

ÜTKÖZÉSI ENERGIA-ABSZORPCIÓ AKTÍV FÉKEZÉSSSEL

IMPACT ENERGY ABSORPTION BY ACTIVE BRAKING

Kertész József,¹ Kovács Tünde Anna²

¹ Óbudai Egyetem, Biztonságtudományi Doktori Iskola, Budapest, Magyarország
Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Légi- és közúti Járművek Tanszék, Debrecen, Magyarország,
kertesz.jozsef@eng.unideb.hu

² Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Budapest, Magyarország,
kovacs.tunde@bgk.uni-obuda.hu

Abstract

Due to urbanization and the significantly increasing number of vehicles, urban roads are becoming more congested day by day, with the result that the rear-end collision has become the third most common type of collision. By developing and integrating active and passive safety systems, car manufacturers are working to prevent accidents and reduce the consequences of an accident. The present study examines a braking procedure and its applicability based on the integration of a passive and active safety system and provides development guidelines for the reduction of personal injuries and property damage in the event of a rear-end accident.

Keywords: *impact energy, brake assistant, rear-end collision, absorption.*

Összefoglalás

Az urbanizáció és a jelentősen növekvő gépjármű darabszám miatt a városok útjai napról-napra zsúfoltabbá válnak, aminek eredménye, hogy a ráfutásos baleset a harmadik leggyakoribb ütközési típusná nőtte ki magát. Az autógyártók aktív és passzív biztonsági rendszerek fejlesztésével és azok integrációjával igyekeznek elkerülni a baleset kialakulását, és csökkenteni az esetlegesen bekövetkezett baleset súlyosságát. Jelen tanulmány egy, a passzív és aktív biztonsági rendszer integrációján alapuló fékezési eljárást és alkalmazhatóságát vizsgálja, továbbá fejlesztési iránymutatást fogalmaz meg a személyi sérülések és anyagi károk csökkentése érdekében, a ráfutásos balesetekre vonatkozóan.

Kulcsszavak: *ütközési energia, fékasszisztens, ráfutásos baleset, abszorpció.*

1. Bevezetés

A szenzorika és a szabályázástechnika elképesztő fejlődésének köszönhetően az autógyártók folyamatosan újabb és újabb biztonsági rendszer megalkotására kapnak lehetőséget. A szenzor-alapú szabályzási rendszert, amely a balesetek bekövetkezésének esélyét csökkenti, aktív biztonsági rendszernek nevezzük. A gépjárművekben utazók testi épségéért a baleset során a passzív biztonsági rendszerek összessége felel. [1] A gépjárművek biztonsági rendszereinek fejlődése elképesztő méreteket ölt, hiszen a mobilitás igényét legszélesebb körben kielégítő gépjármű-közlekedést már a korai kezdetektől végig kísérte a biz-

tonság igénye. [2] A ma alkalmazott technológiák ugyan lehetővé tennék, hogy a közlekedés biztonsági igényét kielégítsék, fokozzák, azonban a közutakon közlekedő járművek számának jelentős növekedése magával vonja a balesetek számának növekedését is, ezért a gépjárművek ütközésbiztonságának fokozása továbbra is fontos feladat a járműfejlesztés területén, hiszen a gépjárműipar minőségi és mennyiségi fejlődése mindig magával vonja a fokozott biztonság igényét. A biztonság fejlesztésekor nem csak a jelenkori igényeket, hanem a jövőbeli fejlődések irányvonalát is szem előtt kell tartani, mint például az autonóm közlekedés kérdése. A biztonság és az autonóm közle-

kedés egymással szorosan összefüggő fogalmak, mivel alkalmazásukkal az emberi felelőtlen közlekedési magatartásra visszavezethető balesetek csökkenthetőek vagy akár meg is szüntethetőek. [3] Ezen közlekedési jövőképet alapul véve, elsősorban a járművek aktív biztonsági rendszereinek kutatásában várható nagy fejlődés, de nem hagyhatjuk figyelmen kívül a passzív biztonság kérdését sem. Ebből kifolyólag jelen tanulmány egy, az aktív és passzív biztonságot ötvöző, integrált biztonsági rendszer bemutatásával és fejlesztési lehetőségével foglalkozik.

