

SOĞUTMA VE IKLİMLENDİRME SİSTEMLERİNDE ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Ölçme Hataları ve
Belirsizlik Analizi



ÖLÇME HATALARI

- Yeryüzünde, ister bir kenar ister bir açı birkaç kez ölçüldüğünde her ölçü değeri arasında az çok farkların olduğu görülür. Yapılan her ölçünün sonucunu aynı bulmak hemen hemen imkansızdır. Ölçü hataları dediğimiz bu farklar, ölçüyü yapan kişi tarafından meydana gelebileceği gibi, ölçü aletlerinin hatalı olmasından ve atmosferik şartlardan da meydana gelebilir. Örnek olarak haritaların daima bir projeye esas teşkil edeceği ya da hukuki durumun belirtilmesinde kullanılacağı için mümkün olan (olması gereken) hassasiyette yapılması gerekir. Bu amaçla hataların belirlenip giderilebilenlerin giderilmesi, giderilemeyeceklerin de ölçüye etkisinin en aza indirilmesi ya da belirli sınırlar içinde tutulması gerekir. Ölçme işlerinde karşılaşılan hataların yakından tanınması son derece önemlidir.

ÖLÇME HATASI NEDİR?

- ▣ Ölçülen özelliğin gerçek değeri ile, ölçme sonuçlarında elde edilen değer arasındaki farktır. Ör: Gerçek uzunluğu 94x52 cm. olan bir sehpanın uzun kenarı ölçüldüğünde 92 cm. bulunur ise, bu ölçümde 2 cm. ölçme hatası vardır.

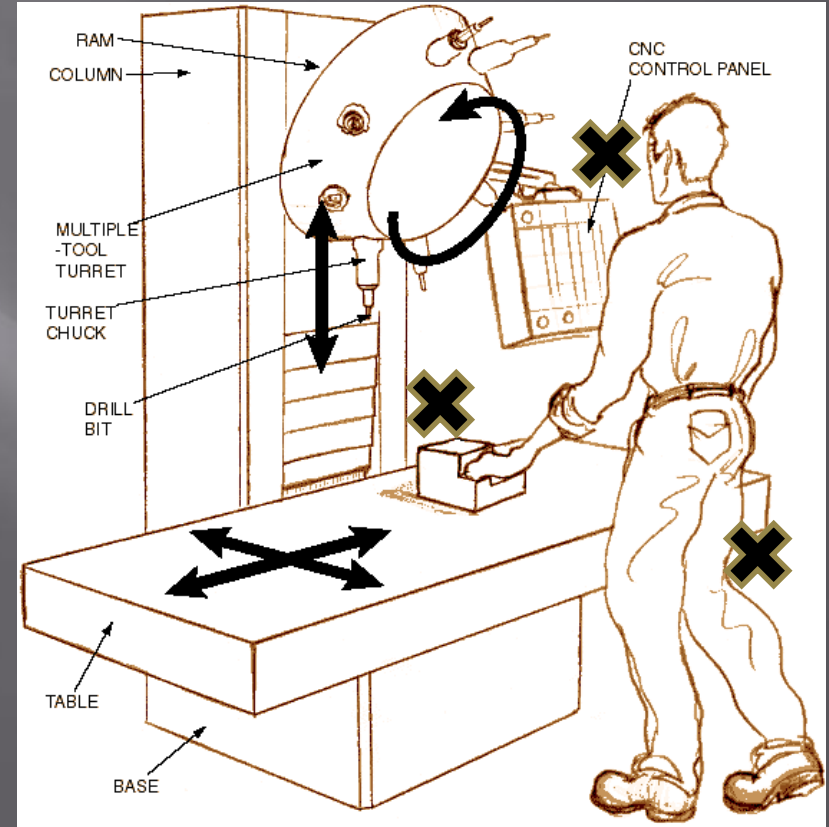


Ölçme Hatalarının Kaynakları

1. Ölçen kişiden gelen hatalar
2. Ölçülen özellikten gelen hatalar
3. Ölçme aracından gelen hatalar

