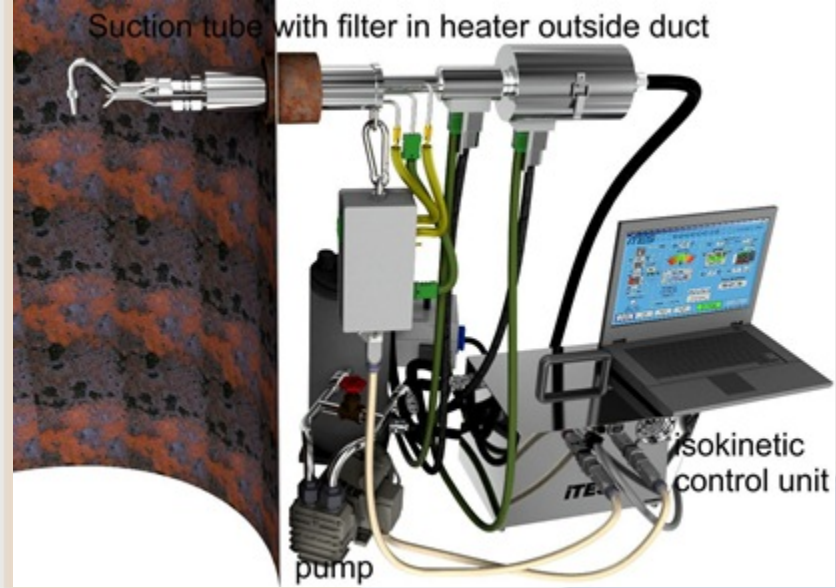


Bacagazı Ölçüm ve Örneklemeleri

HIZ VE NEM TAYİNİ



Hakan GÜNGÖR
Çevre Mühendisi

ÇED, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü
Laboratuvar, Ölçüm ve İzleme Daire Başkanlığı

HIZ VE NEM TAYİNİ

HIZ ÖLÇÜM STANDARTLARI

TS ISO 10780

S Tipi Pitot Tüp ile

TS ISO 10780

L Tipi Pitot Tüp ile

EPA 2

S Tipi Pitot Tüp ile

TS 3417

Pitot Tüpü ile

HIZ VE NEM TAYİNİ

➤ Hız:

Baca içerisinde bulunan gazın birim zamandaki baca boyunca aldığı yoldur.

➤ Prensip:

Gaz akışının ortalama hızı, borunun kesitinde belirli noktalarda azami hızı(v) belirlemek için kullanılan Pitot tüpü vasıtasıyla tayin edilir.

