

T.C.
ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI
ÇED, İZİN VE DENETİM GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
LABORATUVAR ÖLÇÜM VE DENETİM DAİRE
BAŞKANLIĞI

ÖLÇÜM DÜZLEMİ VE NOKTALARIN TESPİTİ

HALİS EMRE GÜNEŞ
Çevre Mühendisi

Numune alma yerlerinin tespiti;

Numune alma yeri;

Analitik prosesteki ilk adım, baca içindeki gazın ve diğer malzemelerin temsili örneklerini almaktır. Baca gazı kompozisyonu genellikle homojen olmadığından, gaz akışını tam olarak temsil eden, aynı zamanda toplanan numunelerin bütünlüğünü temin eden bir numune alma sistemi tasarlamak esastır.

Temsili Örneklemenin esasları;

- Hedef türlerin doğru olarak örneklenmesi için en uygun numune alma pozisyonunun belirlenmesi.

Numune alma yerlerinin tespiti;

- Numune alma pozisyonunun kabul edilebilirliğinin deneysel olarak doğrulanması gerekir. Katı veya sıvı aerosollerin doğru örnekleme için kanal içindeki "ideal" örnekleme koşulları, normalde düz akışın olduğu yani eğilmelerin, fanların veya diğer engeller nedeniyle oluşan akış bozulmalarından arındırılmış yerlerin seçilmesi gerekir.
- Hedef türlerin fiziksel ve kimyasal özelliklerine uygun numune alma teknikleri ve ekipmanının (materyal uyumluluğu dahil) kullanılması gerekir. Aerosol örnekleme yöntemlerine göre daha fazla özen gösterilmesi ve aerosollerin izokinetik olarak örnekleme yapılması gerekir.

Numune alma yerlerinin tespiti;

- Reaktif bileşiklerin örnekleneceği durumlarda, numune alma işlemi esnasında bileşimin kaybolmasını önlemek için numuneyi bir miktar soğutma yöntemi ile muhafaza etmek gerekebilir.

Uygun numune alma pozisyonlarını seçmek için ayrıntılı prosedürler de dahil olmak üzere emisyonların test edilmesi için yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin çoğu, uzun yıllar boyunca test edilmiş ve geçerliliği onaylanarak ilgili taraflarca ulusal ve uluslararası standartlar olarak dünya genelinde kabul görmüştür. Bu prensipler evrenseldir ve doğrudan tesislere uygulanabilir. Bacalar ve kanallardaki örnekleme konumlarını belirlemek için kullanılan başlıca standart yöntemlerden bazıları sunumun konusudur.

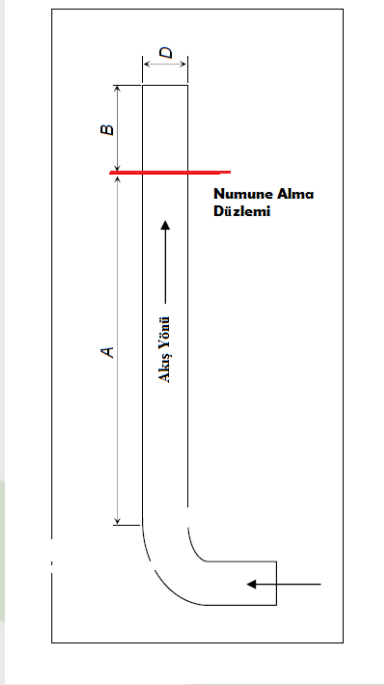
Numune alma yerlerinin tespiti;

Yöntemlerin incelenmesi;

Yöntemler arasında ayrıntıda bazı küçük farklılıklar olmasına rağmen, hepsi oldukça birbirine benzer ve birçok ortak özellik paylaşırlar. Tüm yöntemlerin ortak özellikleri şunlardır:

- Numune alma, mümkün olduğunca bacanın veya kanalın eksenine paralel olarak bükülmeler, daralmalar veya fanlar gibi akış bozukluklarının etkisinden arındırılmış düzenli bir gaz akışının olduğu düzlemde gerçekleştirilmelidir. Buna göre, her metot laminar sağlamak için akış bozukluklarından belirli minimum mesafeleri (kanal çapları açısından) tanımlamıştır. Bu koşullar karşılandığında örnekleme "ideal" olarak kabul edilir. Ancak, bazı durumlarda bacanın fiziksel düzeni ideal koşulları engelleyebilir. Bu durumlarda metotlar genellikle **daha büyük bir sayıda travers noktası** belirlenmesini öngörürler.