2. A balesetek körülményei

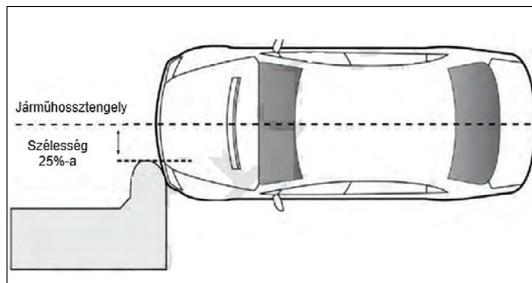
A NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration) által készített baleseti statisztikák alapján a közúti balesetek több mint 30%-át a ráfutásos balesetek adják, ezzel a harmadik leggyakoribb balesetről beszélhetünk a frontális és az oldalütközés után. [4] A ráfutásos balesetek közel 80%-át az alábbi forgalmi helyzetek előzik meg: [5]

- többszereplős tömegbaleset
- forgalmi dugóban való araszolás
- forgalmi lámpánál való hirtelen lefékezés,
- hosszabb egyenes szakaszt követő balra/jobbra kanyarodás.

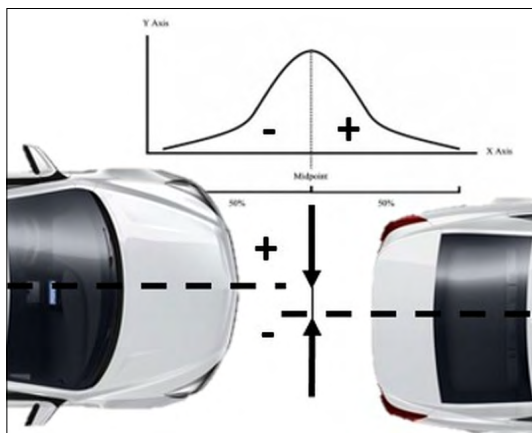
A ráfutásos balesetek következményeinek csökkentése érdekében végzett kutatásfejlesztés szempontjából fontos információ az adott balesettípushoz tartozó átfedési paraméterek statisztikai gyakoriságának ismerete. Ütközésvizsgálat tekintetében átfedési értékek nevezzük a gépjármű középtengelye és az ütközési tárgy százalékosan kifejezett távolságát. Az 1. ábra szemlélteti az átfedésérték értelmezési módját.

Az átfedési érték statisztikai előfordulásának ismerete fontos a fejlesztések során, hiszen ennek figyelembevételével lehetséges az aktív és passzív biztonsági rendszerek optimális fejlesztése. A korábban felsorolt forgalmi helyzeteket figyelembe véve és korábbi tanulmányok alátámasztásával, a ráfutásos balesetek több mint 90%-a tiszta ütközésnek tekinthető, vagyis az első és hátsó járművek középvonalainak távolsága (átfedése) gyakran minimális értéket mutat. [5] Az átfedések előfordulási statisztikája Gauss-eloszlással jellemezhető, ahol a görbe maximumtartománya az ütközés minimum-átfedésiértékét jelöli. (2. ábra)

A ráfutásos balesetek következményeinek mértékét az ütköző járművek mozgási energiájának különbsége határozza meg, vagyis a járművek tömege mellett fontos ismernünk a sebességi értékeket.



1. ábra. Átfedési érték értelmezése [6]



2. ábra. Ráfutásos balesetek átfedési sűrűségfüggvénye [Saját forrás]

Ez alapján a ráfutásos baleseteket két csoportra kell, hogy elkülönítsük. Az egyik csoportba sorolhatjuk azokat az ütközéseket, amelyeknél mindkét jármű mozgásban van. A másik jellemző ütközési forma – ahogy azt az első fejezetben részleteztük – azon forgalmi szituációkból ered, ahol az elől lévő jármű sebessége nulla vagy nagyon alacsony.

3. Aktív és passzív biztonság kérdése

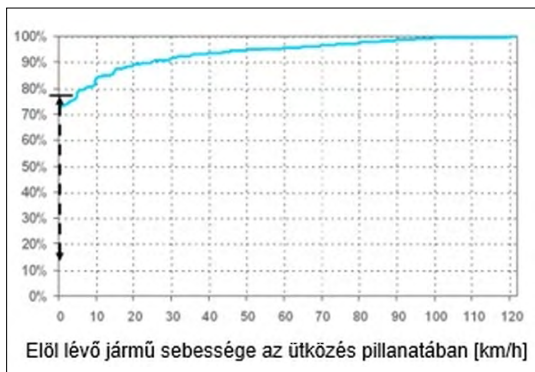
A ráfutásos balesetek elkerülése érdekében alkalmazott aktív biztonsági rendszer az ESP- (Electronic Stability Program), az Active Brake Assistant- és az ACC- (Adaptive Cruise Control) rendszerek szinergikus együttműködésén alapszik. Az ütközés elkerülése a hátulról érkező jármű autonóm fékezésével valósul meg, így ezen rendszerek a járművezetőt felülbírálva avatkoznak be a biztonság érdekében. Ezeknek az autonóm, reflexalapú biztonsági rendszereknek köszönhetően a balesetek jelentős része elkerülhető, vagy az ütközési energia jelentősen csökkenthető. Ütközés esetén a baleset tényleges következményét nemcsak