HIZ VE NEM TAYİNİ

Metot;

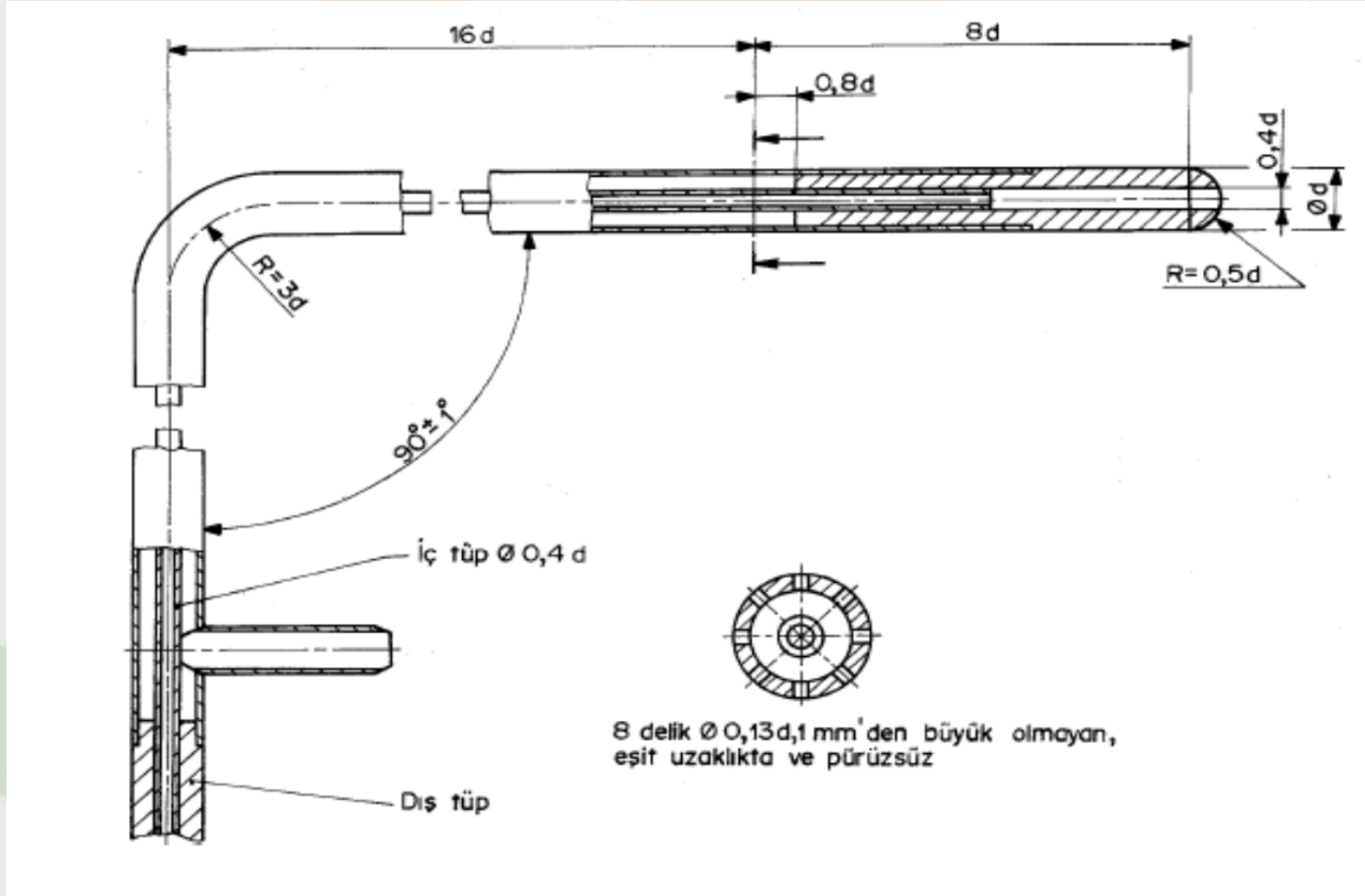
- a) Numune alma yerindeki boru boyutlarının(D) tayini,
- b) Hız profilini yeterince belirleyebilmek için kesitte gerekli ölçme noktalarının sayısı ve yerinin tayini,
- c) Pitot tüpü numune alma noktalarına yerleştirildiğinde Pitot tüpünün basınç deliklerinde basınç farkının, Δp , ölçülmesi,
- d) Bu basınç farkını esas alan bağıntılardan yararlanarak, her numune alma noktasında hızın tayini,
- e) Ortalama hız ve kesit alanı yardımıyla debinin hesaplanması adımlarını kapsar.

