	42,168	ppm		6	n-butylacetate
Total		8492	4077					

Şekil 26 3. ölçüm noktasındaki n-bütülasetat analiz kromotogramı (1/2 seyreltme)

Analysis Date & Time : 26.09.2019 23:15:05

Sample Name : B-20092019-019 4

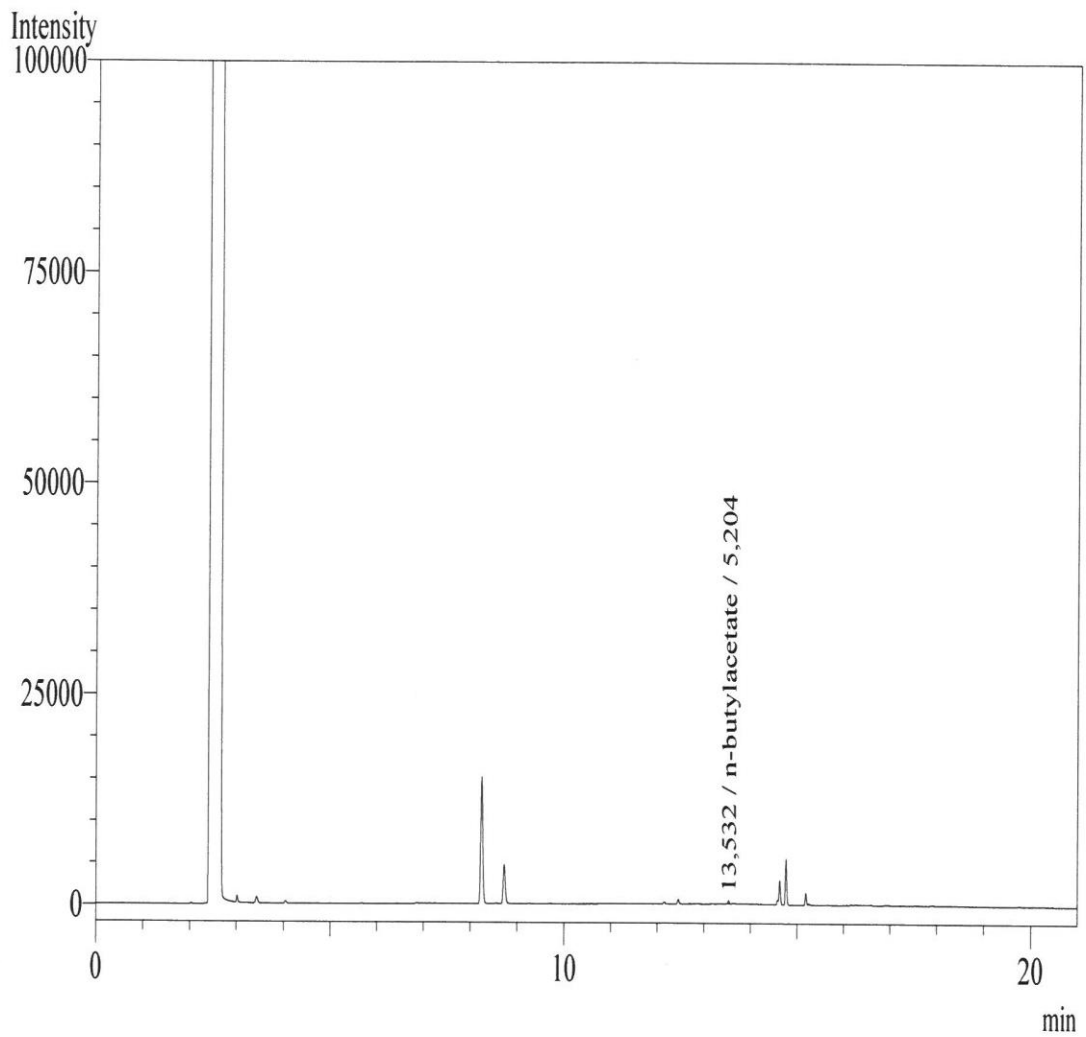


Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	ID#	Cmpd Name
1	13,532	4834	2343	24,382	ppm		6	n-butylacetate
Total		4834	2343					

