

# 1. FÜGGELÉK. METROLÓGIAI KIFEJEZÉSEK

A *metrológia* a mérések tudománya. Tekintve, hogy a mérések kiértékelése évszázadokra nyúlik vissza, számos módszer és kifejezés terjedt el a gyakorlatban, közülük több elavult, eredeti definíciója elhomályosult, és egyre több zavar keletkezett. Ezért az ISO<sup>1</sup> vezetésével a világ hét metrológiai szervezete az 1990-es évek elején szabványosították az elnevezéseket és jelöléseket, pontosabbá tették a definíciókat. A [8] szógyűjtemény szerzője írja:

“A tudomány és a technika minden ágában gondosan meg kell válogatni az alkalmazott szókincset. Minden kifejezésnek ugyanazt kell jelentenie bárki is használja azt. Pontosán körülírt dolgot kell jelentenie, de ez a jelentés nem kerülhet ellentmondásba a mindennapi nyelvhasználattal. Ez különösen érvényes a metrológiában, ahol még egy járulékos nehézség is felmerül: minden mérést hiba terhel, amelyet azonban csak tökéletlenül ismerünk, így a metrológiai kifejezéseknek ki kell fejezniük ezt a bizonytalanságot is. Mi több, még a pontatlanságra is pontosan definiált kifejezést kell találnunk.”

A kialakult nemzetközi szabványokat Magyarországon is bevezették, így azok nálunk is kötelezők mindenki számára. Ennek a függeléknek a célja a legfontosabb fogalmak és elnevezések szótárszerű meghatározása. A metrológiai kifejezések és a valószínűség-elmélet, illetve a matematikai statisztika szókészlete és fogalomrendszere egymásnak többé-kevésbé megfeleltethető, de vannak eltérések is. Mindenesetre a szabványosítás csak a metrológiára korlátozódik.

Az alábbiakat áttanulmányozva látni fogjuk, hogy a kísérleti fizikusok szóhasználata több tekintetben is eltér a szabványos metrológiai kifejezésektől. A fiatal generációnak már a szabványoknak megfelelő szókincset kell megtanulniuk, de az idősebb generációnak is fokozatosan át kell vennie azt.

## **F1.1. Metrológiai kyszótár**

Az alábbi táblázatban megnevezett fogalmakhoz megadjuk a [8] szótárban használt numerikus azonosítókat, ami remélhetőleg megkönnyíti az Olvasó számára a metrológiai szabványokban való eligazodást. A táblázat két utolsó sorában [8]-ből kimaradt kifejezések szerepelnek, így ezeknél hiányzik a számjel. A táblázathoz számos megjegyzést fűztünk.

Fogalom	Meghatározás
---------	--------------

<sup>1</sup> International Organization for Standardization, Nemzetközi Szabványügyi Szervezet.

1.1. (Mérhető) mennyiség	Egy jelenségnek, testnek vagy anyagnak minőségileg elkülöníthető és mennyiségileg meghatározható jellemzője
1.9. Valódi érték <sup>1)</sup>	Egy adott mennyiség definíciójával összhangban levő érték
1.21. Számérték	Az a szám, amely a mértékegységgel együtt megadja egy mennyiség értékét
2.1. Mérés	Művelet sor egy mennyiség meghatározása céljából
2.7. Mért mennyiség	A mérés tárgyát képező mennyiség
3.1. Mért érték	Egy mért mennyiségnek mérés által szolgáltatott értéke
3.3. Korrigálatlan adat	Mért adat a szisztematikus hibára való korrekció előtt
3.4. Korrigált adat	Mért adat a szisztematikus hibára való korrekció végrehajtása után
3.5. Mérési pontosság <sup>2)</sup>	Egy mennyiség mért értéke és valódi értéke közötti egyezés szorossága
3.6. Megismételhetőség <sup>3)</sup>	Ha egy mennyiség mérését azonos körülmények mellett megismételjük, az eredményül kapott mért értékek közötti egyezés szorossága
3.7. Reprodukálhatóság <sup>4)</sup>	Ha egy mennyiség mérését változó körülmények mellett megismételjük, az eredményül kapott mért értékek közötti egyezés szorossága
3.8. Empirikus szórás <sup>5)</sup>	A (5.7) képlettel becsült $s$ mennyiség
3.9. Mérési bizonytalanság <sup>6)</sup>	A mérés eredményéhez kapcsolt mennyiség, ami jellemzi a mért mennyiségnek józanul tulajdonítható értékek szórását
3.10. Mérési hiba <sup>7)</sup>	A mért érték és a valódi érték különbsége
3.12. Relatív hiba <sup>8)</sup>	A mérési hiba osztva a valódi értékkel
3.13. Véletlen hiba <sup>9)</sup>	Tegyük fel, hogy a mérést a megismételhetőség (6.6) feltételei között végtelen sokszor megismételjük. A véletlen hiba egy mért érték és a az ebből kapott átlag közötti különbség
3.14. Rendszeres (szisztematikus) hiba <sup>10)</sup>	Tegyük fel, hogy a mérést a megismételhető módon (6.6) végtelen sokszor megismételjük. A rendszeres hiba az ebből kapott átlag és a valódi érték közötti különbség
3.15. Korrekció	Egy nyers mért értékhez a rendszeres hiba ellensúlyozása céljából algebrai módon hozzáadott érték
3.16. Korrekciós tényező	Számérték, amellyel egy nyers mért értéket megszorozunk a rendszeres hiba ellensúlyozása céljából
Bizonytalanság A-típusú becslése <sup>11)</sup>	A mérési bizonytalanságnak a mért értékek statisztikai elemzésén alapuló becslése
Bizonytalanság B-típusú becslése <sup>12)</sup>	A mérési bizonytalanságnak az A-típusú becsléstől eltérő eszközökkel való becslése