Numune alma yerlerinin tespiti;

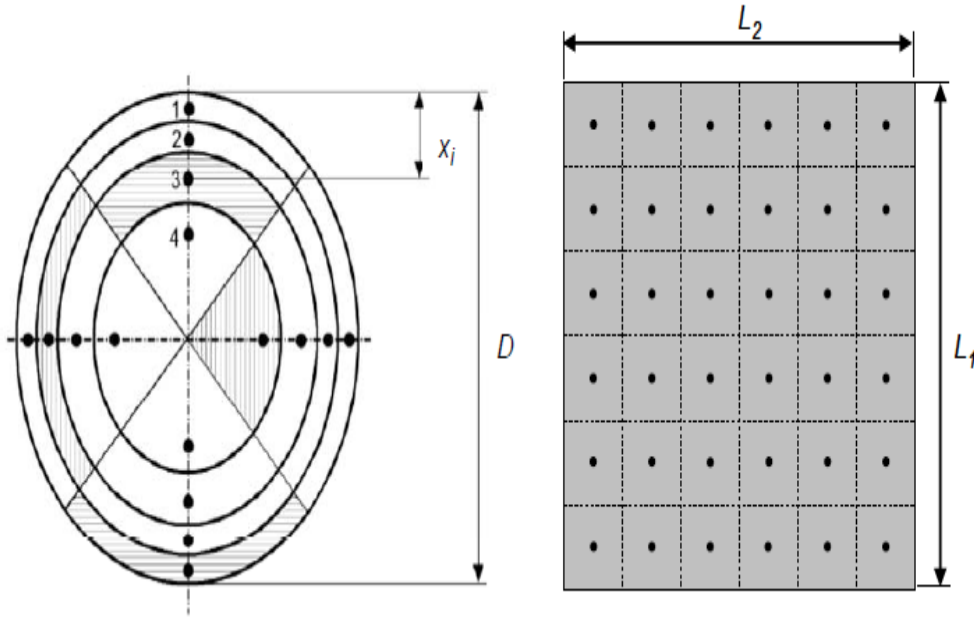


D çaplı bacada gaz akışının şematik yerleşimi. Her yöntem, ideal numune alma koşulları için aşağı akış yönünde (A) ve akış aşağısında (B) belirli bir mesafeyi belirtir.

- Genel olarak baca veya kanal içindeki numune alma noktalarındaki gaz akışının yönü, baca eksenine göre $15-20^\circ$ 'yi geçmemelidir. Çoğu yöntem minimum bir gaz hızını öngörür. Bu, özellikle Pitot tüpleri ile gazın hızını ölçerken çok önemlidir, çünkü ölçüm belirsizliği düşük hızlarda artar.
- Gazın sıcaklık aralığı sıklıkla belirtilir ve örnek gazın sıcaklığı çığlenme noktasının üzerinde olmalıdır. Ayrıca bitişik örnekleme noktaları arasında genellikle izin verilen minimum sıcaklık aralığı vardır.
- Gaz akışı, geriye doğru olmayacak bir yönde olmalıdır.

Numune alma yerlerinin tespiti;

- Numune alma düzlemi, kanalın iç duvarlarına dik olan ve kanalın boyut ve şekline bağlı olarak eşit alana bölünen bir kesit alanıdır. Numuneler, numune probu ve / veya Pitot tüpünü kanalın çapı boyunca (diğer bir ifadeyle çaprazlama) hareket ettirerek her bölümün merkezinden alınır. Her yöntem, bacanın büyüklüğüne göre değişen temsili örnekleme için gerekli travers ve örnekleme noktalarının sayısını belirtir.
- Şekillere benzer bir diyagramlar tüm standartlarda mevcuttur. 1. diyagramda örnekleme noktalarının dairesel bir bacada örnekleme düzlemi içine yerleştirilmesi için "Teğetsel Kuralı" gösterilmektedir: Kanalın merkezinde herhangi bir numune alma noktası yoktur. Bazı yöntemlerde, ek bir noktanın merkeze dahil edildiği küçük bir değişime izin verilmektedir. Bu, "Genel Kural" olarak bilinir. İki yöntem eşdeğer kabul edilirken, Teğetsel Kural, kanal çapı büyük olduğunda ve merkeze ulaşmak zor olduğunda yararlıdır.



Baca duvarının neden olduğu bozulma nedeniyle oluşan sorunu önlemek için; numune noktaları ile duvar arasında minimum mesafeleri standartlar belirtilmiştir. Ayrıca, ideal olmayan koşullar altında kaç noktadan örnekleme gerektiğine ilişkin spesifik bilgiler genellikle her yöntemde verilmektedir.