HIZ VE NEM TAYİNİ

CİHAZ VE EKİPMAN:

Baca Gazı Hızını tespit edebilmek amacıyla basınç farkını ölçmek için L tipi ve S tipi pitot tüpleri kullanılmaktadır.

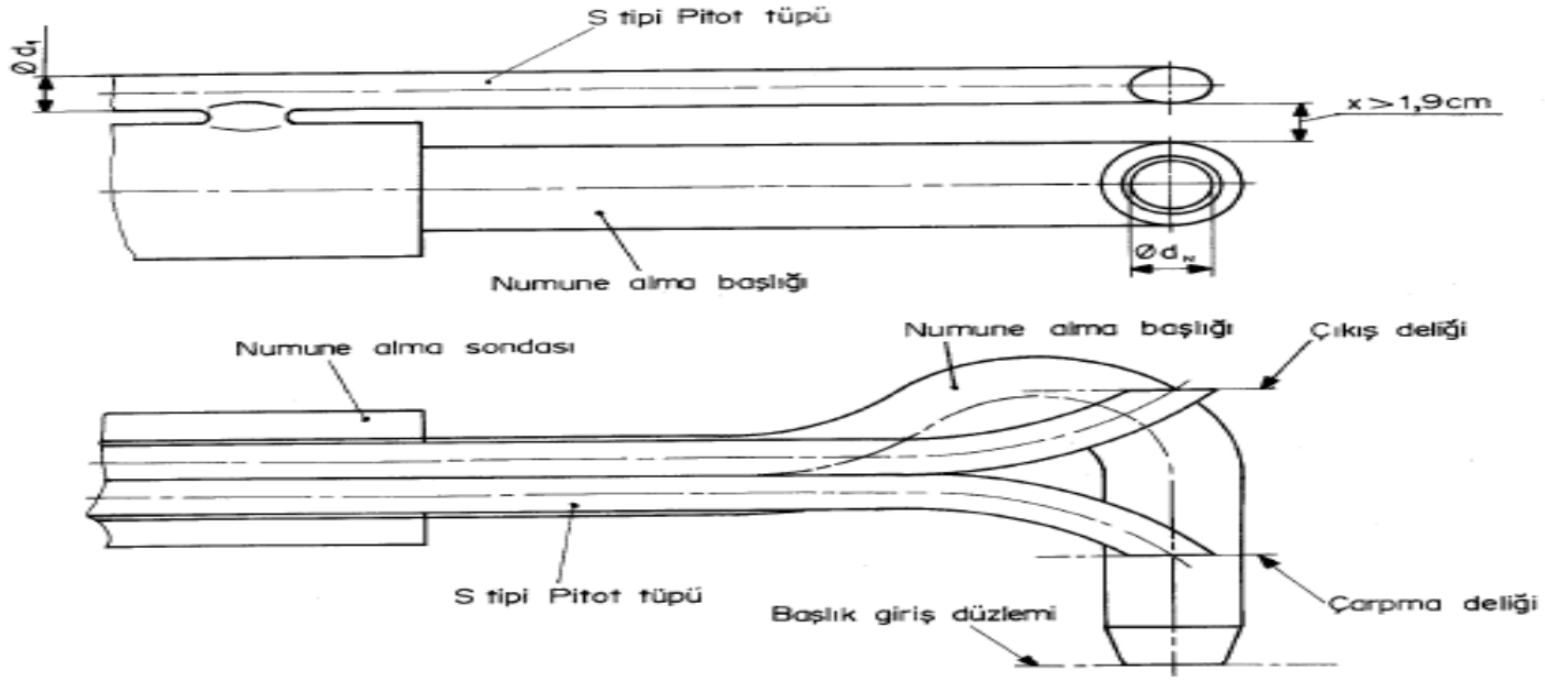
HIZ VE NEM TAYİNİ



L Tipi Pitot Tüpü Örneği

L tipi Pitot tüpü, akış ölçümleri kirletici gazdan numune almadan önce ve sonra yapılacağı durumlarda tercih edilir.

HIZ VE NEM TAYİNİ



d_N : numune alma başlığı çapı
 d_t : S tipi Pitot tüpü çapı

S Tipi Pitot Tüpü Örneği

S tipi Pitot tüpü, kirleticiden numune alınırken aynı anda hız ölçümünün yapılacağı durumlarda kullanılabilir. Giriş kısmı küçükse, boru cidarı kalınsa, baca gazı kirli ve su damlaları ile sülfürik asitin oluşturduğu gibi aerosoller içeriyorsa tercih edilir. S tipi Pitot tüpü, düzensiz akışın hatalarına L tipi Pitot tüpünden daha duyarlıdır

HIZ VE NEM TAYİNİ

Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

- Baca eksenine göre gaz akışının açısı 15° 'den daha az olmalıdır
- Gaz akımında düzensiz veya dönüşümlü basınç dalgalanmaları olmamalıdır. Ayrıca, ölçme düzlemindeki herhangi bir düzensiz basınç dalgalanması, Pitot tüpüne mümkün olduğunca kısa bağlantılı manometrede basınç farkı okumalarının ortalamasından 24 Pa ($\pm 2,5 \text{ mm H}_2\text{O}$) daha büyük olmamalıdır.
- Dairesel borular için ölçmeler, en az iki yarıçap üzerinde yapılmalı ve bunlar birbirlerine dik açılı olmalıdır. Her bir çapta ortalama hızlar arasındaki fark bütün çaplar için ortalamanın %5'ini aşmamalıdır. Fark %5'i geçerse, ek numune alma noktaları belirlenmeli veya yeni numune alma bölgesi seçilmelidir.
- Pitot tüpünün kullanılacağı kesit alanının her hangi bir noktasında ters akışı bulunmamalıdır.

HIZ VE NEM TAYİNİ

Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

- Asgarî hızın, akış hızı ölçümü için kullanılan metodun tayin sınırından daha yüksek olması,
- En yüksek ve en düşük mevzi gaz hızlarının birbirine oranının 3:1'den daha az olması.
- Borunun iç çapında, hızın ölçüldüğü yere alt ve üst akış da en az 5 hidrolik çap mesafede ani değişiklikler olmamalıdır.

NOT : Dairesel olmayan borularda, hidrolik çap ,borunun kesit alanının 4 ile çarpılması ve sonucun borunun çevresine bölünmesi ile bulunur.

- Her hız ölçme noktasındaki mutlak sıcaklık, borunun kesit alanındaki ortalamadan % 5den daha fazla sapmamalıdır.

