

Michelberger Pál

A szubjektív kockázati tényezők csökkentése

Bevezetés

A Békésy-centenárium előadásai a Nobel-díjas tudós színes életével, tudományos eredményeivel és az ezeket az eredményeket továbbfejlesztő kutatókkal foglalkoznak. Mit keres ebben a gazdag tudománytörténeti, fizikai, orvosi és műszaki megközelítésben a kockázat, amivel Békésy sem és az őt követők sem foglalkoztak? Úgy vélem, hogy Békésy kutatásainak középpontjában valójában nem a fizika, akusztika vagy az orvostudomány, hanem maga az *ember* állt a maga objektív és szubjektív tulajdonságaival. Így érthető az ünnepi ülést szervezők felkérése erre az előadásra, hiszen a kockázat szűkített értelemben ugyancsak az embert helyezi vizsgálatai középpontjába.

Az emberi életet érintő kockázatokról a közelmúltban jelent meg *Vajda György* akadémikus kitűnő „Kockázat és biztonság” c. könyve, az 1998. évi akadémiai közgyűlésen jónévű előadók tartottak értékes előadásokat, és ezek az előadások meg is jelentek a Magyar Tudomány 1999. januári és áprilisi számában. A szerzők minden lényegeset elmondtak és megírtak a kockázatról, bemutatták a műszaki élet, a mezőgazdaság, a közlekedés, a természeti katasztrófák, a műtétek, a gyógyszerfogyasztás, az élelmiszer-termelés kockázatát; ahogy *Marx György* akadémikus szellemes dolgozatcímében megfogalmazta: „Születni veszélyes”.

Több száz oldalt végigolvasva és végiggondolva végül is mások idézése helyett egy modellen kísérlem meg bemutatni a kockázat szubjektív oldalát, amely azonban elválaszthatatlan a kockázat objektív oldalától.

A kockázat szubjektív tartalma

Induljunk ki Marx Györggyel egyetértésben a kockázat „objektív” mérőszámából:

$$R = W K,$$

ahol $0 < R \leq 1$: a kockázat.

$0 < W \leq 1$: a kárt okozó esemény bekövetkezésének valószínűsége időegységre vonatkoztatva ($W=1$ esetében biztosan bekövetkezik),

$0 < K \leq 1$: a károsodás súlyossága ($K=1$ esetében halál a következmény).

Az irodalomban bőségesen találhatunk számadatokat mindhárom fogalomra, és ezzel az objektivitás látszatát kelthetjük az olvasóban. Sajnos azonban W -t általában túlságosan kis mintából (statisztikailag elégtelen mintából) számítják és az eloszlásfüggvényt is többnyire becslés alapján választják meg. A károsodás súlyosságának megítélése ugyancsak becslésen alapul, egyelőre még nincs megbízható objektív károsodási skálánk, így ebben is ki vagyunk szolgáltatva a kockázatanalízissel foglalkozók szubjektív döntésének. Legnagyobb a bizonytalanság a több egyidejű, vagy közel egyidejű károsító hatás szinergizmusának megítélésében. A természettudósok hajlamosak a hatások egymástól független vizsgálatára, hiszen így tisztább képet kaphatnak az adott jelenségről. Az egymástól független vizsgálatokból sajnos könnyen adódhat olyan következtetés, hogy nincs szinergikus hatás. E téren az orvos kutatók jutottak legtovább az objektív kockázat (károsodás) megítélésében, ők már szisztematikusan vizsgálják pl. a különféle gyógyszerek együttes szedésének élettani hatásait, a cigarettázás és alkoholfogyasztás együttes károsító hatását stb.

A károsodás természetesen mindig emberi szervezetet érint és így azonos hatás esetén a károsodást szenvedő személy egyéni tulajdonságaitól is függ a károsodás mértéke. Más egy beteg gyermek, vagy nő ellenállóképessége, mint egy egészséges, sportoló felnőtt férfié. Az egyéni károsodásérzékenység tehát kortól, nemtől, egészségi és edzettségi állapottól is függ és természetesen az időben változó mértékű.

