

Csernobil. Ez az ukrán kisváros lassan húsz éve fogalom, amelyről szakemberek, politikusok és maga a bizonytalanságnak kitett nagyközönség vitatkozik. Az ott történtek valószínűleg örökre a világtörténelem részévé váltak, akárcsak Pompei vagy Hiroshima tragédiája. A szerzők ezúttal szakemberek és nem újságírók, ezért szakszerűen, ugyanakkor mindenki számára érthető módon ismertetik a csernobili atomerőmű típushibáit, a súlyos baleset okait és lefolyását, valamint az ahhoz vezető műszaki, társadalmi és politikai okokat, a kibocsátott radioaktív szennyezés földrajzi eloszlását és annak egészségügyi következményeit. Részletesen kitérnek a korabeli és a jelenlegi tájékoztatás ellentmondásaira, a média és a szakemberek felelősségére. A könyv tartalmaz egy mellékletet is az elmúlt hatvan év reaktorbaleseteiről. Szatmáry Zoltán fizikus, a Műegyetem egyetemi tanára. Annak idején személyesen részt vett a csernobili katasztrófa hazai hatásainak elhárításában. Aszódi Attila gépészmérnök, a Műegyetem Nukleáris Technikai Intézetének az igazgatója, egyetemi docens.

A könyvet mindenkinek, a fizika és műszaki világ iránt érdeklődőknek és attól idegenkedőknek egyaránt ajánlhatjuk, ám a KöMaL mérési versenyében résztvevőknek különösen tanulságos lehet. Ezért – ízelítőnek – közreadunk egy rövid részletet a könyvből.

A becslések bizonytalansága

A fentiekben (a könyv korábbi fejezeteiben – a Szerk.) már érintettük mérések egyik legfontosabb jellemzőjét, a *bizonytalanságot*. A fogalom jelentősége miatt külön kell vele foglalkoznunk. Amikor mért adatokból egy további mennyiséget kiszámítunk, becslésről beszélünk. Mivel mind a mérés, mind a becslés eredménye a véletlentől függ, az mindig eltér a *valódi értéktől*. A mért vagy becslött értéknek a valódi értéktől való eltérését *hibának* nevezzük. Mivel a valódi értéket nem ismerjük, a hibát sem ismerjük. Két fajta hibáról szoktunk beszélni. Az egyik a mérés vagy a becslés sztochasztikus jellegéből adódik, ez a *sztochasztikus* vagy *véletlen* hiba. Bár az értékét nem ismerjük, de nagyságát jól jellemzi a szórás.¹ A másik fajta hiba a mérési vagy becslési eljárásban alkalmazott módszerek vagy kiindulási feltételek helytelen voltára vezethető vissza. Ezt nevezzük *szisztematikus* hibának. Oka lehet egy esetleges durva mérési hiba, elírás, a műszerek helytelen beállítása vagy hasonlók. Az ilyen jellegű hibákat utólag ki lehet javítani, vagy a mérést a helyes beállítással meg lehet ismételni. Más a helyzet, amikor a szisztematikus hiba eredete a mérési vagy becslési eljárás közelítő voltában keresendő. Ilyenkor megfelelő korrekciókat kell alkalmaznunk.

A statisztikus hiba által okozott bizonytalanság megvilágítására egy egyszerű példát mutatunk. Tegyük fel, hogy a rendelkezésre álló tej fajlagos jódaktivitását az egyik laboratóriumban 172 Bq/liternek mérték. Az egészségügyi határérték 1000 Bq/liter. Mit tegyen a hatóság: engedélyezze a tej fogyasztását vagy sem? Ennyi információ alapján a hatóság nem tud dönteni, mert semmit sem tud a hibáról, így fogalma sem lehet a *valódi értékről*. A mérési hiba ugyan elvileg ismeretlen, de – mint mondtuk – a mértékét egy további adattal, a szórással tudjuk jellemezni. Tegyük fel, hogy értéke 24 Bq/liter. Az előző rész (amely a szórás pontos jelentésével és az ún. konfidenciaszint fogalmával foglalkozik – a Szerk.) mintájára kijelenthetjük, hogy a valódi érték 99% valószínűséggel a

