



# HVAC UYGULAMALARINDA KOKU ÖLÇÜM VE TUTMA YÖNTEMLERİNDEKİ SON GELİŞMELER

*Recent Developments In Odor Measurement And Control Methods In Hvac Applications*

**Süleyman KAVAS**

## ÖZET

Çevre kirliliği ve hava kalitesi günümüzde oldukça önemli hale gelen bir konu başlığı durumundadır. İklimlendirme sektöründe de birçok uygulamada koku büyük bir problem olarak tasarımcıların karşısına çıkmaktadır. Son zamanlarda artan yüksek katlı binalar ve bu binaların altında yer alan mutfakla sahip işletmeler koku probleminin en çok ortaya çıktığı alanlardır.

Birçok durumda bir endüstriyel mutfaktan dışarı atılan egzoz havasındaki kokunun veya temiz hava sağlayan bir klima santralinden mahale verilecek havadaki kokunun yok edilmesi istenebilmektedir. Dışarı atılan egzoz havasının çevre yönetmeliklerine göre istenen değerlerde olması gerekmektedir. Mahale verilecek hava ise mutlaka iç hava kalite şartlarını sağlamalıdır.

Çalışmada koku ve kaynakları, koku ölçüm yöntemleri ile konfor ve mutfak uygulamalarında karşılaşılan kokunun yok edilmesi için kullanılan yöntemler incelenmiş ve son gelişmeler açıklanmaya çalışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Koku, Koku tutma yöntemleri, Koku ölçüm yöntemleri.

## ABSTRACT

Environmental pollution and air quality is becoming an important topic nowadays. Odor is a major problem standing ahead of designers in many applications of air conditioning industry. High-rise buildings with increasing numbers recently and the stores with kitchens beneath these buildings are the areas where odor problems occur most.

In many cases, it may be desired to eliminate the odor in the exhaust air emitting from industrial kitchen or odor in the air that will be supplied from an air handling unit to the space. Exhaust air emitting to the environment should be at the required values according to environmental regulations. The air to be supplied to the space must meet the indoor air quality requirements.

In the paper, odor and its sources, odor measurement methods, methods used to control odor in comfort and kitchen applications were studied and recent developments were tried to be explained.

**Key Words:** Odor, Odor control methods, Odor measurement methods.

## 1. GİRİŞ

Günümüzde hızla artan şehirleşme ve çevre kirliliği hava kalitesini hiç olmadığı kadar önemli hale getirmiştir. Hem dış havanın hem de iç ortam havasının canlıların yaşamlarını sağlıklı bir şekilde devam ettirecek kalite ve özelliklerde olması gerekmektedir. Solunan havanın sıcaklık, nem, toz ve içerdiği yabancı madde miktarı vb. ile birlikte kokusu da önemli bir parametredir. Tüm kokular (hoş yada hoş olmayan) hava kalitesi ve dolayısıyla insan sağlığı üzerinde etkisi vardır. Bu yüzden mutlaka kontrol altında tutulmalıdır.

Kokunun en temel etkisi rahatsız edici olmasıdır. Kokuya sebep olan gaz karışımı çok düşük derişimlerde olsa dahi bu etki ortaya çıkabilir. Mide bulantısı, baş ağrısı, nefes almada zorluk gibi fiziksel etkilerin yanında sinirlilik, tikslenme, iğrenme gibi psikolojik etkilere de sebep olabilmektedir. HVAC uygulamalarını koku tutumu açısından üçe ayırabiliriz;

- Konfor Uygulaması
- Endüstriyel Uygulamalar
- Mutfak Uygulamaları

Konfor uygulamalarında genellikle iç ortama verilecek taze havanın kokudan arındırılması yapılmaktadır. Dış ortamın yoğun kirleticilere maruz kaldığı yüksek hava kirliliğinin olduğu bölgelerde ve koku çıkışının olduğu yerlerin yakınına konumlandırılmış taze hava cihazlarında mutlaka koku giderimi yapıldıktan sonra iç mahale taze hava verilmelidir.

Endüstriyel koku tutma uygulamaları çok farklı kaynaklardan çıkan kokunun yok edilmesini gerektirir. Gıda, ilaç, kimya, gübre vb. gibi endüstrilerdeki bir çok farklı proses sonucu ortaya farklı yapıda ve yoğunlukta koku içeren gazlar çıkmaktadır. Her kokulu gaz karışımı için farklı tutma yöntemleri uygulanmaktadır. Özellikle atık artıma tesisleri ve çöp depolama alanları endüstriyel koku tutma yöntemlerinin en önemli uygulama alanlarıdır.

Mutfak uygulamaları da (özellikle restoran ve yemek fabrikaları) endüstriyel uygulamalar altında değerlendirilmesine rağmen çok geniş bir alana hitap ettiği için ayrı bir başlık altında incelenmesi daha uygundur. Özellikle yüksek katlı binaların altında bulunan restoranlar ve AVM içerisindeki yeme-içme alanlarında meydana gelen kokuların yok edilmesi tesisat mühendisliği dalında yeni bir alan olarak ortaya çıkmaktadır.

## 2. KOKU ve ÖLÇÜMÜ

### 2.1 Koku Nedir?

Koku soluduğumuz hava içerisindeki kimyasal moleküllerin beynimizde yarattığı bir etkidir. Bu etki kimyasal moleküllerin çok küçük derişimlerinde dahi ortaya çıkmaktadır. Çoğu koku birçok kimyasal molekülün karışımından oluşmaktadır. Koku temelde iyi ve kötü olarak ikiye ayrılabilir. Ancak bu ayrımı yaparken mutlaka kokunun kişiden kişiye değişen öznel bir kavram olduğu akıldan çıkarılmamalıdır. Kokunun bu özelliğinden dolayı tespiti, ölçümü ve sınıflandırılması sorun olagelmıştır. Dış ortamdan alınan taze hava çoğu zaman kokusuz veya temiz kokulu olarak kabul edilirken tuvalet egzozları kötü kokulu olarak kabul edilir. Ancak mutfak davlumbazından çıkan havadaki koku kimisi için güzel olarak ifade edilirken kimisi için kabul edilemez olarak nitelendirilebilir.