A károsodást előidéző esemény lehet természeti eredetű (pl. földrengés, szélvihar, árvíz stb.), de igen sokszor személyek okozzák, sőt előfordulhat, hogy a károsodást okozó és elszenvedett ember ugyanaz a személy (pl. gépkocsivezető által okozott és elszenvedett közlekedési baleset következménye). Így a károsodás mértéke és előfordulási valószínűsége is függhet a károsodást okozó személy szubjektív tulajdonságaitól. Ennek a szubjektív tulajdonságnak befolyása jól lemérhető a közlekedési balesetek országonként szignifikánsan eltérő kockázatán. (Közel azonos gépkocsisűrűség és -forgalom mellett a mediterrán országokban jóval nagyobb — közel 2—3-szoros — a gépkocsibaleset kockázata, mint az északibb országokban.) Ezt csakis a (részben öröklött, részben tanult) mentalitásbeli eltérésekkel magyarázhatjuk.

Nem lenne teljes a kockázat szubjektív oldalának vizsgálata a sajtó (írott és elektronikus) szerepének megemlítése nélkül. Már Marx György is említette az 1998-as előadásában a kockázatbecslés sajtóban történő megfogalmazásának félrevezető hatását: „... a harrisburgi reaktor-üzemzavar alkalmával kémiailag megfoghatatlan nemesgázok kikerültek a légkörbe. A környező négy-millió lakost érő sugárterhelést az egyik lap így kommentálta: A rákveszély megnövekedése nem több, mintha fél cigit elszívnál egy alkalommal... (Ugye, milyen megnyugtató?) Egy másik újság így írt: A technokrata felelőtlenség várhatóan két ártatlan polgár életébe kerül (Ugye, milyen szörnyű?)... A két közlés matematikailag egyenértékű!”.

Természetesen a média és sajtó szubjektív beállítására hazai példákat is találhatunk bőségesen. Az ausztriai téli autóbusz-baleset 18 halálesete valóban tragikusan érintette az áldozatok családjait és iskolájukat, a TV heteken keresztül szinte minden híradásban visszatért a hírre és nem törődve az érintettek

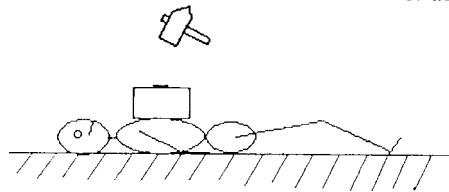
érzékenységevel sugározta sokkoló képeit, míg a napi 2–3 halálos közlekedési balesetről (nyári hétvégeken akár 4–6 haláleset — diszkóbaleset — is előfordul) meg sem emlékeznek.

A nagyközönség számára a kockázat objektív „mérőszámai semmit sem mondanak, a nagyközönség az újságokat olvassa, vagy a TV-t nézi és az ott látottak alapján itéli meg a kockázatot. („Ugye, milyen szörnyű?”) Ezért félnek az igen kis kockázatú repüléstől, és ezért ülnek gondtalanul az igen nagy kockázatú motorkerékpárra. Az utaskilométerre vonatkoztatott kockázat az utóbbinál legalább két nagyságrenddel nagyobb — több, mint százszoros!

A szubjektív kockázati tényezők modellezése egyszerűsített példában (egy artistamutatvány kockázata)

Az olvasók jelentős része látta már azt a páros artistamutatványt, melyben az egyik artista mellkasán közbetéten (1. ábra) keresztül egy másik artista követ tör egy hatalmas kalapáccsal. Az esemény biztosan bekövetkezik minden nap, így az előfordulás valószínűsége 1, a kockázat ennek megfelelően a károsodással egyenlő.