$$172 - 2,5 \cdot 24 = 112 \text{ Bq/liter} \quad \text{és} \quad 172 + 2,5 \cdot 24 = 232 \text{ Bq/liter}$$

számok közé esik. Mivel az egész (112, 232) intervallum belül van a határértéken (1000), a hatóság – 99% konfidenciaszinten – a tej fogyasztásának engedélyezése mellett dönt. Az intervallum szélességének a felét, vagyis $(232 - 112)/2 = 60$ -at a fenti becslés bizonytalanságának nevezzük. A példából látható, hogy a szórás megadása nélkül a mért adat közlése hiányos. Minden mért vagy becslött adatot a szórással együtt kell közölni a következő formában: $172 \pm 24 \text{ Bq/liter}$.

Gyakori probléma, hogy ugyanarra a mennyiségre vonatkozóan egyszerre több adattal állunk szemben. Tegyük fel például, hogy egy másik, független laboratórium a $231 \pm 36 \text{ Bq/liter}$ adatot közli. Melyik alapján döntsön ilyenkor a hatóság? Mindenekelőtt azt kell eldöntenie, van-e a két adat között különbség? Ránézésre persze van, de könnyű belátni, hogy ez a két adat nem mond ellent egymásnak. A valószínűség-elméletben ilyen kérdések vizsgálatakor először mindig feltételezzük, hogy az állítás igaz, vagyis mindkét adat ugyanannak az (ismeretlen) valódi értéknek a becslése. Ha ez tényleg így van, akkor a két érték különbségének a valódi értéke zérus. Most már csak azt kell megvizsgálni, tekinthető-e a $231 - 172 = 59$ különbség – az adott bizonytalanságok mellett – a zérus becslésének. Ehhez ismernünk kell a különbség szórását. A független mérések szórására vonatkozó szabályok szerint a különbség szórását a következőképpen kell kiszámítani: $\sqrt{24^2 + 36^2} = 43$. Az előbbiek mintájára kiszámíthatjuk, hogy a különbség valódi értéke az

$$59 - 2,5 \cdot 43 = -49 \quad \text{és} \quad 59 + 2,5 \cdot 43 = 167$$

számok közé esik. A zérus ezek közé esik, tehát – 99% konfidenciaszinten – elfogadhatjuk a feltevést: azt mondhatjuk, hogy a két mért adat között nincs *szignifikáns különbség*. A hatóság tehát bármelyik mérési adattal dolgozhat, esetleg átlagolhatja is őket, és az átlag alapján hozhat döntést. (Megjegyezzük, hogy ez az összehasonlítás jóval bonyolultabb, ha az összehasonlított mérések nem függetlenek.)

A helyzet bonyolódik, ha az összehasonlítás eredménye negatív, vagyis kiderül, hogy a két mért adat közötti eltérés szignifikáns. Ilyenkor nagy valószínűséggel legalább az egyik laboratóriumban szisztematikus hibát követtek el, amelyet

¹ Több szerző a szórás meghatározását tévesen „hibaszámításnak” nevezi. Ha ugyanis a hibát ki tudnánk számítani, akkor a mért értékből levonva megkapnánk a valódi értéket, és az egész matematikai statisztikára nem lenne szükség. Minderről szó sincs.

meg kell szüntetni. Ezért ilyenkor mindkét mérést alaposan meg kell vizsgálni, általában mindkét helyen meg szokták ismételni a mérést, esetleg további független laboratóriumot is felkérnek a mérés elvégzésére.

Dr. Szatmáry Attila – Dr. Aszódi Attila: CSERNOBIL. Tények, okok, hiedelmek. Typotex Kiadó, Budapest, 2005.