<sup>1)</sup> Ezt kapnánk egy tökéletes mérés eredményeként. A valódi érték természetéből következik, hogy nem lehet meghatározni. A valódi érték függ a mennyiség definíciójától.

<sup>2)</sup> A pontosság kvalitatív fogalom. Helyette nem használható a "precizitás" kifejezés.

<sup>3)</sup> A megismételhetőség kvantitatívan is kifejezhető a mért értékek szórását jellemző mutatók segítségével.

<sup>4)</sup> Ahhoz, hogy a reprodukálhatóságra vonatkozó kijelentés egyértelmű legyen, meg kell adni azokat a feltételeket, amelyeket változtatunk. A reprodukálhatóság kvantitatívan is kifejezhető a mért értékek szórását jellemző mutatók segítségével.

<sup>5)</sup> Az  $s^2$  mennyiség az elméleti  $\sigma^2$  szórásnégyzet torzítatlan becslése.  $s/\sqrt{n}$  a  $\bar{\xi}$  mintaátlag szórási becslése. Ugyan nevezik néha a "mintaátlag standard hibájának" is, de ez helytelen és kerülendő.

<sup>6)</sup> Ez a mennyiség lehet például a szórás ( $s$ ) vagy a valamilyen  $\varepsilon$  konfidenciaszinthez tartozó konfidenciaintervallum félszélessége. A “mennyiségnek józanul tulajdonítható értékek” többnyire a mért értékek. A bizonytalanságnak több összetevője lehet: elsősorban az adott mérésből levezetett empirikus szórás, de további összetevőként megjelenhetnek a korábbi tapasztalatokból leszűrt eloszlásokhoz tartozó szórások is.

mennyiségnek józanul tulajdonítható értékek.

<sup>7)</sup> Mivel a valódi értéket nem ismerjük, nem ismerhetjük a mérési hibát sem. A gyakorlatban előfordul, hogy megegyezés alapján választanak valamilyen konvencionális valódi értéket, és ahhoz viszonyítják a mérési hibát. A “mérési hiba” kifejezés nem használható “szórás” vagy “bizonytalanság” értelemben.

<sup>8)</sup> Amikor a szöveggörnyezet megkívánja a mérési hiba és a relatív hiba megkülönböztetését, az előbbi helyett használható az “abszolút mérési hiba” kifejezés, ami nem tévesztendő össze a “mérési hiba abszolút értékével”.

<sup>9)</sup> A véletlen hiba a mérési hiba mínusz a rendszeres hiba (6.14). Mivel egy mérést lehetetlen végtelen sokszor megismételni, a véletlen hibát csak közelítőleg tudjuk becsülni.

<sup>10)</sup> Mint a mérési hibát, a rendszeres hibát sem tudjuk meghatározni. A rendszeres hiba a mérési hiba mínusz a véletlen hiba.

<sup>11)</sup> A-típusú becslések a jegyzet következő képletei: (5.7), (5.21), (5.22), (6.22), (7.11) stb.

<sup>12)</sup> A B-típusú becslések fogalma meglehetősen szerteágazó módszereket takar. Közös jellemzőjük, hogy korábbi mérések tapasztalataiból vagy elméleti megfontolásokból származtatott szórásokat kombinálunk a mérési bizonytalanság becslésévé. Például ilyen becslést végeztünk a 2.3. alfejezet “Nem kézben tartott paraméterek hatása” című részének a végén.

## **F1.2. Metrológia és valószínűség-elmélet**

A valószínűség-elmélet szintén pontosan meghatározott fogalmakkal és kifejezésekkel dolgozik, de ezek nem mindig feleltethetők meg pontosan a metrológiai fogalmaknak és kifejezéseknek. Az alábbiakban néhány valószínűség-elméleti fogalomhoz legközelebb álló metrológiai kifejezést adjuk meg. Erre azért van szükség, mert a jegyzetben többnyire a valószínűség-elméleti és matematikai statisztikai nyelvet használjuk.