Şekil 27 4. ölçüm noktasındaki n-bütülasetat analiz kromotogramı

Analysis Date & Time : 26.09.2019 23:45:32

Sample Name : B-20092019-019 5



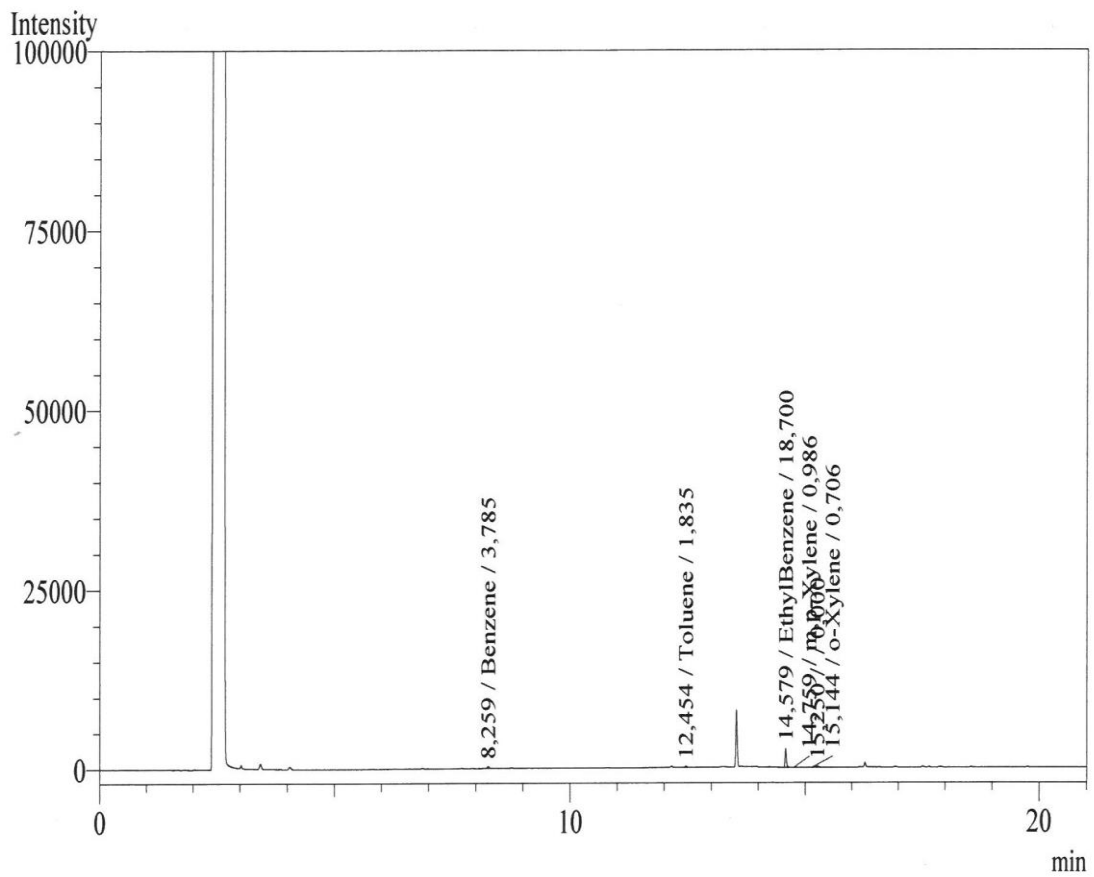
Peak#	Ret.Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark ID#	Cmpd Name
1	13,532	890	439	5,204	ppm	6	n-butylacetate
Total		890	439				

Şekil 28 5. ölçüm noktasındaki n-bütülasetat analiz kromotogramı

Btex Kromotogramları

Analysis Date & Time : 26.09.2019 21:43:33

Sample Name : B-20092019-019 1

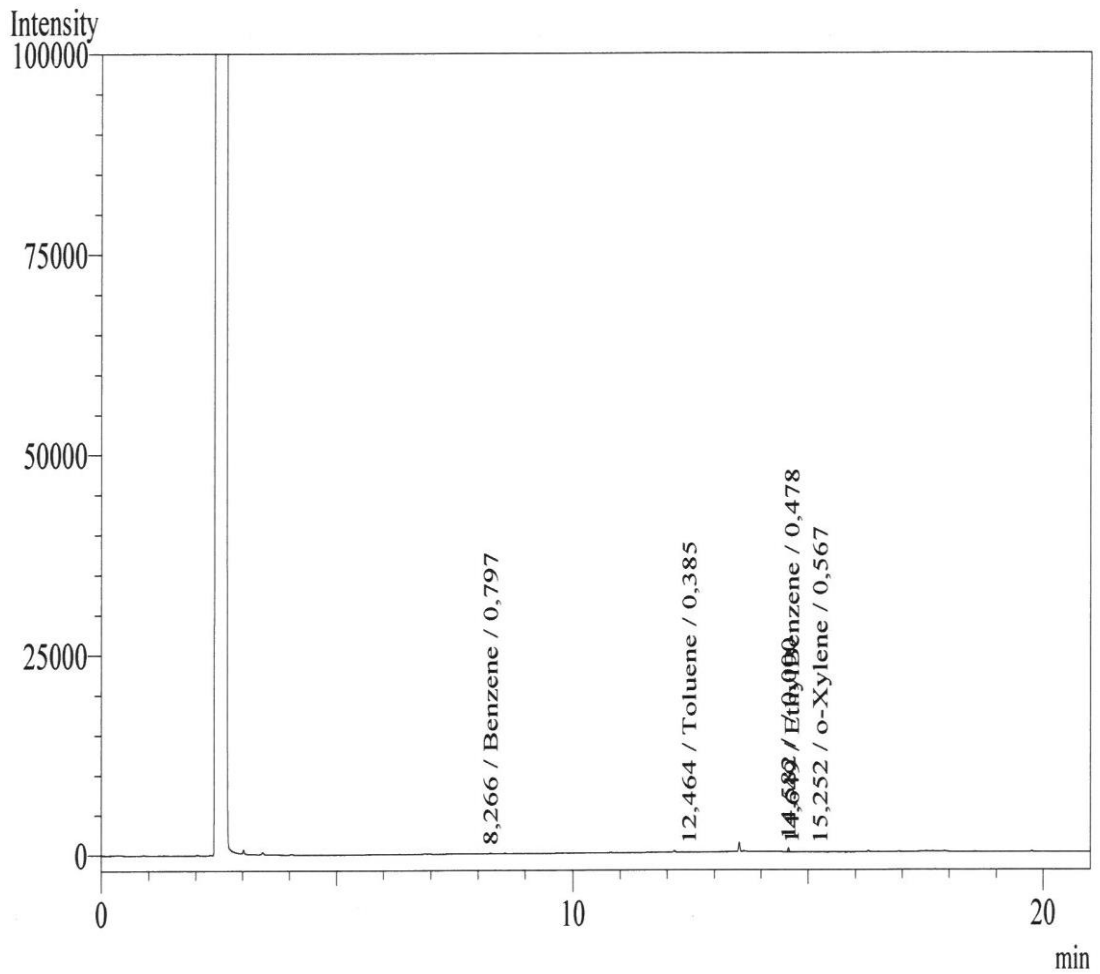


Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	ID#	Cmpd Name
1	8.259	906	281	3.785	ppm		1	Benzene
2	12.454	418	173	1.835	ppm		2	Toluene
3	14.579	5196	2591	18.700	ppm		3	EthylBenzene
4	14.759	25	13	0.986	ppm		4	m,p-Xylene
5	15.144	67	12	0.706	ppm		5	o-Xylene
6	15.250	478	186	0.000		V		
Total		7090	3256					