a hátulról érkező jármű reflexalapú biztonsági rendszere határozza meg, hanem az elől lévő (legtöbb esetben vétnen) jármű biztonsági rendszere is. Ezt az összefüggést fejezi ki a Haddon-mátrix, (3. ábra) miszerint a baleset körülményeit nemcsak a balesetet megelőző, de az azalatti és utáni jármű, vezető- és környezeti jellemzők is befolyásolják. Ez azt jelenti, hogy az ütközés pillanatától kezdve már a passzív biztonság mértéke is hatással van a baleset végső következményére.

Célunk, hogy a vétnen, elől lévő járművet már az ütközést megelőzően felkészítsük a becsapódásra, és aktivizáljuk a biztonsági rendszereket az utasok védelme érdekében. Azonban sajnos láthatjuk, hogy az előzőekben felsorolt aktív biztonsági rendszerek integrációja sem elegendő ahhoz, hogy egy ráfutásos balesetre fel tudjon a jármű készülni. Hiszen ahogy a 4. ábra is mutatja, nagyon gyakori az a fajta ütközés, amikor az első jármű áll, így az ESP-rendszer adatait nem tudjuk használni.



3. ábra. Haddon-mátrix [Saját forrás]

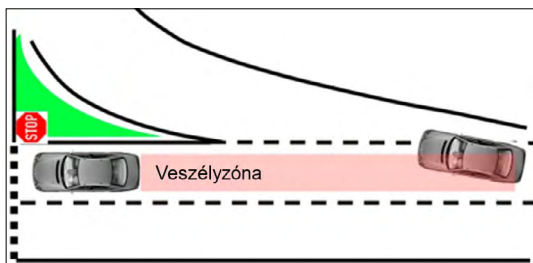


4. ábra. Statisztikai adat az elől lévő jármű ütközés-pillanat-beli sebességéről [5]

A hátulról érkező járművet az ACC-radar szintén nem képes érzékelni, mivel az a jármű elején van telepítve, és korlátozott érzékelési szögterománnyal működik. A hátsó lökhárító oldalsó részén elhelyezkedő holtterfigyelő szenzorok sem alkalmasak arra, hogy megbízható információt szolgáltatassanak a hátulról közelítő tárgyak tényéről és azok sebességéről. Ezért a ráfutásos baleset következményeinek csökkentésére szánt biztonságrendszer-optimalizáció minden esetben egy plusz, hátsó lökhárítóba integrált radar telepítését igényli. A radar telepítési pozíciójához segítséget nyújt a fent említett átfedési ütközés valószínűsége, amely szerint a radar elhelyezése a jármű középtengelyén a legoptimálisabb.

4. Radarok megbízhatósági korlátai

A statisztikai adatok segítik a radar telepítési pozícióját, azonban nem hagyhatjuk figyelmen kívül, hogy működése korlátok közé szorított. Számításba kell vennünk a radar különböző anyagú és alakú tárgyak érzékelésével kapcsolatos megbízhatóságát. A reflexalapú biztonsági rendszer működésére minden időjárási körülmény között számítunk, ugyanakkor a rendszer alapját szolgáló radar működését a lökhárítóra tapadt hó vagy jégreteg befolyásolhatja. Fontos szempont a radar érzékenysége, vagyis a hatótávolságnak pontos definiálása is. A rövid hatótávolságra kalibrált szenzor csökkentheti a téves riasztások számát, ugyanakkor az előbiztonsági elemek aktivizálására nem marad elegendő idő. A túl nagy hatótávolságú radar pedig felesleges téves riasztásokkal terheli a gépjárművezetőt, és olyankor is működésbe léphet a rendszer, amikor az szükségtelen. A kereszteződések, elágazások helyzete is szem előtt tartandó a hatótávolság kalibrálása esetén, ugyanis ezen esetek téves megítélése is eredményezhet feleslegesen aktivizált állapotot (5. ábra). A túl gyakori téves riasztás pedig sokkal inkább ellenérzést vált ki a gépkocsivezetőből, mintsem szimpátiát.

