

Viktor Patrik<sup>1</sup>

# A vezetői figyelemelterelés kvantitatív hatása a megállási távolságra

## ÖSSZEFOGLALÁS

A tanulmány a vezetői figyelemelterelés megállási távolságra gyakorolt hatását vizsgálja kvantitatív megközelítésben, különös tekintettel a reakcióidő szerepére. A kutatás determinisztikus fizikai modell segítségével elemzi a reakcióút és a fékút alakulását különböző vezetési állapotokban, beleértve az ideális és figyelemeltereléssel terhelt emberi vezetést, valamint a félautonóm és autonóm járműrendszereket. A számítások városi (50 km/h) és autópályás (130 km/h) környezetben készültek. Az eredmények igazolják, hogy a mobiltelefon-használat nagyságrendileg növeli a megállási távolságot, míg az autonóm rendszerek a reakcióidő radikális csökkentésével jelentős közlekedésbiztonsági előnyt biztosítanak. A megállási távolság mint objektív mutató alkalmas a figyelemelterelés társadalmi kockázatának szemléltetésére.

**Kulcsszavak:** vezetői figyelemelterelés, reakcióidő, megállási távolság, közlekedésbiztonság, autonóm járművek

**JEL-kódok:** R41, R42, L62

## BEVEZETÉS

A közúti közlekedés biztonsága napjaink egyik legösszetettebb és legnagyobb társadalmi jelentőségű kihívása. Annak ellenére, hogy az elmúlt évtizedekben a járművek passzív és aktív biztonsági rendszerei, valamint az úthálózat műszaki színvonala jelentős fejlődésen ment keresztül, a közúti balesetek száma és súlyossága továbbra is komoly problémát jelent világszerte. A baleseti statisztikák egyhangzóan azt mutatják, hogy a közlekedési események túlnyomó többsége nem műszaki meghibásodásra vagy extrém környezeti tényezőkre, hanem emberi tényezőkre vezethető vissza. Ezek közül is kiemelkedő szerepet játszik a vezetői figyelem csökkenése és megoszlása.

A modern közlekedési környezetben a járművezetők figyelmére minden korábbinál több inger hat. A mobilkommunikáció elterjedése, az infotainment rendszerek fejlődése, a navigációs alkalmazások állandó használata, valamint a folyamatos információáramlás együttesen olyan kognitív terhelést jelentenek, amely alapvetően megváltoztatja a vezetési feladat természetét. Míg korábban a vezetés elsősorban a jármű irányítására és a forgalmi helyzetek értelmezésére korlátozódott, addig napjainkban a vezető gyakran párhuzamos feladatvégzésre kényszerül. Ez a jelenség nem csupán kényelmi vagy életmódbeli kérdés, hanem közvetlen és mérhető hatással van a közlekedésbiztonságra.

A vezetői figyelemelterelés egyik legkritikusabb következménye a reakcióidő megnyúlása. A reakcióidő az a kulcsfontosságú időintervallum, amely a veszély észlelésétől a megfelelő beavatkozás – jellemzően a fékezés – megkezdéséig telik el. Ennek

az időnek a növekedése közvetlenül növeli a jármű által megtett reakcióutat, és így a teljes megállási távolságot is. Ez az összefüggés különösen fontos, mivel a megállási távolság egy objektív, fizikailag jól értelmezhető mutató, amelyen keresztül a figyelemelterelés hatása számszerűsíthető és összehasonlítható.

A közlekedésbiztonsági diskurzusban a figyelemelterelés gyakran absztrakt, nehezen megragadható fogalomként jelenik meg. A jelen tanulmány abból a felismerésből indul ki, hogy a probléma súlyossága akkor válik igazán érthetővé, ha a figyelemelterelés hatását konkrét távolságokban, méterekben fejezzük ki. Egy-egy plusz másodperc reakcióidő nem pusztán statisztikai eltérés, hanem városi környezetben több tíz méter „vakvezetést” jelenthet, amely során a járművezető nem képes reagálni a környezet változásaira. Ez a különbség gyakran az elkerülhető és az elkerülhetetlen baleset határát jelöli ki.

