

## UTASMOZGÁS VIZSGÁLATA GÉPJÁRMŰVEK ÜTKÖZÉSÉNÉL

Kőfalvi Gyula, Ignác Ferenc

IbB-Hungary Mérnöki-Szakértői Iroda

[ibbkofal@t-online.hu](mailto:ibbkofal@t-online.hu)

### Absztrakt

A gépjárművek ütközéses balesetei során a bent ülők biztonsági kérdéseivel a passzív biztonság munkaterülete foglalkozik. Ezen belül széles kutatási és vizsgálati területet – többnyire átfedésekkel – képez a járműben utazók biomechanikai terhelhetőségének elemzése, a baleset túlélését, illetve a sérülés minimalizálását biztosító passzív utasvisszatartó berendezések fejlesztése, kialakítása. Ezen utóbbiak baleset alatti üzembiztos működése, annak szakértői elemzése nagyon fontos részét képezi a már megtörtént balesetek elemzésének és az igazságszolgáltatás számára készített igazságügyi gépjármű-szakértői szakvéleményeknek. Ebben a tanulmányban – a teljességre törekvés nélkül – röviden összefoglaljuk a járműbiztonság követelményrendszerét, majd ismertetjük a gépkocsiban utazók ütközés alatti mozgásának korszerű – többtest-tömegű – szimulációs vizsgálatát egy konkrét baleset adatai alapján.

**Kulcsszavak:** biomechanika, többtest-modell, baleset-rekonstrukció, utasmozgás

### Analysis of passenger movement in crash of motor vehicles

#### Abstract

In the motor vehicle crash accidents the field of passive safety is dealing with the safety of passengers. Within this broad research and examination field – mostly with overlaps – constituted of the analysis of the biomechanical loadability of passengers, the development of passive passenger restraint systems ensuring the survival of accidents and minimizing injuries. The functioning reliability of the above mentioned devices during accidents, and its expertise is a very important part of car accidents analysis and motor vehicle expertise prepared for the jurisdiction. In this study – without claiming completeness – we summarize the vehicle safety requirements, than we show the movement of passengers during a car accident through a modern – multibody mass – simulation of a real accident.

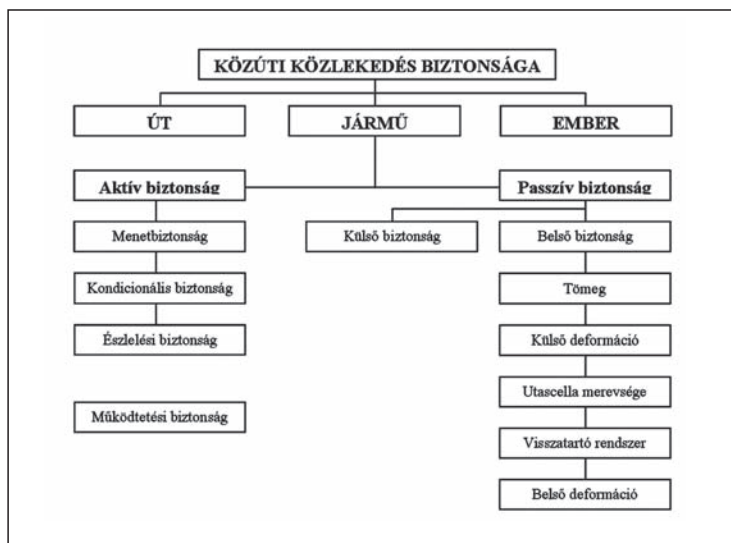
**Keywords:** biomechanics, multibody model, accident reconstruction, passenger movement

#### Bevezetés

A közúti közlekedés rendszerszemléletű megközelítésében az ember-jármű-út hármas egységben a korai szakirodalmi megközelítés szerint aktív és passzív biztonsági csoportosításban vizsgálták a biztonság elérhető szintjét, ahol *aktív biztonság* alatt a balesetek elkerü-

lésére, megelőzésére irányuló törekvéseket, intézkedéseket és műszaki megoldásokat, a *passzív biztonság*hoz pedig a már bekövetkezett balesetek káros következményeinek súlyosságát csökkentő intézkedéseket rendelték<sup>1</sup>.

Az **aktív biztonság** rendszer elemei közül a *menetbiztonság* a gépkocsi menetstabilitását be-



1. ábra.  
A közúti közlekedés  
biztonságának  
meghatározó  
rendszerlemei

folyásoló jármű-dinamikai jellemzőkkel foglalkozik. Ehhez a területhez lényegében azok az intézkedések tartoznak, amelyek révén a járművezető révén kifejtett bemenő impulzusok hatására (kormányzás, gyorsítás-lassítás) a gépkocsi a fizikai határokon belül jóindulatúan, kiszámíthatóan és a lehetőség szerint jelentős késedelem nélkül reagál.

A *kondicionális biztonság* azokat az intézkedéseket foglalja össze, amelyek a gépjárművezető pszichikai- fizikai teljesítőképességét hosszabb vezetési idő esetén is biztosítják.

A *veszélyérzékelési biztonság* azokat a járműtechnikai intézkedéseket tartalmazza, amelyek révén az észlelés és a saját jármű észlelhetősége megalósulhat.

A *működtetési biztonság* azokkal az intézkedésekkel foglalkozik, amelyek révén a gépkocsi-vezető precízen, gyorsan és tévedésmentesen tudja „parancsait” a gépkocsival közölni.

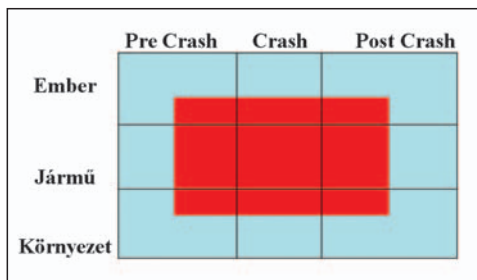
A *passzív biztonság* területét a külső (baleseti partnerek) és belső (a járműben lévők) biztonságára lehet felosztani. A belső biztonságnál

meghatározóak a balesetben részes járművek tömegének nagyságai, a külső karosszériarészek deformációinak jellege, az utascella merevsége és a belső szerkezeti részek deformációja, valamint a passzív visszatartó berendezések kivitele és megoldásai.

Az aktív és a passzív biztonságra történő felosztást azonban gyakorlatilag már a múlt definíciójának lehet tekinteni. Az utóbbi időben az előbbi két területet összefoglalva inkább **integrált biztonságnak** nevezik.