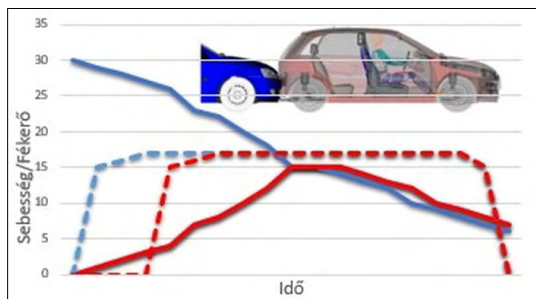


5. ábra. Nagy hatótávra kalibrált radar [5]

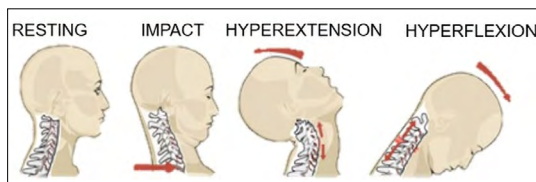
5. Ütközés előfékezetség nélkül

Vezetéstechnikai tanfolyamokon gyakran felhívják a vezetők figyelmét, hogy váratlan fékezés esetén minden esetben kövessék nyomon a mögöttük érkező jármű mozgását annak érdekében, hogy ha szükséges, akkor az ütközésre fel tudjanak készülni. Automata váltós járművek esetén szinte 100%-ban, de a kézi váltóval szerelt jármű esetében is nagyon gyakran a gépjárművezető forgalmi akadállynál vagy lámpánál való várakozás idején nyomva tartja a fékpedált. Ez az előfékezett állapot pedig nagyban befolyásolja a baleset lefolyását és a következmények mértékét. Az **6. ábrán** látható diagram egy olyan ráfutásos baleset sebességviszonyait szemlélteti, amely esetében az elől lévő (piros színnel jelölt) járműben az ütközés pillanatában nincsenek működtetve a fékek. Az első jármű az ütközéskor lökészerű, hirtelen gyorsulást szenved el, melynek eredménye a meredeken emelkedő sebességkarakterisztika. A hátsó (kék színnel jelölt) jármű mozgási sebessége hirtelen nullára redukálódik, vagyis a lassulás nagy méreteket ölt, ami nagy ütközési terhelőerőként jelentkezik a járműben utazókra nézve.

Az elől lévő jármű hirtelen gyorsulása miatt a benne utazók „whiplash”-sérülését eredményezi. Amennyiben az ütközés pillanatában a fej nincs megtámasztva a fejtámlával, a fej annak tehetetlenségéből adódóan hátrabillen, és a fejtámla távolságától függően akár a maximális negatív megfeszült, úgynevezett „hyperextension”-állapotot is elszenvedheti. (**7. ábra**)



6. ábra. Előfékezés nélküli ütközés [Saját forrás]



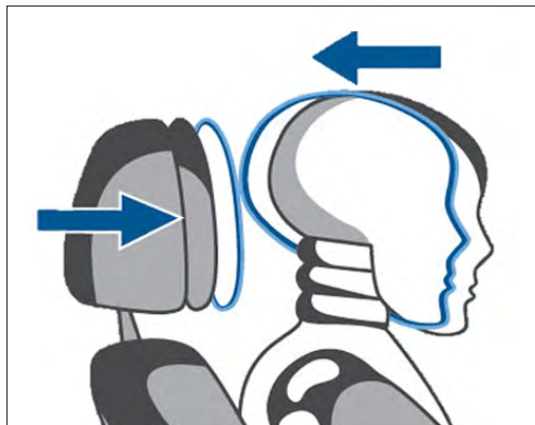
7. ábra. A fej tehetetlenségéből következő mozgások az ütközés pillanatától [7]

Az ütközést követően, ahogy a **6. ábra** is szemlélteti, a két jármű közös sebességre lassul, majd sebességük nullára csökken. Ez azt jelenti, hogy az elől lévő járműben utazókat az ütközés pillanatában hirtelen gyorsulás, majd a védekező- vagy pánikreflex miatti fékezés miatt hirtelen lassulás terheli. A „hyperextension”-állapotból a fej mozgási tehetetlensége miatt előrebillen, viszont a hirtelen megállás okozta lassulás mértékétől függően akár a „hyperflexion”-állapotot is elérhetjük. Ezt azt jelenti, hogy a nyaki csigolyák és a nyakmerevítő izmok rendkívül rövid időn belül a két anatómiai határállapotot is elszenvedhetik.