A figyelemelterelés problémája különösen élesen vetődik fel a városi közlekedésben, ahol a járművek, gyalogosok és kerékpárosok sűrűn osztoznak a közlekedési térben. Itt a megállási távolság néhány méteres növekedése is végzetes következményekkel járhat. Ugyanakkor autópályás környezetben, nagy sebességnél a figyelemelterelés nemcsak a baleset bekövetkezésének valószínűségét, hanem annak súlyosságát is drámaian növeli. A nagy sebességhez társuló késedelmes reakciók olyan ütközési energiákat eredményeznek, amelyek már a modern járműbiztonsági rendszerek számára is komoly kihívást jelentenek.

A technológiai fejlődés új dimenziót nyitott a vezetői figyelem kérdésében. A félautonóm és autonóm járműrendszerek megjelenése alapjaiban kérdőjelezi meg az ember kizárólagos szerepét a jármű irányításában. Ezek a rendszerek képesek a környezet folyamatos figyelésére, a veszélyhelyzetek gyors felismerésére és az azonnali beavatkozásra, miközben mentesek az emberi figyelemelterelésből fakadó bizonytalanságoktól. Ugyanakkor a részben automatizált rendszerek esetében továbbra is kritikus kérdés marad az ember-gép együttműködés és a felelősség megoszlása.

Jelen tanulmány célja, hogy a vezetői figyelemelterelés hatását kvantitatív módon, a megállási távolságon keresztül vizsgálja, és összehasonlítsa az emberi vezetést a félautonóm és autonóm járműrendszerek viselkedésével különböző közlekedési környezetekben. A kutatás célja nem csupán az elméleti összefüggések bemutatása, hanem egy olyan szemléltető, számszerű alap megteremtése, amely hozzájárulhat a közlekedésbiztonsági döntéshozatalhoz, az oktatáshoz és a szabályozási keretek továbbfejlesztéséhez. A megállási távolság vizsgálata révén a figyelemelterelés társadalmi jelentősége világos, mérhető és összehasonlítható formában válik láthatóvá.

<sup>1</sup> Egyetemi tanársegéd, Óbudai Egyetem, Keleti Károly Gazdasági Kar, Budapest, viktor.patrik@kgk.uni-obuda.hu

## SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

### *A közlekedésbiztonság emberi tényezői*

A közlekedésbiztonság területén az emberi tényezők meghatározó szerepet játszanak a balesetek kialakulásában és megelőzésében. A kutatások egyértelműen bizonyítják, hogy a legtöbb közúti baleset emberi tényezőkre vezethető vissza (Liu et al., 2021). A kockázatos viselkedésformák és a vezetési készségek hiányosságai olyan emberi faktorok, amelyek jelentősen hozzájárulnak a balesetek bekövetkezéséhez (Liu et al., 2021). A járművek és a személyes tényezők kombinációja befolyásolja a közlekedési és közúti balesetek számát (Cioca – Ivaşcu, 2017). Jelen tanulmány átfogóan vizsgálja a közlekedésbiztonságot befolyásoló emberi tényezőket, beleértve a kockázátészlelést, a vezetési tapasztalatot, az életkori sajátosságokat, a pszichológiai faktorokat és a különböző rizikótényezőket.

### *A kockázátészlelés és kockázathomeosztázis elmélete*

#### *A kockázathomeosztázis koncepciója*

A közlekedésbiztonság megértésének egyik alapvető elméleti kerete a kockázathomeosztázis elmélete. Wilde elmélete szerint az emberek egy meghatározott célszintű kockázatot tartanak fenn viselkedésükben, és különböző szakpolitikai taktikák alkalmazhatók ennek a kockázati célszintnek a módosítására (Wilde, 1982). Az elmélet kiterjeszthető az életmódfüggő morbiditás és mortalitás területeire is, ami rámutat arra, hogy a kockázatvállalási hajlandóság átfogó emberi jellemző (Wilde, 1982). A kockázatkezelési politikák kidolgozásánál figyelembe kell venni ezt az alapvető emberi tendenciát (Wilde, 1982).