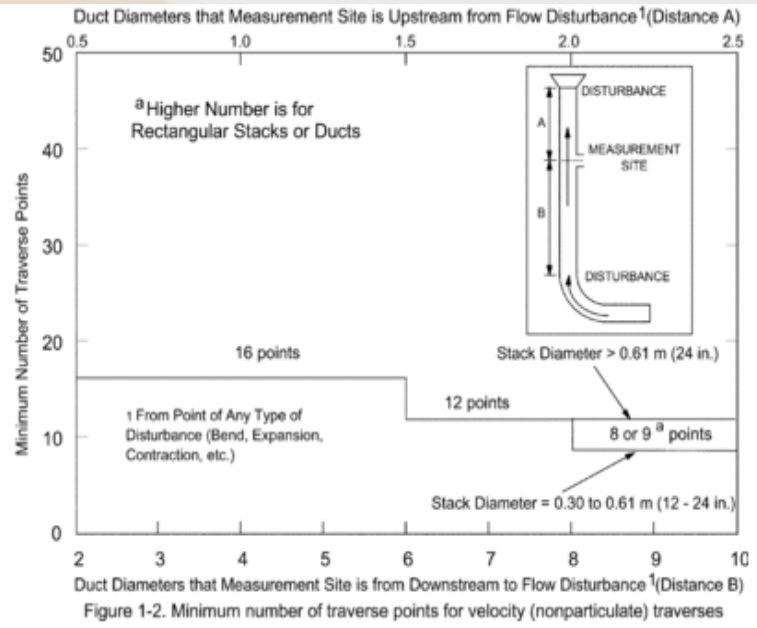
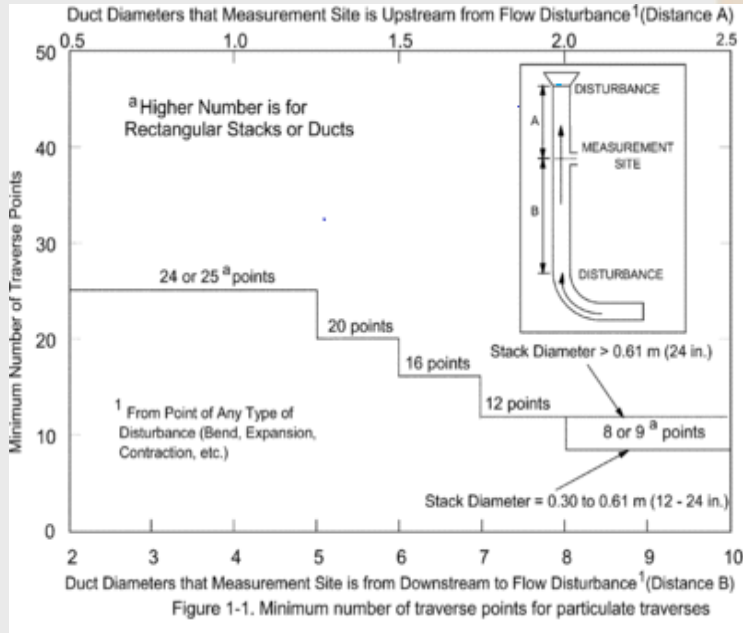
Dairesel ve dikdörtgen bacalar için örnekleme düzlemi örnekleri gösterilmektedir

Yaygın Kullanılan Yöntemler;

Epa Metot 1:

- Bu yöntem, büyük çaplı baca ve kanallardaki numune alma bağlantı ve travers noktalarını seçmek için kullanılmaktadır. Baca emisyonlarının testi için bu metoda birçok EPA ve diğer metotlar tarafından atıfta bulunulur. Çapı 0,3 m'den küçük veya kesit alanı $<0,07$ m² olan bacalar için kullanılmamalıdır.
- Bu yöntemde, numune düzleminin tercih edilen konumu; en az sekiz çap akış yönünde (A boyutu) ve yukarı akış yönünde (B boyutu) ise en iki çap baca istikametinde bulunur. Bu mümkün değilse, numunenin düzleminin siklonik olarak adlandırılan akıştan etkilenmediği kanıtlanması halinde daha kısa mesafeler kullanılabilir.

- $A > 2D$ ve $B > 0.5D$ ise, türbülansın olup olmadığı, S tipi bir Pitot tüp kullanılarak basitleştirilmiş yöntemle göre doğrulanabilir.
- Diğer taraftan $A < 2D$ veya $B < 0.5D$ ise, örneklem düzlemi boyunca gaz akış açılarını ölçmek için yönlü akış algılama probu kullanıldığı (EPA 2F), EPA 1 standardının 11.5.1 maddesinde yer alan 'Alternatif Ölçüm Sahası Seçme Prosedürü' kullanılmalıdır. Gaz akış açısı 20° 'den fazla ise numune alma konumu kabul edilemez olarak değerlendirilir.
- Örnekleme düzlemi boyunca akışın düzlüğünü için örnekleme düzleminden önce ve / veya sonra akış düzenleyici cihazların kullanılması istenilebilir bu şekilde "alternatif yöntem" kriterleri karşılanabilir.