Şekil 29 1. ölçüm noktasındaki btx analiz kromotogramı

Analysis Date & Time : 26.09.2019 22:14:03

Sample Name : B-20092019-019 2

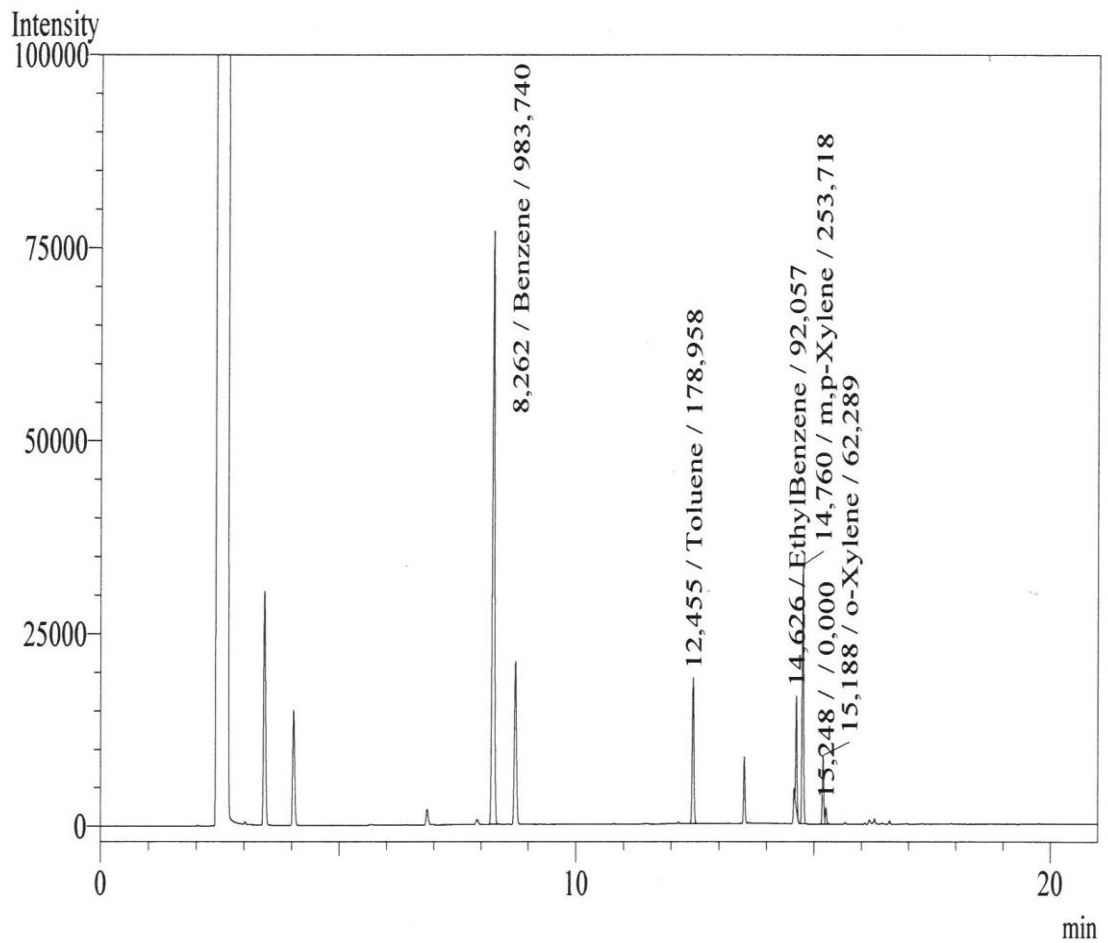


Peak#	Ret.Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	ID#	Cmpd Name
1	8,266	167	48	0,797	ppm		1	Benzene
2	12,464	31	17	0,385	ppm		2	Toluene
3	14,582	966	495	0,000				
4	14,649	27	15	0,478	ppm	V	3	EthylBenzene
5	15,252	27	13	0,567	ppm		5	o-Xylene
Total		1218	588					

