

„XVI. IFFK 2022”
Budapest, 2022. szeptember 21-23.

**„Közlekedésbiztonság erősítése a hazai
köztudatban”
Gépkocsiban utazók ütközés alatti mozgásának
vizsgálata**

MAGYARORSZÁGI BALESETKUTATÓ ÉS BALESETELEMZŐ EGYESÜLET

Dr. Kőfalvi Gyula
Börzsönyi József

Nemzeti Együtműködési Alap Mobilitás és alkalmazkodás kollégiuma által támogatott
NEAO-KP-1-2022/4-001275 projekt keretében

2022



**Nemzeti
Együtműködési
Alap**



MINISZTERELNÖKSÉG



BETHLEN GÁBOR
Alapkezelő Zrt.

Tartalom

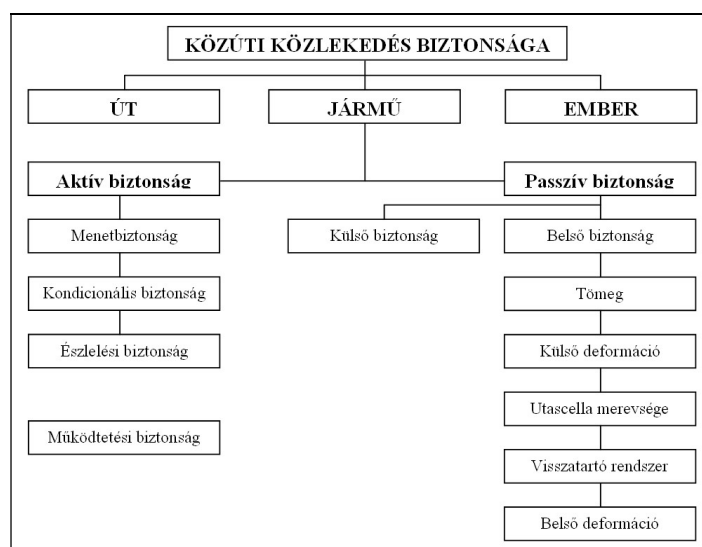
Abstract	3
Bevezetés - alapfogalmak.....	3
Gépjárműben utazók ütközéskori mozgása.....	8
Összefoglalás.....	22
Felhasznált irodalom	23
Melléklet: A járművezető elmozdulásának szimulációja bekapcsolt biztonsági öv esetében..	24

ABSTRACT

A gépjárművek ütközéses balesetei során a bentülők biztonsági kérdéseivel a passzív biztonság munkaterülete foglalkozik. Ezen belül széles kutatási és vizsgálati terület-többszörre átfedésekkel- képeznek a járműben utazók biomechanikai terhelhetőségének elemzése, a baleset túlélését, illetve a sérülés minimalizálását biztosító passzív utas visszatartó 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.

BEVEZETÉS - ALAPFOGALMAK

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 elkerülésére, megelőzésére irányuló törekvéseket, intézkedéseket és műszaki megoldásokat, a passzív biztonsághoz pedig a már bekövetkezett balesetek káros következményeinek súlyosságát csökkentő intézkedéseket rendelték. [1.]



1. ábra: A közúti közlekedés biztonságának meghatározó rendszer-elemei

Az aktív biztonság rendszer elemei közül a menetbiztonság a gépkocsi menetstabilitását befolyásoló járműdinamikai 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 biztosítja.

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

A működtetési biztonság azokkal az intézkedésekkel foglalkozik, amelyek révén a gépkocsivezető percízen, 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 karosszéria részek 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 inkább előbbi kettő területet összefoglalva integrált biztonságnak nevezik.

A modern gépkocsivezetői 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 un. Haddon- mátrix (feltalálójáról Dr. William Haddonról elnevezve) lényegében egy teljeskörű biztonsági leírást jelent. Az ember-jármű-környezet 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.

	Pre Crash	Crash	Post Crash
Ember			
Jármű			
Környezet			

2. ábra: A balesetbiztonsági Haddon-matrix

A mai széria-személygépkocsi gyártásban már megtalálhatóak a következő megoldások:

Passzív biztonság:

- nagy energia-elnyelő képességű járműszerkezet,
- energia-felvétel programozott lemezhorpadással,
- erősített ajtó szerkezet (oldalütközések),
- erősített A-B-C oszlopok (borulásos balesetek),
- deformálódó kormányoszlop,
- passzív biztonsági övrendszerek,
- övfeszítő ill. erőkorlátozó szerkezetek (biztonsági övben),
- fejtámla és ülés pozíció állítás ütközéskor (whiplash)
- a biztonsági öv és légzsák kombinációja,
- oldallégzsák, fej- láblégzsák
- gyalogos elütés negatív hatását csökkentő mellső kiképzések (lökharító, motorháztető, fényszóró, érzékelő szenzorok stb.)

Aktív biztonság:

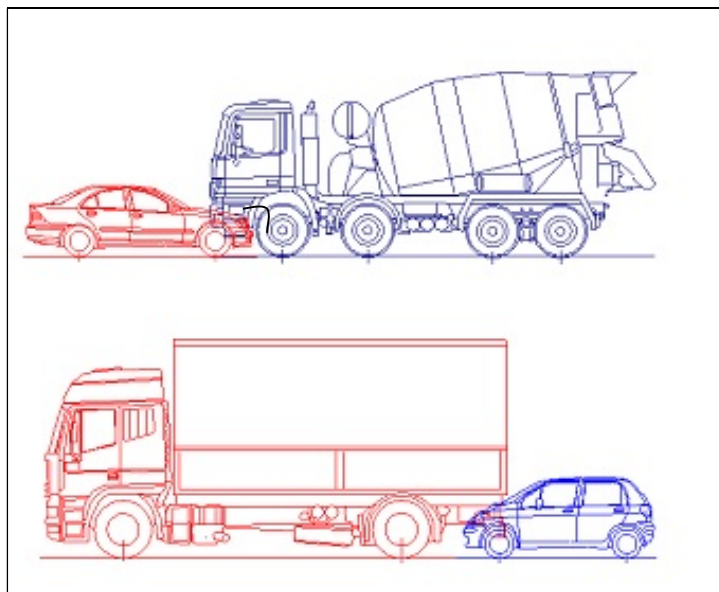
- fényszórótisztító és mosóberendezések,
- Xenon fényszórók, kanyarodás ívét követő fényszórókialakítás
- hátsólámpa optimális kialakítása (kisebb méretű szennyeződés),
- veszélyjelző és információs központ,
- blokkolásgátló és kerékkipörgésgátló (ABS-ASR)
- abroncs-talaj trakció ellenőrzés (ASC+T)
- elektronikus fékerő felosztás (EBD, cornering brake control CBC)

- különböző asszisztens rendszerek (fék- forgalmi sáv követő - követési távolság
- éjszakai látás, automatikus fékezés, holtér tolatás, stb.)
- elektronikus stabilitás ellenőrzés (ESP),
- dinamikus stabilitás ellenőrzés (DSC)
- elektronikus követési távolság érzékelő rendszerek (ACC)
- abroncsnyomás csökkenés jelző (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, balesetkutatási, gépkocsivezető-gépjármű rendszertechnikai, kompatibilitásbeli, valamint haszon-költség elemzésbeli eredményei.

Kompatibilitás:

Kompatibilitás alatt a különböző baleseti partnerek egymáshoz való viszonya, megfelelősége értendő. A 3.ábra méretarányos rajzaiban jól érzékelhető, hogy különösen a tehergépjármű-személygépkocsi ütközéseknél a baleseti partnereknél a deformációs energia felvételére konstrukciósan kialakított tartományok eltérő magassági zónákban helyezkednek el.

