



Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Çevre Mühendisliği Bölümü

Koku Ölçüm Yöntemleri

HAZIRLAYANLAR:

Prof. Dr. Aysel Atımtay

Çevre Müh. Meltem Güvener

LIFE Projesi-Eğitim Semineri
ODTÜ, 1-2 Nisan 2004 Ankara



KOKU ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ

- Elektronik sensörler

- GC/MS

(Gaz Kromatografisi/Kütle Spektrometresi)

- Olfaktometre

Koku analizi için kullanılan yöntemlerdendir.



ELEKTRONİK SENSÖRLER

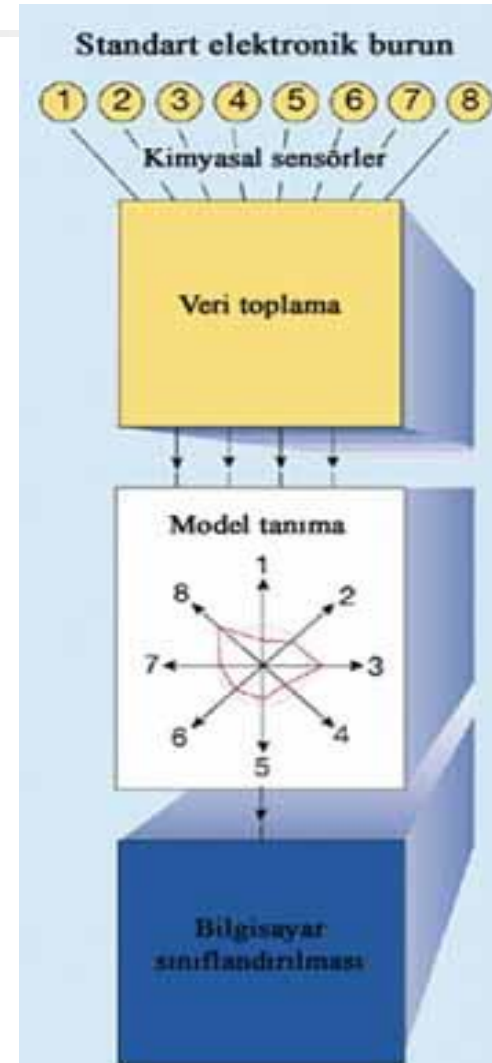
- Dünyanın değişik araştırma geliştirme merkezlerinde, insandaki koku alma sisteminin kopyaları üretilmeye çalışılmaktadır. Burun örnek alınarak geliştirilen bu cihazlara "elektronik burun" adı verilmektedir.
- İnsan burnundaki proteinlerden oluşan reseptörlerin yerine, elektronik benzerlerinde, bir dizi kimyasal alıcı kullanılır.
- Bu alıcıların her biri değişik kokuları algılayacak şekilde dizayn edilir; seçicilik kapasiteleri arttıkça üretimleri zorlaşır ve fiyatları yükselir.



ÇALIŞMA MEKANİZMASI

- Sensörlerin çevreden topladıkları sinyaller, elektronik sistemler yoluyla ikili kodlara dönüştürülür ve bir bilgisayara gönderilir.
- Elektronik sistemler, koku alma duyusunda görevli sinir hücrelerinin, bilgisayar da insan beyninin bir taklidi olarak düşünülebilir.
- Bilgisayar, kendisine gelen bilgileri değerlendirmek için programlanır ve bu sayede aldığı ikili kodlamadan oluşan sinyalleri yorumlar.

LIFE Projesi-Eğitim Semineri
ODTÜ, 1-2 Nisan 2004 Ankara





ELEKTRONİK SENSÖRLER

- Ölçülen koku yoğunluğu, koku içindeki kimyasal konsantrasyonuna bağlıdır.
- Her sensör tek tip koku için dizayn edilir.
- Her koku tipi için ayrı bir sensör gereklidir.