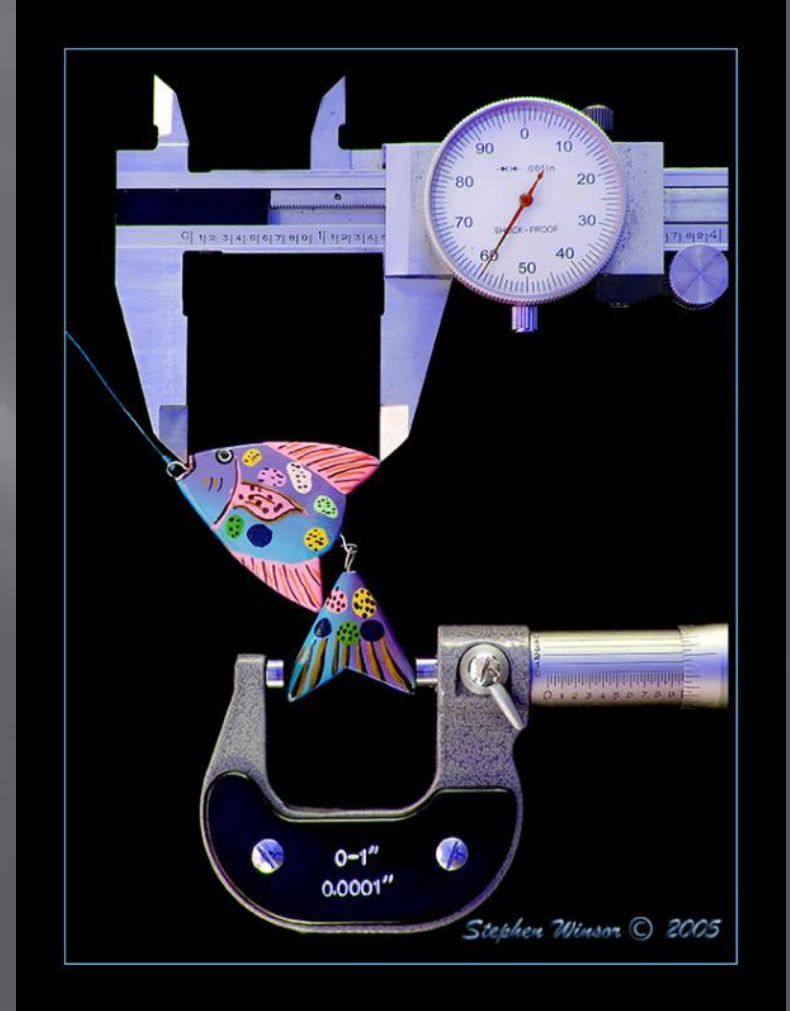
ÖLÇEN KİŞİDEN GELEN HATALAR

- Yaş
- Öğrenme durumu
- Herhangi bir bedensel özür
- Ruh hali
- O anki durumu



ÖLÇÜLEN ÖZELLİKTEN GELEN HATALAR

- Ölçülen özelliğin tam olarak tanımının yapılmamış olması
- Ölçülecek özelliğin tümünün ölçülemeyişi gibi özellikler ölçmede hataya neden olabilir



ÖLÇME ARACINDAN GELEN HATALAR

Kullanılan aracının basımından doğabilecek hatalar da ölçme hatalarına neden olabilir.

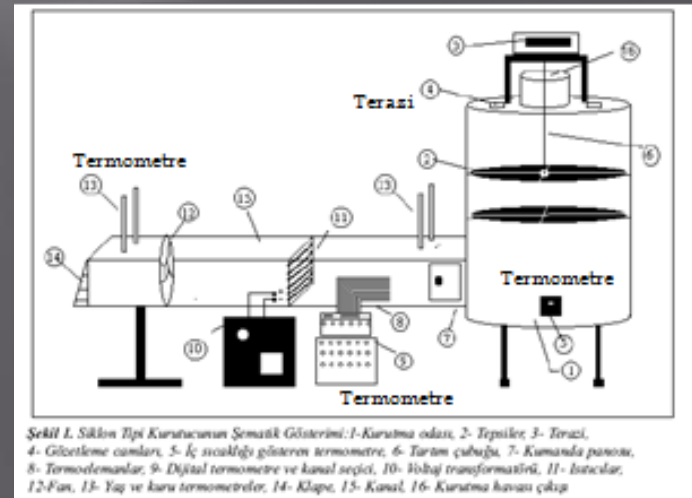
Örneğin 100 cm değil de 98 cm olan bir metre ile yapılan ölçüm haliyle bize hatalı sonuçlar verecektir.