A modern gépkocsi-vezetői asszisztens rendszerek alkalmazása esetében az aktív biztonsági intézkedések is csökkenthetik a balesetek következményeinek súlyosságát, hiszen például a fékasszisztens berendezés révén az időben korábban kialakuló hatásos fékhatás következtében – amennyiben mégis bekövetkezik a baleset – kisebb lesz az ütközési sebesség nagysága.

Az integrált biztonság az ún. Haddon-mátrix (feltalálójáról dr. William Haddonról elnevezve) lényegében egy teljes körű biztonsági leírást jelent. Az ember-jármű-környezet



2. ábra. A balesetbiztonsági Haddon-mátrix

elemei a baleset előtti (pre), közbeni és utáni (post) állapotokban folyamatosan befolyásolják és alakítják a baleseti körülményeket és azok következményeit. Az átfogó közlekedési balesetkutatás lényegében már évtizedek óta ezen elv alapján működik.

A mai széria-személygépkocsigyártásban már megtalálhatóak a következő megoldások:

Passzív biztonság:

- nagy energiaelnyelő képességű járműszerkezet
- energiafelvétel programozott lemezhorpadással
- erősített ajtószerkezet (oldalütközések)
- erősített A-B-C oszlopok (borulásos balesetek)
- deformálódó kormányoszlop
- passzív biztonsági övrendszerek, övfeszítő, ill. erőkorlátozó szerkezetek (biztonsági övben)
- fejtámla- és üléspozíció-állítás ütközéskor (whiplash)
- a biztonsági öv és légzsák kombinációja
- oldallégzsák, fej-láb légzsák
- gyalogos elütés negatív hatását csökkentő mellső kiképzések (lökharító, motorház-tető, fényszóró, érzékelő szenzorok stb.)

Aktív biztonság:

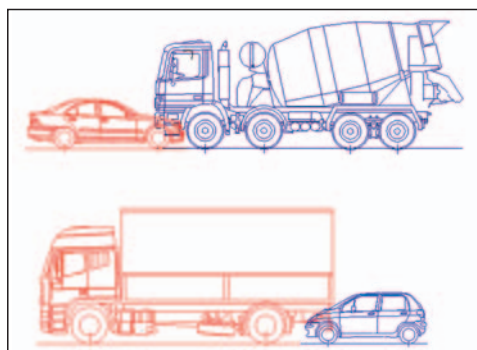
- fényszórótisztító és mosóberendezések
- Xenon fényszórók, kanyarodás ívét követő fényszóró-kialakítás
- hátsó lámpa optimális kialakítása (kisebb méretű szennyeződés)

- veszélyjelző és információs központ
- blokkolásgátló és kerék-kipörgésgátló (ABS-ASR)
- abroncs-talaj trakció ellenőrzés (ASC+T)
- elektronikus fékerőfelosztás (EBD, cornering brake control CBC)
- különböző asszisztens rendszerek (fék-, forgalmisáv-követő, követésitávolság-, éjszakailátás-, automatikus fékezés-, holt-tértolatas- stb.)
- elektronikus stabilitás-ellenőrzés (ESP)
- dinamikus stabilitás-ellenőrzés (DSC)
- elektronikus követésitávolság-érzékelő rendszerek (ACC)
- abroncsnyomás-csökkenésjelző (RPA)

Azt lehet tehát állítani, hogy a mai kor szériában gyártott személygépkocsijaiban közvetett módon jelentkeznek a különböző járműbiztonsági programok (ESV – Enhanced Safety of Vehicles) biomechanikai, baleset-kutatói, gépkocsiveető-gépjármű rendszertechnikai, kompatibilitásbeli, valamint haszon-költség elemzésbeli eredményei.

### Kompatibilitás

Kompatibilitás alatt a különböző baleseti partnerek egymáshoz való viszonya, megfelelővé értendő. A 3. ábra méretarányos rajzjai



3. ábra. A tehergépkocsi-személygépkocsi magassági inkompatibilitása

ban jól érzékelhető, hogy különösen a tehergépjármű-személygépkocsi ütközéseknél a baleseti partnereknél a deformációs energia felvételére konstrukciósan kialakított tartományok eltérő magassági zónákban helyezkednek el.

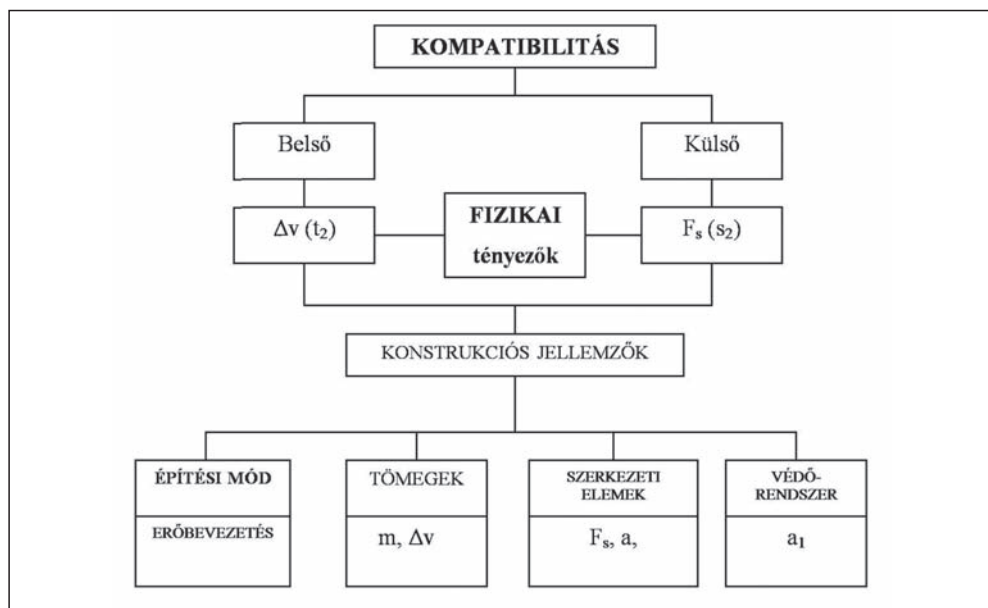
A tehergépkocsi átlagos mellső lökhárítójának és a személygépkocsi ún. orrmagasságának összehasonlításából adódik, hogy az ún. 50%-os magasságérték személygépkocsinál 625 mm, tehergépkocsinál 750 mm. Mivel az energiafelvevő tartományok között jelentős magasságbeli különbség van, ezért az ilyen ütközések során a személygépkocsi mintegy aláfut a tehergépkocsi front- vagy hátsó aláfutásgátlója alá.

