

Be sure. **testo**



Pratik kılavuz
DIN EN 12599'a göre
kanallarda hava akışı
ölçümleri.

Giriş.

Günümüzde günün büyük bir kısmını kapalı odalarda geçiriyoruz. Bu nedenle iç mekanlarda hoş ortam koşulları sağlamaya yönelik ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme (HVAC) sistemleri kurulur. Burada havalandırma özellikle önemlidir. İlk olarak, sadece temiz hava sağlamak için değil, aynı zamanda kirleticilerin çıkarılması, örneğin odalardan fazla nemin alınması için de kullanılır.

Yeterli hava değişiminin sağlanması ve böylece hacimsel debinin belirlenmesi, HVAC sistemlerinin devreye alınması ve çalıştırılması söz konusu olduğunda önemli bir kalite faktörüdür. Kanallardaki hava hızının güvenilir bir şekilde belirlenmesi, bir havalandırma ve iklimlendirme teknisyeninin yapması gereken en zorlu ölçümlerden biridir.

İçindekiler:

1. Hava hızının önemi	04
2. Doğru hava hızının ölçümü	05
3. Doğru ölçüm lokasyonu	06
3.1 Kanaldaki akış profilleri	07
3.2 Kesintilere olan mesafe	08
4. Ölçüm metodu	10
4.1 Trivial yöntem.....	11
4.2 Merkez eksen yöntemi	12
4.3 Hacimsel debinin hesaplanması	13
5. Okumaların değerlendirilmesi	14
6. Ölçüm raporu	20

1. Hava hızının önemi

“Ne kadar fazla, o kadar iyi” sloganına uygun olarak, HVAC sistemleri genellikle çok yüksek hava hacimleriyle çalıştırılır. Bu aşırı gereksinim, işletme maliyetlerinin artmasına neden olur. Fan için enerji harcaması artar, çünkü sistem içinde daha büyük bir hava hacminin hareket ettirilmesi gerekir. Ancak, havanın şartlandırılması (soğutma, ısıtma, nemlendirme veya nem alma) için de maliyetler oluşur ve bunlar sistem doğru şekilde ayarlandığında azaltılabilir. Ek olarak, yüksek bir hava değişimi genellikle odada hava akımı oluşmasına neden olarak insanları rahatsız eder.

Öte yandan, çok düşük bir hacimsel debi de sorunlu olabilir. Odadaki insanların solumak için çok az temiz havası var. Odadaki CO₂ içeriği çok yüksek olduğu için iç mekan havası “eski”. Düşük hacimsel debilerin de sistemin hijyeni üzerinde olumsuz etkileri olabilir: kanallardaki nemlendirilmiş havanın hareketi çok yavaş olduğunda sistemde mikrop oluşumu riski vardır. Bu nedenle doğru ayarlanmış bir HVAC sistemi, yalnızca iç mekan ikliminin konforlu hale getirilmesine yardımcı olmakla kalmaz, aynı zamanda maliyet tasarrufuna da yardımcı olur.

2. Doğru hava hızının ölçümü

HVAC sisteminin işlevsel kapasitesini değerlendirmek için anahtar parametre hava hacimsel debisidir. Bu, akış hızı ve kanal alanının ürünüdür. Pratikte kanal kesitindeki akış hızı aynı olmadığından, ortalama hava hızının belirlenmesi söz konusu olduğunda tek bir nokta ölçümü yeterli değildir. Amortisörler, dirsekler ve benzerleri gibi bozucular, kanaldaki hız profili üzerinde bir etkiye sahiptir, bu da, kanalın çeşitli yerlerinde ızgara ölçümünün yapılması gerektiği anlamına gelir.