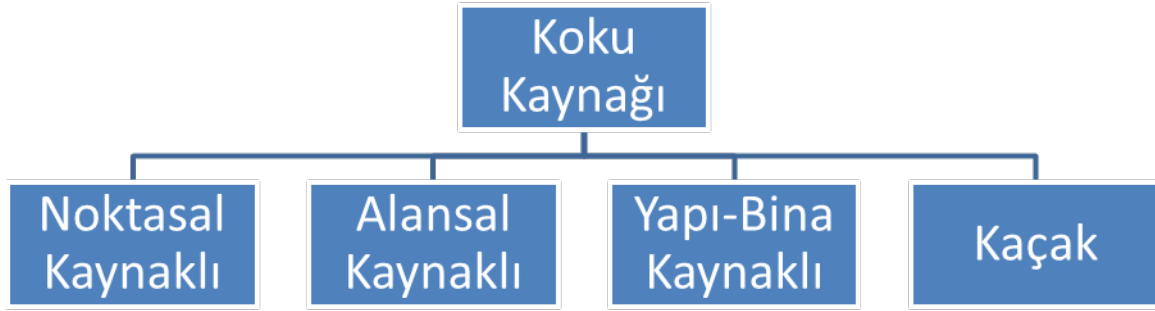
Kokunun ölçülebilen beş temel özelliğe bulunmaktadır: 1) yoğunluğu 2) rahatsız etme derecesi 3) karakteri 4) sıklığı ve 5) süresi. Bu özellikler kişinin kokuya karşı tutumunu belirlemektedir. Öte yandan kişinin kokuyu üreten kaynak ile olan önceki tecrübesi ve kokuya karşı olan hassasiyeti de kokuya karşı tutumunu etkilemektedir. Ayrıca sıcaklık, nem ve hava akımları da kokunun kişi üstündeki etkisini değiştirebilmektedir[1]. Koku konsantrasyonu ile koku yoğunluğunun algılanması arasında logaritmik bir ilişki bulunmaktadır. Koku konsantrasyonu büyük miktarda artarken koku algısı çok az miktarda artar. Kokunun sıklığı ve süresi de bireyin hızla farkındalığını kaybetmesine neden olur. Kişinin ilk

baştaki koku algısı zamanla düşer ve tepkisi azalır. İki veya daha çok koku karıştığında birbirlerinin etkisini ve rahatsız etme derecelerini yok edebilirler. Benzer şekilde ağır karakteristikteki koku hafif kokuya baskın gelerek algılanmasını engelleyebilir. Bu sayede farklı kokular karıştırılarak istenmeyen koku yok edilebilir [2].

## 2.2 Koku Kaynakları

Kokunun sayılamayacak kadar çok farklı kaynağı bulunmaktadır. Ancak temelde organik ve inorganik olarak ikiye ayrılabilir. İnorganik kaynaklı koku çoğunlukla endüstriyel prosesler sırasında ortaya çıkmaktadır. Çelik endüstrisi, boya, kimya ve ilaç fabrikaları bu tür kokuların sıklıkla rastlandığı alanlardır. Organik koku üreten kaynaklar hem endüstriyel proseslerde hem de ev uygulamalarında görülebilmektedir. Örnek olarak gıda işleme ve pişirme, insan ve diğer canlıların dışkıları ve vücut kokuları, tütün mamullerinin kokuları sayılabilir. Bir endüstriyel mutfakta pişirmeden, çöpten, bulaşık makinesinden, çürüyen veya bozulan gıdalardan ve sudan koku ortaya çıkıp ortama yayılabilir. Organik kaynaklı kokular inorganik kaynaklı kokulara göre daha yaygın ve rahatsız edicidir. Bu çalışmada daha çok organik kaynaklı kokular üzerinde durulacaktır.

Koku kaynaklarını yapısal olarak organik/inorganik şeklinde sınıflandırabileceğimiz gibi kaynağın durumuna veya çıkış yerine göre de sınıflandırabiliriz.



Şekil 1. Koku Kaynaklarının Sınıflandırılması [3].

Noktasal kaynaklar tek bir noktadan yayılan kokuları ifade etmektedir. Araba egzozları, bacalar vb. şeklinde örneklendirilebilir. Alansal kaynaklar noktasal kaynakların aksine sınırlandırılmamış alanlardan çevreye yayılan kokuları tarif etmek için kullanılmaktadır. Atık artıma tesisleri, çökeltme havuzları, katı atık bertaraf tesisleri, çöp depolama alanları bu sınıflandırmaya girmektedir. Yapı-bina kaynaklı kokular ise işletilen binalardan yayılan kokulardır. Hayvan barınakları, gıda ve gübre depoları bu alana girmektedir. Son olarak kaçak tarif edilen kaynaklar filtrelerden olan kaçakları veya bir koku kaynağından gerçekleşen sızıntıları ifade etmek amacıyla kullanılmaktadır.

## 2.3 Kokunun Nedenleri

Koku başlıca bozulma, çürüme, yanma gibi kimyasal prosesler sonucu ortaya çıkmaktadır. Organik bileşiklerin mikrobiyal ayrışması sonucu ortaya çıkan hidrojen sülfür ve diğer bileşikler kokuya sebep olan en önemli maddelerdir. Ayrıca amonyak ve benzeri azot bileşikleri de aynı şekilde koku kaynakları arasındadır. Fenoller, hidrokarbonlar ve merkaptanlar da koku kaynağı olarak sıralanabilir [2]. Bunlardan başka ozon ( $O_3$ ), asetik asit ( $CH_3COOH$ ), formaldehit ( $CH_2O$ ), klor ( $Cl_2$ ), aseton ( $C_3H_6O$ ), sülfürdioksit ( $SO_2$ ) ve uçucu organik bileşikler gibi birçok organik ve inorganik madde koku kaynağı olarak bilinmektedir.