A különböző balesetpartnerek ütközési balesetei során meghatározó szempont tehát a szükséges és elégséges szintű kompatibilitás

biztosítása. A belső és külső kompatibilitás összetevőit a 4. ábra blokkdiagramján szemléltetjük.

Ebben a tanulmányban a gépjárműben utazók ütközésbeli mozgásának speciális kérdéseivel foglalkozunk. Az 5. ábrában egy tipikusnak nevezhető ún. hátsó ráfutásos személygépkocsi baleset sebesség [ $V=f(t)$ ]-gyorsulás/lassulás [ $a=f(t)$ ] alakulását mutatjuk be.

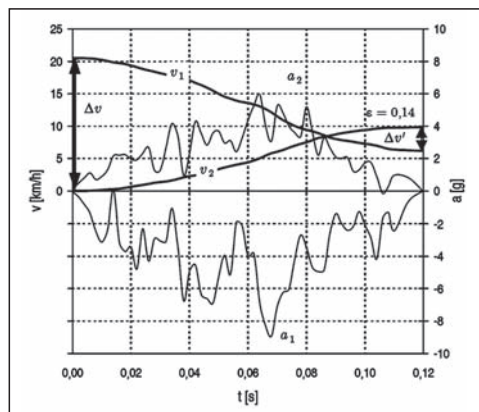
A  $\Delta v = 21,0$  km/h kezdeti sebességkülönbséggel ráfutó 1. számú jármű  $V_1$  sebessége a jelzett karakterisztika szerint csökken, míg a másik jármű  $V_2$ -vel jelölt sebessége növekedik. Az ütközés kezdete után cca. 85 ms idő elteltével a járművek sebessége azonos nagyságú, majd az 1-es jármű tovább csökken, míg a 2-es jármű pedig nő. Az ütközéstől eltelt 120 ms idő fázisban alakul ki az ütközés után 120 ms idő elteltével a  $\Delta v$  sebességkülönbség.



4. ábra. A belső és külső kompatibilitás összetevői

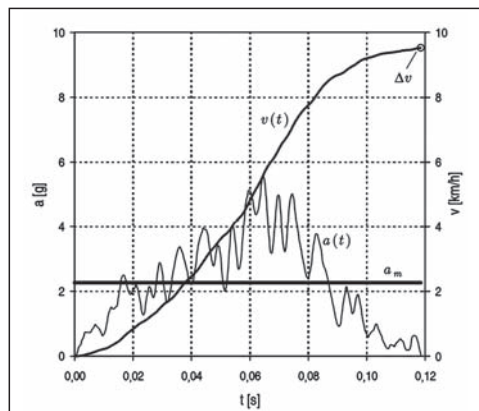
Az ábra jelölése:  $\Delta v$  – ütközésbeli sebességváltozás,  $F$  – ütközési erő,  $m$  – járműtömegek,  $a$  – ütközés alatti lassulás változása

Az egyes gépkocsik utascellájának gyorsulás ( $a_1, a_2$ ) változása a deformálódó szerkezeti részek energiatelődésének jellegét is mutatják, hiszen az ütközési erő-idő karakterisztika a gyorsulással azonos jellegű. Ebben a tanulmányban azonban a kialakuló gyorsulásváltozásokat a járműben utazók terhelése szempontjából fogjuk elemezni.



5. ábra. Szgk-szgk ráfutásos ütközés sebesség-gyorsulás függvényei<sup>3</sup>

A következő diagramban a gépjárműben lévő utas jellemző fizikai paramétereit mutatjuk be, az utas elmozdulása során a sebesség [ $V=f(t)$ ], a lassulás [ $a=f(t)$ ], valamint az átlagos lassulás ( $a_m$ ) függvényeiként.

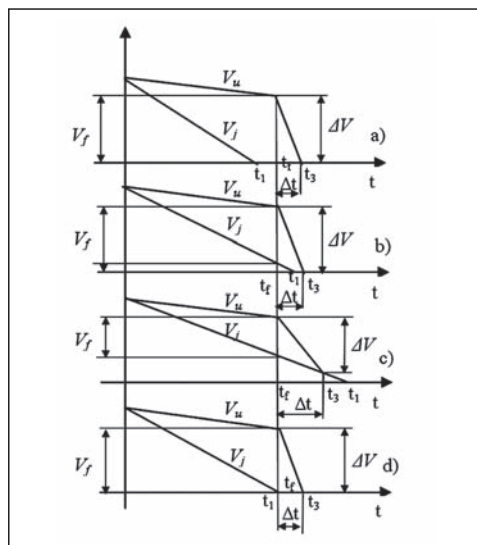


6. ábra. Az utasterhelés fizikai paramétereit<sup>3</sup>

A biomechanikai kérdésekkel foglalkozó mértékadó szakirodalom<sup>2</sup> a gépjárműben utazó ember különböző testrészei mechanikai terhelhetőségének paramétereit különböző ütközési konstellációkra részletesen definiálja.

Így például merev akadálynak végzett, frontális ütközésre vonatkozóan (FMVSS 208, 96/79 EG [ECE R 94 előírások szerint]) az 50% Hybrid III. dummy fejterhelésének határértéke HIC=1000, amelyen kívül definiálják még a 3 ms időtartamra vonatkozó 80 g lassulási határértéket is.

Egy személygépkocsi frontális ütközése során a leegyszerűsített – linearizált utas – gépjármű rendszert elemezve a következő négy típus vizsgálható:



7. ábra. A gépkocsi és a bent ülő utas sebességének alakulása<sup>1</sup>

Ahol:

$V_u$  – utas sebessége

$V_j$  – jármű sebessége

$\Delta V$  – utas felütközéskori sebességváltozása

$t$  – idő

$\Delta t$  – utas sebességváltozás-időtartama

- a) Az utas az időközben nyugalmi helyzetet elért álló járműre ütközik fel:

$$t_1 < t_f < t_3$$

Ezt az esetet lehet a tipikus biztonságiöv-használat nélküli ütközésre alkalmazni.

- b) Az utas a még mozgó járműre ütközik fel, és a jármű megállása után kerül nyugalmi helyzetbe:

$$t_f < t_1 < t_3$$

- c) Az utas a mozgó járműre ütközik fel, és annak megállása előtt (a járműhöz viszonyítva) jut nyugalomba:

$$t_f < t_3 < t_1$$

Ezt az esetet a tipikus biztonságiöv-használatra lehet vonatkoztatni.