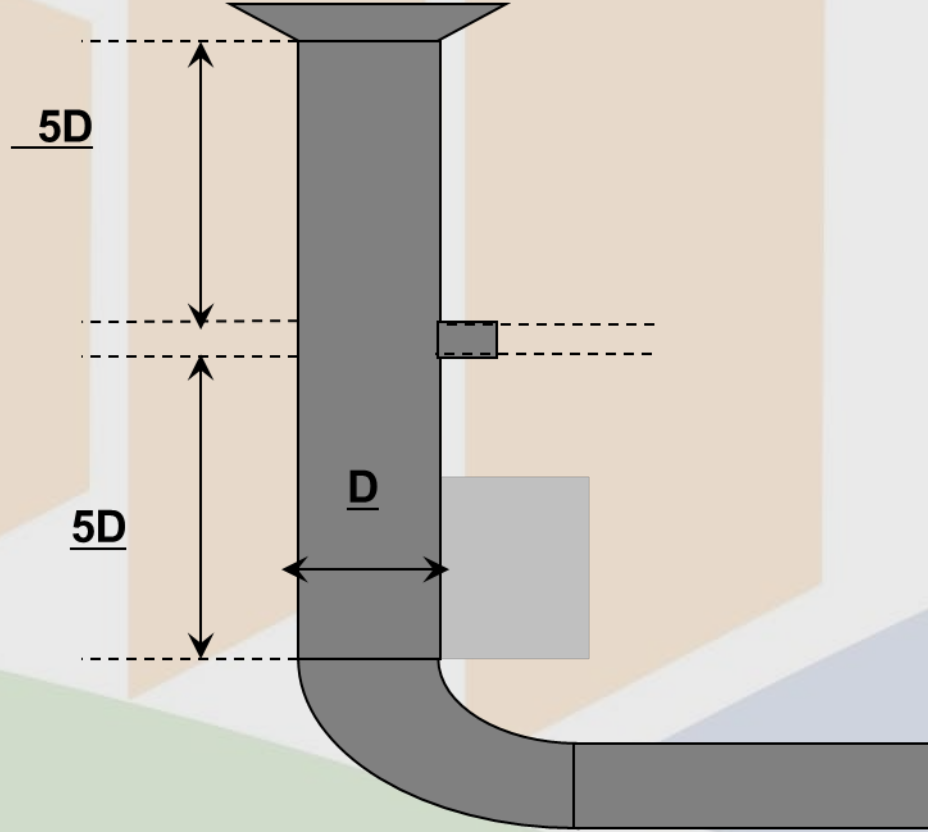
NOT : Sıcaklık farklarının %5den daha büyük olması, numune alma noktasında tabakalı bir akış olduğunu gösterir.

HIZ VE NEM TAYİNİ

Numune Alma Düzleminin Belirlenmesi

- Numune alma düzleminde yeterince homojen bir gaz hızı dağılımını sağlamak için borunun düz bölümü en az 7 hidrolik çap uzunluğunda olmalıdır.
- Numune alma yeri, boru girişinden 5 hidrolik çap uzağa yerleştirilir.
- Numune alma düzlemi, boruda gaz akışının atmosfere çıkış noktasına yakın bir yere yerleştirilirse, boru çıkışına olan mesafe 5 hidrolik çap olmalıdır(düz kısım 10 hidrolik çap).

HIZ VE NEM TAYİNİ



HIZ VE NEM TAYİNİ

Numune Alma Sayısının Belirlenmesi

Dairesel kesitli bacalar için				
Numune alma düzleminin alanı m ²	Baca çapı, m	Numune alma hatlarının sayısı	Dairesel kesitte numune alma noktası merkez nokta dahil	Dairesel kesitte numune alma noktası merkez nokta hariç
0.07-0.38	0.3-0.7	2	3	2
0.38-0.79	0.7-1	2	5	4
0.79-3.14	1-2	2	7	6
>3.14	>2	2	9	8
Dikdörtgen kesitli bacalar için				
0.07-0.38	2	4		
0.38-1.5	3	9		
>1.5	4	16		

Çizelge 1

Dairesel ve dikdörtgen kesitli bacalar için numune alma düzleminin alanı en az, kesit alanı $\geq 0,07 \text{ m}_2$

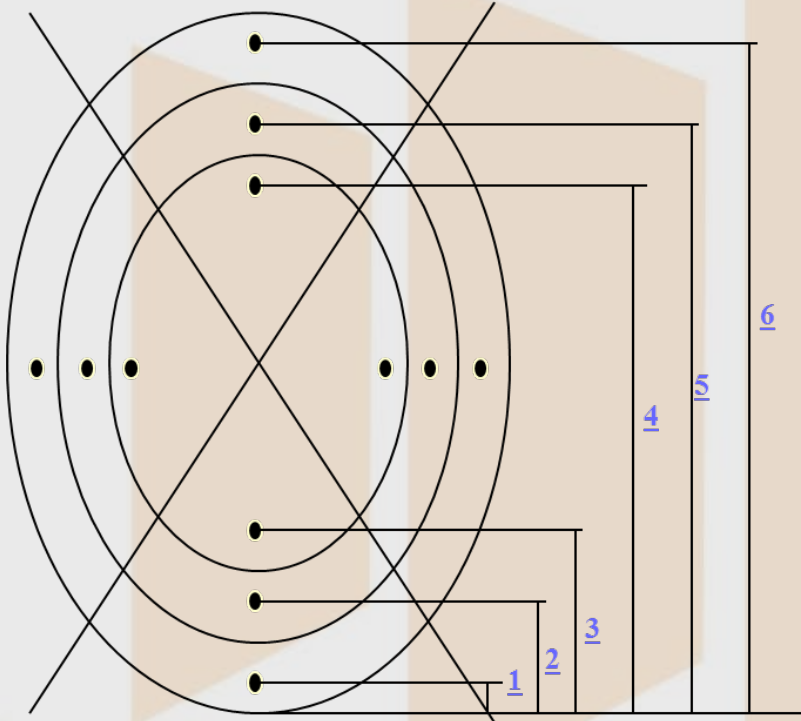
HIZ VE NEM TAYİNİ

Numune alma noktalarının boru cidarından uzaklığı (D çapının yüzdesi olarak)