Hidrojen sülfür ( $H_2S$ ) havadan ağır, renksiz ve çürük yumurta kokusundaki bir moleküldür. Baskın bir kokuya sahip olup oldukça rahatsız edici etkisi vardır. Çoğu insan tarafından hacimce 1 ppm'in altındaki değerlerde algılanabilir. Ancak bu gazın kokusu aldaticidir. 6 ppm'in üstündeki değerlerde

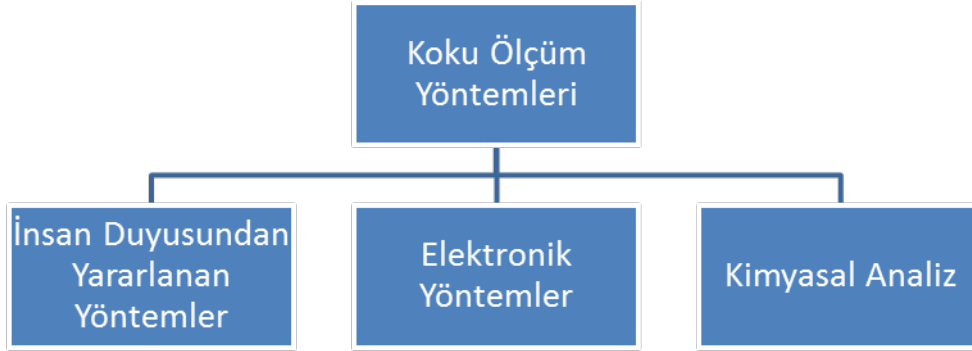
H<sub>2</sub>S derişimi önemli miktarda arttırılsa dahi koku etkisi az miktarda artmaktadır. Daha yüksek derişimlerde çok hızlı bir şekilde koku alma duyusu üzerinde etki eder ve hissedilmesi zorlaşır [3].

Amonyak (NH<sub>3</sub>) havadan hafif, renksiz ve tahriş edici etkiye sahip bir gazdır. İdrar en önemli amonyak kaynağıdır, bu yüzden en çok tuvaletlerde görülmektedir. 5 ppm'in altındaki değerlerde hissedilebilir keskin bir kokuya sahiptir. 2500 ppm'in üstündeki değerlerde ölümcül olabilir [3].

### 3. KOKU ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ

Kokunun göreceli bir kavram olması ölçülmesini ve herkes için kabul edilebilir bir şekilde ifade edilmesini güçleştirmektedir. Ölçülmesindeki diğer bir zorluk ise alınan numune içinde çoğu zaman birden çok kokulu bileşimin olmasıdır. Farklı koku kaynaklarının bir arada olması ve çevresel faktörler de koku ölçümünü etkileyen etkenlerdir. Kokular, kokunun yoğunluğu ve rahatsız etme derecesi belirlenerek ölçülmekte ve değerlendirilmektedir. Rahatsız etme derecesi kokunun tanımlanması veya bilinen bir kokuya benzerliğine göre yapılmaktadır.

Kokuların ölçülmesi için zaman içinde birçok farklı yöntem geliştirilmiştir. Genel olarak kimyasal analiz, elektronik yöntemler ve insan duyusundan yararlanan yöntemler ile ölçüm yapılabilmektedir [4].



Şekil 1. Koku Ölçüm Yöntemleri.

#### 3.1 İnsan Duyusundan Yararlanan Yöntemler

Bu tür yöntemlerde kokudan alınan numune temel olarak insanlar tarafından koklanır ve kokunun rahatsız etme derecesi belirlenir. Bu yöntemlerde insan burnu sensör olarak kullanılır. Yöntem kişilere bağlı olduğu için birden çok kişi tarafından koku numuneleri koklanır ve sonuçlar belirlenir. İnsan duyusundan yararlanan yöntemler olfaktometre, sentometre ve basit duyuşal ölçüm yöntemleridir [5].

Bu yöntemler genel olarak aşağıdaki adımlardan oluşur;

1. Numunenin alınması
2. Numunenin seyreltilmesi
3. Seyreltilmiş numunenin panelistlere verilmesi
4. Panelistlerin kokulu numuneyi değerlendirmesi
5. Cevapların toplanıp yorumlanması ve sonucun raporlanması

##### 3.1.1 Basit Duyusal Ölçüm Yöntemi

Basit duyuşal yöntemde koku numuneleri alındıktan sonra panelistlere koklatılır ve kokunun durumu hakkında panelistlerden "Koku alınamıyor.", "Koku hafifçe alınabiliyor." ya da "Koku yoğun olarak

alınabiliyor.” gibi cevaplar verilmesi istenir [6]. Koku yoğunluğu yukarıdaki gibi tarif edilebileceği gibi 0-10 aralığında bir skala üzerinden de belirtilebilir [3]. Bu şekilde kokunun yoğunluğu hakkında bir karara varmak mümkündür.

Basit duyuşsal ölçümün en büyük avantajı hızlı ve ucuz bir yöntem olmasıdır. Ancak bu yöntemle tekrar edilebilir ölçümler elde etmek pek mümkün değildir. Ayrıca sayısal değerler elde edilemez, sadece koku var ya da yok gibi tanımlamalar yapılabilir [7]. Oldukça sübjektif olup, ön değerlendirme amacıyla kullanılmalıdır.

### 3.1.2 Olfaktometre

Olfaktometre koku ölçüm cihazı anlamına gelmektedir. İnsan duyuşuna dayalı olup en çok kullanılan yöntemdir [8]. Bu yöntem temelde kokunun insan üzerindeki etkisinin laboratuvar şartlarında gözlemlemeye dayanmaktadır. Oldukça pratik bir yöntem olmakla birlikte etkin ve güvenilir sonuçlar verir. Basit duyuşsal ölçüm yönteminin en büyük dezavantajı olan sübjektiflik bu yöntemle giderilmiştir. Olfaktometre literatürde objektif koku ölçüm yöntemi olarak değerlendirilmektedir. Hızlı bir şekilde sonuca ulaşılabilir ve ucuz bir yöntemdir. Olfaktometrenin en önemli dezavantajı sonuçların panelistlerin seçimine bağlı olmasıdır. Farklı panelistlerden farklı sonuçlar elde edilebilir. Bu dezavantaj fazla sayıda panelist kullanılarak giderilebilir. Diğer bir dezavantaj ise seyreltme faktörüdür [7].