Elektronik Sensörler

AVANTAJLARI:

- Tekrarlanabilir ölçüm yapabilir.
- Belli kokular için hassasiyeti yüksektir (tek tip koku).
- Sürekli ölçüm yapılabilir.



Elektronik Sensörler

DEZAVANTAJLARI:

- Zamanla sensörler kirlenebilir.
- Neme karşı hassastır.
- Zamanla kalibrasyon hassasiyeti azalır.
- Farklı kokular için farklı sensörler gereklidir.
- Koku hoş/nahoş olarak değerlendirilemez.



GC/MS

(Gaz Kromatografisi/Kütle Spektrometresi)

- Gaz kromatografisi bir gaz karışımı içindeki bileşenlerin ayrılmasında ve belirlenmesinde kullanılan bir yöntemdir.
- Gaz karışımının kompozisyonu bu yöntemle bulunabilir.
- Çok kesin nitel ve nicel analizlerin istendiği durumlarda gaz kromatografinin ardına bir kütle spektrometresi eklenir (GC+MS).





GC/MS

Dezavantajları:

- İlk yatırımı çok fazladır (yaklaşık \$ 100,000).
- Analizler uzun zaman alır.
- Her bir ölçüm ayrı bir masraf gerektirir.



OLFAKTOMETRE

Kelime anlamı:

- *Olfaktori:* Koklama
- *Olfaktometre:* Koku ölçüm cihazı

Prensip:

- İnsan burnunun sensör olarak kullanılması



Olfaktometre

GENEL İLKELER:

- Olfaktometre ile kokunun insan üzerinde yarattığı etki laboratuvar ortamında simule edilmektedir. Kokunun içerdiği bileşenlere bağlı olarak bu etki karmaşık olabilmektedir
- Fiziksel veya kimyasal sensörler ile bu karmaşık etkinin ölçümü zordur.
- Bu nedenle olfaktometre kullanılmaktadır.