Çapı 0.30 ile 0.61 m olan bacalar için, numune düzlemi, bacanın tercih edilen bir kesitinde ($A > 8D$ ve $B > 2D$) iken, minimum numune alma noktası sayısı 12'dir. Ancak karşılanmadığı yerlerde travers noktası sayısı artmaktadır. $A = 2D$ ve $B = 0.5D$ için minimum 24 olur.

EPA 1 minimum hızı belirtmez ancak gaz hızını ölçmek ve Yöntem 1'i örnek düzlemi tanımlamak için kullanan diğer yöntemler minimum hızları ifade eder.

▲ INDICATES SAMPLING POINT

$$D_1 = P_1 \times D_S$$

$$D_2 = P_2 \times D_S$$

WHERE: $P_{1,2}$ IS DETERMINED FROM
EQUATION 7-3 OR TABLE 7-1

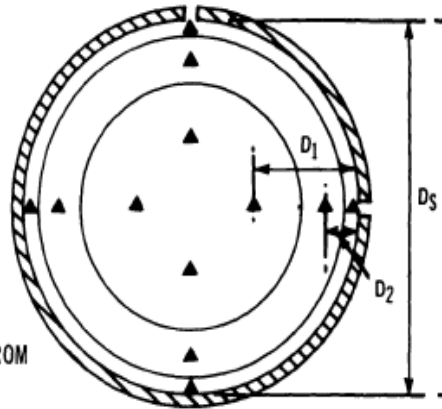


Figure 7-2. Cross section of circular flue divided into three concentric equal areas, showing location of sampling points.

WHERE:

d_1 = NUMBER OF AREAS ACROSS
FLUE WIDTH

d_2 = NUMBER OF AREAS ACROSS
FLUE PERPENDICULAR TO
WIDTH.

$$\text{AND } 0.5 \leq \left(\frac{D_1}{d_1} \div \frac{D_2}{d_2} \right) \leq 2$$

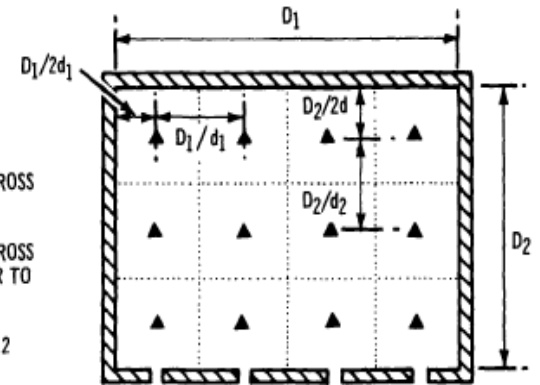


Figure 7-3. Cross section of rectangular flue divided into twelve equal areas with sampling points located at the center of each area.

EPA 1 PROSEDÜRLERİ

1-Baca çapı $8D/2D$ kuralına uygun bacalar; minimum 12 örnekleme noktası gereklidir. Travers noktaların baca duvarına olan mesafesi 2,5 cm olmalıdır.

2- $8D/2D$ ölçütünün karşılanmadığı, ancak $2D/0,5D$ ile $8D/2D$ arasında olan bacalarda travers sayısı 24'e çıkar. Yukarıdaki prosedürlerin her ikisinin de, siklonik akışın varlığını engellemek için numune alma konumunun deneysel olarak değerlendirilmesini gerektirdiğine dikkat edilmelidir.

3- Üçüncü prosedür, $2D / 0.5D$ kriterinin yerine getirilemediği durumlarda uygulanır ve pozisyonun kabul edilebilirliğini belirlemek için kanal boyunca 40 veya daha fazla çapraz noktada hız vektörünün deneysel ölçümünü içerir. Ortalama sonuç açısı 20 derece ve bu ölçümlerin standart sapması 10 derece içindeyse pozisyon kabul edilebilir. Bu, diğer uluslararası yöntemlerde bulunmayan benzersiz bir prosedürdür. Buna ek olarak, numune alma düzlemi üzerinde oluşan hız açısının 20 dereceden fazla olduğu ve / veya standart sapmanın 10 dereceden daha fazla olduğu durumlarda, akış düzleştirme cihazlarını numune alma düzleminde önce ve / veya sonra yerleştirilmesi istenebilir.