Şekil 30 2. ölçüm noktasındaki btex analiz kromotogramı

Analysis Date & Time : 26.09.2019 22:44:39

Sample Name : B-20092019-019 3

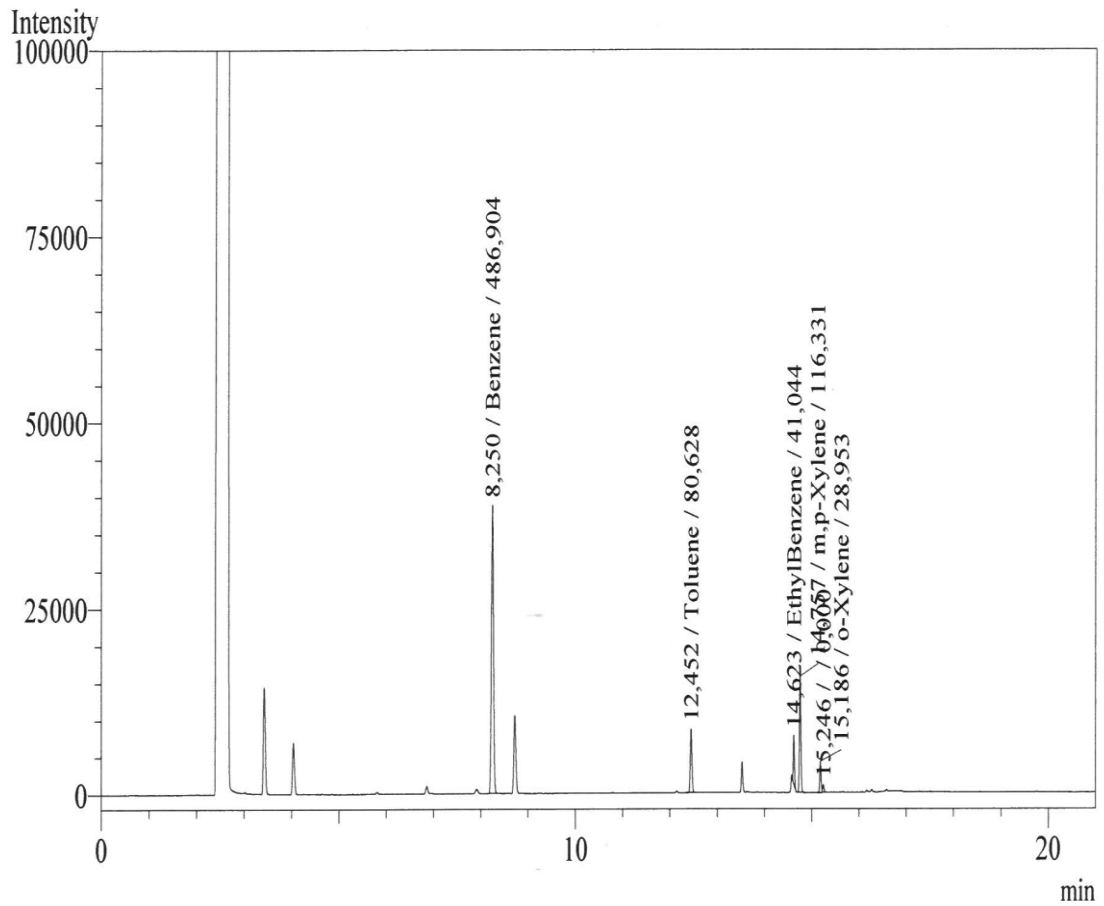


Peak#	Ret.Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	ID#	Cmpd Name
1	8,262	243501	76719	983,740	ppm		1	Benzene
2	12,455	47731	18810	178,958	ppm		2	Toluene
3	14,626	26005	14171	92,057	ppm		3	EthylBenzene
4	14,760	72894	33316	253,718	ppm		4	m,p-Xylene
5	15,188	17984	8880	62,289	ppm		5	o-Xylene
6	15,248	4250	2123	0,000		V		
Total		412365	154019					

Şekil 31 3. ölçüm noktasındaki btex analiz kromotogramı

Analysis Date & Time : 28.09.2019 09:33:49

Sample Name : B-20092019-019 3 1/2

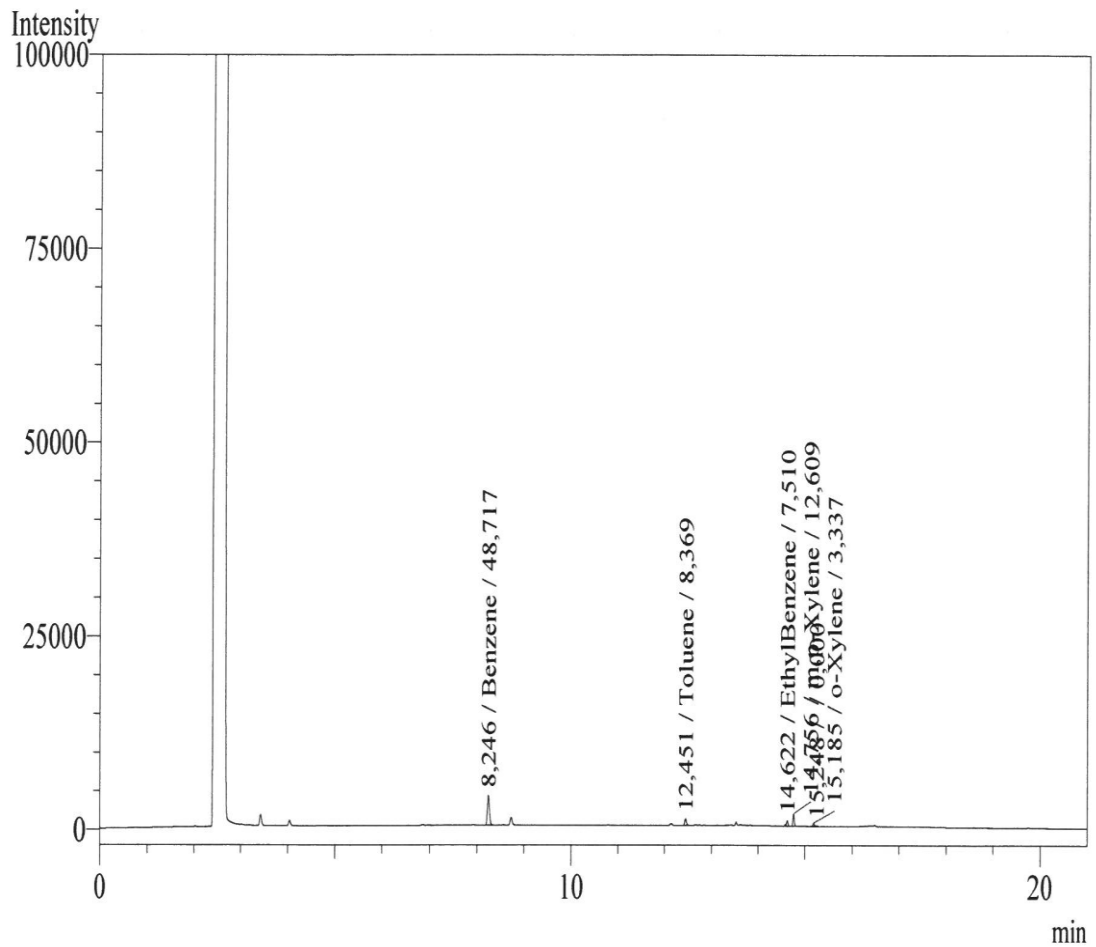


Peak#	Ret.Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	ID#	Cmpd Name
1	8,250	120506	38677	486,904	ppm		1	Benzene
2	12,452	21465	8579	80,628	ppm		2	Toluene
3	14,623	11534	6475	41,044	ppm		3	EthylBenzene
4	14,757	33282	15425	116,331	ppm		4	m,p-Xylene
5	15,186	8285	4097	28,953	ppm		5	o-Xylene
6	15,246	2112	1045	0,000		V		
Total		197184	74298					