6. Whiplash-sérülés mértékének csökkentése aktív fejtámlával

Számos kutatás igazolja, hogy a ráfutásos baleset bekövetkezésének pillanatában a fej-fejtámla távolságának növelésével arányosan nő a whiplash-sérülés mértéke. [8–11]

A felsorolt tanulmányok szerint az ütközés pillanatában fejtámla által megtámasztott fej esetén a whiplash-sérülés mértéke rendkívüli módon csökkenthető, a fej hátrabillenése hiányának köszönhetően. Ez alapján megoldást jelenthet, hogy a gépjárművezető indulás előtt a lehető legközelebb állítja a fejtámlát. Ez viszont hosszú távon kényelmetlenséget idézhet elő, ami a további koncentráció csökkenését eredményezheti. Erre a kérdésre jelenthet megoldást az aktív ülés és fejtámla. A hátulról érkező ütközés pillanatában a fejtámla egy rugós mechanizmus segítségével automatikusan előremozdul, és megakadályozza a fej hátrabillenését. (**8. ábra**) Ezzel a megoldással egyidejűleg elégíthető ki a kényelmi és a biztonsági igény.



8. ábra. Aktív fejtámla működése [12]

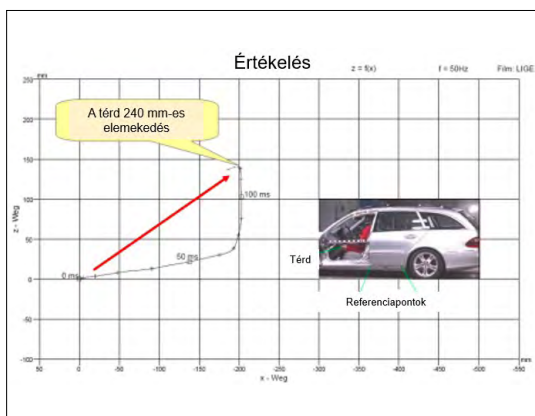
7. Ütközésienergia-abszorpció fékezéssel

Egy mozgásban lévő test tömegétől és sebességétől függően mozgási energiával bír. Egy mozgó jármű esetén a mozgási energia fékezéssel hőenergiává alakítható, így a sebesség nullára redukálódik. Ütközés esetén ez a mozgási energia ütközési energiává alakul át. Az ütközés pillanatában létrejövő erő, a jármű gyűrődő zónájának deformációjára vetített elmozduláson munkát végez, és ütközési energiaként jelentik meg. Ezt az energiát passzív biztonsági elemek segítségével emészthetjük fel, ezzel mérsékelve a járműben utazókra ható ütközési erő mértékét.

Kutatásunk során lehetőséget véltünk felfedezni az aktív biztonsági rendszerek alapját képező fékasszisztens alkalmazásával történő ütközésienergia-abszorpcióban. Ez azt jelenti, hogy egy aktív biztonsági rendszer segítségével kívánunk passzív védelmi feladatokat ellátni.

Pániksituációban a gépjárművezetők gyakran gyorsan, de nem kellő erővel működtetik a féket. Ezt a fékpedálkezelési krízist tovább bonyolítja, hogyha egy ráfutasos balesetről van szó, és egy hátulról érkező ütközést kellene tudni kontrollálni. Ezenfelül kutatások bizonyítják, hogy ráfutasos balesetnél gyakori jelenség, hogy az ütközés pillanatában az elől lévő járművezetőjének lába eltávolodik a fékpedáltól (9. ábra).

Így az ütközés okozta gyorsulást mérséklő fékerőt nem képes a baleset lefolyása alatt uralma alatt tartani a gépjárművezető, ami ráadásul további indirekt ütközést is eredményezhet egy előtte álló járművel. Ezért a járművekben alkalmazott fékasszisztens fontos szerepet kap mind az aktív, mind a passzív biztonság szempontjából is.