Bu yöntemde eşik konsantrasyonu üzerindeki değere sahip numune gaz ilk önce nötr kokusuz gaz (azot veya filtre edilmiş hava) ile seyreltilir. Bu işlemin ardından numuneler panelistlere koklatılır. Panelistlere farklı seyreltme oranlarındaki numuneler eş zamanlı olarak gönderilir ve kokuyu duyuş duymadıklarını belirtmeleri istenir. Düşük seyreltme oranlarından başlanır ve büyük değerlere doğru sırayla gidilir. Diğer bir deyişle oldukça seyreltilmiş kokulu hava ile başlanıp kokulu hava miktarı artırılarak her bir panelistin kokuyu algıladığı eşik değer bulunur. Farklı seyreltme faktörlerinde panelistlerin verdikleri evet ve hayır cevaplarının ayrı ayrı logaritmaları alınır. Tüm panelistlerin cevaplarının logaritmik değerlerinin ortalaması alındıktan sonra bu değer ters logaritması  $KB/m^3$  cinsinden koku konsantrasyonunu verir [9].

Olfaktometre ile ölçüm yapılırken seyreltme oranı eşitlik (1) ile bulunur.

$$Z = \frac{V_d + V_0}{V_0} \quad (1)$$

Bu eşitlikte Z seyreltme faktörünü,  $V_d$  kokusuz havanın hacimsel debisini,  $V_0$  ise kokulu havanın hacimsel debisini ifade etmektedir.[10] Seyreltme faktörünün çarpmaya göre tersi seyreltme oranını verir.

$$\text{Seyreltme Oranı} = \frac{1}{Z} \quad (2)$$

Olfaktometre ile gerçekleştirilebilen maksimum seyreltme faktörü 64000'dir [8].

### 3.1.3 Skentometre

Olfaktometre ile benzer özellikte ve yapıda olan bu cihaz saha veya alan olfaktometresi olarak da adlandırılmaktadır. Taşınabilir özellikte olup pratik bir şekilde ölçüm yapılmasını mümkün kılar. Bu yöntemde panelist ölçüm sahasında kokuya maruz kaldığı için kokuyu ölçümden önce tahmin edebilir veya kokuya karşı bağışıklık kazanabilir. Ayrıca tek bir panelist tarafından analiz edildiği için sonuçların doğrulanması güçtür. Şu an birden fazla panelistin aynı anda analiz yapabileceği skentometreler geliştirilmeye çalışılmaktadır [11].

Skentometrede seyreltme oranı eşitlik (3) ile verilmektedir. Bu eşitlikte Z seyreltme faktörünü,  $V_c$  aktif karbon filtreden geçirilmiş havanın hacimsel debisini,  $V_o$  ise kokulu havanın hacimsel debisini ifade etmektedir [5].

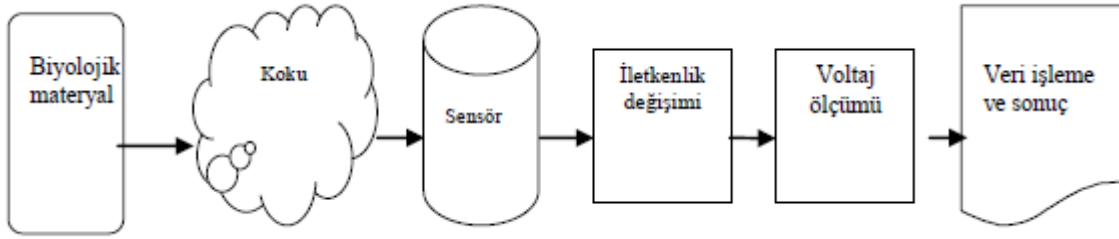
$$Z = \frac{V_c}{V_o} \quad (3)$$

### 3.2 Elektronik Yöntemler

Elektronik burun olarak tarif edilen bu cihazlar insan burnu gibi çalışarak kokuları sensörler aracılığıyla tanırlar. İnsan burnu tüm gaz karışımını tek bir koku olarak algılamakta elektronik burunlarda her koku için farklı sensörler kullanılır ve gaz karışımının koku analizi yapılabilir. Yaygın olarak kullanılan sensör tipleri aşağıdaki gibidir [12].

- Metal-oksit yarı iletkenler
- İletken polimerler
- İletken oligomerler

Diğer sensörlerde olduğu gibi bu sensörlerde de duyarlı oldukları etkene maruz kaldıklarında sensörlerin iletkenlikleri değişir ve gerilim farkı oluşur. Koku bu sensörler için gerilim farkını oluşturur ve bu gerilim farkına göre kokunun özellikleri ve şiddeti hakkında karara varılır. Ancak bu yöntemlerle koku hakkında iyi veya kötü şeklinde yorum yapılamaz.



Şekil 2. Elektronik Burun Çalışma Prensipleri [12].

Sensörler ile elektronik koku algılama yöntemleri genelde GC (gaz kromatografisi) ve MS (kütle spektrometresi) gibi yöntemlerden daha kolay ve pratik oldukları için tercih edilmektedirler [12]. Üretim alanlarında kullanılan gazların kontrolü ve gaz sızıntılarının tespitinde, baca gazlarının tespiti ve kontrolünde, zehirleyici tarım ilaçlarının kontrolü ve sağlık sektöründe kullanılan gazların tespitinde elektronik burunlardan faydalanılmaktadır. Ayrıca birçok gıda maddesinin raf ömürlerinin tespitinde de bu sensörler kullanılmaya başlanmıştır [13].

Bu yöntemlerle hızlı ve sürekli koku ölçümü yapılabilir ve hassasiyetleri oldukça yüksektir. Öte yandan sensörlerin bakımı ve kalibrasyonu yapılmadığında hatalı ölçüm gerçekleştirilebilir. Kullanılan sensörlerin mutlaka neme karşı korunması gerekir.