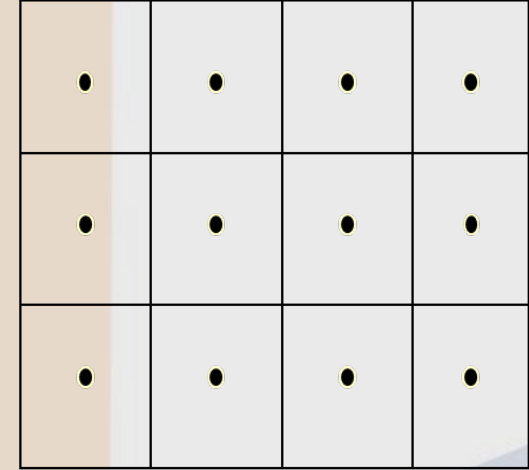
Numune alma noktası sayısı	Numune alma noktalarının sayısı %D			
	3	5	7	9
1	11.3	5.9	4.0	3.0
2	50.0	21.1	13.3	9.8
3	88.7	50.0	26.0	17.8
4		78.9	50.0	29.0
5		94.1	74.0	50.0
6			86.7	71.0
7			96.0	82.2
8				90.2
9				97.0

3 tane numune alma noktası olduğunda ilk noktanın baca cidarından olan uzaklığı Baca çapının %11,3 denk gelen sayı kadar uzakta olmalıdır. Çap 1m ise ilk noktanın boru cidarından olan uzaklığı 0,113m (11,3cm) olmalıdır.

HIZ VE NEM TAYİNİ



Dairesel Bacalar İçin Numune Alma Noktaları



Kare Kesitli Bacalar İçin
Numune Alma Noktaları

Numune alma noktalarından hiç biri, boru cidarına 2 cm.den daha yakın olmamalıdır. Böyle bir durum söz konusu olduğunda numune alma noktası, Pitot tüpü boru cidarına 2 cm uzaklıkta yer alacak şekilde ayarlanmalıdır.

Dikdörtgen En Kesitli Boru

Borunun kenarlarına paralel hatlarda numune alma noktalarında şekilde gösterildiği gibi eşit alanlara bölünür, numune alma noktaları her alanın merkezinde yer alır.

HIZ VE NEM TAYİNİ

BORU STATİK BASINCININ PİTOT TÜPLERİ İLE TAYİNİ

L Tipi Pitot Tüpü

Pitot tüpünün statik basınca duyarlı olan ayağı, basınç ölçme aletine birleştirilir, aletin diğer ucu atmosfere açılır ve hava akışlarından korunur. Pitot tüpü, boruya daldırılır ve orifis gaz akışına yönlendirilir. Basınçtaki fark tespit edilir ve kPa olarak kaydedilir. Bu değer, boru statik basıncıdır.

S Tipi Pitot Tüpü

Pitot tüpünün bir ayağı, manometrenin bir tarafına veya diğer basınca duyarlı cihaza bağlanır ve basınca duyarlı cihazın diğer ucunun atmosfere açılması sağlanır. Pitot tüpü, gaz akışının doğrultusuna ayarlanarak boruya yerleştirilir, 90° çevrilir ve basınçtaki fark , kPa olarak kaydedilir. Bu değer, borudaki statik basınçtır.

HIZ VE NEM TAYİNİ

Ortalama Statik Basınç, Pstatik

Numune alma noktalarındaki statik basınç okumalarının tamamının ortalaması alınır ve kPa olarak kaydedilir.

Mutlak Gaz Basıncı, Pe

Ortalama statik basınç, borudaki gazın mutlak basıncını (Pe) bulmak için çevre (barometrik) basıncına (Pam) eklenir. Bu değer, Pam.den küçük veya büyük olabilir.

HIZ VE NEM TAYİNİ

Pitot Tüpü Ortalama Basınç Farkı, Δp

Pitot tüpü ortalama basınç farkı, Δp , aşağıdaki bağıntı ile bulunur.

$$\Delta \bar{p} = \frac{1}{n^2} \left(\sum_{i=1}^n \sqrt{\Delta p_i} \right)^2$$

Burada

Δp_i : i noktasındaki basınç farkı, kPa dır.

HIZ VE NEM TAYİNİ

Ortalama Gaz Hızı,

Numune alma düzleminde ortalama gaz hızı, aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır.

$$\bar{v} = KC (T_s \bar{\Delta p} / p_e M_s)^{1/2} \quad (3)$$

Burada,

C: $129 \text{ (m/s) [kg/(kmol.K)]}^{1/2}$,

T_s : Baca gazının ortalama sıcaklığı, K,

M_s : Gazın mol kütlesi, 29 kg/kmol (gazın mol kütlesi 27 kg/kmol'den büyük ve 31 kg/kmol'den küçükse),

K : Pitot tüpü katsayısı,

p_e : Mutlak gaz basıncı, kPa,

$\bar{\Delta p}$: Pitot tüpündeki basınç farkının ortalama değeri, kPa

dir.