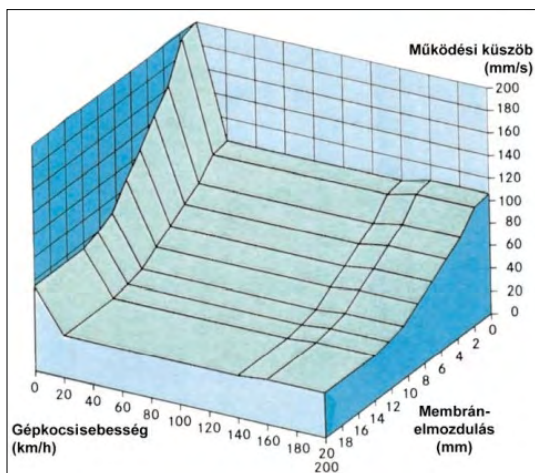
9. ábra. A láb elmozdulása hátulról érkező ütközés esetén [5]

7.1. A fékasszisztens működéséről

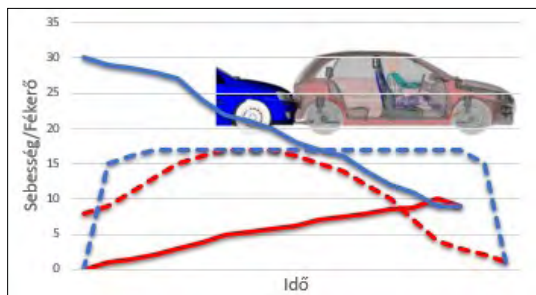
A legfontosabb paraméter a fékasszisztens működése kapcsán a fékpedál működtetési sebessége. A fékrásegítő belső szerkezeti elmozdulása lineáris potenciométerrel mérhető. Az elmozdulás időbeli deriváltjával pedig annak sebessége kifejezhető. Az így kapott pedállen nyomássebesség-értéket a fékasszisztens elektronikája egy, a jármű mozgási paramétereire is aktualisan hozzárendelt küszöbértékkel veti össze (10. ábra). A rendszer logikai működéséhez hozzátartozik egy öntanuló algoritmus, amely minden egyes fékezésnél megállapítja a fékpedál elmozdulásához tartozó lassulást. Ha a fékasszisztens vezérlőelektronikája vészfékezést tapasztal, azonnal aktivizálja a fékrásegítő aktuátorát, és az aktuális fékpedállen nyomási pozícióhoz képest nagyobb fékerőt hoz létre. A fékasszisztens alkalmazásával tehát a nem megfelelő reakcióidejű vagy alulfékezetség esetén is olyan dinamikájú lassulás valósulhat meg, mint egy erőteljes fékpedállen nyomásnál. [13] Ezt a vezetői magatartást felülbírálni képes fékasszisztens kívánjuk alkalmazni biztonsági céllal a fejlesztésünk során.

7.2. Passzív biztonságra hangolt fékasszisztens

Az előző fejezetben részletezett pedálkezelési krízis miatt fontos, hogy egy ütközés esetén a jármű mozgásának mértékét a jármű önállóan tudja kontrollálni. A passzív biztonságra idealizált fékezés struktúráját a 11. ábra szemlélteti. A folytonos vonal a járművek ütközés pillanatától elszenvedett lassulás és gyorsulás alakulását szemlélteti,



10. ábra. Működési küszöbérték [13]



11. ábra. Mérsékeltlen előfékezett ütközés [Saját forrás]

míg a szaggatott vonal az alkalmazott fékerő mértékét. A diagramvonalak színei az ábrán látható járművek színével vannak megfeleltetve.

A működés alapját egy, a hátsó lökhárító-borítás mögé telepített közepes hatótávolságú radar adja. Kereszteződésben vagy forgalmi lámpánál állva ez a radar folyamatosan vizsgálja a jármű mögötti biztonsági zónát, ahogy azt már a 3. fejezetben is kifejtettük. Amennyiben a radar hátulról, nagy sebességgel érkező tárgyat érzékel, biztonsági vezérlőegységeken keresztül felkészíti a járművet az esetleges ütközésre. A központi vezérlőegység az ütközés csillapításához szükséges, a kerekekre kifejtendő fékerőt több szenzor által biztosított adatból tudja megállapítani. Ilyen adat többek között a jármű előtti akadály léte és távolsága. Ugyanis ez a távolság korlátot szab a csillapított fékezéssel történő ütközésienergia-elnyelésnek. Ezen túlmenően fontos információ a fékpedál által aktuálisan kifejtett fékerő ténye és mértéke, továbbá figyelembe kell venni a jármű aktuálisan kapcsolt sebességfokozatát is. Amennyiben a hátsó radar tevékenységet kiegészítve, alak- és méretfelismerést is alkalmazunk a hátulról érkező tárgy paramétereire vonatkozóan, akkor a jármű következtetni képes azon tárgy mozgási energiájára, vagyis pontosabb szabályzás valósítható meg, és az így számított mozgási energiából következtethetünk az ütközés mértékére. Az aktív fékasszisztens a központi vezérlőegység által meghatározott értékek alapján a jármű kerekeire egy részleges fékerőt fejt ki. Ez a kerekekre kifejtett fékerő megakadályozza az ütközés okozta hirtelen, nagymértékű passzív gyorsulást, tehát a whiplash-sérülés negatív, hyperextension-hatása csökkenthető. A jármű passzív gyorsulása és a baleset okozó hátsó jármű lassulása befolyásolható a fékasszisztens által létrehozott fékerő mértékével. Ezáltal a baleset időbeni lefolyása növelhető, ami a lassulásra és gyorsulásra visszavezethető, a járművekben utazókra ható, ütközési erő mérté-