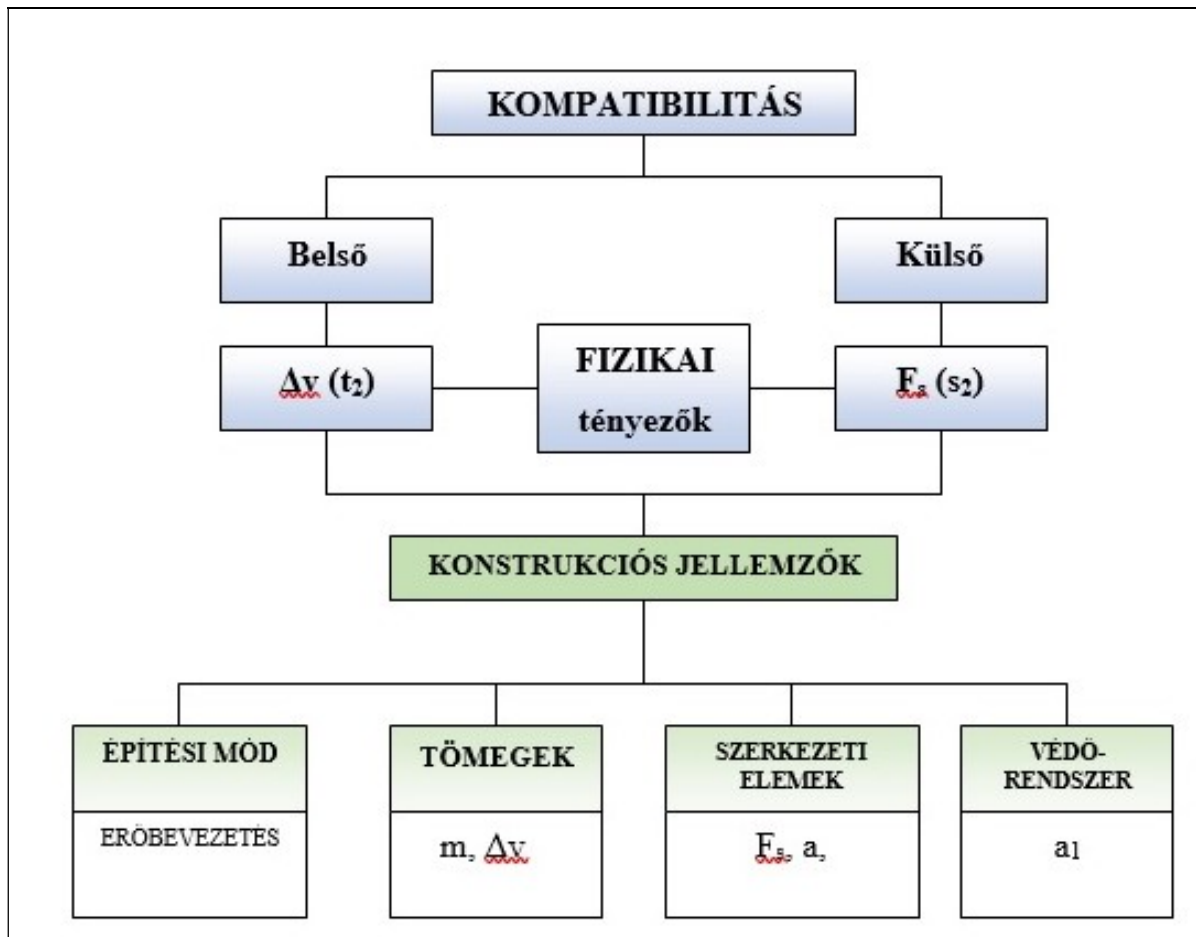


3. ábra: A tehergépkocsi- személygépkocsi magassági inkompatibilitása

A tehergépkocsik átlagos mellső lökhárítójának és a személygépkocsik ún. orrmagasságának összehasonlításából adódik, hogy az ún. 50 %-os magasság érték személygépkocsinál 625 mm, tehergépkocsinál 750 mm. Mivel az energia felvevő tartományok között jelentős

magasságbeli különbség van, ezért az ilyen ütközések során a személygépkocsi, mintegy aláfut a tehergépkocsi front-vagy hátsó aláfutásgátlója alá.

A különböző baleset partnerek ütközéses balesetei során meghatározó szempont tehát a szükséges és elégséges szintű kompatibilitás biztosítása. A belső és külső kompatibilitás összetevőit a 4. ábra blokkdiagramján szemléltetjük.



4. ábra: A belső és külső kompatibilitás összetevői

Az ábra jelölése:

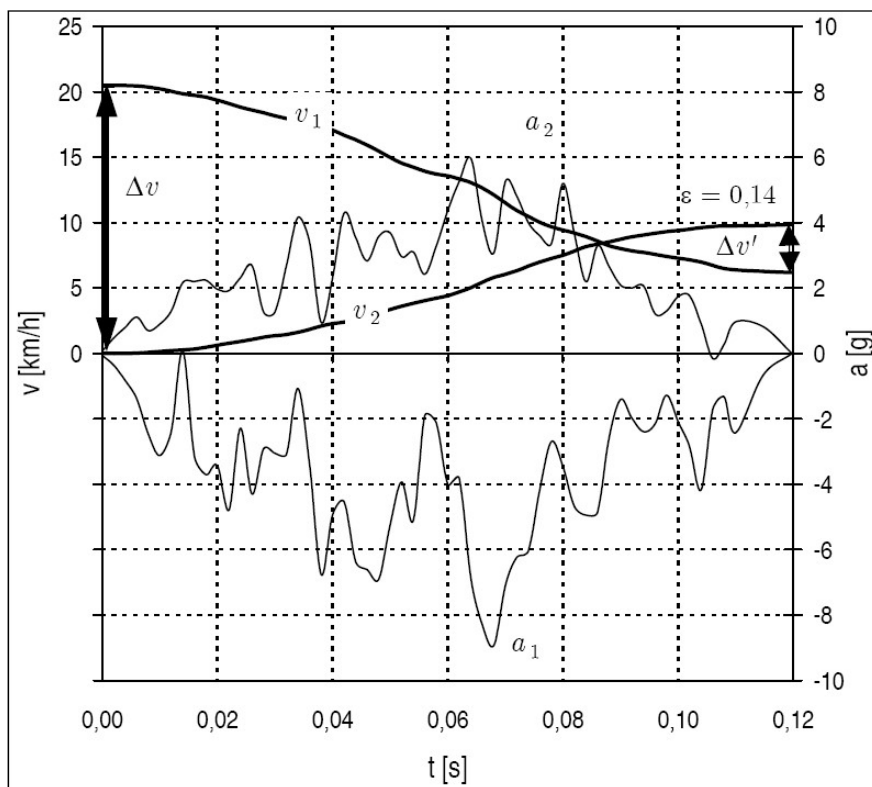
- dV - ütközéskori sebességváltozás
- F - ütközési erő
- m - jármű tömegek
- a - ütközés alatti lassulás változása

GÉPJÁRMŰBEN UTAZÓK ÜTKÖZÉSKORI MOZGÁSA

Ebben a tanulmányban a gépjárműben utazók ütközéskori mozgásának, annak speciális kérdéseivel foglalkozunk. Az 5. ábrában egy tipikusnak nevezhető un. hátsó ráfutásos személygépkocsi baleset sebesség ($V=f(t)$), gyorsulás/lassulás ($a=f(t)$) alakulását mutatjuk be.