- d) Az utas abban az időpillanatban ütközik fel a járműre, amikor az éppen megáll, az utas később kerül nyugalmi helyzetbe:

$$t_1 = t_f < t_3$$

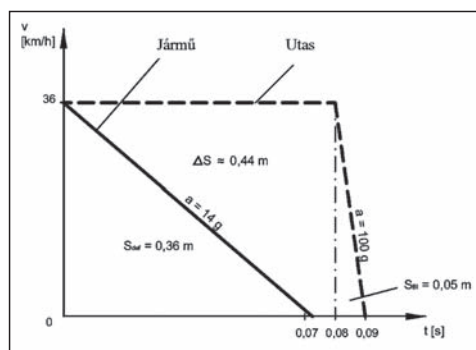
Az alapvető elérendő cél az utasvédelmi berendezések (airbag, biztonsági öv, övfeszítő stb.) részéről, hogy megakadályozzák az utas felütöközését a jármű belső részére (a vezetőnél elsősorban a kormánykerékre), valamint hogy a visszatartó berendezések biztosítsák – természetesen a reális korlátok mellett – hogy a járműben lévő kialakuló, mechanikai terhelései ne haladják meg az ember biomechanikai terhelhetőségének korlátait.

Az övhasználat nélküli utas és jármű lineáris jellemzőit vizsgáljuk kísérleti mérések eredményeinek felhasználásával a 8. ábra szerint<sup>5</sup>.

A gépkocsi  $V_{\dot{u}} = 36,0$  km/h sebességgel ütközött nem deformálódó, szilárd akadálnak. A jármű  $s_{def} = 0,36$  m deformációs úton az ütközés kezdetétől számítva 0,07 s-on belül nyugalmi helyzetbe került.

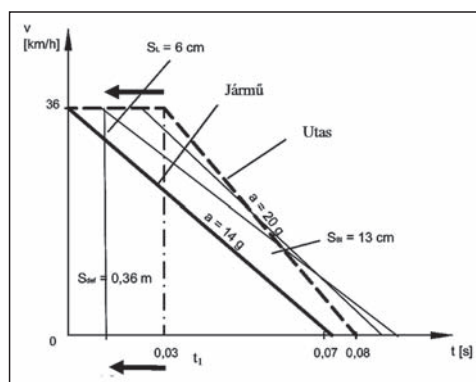
Az övet nem használó utas (Hybrid III. dummy)  $d_s = 0,44$  m elmozdulás után,  $t = 0,08$  s-nál ütközött fel a jármű belső részére. Ezután  $a = 100$  g nagyságú lassulással került nyugalmi helyzetébe  $t = 0,09$  s idő elteltével. Ezen utóbbi szakaszon a dummy elmozdulása  $s_d = 0,05$  m nagyságú volt.

A lineáris  $v=f(t)$  diagram határolta terület az elmozdulás (út) nagyságát jelzi.



8. ábra. Az utas és a jármű viselkedése biztonságiöv-használat nélkül

Az elérendő cél biztosítását, nevezetesen hogy a jármű és az utas közötti sebességkülönbség kiegyenlítése a lehető legrövidebb idő alatt elérhető legyen, a 9. ábra diagramjában szemléltetjük.



9. ábra. Az utas és a jármű viselkedése biztonságiöv-használat esetében

A kezdeti paraméterek azonosak az előző kísérlettel ( $V_{\dot{u}} = 36,0$  km/h, ütközési idő = 0,07 s, átlagos járműlassulás = 14 g).

A bemutatott konkrét esetben az utas mintegy 6 cm távolság megtétele után kezd el lassulni. Az öv, ruházat, mellkas rugalmassága további 13 cm-es elmozduláson manifesztálódik. Az utas lassulása a szaggatott vonal meredeksége alapján  $a = 20$  g nagyságú.

Ezen kísérleti összehasonlítás során sikerült a biztonsági öv használatával az átlagos lassulás – ezáltal az utasterhelés – nagyságát 80%-kal csökkenteni.

Az utas átlagos lassulását még jobban lehetséges csökkenteni, amennyiben az utas előre-mozdulás-távolságát sikerül rövidíteni, azaz a lassulás karakterisztika kisebb hajlásszöggel alakul ki. Az ábrában feltüntettük a  $t_1$  utaslassulás-kezdet változtatásának hatását különböző ferdeségű karakterisztikákkal. Ilyen jellegűt a már szériában használatos övfeszítő berendezésekkel lehet elérni.

Az előzőekben ismertetett utasmozgások esetek frontális, centrális (tehát a jármű hossztengelelyével közel párhuzamos ütközési impulzus hatásvonal) merev akadálynak ütközéses esetekre vonatkoznak.

A valós közlekedési balesetek során azonban ilyen tisztán centrális ütközések meglehetősen ritkák, leggyakrabban jármű-jármű ferde ütközési szöghelyzetek alakulnak ki.

**Speciális esetként** jelentkezik a következőkben bemutatásra kerülő valós baleset is, amely során a ferde szögű ráfutásos ütközés után az egyik jármű függőleges (z) tengelye körül elfordulva oldalával egy oszlopnak is ütközött.

A gépkocsivezető nem használta a biztonsági övet, és súlyos fejsérüléseket szenvedett (a baleset után ennek következtében elhalálozott).

Az igazságügyi gépjárműszakértőnek feltett és megválaszolandó kérdések a következők voltak:

1. Hogyan mozgott volna a járművezető abban az esetben, ha a biztonsági öve becsatolva lett volna?
2. A biztonsági öv a vezető milyen irányú mozgását akadályozta volna meg, illetve mennyiben csökkentette volna az elhunyt testére a gépjárművek ütközése folytán ható erőket, a biztonsági öve használata mennyiben és milyen módon védte volna a gépjármű vezetőjét a sérülésektől.

A kérdés megválaszolása érdekében *első fázisban* rekonstruálni kellett a járművek ütközését, illetve az elől lévő járműoszlop ütközését. Az ütközésszámítást és a kifutás mozgáselemzését a gépjármű-szakértői gyakorlatban általánosan alkalmazott Carat 3.0 ütközés- és járműdinamikai program segítségével végeztük el<sup>4</sup>. A számítási folyamat részletes ismertetése nélkül szemléltetjük a gépkocsik, különös tekintettel az elől lévő VW jármű mozgás fázisaira (10. ábra).