Şekil 32 3. ölçüm noktasındaki btx analiz kromotogramı (1/2 seyreltme)

Analysis Date & Time : 28.09.2019 10:04:17

Sample Name : B-20092019-019 3 1/20

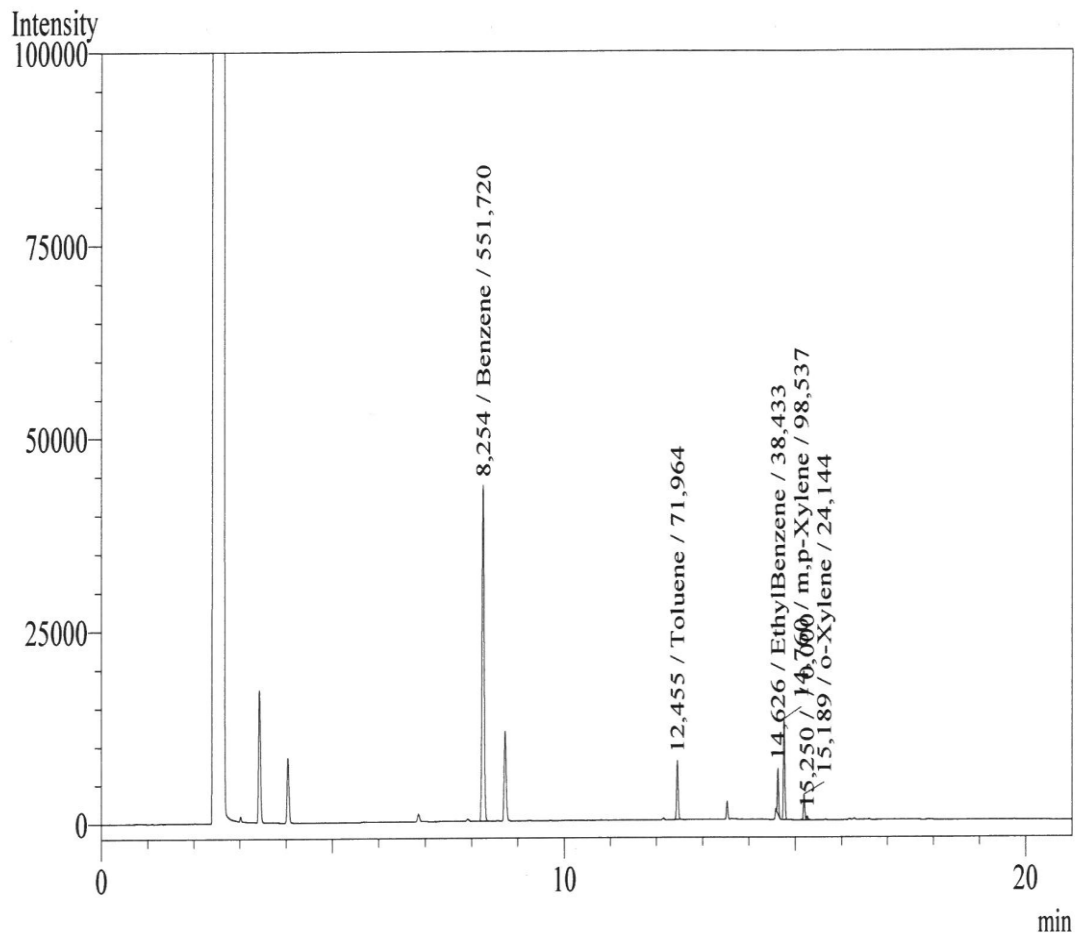


Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	ID#	Cmpd Name
1	8,246	12029	3854	48,717	ppm		1	Benzene
2	12,451	2164	850	8,369	ppm		2	Toluene
3	14,622	2022	756	7,510	ppm		3	EthylBenzene
4	14,756	3376	1574	12,609	ppm		4	m,p-Xylene
5	15,185	833	413	3,337	ppm		5	o-Xylene
6	15,248	177	79	0,000		V		
Total		20601	7526					

Şekil 33 3. ölçüm noktasındaki btex analiz kromotogramı (1/20 seyreltme)