#### *A kockázátészlelés szerepe a vezetési viselkedésben*

A kockázátészlelés és a biztonsági attitűd szignifikánsan befolyásolja a vezetési viselkedést, beleértve az agresszív és gondatlan vezetéshez való hozzáállást, a közlekedési szabályok betartását és a multitasking viselkedést (Vu et al., 2023). A kutatások kimutatták, hogy a kockázátészlelés és a biztonsági attitűd javítása hozzájárulhat a vezetési viselkedés fejlesztéséhez (Vu et al., 2023). A felelős vezetés gyakorlása és a multitasking viselkedések elkerülése révén a járművezetők elősegíthetik a biztonságos vezetést és a közlekedési törvények tiszteletben tartását (Vu et al., 2023).

### *Életkori tényezők és vezetési tapasztalat*

#### *Fiatal és tapasztalatlan járművezetők*

A fiatal járművezetők különösen veszélyeztetett csoportot alkotnak a közlekedésbiztonság szempontjából. A tanulmányok kimutatták, hogy a fiatal, tapasztalatlan járművezetők nagyobb valószínűséggel szenvednek veszélyészlelési hiányosságoktól, mint a tapasztalt vezetők (Borowsky et al., 2010). A fiatalok körében számos tényező járul hozzá a közlekedési balesetekhez, beleértve a szenzációkeresést és egyéb pszichológiai jellemzőket (Gicquel et al., 2017).

A családi környezet erősen befolyásolja a fiatal személy vezetési viselkedését (Gicquel et al. 2017). Emellett olyan tényezők, mint a szerhasználat (alkohol, drogok és „binge drinking”) szintén azonosított rizikófaktorok (Gicquel et al., 2017). A mobiltelefonhasználat vezetés közben és a figyelemhiányos hiperaktivitási zavar (ADHD) is fontos rizikófaktornak tűnik az autóbalesetek szempontjából (Gicquel et al., 2017).

### *A vezetési tapasztalat paradoxona*

A vezetési tapasztalat és a baleseti kockázat közötti kapcsolat összetett. Érdekes módon a csak 3-5 év tapasztalattal rendelkező járművezetők gyakran érintettek a balesetekben (Asefa et al., 2014). Ugyanakkor egy katari tanulmány azt találta, hogy az öt évnél hosszabb ideje vezető járművezetők gyakrabban voltak érintettek balesetekben (Asefa et al., 2014). Bár a vezetési tapasztalat nem volt szignifikánsan összefüggésben minden vizsgálatban, a szakirodalom feltárta, hogy a halálos kimenetel erősen összefügg a kockázatos vezetési viselkedésekkel (Asefa et al., 2014).

### *A saját képességek túlbecslése*

A fiatal járművezetők hajlamosak túlbecsülni saját vezetési képességeiket. Gregersen kísérlete két különböző képzési stratégiát vizsgált: az egyik („készség” csoport) célja az volt, hogy a tanulót a lehető legügyesebbé tegye a fékezési és kitérészi manőverek kezelésében kritikus helyzetekben (Gregersen, 1996). A másik stratégia („belátás” csoport) célja az volt, hogy a járművezetőt tudatosítsa arról, hogy saját fékezési és kitérészi képessége kritikus helyzetekben korlátozott és kiszámíthatatlan lehet (Gregersen, 1996). Ez a kutatás rámutat arra, hogy a képzési stratégia megválasztása jelentősen befolyásolhatja a járművezetők önértékelését és ezáltal a közlekedésbiztonságot.