HIZ VE NEM TAYİNİ

HACİMSEL AKIŞ HIZI, q_{Vs}

Boru akış şartlarında debi, q_{Vs} , m^3/s cinsinden aşağıdaki bağıntı kullanılarak hesaplanır:

$$q_{Vs} = V * A$$

Burada:

V: boru koşullarında hız, m/s,

A: numune alma noktasında borunun en kesit alanı, m^2 .dir

Hacimsel akış hızını standart referans şartlarda ($0^{\circ}C$ ve $101,3$ kPa) verebilmek için aşağıdaki formül kullanılır.

$$q_{Vr} = q_{Vs} (273/Ts) (P_{mutlak}/101,3)$$

Ortalama baca gazı hızı, baca kesit alanı ile çarpılarak hacimsel debi bulunur.

Bulunan bu değer $0^{\circ}C$ ve 1 atm koşullarına göre hesaplanır ve nem düzeltmesi de yapılarak kuru bazda ve normal şartlarda hacimsel debi elde edilir.

HIZ VE NEM TAYİNİ

NEM ÖLÇÜM STANDARTLARI

EPA 4	Gravimetrik Metot
EN 14790	Gravimetrik Metot
İşletme İçi Metot	Dijital Sensör İle (≤ 180 C)
İşletme İçi Metot	Yaş – Kuru Termometre Metodu (≤ 100 C)
TGN M22	FTIR Spektroskopi Metodu

HIZ VE NEM TAYİNİ

Prensip: Bir gaz numunesi kaynaktan sabit hızla elde edilir; örnekleme akımından nem alınır ve hacimsel ya da ağırlıksal olarak saptanır.

Nem ölçümü neden yapılır. Bacadan gaz olarak atılan kirleticilerinin konsantrasyon ve kütleli debi değerlerinin tespit edilebilmesi için baca gazı nem miktarının bilinmesi gerekmektedir

EPA Metot 4 iki farklı prosedür içermektedir.

Referans Metot; Nem içeriğinin doğru saptamaları için (emisyon verisini hesaplamak için gerekli olanlar gibi) kullanılır.

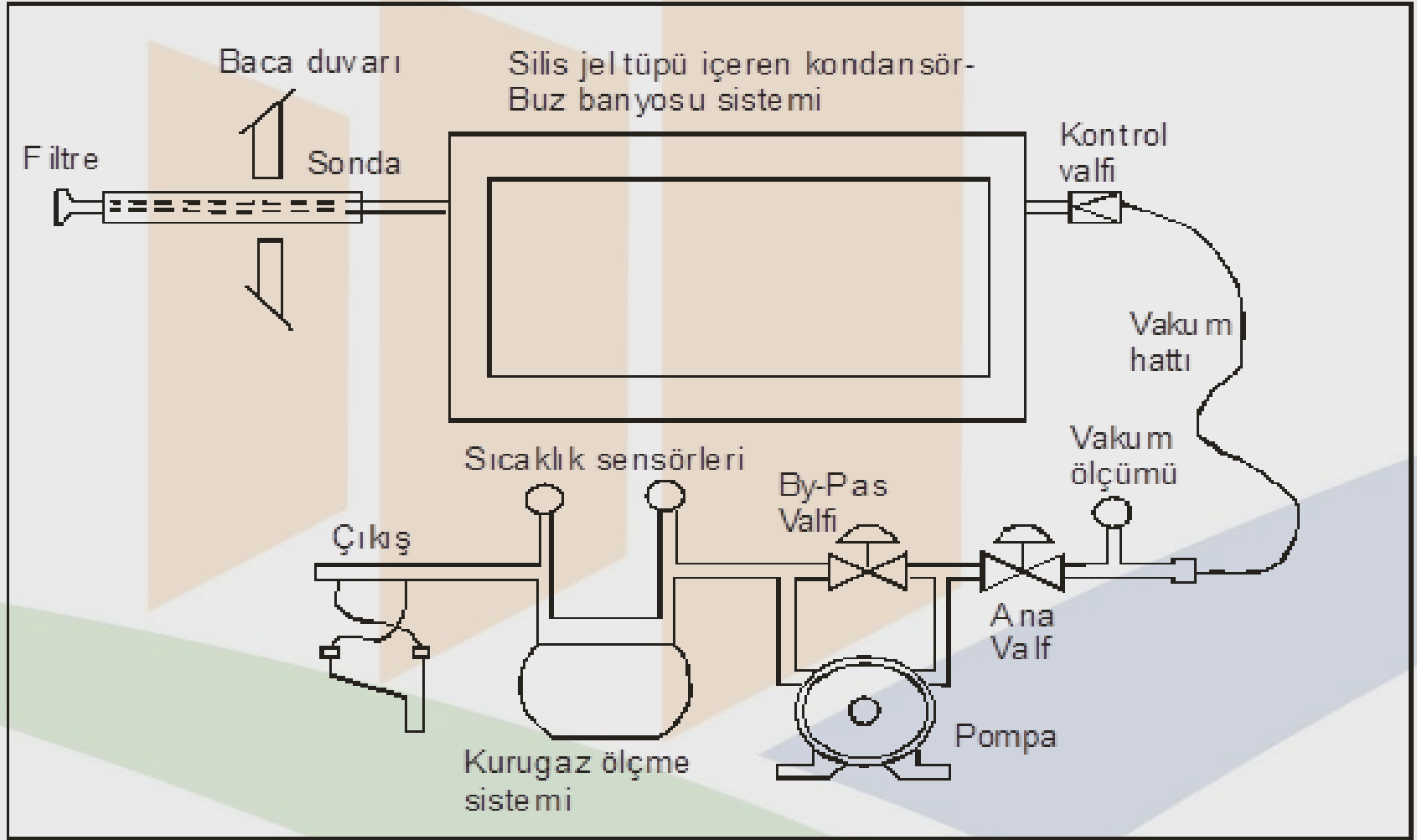
Yaklaşım Metodu; Bir kirletici emisyon ölçümü yapılmadan önce izokinetik örnekleme hızlarını ayarlamaya yardım etmek için nem yüzdesini tahmini olarak verir.