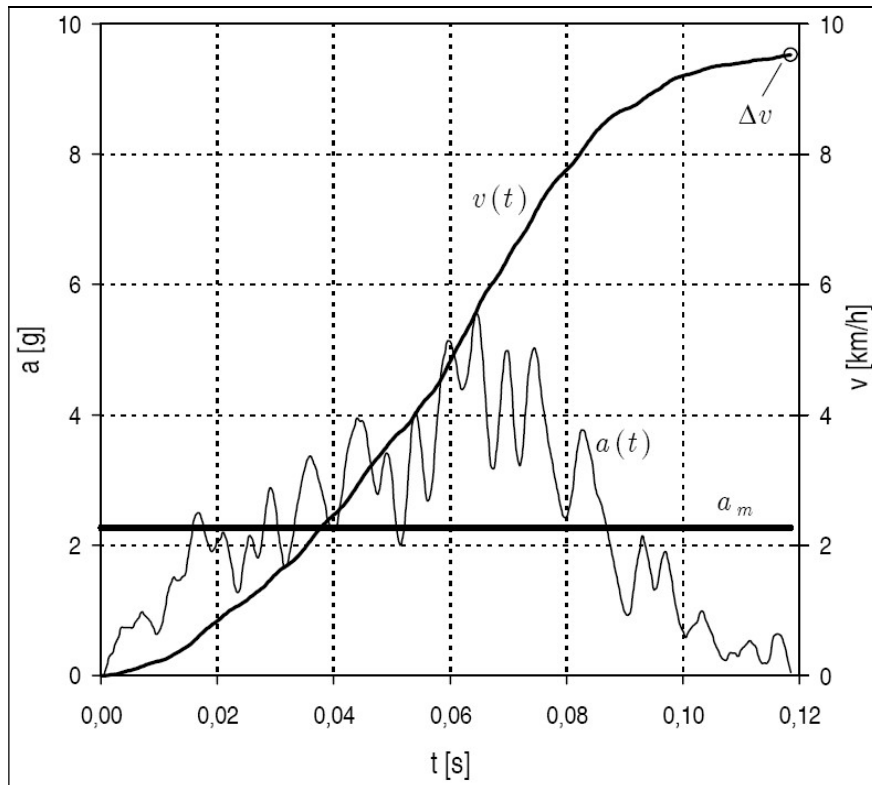
A $dv = 21,0$ km/h kezdeti sebességkülönbséggel ráfutó 1. számú jármű V_1 sebessége a jelzett karakterisztika szerint csökken, míg a másik jármű V_2 –vel jelölt sebessége növekedik. Az ütközés kezdete után ca. 85 ms idő elteltével a járművek sebessége azonos nagyságú, majd az 1. –es járműé tovább csökken,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

Az egyes gépkocsik utas cellájának gyorsulás (a_1, a_2) változása a deformálódó szerkezeti részek energia felvételének 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 [3.]

A következő diagramban a gépjárműben lévő utas jellemző fizikai paramétereit szemléltetjük az utas elmozdulása során a sebesség($v=f(t)$) a lassulás($a=f(t)$), valamint az átlagos lassulás(a_m) függvényeiként.

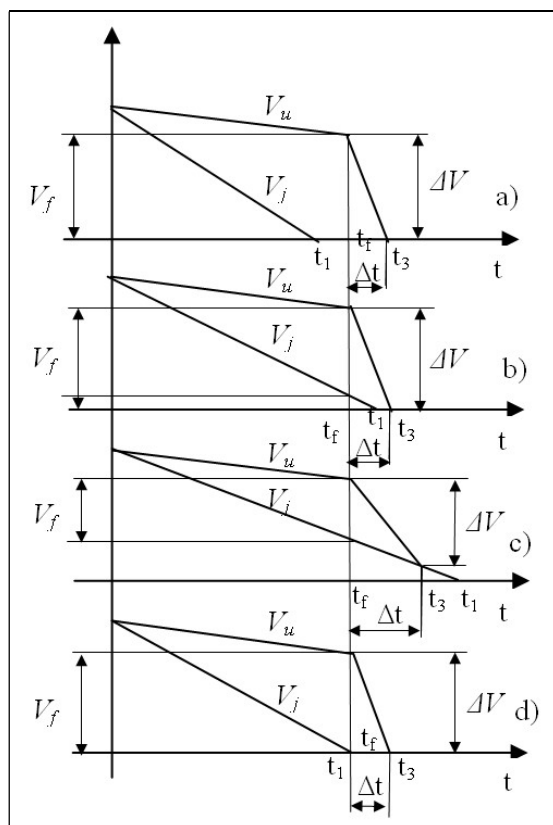


6. ábra: Az utas terhelés fizikai paramétereit [3.]

A biomechanikai kérdésekkel foglalkozó mértékadó szakirodalom [2] a gépjárműben utazó ember különböző testrészeinek mechanikai terhelhetőségének paramétereit különböző ütközési konstellációkra részletesen definiálja.

Így például merev akadálynak végzett, frontális ütközésre vonatkozóan (FMVSS208, 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

Ahol:

- V_u - utas sebessége
 - V_j - jármű sebessége
 - dV - utas felütközéskori sebességváltozása
 - t_i - idő
 - dt - utas sebességváltozás időtartama
1. Az utas az időközben nyugalmi helyzetet elért álló járműre ütközik fel
 $t_1 < t_f < t_3$
 Ezt az esetet lehet a tipikus biztonsági övhasználat nélküli ütközésre alkalmazni.
 2. Az utas a még mozgó járműre ütközik fel, és a jármű megállása után kerül nyugalmi helyzetbe
 $t_f < t_1 < t_3$
 3. 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 biztonsági övhasználatra lehet vonatkoztatni.
 4. Az utas abban az időpillanatban ütközik fel a járműre, amikor az éppen megáll, az utas később kerül nyugalmi helyzetbe
 $t_1 = t_f < t_3$

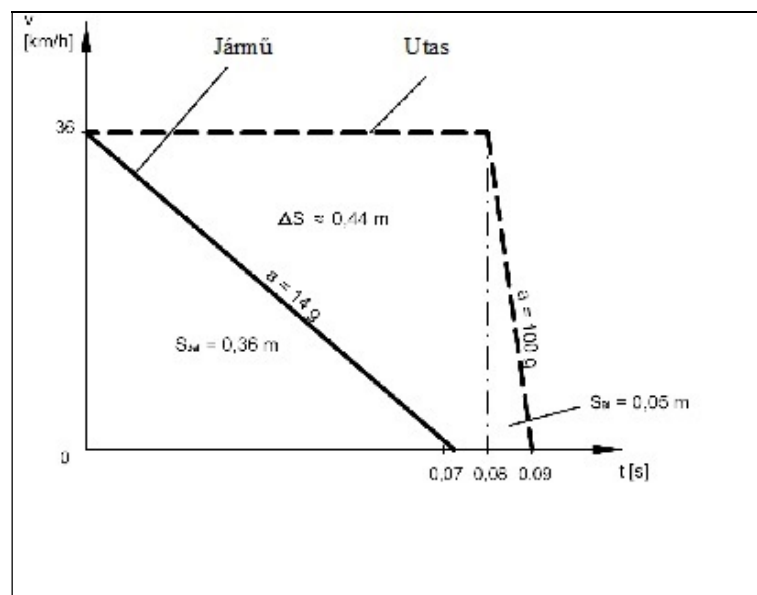
Az alapvető elérendő cél az utasvédelmi berendezések (airbag, biztonsági öv, övfeszítő stb.) részéről, hogy megakadályozza az utas felütközését a jármű belső részére (a vezetőnél elsősorban a kormánykerékre), valamint, hogy a visszatartó berendezések biztosítsák természetesen a reális korlátok mellett-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

Az övhasználat nélküli utas és jármű jellemzők lineáris jellemzőit vizsgáljuk kísérleti mérések eredményeinek felhasználásával a 8. ábra szerint. [5.]