Az idős járművezetők sajátos kihívásokkal szembesülnek a közlekedésbiztonság terén. A kutatások kimutatták, hogy a veszélyészlelési képesség változhat az életkor előrehaladtával, bár a romlás mértéke még mindig vizsgálat tárgyát képezi (Borowsky et al., 2010). Az idős felnőttek közlekedésével kapcsolatban multidiszciplináris, közösségi szintű megoldásokra van szükség, valamint nagyszabású, longitudinális vizsgálatokra (Dickerson et al., 2017). Szükség van továbbá az oktatás és képzés javítására mind az idős felnőttek, mind az idős járművezetők közlekedésében érintett különböző érdekelt felek számára (Dickerson et al., 2017). A programoknak és beavatkozásoknak rugalmasnak és az egyéni igényekre és különbségekre reagálnak kell lenniük (Dickerson et al. 2017).

### *Kognitív funkciók és demencia hatása a vezetésre*

#### *Neuropszichológiai működés és vezetési képesség*

A demenciában szenvedő személyek vezetési képességének megítélése komplex kérdés. A meta-analízis eredményei szerint mérsékelt átlagos korrelációk figyelhetők meg a vizuális-térbeli készségek és az úton/nem úton végzett mérések között, valamint a mentális státusz és a nem úton végzett tesztek között (Reger et al., 2004). Más hatások kicsik vagy nem szignifikánsak voltak (Reger et al., 2004). A neuropszichológiai tesztesre alapozott vezetési ajánlások megfogalmazásának implikációit részletesen tárgyalják a szakirodalomban (Reger et al., 2004).

### *Demencia és baleseti kockázat*

A diagnosztizált demencia és a gépjármű-balesetek kockázata közötti kapcsolatot vizsgáló kutatások fontos eredményeket hoztak. Egy vizsgálatban 29,730 aktív vezetői engedéllyel rendelkező személy volt jogosult a részvételre, és körülbelül 6%-uknál diagnosztizáltak demenciát a vizsgálat előtt vagy alatt (Fraade-Blanar et al., 2018). A többváltozós modellek korrigálták az életkort, a nemet, az alkoholfogyasztási vagy depressziós előzményeket, a társbetegségeket és a gyógyszereket (Fraade-Blanar et al., 2018).

### **Kognitív károsodás és kockázatos vezetés**

A kognitív károsodással rendelkező idős felnőttek kockázatos vezetését vizsgáló longitudinális kohorsz vizsgálatok fontos eredményeket tártak fel (Byeon et al., 2022). Az egyes tételeknél az „éjszakai vezetés kerülése”, az „esőben való vezetés kerülése” és a „forgalomban való vezetés kerülése” szignifikáns különbséget mutatott a normál kogníciójú és a kognitív károsodással rendelkező csoport összehasonlításakor (Byeon et al., 2022). Négy faktor (baleseti előzmények, biztonsági aggodalom, csökkentett megtett távolság és agresszív vezetés) került azonosításra (Byeon et al., 2022).

### **Módszertani kihívások**

A demencia és vezetés területén számos módszertani nehézség merül fel, beleértve a résztvevők kiválasztását, a neuropszichológiai tesztek megválasztását és a vezetési teljesítmény operacionálisítását (Withaar et al., 2000). Ezek a kihívások megnehezítik az egyértelmű irányelvek megfogalmazását a kognitív károsodással rendelkező személyek vezetési alkalmasságának megítélésében (Withaar et al., 2000).

### **Pszichológiai és viselkedési tényezők**

#### *Érzelemszabályozás és vezetési stílus*

Az érzelemszabályozási stratégiák jelentős szerepet játszanak a közlekedési viselkedésben. A kutatások kimutatták, hogy az érzelemszabályozás potenciális tényező, amely javíthatja a közlekedési viselkedést és következésképpen a közlekedési eredményeket Holman – Popuşoi (2020). További vizsgálatoknak ki kell terjeszteniük ezt a megközelítést más pszichológiai kompetenciák vizsgálatára, amelyek fejleszthetők a járművezetőkben az adaptívabb vezetési stílusok elősegítése és a közlekedésbiztonság növelése érdekében Holman – Popuşoi (2020).