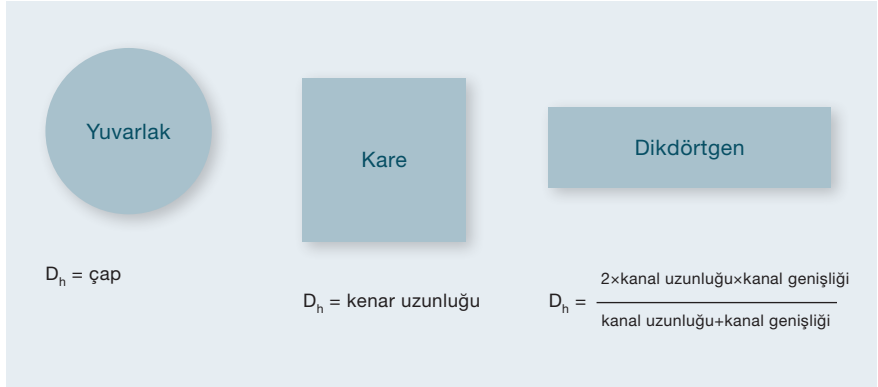
Hacimsel debinin belirlenmesi söz konusu olduğunda kalite gereksinimlerini karşılamak için, tüm dünyada akış hızlarının doğru ölçümü ile ilgili farklı standartlar vardır. Almanya'da ve Avrupa'nın büyük bir bölümünde önde gelen standart olan EN 12599'a ek olarak EN 16211 ve ASHRAE 111 de vardır. Tüm yöntemlerin ortak özelliği, ölçüm noktalarının kanal boyutuna göre tanımlanan spesifikasyonlara göre kanal kesitine dağıtılması, dikdörtgen ve yuvarlak kanallar arasında bir ayırım yapılması ve okumaların ortalamasının alınmasıdır.

Şimdi EN 12599'a göre doğru hacimsel debi ölçümüne geçeceğiz.

3. Doğru ölçüm lokasyonu

Anlamli ölçümler söz konusu olduğunda belirleyici faktör, uygun bir ölçüm noktası seçmektir. Bu, sistem planlayıcısı tarafından yürütme planında (proje planı) zaten oluşturulmuştur. Burada aşağıdaki kriterler dikkate alınmalıdır:

- Tüm ana kanallarda ve yüksek gereksinimleri olan odalara giden besleme hatlarında hava akışı ölçüm noktalarına izin verilmelidir.
- Kesintilere karşı minimum mesafelere uyulmalıdır: aşağı yönde hidrolik çapın en az 6 katı ve yukarı yönde hidrolik çapın en az 2 katı
- Ölçüm noktalarına kolayca erişilebilir olmalı ve ölçüm cihazını tutmak için yeterli alan bulunmalıdır.
- Akışta herhangi bir dönüş akışı veya girdap olmamalıdır.



Farklı kanal şekilleri için D_h hidrolik çapının hesaplanması.

3.1. Kanaldaki akış profilleri

Bir kanaldan akan havanın düzgün bir hızı yoktur. Kural olarak, ortadaki hava kanal duvarından daha hızlı akar. Sürtünme nedeniyle kanal duvarında daha büyük dirençler vardır ve bunların üstesinden gelinmesi gerekir. İki temel akış profili arasında bir ayırım yapılır:

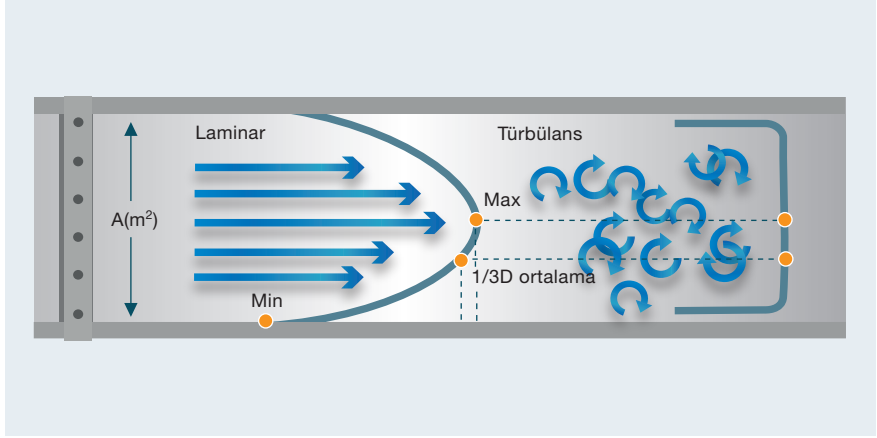
Laminer akış.