Az ütközésszámítás eredményeként a következő sebességadatokat adódtak:

Az első (ráfutásos) ütközéskor a járművek haladási sebességei:

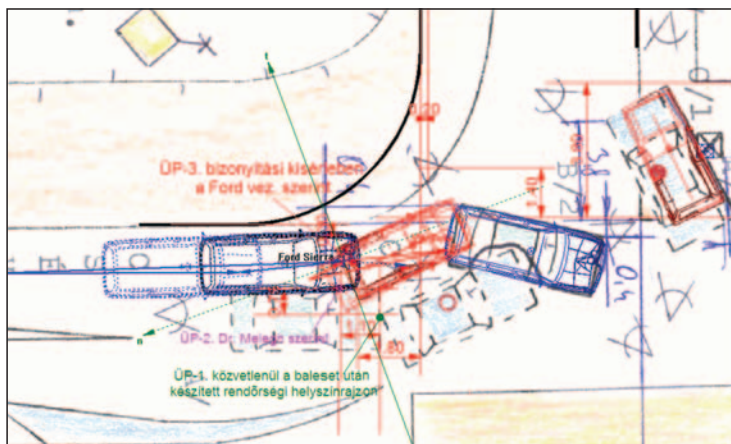
$$v_{\dot{u}}_{\text{VW}} = 8,0 - 12,0 \text{ km/h;}$$

$$v_{\dot{u}}_{\text{Ford}} = 47,0 - 52,0 \text{ km/h;}$$

A második (oszlop) ütközés sebessége:

$$v_{\dot{u}}_{\text{VW}} = 13 - 19 \text{ km/h;}$$

A VW személygépkocsi vezetőjének az ütközések alatti (első + második) mozgásának elemzése a biztonsági övének bekapcsolt állapotában: A gépjárművezető járműhöz viszonyított elmozdulását a PC Crash 8.0 számítógépes ütközéselemző programmal vizsgáltuk<sup>5</sup>. Ennek során a korábbiakban már behatárolt ütkö-



10. ábra.  
Az ütközéssorozat  
egy-egy fázisai



11. ábra.  
A gépjárművezető  
elhelyezkedése

zési számítás értékeinek felhasználásával ismételtén futtattuk a jármű teljes mozgásfolyamatát az első ütközésétől a véghelyzetéig bezárólag.

A gépjárművezető mozgását az első (ráfutásos) ütközésre vonatkozóan két fő részre lehetett bontani, majd ezután következett az oszlop-nak ütközés miatti további elmozdulása.

A gépjárművezető mozgását az alkalmazott programban 20 résztömegeből és 19 csuklóból felépített többtestmodell (MKS)-rendszerrel vizsgáltuk.

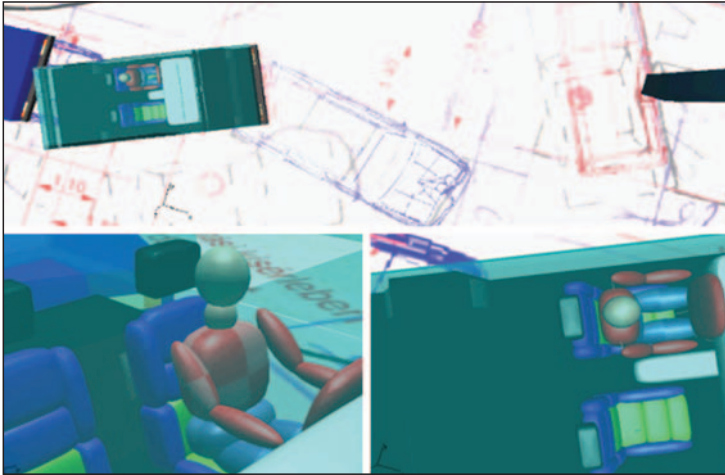
A járművezető helyzetét az ütközés előtti pillanatokban a 12. ábra háromdimenziós képe szemlélteti. A hárompontos biztonsági öv az ábrában vizuálisan nem látható, azonban a többtestmodell-rendszerben definiálásra és a számítások során figyelembevételre került.

A Ford gépkocsi ráfutásakor a VW gépjármű vezetőjének felsőteste, tehetetlenségénél fogva, a gépjármű utascellájához viszonyítva (relatív) – a ráfutásos ütközés miatt az akció-reakció törvény alapján – hátrafelé és kismértékben bal oldalra mozdult volna el még becsatolt öv esetében is, mivel az ütközési erő hatásvonala a VW hossz tengelyével mintegy  $\varphi \sim 17\text{--}23^\circ$ -os szöveget zárt be. Előbbi utas mozgásszimulációja során jól érzékelhető a vezető fejének a felsőtesthez viszonyított mozgása (14. ábra).

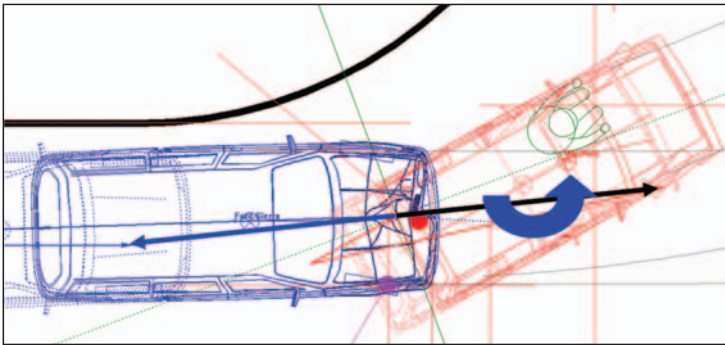
Megállapítható, hogy a biztonsági öv bekapcsolt állapotában a gépjárművezető csípő része – a medenceöv visszatartó hatása miatt – kismértékű elmozdulásokkal ( $\sim 0,04\text{--}0,07$  m) a vezetőülésben maradt volna.

A gépkocsi hosszirányú mozgása és egyidejűleg a függőleges tengelye körüli elfordulása következtében a vezető felsőteste és feje me-