4- Alternatif Ölçüm Sahası > 60 cm ile sınırlıdır. Dairesel kanallar için 40 çapraz nokta ve dikdörtgen kanallar için 42 nokta kullanılır.

Yaygın Kullanılan Yöntemler;

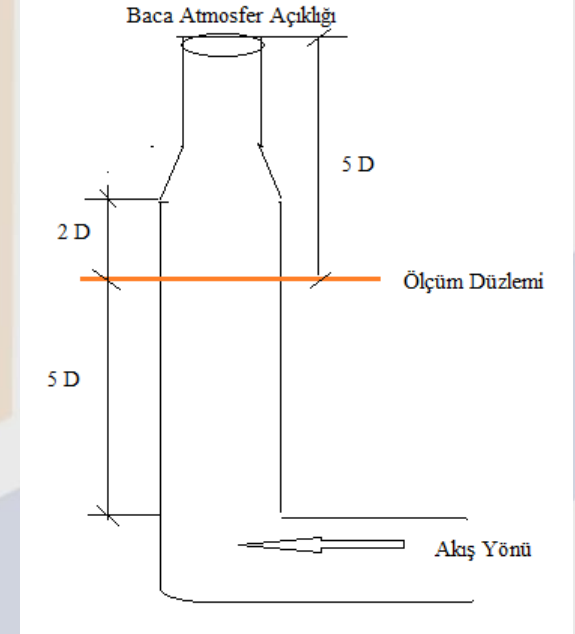
- Uluslar Arası Standartlar (ISO 9096, ISO 10780);

Bu dokümanlardan her ikisi de, büyük kanallarda örnekleme uçaklarının seçilmesi sürecini tanımlamaktadır; bu da her iki durumda da aynıdır. Belirtilen gereklilikler genel olarak ABD yöntemlerine benzer, ancak akış bozukluklarından gelen kanal çaplarının sayısı biraz farklıdır. Burada, $A > 5D$ ve $B > 2D$ olmak üzere, düz bir kanal uzunluğu en az yedi kanal çapı uzunluğu tercih edilir. İdeal örnekleme için bir diğer gereklilik, numune düzleminin kanalın çıkışından en az $5D$ olmasıdır.

- Diğer koşullar kullanılabilir, ancak bu gibi durumlarda, $\pm\% 5$ hız ölçümleri için belirtilen doğruluk garanti edilmez (ISO 9096'da). Her bir travers noktası için düz akıştan izin verilen azami sapma (türbülans açısı) negatif akış olmadan en fazla 15° olmalıdır. İdeal olmayan örnekleme düzlemi pozisyonundaki örnekleme noktalarının sayısı için herhangi bir düzeltme faktörü belirtilmemiştir.
- Minimum hız doğrudan tanımlanmamakla birlikte pitot tüpü diferansiyel basıncının >5 Pa olması gerekmektedir. ISO 9096 ayrıca, en yüksek ile en düşük akış hız oranının 3/1'den küçük olmasını gerektiğini ifade eder.
- Gazın sıcaklık aralığı belirtilmemesine rağmen, sıcaklığın kanaldaki örnekleme noktalarında "sabit kaynak işlemlerinin istikrarının bir göstergesi" olarak izlenebileceğini önermektedir.
- ISO 9096 metodu ile, çapları 2 m'den daha büyük olan dairesel kanallar için en az iki ölçüm noktası gereklidir ve toplam travers sayısı 16 olmalıdır. Genel kural takip edilir ve kanalın merkezinde ek bir nokta alınır.

Yaygın Kullanılan Yöntemler;

- İngiliz / Avrupa Standartları
- BS EN 15259 standardında; Endüstriyel tesislerdeki atık gaz kanallarındaki hava kirleticilerinin ölçülmesine ilişkin şartlar verilmektedir. Parçacık halindeki malzemenin yerçekimi etkisi altında yatay akışlarda birikme olma eğilimine sahip olduğu gerçeğini göz önüne alarak yöntemin yatay yerine dikey bacaların tercih edilmesi önerilir . Yöntem ISO yöntemleriyle hemen hemen aynıdır.
- Bu yöntemde, numune düzlemi bir bozukluğun akış aşağısında en az 5D ve yukarısından en az 2D olduğu yerde ideal örnekleme sağlanacağını ifade eder. ISO yöntemleri gibi numune düzlemi de bir bacanın üstünden en az 5D olmalıdır.
- Gaz akışı, kanal eksenine bakımdan örnekleme düzleminde negatif akış olmadan 15° 'den daha az bir açı olmalıdır. Minimum akış, bir Pitot tüpü boyunca 5 Pa'dan daha fazla diferansiyel basınç üretmek için yeterli olarak tanımlanır. En yüksekten en düşük yerel gaz hızlarına oranı 3: 1'den düşüktür.
- BS EN 13284-1 standardında; diğer tesislere de uygulanabilmesine rağmen atık yakma tesislerinden gelen emisyonların ölçülmesi için tasarlanmıştır. Örnekleme düzleminin tasarımı ve örnekleme noktalarının seçimi, BS EN 15259'deki gerekliliklerle aynıdır.