A gépkocsi $V_{ü}=36,0$ km/h sebességgel ütközött nem deformálódó, szilárd akadállyal. 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)

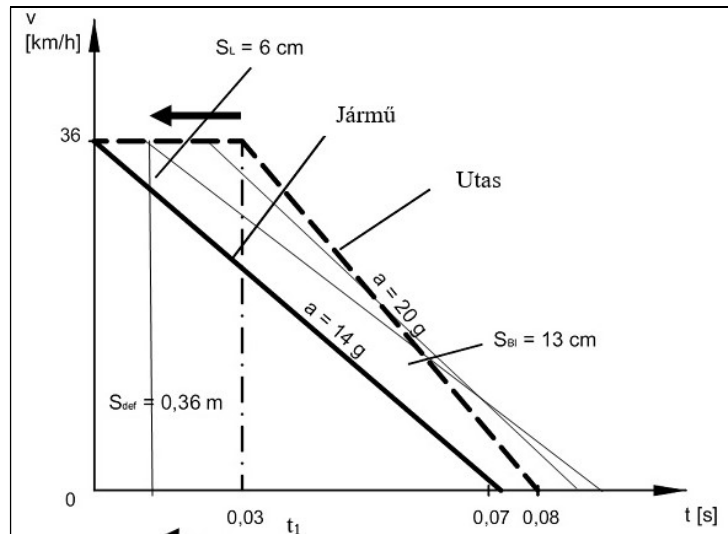
A lineáris $v=f(t)$ diagram határolta terület az elmozdulás(út) nagyságát jelzi.



8. ábra: Az utas és a jármű viselkedése biztonsági övhasználat nélkül

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

A kezdeti paraméterek azonosak az előző kísérlettel ($V_0=36,0$ km/h, ütközési idő= 0,07 s, átl. járműlassulás= 14g)



9. ábra: Az utas és a jármű viselkedése biztonsági övhasználat esetében

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 %-al 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 jelleget a már szériában használatos övfeszítő berendezésekkel lehet elérni.

Az előzőekben ismertetett utasmozgás esetek frontális, centrális (tehát a jármű hossz tengelyével 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.

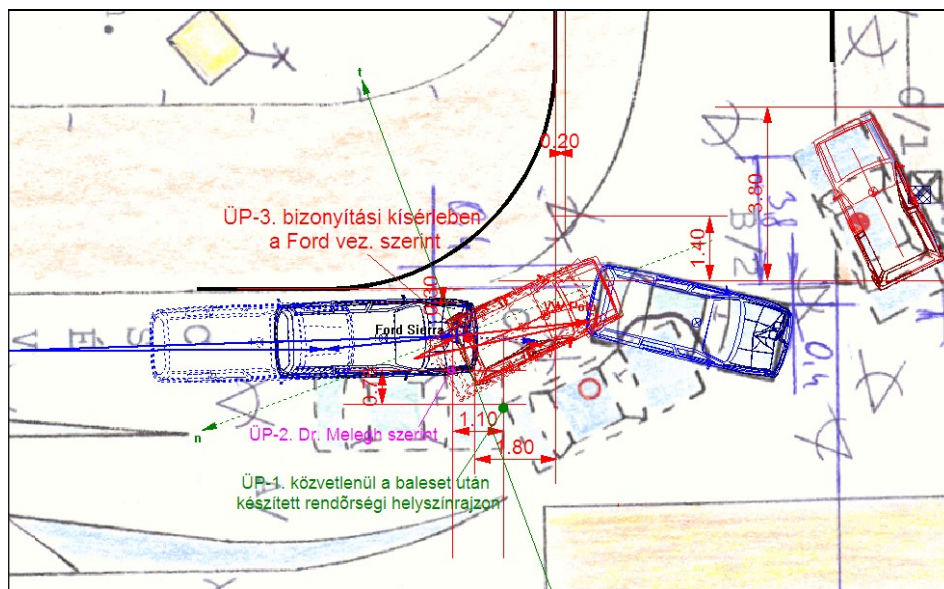
A gépkocsivezető nem használta a biztonsági övet és súlyos fejsérüléseket szenvedett (a baleset után ennek következtében elhalálozott)

Az igazságügyi gépjármű szakértőnek feltett és megválaszolendő 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 elöl lévő jármű oszlop ütközését. Az ütközés számítását és a kifutás mozgáselemzését a gépjármű szakértői gyakorlatban általánosan alkalmazott Carat 3.0 ütközés- és járműdinamikai program segítségével végeztük el. [4.] A számítási folyamat részletes ismertetése nélkül szemléltetjük a gépkocsik, különös tekintettel az elöl lévő VW jármű mozgás fázisait. (10. ábra)



10. ábra: Az ütközés sorozat egyes fázisai

Az ütközés számítás eredményeként a következő sebességadatok adódtak:

Az első (ráfutásos) ütközéskor a járművek haladási sebességei:

$v_{ü_vw}=8,0 -12,0 \text{ km/h};$

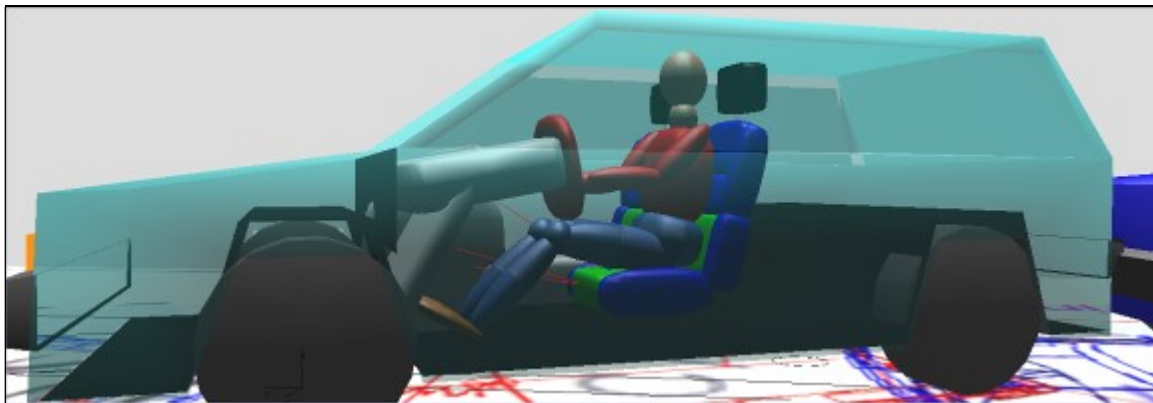
$v_{ü_Ford}= 47,0 -52,0 \text{ km/h};$

A második(oszlop)ütközés sebessége:

$v_{ü_vw}=13-19 \text{ km/h};$

A VW személygépkocsi vezetőjének az ütközések alatti (első és második) mozgásának elemzése a biztonsági övének bekapcsolt állapotában:

A gépjármű vezető járműhöz viszonyított elmozdulását a PC Crash 8.0 számítógépes ütközés elemző programmal vizsgáltuk. [5.] Ennek során a korábbiakban már behatárolt ütközési számítás értékeinek felhasználásával ismételten futtattuk a jármű teljes mozgásfolyamatát az első ütközésétől a véghelyzetéig bezárólag.