Laminer akış, birbirine paralel uzanan akış hatları ile düzgün bir hava akışını içerir. Kanalın ortasında türbülans ve belirgin bir maksimum hız yoktur. Ortalama akış hızı, kanal çapının yaklaşık üçte biri kadardır. Hava hızı yükselir yükselmez, laminer akış giderek türbülanslı akışa dönüşür.

Türbülanslı akış.

Bu durumda, akış hızları, kanal çapı boyunca büyük ölçüde aynıdır, ancak hız, kanal duvarında büyük ölçüde düşer. Ancak akış çizgileri yönsüzdür, yani hava kaotik ve yüksek derecede sürtünme ile hareket eder.

Bu iki ideal form arasındaki tüm karışık formlar, her engelleyicinin (damperler, dirsekler, valfler, hacimsel debi düzenleyicileri vb.) akış profilini değiştirmesi ile mümkündür. Pratikte, tekrarlanabilir sonuçlar için tüm kanal enine kesiti üzerinde sözde ızgara ölçümü vazgeçilmezdir.



Laminer ve türbülanslı hava akış hızı. Akış hızına bağlı olarak farklı akış profilleri oluşturulur.

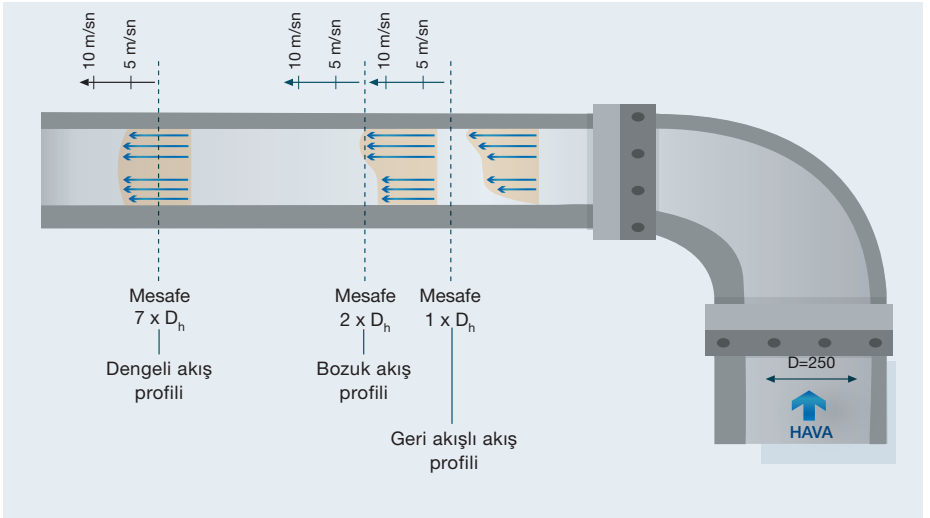
3.2. Kesintilere olan mesafe

İdeal akış profilleri neredeyse yalnızca düz bir hat üzerinde çalışan ve hiçbir kesintinin olmadığı çok uzun kanallarda bulunur. Bu nedenle, kesintilere karşı minimum mesafelere uyulmalıdır.

Kesintilerden uzaklığın yeterli olduğu durumlarda, kanal kesiti boyunca ölçülmesi gereken ölçüm noktalarının sayısı önemli ölçüde azaltılabilir.