### 3.3 Kimyasal Analiz Yöntemleri

Kimyasal analizler için kullanılan gaz kromatografisi (GC) ve kütle spektrometresi (MS) koku analizleri için de kullanılmaktadır. Gaz kromatografisi, bir karışımda gaz halinde bulunan veya kolayca gaz haline geçebilen bileşenlerin ayrılmasında ve belirlenmesinde kullanılan yöntemdir. Bu yöntemde gaz karışımının içeriği kesin bir şekilde bulunabilir. Kütle spektrometresi ise her bir bileşenin yapısal olarak tanımlanmasını sağlar. Bu iki yöntem koku yoğunluğu, karakteristiği ve rahatsız etme derecesi hakkında bilgi vermez.

Kimyasal analiz yöntemleri ile sonuca ulaşmak için gaz kromatografisinin ölçüm aralığında bileşen derişimine sahip gaz numunelerinin olması gerekmektedir. Genelde kokuya sebep olan uçucu organik bileşikler (VOC) bu değerlerin altındadır. Bu yüzden VOC'lerin farklı yöntemlerle konsantre hale getirildikten sonra analizleri gerçekleştirilmelidir [4-6]. GC ve MS cihazları pahalı cihazlar oldukları için analizler de diğer yöntemlere göre maliyetli olmaktadır. Ayrıca analizler göreceli olarak uzun zaman alır.

Kütle spektrometresine dayalı birçok farklı yöntem de koku analizler için kullanılmaktadır. Membran Inlet MS (MIMS), Seçilmiş İyon Akış Tüpü MS(SIFT-MS), Proton-Transfer-Reaksiyon MS (PTR-MS) gibi yöntemlerden özellikle tarım sektöründe görülen kokuların analizlerinde faydalanılmaktadır [14].

#### 4- KOKU TUTMA YÖNTEMLERİ

Koku tutma amacıyla birçok farklı yöntem geliştirilmiştir. Koku kaynağının durumuna göre bu yöntemlerden biri veya birkaçı kullanılarak koku giderimi veya yok edilmesi gerçekleştirilmektedir. Adsorpsiyon, absorpsiyon, yakma, koku maskeleyme, ozonlama gibi yöntemler literatürde mevcuttur. Yakma ve koku maskeleyme bu çalışmanın ilgi alanına girmediği için burada değinilmemiştir.

##### 4.1 Aktif Karbon Filtreler

İklimlendirme uygulamalarında koku tutmak için en yaygın kullanılan yöntem adsorpsiyon yöntemi ile çalışan aktif karbon filtrelerdir. Adsorpsiyon gaz molekülleri ile katı yüzey arasında gerçekleşen dinamik bir süreçtir. Bu filtreler adsorpsiyon etkisiyle koku moleküllerini karbon partikülleri üzerinde tutar. Yüzey üzerinde tutunan gaz molekülleri bir süre burada durduktan sonra tekrar hava akımına kapılarak yüzeyden ayrılır. Doyma noktasına kadar süreç bu şekilde işler. Doyma noktasına geldiğinde ise artık sorbent daha fazla yüzeyinde gaz tutamaz. Bu noktada filtrelerin bakımları yapılmalı veya filtreler değiştirilmelidir [1].

Benzer yöntemle koku tutmak amacıyla killer, doğal ve sentetik zeolitler, aktif alüminyum oksitler ve çeşitli polimerler de kullanılmaktadır. Sorbentlerin üretimi esnasında çeşitli kimyasal katkı maddeleri eklenerek farklı kokuları tutmak mümkündür. Aktif alüminyum oksitler üzerine yedirilmiş potasyum permanganat ve aktif karbon üzerine yedirilmiş asidik ve bazik bileşikler en yaygın kullanılan filtre malzemeleridir [15].

Kontakt süreleri genelde 0,1 ile 0,3 saniye civarındadır. Bu süreler kokunun yoğunluğuna göre 1-3 saniyeye kadar çıkabilir. Filtrelerin üzerinden ortalama hava akış hızı 0,1-0,6 m/s aralığında olmalıdır. Yüksek soğurma özelliği olmayan filtreler için bu değerler kesinlikle aşılmamalıdır. Aktif karbon filtrelerin 40- 50 °C ve %75 bağıl nem değerlerinin üstünde kullanımı uygun değildir.

Aktif karbon filtrelerin önünde hava akımıyla gelen tozları vb. partikülleri tutmak için bir ön filtre kullanılmalıdır. Özellikle mutfak uygulamalarında davlumbazdan gelen yağlı dumanın önce yağdan arındırılması ve ardından aktif karbon filtrelere ulaşması çok önemlidir. Bu sayede karbon yüzeyin dolması için geçen süre artar ve filtre ömrü uzamış olur.

##### 4.2 Ozonlama

Ozon oldukça kararsız ve kimyasal olarak reaksiyona girmeye istekli bir moleküldür. 0,01 ile 0,05 ppm aralığındaki derişimlerde taze hava kokusundadır. Daha yüksek derişimlerde "elektrik ateşi" kokusu verir [3]. Yüksek nem ve 35-40 °C'nin üstündeki sıcaklıklarda çok kısa süre içinde bozunur ve oksijene dönüşür.

Ozon ( $O_3$ ) karşılaştığı molekülleri en küçük ve basit moleküllere indirgeyene kadar parçalayarak çalışır. Ozon ile reaksiyona giren gazlardan reaksiyon sonucu  $CO_2$ ,  $N_2$ ,  $H_2O$  ve  $O_2$  gibi kokusuz gazlar ortaya çıkar.