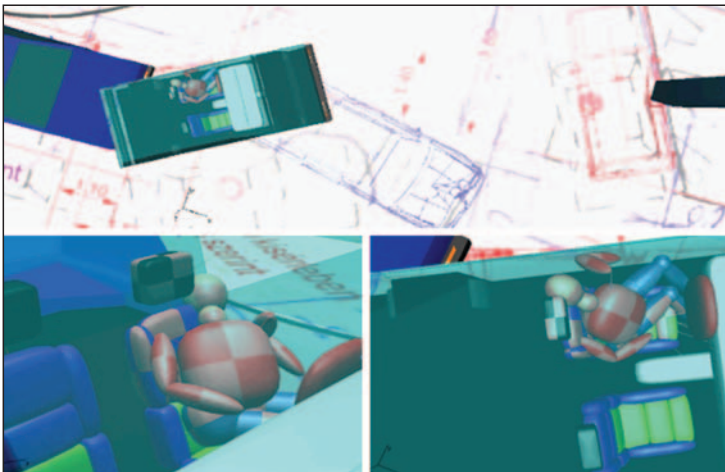




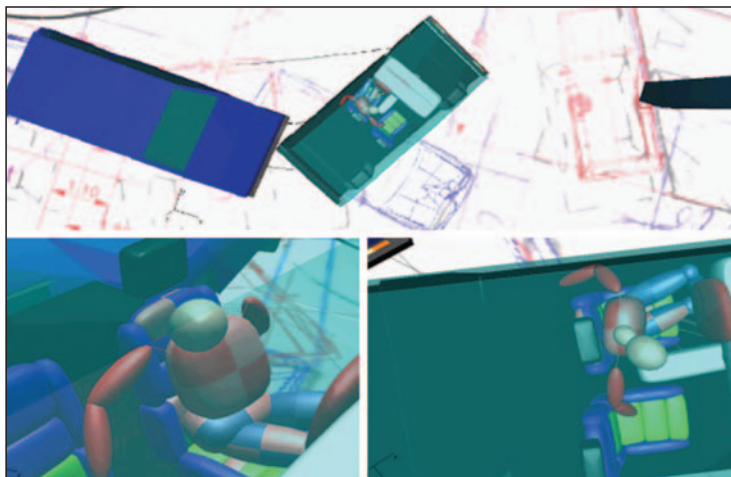
12. ábra.  
A gépjárművezető  
elhelyezkedése  
a vezetőülésben  
(Ütközés előtti fázis  
 $t=0,00$  s  
a szimuláció kezdete)



13. ábra.  
Az ütközési impulzus  
hatásvonala és a VW  
perdülési nyomatéka



14. ábra.  
A gépjárművezető  
fejlemozdulása  
az első ütközés  
hatására  
( $t=0,17$  s)



15. ábra. A járművezető felsőtest-elmozdulása ( $t=0,51\text{ s}$ )

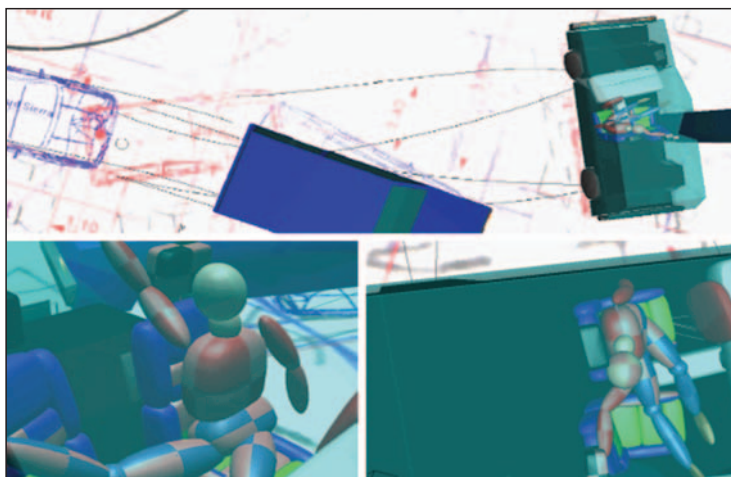
dencéjéhez viszonyítva többszörös, ún. csapódó mozgást végez. Előbbi folyamat jellege egyébként jól tükröződik a többtest-tömegű vezetőmodell törzs-nyak-fej részeire ható gyorsulás és erőhatások diagramban történt ábrázolása során is (17–20. ábra).

Amikor a gépkocsi jobb oldali részével az oszlopnak ütközött (16. ábra), akkor a járművezető feje a becsatolt öv esetében is jobbra lendült volna, azonban a felsőtestet a csípő öv megakadályozta volna, hogy átkerüljön a jobb oldali első ülésre.

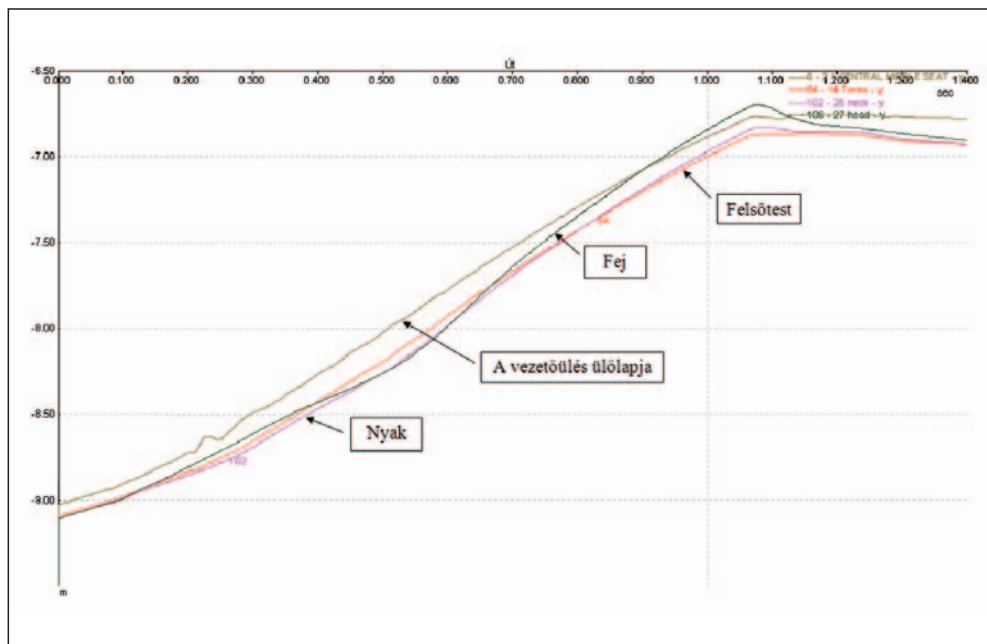
A járművezető-modell fej-, nyak- és felsőtest-, valamint a vezetőülés abszolút (a környezet-höz rögzített koordináta-rendszerben értendő) oldalirányú ( $s_y$ ) elmozdulására vonatkozó idő-grafikon a 17. ábrában látható.

A modell háromdimenziós mozgásfázisainak adatai szerint a felsőtest-nyak-fej vezetőülés ülőlapjától mérhető oldalirányú elmozdulásának tartománya  $\sim 0,25\text{--}0,35\text{ m}$  nagyságú.

Természetesen előbbi értékeket erőteljesen befolyásolja a tényleges gépkocsiveető váz- és



16. ábra.  
A járművezető mozgása az oszloputközés során ( $t=1,27\text{ s}$ )



17. ábra. A járművezető fej-, nyak- és felsőtest-, valamint a vezetőülés oldalirányú elmozdulása az idő függvényében

(Head-fej, neck-nyak, torso-felsőtest, central middle seat-vezetőülés ülőlappja)

nyakizomzatának állapota és azon ki nem zárható tevékenység, hogy a vezető esetleg számítva az ütközésre, erőteljesen megkapaszkodik a kormányba, és megfeszíti izomzatát.