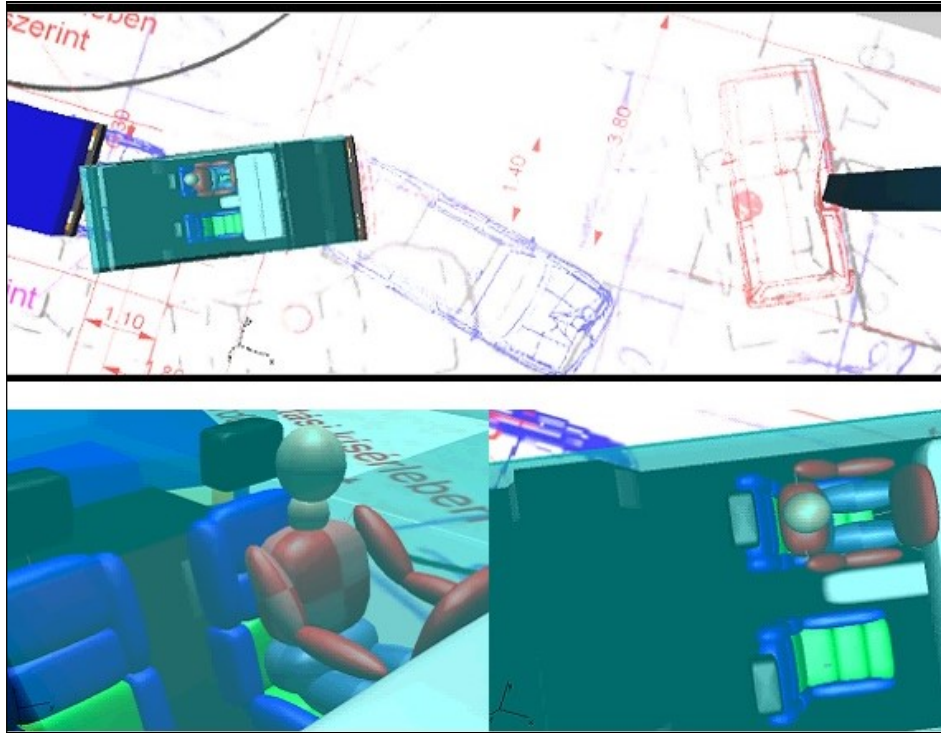


11. ábra: A gépjárművezető elhelyezkedése

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

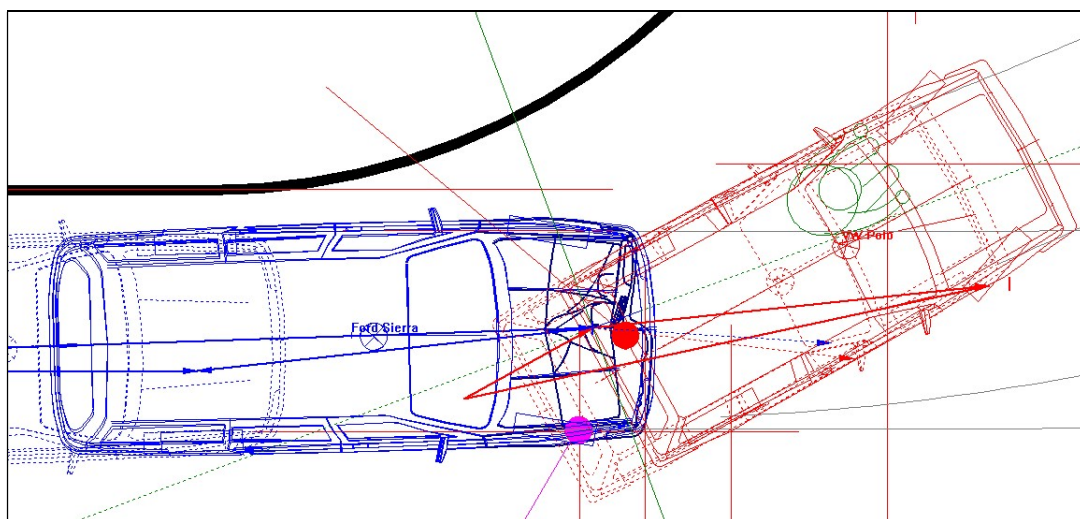
A gépjárművezető mozgását az alkalmazott programban 20 résztömegeből és 19 csuklóból felépített többtest-modell (MKS) rendszerrel vizsgáltuk.

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

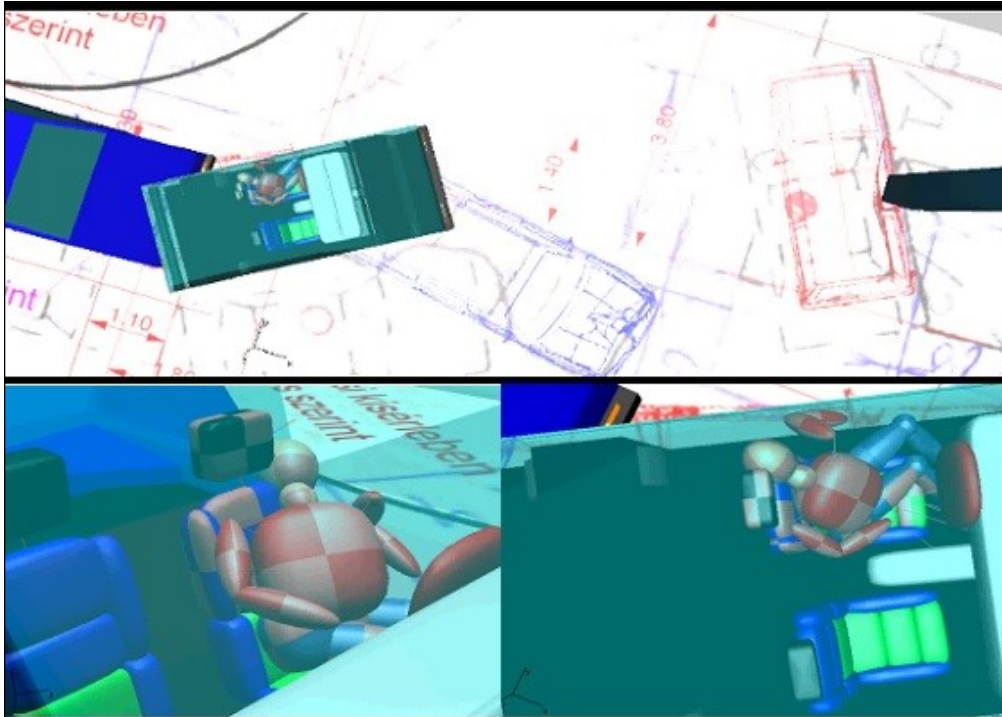


12. ábra: A gépjárművezető elhelyezkedése a vezetőülésben (Ütközés előtti fázis $t=0,00$ s -a szimuláció kezdete)