Yaygın Kullanılan Yöntemler;

ISO ve EN standartları için Gaz akışı, kanal eksenini bakımından 15° 'den daha fazla, ters akış şartları, düzlemin yerinin şartları sağlamadığı vb. durumlarda standartlarda belirtildiği şekilde travers noktası sayısının artırılması yoluna gidilebilir. Standartlarda nokta sayısının artırılmasına ilişkin sayı verilmemekle beraber kural olarak travers sayısının 2 katına çıkarılarak (en fazla 20 nokta) işleme devam edilebilir. Uygun olmayan noktaların yerine uygun noktalar bulunması halinde uygun olmayan noktalar ihmal edilir ve ölçüme devam edilir (MID 15259). Aksi halde alternatif yerler aranır.

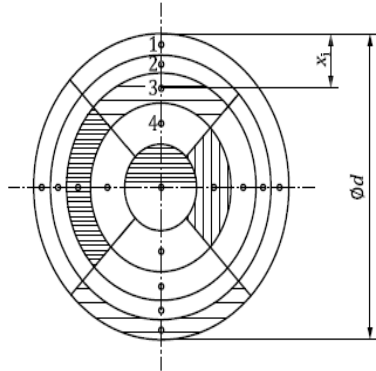


Figure B.1 — Sampling point positions in circular ducts — General rule for ducts over 2 m diameter (hatched portions are of equal area)

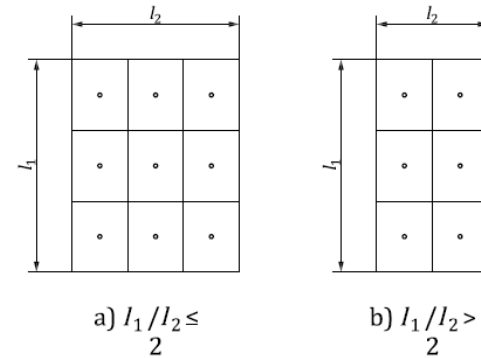


Figure B.3 — Illustration of sampling point positions in rectangular (and square) ducts

Table B.1 — Values of K_i as a percentage — General rule for circular ducts

Sampling point index i	K_i			
	$n = 3$	$n = 5$	$n = 7$	$n = 9$
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

Yöntemler Arasındaki Farklar

Bazı önemli farklılıklar olmasına rağmen, çeşitli yöntemlerin genellikle oldukça benzer olduğu açıktır. Temel farklılıklar aşağıda gösterilmektedir.