Isıl etkilerden oluşan hatalar dikkat etmek gerekir. Her cihazın bir ölçme referans sıcaklığı vardır. Referans sıcaklığının dışındaki sıcaklıklarda ölçüm hataları oluşur. Burada sıcaklık farkı ve malzemenin ısıl genleşme katsayısı etkilidir.



DENEYSSEL HATA TIPLERİ VE NEDENLERİ

- Deneyleri yapan ve bu deney sonuçlarını kullanan araştırmacılar daima bulguların geçerliliğini bilmek isterler.
- Ayrıca deney yapılırken, deneyi yapan ne kadar dikkatli olursa olsun ne kadar dikkat ederse etsin, yine de deney sonuçlarında hatalar görülebilir.



DENEYSEL HATA TIPLERİ VE NEDENLERİ

- ▣ Genel olarak deneysel hataları üç grupta toplamak mümkündür.
 1. Dikkatsizlik ve Tecrübesizlikten kaynaklanan hatalar
 2. Sabit ve Sistematik hatalar
 3. Rastgele hatalar

Dikkatsizlik ve Tecrübesizlikten kaynaklanan hatalar

- ▣ Ölçme cihazının yanlış seçiminden veya ölçme sistemlerinin yanlış dizaynından ortaya çıkan hatalar bu grupta incelenir.
- ▣ Bu hatalar genellikle ölçülebilen diğer bulgulardan farklı karakterden olduğundan, tecrübeli bir deneyci tarafından kolaylıkla tespit edilerek, değerlendirme dışı bırakılabilir.
- ▣ Örnek olarak olarak sıcaklık ölçen bir termometre normal sıcaklıktan aşağı bir değer ölçmesi durumunda kolaylıkla tespit edilebilir.