1. ábra

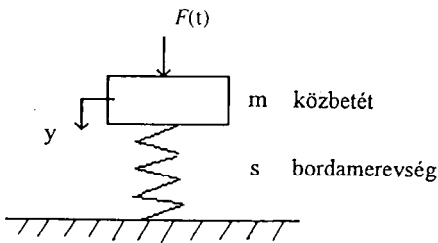


$$R = K. \tag{1}$$

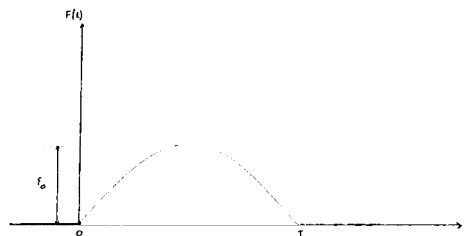
A károsodás a kárt okozó személytől (kalapáccsos artista), a szenvedő féltől (fekvő artista) és az esetleges szinergikus hatásoktól (pl. pillanatnyi egészségi állapot) függ. A kárt okozó és kárt szenvedő közösen, szubjektíven választja meg a kalapács és közbetét (kö- vagy acéltömb) nagyságát (m tömegét). A kárt okozó szubjektíven szabályozza a kalapácsütéssel kifejtett erő maximális nagyságát (F_0) és időbeli lefolyását [$F(t)$].

A szenvedő fél bordáinak (B_0) teherbírása, és (s) rugalmassága a közbetéttel együttesen szabja meg a kialakuló károsodás mértékét, végső soron a kockázatot. Magát a mutatványt — lineáris közelítést alkalmazva — igen egyszerűen modellezhetjük (2. ábra).

2. ábra



3. ábra



A kalapácsütés időbeli lefolyását tekintsük egyetlen felszínű hullámnak (3. ábra), ezzel a modell mozgásegyenlete:

$$\left\{ \begin{array}{ll} m\ddot{y} + sy = F(t) = F_0 \sin\omega t, & \text{ha } 0 < t < T \\ m\ddot{y} + sy = 0 & \text{ha } t < T, \text{ vagy } t < 0 \left(\omega = 2\frac{\pi}{2T} \right) \end{array} \right\} \quad (2)$$

A mozgásegyenlet zárt alakban megoldható, de ennek közlésétől itt eltekintünk.

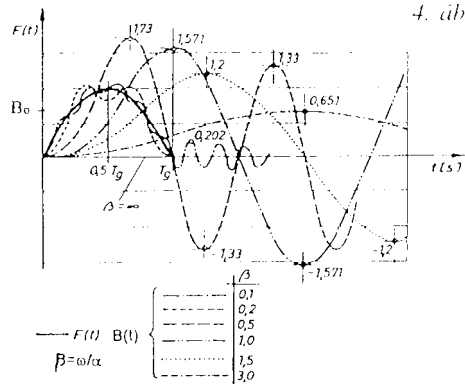
A bordák y összenyomódását figyelembe véve a fekvő artista bordáira ható B erő is meghatározható az idő függvényében a $0 < t < T$ szakaszban:

$$\left. \begin{array}{ll} B(t) = sy(t) = F_0\alpha \frac{\omega \sin\alpha t - \alpha \sin\omega t}{\omega^2 - \alpha^2}, & \text{ha } \omega \neq \alpha \\ B(t) = sy(t) = \frac{F_0}{2} (\sin\omega t - \omega t \cos\omega t), & \text{ha } \omega = \alpha, \end{array} \right\} \quad (3a)$$