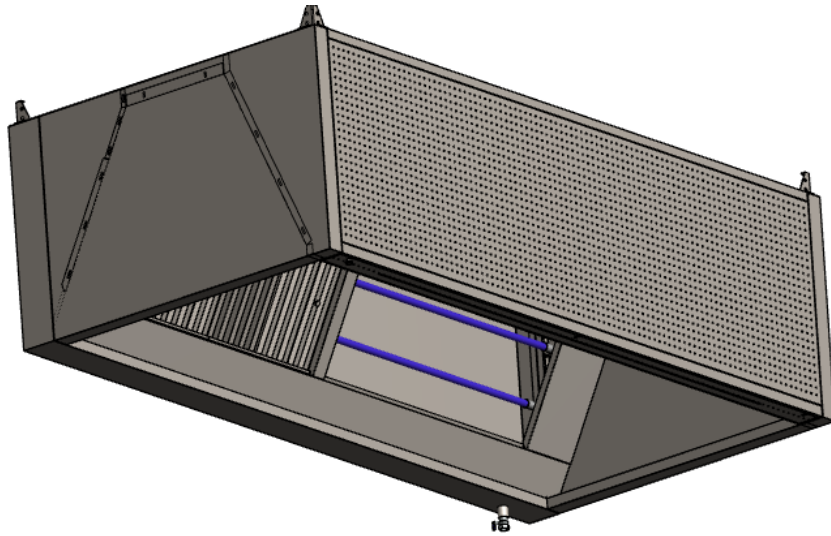
Ozon üç farklı yöntemle üretilebilmektedir; elektroliz, elektrik deşarjı ve UV ışınları [16]. Bu sistemlerin çalışabilmesi için ortamda mutlaka oksijen bulunmalıdır. Eksik oksijen ozon üretim performansını düşürerek sistemin istenen değerleri sağlamasını engellemektedir.

Pratikte yukarıda bahsedilen yöntemleri kullanarak ozon üreten sistemler şu şekildedir;

- Ozon jeneratörleri (Plazma teknolojisi)
- UV lambalar
- Elektrostatik filtreler

Ozon jeneratörleri ve elektrostatik filtreler elektrik deşarjı ile UV lambalar ise UV ışını ile ozon üretimi yapmaktadır. UV lamba ve elektrostatik filtreler ile büyük kapasiteli ozon üretim yapmak mümkün değildir [16]. Büyük miktarda ozon üretimi için mutlaka ozon jeneratörleri kullanılmadır.

Ozon özellikle mutfak uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Davlumbaz içinde UV lamba veya davlumbaz üstünde ozon jeneratörü kullanılarak koku giderimi yapılabilmektedir. UV lambalar genellikle davlumbaz içine metal filtrelerin arkasına yerleştirilerek kullanılır. Ozon jeneratörü ise davlumbaz üzerine yerleştirilir ve ürettiği ozon davlumbazın çıkışındaki kanala verilir.



**Şekil 3.** Davlumbaz içinde UV lamba uygulaması

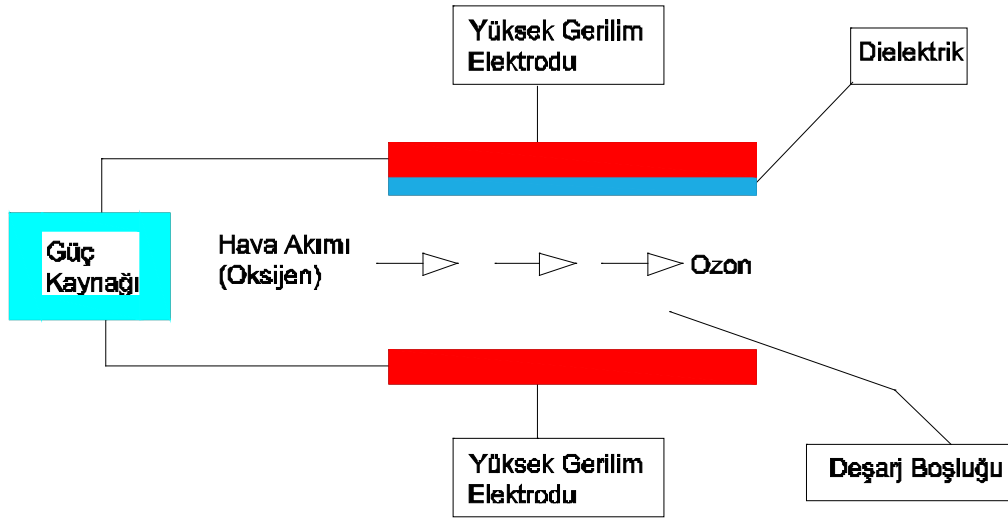
Ozonun etki edebilmesi için hava ile temas süresi kokulu gazın yoğunluğu ve yapısıyla orantılı olarak 20 saniyeye kadar çıkabilir. Kanal tesisatı mutlaka bu süreler göz önüne bulundurularak tasarlanmalıdır [1]. Sistemde oluşacak fazla ozonun yok edilmesi için ayrıca önlemler alınmalıdır. Uzun süre ozona maruz kalan canlılarda ozon, zehirleyici etki yapabilir ve solunum zorluğuna neden olabilir. Eğer egzoz ağzında fazla ozon atımı varsa baca çıkışı doğrudan atmosfere yönlendirilebilir veya egzoz çıkışına ısıtıcı koyarak ozonun yüksek sıcaklıkta hızlı bir şekilde oksijene dönüşümünü sağlanabilir.

UV lamba davlumbaz içindeki kullanımından başka mutfak aspiratörlerinde ve klima santrallerinde de kullanılmaktadır. Davlumbaz ve mutfak aspiratörlerinde 187 nm dalga boyunda UV-C tipi ışın ve ozon üreten UV lambalar kullanılmaktadır. Klima santrallerinin taze hava tarafında ise ozon üretmeyen 253.7 nm dalga boyunda UV lambalar yeterli olup, sadece zararlı mikroorganizmalar yok edilmektedir.



Ozon üretmek amacıyla kullanılan bir diğer yöntem plazma teknolojisidir. Koku tutumunda kullanılan plazmaya soğuk plazma veya ısıl olmayan plazma denmektedir. Plazma ile hem ozon üretilir hem de yüksek gerilim nedeniyle hava akımı içindeki tüm canlı organizmaların ölmesi sağlanır. Soğuk plazmaya dayanan teknolojiler serbest radikallerin üretilmesinde, moleküler ayrışmanın ve oksidasyonun artırılmasında oldukça etkilidir. Plazmada oluşan plazmakimyasal reaksiyonlar ile ozon üretimi ve hava akımında yer alan kirleticilerin yok edilmesi mümkündür [17]. Corona deşarjı, sessiz deşarj, dielektrik bariyer deşarjı, yüzey deşarjı gibi farklı soğuk plazma yöntemleri bulunmaktadır [18].