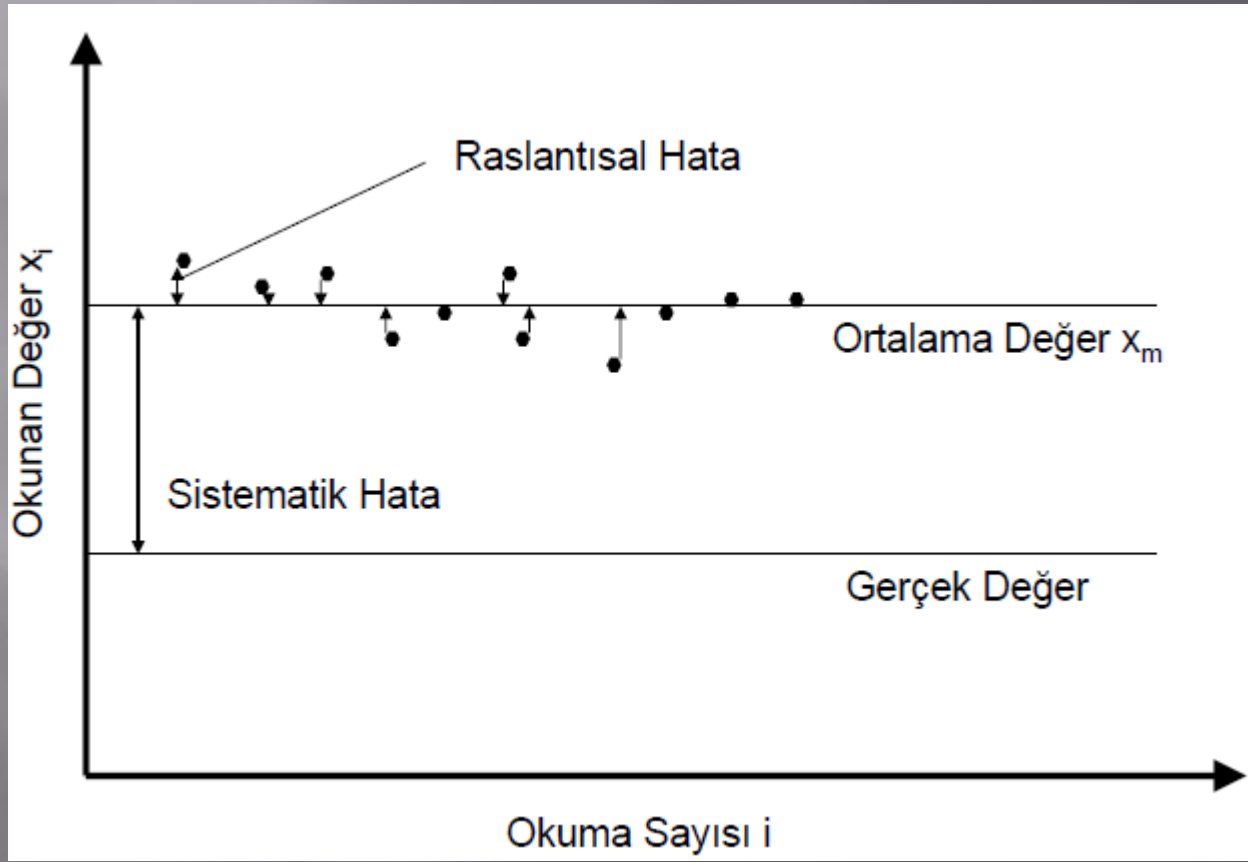
Sabit ve Sistemik hatalar

- ▣ Düzenli hatalar ölçüyü aynı yönde ve aynı miktarda etkileyen küçük hatalardır. Ölçüler ne kadar tekrar edilirse sistemik hata aynı kalır.
- ▣ Bunlarda genel olarak tekrar edilen okumalarda görülen ve nedenleri çoğunlukla bilinmeyen hatalardır. (Mesela bir termometrenin imalatından meydana gelen hata olarak tanımlayabiliriz.)

Rastgele hatalar

- ▣ Hata türleri içinde en tehlikeli olanıdır. Küçük miktardaki hatalardır. Ölçüleri bazen (+) bazen de (-) yönde etkiler.
- ▣ Bu hatalar ise deney yapan elemanların değişmesinden, deneyi yapanların dikkatlerinin zamanla azalmasından, elektrik gerilimini zamanla değişmesinden, cihazların ısınmasından ortaya çıkan hatalardır.
- ▣ Dikkatsizlikten gelen hatalarda olduğu gibi ölçülerin tekrarı suretiyle ya da sistematik hatalarda olduğu gibi ölçü sonuna düzeltme getirilerek giderme imkanı yoktur.

Hata analizi



HATA TESPİTLERİ VE ÇÖZÜMLENMESİ

- ▣ Belirli sayıda deney yapıldıktan sonra bu deneye ait sistematik (veya sabit) hataların tespiti için pratikte birkaç yöntem geliştirilmiştir.
- ▣ Akılcı Yaklaşım (Commonsense Basis)
- ▣ Belirsizlik Analizi (Uncertainty Analysis)

Akılcı Yaklaşım

- ▣ Bu tip hata analizinde ölçme sisteminde bulunan bütün aletlerin azami hataları yaptığı kabul edilir.

Örnek : Elektriksel güç hesabında $P = E \cdot I$ formülü kullanılır. Yapılan ölçümlere göre

- ▣ $E = 100 \text{ V} \pm 2\text{V}$
- ▣ $I = 10 \text{ A} \pm 0.2 \text{ A}$

ise elektriksel gücün belirsizliğini akılcı yaklaşıma göre bulunuz.

Akılcı Yaklaşım

- ▣ Örnekteki ölçülen değerlerin azami hata yaptığı kabul edilirse

$$E_{\min} = 98 \text{ V} ; E_{\max} = 102 \text{ V}$$

$$I_{\min} = 9.8 \text{ A} ; I_{\max} = 10.2 \text{ A olur;}$$

- ▣ Bu durumda elektriksel güç

$$P_{\min} = (98 \text{ V}) * (9.8 \text{ A}) = 960.4 \text{ W}$$

$$P_{\max} = (102 \text{ V}) * (10.2 \text{ A}) = 1040.4 \text{ W}$$

$$P = 1000 \pm \%4.04 \text{ W} - \%3.96$$

Ama belki hiçbir zaman her iki değerde max hata oluşma imkanı olamayacaktır.

Belirsizlik Analizi

- ▣ Belirsizlik analizi bize sonuçların hassasiyeti hakkında yöntemsel bir yaklaşım sunar.
- ▣ Bu yaklaşım ile olası hatalar için bir aralık belirlenmektedir.
- ▣ Belirsizlik analizi diğer analizlere göre belirgin bir üstünlüğü, burada en büyük hataya neden olan değişkenin hemen tespit edilebilmesidir.