Pratikte damperler, valfler, dirsekler ve diğer kavisler tutarlı bir akışın gelişmesini engeller. Elverişsiz durumlarda bu, maksimum akış profilinin kanalın ortasında olmamasına, ancak kenara doğru kaymasına neden olur, daha problemli durumlarda geri akışlar veya akışın olmadığı alanlar da olabilir. Kural olarak, geri dönüş akışları, bozulmadan hidrolik çapın 2 katı kadar

bir mesafeden sonra azalır, ancak akış profili o kadar güçlü bir şekilde bozulur ki, ölçüm belirsizliğini düşük tutmak için çok sayıda ölçüm noktası gerekir.

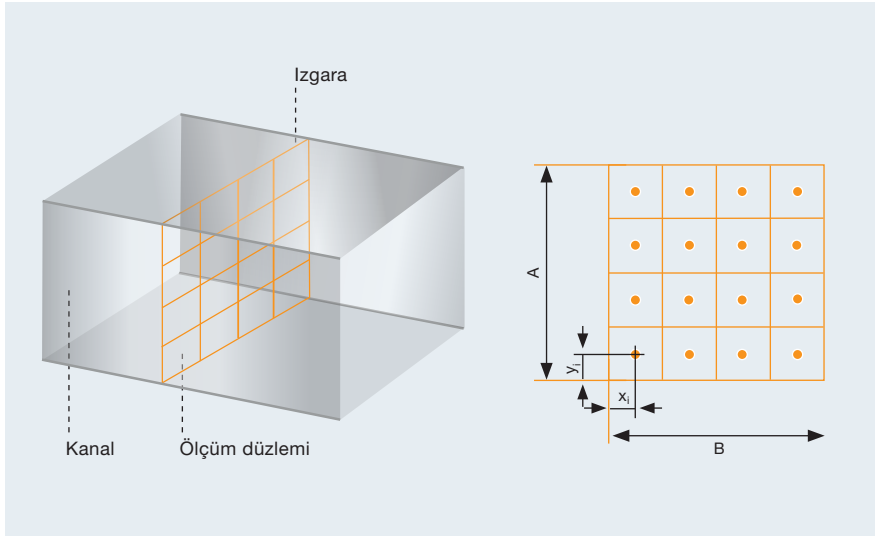


Akım profilindeki düzensizlikler, kesintiden uzaklaştıkça azalmaktadır. Kesintiden uzaklık ne kadar büyük olursa, akış profili o kadar düzgün ve ölçüm o kadar hassas olur veya gereken ölçüm noktalarının sayısı o kadar az olur.

4. Ölçüm metodu

Hava hacimsel debisini belirlemek için kanal kesitindeki temsili ortalama akış değeri oluşturulmalıdır. Bunun için ölçüm alanı kısmi alanlara bölünür ve kısmi alanların orta noktasında hız belirlenir. Bu yöntemle izgara ölçümü denir. Kanal kesitini kısmi alanlara bölme yöntemi, dikdörtgen ve yuvarlak kanallar için farklıdır. DIN EN 12599, aşağıdaki iki ölçüm yöntemini öngörmektedir:

- **trivial yöntem** dikdörtgen veya kare kesitli hava kanallarındaki ölçümler için
- **merkez eksen yöntemi** dairesel kesitli kanallardaki ölçümler için



Trivial yöntemle göre kanal kesitinin bölünmesi. Ölçüm noktaları alanların merkez noktalarıdır.

4.1. Trivial yöntem

Trivial yöntem, kanalda herhangi bir özel hız dağılımı varsaymaz. Kanal kesiti, basitçe aynı boyutta birkaç ölçüm alanına bölünür. Ölçüm noktası kısmi alanın ortasındadır.

Tek tip bir hız profilinin olduğu yerde, bu, az sayıda ölçüm noktasıyla bile anlamlı bir ölçüm sonucunun elde edilmesini sağlar. Akış hızlarında daha büyük farklılıklar olduğunda, ölçüm noktalarının sayısı buna göre artırılmalıdır. Kısmi bir alandaki okuma dalgalanmaları, merkez noktalarda

ölçülen değerlerin, belirtilen ölçüm doğruluğu bağlamında ortalama değerler olarak kabul edilebileceği kadar küçük olduğunda yeterince büyüktür.