A Ford gépkocsi ráfutásakor a VW gépjármű vezetőjének felső teste, tehetetlenségénél fogva a gépjármű utas cellájához viszonyítva (relatív)- a ráfutásos ütközés miatt az akció-reakció törvény alapján- hátrafelé és kismértékben baloldalra mozdult volna el még becsatolt öv esetében is, mivel az ütközési erő hatásvonala a VW hossz tengelyével mintegy $\varphi \sim 17-23^\circ$ -os szöveget zárt be. Előbbi utas mozgás szimulációja során jól érzékelhető a vezető fejének a felsőttesthez viszonyított mozgása. (14. ábra)



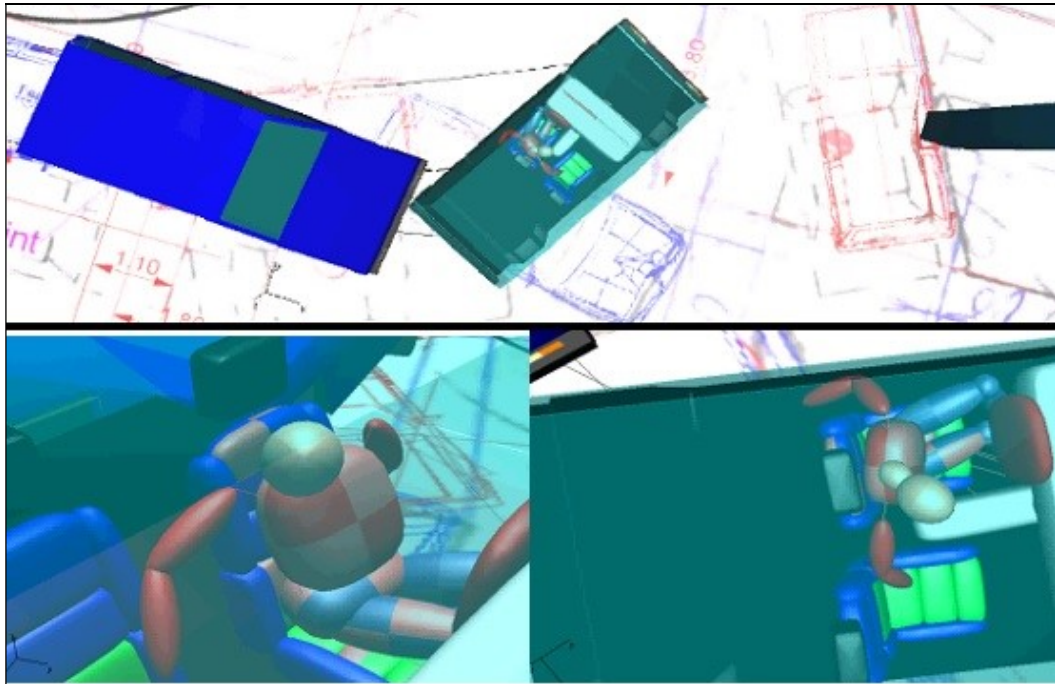
13. ábra: Az ütközési impulzus hatásvonala és a VW perdülési nyomatóka



14. ábra: A gépjárművezető fej elmozdulása az első ütközés hatására (t=0,17 s)

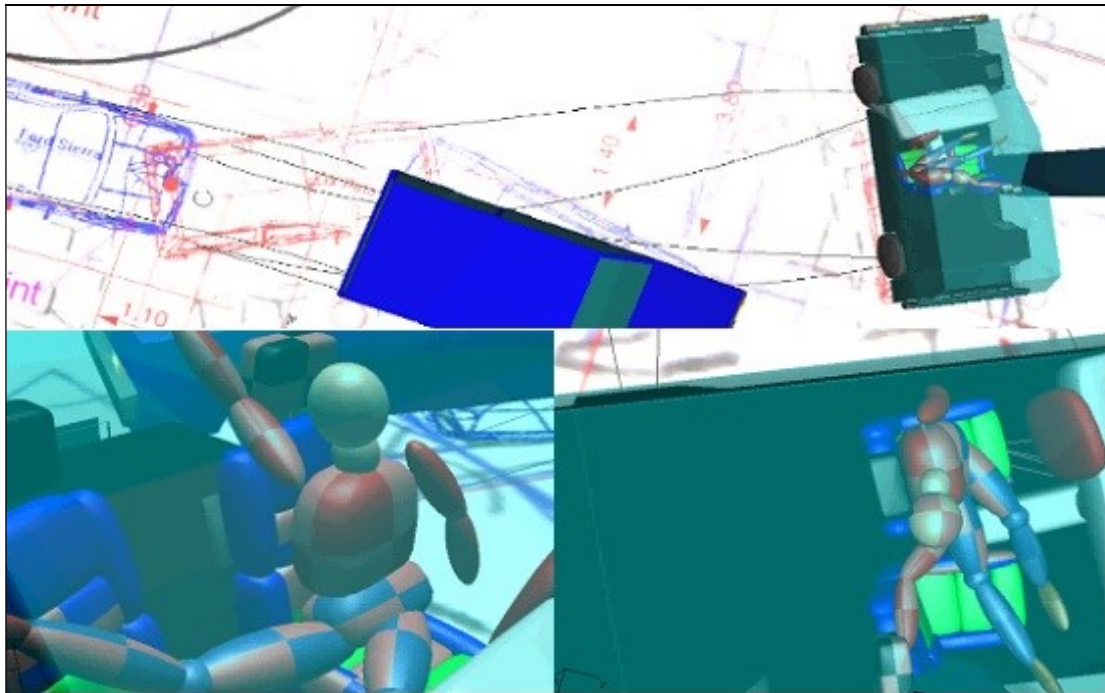
Megállapítható, hogy a biztonsági öv bekapcsolt állapotában a gépjárművezető csípő része- a medenceöv visszatartó hatása miatt – kis mértékű elmozdulásokkal ($\sim 0,04 - 0,07$ m) a vezetőülésben maradt volna.

A gépkocsi hosszirányú mozgása és egyidejűleg a függőleges tengelye körüli elfordulása következtében a vezető felső teste és feje, medencéjéhez viszonyítva többszörös un. csapódó mozgást végez. Előbbi folyamat jellege egyébként jól tükröződik a többtest tömegű vezető modell törzs- nyak- fej részeire ható gyorsulás és erőhatások diagramban történt ábrázolása során is. (l. később)



15. ábra: A járművezető felsőtest elmozdulása (t=0,51 s)

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



16. ábra: A járművezető mozgása az oszlopütközés során (t=1,27 s)