míg a $t > T$ időszakban

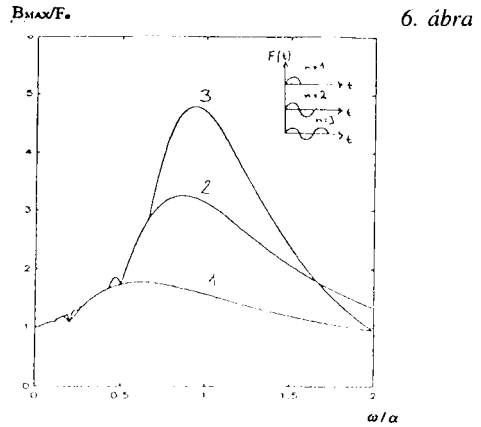
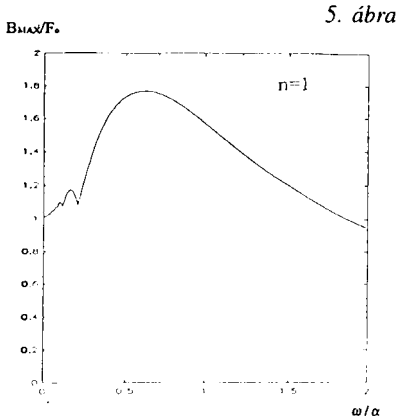
$$B(t) = s \left[\frac{\dot{y}(T)}{\alpha} \sin\alpha(t - T) + y(T) \cos\alpha(t - T) \right] \quad (3b)$$

Bár a (3a) és (3b) összefüggések teljesen egyértelműen írják le az artista bordájára ható erő időbeli lefolyását, lényegesen könnyebben tekinthető át diagramban ábrázolva (4. ábra) a $B(t)$ erő alakulása különböző ω/α értékekre. Látható, hogy a $B(t)$ erő maximuma általában nem a $0,5 T$ időpontban következik be, sőt lehetséges, hogy a kalapácsütés befejezése után késleltetve észleljük. A $B(t)$ erő maximuma ugyancsak az ω/α viszonyszámtól függően nagyobb és kisebb is lehet F_0 értékénél. Ennek áttekintésére felrajzoltuk a B_{\max}/F_0 hányadost is ω/α függvényében (5. ábra), ez általában nagyobb, mint 1, ha $0 < \frac{\omega}{\alpha} < 1,87$ és kisebb,



4. ábra

mint 1, ha $\frac{\omega}{\alpha} > 1,87$. A bordákra ható erő maximuma $0 < t \leq T$ időintervallumban következik be, ha $\frac{\omega}{\alpha} \leq 1$, és késleltetve a $0 - T$ időintervallumon kívül (tehát az ütés után), ha $\frac{\omega}{\alpha} > 1$. Nyilvánvaló, hogy az artistamutatóvány kockázatának csökkentéséhez nagy $\frac{\omega}{\alpha}$ értéket kell a mutatóvány során megvalósítani annak



érdekében, hogy a megengedhető B_0 bordaerő értéket ne lépjük túl. Nagy $\frac{\omega}{\alpha}$ értékhez igen rövid ütési idő, nagy m tömeg és viszonylag kis bordamerevség tartozik. Mivel a bordák merevsége az artistánál adott, ezért az m tömeg növelésével és a T ütési idő csökkentésével lehet a folyamatot kedvező irányban szabályozni.

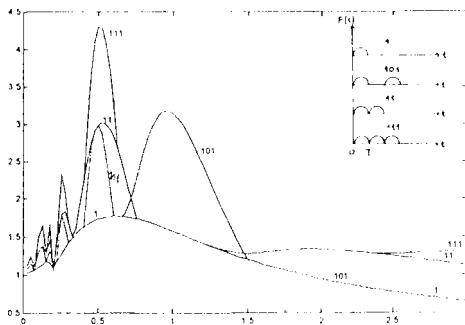
A modell igen elnagyolt, ezért a következtetésekkel igen óvatosan kell bánni, a valódi mutatóanyagban a tömeg–rugó rendszer csillapított és biztosan nemlineáris. A kalapácsütés időbeli lefolyása nem félszinus hullám alakú. Maga az ütés nem korlátozódik a $0 < t < T$ időintervallumra, hanem T után további kisebb-nagyobb másodlagos ütések is megjelennek a mutatóanyagban, amelyek elsősorban a kötőréssben szereplő anyagok tulajdonságaitól és a kalapács rugalmasságától függenek.