A konkrét esetben, mivel a járművezető számára az első ütközés teljesen váratlanul következett be, ilyen ún. vezetői kitámasztásra nagy valószínűséggel nem került sor, tehát a kérdéses testrészek elmozdulásai a bemutatott elmozdulásoknál nagyobb mértékben is létrejöhetnek.

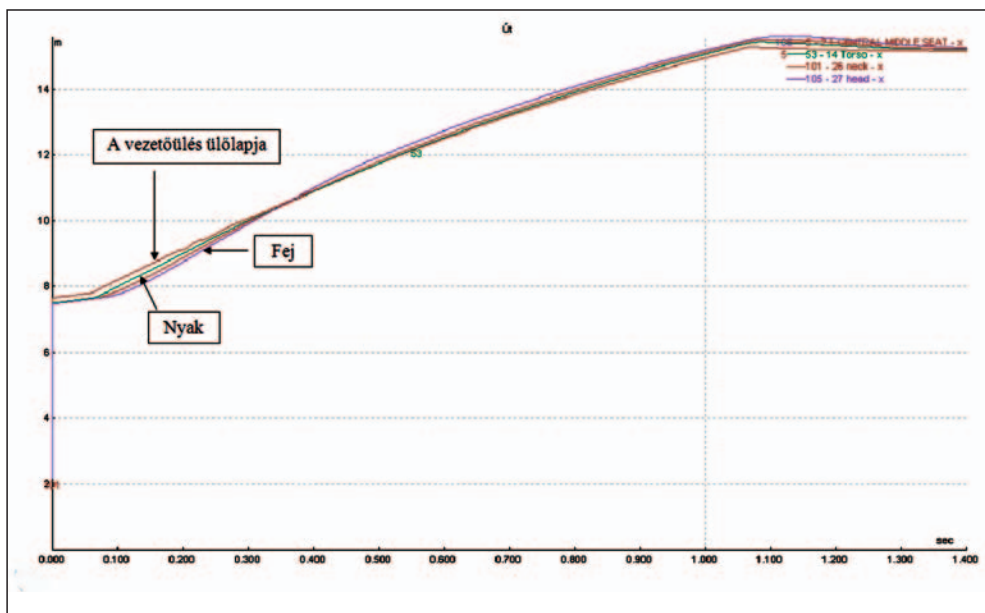
A gépkocsiveető előbbi testrészei hosszirányú, számított elmozdulásainak nagysága becsatolt biztonsági öv mellett nem számottevő mértékű (18. ábra).

A nemzetközi biomechanikai szakirodalom az ilyen jellegű ráfutásos ütközéseknél az elől haladó jármű esetében  $\Delta v=13$  km/h hosszirányú sebességváltozásban határozza meg a

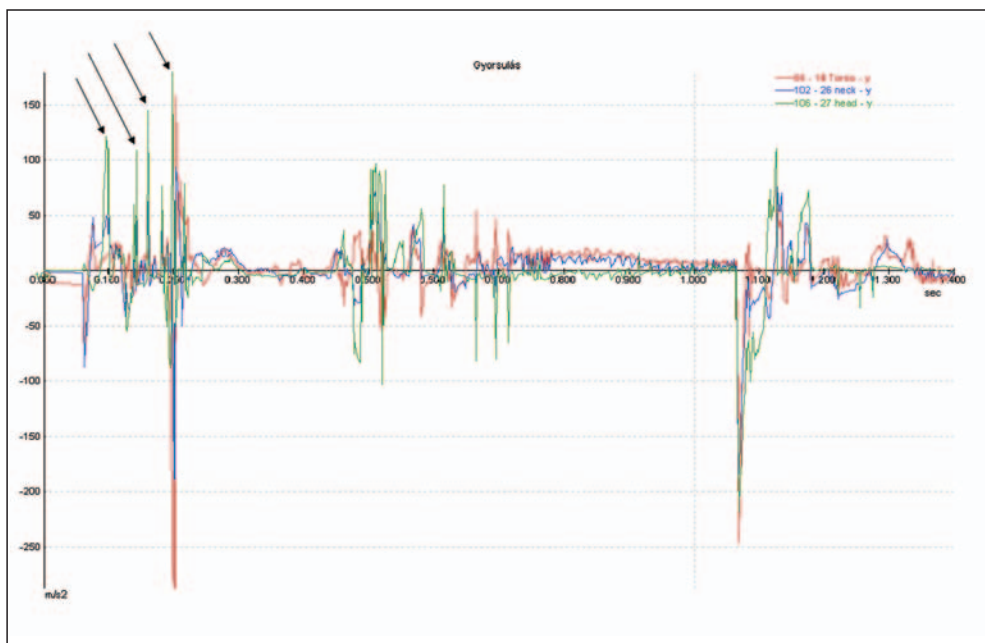
gépkocsiveető nyakcsigolya-sérülését eredményező határérték nagyságát, azonban női gépjárművezetőnél már  $\Delta v=11$  km/h sebességváltozás felett is kialakulhat nyakcsigolya-sérülés<sup>2</sup>.

A vizsgált esetben a VW gépkocsi első ütközésekor az ún. ütközési pontra vonatkoztatva előbbi határértéknél egyértelműen nagyobb mértékű sebességváltozást ( $\Delta v\sim 27,0$  km/h) lehetett meghatározni.