HIZ VE NEM TAYİNİ

Referans Yöntem İçin Gerekli Ekipman ve Gereçler;

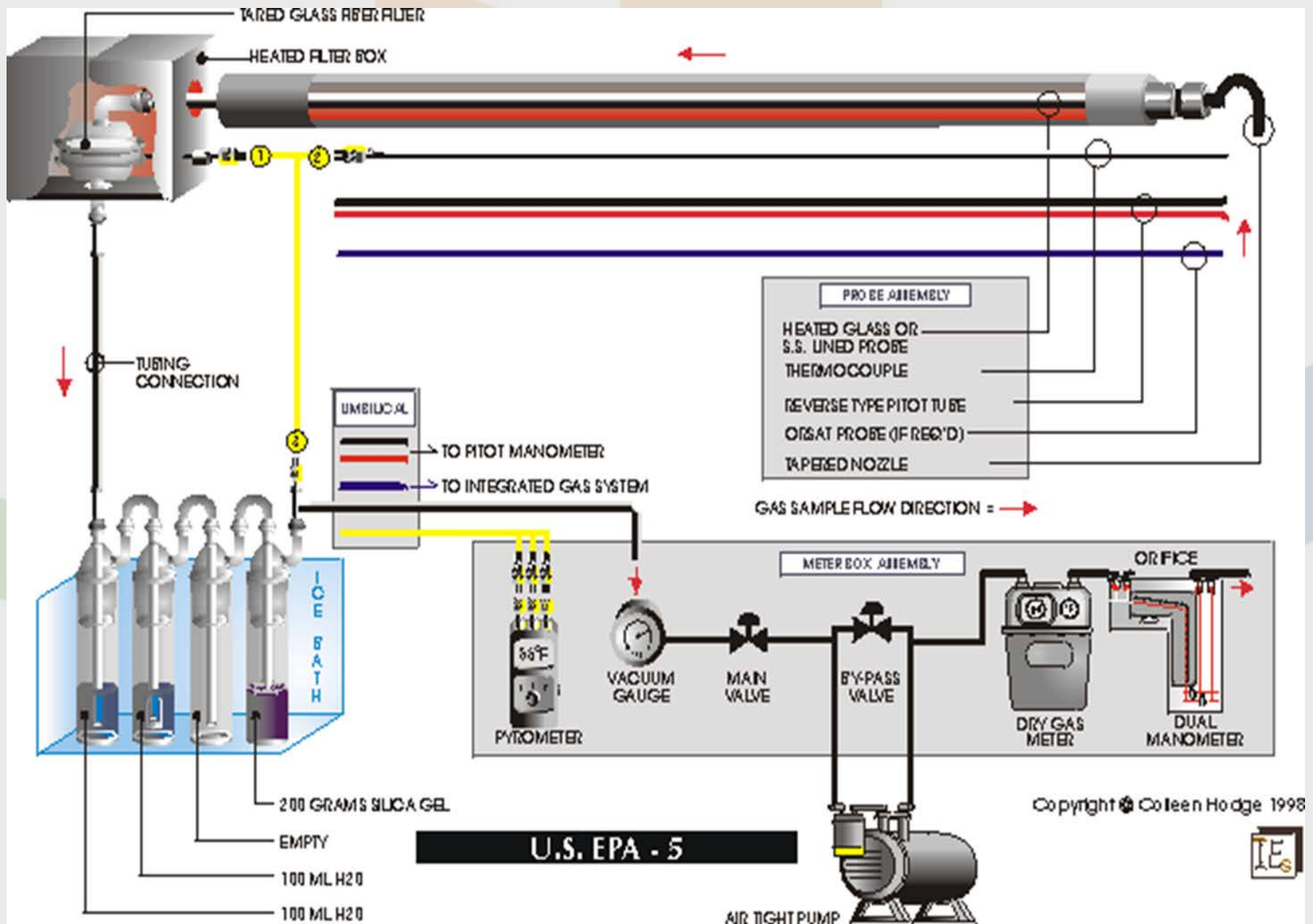
1. Isıtılmış ve bir parçacık filtresi ile donatılmış, paslanmaz çelik veya cam prob
2. Kondenser
3. Soğutma sistemi
4. Gaz akış hızını ve örneklenen gaz hacmini ölçen sistem
5. Barometre ve dereceli silindir ve/veya terazi