1 gr/h'den – onlarca kilogram/h mertebelerine kadar farklı kapasitelerde ozon jeneratörleri üretilebilmektedir [17]. Ozon jeneratörleri hem endüstriyel mutfaklarda (1-4 gr/h kapasitelerde) hem de atık artıma tesislerinde (10- 1000gr/h kapasitelerde) yaygın olarak kullanılmaktadır.



Şekil 4. Plazma Teknolojisi İle Ozon Üretimi [16].

Elektrostatik filtreler esas olarak yağ ve toz tutumu için kullanılmaktadır. Mutfak uygulamalarında ise davlumbazdan gelen havadaki yağı filtrelemek amacıyla aspiratör içinde tercih edilmektedir. Çoğunlukla sistemde elektrostatik filtrenin arkasında koku tutmak amacıyla aktif karbon filtreler de kullanılır. Elektrostatik filtrenin üzerinde oluşan yüksek voltaj sayesinde corona etkisiyle ozon ortaya çıkar. Ancak bu üretilen ozon düşük miktardadır ve yan ürün olarak değerlendirilmelidir. Çoğunlukla üretilen ozon sistemde kullanılan aktif karbon filtreler tarafından tutulur. Eğer yüksek miktarda ozon üretilmek istenirse elektrostatik filtrenin adeti ve voltajı artırılmalıdır.

### 4.3 Sulu Yıkama Sistemleri

Sulu yıkama sistemleri ile hava içerisinde gelen kokulu gazlar, CO<sub>2</sub>, toz, kül, kurum, bakteri vb. birçok parçacık tutulabilmektedir. Bu sistemin temeli hava akımı içinde gelen gazların su içerisinde çözünmesi teorisine dayanmaktadır. Örnek olarak su içinde çözünebilir amonyağın yaklaşık %40'ı sulu yıkama sistemleri ile yok edilebilmektedir [5]. Ancak suda çözünmeyen veya çok küçük boyuttaki partiküllerin ve koku moleküllerinin bu sistemle tutulması mümkün değildir.

Bu sistemler ayrıca endüstriyel mutfaklarda davlumbazlardan gelen sıcak havanın suyla soğutulması amacıyla da kullanılmaktadır.

## SONUÇ

Günümüzde Tablo 1’de verilen başlıca koku ölçüm yöntemlerinin haricinde de Bölüm 3.3’de belirtildiği gibi birçok yöntem bulunmaktadır. İncelenen yöntemlerden GC/MS ve elektronik burunlar ile sadece gaz karışımı içindeki kokuya neden olan moleküllerin tespiti ve derişimi belirlenebilir. Ancak bu yöntemler kokunun rahatsız etme derecesi ve iyi-kötü veya hoş-nahoş gibi değerlendirilmeleri için uygun değildir. Bu değerlendirmenin yapılabileceği yöntemler basit duyuşal ölçüm ve olfaktometredir. Basit duyuşal ölçüm yönteminin öznel olmasından dolayı kullanımı çok güvenilir değildir. Bu yüzden olfaktometre şu an en yaygın koku ölçüm yöntemi olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak yakın zamanda yapay zeka yöntemlerinin gelişmesi ve daha teknolojik sensörlerle birlikte elektronik burunların kokuları daha hızlı ve doğru bir şekilde tanımaları ve değerlendirmeleri mümkün olacaktır.

**Tablo 1.** Koku Ölçüm Yöntemlerinin Karşılaştırılması.

Yöntem	Ölçüm Hızı	Sonuçlar	Sonuçların Nesnelliği	Tekrar Edilebilirlik	Maliyet	Not
Basit Duyusal Ölçüm Yöntemi	Hızlı sonuç alınır.	Kaba	Öznel	Tekrar edilebilir ölçümler mümkün değildir.	Ucuz	Sayısal değer elde etmek zordur.
Olfaktometre	Sonucun çıkması zaman alır.	Orta	Nesnel	Tekrar edilebilir ölçümler mümkündür.	Orta	Panelist seçimi çok önemlidir.
GC/MS	Sonucun çıkması zaman alır.	Hassas	Nesnel	Tekrar edilebilir ölçümler mümkündür.	Pahalı	
Elektronik Burun	Hızlı sonuç alınır.	Hassas	Nesnel	Tekrar edilebilir ölçümler mümkündür.	Pahalı	Her koku için ayrı sensör kullanılmalıdır.

Her proses ve uygulama için farklı filtreleme ve koku tutma yöntemi kullanılmalıdır. Tutma yöntemi seçilirken maliyet ve performansla birlikte koku miktarının filtreleme sonucunda hangi seviyelere düşürülmesi gerektiği de göz önünde bulundurulmalıdır. Bu değerlendirmeye yardımcı olması amacıyla Tablo 2’de koku tutma yöntemlerinin karşılaştırması yapılmıştır.

**Tablo 2.** Koku Tutma Yöntemlerinin Karşılaştırılması.

Yöntem	Koku Tutma Kabiliyeti	Basınç Kaybı	Maliyet	Not
Aktif Karbon Filtreler	Yüksek	Yüksek	Orta	İlk yatırım maliyeti düşük, işletme maliyeti yüksek.
UV Lamba	Yüksek	Düşük	Yüksek	Kullanım ömrü 10.000-12.000 saat aralığındadır.
Ozon Jeneratörü	Yüksek	Düşük	Yüksek	Belirli bir ömürleri yoktur. Çok uzun süreler kullanılabilir.
Elektrostatik Filtre	Düşük	Düşük	Yüksek	Birincil amacı koku tutumu değildir.
Sulu Yıkama	Düşük	Yüksek	Orta	Koku tutumu için diğer yöntemlerle birlikte kullanılmalıdır.