Analysis Date & Time : 26.09.2019 23:15:05

Sample Name : B-20092019-019 4

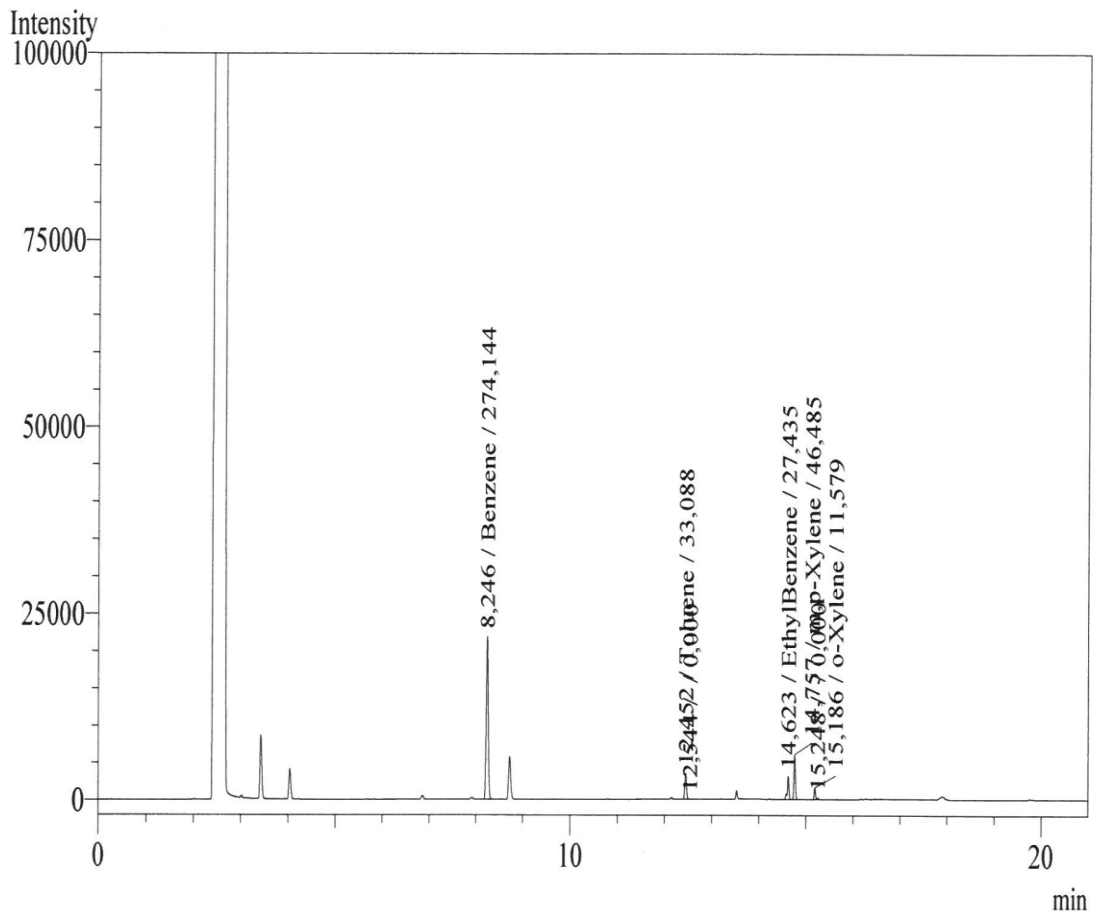


Peak#	Ret.Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	ID#	Cmpd Name
1	8,254	136551	43565	551,720	ppm		1	Benzene
2	12,455	19151	7623	71,964	ppm		2	Toluene
3	14,626	10794	5829	38,433	ppm		3	EthylBenzene
4	14,760	28152	13003	98,537	ppm		4	m,p-Xylene
5	15,189	6886	3319	24,144	ppm		5	o-Xylene
6	15,250	939	477	0,000		V		
Total		202473	73816					