HIZ VE NEM TAYİNİ



Şekil 2.1. EPA Metot 4 Nem Örnekleme Zinciri

HIZ VE NEM TAYİNİ



HIZ VE NEM TAYİNİ

Örnekleme:

- İlk 2 impingera 100 ml saf su koyulur ve her ikisi de 0.5 gr hassasiyetinde bir teraziyle tartılır. 3.impinger boş bırakılır ve 4. impingera 200 gr silika jel konularak ağırlığı tartılır.
- Prob ve filtre tutucunun sıcaklığı 120 °C'ye ısıtılır.
- Baca içerisindeki örnekleme noktaları EPA Metot 1'e göre belirlenir.
- 21 lt/dak'yı geçmeyecek bir akış hızında en az 600 lt örnek toplanır.
- Örnekleme süresi boyunca silika jel çıkışındaki sıcaklığın 20 °C'yi geçmemesi sağlanacak şekilde buz takviyesi yapılır ve gerekirse **tuz** takviyesi yapılır.

HIZ VE NEM TAYİNİ

Bu yöntemde dikkat edilmesi gereken hususlar;

- En önemli konu örnekleme zincirinde kullanılan hortumda ve bağlantı ekipmanlarında yoğuşmanın olmamasıdır.
- Dikkat edilmesi gereken ikinci konu ise nemli baca gazının içerisindeki partikül maddenin alınmasıdır. Bu nedenle partikül maddenin tutulması için filtre kartuşu kullanılır. Ancak partikül madde alınırken yoğuşmanın engellenmesi gerekmektedir. Bu nedenle filtre kartuşu bacanın içerisinde olacak şekilde dizayn edilmelidir. Eğer bu yapılamıyor ise ya filtre kartuşu ısıtılmalı ya da ısıtılmalı proba çok yakın bir noktaya konulmalıdır.
- Isıtılmalı prob 120 °C'ye veya daha fazla bir sıcaklığa ısıtılacak şekilde dizayn edilmelidir. Bu sayede nemin probta ve filtre kartuşunda yoğuşması engellenmiş olur.

HIZ VE NEM TAYİNİ

Hesaplama: Örneklem sonrası impingerlerde biriken su miktarı tespit edildikten sonra aşağıdaki formüller kullanılarak nem muhtevası hesaplanır.

Yoğunlaşan Su Buharı Hacmi:

$$V_{wc(std)} = \frac{(V_f - V_i) \rho_w R T_{std}}{P_{std} M_w}$$
$$= K_1 (V_f - V_i)$$

$$K_1 = 0.001333 \text{ m}^3/\text{ml}$$

$V_{wc}(std)$: Yoğunlaşan su buharı hacmi, m^3

V_f : İmpingerlerdeki son hacim (ml)

V_i : İmpingerlerdeki ilk hacim (ml)

HIZ VE NEM TAYİNİ

Silika Jelde Toplanan Su Hacmi:

$$V_{wsg(std)} = \frac{(W_f - W_i) R T_{std}}{P_{std} M_w K_2}$$
$$= K_3 (W_f - W_i)$$

$$K_2 = 1.0 \text{ g/g}$$

$$K_3 = 0.001335 \text{ m}^3/\text{g}$$

$V_{wsg(std)}$: Silikajelde toplanan su hacmi, m^3

W_f : Son tartım(silika jel + impinger),g

W_i : İlk tartım(silika jel + impinger),g

HIZ VE NEM TAYİNİ

Numune gaz hacmi:

$$V_{m(std)} = \frac{V_m Y P_m T_{std}}{P_{std} T_m}$$
$$= K_4 Y \frac{V_m P_m}{T_m}$$

$V_{m(std)}$: Numune gaz hacmi, m^3

K_4 : 0.3855 $^0K/mmHg$

Y : Kuru gaz ölçer kalibrasyon faktörü

V_m : Kuru gaz hacmi, m^3

P_m : Kuru gaz ölçerdeki mutlak basınç, $mmHg$

T_m : Kuru gaz ölçerdeki mutlak sıcaklık, 0K

Nem Muhtevası (B_{ws}):

$$B_{ws} = \frac{V_{wc(std)} + V_{wsg(std)}}{V_{wc(std)} + V_{wsg(std)} + V_{m(std)}}$$

HIZ VE NEM TAYİNİ

TEŞEKKÜRLER

Hakan GÜNGÖR

Çevre Mühendisi

LABORATUVAR, ÖLÇÜM VE İZLEME DAİRESİ
BAŞKANLIĞI