Olfaktometre T07



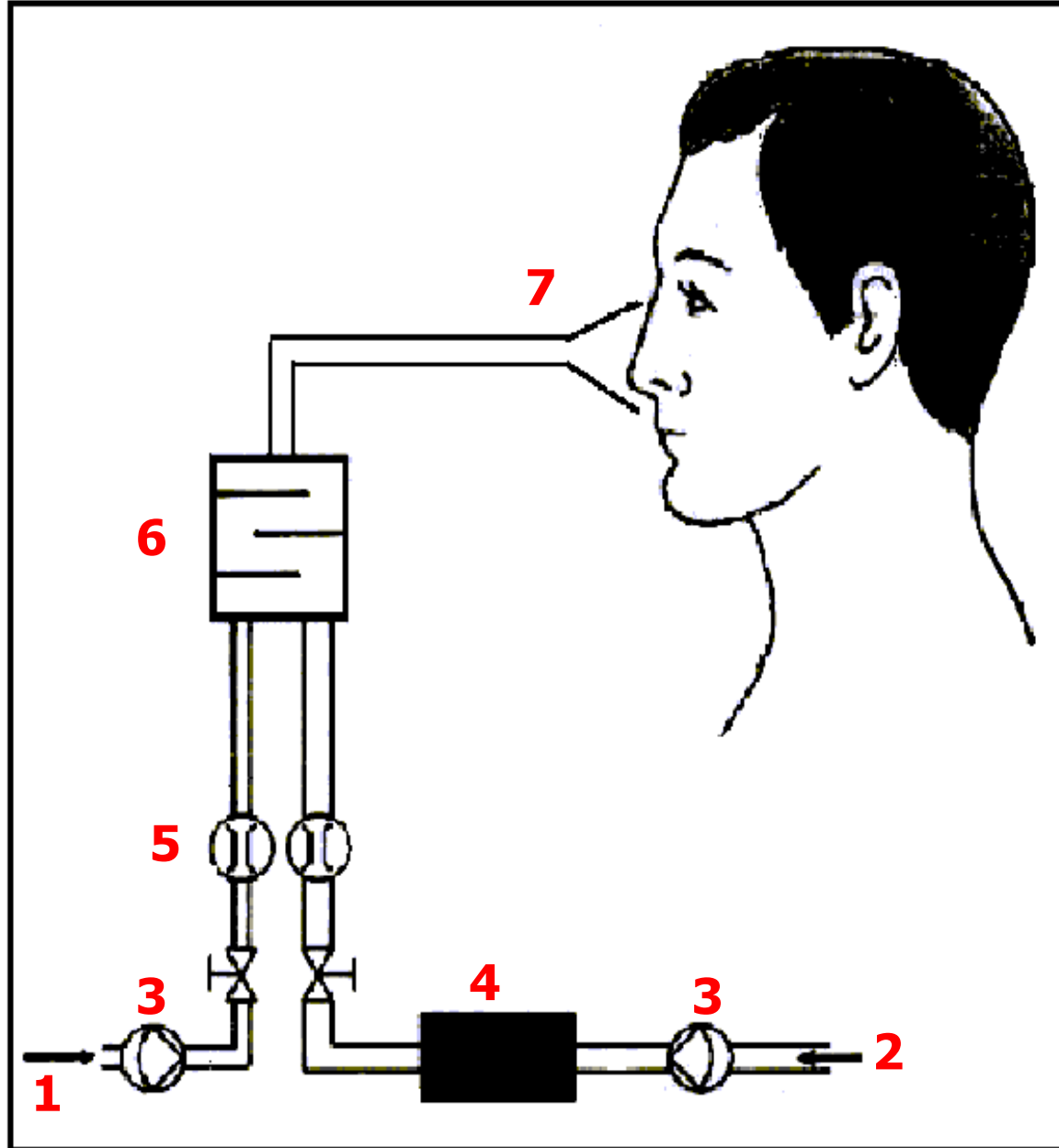


LIFE Projesi-Eğitim Semineri
ODTÜ, 1-2 Nisan 2004 Ankara



LIFE Projesi-Eğitim Semineri
ODTÜ, 1-2 Nisan 2004 Ankara

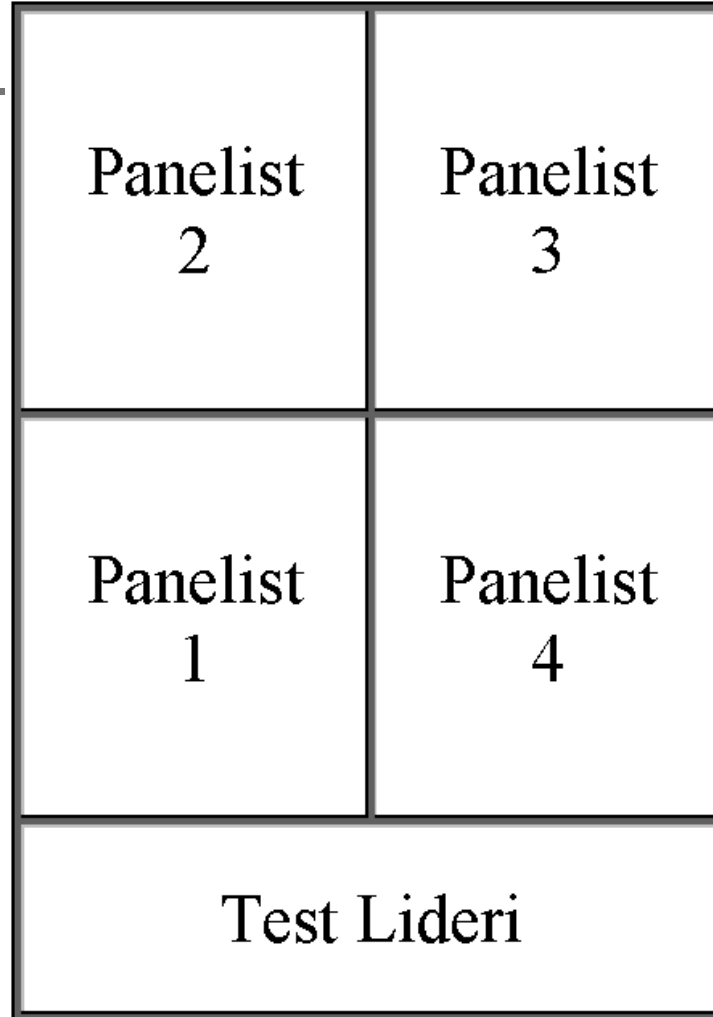
Olfaktometre Çalışma Prensibi



- 1. Kokulu gaz örneği**
- 2. Nötr hava**
- 3. Pompa**
- 4. Aktif karbon**
- 5. Akış ölçer**
- 6. Karıştırıcı**
- 7. Koku maskesi**



Oturma Düzeni





Ölçüm Nasıl Yapılır?

- Ölçümü yapacak ekip 4 panelist ve bir ölçüm liderinden oluşur.
- Ölçüm lideri panelistlere verilecek kokulu gazın seyreltme kademesini belirler.
- Lider, her paneliste ait koku maskesine farklı zamanlarda seyreltilmiş gazdan gönderir.
- Panelistler kokuyu aldıkları anda bir düğmeye basarak lidere cevap verirler.
- Ölçme işlemi bilgisayar kontrollü olarak gerçekleştirilir.
- Panelistlerin algılama düzeylerine göre koku seviyeleri belirlenir.



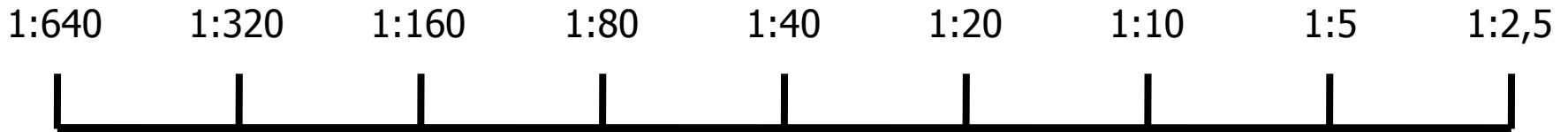
ÖZET:

- Diğer ölçüm sistemleriyle karşılaştırıldığında en pratik ve en etkin ölçüm sistemidir.