İki çeşit belirsizlik analizi yöntemi kullanılmaktadır.
Bunlar :

- ANSI/ASME International's PTC 19.1 Test Uncertainty
- ISO "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement" (ISO GUM)

Belirsizlik Analizi Hesabı

- n adet bağımsız değişkeni olan bir ölçümede
- R : Ölçülecek boyut
- $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$: ölçümü etkileyen değişkenler
- $w_1, w_2, w_3, \dots, w_n$: bağımsız değişkenle ilgili hata oranı ise
- Toplam hata oranı W_R ;

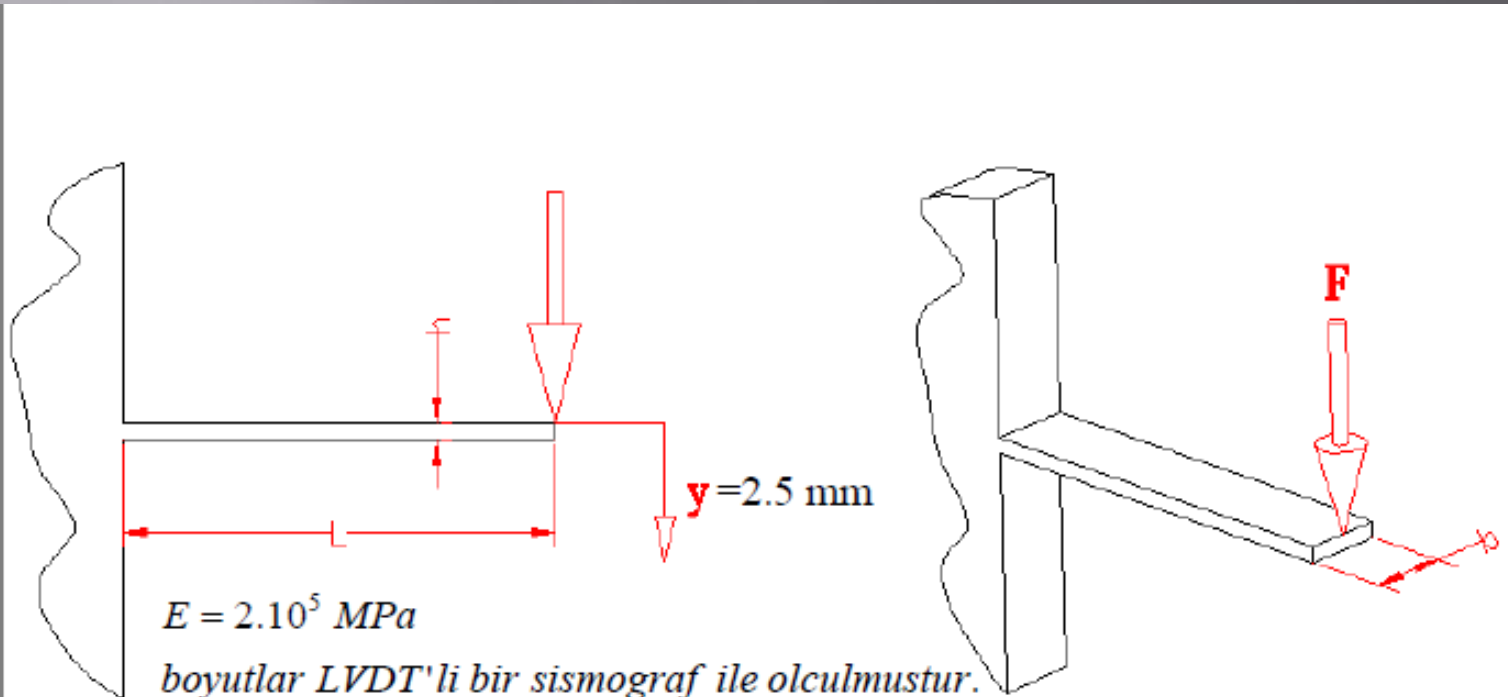
$$W_R = \left[\left(\frac{\partial R}{\partial x_1} w_1 \right)^2 + \left(\frac{\partial R}{\partial x_2} w_2 \right)^2 + \left(\frac{\partial R}{\partial x_3} w_3 \right)^2 + \dots + \left(\frac{\partial R}{\partial x_n} w_n \right)^2 \right]^{1/2}$$

veya

$$\frac{W_R}{R} = \left[\left(\frac{w_{x_1}}{x_1} \right)^2 + \left(\frac{w_{x_2}}{x_2} \right)^2 + \left(\frac{w_{x_3}}{x_3} \right)^2 + \dots + \left(\frac{w_{x_n}}{x_n} \right)^2 \right]^{1/2}$$

- Belirsizlik analizinin en büyük üstünlüğü, burada en büyük hataya neden olan değişkenin hemen tespit edilebilmesidir.