Tablo 3’de ise bazı prosesler için örnek filtreleme çözümleri verilmiştir. Tablo 3, optimum performans ve yatırım maliyetleri dikkate alınarak oluşturulmuştur. Farklı yöntemlerle de benzer sonuçlar alınabileceği unutulmamalıdır. Koku filtreleme sistemlerinin bakımları çalışma performansını doğrudan etkilemektedir. Bu yüzden bakımı yapılmayan veya yanlış yapılan filtrelerin verimleri istenen değerlere hiçbir zaman ulaşamayacaktır.

**Tablo 3** Farklı Seviye Koku Kontrolü İçin Önerilen Filtreleme Yöntemleri.

Koku Seviyesi	Örnek Filtreleme	Not	Örnek Uygulama
Düşük Seviye Koku Kontrolü	Hassas filtreleme + aktif karbon filtre	Karbon filtrelerde ortalama 0,1 s kontak süresi olmalıdır.	Atmosferden alınan havanın iç mahale verildiği taze hava santralleri
Orta Seviye Koku Kontrolü	Elektrostatik filtre veya hassas filtreleme + aktif karbon filtre	Karbon filtrelerde ortalama 0,2 s kontak süresi olmalıdır.	Elektrikli veya gazlı pişirme olan mutfakların egzozları
Yüksek Seviye Koku Kontrolü	Elektrostatik filtre veya hassas filtreleme + aktif karbon filtre + ozonlama	Karbon filtrelerde ortalama 0,4s kontak süresi olmalıdır.	Yoğun pişirmenin olduğu endüstriyel mutfaklar, arıtma tesisleri
Çok Yüksek Seviye Koku Kontrolü	Sulu yıkama + Elektrostatik filtre veya hassas filtreleme + aktif karbon filtre + ozonlama	Karbon filtrelerde ortalama 0,8s kontak süresi olmalıdır.	Kömürlü ızgara, kebab pişirme olan mutfakların egzozları

## KAYNAKLAR

- [1] Guidance on the Control of Odour and Noise from Commercial Kitchen Exhaust Systems, English Department for Environment, Food and Rural Affairs, Ocak 2005
- [2] Guidelines On Odour Pollution & Its Control, Central Pollution Control Board, Ministry of Environment & Forests, Govt. of India, Mayıs 2008
- [3] JACOBSON, Larry D., Generic Environmental Impact Statement on Animal Agriculture: A Summary of the Literature Related to Air Quality and Odor (H), Eylül 1999
- [4] BREWER, M. S., CADWALLADER, K. R., Overview of Odor Measurement Techniques,
- [5] CHAPIN, A., BOULIND, C., Controlling Odor and Gaseous Emission Problems from Industrial Swine Facilities, Yale Environmental Protection Clinic, 1998
- [6] YILMAZ, M., Gıda Fermantasyon Sektöründen Kaynaklanan Koku Emisyonlarının Biyofiltre Sistemi Kullanılarak Giderilmesi, İstanbul, Haziran 2016
- [7] SARAÇ YÜCE, A., Pancar Şekerinde Kokuya Neden Olan Maddelerin Belirlenmesi ve Giderimi, Ankara, 2012
- [8] ATIMTAY, A., GÜVENER, M., Koku Ölçüm Yöntemleri, LIFE Projesi-Eğitim Semineri ODTÜ, 1-2 Nisan 2004 Ankara
- [9] BRATTOLİ, M., Odour Detection Methods: Olfactometry and Chemical Sensors, Sensors 2011, 11, 5290-5322; doi:10.3390/s110505290, Mayıs 2011
- [10] A Review of The Science and Technology of Odor Measurement, St. Croix Sensory, Inc., Aralık 2005
- [11] MCGINLEY, M. A., Developing a Credible Odor Monitoring Program, 2004 ASAE/CSAE Annual International Meeting, Ağustos 2004
- [12] KIZIL, Ü., GENÇ L., SAÇAN M., Elektronik Burun Sistemlerinin Tasarım İlkeleri, U. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, 2011, Cilt 25, Sayı 1, 109-118
- [13] EFE, A.A., Elektronik Burun Teknolojisi Ve Örnek Uygulaması, ANKARA, Eylül 2006
- [14] CAPELLI, L., SIRONI, S., Odor Sampling: Techniques and Strategies for the Estimation of Odor Emission Rates from Different Source Types, Sensors 2013, 13, 938-955; doi:10.3390/s130100938
- [15] ASHRAE Position Document on Filtration and Air Cleaning, Ocak 2015
- [16] SCHIAVON, G.J., Design and Analysis of an Ozone Generator System Operating at High Frequency with Digital Signal Controller, Revista Ciência e Tecnologia, v.15, n.27, p.23-35, jul./dez. 2012- ISSN:1677-9649
- [17] PEKÁREK, S., Non-Thermal Plasma Ozone Generation, Acta Polytechnica Vol. 43 No. 6/2003



- [18] MOON, J., JUNG J., A Wire-Plate Type Nonthermal Plasma Reactor Utilizing a Slit Dielectric Barrier and a Third Electrode, International Journal of Plasma Environmental Science & Technology Vol.1, No.1, MARCH 2007
- [19] Industrial Odor Control, BERGEN, J. V., Journal of the Air Pollution Control Association, Mart 2012

## ÖZGEÇMİŞ

### Süleyman KAVAS

1982 yılı Aydın doğumludur. 2005 yılında Ege Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. Aynı üniversiteden 2008 yılında yüksek mühendis unvanını almıştır. 2014 yılında Liege Üniversitesi, Ecole Centrale de Nantes ve Rostock Üniversitesi ortak programından Gemi Mühendisliği alanında bir yüksek lisans derecesi daha almıştır. 2016 yılında ise İzmir Ekonomi Üniversitesi Yöneticiler için MBA programından mezun olmuştur. Doğu İklimlendirme San. Tic. A.Ş. firmasında 2014 yılından buyana iş geliştirme müdürü olarak çalışmaktadır.