- Koku emisyonlarının ölçümü ve değerlendirilmesinde en çok kullanılan yöntemdir.
- Sensör olarak insan burnu kullanılmaktadır.
- Panelistlerin seçimi, sonuçların güvenilirliği açısından büyük önem taşır.
- Ölçümler bilgisayar kontrollü olarak yapılır ve sonuçlar bilgisayarda bulunan program yardımıyla istatistiksel olarak değerlendirilir.



Kokulu gazı seyreltme oranları

$$\text{Seyreltme Oranı} = \frac{\text{Kokulu Hava}}{\text{Kokulu + Nötr Hava}}$$



Artan Koku Konsantrasyonu

$$\text{Seyreltme Faktörü, } Z_K = \frac{1}{\text{Seyreltme Oranı}}$$



Kokulu gaz çok yoğun ise:

- Ön seyreltme oranları : 1:100, 1:50, 1:25

$$\begin{array}{c} \text{Toplam} \\ \text{Seyreltme} \\ \text{Oranı} \end{array} = \begin{array}{c} \text{Seyreltme} \\ \text{Oranı} \end{array} \times \begin{array}{c} \text{Ön} \\ \text{Seyreltme} \\ \text{Oranı} \end{array}$$

- Örnek: $(1/640) \times (1/100) = 1/64000$

- **Olfaktometre ile gerçekleştirilebilen maksimum seyreltme oranı 1 : 64000 dir.**