kének csökkenését vonja maga után. A fékasszisztens az ütközés teljes időtartama alatt működésben kell, hogy maradjon. A ráfutásos balesetből eredő sérülés pozitív tartományú, tehát hyperextension-szakaszát a pánikfékezés okozta hirtelen megállás eredményezi. Ezzel szemben az általunk elképzelt fékasszisztens-alapú biztonsági rendszer a baleset kezdeti szakaszában a növekvő fékerőt egyenletesen csökkenti, így a fej tehetetlenségének mozgása kontrollálható. A cél tehát, hogy az hátulról érkező jármű mozgási energiájának és ezáltal az ütközési energiának egy jelentős részét a kontrollált fékezéssel emésszük fel, a gyűrődő zónák deformációja okozta energiaelnyelés mellett. A 10. ábrán látható, hogy az ütközést megelőző pillanatban az elől lévő jármű kerekeire egy mérsékelt fékerő hat a fékasszisztens által (szaggatott piros vonal). Ez a mérsékelt fékerő lehetővé teszi a jármű ütközés miatti előregurulását, azonban a folyamatosan növekvő fékerőnek köszönhetően ennek az előregurulásnak a mértéke és gyorsulása korlátozott, ugyanakkor a hátsó jármű mozgási energiája csillapítható vele. Egy teljesen blokkolt előfékezéshez képest ezzel a megoldással a hátsó jármű lassulása is mérsékelhető, ezáltal a személyi sérülések mértéke csökkenthető.

7.3. Kiegészítő biztonsági eszközök

A mérsékelt előfékezés mellett, az ütközést megelőző pillanatban az övfeszítők előfeszítése is megtörténhet az ülésfoglaltság figyelembevételével, ezzel mérsékelve a test tehetetlenségéből adódó elmozdulás mértékét. Aktív fejtámlák alkalmazásának lehetőségével a fej megtámasztása már az ütközést megelőző pillanatban megtörténhet, megakadályozva ezzel a fej hátrabillenését.

7.4. Passzív biztonságra hangolt fékasszisztens korlátai

Természetesen a fékezéssel történő ütközésienergia-elnyelésnek lehetnek alkalmazási korlátai. Ilyen korlát lehet a jármű előtt lévő akadály érzékelése vagy túl közeli állapota. Hiszen az ütközésienergia-elnyelés a jármű kontrollált elmozdulásán alapszik, amelyhez elmozdulási szakaszra van szükség. A rendelkezésre álló elmozdulási szakasz mértékéről az előző fejezetben már említett ACC-radar ad információt. Az általa érzékelt távolságot figyelembe kell venni, hiszen egy közeli akadály részlegesen vagy akár teljesen szabotálhatja az elmozdulás lehetőségét, viszont egy távoli vagy akadálymentes pálya nagyobb elmozdulást tesz lehetővé. Túl közeli akadály érzékelése esetén megoldást jelenthet a kerekek teljes mér-

tékú fékezése, és ezzel a további indirekt ütközés elkerülése. A fékasszisztens működésén alapuló ütközésienergia-elnyelés másik korlátja lehet a végtelen jármű mozgása. Hiszen kis sebességeltérés esetén, az elöl lévő jármű ütközésienergia-elnyelési célzatú fékezése pontosan annak az ellenkező hatását válthatja ki, és bekövetkezhet az ütközés. Ilyen szempontból az általunk megfogalmazott biztonsági rendszer alkalmazása elsősorban álló járműbe való ütközés szituációjára korlátozódik. Vasúti átjárónál való várakozás esetén az elöl lévő jármű, akár csak a gyalogátkelőhelynél vagy a kereszteződésben, érzékeli, hogy előtte nem áll jármű, ezért a maximálisan előbblokkolt fékezés helyett a mérsékelt fékezési módszert alkalmazhatja. Ez lehetőséget ad a hátulról esetlegesen becsapódó jármű mozgási energiájának csillapítására, és egyidejűleg elkerülhető, hogy az ütközés miatt az elöl lévő jármű az éppen áthaladó vonat elé guruljon.