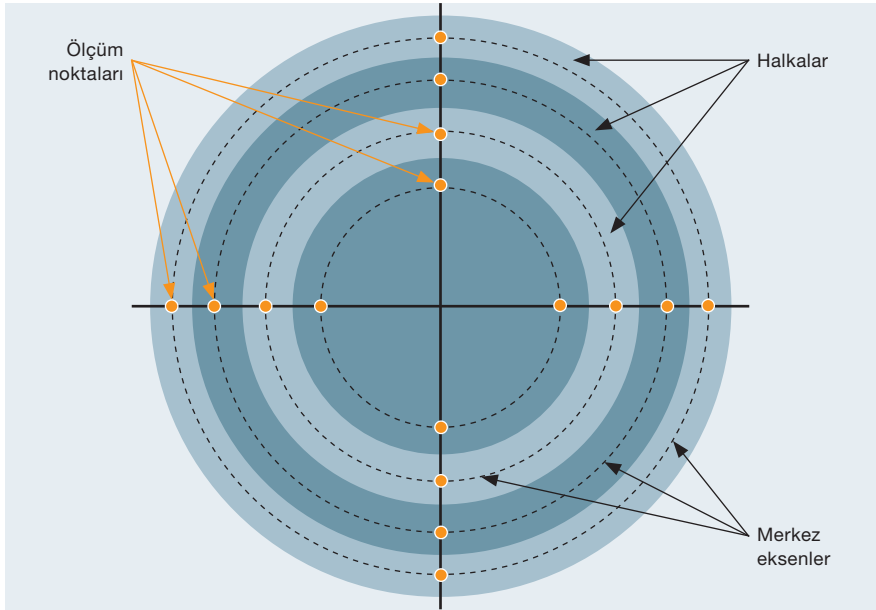
Tüm kanal için hava hacimsel debi okuması daha sonra kısmi alan okumalarından aritmetik bir ortalama olarak hesaplanır.

4.2. Merkez eksen yöntemi

Yuvarlak kanallarda kullanılması gereken merkez eksen yönteminin prosedürü benzerdir. Dairesel kanal kesitinin eşit alana sahip halkalara ve ortada bir daireye bölünmesini içerir. Halka alanındaki ve iç çemberdeki ölçüm konumu, her bir kısmının merkez eksenli üzerindedir. Bu

bakımdan, merkez eksenli, kısmi alanı ikiye bölen yarıçaptır (y).

Akışın kanal içinde her zaman dönel simetrik bir şekilde ilerleyeceği varsayılmayacağı için birbirine 90° açı yapan yuvarlak kanallar için iki ölçüm düzlemi seçilmelidir.



Merkez eksen yöntemi ile dairesel bir kesitin ölçüm konumlarının belirlenmesi.

4.3. Hacimsel debinin hesaplanması

Trivial yöntem veya merkez eksen yöntemi ile belirlenen hız okumaları, daha sonra hava hacimsel debisinin hesaplanması gereken ortalama akış hızını hesaplamak için kullanılmalıdır. Hesaplama aşağıdaki formül kullanılarak yapılır:

$$\dot{V} = A \times \bar{v} \times 3600$$

\dot{V} = m³/sa cinsinden debi

\bar{v} = m/sn cinsinden ortalama akış hızı

A = m² cinsinden akış kesiti

Örnek:

0.5 m²'lik bir kesit A ve 4 m/sn'lik ölçülen ortalama hız, 7200 m³/sa'lik bir hacimsel debi sağlar.