Belirsizlik Analizi Örnek 1



$E = 2.10^5 \text{ MPa}$
boyutlar LVDT'li bir sismograf ile ölçülmüştür.
LVDT belirsizliği $\pm 0.01 \text{ mm}$ 'dir. LVDT=Diferansiyel transformatör
 $b = 5 \text{ mm} \pm 0.01 \text{ mm}$
 $h = 1 \text{ mm} \pm 0.01 \text{ mm}$
 $L = 25 \text{ mm} \pm 0.01 \text{ mm}$ ise
F'in belirsizliği nedir?

Belirsizlik Analizi Örnek 1

$$F = \frac{3Ebh^3}{12L^3} y$$

$$F = \frac{3 \cdot (2 \cdot 10^5) \cdot (0.005) \cdot (0.001)^3}{12 \cdot (0.025)^3} \cdot (0.0025) = 40 \text{ N}$$

Kuvvet ölçümündeki belirsizlik

$$W_F = \left[\left(\left(\frac{\partial F}{\partial b} \right) w_b \right)^2 + \left(\left(\frac{\partial F}{\partial h} \right) w_h \right)^2 + \left(\left(\frac{\partial F}{\partial L} \right) w_L \right)^2 + \left(\left(\frac{\partial F}{\partial y} \right) w_y \right)^2 \right]^{1/2}$$

$$\frac{W_F}{F} = \left[\left(\frac{w_b}{b} \right)^2 + 9 \left(\frac{w_h}{h} \right)^2 + 9 \left(\frac{w_L}{L} \right)^2 + \left(\frac{w_y}{y} \right)^2 \right]^{1/2}$$

$$\frac{W_F}{F} = \left[\left(\frac{0.01}{5} \right)^2 + 9 \left(\frac{0.01}{1} \right)^2 + 9 \left(\frac{0.01}{25} \right)^2 + \left(\frac{0.01}{2.5} \right)^2 \right]^{1/2}$$

belirsizlik %3.04

Belirsizlik Analizi Örnek 2

- ▣ Bir devrede R elektrik direncindeki güç;
 $P = E^2 / R$ şeklinde gerilim ve direnç ölçülerek bulunmaktadır. P gücünün ölçülmesinde ortaya çıkan belirsizliği bulunuz. (R ve E deki belirsizlikler %1 şeklinde gerçekleşmektedir.)

Çözüm:

$$\frac{\partial P}{\partial E} = \frac{2E}{R} \quad , \quad \frac{\partial P}{\partial R} = -\frac{E^2}{R^2}$$

$$w_P = \left[\left(\frac{2E}{R} \right)^2 w_E^2 + \left(-\frac{E^2}{R^2} \right)^2 w_R^2 \right]^{1/2}$$

elde edilir. Buradaki bütün terimler $P = E^2 / R$ ile bölünürse,

$$\frac{w_P}{P} = \left[4 \left(\frac{w_E}{E} \right)^2 + \left(\frac{w_R}{R} \right)^2 \right]^{1/2} = [4(0.01)^2 + (0.01)^2]^{1/2}$$

= % 2.236 bulunur.

Belirsizlik Analizi Örnek 3

- $\tau = \frac{\pi \cdot \mu \cdot \omega \cdot r^4}{h}$ denklemindeki bileşenlerin belirsizlik miktarı $\mu: \%5, \omega: \%3, h: \%2, r: \%1$ ise kayma gerilmesindeki toplam belirsizlik miktarını belirleyiniz?