Şekil 34 4. ölçüm noktasındaki btx analiz kromotogramı

Analysis Date & Time : 28.09.2019 10:35:15

Sample Name : B-20092019-019 4 1/2

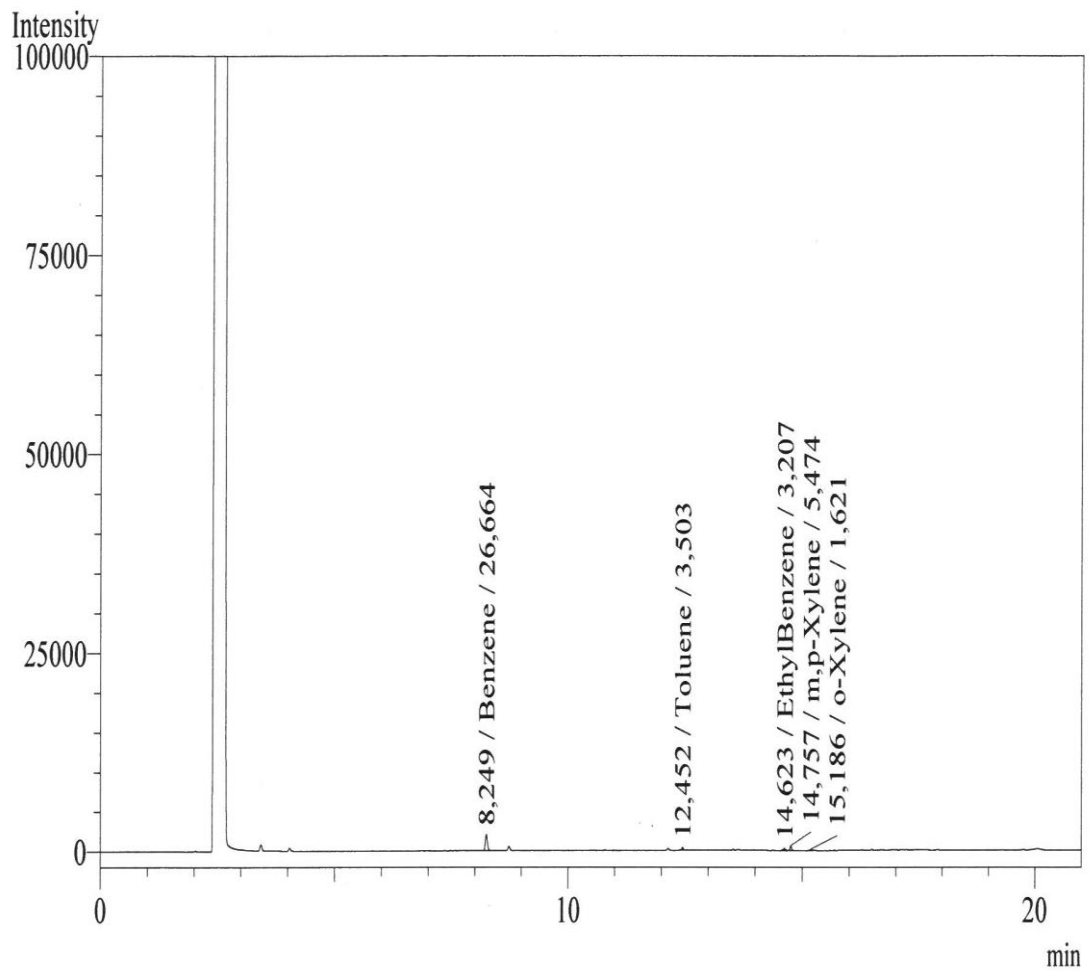


Peak#	Ret.Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	ID#	Cmpd Name
1	8,246	67835	21796	274,144	ppm		1	Benzene
2	12,452	8766	3496	33,088	ppm	S	2	Toluene
3	12,544	5	5	0,000		T		
4	14,623	7674	3104	27,435	ppm		3	EthylBenzene
5	14,757	13144	5980	46,485	ppm		4	m,p-Xylene
6	15,186	3231	1590	11,579	ppm		5	o-Xylene
7	15,248	452	224	0,000		V		
Total		101107	36195					

Şekil 35 4. ölçüm noktasındaki btex analiz kromotogramı (1/2 seyreltme)

Analysis Date & Time : 28.09.2019 11:06:07

Sample Name : B-20092019-019 4 1/20

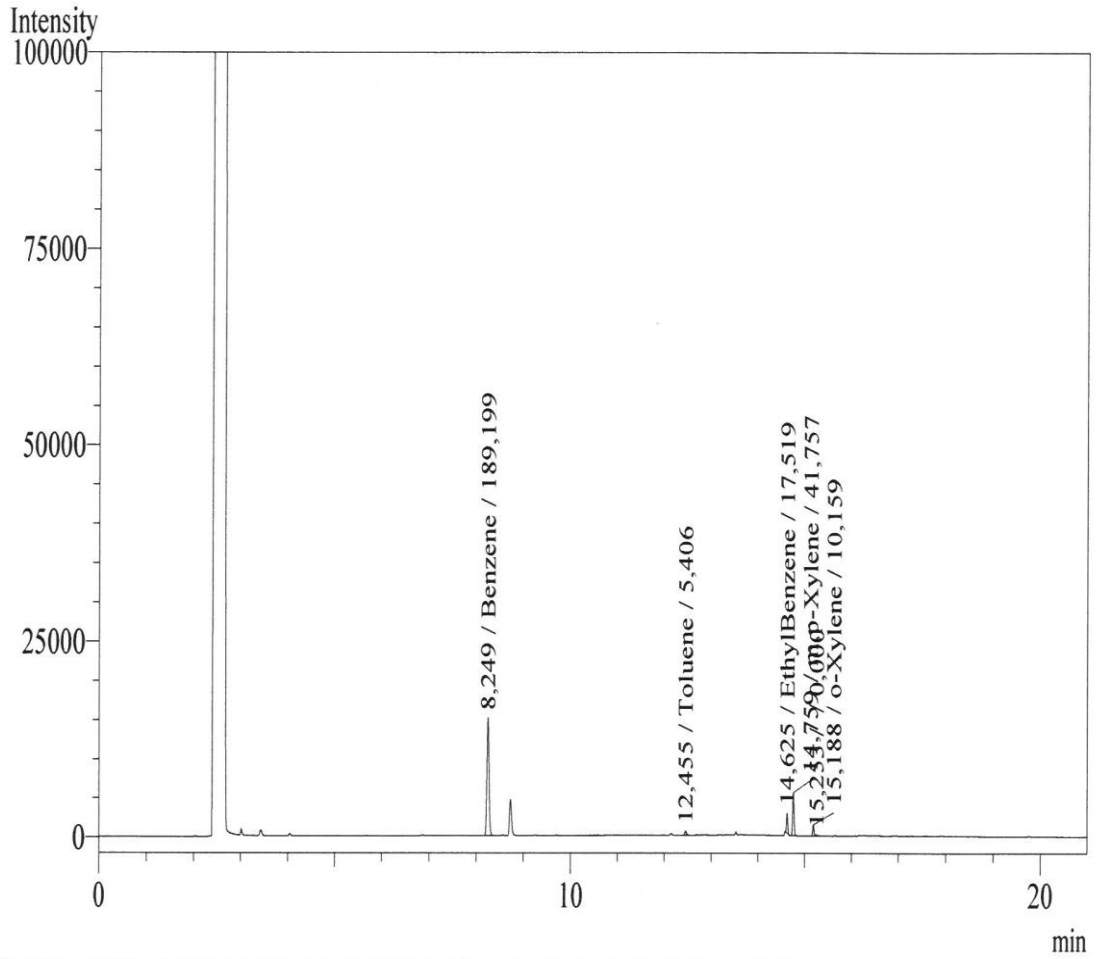


Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	ID#	Cmpd Name
1	8,249	6570	2074	26,664	ppm		1	Benzene
2	12,452	864	341	3,503	ppm		2	Toluene
3	14,623	801	307	3,207	ppm		3	EthylBenzene
4	14,757	1319	594	5,474	ppm	V	4	m,p-Xylene
5	15,186	334	157	1,621	ppm		5	o-Xylene
Total		9888	3473					

Şekil 36 4. ölçüm noktasındaki btex analiz kromotogramı (1/20 seyreltme)