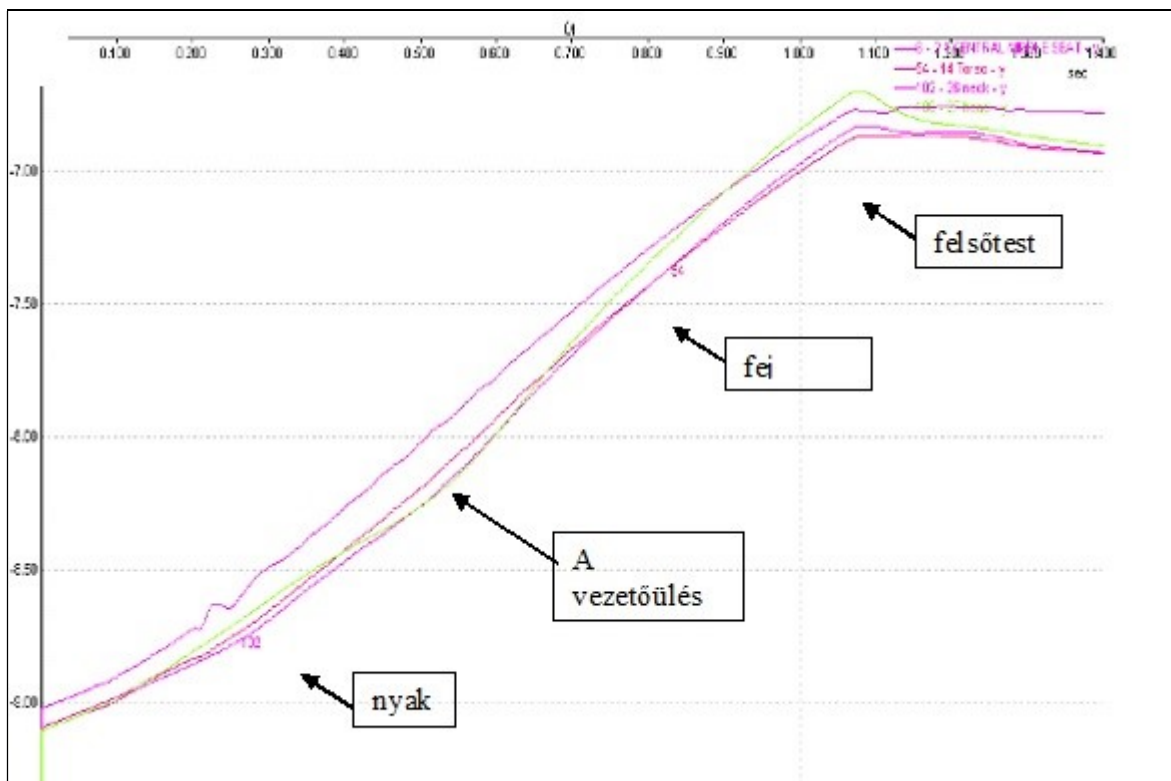
A járművezető modell fej, nyak és felsőtest, valamint a vezetőülés abszolút (a környezethez rögzített koordináta rendszerben értendő) **oldalirányú** (s_y) elmozdulására vonatkozó út-idő grafikon a 17. ábrában látható.

A modell háromdimenziós mozgás fázisainak adatai szerint a felsőtest- nyak- fej, vezetőülés ülőlappjától mérhető oldalirányú elmozdulásának tartománya ~ 0, 25- 0, 35 m nagyságú.

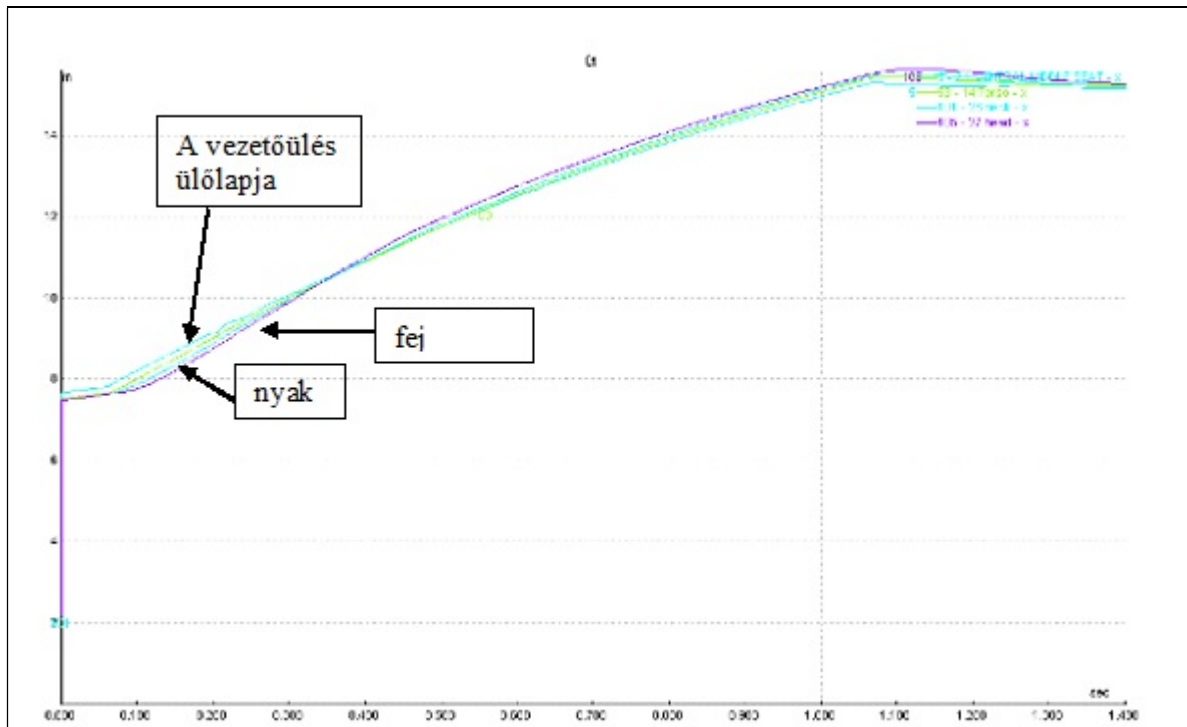
Természetesen előbbi értékeket erőteljesen befolyásolja a tényleges gépkocsivezető váz és nyak izomzatának állapota és azon – ki nem zárható tevékenység-, hogy a vezető esetleg számítva az ütközésre erőteljesen megkapaszkodik a kormányba és megfeszíti izomzatát.

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

A gépkocsivezető előbbi testrészeinek hosszirányú, számított elmozdulásainak nagysága becsatolt biztonsági öv mellett a nem számottevő mértékű. (18. ábra)



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



18. ábra: A járművezető fej- nyak- és felsőtest, vezetőülés hosszirányú elmozdulása az idő függvényében

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

A nemzetközi biomechanikai szakirodalom az ilyen jellegű ráfutásos ütközéseknél az elől haladó jármű esetében $\Delta v=13$ km/h hosszirányú sebességváltozásban határozza meg a gépkocsivezető nyakcsigolya sérülését eredményező határérték nagyságát, azonban női gépjárművezetőnél már $\Delta v=11$ km/h sebességváltozás felett is kialakulhat nyakcsigolya sérülés. [2.]