Ortalama akış hızına ve kanal kesatine göre hacimsel debinin belirlenmesi

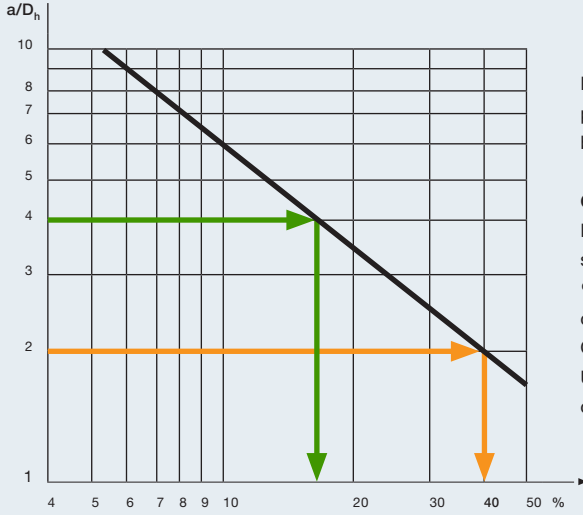
5. Okumaların değerlendirilmesi

DIN EN 12599'da, $\pm 10\%$ 'luk bir ölçüm belirsizliği ile belirlenecek hava hacimsel debisinin doğruluğu için bir gereklilik vardır. Burada sorulması gereken soru, az önce yapılan ölçümün ne kadar doğru olduğudur. DIN EN 12599 da buna cevaplar sağlar.

Ölçüm cihazının ve kullanılan probun belirsizliğine ek olarak, akış profilinin düzensizliği toplam hatayı belirlemek için çok önemli bir faktördür. Büyük bir profil düzensizliği olduğunda, gerekli olan $\pm 10\%$ 'luk ölçüm belirsizliği ancak aynı büyüklükteki bir dizi ölçüm noktasıyla elde edilebilir, ancak bu çok zaman alıcıdır. Bu nedenle, ölçüm noktalarının sayısı her zaman kesintilerden uzaklıkla bağlantılı olarak görülmelidir, çünkü bunlar profildeki düzensizlik söz konusu olduğunda belirleyicidir.

Adım 1: Akış profilinin düzensizliğinin belirlenmesi

Belirli bir kanal kesitinde gereken ölçüm noktası sayısı, akış profilinin düzensizliğine (bozulmasına) bağlıdır. Aşağıdaki diyagram, a/D_h bağlı mesafesi (hidrolik çapların miktarı olarak ifade edilen kesintiden uzaklık) ile akış profilinin düzensizliği U (yüzde olarak) arasındaki ampirik bir ilişkiyi göstermektedir. Mesafe arttıkça profil düzensizliğinin azaldığı görülmektedir.



Kesintiden uzaklığa göre akış profilinin düzensizliğinin U belirlenmesi.

Örnek:

Hidrolik çapın iki katı mesafedeki bir ölçüm için U %40'tır (okuma yönü sarı oklara bakın).
Öte yandan, $a = 4 D_h$ için U %20'nin altındadır (yeşil oklar).

Adım 2: Gerekli ölçüm noktalarının sayısının belirlenmesi

Şema kullanılarak belirlenen U değeri ile, belirli bir ölçüm doğruluğuna uymak için gerekli ölçüm noktalarının

sayısını aşağıdaki tablodan okuyabilirsiniz.

Ölçüm noktalarının sayısı	% olarak τ_u ölçümünün belirsizliği % olarak U profilinin düzensizliği					
	2	10	20	30	40	50
4	6	12	20	28	36	42
5	5	11	17	24	31	36
6	5	10	15	21	27	32
8	4	8	13	18	23	27
10	3	7	12	16	20	24
20	2	5	8	11	14	16
30	2	4	7	9	11	14
50	1	3	5	7	8	10
100	1	2	3	5	6	7
200	1	1	2	3	4	5

Ölçüm noktalarının sayısına bağlı olarak ölçümün belirsizliği.