8. Következtetések

Kutatásunk érdeklődésének középpontjában gépjárművek ütközésbiztonságának fokozása áll, aktív és passzív biztonsági rendszer egyidejű alkalmazásával. Vizsgálatunk a fékasszisztens által végzett fékezéssel történő ütközésienergia-elnyelésre koncentrálódik. A ráfutásos balesetek legjellemzőbb, tehát whiplash-sérülése az ütközés okozta rendkívüli gyorsulásra és hirtelen megállásra vezethető vissza. A sérülések mértéke csökkenthető, ha az ütközés időbeli lefolyását meg tudjuk növelni. A jármű radartechnológiájára alapozva, a kerekeket egy mérsékelt fékerővel fékezzük már az ütközést megelőző pillanatban. Ennek köszönhetően az elöl lévő jármű elmozdulása megengedett, de kontrollált, vagyis az ütközési energia egy részét a fékrendszer segítségével kívánjuk felemészteni, és az ütközés időbeli lefolyását elnyújtani. Az ezzel egyidejűleg aktivizált övfeszítőkkal és aktív fejtámlával a sérülések mértéke még tovább csökkenthető. A kutatás során fontosnak tartjuk, hogy olyan biztonsági technológiát alkossunk meg, amellyel nemcsak az elöl lévő járműben utazók testi épségét óvjuk, hanem

az adott baleset valamennyi résztvevőjét biztonságban tudjuk. A fent részletezett technológia megoldást jelenthet erre a célkitűzésre.

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Kőfalvi Gy. Ignác F.: *Utasmozgás vizsgálata gépjárművek ütközésénél*. Biomechanica Hungarica IV/1. (2011) 19–29.
<https://doi.org/10.17489/biohun/2011/1/03>
- [2] Kőfalvi Gy.: *A gépjárművek aktív és passzív biztonsága*. IbB Hungary.
- [3] Tettamanti T., Varga I.: *Az autonóm járművek formai hatásai: a jármű- és forgalomirányítás kihívásai*. A Magyar Tudomány Ünnepe, 2018.
<https://doi.org/10.24228/KTSZ.2019.1.4>
- [4] NHTSA report – *Crashes, by First Harmful Event, Manner of Collision, and Crash Severity*. 2019
- [5] Bogenrieder R., Fehring M., Bachmann R.: *Pre-Safe® In Rear-End Collision Situations*. Germany Paper 09-0129
- [6] Haight S. H., Haight R.: *Analysis of Event Data Recorder Delta-V Reporting in the IIHS Small Overlap Crash Test, Collision*. The International Compendium for Crash Research, 2013.
- [7] Brownlee R.: *Whiplash - Neck Injury*. Welcome Back Clinic - MRI and Pain Management Centre
<https://www.welcomebackclinic.com/blog/Whiplash---Neck-Injury.htm> (2021.11.16).
- [8] Ruedemann Jr. A. D.: *Automobile Safety Device-Headrest to Prevent Whiplash Injury*, 1957, JAMA. 164/17. (1957) 1889.
<https://doi.org/10.1001/jama.1957.62980170001006>
- [9] Viano D. C., Gargan M. F.: *Headrest Position during Normal Driving: Implication to Neck Injury Risk in Rear Crashes*. Accident Analysis & Prevention, 28/6. (1996) 665–674
- [10] Giorgetta F., Gobbi M., Mastinu G., Ravicino R.: *Developing a 'No-Whiplash' Headrest*. International Journal of Vehicle Systems Modelling and Testing. 4/3.
- [11] Diem W.: *Anti-Whiplash Systems*. AutoTechnol, 1. (2001) 44–45.
<https://doi.org/10.1007/BF03246590>
- [12] CBT, What is An Active Headrest & How Does It Work? (2021.11.16)
<https://carbiketech.com/active-headrest>
- [13] Kőfalusi P.: *Fékasszisztenssel rövidebb a fékút – a fejlesztések kezdete*. Autótechnika 2004/10. 24–27.