A modell minden hibája ellenére minőségileg jól mutatja a vizsgált esemény kockázatának függését a mutatóanyagban részt vevők objektív és szubjektív tulajdonságától, ill. döntésétől. A modell lehetővé teszi szinergikus hatás vizsgálatát is. Tekintsük pl. az egymás után, rövid időközökben ismételt ütések hatását. A 6. ábrán összefoglaltuk az $n = 1, 2$ és 3 fél szinus hullám szerint változó $F(t)$ erőből keletkező bordaerő és ütőerő maximumának viszonyát $\frac{\omega}{\alpha}$

függvényében. A diagramból megállapítható, hogy $\frac{\omega}{\alpha}$ értékétől függően három különböző eset fordulhat elő:

- B_{\max} értéke független az n -től (kis $\frac{\omega}{\alpha}$ értékeknél);
- B_{\max} n növekedésével növekszik ($\frac{\omega}{\alpha} = 1$ esetében félhullámhosszonként azonos értékkel nő);
- B_{\max} n növekedésével csökken (nagy $\frac{\omega}{\alpha}$ értékeknél).

A megállapítások a mechanikai modell tulajdonságainak a következményei, de az analógia kézenfekvő a harmadik esetben a fiziológiai edzettséggel.



7. ábra

Még érdekesebben alakulnak a B_{\max}/F_0 arányok, ha az $F(t)$ hatást egyoldalas szinusz félhullámok sorozatának képzeljük el, esetenként kihagyásokat is feltételezve (7. ábra). A diagram tekinthető akár az egymás után elszívott cigaretták nikotinja okozta károsodás ábrájának is. A károsodás mértéke az ismétlődési számtól és az $\frac{\omega}{\alpha}$ arányszámtól (a cigarettázás időbeli befolyásától) is függ és természetesen a károsodást befolyásolhatja a szervezetben kifejlődő ellenálló-képesség is.

Következtetések és feladatok

A szubjektív kockázati tényezők csökkentésére Vajda könyvében 4 lehetőséget említ:

- adminisztratív kényszer (törvény, rendelet, számonkérés);
- gazdasági ráhatás (anyagi érdekelttség megteremtése);
- tudatformálás (képzés, nevelés, sajtó, elektronikus média stb.);
- operatív kockázatsökkentés (pl. a szubjektum kikapcsolása automatizálással).

A felsorolt lehetőségekkel messzemenően egyetérthetünk, de az e dolgozatban tárgyalt példa tanulságai alapján ki kell egészíteni néhány további feladattal:

- az objektívnek tekintett $T=WK$ kockázat valójában mind W , mind K tekintetében még számos bizonytalanságot, szubjektív elemet tartalmaz, ezért e területen még további elmélyült kutatásra van szükség;
- az egyéni ellenállóképesség növelése, az érzékenység csökkentése (pl. életminőség javítása, védőoltás stb.) nagymértékben csökkentheti a károsodás mértékét.

IRODALOM:

Vajda Gy.: Kockázat és biztonság. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1998.

Kockázat és biztonság. Magyar Tudomány, 1999. 1. sz. 3–85. o. (Szerzők: Kollár L., Szabadvány F., Marx Gy., Vajda Gy., Székács A., Besznyák I., Borvendég J., Bényei A., Zsuffa I., Dulácska E., Mályusz K.—Tusnádny G.)

Kockázat és biztonság az élelmiszer-gazdaságban. Magyar Tudomány, 1999. 4. sz. 385–423. o. (Szerzők: Kovács F., Somogyi Á., Fűzi M., Rafai P., Banczerowski J.—Világi I.—Détári L.—Dóczi J.—Kukorelli T., Zomborszky K. M., Fazekas B., Nagy B.—Szmollény G.—Kovács S.—Bittay Z.)