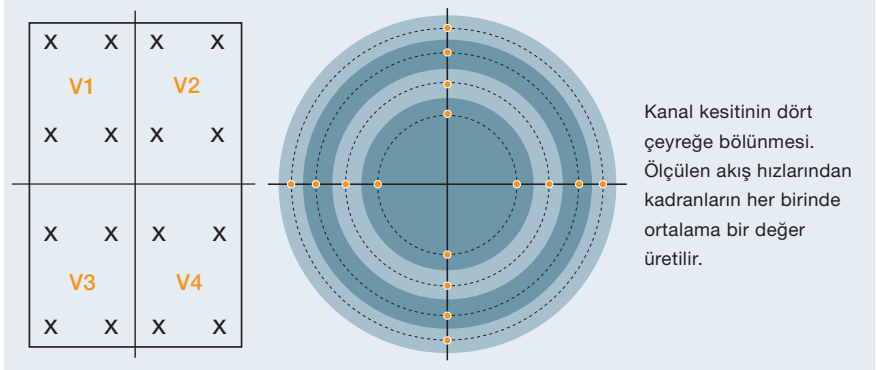
Örnek: U = %40 ve belirli bir $\tau_u = \pm\%15$ ölçüm belirsizliği için, 20 ölçüm noktası gereklidir (sarı alanlar, okuma yönü yukarıdan aşağıya ve sonra sola). U = %20 için 8 ölçüm noktası yeterlidir (yeşil alanlar).

İpucu: Kesintiden ölçüm mesafesini artırdıkça, ölçüm doğruluğunu bozmadan gerekli ölçüm noktalarının sayısını ve dolayısıyla ölçüm için gereken çabayı azaltabilirsiniz.

Adım 3: Akış profilinin düzensizliğinin hesaplanması

Okumalarınızı kullanarak akış profilinin düzensizliğini aritmetik olarak kontrol edebilirsiniz. Bunu yapmak için, kanal

kesitini eşit alana sahip dört çeyreğe bölün ve her kadran için okumaların aritmetik ortalamasını belirleyin.



En yüksek ve en düşük ortalama değer, aşağıdaki formüle göre akış

profilinin düzensizliğini verecektir:

$$U = \frac{\bar{V}_{\max} - \bar{V}_{\min}}{2}$$

U (*100) = % olarak akış profilinin düzensizliği

Vmax (m/sn) = dört çeyreğin hepsinin aritmetik ortalamasının maksimumu

Vmin (m/sn) = dört çeyreğin hepsinin aritmetik ortalamasının minimumu

V (m/sn) = tüm kesitteki hızın aritmetik ortalaması

Adım 4: DIN EN 12599'a göre toplam hata hesaplaması

Ölçüm noktasındaki (akış) etkilerden kaynaklanan ölçüm belirsizliğine ek olarak, dikkate alınması gerekebilecek başka olası hata kaynakları da vardır:

- Okuma sırasında ölçüm belirsizliği
- Ortalama değer ölçüm belirsizliği (dalgalanan ölçüm parametresi ile)
- Ölçüm cihazı göstergesi hatası (ölçüm cihazı hatası)
- Malzeme değerlerinin ölçüm belirsizlikleri, örn. hava yoğunluğu
- Dönüşümle ilgili belirsizlikler

Ölçüm noktasındaki etkilerden kaynaklanan belirsizlik ve ölçüm cihazı hataları (ölçüm cihazının ve/

veya problemlerin doğruluğu) bu konuda en büyük etkiye sahiptir. testo 400 gibi modern ölçüm cihazlarıyla, toplam belirsizlik hesaplandığında bunlar otomatik olarak dikkate alınır, böylece ölçümün standartlara uygun performansı ve sonuçların belgelenmesi desteklenir.

6. Ölçüm raporu

En geç teslim sırasında müşteriye tam bir ölçüm raporu verilmelidir. Bu ölçüm raporu, bina ve proje adı, spesifik ölçüm yeri, karşılaştırılan hedef değer, kullanılan ölçüm cihazı, kaydedilen okumalar ve ölçüm sonuçlarının belirsizliği ile ölçüm tarihi ve yeri ile ilgili ayrıntıları kapsar. testo 400, bu ölçüm raporunu doğrudan ölçüm cihazında tamamlamanızı ve e-posta ile göndermenizi sağlar. Bundan daha etkilisi olamaz.

