

Mérések, mérési eredmények, mérési bizonytalanság

A mérések általános és alapvető
metrológiai fogalmai és definíciói

mérés

Műveletek összessége, amelyek célja egy
mennyiség értékének meghatározása.

mérési elv

A mérés tudományos alapja.

Például:

- a hőmérséklet mérésére használt termoelektromos effektus
- a villamos feszültség mérésére alkalmazott Josephson-effektus
- a sebesség mérésére alkalmazott Doppler-effektus

mérési módszer

A mérés elvégzéséhez szükséges, fő vonalakban leírt műveletek logikai sorrendje.

mérési eljárás

Egy adott mérés során a mérési módszernek megfelelő módon elvégzendő, részletesen leírt, konkrét műveletek összessége.

A mérési eljárást gyakran írásban rögzítik, és magát a dokumentumot nevezik mérési eljárásnak vagy módszernek.

Elég részletesnek kell lennie ahhoz, hogy a mérés minden további információ nélkül elvégezhető lehessen.

mérendő mennyiség, mért mennyiség

A mérés tárgyát képező konkrét mennyiség.

A mérendő mennyiség jellemzéséhez további mennyiségekre, például az időre, a hőmérsékletre, nyomásra vonatkozó megállapítások is szükségesek lehetnek.

Pl.: Egy vízminta gőznyomása 20 °C-on.

befolyásoló mennyiség

A mérendő mennyiségtől különböző olyan mennyiség, amely hatással van a mérési eredményre.

Például:

- a hosszúság méréséhez használt mikrométer hőmérséklete;*
- a frekvencia a váltakozó elektromos feszültség amplitúdójának mérésekor;*

mérőjel

A mérendő mennyiséget reprezentáló és azzal függvénykapcsolatban levő mennyiség.

A mérőjelet használó méréseket **közvetett mérésnek** nevezzük.

Például:

- egy nyomástávadó villamos kimenőjele;
- az elektrokémiában koncentráció-különbség mérésére használt cella elektromotoros ereje;

transzformált érték

Adott mérendő mennyiséget reprezentáló mérőjel értéke.

A mérési eredmények általános és alapvető metrológiai fogalmai és definíciói

mérési eredmény

A mérendő mennyiségnek tulajdonított, **méréssel kapott érték.**

*A mérési eredmény megadásakor egyértelművé kell tenni, hogy az az **értékmutatásra**, a **korrigálatlan eredményre**, a **korrigált eredményre**, vagy **több érték átlagára** vonatkozik.*

*A mérési eredmény teljes megadása a **mérési bizonytalanságra** vonatkozó információt is tartalmazza.*

értékmutatás (mérőeszközé)

A mérendő mennyiségnek a mérőeszköz által szolgáltatott értéke.

*Az értékmutatás lehet a **mérendő mennyiség**, a **mérőjel értéke**, vagy a mérendő mennyiség kiszámításához szükséges **valamely más mennyiség**.*

korrigálatlan eredmény

A mérési eredmény a rendszeres hiba korrekcióba vétele előtt.

korrigált eredmény

A mérési eredmény a rendszeres hiba korrekcióba vétele után.

mérési pontosság

A mérési eredménynek és a mérendő mennyiség valódi értékének a közelsége.

A pontosság kvalitatív fogalom, de értéke - a valódi érték megismerhetetlensége miatt - nem ismerhető meg.

megismételhetőség

Azonos mérendő mennyiség azonos feltételek között megismételt mérései során kapott eredmények közelsége.

A megismételhetőségi feltételek azonos mérési módszert, azonos mérőszemélyt, azonos mérőeszközt, azonos mérési helyet, és rövid időn belüli ismétléseket jelentenek.

Az eredmények szóródásának valamelyik jellemzőjével fejezhető ki.

reprodukálhatóság

Azonos mérendő mennyiség megváltozott feltételek mellett megismételt mérései során kapott eredmények közelsége.