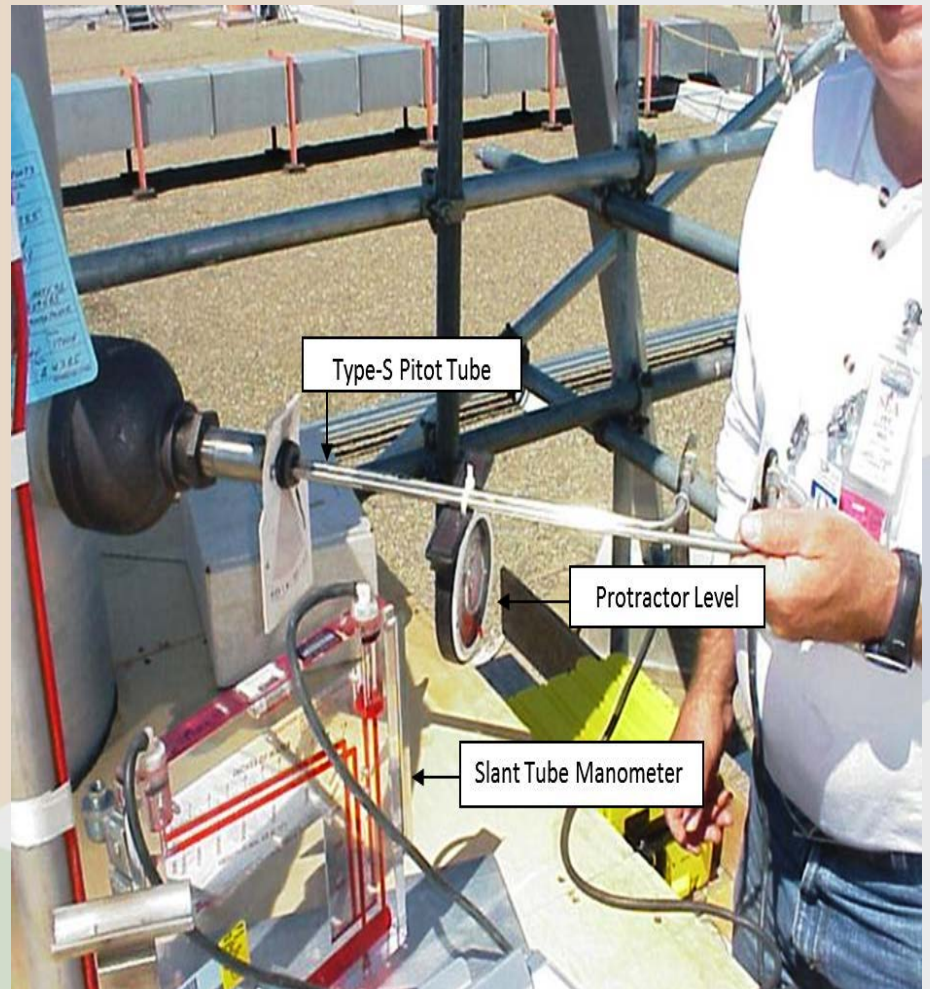
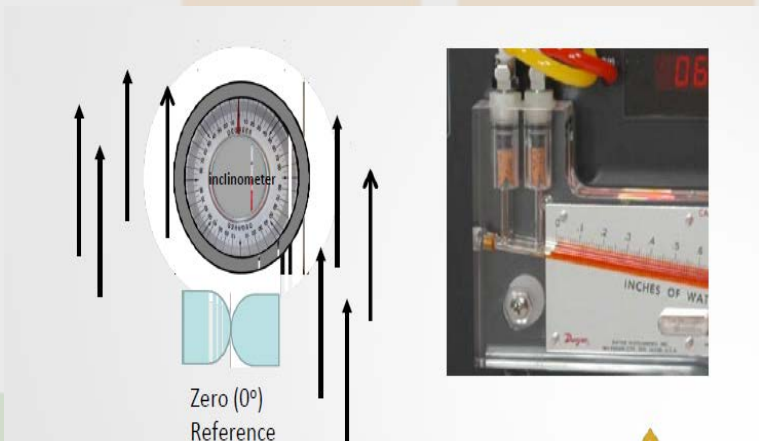
	Min Baca Çapı (m)	Boyut A (tercih edilir)	Boyut B (tercih edilir)	Boyut A (minimum)	Boyut B (minimum)	Maksimum Eksen Aks Aralığı (deg)	Min Numune alma noktaları sayısı (bkz. Not 2)	Min Hız (ms ⁻¹)
EPA 1	0.3	8D	2D	Not 1	Not 1	20	12	NS
ISO 9096	NS	5D	2D	NS	NS	15	17	Pitot DP > 5 Pa
ISO 10780	>0.07 m ²	5D	2D	NS	NS	15	17	Pitot DP > 5 Pa
EN 13284		5D	2D			15	12	Pitot DP > 5 Pa
EN 15259		5D	2D			15	12	Pitot DP > 5 Pa

Akış Düzeltme Cihazlarının Kullanımı

EPA 1 ve ISO 10780 standartları akış düzeltici cihazların bir örnekleme düzlemi boyunca kullanılmasına izin verir. Bu cihazların doğru tasarımı ve kurulumu önemlidir. Uygun bir akış düzeltici cihaz kurulmasını takiben örnekleme düzlemindeki akış durumu, USEPA Metod 1 "Alternatif prosedür" kullanılarak doğrulanır. Kabul edilebilirlik kriterlerine ulaşılamazsa, ya yeni bir konum belirlenir. Bu nedenle en azından EPA (2D / 0.5D) ölçütüne ulaşılması büyük önem taşır.