Analysis Date & Time : 26.09.2019 23:45:32

Sample Name : B-20092019-019 5

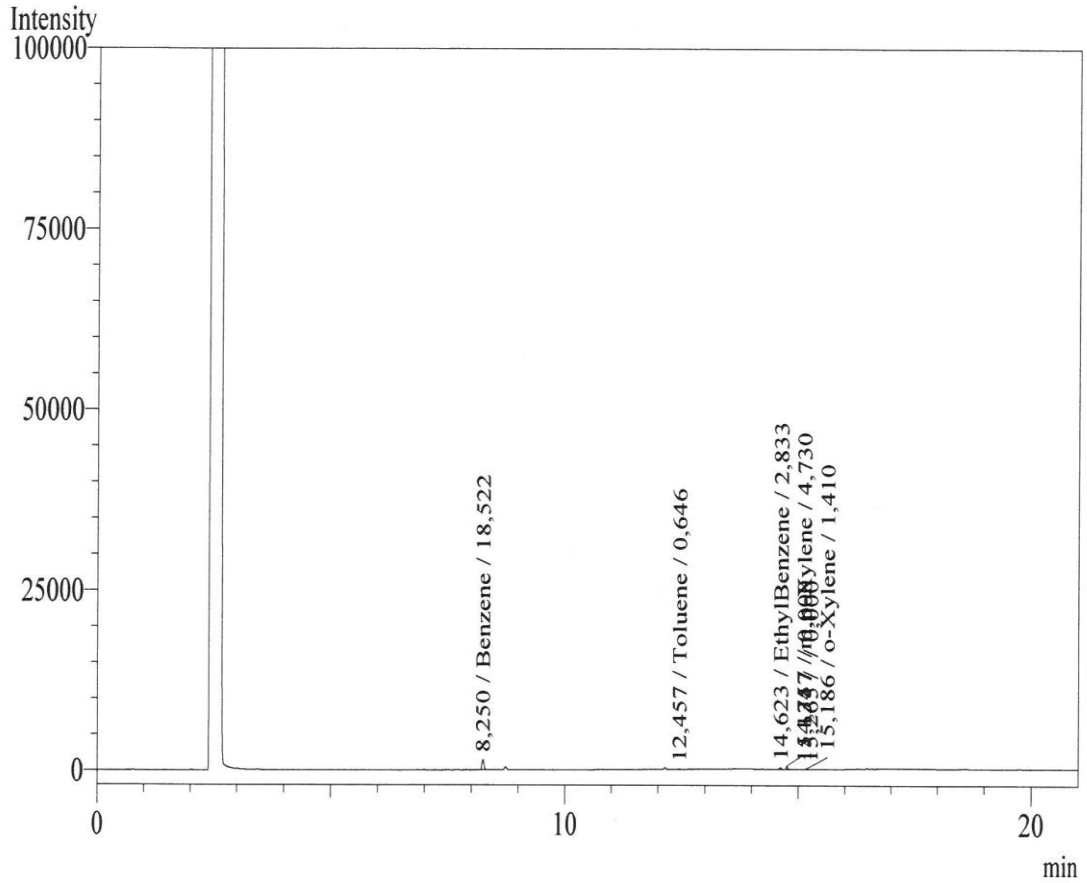


Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	ID#	Cmpd Name
1	8,249	46807	15000	189,199	ppm		1	Benzene
2	12,455	1372	531	5,406	ppm		2	Toluene
3	14,625	4861	2581	17,519	ppm		3	EthylBenzene
4	14,759	11780	5479	41,757	ppm		4	m,p-Xylene
5	15,188	2818	1410	10,159	ppm		5	o-Xylene
6	15,253	255	121	0,000		V		
Total		67893	25122					

Şekil 37 5. ölçüm noktasındaki btx analiz kromotogramı

Analysis Date & Time : 28.09.2019 11:36:55

Sample Name : B-20092019-019 5 1/10



Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	ID#	Cmpd Name
1	8,250	4554	1437	18,522	ppm		1	Benzene
2	12,457	101	41	0,646	ppm		2	Toluene
3	14,623	695	275	2,833	ppm		3	EthylBenzene
4	14,757	1104	502	4,730	ppm	V	4	m,p-Xylene
5	15,134	17	12	0,000				
6	15,186	272	135	1,410	ppm	V	5	o-Xylene
7	15,265	32	14	0,000		V		
Total		6775	2416					

Şekil 38 5. ölçüm noktasındaki btex analiz kromotogramı (1/10 seyreltme)

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Emre DALKILIÇ
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : KONYA 30.08.1995
Telefon : 0505 141 4994
Faks :
e-mail : emredalkilic95@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Erbil Kuru Lisesi	2013
Üniversite	: Selçuk Üniversitesi	2017
Yüksek Lisans	: Konya Teknik Üniversitesi	2019

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
---	---	---

UZMANLIK ALANI

Hava Kirliliği ve Kontrolü

YABANCI DİLLER

İngilizce

YAYINLAR

Dalkılıç C., & Dalkılıç E., (2018) Uluslararası Yeşil Başkentler Kongresi “Konya Hava Kalitesi Ve Eylem Planlarının Yansımaları” (Konya Hava Kalitesi Ve Eylem Planlarının Yansımaları.) 823-834

Dalkılıç, E., & Dursun, Ş. Baca Gazındaki Amonyanın Biyolojik Yöntemlerle Giderilmesine Genel Bir Bakış. Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi, 1(1), 8-13.

Dalkılıç, E., & Dursun, Ş. Konya Gürültü Kirliliği ve Eylem Planlarının Yorumlanması. Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 7(2), 38-51.

Dalkılıç E. Gunay Ü. & Dursun Ş., (2018) International Conference on Sustainable Agriculture and Engineering “The World and Turkey Waste Minimisation and Zero Waste Applying Project” (The World and Turkey Waste Minimisation and Zero Waste Applying Project) 352-359

Ayturan Z.C., Ayturan Y.A., Dalkılıç E. & Dursun Ş., (2019) International Symposium for Environmental Science and Engineering Research “Homemade Dip Coating Machine For Thin Films” 109-117

Dalkılıç E. & Dursun Ş., (2020) International Journal Of Environmental Pollution And Environmental Modelling “Detection Of Volatile Organic Compounds In Industrial Air” (1), IN PRESS

Dalkılıç E. & Dursun Ş., (2019) International Marmara Science And Social Science Congress “Detection Of Volatile Organic Compounds In Industrial Air” 436-442