A specifikálásához a megismételhetőségnél felsorolt feltételek változásának specifikálása szükséges.

Mennyiségileg az eredmények szóródásának valamelyik jellemzőjével fejezhető ki.

tapasztalati szórás

Ugyanazon mérendő mennyiség meghatározása céljából végzett n számú mérésből álló sorozat esetében az eredmények szóródását jellemző s mennyiség.

mérési bizonytalanság

A mérési eredményhez társított paraméter, amely a mérendő mennyiségnek megalapozottan tulajdonítható értékek szóródását jellemzi.

A mérést a meghatározhatatlan mérési pontosság helyett, a mérési eredményhez társított mérési bizonytalansággal tudjuk jellemezni.

hiba (mérési hiba)

A mérési eredmény mínusz a mérendő mennyiség valódi értéke.

Mivel a valódi érték nem határozható meg, a valóságban a konvencionális valódi értéket kell használni.

relatív hiba

A mérési hiba osztva a mérendő mennyiség valódi értékével.

Mivel a valódi érték nem meghatározható, a gyakorlatban helyette a konvencionális valódi értéket kell használni.

véletlen hiba

A mérési eredmény mínusz az az átlagérték, amely ugyanazon mérendő mennyiség megismételhetőségi feltételek között végzett végtelen sok mérésének eredményéül adódna.

Mivel csak véges számú mérést lehet elvégezni, a véletlen hibára csak becslés adható.

rendszeres hiba

Az az átlagérték, amely ugyanazon mérendő mennyiség megismételhetőségi feltételek között végzett végtelen sok mérésének eredményéül adódna, mínusz a mérendő mennyiség valódi értéke.

*A rendszeres hiba = a hiba – a véletlen hiba.
A valódi értékhez hasonlóan a rendszeres hiba és annak okai sem lehetnek teljesen ismertek.*

korrekció

A rendszeres hiba kompenzálása céljából a korrigálatlan mérési eredményhez algebrailag hozzáadott érték.

A korrekció a becsült rendszeres hiba mínusz egyszerese.

Mivel a rendszeres hiba nem lehet teljesen ismert, a kompenzálás sem lehet teljes.

korrekciós tényező

Számtényező, amellyel a rendszeres hiba kompenzálása céljából a korrigálatlan eredményt meg kell szorozni.

Mivel a rendszeres hiba nem lehet teljesen ismert, a kompenzáció sem lehet teljes.

Mérési bizonytalanság

A mérési bizonytalanság fogalma

- A mérési eredmény bizonytalansága a mérendő mennyiség értékére vonatkozó **pontos ismeret hiányát** fejezi ki.
- Az ugyan olyan körülmények között meghatározott, és ugyan olyan módon kifejezett mérési bizonytalanság értéke a **mérési eredmény „minőségét”** jellemzi.

A mérési bizonytalanság fogalma

- A **mérést terhelő hibák mértéke** – a mérendő mennyiség valódi értékének megismerhetetlensége miatt – **nem számszerűsíthető**, és így a mérési eredmény **kvantitatív jellemzésére** nem alkalmas. Erre a célra csak a **mérési bizonytalanság** alkalmazható.

A bizonytalanság lehetséges forrásai

- A mérendő mennyiség hiányos definíciója.
- A mérendő mennyiség definíciójának nem kielégítő realizálása.
- Az etalonok és anyagminták bizonytalansága.
- A mérési módszerekben és eljárásokban alkalmazott közelítések és hipotézisek.
- A mérőműszerek véges felbontóképessége és érzékenysége.

A bizonytalanság lehetséges forrásai

- A környezeti feltételek mérésre vonatkozó hatásával kapcsolatos nem megfelelő ismeretek.
- A környezeti feltételek mérésének bizonytalansága.
- Az analóg műszerek leolvasási hibái.
- A nem elég reprezentatív mintavétel.
- A nem megfelelő minta előkészítés.
- A kalibrációs függvény paramétereinek bizonytalansága.