Çözüm:

DeneySEL verilerdeki belirsizlik için denklem ;

$$U = \frac{\partial \tau}{\tau} = \left[\left(\frac{\partial \tau}{\partial x_1} \delta x_1 \right)^2 + \left(\frac{\partial \tau}{\partial x_2} \delta x_2 \right)^2 + \left(\frac{\partial \tau}{\partial x_3} \delta x_3 \right)^2 + \dots \right]^{1/2}$$

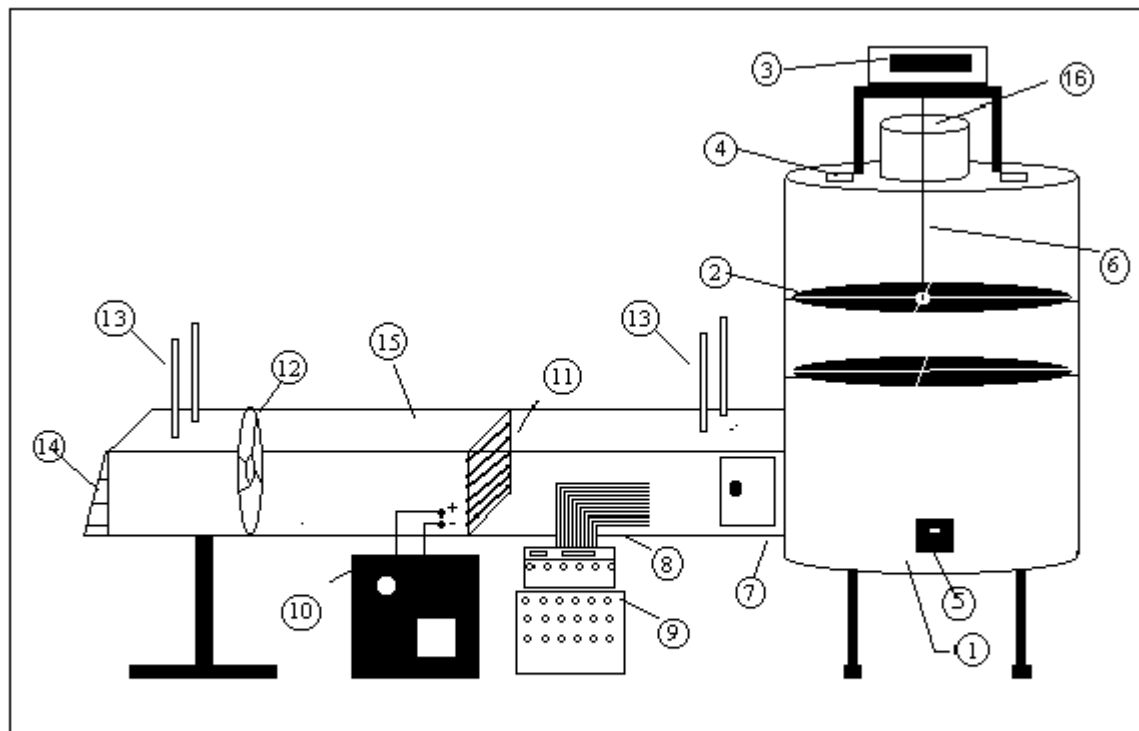
$$U = \frac{\partial \tau}{\tau} = \left[\left(1 \cdot \frac{\delta \mu}{\mu} \right)^2 + \left(1 \cdot \frac{\delta \omega}{\omega} \right)^2 + \left(1 \cdot \frac{\delta h}{h} \right)^2 + \left(4 \cdot \frac{\delta r}{r} \right)^2 \right]^{1/2}$$

Belirsizlik miktarı;

$$U = \left[(1 \cdot 5)^2 + (1 \cdot 3)^2 + (1 \cdot 2)^2 + (4 \cdot 1)^2 \right]^{1/2} = 0,0734 \text{ (\% 7,34)}$$

Belirsizlik Analizi Örnek 4

- Kurutma sisteminde belirsizlik analizi



Şekil 1. Siklon Tipi Kurutucunun Şematik Gösterimi: 1- Kurutma odası, 2- Tepsiler, 3- Terazi, 4- Gözetleme camları, 5- İç sıcaklığı gösteren termometre, 6- Tartım çubuğu, 7- Kumanda panosu, 8- Termoelemanlar, 9- Dijital termometre ve kanal seçici, 10- Voltaj transformatörü, 11- Isıtıcılar, 12- Fan, 13- Yaş ve kuru termometreler, 14- Klapa, 15- Kanal, 16- Kurutma havası çıkışı