1. Valószínűségi változó: bővebb fogalom, mint metrológiai megfelelői. A mért érték és annak minden függvénye valószínűségi változó.
2. Várható érték: a mért érték várható értéke ugyanazt jelenti, mint a valódi érték (1.9).
3. Torzítás, torzítatlanság: a rendszeres hiba megléte, illetve hiánya. Megjegyzendő, hogy a rendszeres hiba definíciójában szereplő “végtelen sok ismétlés átlaga” csak akkor értelmezhető, ha megmondjuk a konvergencia jellegét, amit a metrológiai definíció elmulaszt.
4. Szórás: megfelel a metrológiai fogalomnak.
5. Konfidenciaintervallum: a mérési bizonytalanság egy fajta definíciójával rokon fogalom, hiszen hossza a bizonytalanság kétszerese.

A metrológia több mennyiség jelölését is szabványosította:

- az empirikus szórás jele  $s$ ;
- a bizonytalanság B-típusú becslésének eredményét  $u$ -val kell jelölni;<sup>2</sup>
- ha a bizonytalanság becslésében kombináljuk az A- és B-típusú becsléseket, akkor a jelölés  $u_c$ .<sup>3</sup>

---

<sup>2</sup> Az angol *uncertainty* (= bizonytalanság) szó kezdőbetűjéből kiindulva.

Az egyik, [8] szerzőjétől idézett mondatnak ellentmond, hogy a szabványos metrológiai kifejezések több tekintetben is eltérnek a mindennapi szóhasználattól. Ennek az az oka, hogy számos közhasznú kifejezés több olyan fogalmat takar, amelyekre a szabvány külön kifejezéseket alkotott. A kísérleti fizikusok körében elterjedt szóhasználat szerint például a *mérési hiba* és a *szórás* rokon értelmű szavak. Ilyen értelemben beszélnek *hibaszámításról*, ami tulajdonképpen nem más, mint a szórás becslése. A szabvány bevezetése óta az ilyen kifejezések kerülendők. A mérési hiba a mérés eredménye és a mért mennyiség valódi értéke közötti különbség, amit nem tudunk meghatározni. A mérési hiba nagyságára azonban több valószínűség-elméleti tétel is vonatkozik, amelyek egyik paramétere a szórás. Ilyen értelemben a szórás valóban jellemző a mérési hibára, de azzal nem azonos fogalom.

Hasonló ellentmondás van a *pontosság* tekintetében is. Ha valamilyen módszerrel (például az ismétlések számának növelésével) csökkentjük a szórást, akkor csak a *pontosság javításáról* beszélhetünk, ugyanis ez kvalitatív fogalom. Így értelmetlen a *pontosság növelését* emlegetni.

A magyar szóhasználatban nem elhanyagolható az angol nyelv hatása. A szórás helyett lehet hallani *standard deviációt* vagy *standard hibát*, *best estimate*-et. Ezek a kifejezések annak ellenére közkedveltek, hogy például a standard hiba nem lenne használható (vö. 3.8). A *best estimate* pedig az angolban is számárság. Ezt annak ellenére állítjuk, hogy [8]-ban az 1.20. címszó szerint használják “referencia érték” értelemben. A helyzet az, hogy ha ebben az értelemben használjuk, akkor mondjuk ezt: referencia érték. A metrológia nem költészet, ahol rokonértelmű szavakkal igyekszünk finom árnyalatokat kifejezni. A kifejezés ugyanis – szó szerint – “legjobb becslést” jelent. A 4. fejezetben írtak szerint csak torzítatlan, hatékony stb. becslések vannak definiálva, legjobb becslésről nem tud a matematikai statisztika. Hasonlóan szerencsétlen dolog “best value”-ról beszélni (= legjobb érték).

A “best estimate” kifejezéssel kapcsolat még egy dologra érdemes utalni. Bonyolult berendezések biztonsági elemzésében gyakran alkalmazunk ún. *konzervatív* becsléseket, ami azt jelenti, hogy a becslést tudatosan a biztonság irányába torzítjuk. Ha például egy berendezésben a nyomás biztonsági okokból nem mehet egy korlát fölé, akkor a nyomás mérésében vagy számításában úgy járunk el, hogy a mért, illetve számított nyomás biztosan a valódi érték felett legyen. Különösen számításokban szokás ezekkel szembeállítani azokat a számítógépi programokat, amelyek szerzői arra törekedtek, hogy a végeredmény a valódi értéket adja. Pontosabban: az eredmény egyezzen meg a valódi értékkel, ha a bemenő adatokra (amelyek szintén mért mennyiségek) a valódi értéket adják meg. Nos, újabban az ilyen programokat illetik a “best estimate” jelzővel. Ez ugyanúgy nem helyeselhető, mint a fentiekben. Jobb lenne ehelyett a “realisztikus” jelzőt használni.

---

<sup>3</sup> Az indexben szereplő “c” betű az angol *combined* szó kezdőbetűje.