A mérési bizonytalanság meghatározása

Mérési bizonytalanságként általában a standard bizonytalanságot határozzuk meg.

Standard bizonytalanság:

Egy mérés eredményeinek bizonytalansága **szórásként** kifejezve.

Standard bizonytalanság meghatározása

- A standard bizonytalanság becsléséhez szükséges a mérést befolyásoló **összes mennyiség hatásának** ismerete ill. becslése.
- A bizonytalanság meghatározását **két különböző módon** végezhetjük el:
 1. a standard bizonytalanság A típusú értékelése,
 2. a standard bizonytalanság B típusú értékelése.

A standard bizonytalanság A típusú értékelése

A bizonytalanság kiértékelésének a mérési sorozat statisztikai kiértékelésén alapuló módszere.

Ennél a módszernél standard bizonytalanságnak a megismételhetőségi feltételek mellett elvégzett mérési sorozat korrigált tapasztalati szórását tekintjük:

$$u = s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

A standard bizonytalanság B típusú értékelése

A bizonytalanság kiértékelésének a mérési sorozatok statisztikai kiértékelésétől eltérő, más módszere.

A standard bizonytalanság ilyen meghatározása tapasztalaton és általános ismereteken alapuló elmélyült szaktudást igényel. Bizonyos esetekben ez a típusú értékelés elérheti, sőt meg is haladhatja az A típusú értékelés megbízhatóságát.

A standard bizonytalanság B típusú értékelése

Az értékeléshez szükséges információk forrásai:

- Korábbi mérési adatok.
- A mérés során használt anyagok és műszerek viselkedésére és tulajdonságaira vonatkozó tapasztalatok, általános ismeretek.
- A műszer gyártójától kapott specifikáció.
- Kalibrálási v. más bizonylatolt adatok.
- Kézikönyvi adatoknak tulajdonított bizonytalanságok.

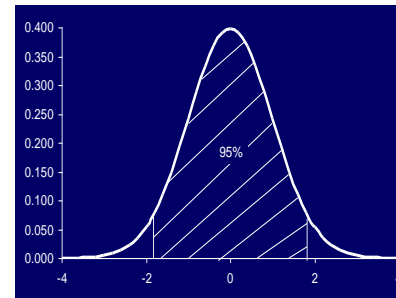
Kiterjesztett mérési bizonytalanság

A mérési eredmény körüli olyan **tartományt meghatározó mennyiség**, amelytől elvárható, hogy a mérendő mennyiségnek ésszerűen tulajdonítható értékek eloszlásának egy **nagy hányadát** magában foglalja.

$$U = k \cdot u$$

k: kiterjesztési tényező, a kiválasztott megbízhatósági szint függvénye

A kiterjesztési tényező megválasztása



$$\mu \leftarrow \bar{x}$$

$$\sigma \leftarrow s, \left(s_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}} \right)$$

$$\mu \pm k \cdot \sigma$$

Megbízhatósági szint	α %	k
95 %	5	1,96
99 %	1	2,58
99,9 %	0,1	3,29
99,99 %	0,01	4

$\mu=0, \sigma=1$ (standardizált normál eloszlás sűrűségfüggvénye)

A bizonytalanság megadása függvényként

Az előzőekben leírt módszerekkel a mért mennyiség (x) **egy-egy konkrét értékéhez** tartozó bizonytalanságot tudjuk meghatározni.

A bizonytalanság több ponton történő meghatározása után lehetőség van az **u(x)**, **vagy U(x) függvények** – pl. regresszióval történő - **meghatározására**.

A mérési eredmény teljes megadása

A mérési eredmény teljes megadását a **kiterjesztett mérési bizonytalanság** felhasználásával a tudjuk megtenni:

$x \pm U$, m% megbízhatósági szinten.

Pl.: $R=280 \pm 6,2 \Omega$, 95% megbízhatósági szinten.