Hata Kaynak Miktarları

- Sıcaklık ölçümünde ortaya çıkabilecek hatalar deneylerde kullanılan ölçüm aletlerine bağlı olarak değişmektedir. Deneyler sırasında sistemde çeşitli noktalarda yapılan sıcaklık ölçümlerinden kaynaklanan hatalar;
 - (a1) Termoeleman çiftlerinden kaynaklanan hata = $\pm 0.25-0.5$ °C,
 - (b1) Dijital termometreden kaynaklanan hata = ± 0.1 °C,
 - (c1)Bağlantı elemanları ve noktalarından kaynaklanan hata = ± 0.1 °C,
 - (d1)Cam termometrenin yapısından, iletim kabiliyetinden ve kılcallığından kaynaklanan hata = $\pm 0.25-0.5$ °C,
 - (e1)Fan girişinde sıcaklık ölçülmesinde yapılabilecek ortalama hata = ± 0.25 °C,
 - (f1)Isıtıcı çıkışında sıcaklığın ölçülmesinde yapılabilecek ortalama hata = ± 0.5 °C,
 - (g1)Kurutma havasının siklona giriş sıcaklığının ölçülmesinde yapılabilecek ortalama hata= ± 0.25 °C,
 - (h1)Kurutma havasının siklondan çıkış sıcaklığının ölçülmesinde yapılabilecek ortalama hata= ± 0.25 °C,
 - (j1)Örneğin merkez sıcaklığının ölçülmesinde yapılabilecek ortalama hata= ± 0.25 °C,
 - (k1)Siklon içerisindeki ve tepsiler arasındaki sıcaklığının ölçülmesinde yapılabilecek ortalama hata= ± 0.25 °C,
 - (l1)Çevre ya da deney ortamı sıcaklığının ölçülmesinde yapılabilecek ortalama hata= ± 0.25 °C,
 - (m1)Fan girişindeki sıcaklığın kuru ve yaş termometre ile okunması sırasındaki yapılabilecek ortalama hata= ± 0.5 °C,

Toplam Hatalar Tablosu

Çözüm

Fan girişinde hava sıcaklığının (T_{fg}) ölçülmesinde yapılabilecek toplam hata ölçümünde (W_{Tfg}) (2a) numaralı denklem kullanılarak hesaplanmıştır.

$$W_{Tfg} = [(a1)^2 + (b1)^2 + (c1)^2 + (e1)^2]^{1/2} \quad (2a)$$

$$W_{Tfg} = [(0.25)^2 + (0.1)^2 + (0.1)^2 + (0.25)^2]^{1/2}$$

$$W_{Tfg} = \pm 0.380$$

Fan girişinde hava sıcaklığının ölçülmesinden kaynaklanan hata	$W_{Tfg} = \pm 0.380 \pm 0.576 \text{ } ^\circ\text{C}$
Isıtıcı çıkışı hava sıcaklığının ölçülmesinden kaynaklanan hata	$W_{Tiq} = \pm 0.576 \text{ } ^\circ\text{C}$
Kurutma havasının siklona giriş sıcaklığı ölçülmesinden kaynaklanan hata	$W_{Tsg} = \pm 0.380 \text{ } ^\circ\text{C}$
Kurutma havasının siklona çıkış sıcaklığı ölçülmesinden kaynaklanan hata	$W_{Tsq} = \pm 0.380 \text{ } ^\circ\text{C}$
Kurutulan örneklerin merkez sıcaklığı ölçülmesinden kaynaklanan hata	$W_{Tm} = \pm 0.380 \text{ } ^\circ\text{C}$
Kurutma havasının siklondan içerisindeki ve tepsiler arasındaki sıcaklığının ölçülmesinden kaynaklanan hata	$W_{Tsta} = \pm 0.380 \text{ } ^\circ\text{C}$
Çevre ya da deney ortamı sıcaklığının ölçülmesinden kaynaklanan hata	$W_{Tq} = \pm 0.380 \text{ } ^\circ\text{C}$
Fan girişinde hava sıcaklığının kuru ve yaş Termometreyle ölçülmesinden kaynaklanan hata	$W_{Tkyf} = \pm 0.559 \pm 0.707 \text{ } ^\circ\text{C}$

Sistemdeki en büyük hata değerleri sıcaklık ölçümünde elde edilmiştir. Sıcaklık ölçümündeki toplam hata $\pm 0.380 \pm 0.707 \text{ } ^\circ\text{C}$ arasında değişmiştir.

TEŞEKKÜRLER