Olfaktometrik Sonuçların Deęerlendirilmesi



Olfactometric measurement according to VDI-RL 3881, 3882 and prEN13725

Measurement : cam yunu 3 (User defined)
Date : 12.12.2003, 14:14:50
Sample : ~~cam yunu~~ (User defined)
Blanks : 20%

Örnek 1 (iyi örnek)

Results of the Panelists

Measuring .	Ştart step	Pre-dilution	Pre-dilution .	tolga	umay	onur	cinar
1	4000	1	25	2000	1000	2000	2000
2	4000	1	25	2000	1000	2000	2000
3	4000	1	25	1000	1000	1000	1000

Z50 = 2000 GE/m³

33,0 dB ± 1,0 dB

$$Z_k = 25 \times 160 = 4000$$

$$= 25 \times 80 = 2000$$

$$= 25 \times 40 = 1000$$

Z16 = 2900 GE/m³

Z11 = 2500 GE/m³

Z84 = 1400 GE/m³

Zul = 1600 GE/m³

Error report of the panelists

Reference air errors

Measuring sequence	tolga	umay	onur	cinar
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	1

Errors on blanks

Measuring sequence	tolga	umay	onur	cinar
1	0	0	0	0
2	0	0	1	1
3	0	0	0	0

Comments:



Olfactometric measurement according to VDI-RL 3881, 3882 and prEN13725

Örnek 2 (kötü örnek)

Measurement : nbutanol-04-07-03--3 (User defined)

Date : 01.07.2003, 12:07:22

Sample : n-butanol (User defined)

Blanks : 0%

Results of the Panelists

Measuring .	Start step	Pre-dilution	Pre-dilution .	sinan	umay	omer	samih
1	320	1	1	320	80	160	160
2	320	1	1	20	80	80	160
3	320	1	1	10	40	80	80

Z50 = 110 GE/m³

20,3 dB ± 2,8 dB

$$Z_k = 1 \times 320 = 320$$

Z16 = 280 GE/m³

ZII = 200 GE/m³

$$= 1 \times 160 = 160$$

Z84 = 41 GE/m³

Zul = 56 GE/m³

$$= 1 \times 80 = 80$$

Error report of the panelists

Reference air errors

Measuring sequence	sinan	umay	omer	samih
1	0	0	0	0
2	2	1	0	0
3	2	0	0	0

Errors on blanks

Measuring sequence	sinan	umay	omer	samih
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0

Comments:



Örnek 1

- Başlangıç seyreltme oranı:

Ön S.O. x Seyreltme Oranı = Toplam S.O.

$$1 / 25 \times 1 / 160 = 1 / 4000$$

- Başlangıç seyreltme faktörü:

$$1 / \text{Toplam Seyreltme Oranı} = 1 / (1/4000) = 4000$$

- Seyreltme kademeleri:

$$4000 - 2000 - 1000 - 500 - 250 - \dots$$

- Panelistlerin tamamı ardışık iki kokulu hava için "evet" cevabı verdiklerinde ölçüm sona erer.



Panelist Cevapları

	Tolga	Umay	Onur	Çınar
1. Ölçüm	2000	1000	2000	2000
2. Ölçüm	2000	1000	2000	2000
3. Ölçüm	1000	1000	1000	1000

Bu durumda, Tolga 1.ölçümde;

seyreltme faktörü 4000 iken "hayır" cevabı vermiş,

seyreltme faktörü 2000 iken "evet" cevabı vermiş,

seyreltme faktörü 1000 iken "evet" cevabı vermiş

ve ardışık iki seyreltme faktöründe doğru yanıt vererek kendi ölçümünü sonlandırmıştır.



Z₅₀ Değerinin Hesaplanması

- Panelistlerin evet ve hayır cevaplarına göre Z₅₀ değeri hesaplanır ve bu değer örneğin koku konsantrasyonunu belirler.
- Her panelistin, son "hayır" cevabındaki S.F. ve ilk "evet" cevabındaki S.F.'nün logaritması alınarak bir tablo oluşturulur.