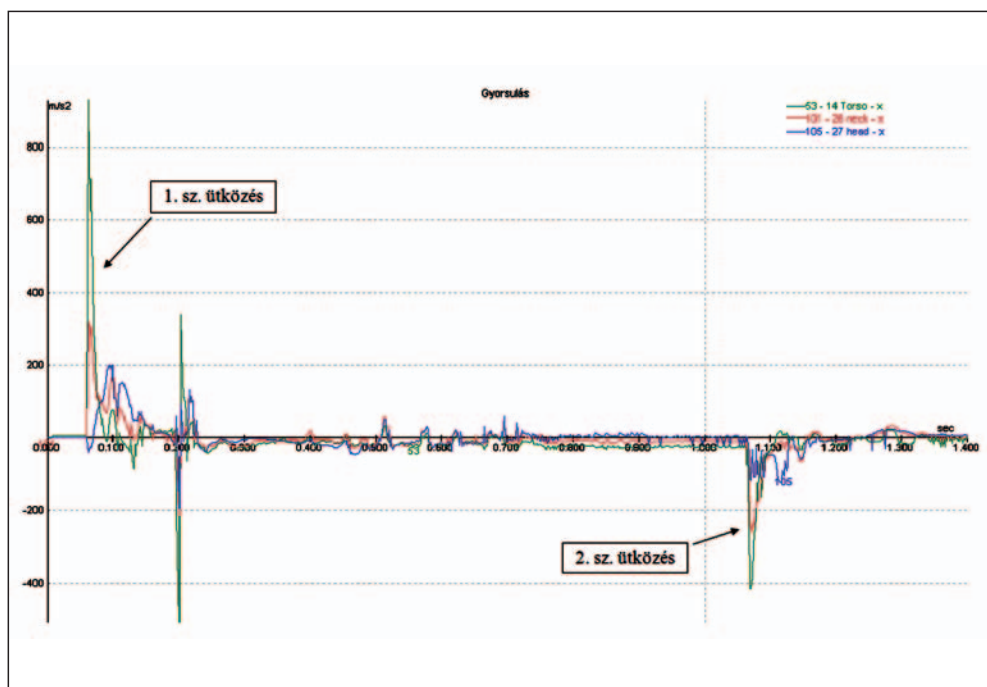
A legutóbbi időszak kutatásai szerint nyakcsigolyasérülés kialakulására akkor lehet nagy valószínűséggel számítani, amennyiben az ún. NIC (Neck Injury Criterion – nyaksérülési kritérium) a  $15 \text{ m}^2/\text{s}^2$  értéket túllépi. Ebben az esetben a maximális relatív gyorsulás a fej és a felsőtest között az  $a=69 \text{ m}/\text{s}^2$ , míg a relatív sebesség a fej és a felsőtest között a legnagyobb terhelés fázisában  $v_{\text{rel}}=6$  km/h.



18. ábra. A járművezető fej-, nyak- és felsőtest-, valamint a vezetőülés hosszirányú elmozdulása az idő függvényében (Head-fej, neck-nyak, torso-felsőtest, central middle seat-vezetőülés ülőlappja)



19. ábra. A járművezető fej-nyak és felsőtest oldalirányú gyorsulásának alakulása az idő függvényében (Head-fej, neck-nyak, torso-felsőtest)



20. ábra. A járművezető fej-nyak és felsőtest hosszirányú gyorsulásának változása az idő függvényében (Head-fej, neck-nyak, torso-felsőtest)

Az NIC index, mivel viszonylag újonnan használt biomechanikai jellemző, ezért a széles körű baleset-elemzési gyakorlatba nem került át, lényegében a gerincoszlop és a nyakcsigolyák közötti relatív elmozdulás definiálására szolgál)<sup>3</sup>.

A következő ábrákban a járművezető-modell rekonstruált fej-nyak és felsőtest hossz- és keresztirányú gyorsulásának idő függvényében történt változását mutatjuk be. Az alkalmazott modell kialakítása miatt elsősorban az elmozdulások jellege és iránya határozható meg elfogadható pontossággal, azonban az nagy valószínűséggel állítható, hogy a fej és a felsőtest közötti relatív gyorsulás a kritikus értéket még bekapcsolt biztonsági öv esetében is túllépte volna, tehát bekapcsolt biztonsági öv esetében is bekövetkezett volna a VW-vezető fej-nyakcsigolya biomechanikai határértékeket meghaladó túlterhelése.

A 19. diagramból jól érzékelhető – különösen a fej és a nyak esetében – a jelentős mértékű oldalgyorsulás-változás a kettős ütközési folyamat során. A fej egyes gyorsulási csúcserőértékei elérik a 12–19 g nagyságot, a max.-min. értékek közötti különbség pedig meghaladja a 20 g nagyságot is.

### Összefoglalás

A gépkocsiban utazó emberekre már relatíve kis ütközési sebességeknél is olyan terhelések hatnak, amelyek meghaladják a biomechanikai terhelési határértékeket, különösen olyan esetekben, amikor a passzív biztonsági berendezéseket (pl. biztonsági övet) nem használják, vagy előbbieket funkcionálisan nem működnek (késői vagy egyáltalán nem aktivizálódó légzsák, elégtelen övfeszítés stb.).

Ugyancsak gyakori problémaként jelentkezhet a biztonsági öv és légzés használata során az ún. submarining (utas alul kicsúszik a csípő-övből), vagy az out-off pozíció (ütközés előtt előrehajolt utas).

A tanulmányban ismertetett többtest-tömegű utasmodell segítségével kielégítő pontossággal lehet rekonstruálni még összetett ütközési folyamatok, illetve járműperdülés és borulások során is az utasokat ért terhelések irányát, nagyságát.

## IRODALOM

1. *Kőfalusi P, Kőfalvi Gy.* Gépjárművek passzív biztonsága. Budapest: Maróti Könyvkiadó; 2000.
2. *Walz F, Muser M.* Biomechanical assesment of soft tissue cervical spine disorders and expert opinion in low speed collisions. *Accident Anal Prev* 2000;32:161–5.
3. *Meyer S, Schal S.* Technisch-biomechanische Unfallanalyse in Hugemann (Hrsg.). Unfallrekonstruktion. Münster: Verlag autorenteam; 2007.
4. Carat Handbuch, IbB-Wiesbaden; 2000.
5. PcCrash Manuel, DSD Linz; 2008.
6. *Kasanický G, Kohut P, Lukášik M.* Impact dynamics theory for the analysis and simulation of collisions. UNI-Zilina; 2004.
7. *Kramer F.* Passive Sicherheit von Kraftfahrzeugen. Wiesbaden: Vieweg Verlag; 2010.

### Dr. Kőfalvi Gyula

IbB-Hungary Mérnöki-Szakértői Iroda  
H–1163 Budapest, Veres Péter u. 48.  
Tel.: (+36) 1 402-1003

# www.muszeroldal.hu

(a magyar műszerportál)

## - Cégszótárak:

- Gyártók/Forgalmazók/Műszerek
- Kalibráló-és Vizsgálólaboratóriumok
- Műszerfejlesztők
- Műszerjavítók

## - Referencia oldalak:

- **Metrológia**
  - SI rendszer
  - Ipari metrológia
  - Négynyelvű metrológiai szótár
- **Szakirodalom**
  - Magyar mérés-technikai cikkek jegyzéke
- **Hasznos adatok**
  - Anyagok szilárdsági jellemzői
  - Hőelemek adatai
  - Mértékegység lexikon
  - Fontosabb fizikai állandók
  - ASCII kódtábla
- **Letölthető szoftverek stb.**
- **Műszer-piac**

Ha mérést végez... ha műszereket árusít... kalibrál... fejleszt  
vagy javít... itt mindent megtalál!

MŰSZER  
OLDAL

# Innováció versenyáron

## Pannon