Akış Doğrulaması

- Manometre sıfıra ayarlanır. S tipi pitot tüpünün yüz açıklıklarının uçları baca kesit düzlemine dik olacak Şekilde (referans noktası veya boŐ değeri) , her travers noktasına art arda yerleştirin, her travers noktasında diferansiyel basınç (Δp) değerini not edilir. Belli bir travers noktasında referans olarak sıfır pitot okuması elde edilirse, o noktada kabul edilebilir bir akış durumu söz konusudur.
- Pitot okuması referans konumunda 0° değilse, okuma elde edilene kadar pitot tüpünü döndürülür. (90° yaw açısına kadar). Dönme açısının (α) değerini en yakın dereceye kadar dikkatlice belirleir ve kaydedilir. Her travers noktasına uyguladıktan sonra, α ; nın mutlak değerlerinin ortalamasını hesaplanır. Ortalama α değeri 20° 'dan büyükse, bacanın genel akış durumu kabul edilemez olduğunu gösterir.
- Aynı Şekilde türbülans açısı ISO ve EN metotları içinde tespit edilir. Bu metotların EPA metotlarından farkı, her travers noktası için 15 derecelik bir sınırın olması ve her nokta için aranmasıdır.



Test Noktası	Girdap Açısı
Nokta Sayısı	Toplam
	Ortalama

İLGİLİ HUSUSLAR

Tip S pitot tüpünün yüz açıklıkları birbirine paralel ve her ikisinden de geçen eksene dikey mi?

Pitot tüpünün yüzü, istifin veya kanalın eksene paralel olduğunda, dönme açısı göstergesi sıfır okuyor mu?

Ortalama türbülans açısı 20 °? Değilse, bu konumu kullanmayın.

Alternatif olarak, düzleştirici kanatçıklar kullanarak kaynağı değiştirin veya Yöntem 1 ölçütlerini karşılayan başka bir konum kullanın.

Pt sayısı = 0 °
yaw'lu puanlar

Not: Bu alternatif prosedür, tıkanıklık ve duvar etkilerinin az olduğu kanalların çapı > 24 inç ile sınırlıdır; prosedür genellikle <2 Dg akış aşağı ve <0,5 Dg akış yukarı akış bozukluklarına uygulanır.

Test Pt	Yaw	P ₄ - P ₅	P ₁ - P ₂	Pitch	R _i	Test Pt	Yaw	P ₄ - P ₅	P ₁ - P ₂	Pitch	R _i

$$R_{avg} = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n}$$

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_i - R_{avg})^2}{(n - 1)}}$$

Test Sonrası
Sızdırmazlık
Kontrolü (3 inç
H2O'de > 15 saniye
sabit mi?)
R: <20 ° ve SD <10
°? Eğer öyleyse,
partikül örnekleme
için > 24 veya 25

Diğer hususlar;

1- Travers nokta sayısının artırılması; Test sırasında herhangi bir nedenle minimum sayıda travers noktasından fazla sayıda travers kullanmak isteniyor ise, matrisin biri ya da diğer kısmı ya da her iki ayağı boyunca ekstra çapraz noktalar ekleyerek "en az sayıda travers noktası" matrisini genişletilebilir. Son matrisin dengelenmesine gerek yoktur. Örneğin, 4 x 3 "minimum nokta sayısı" matrisi 36 noktaya genişletildiğinde, son matris 9 x 4 veya 12 x 3 olabilir ve 6 x 6 olması gerekmez. Son matrisi oluşturduktan sonra , baca kesitini travers noktaları kadar çok dikdörtgen alana bölün ve her eşit alanın merkezindeki bir traverse noktalarını yerleştirin.

2- 60 cm (24 inç) Büyük bacalarda çapraz nokta ile baca duvarı arası mesafe 1.00 inç (2,54 cm), 24 İnç küçük bacalarda ancak 2,54 cm in yerine 1,25 cm kullanılmalıdır.

3- Travers noktası sayısının artırılması nedeniyle, tek bir ayarlanmış traverse noktası oluşturmak için iki ardışık travers noktası birleştirildiğinde, hem örnekleme (veya hız ölçümü) prosedüründe ve verileri kaydedecek şekilde ayarlanan noktayı iki ayrı traverse noktası olarak muamele edilmesi gerekir. Yani aynı noktayı iki kez değerlendirmeye alın.

Sonuç olarak;

- Saha personeline ölçüm yapılan ölçüm düzlemi,
 - Travers noktası sayısının seçimi,
 - Türbülans açısı, diferansiyel basınç farkı (>5 Pa), kullanılan metoda göre baca duvarına olan mesafe ve en yüksek en düşük hız arasındaki oran,
 - Tüm metotlar için ideal olmayan bacalar için yapılan işlemler,
- Yukarıda belirtilen hususların uygunluğu raporlama personeline de teyit edilmelidir.

<https://www3.epa.gov/ttn/emc/qahandbook3/qaiii%201994/qa%20vol%20iii%20-%20sept%201994%20m1.pdf>

Yukarıdaki adreste ölçüm noktalarının tespiti ve alan prosedürlerini içeren EPA 1 metoduna ilave olarak verilen EPA belgesi yer almaktadır.