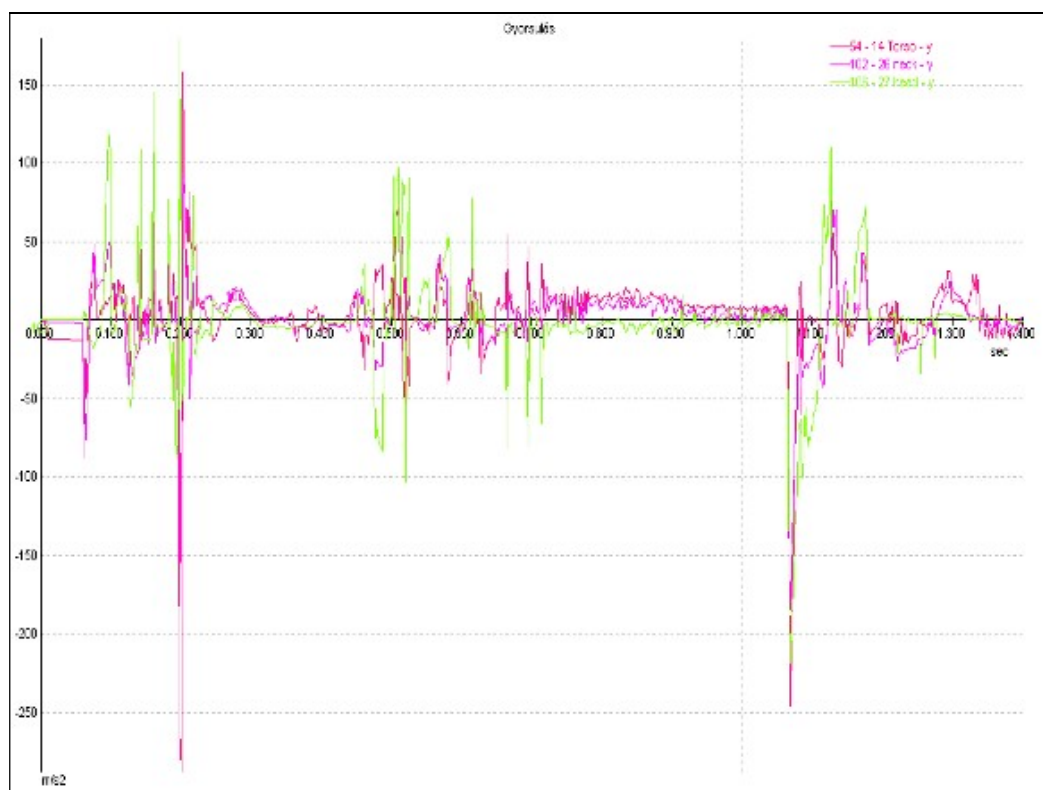
A vizsgált esetben a VW gépkocsi első ütközésekor az ún. ütközési pontra vonatkoztatva előbbi határértéknél egyértelműen nagyobb mértékű sebességváltozást ($dv \sim 27, 0$ km/h) lehetett meghatározni.

A legutóbbi időszak kutatásai szerint nyakcsigolya sérülés kialakulására akkor lehet nagy valószínűséggel számítani, amennyiben az ún. NIC (Neck Injury Criterion - nyak sérülési 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.

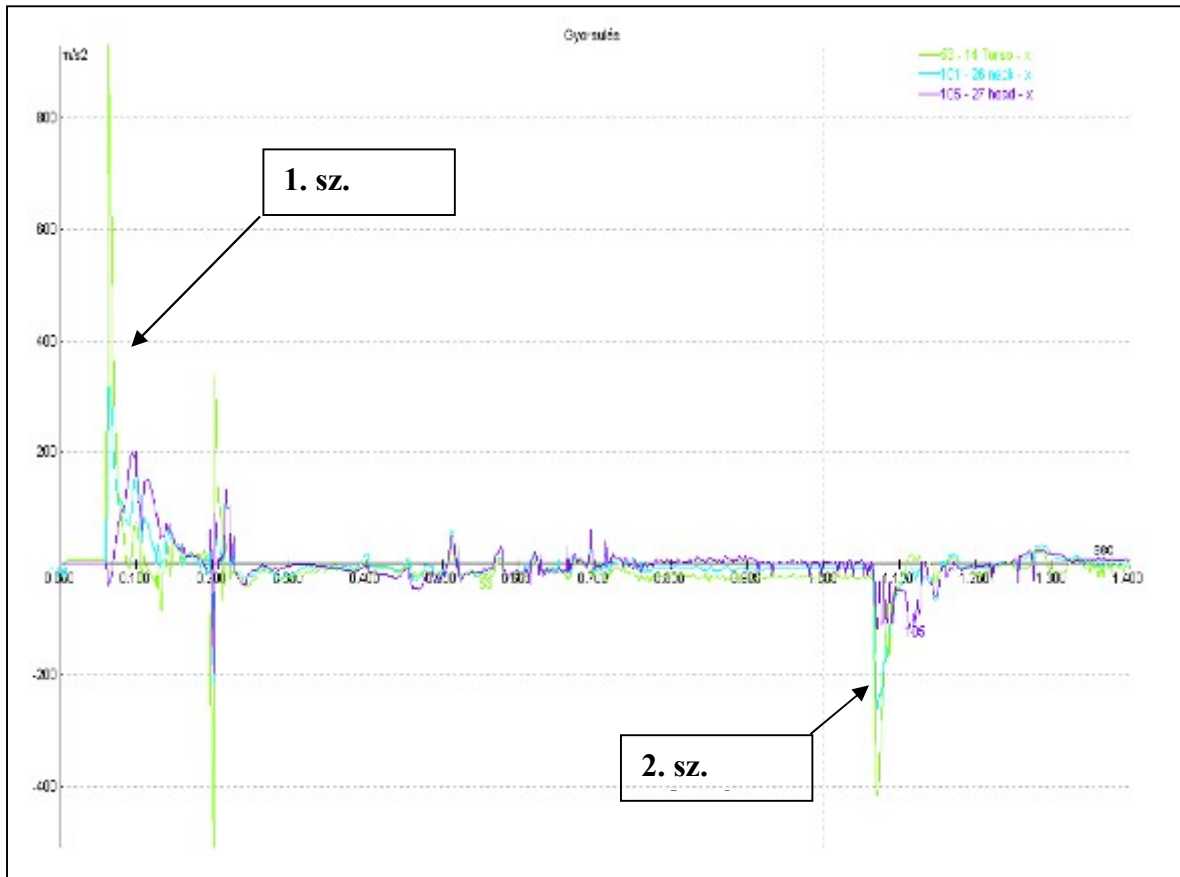
Az NIC index, mivel viszonylag újonnan használt biomechanikai jellemző, ezért a széles körű balesetelemzési gyakorlatba nem került át, lényegében a gerincoszlop és a nyakcsigolyák közötti relatív elmozdulás definiálására szolgál). [3.]

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 változása a kettős ütközési folyamat során. A fej egyes gyorsulás csúcs értékei elérik a 12 – 19 g nagyságot, a max-min értékek közötti különbség pedig meghaladja a 20 g nagyságot is.



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



20. ábra: A járművezető fej- nyak-és felsőt hosszirányú gyorsulás változása az idő függvényében

(Head - fej, neck - nyak, torso-felsőtest)

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 előbbiek funkcionálisan nem működnek. (késői vagy egyáltalán nem aktivizálódó legzsák, elégtelen övfeszítés stb.)

Ugyancsak gyakori problémaként jelentkezhet a biztonsági öv és légzsák használat során az ún. submarining (utas alul kicsúszik a csipőövből), vagy az out-off pozíció (ütközés előtti előrehajolt utas).

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

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1.] Kőfalusi,P,Kőfalvi , Gy.: Gépjárművek passzív biztonsága, Maróti Könyvkiadó, Budapest 2000
- [2.] prof. F. Walz /Zürich 2000 in. prof.Kramer: Passive Sicherheit von Kraftfahrzeugen Vieweg Verlag Wiesbaden 2006)
- [3.] Stefan –Meyer, Stephan Schal : Technisch-biomechanische Unfallanalyse in Hugemann (Hrsg.) Unfallrekonstruktion Verlag autorenteam , Münster 2007
- [4.] Carat Handbuch, IbB-Wiesbaden 2000
- [5.] PcCrash Manuel , DSD Linz 2008
- [6.] Kasanicky,G.,Kohut,P.,Lukasik, M.: Impact dynamics theory for the analysis and simulation of collisions, UNI-Zilina 2004
- [7.] Kramer, F.: Passive Sicherheit von Kraftfahrzeugen , Vieweg Verlag Wiesbaden 2010

MELLÉKLET: A JÁRMŰVEZETŐ ELMOZDULÁSÁNAK SZIMULÁCIÓJA BEKAPCSOLT BIZTONSÁGI ÖV ESETÉBEN