Logaritmik Tablo

	Tolga	Umay	Onur	Çınar
1. Ölçüm "hayır"	$\text{Log } 4000 = 3,6$	$\text{Log } 2000 = 3,3$	$\text{Log } 4000 = 3,6$	$\text{Log } 4000 = 3,6$
2. Ölçüm "hayır"	$\text{Log } 4000 = 3,6$	$\text{Log } 2000 = 3,3$	$\text{Log } 4000 = 3,6$	$\text{Log } 4000 = 3,6$
3. Ölçüm "hayır"	$\text{Log } 2000 = 3,3$	$\text{Log } 2000 = 3,3$	$\text{Log } 2000 = 3,3$	$\text{Log } 2000 = 3,3$
1. Ölçüm "evet"	$\text{Log } 2000 = 3,3$	$\text{Log } 1000 = 3,0$	$\text{Log } 2000 = 3,3$	$\text{Log } 2000 = 3,3$
2. Ölçüm "evet"	$\text{Log } 2000 = 3,3$	$\text{Log } 1000 = 3,0$	$\text{Log } 2000 = 3,3$	$\text{Log } 2000 = 3,3$
3. Ölçüm "evet"	$\text{Log } 1000 = 3,0$	$\text{Log } 1000 = 3,0$	$\text{Log } 1000 = 3,0$	$\text{Log } 1000 = 3,0$
Toplam / 6	$20.11 / 6 = 3,35$	$20.11 / 6 = 3,15$	$20.11 / 6 = 3,35$	$20.11 / 6 = 3,35$
Eşik Değerleri	$10^{3,35} = 2244$	$10^{3,15} = 1414$	$10^{3,35} = 2244$	$10^{3,35} = 2244$

■ Bu logaritmik değerlerin aritmetik ortalaması alınır ve "M" panelist tepkilerinin geometrik ortalaması bulunmuş olur.

■ M değerinin ters logaritması Z_{50} , koku konsantrasyonunu verir.

$$M = 3,3 \quad \text{ve} \quad Z_{50} = 10^{3,3} = 2000 \text{ KB/m}^3$$



Z_{16} ve Z_{84}

Değerlerinin Hesaplanması

- Z_{16} 100 kişiden 16 kişinin alabildiği koku konsantrasyonunu,
- Z_{84} 100 kişiden 84 kişinin alabildiği koku konsantrasyonunu temsil eder.

- Bu değerler şu şekilde sıralanır;

$$Z_{84} < Z_{50} < Z_{16}$$

- Standart sapma (s) hesabı sonrası bulunur;

$$Z_{50} = 10^M$$

$$Z_{16} = 10^{M+s}$$

$$Z_{84} = 10^{M-s}$$



Z_{al} ve $Z_{ül}$

Değerlerinin Hesaplanması

- Z_{al} (alt limit) ve $Z_{ül}$ (üst limit) ölçümün % 95 güvenilirlik aralığını belirler.
- Şu şekilde hesaplanır:

$$\log Z_{al} = M + t \times \frac{s}{\sqrt{N}}$$

$$\log Z_{ül} = M - t \times \frac{s}{\sqrt{N}}$$

$$Z_{al} = 10^{\log Z_{al}}$$

$$Z_{ül} = 10^{\log Z_{ül}}$$

(N: panelist sayısı, t: öğrenci faktörü)



L_{KB} Değerinin Hesaplanması

- Eşikteki koku konsantrasyonu tanım olarak $1KB/m^3$ ' tür.

$$L_{KB} = 10 \log \left(\frac{C_{KB}}{\hat{C}_{KB}} \right)$$

- L_{KB} değeri kokunun seviyesini belirtir.

$$\begin{aligned} L_{KB} &= 10 \times \log (2000 / 1) \\ &= 33,0 \text{ dB} \end{aligned}$$