Az ilyen beavatkozások különösen gyümölcsözőek lehetnek a korábbi szabálysértésekkel rendelkezők maladaptív vezetési stílusainak korrigálásában, ezáltal csökkentve az újbóli szabálysértés kockázatát (Holman – Popuşoi 2020). Az érzelemszabályozás módja meghatározza a vezetési viselkedést, ami rámutat a pszichológiai tényezők központi szerepére a közlekedésbiztonságban (Holman – Popuşoi 2020).

### **Gondozói aggodalmak és vezetési biztonság**

A gondozók vezetési biztonsággal kapcsolatos aggodalmait vizsgáló kutatások fontos információkat szolgáltatnak az idős járművezetők értékeléséhez. Az AAN Gondozói Vezetési Biztonsági Kérdőív faktorstruktúrája négy faktort tárt fel: közlekedési bírságok és balesetek előzményei, gondozói aggodalmak a vezetési biztonsággal kapcsolatban, csökkentett megtett távolság/szituációs elkerülés és agresszió (Carvalho et al., 2018). Ez a négyfaktoros struktúra a skála varianciájának 77%-át magyarázta (Carvalho et al., 2018).

### **Szerhasználat és közlekedésbiztonság**

#### *Alkohol és pszichoaktív szerek*

Az alkohol és pszichoaktív szerek használata jelentős rizikófaktort jelent a közlekedésbiztonság szempontjából. Egy 7 éves felmérés (2011-2017) során az Athéni Nemzeti és Kapodisztriai Egyetem Igazságügyi Orvostani és Toxikológiai Tanszéke által végzett boncolások 32,2%-a (1841 eset) halálos közúti balesetek áldozata volt (Papalimperi et al., 2019). Vér- és vizeletmintákat gyűjtöttek és elemeztek alkohol és pszichoaktív anyagok jelenlé-

tére (Papalimperi et al., 2019). Az eredményeket nem, életkor, áldozat típusa (autóvezető, motorkerékpáros, gyalogos vagy utas) és a baleset dátuma szerint osztályozták (Papalimperi et al., 2019).

A fiatalok körében az alkohol, a drogok és a „binge drinking” azonosított rizikófaktorok a közlekedési balesetekben (Gicquel et al., 2017). Ezek a szerek jelentősen rontják a vezetési képességeket és növelik a baleseti kockázatot.

### **Motorkerékpárosok és alkohol**

A motorkerékpáros halálos balesetek vizsgálata során az alkoholfogyasztás fontos tényezőként jelent meg (Jama et al., 2011). A magasabb sebességű utakon több halálos baleset történik, mivel a motorkerékpárról nagy sebességnél történő leesés nagyobb energiával jár, amelyet el kell nyelni, mint az alacsonyabb sebességnél történő leesés (Jama et al., 2011). Ez összhangban van más kutatók megfigyeléseivel, akik a súlyos és halálos sérülések relatív kockázatának növekedését találták (Jama et al., 2011).

### **Környezeti és szituációs tényezők**

#### *Alacsony megvilágítási körülmények*

Az alacsony megvilágítási körülmények között történő vezetés sajátos kihívásokat jelent a járművezetők számára. A módosított Járművezetői Viselkedés Kérdőív (DBQ) és a Járművezetői Készség Leltár (DSI) alkalmazásával végzett kutatások vizsgálták a járművezetők kockázateszlelését és kockázatos vezetési viselkedését ilyen körülmények között (Liu et al., 2021). A kockázatos viselkedések és a vezetési készségek hiányosságai olyan emberi tényezők, amelyek hozzájárulnak a balesetekhez (Liu et al., 2021).

### **Szabadidős utazások kockázatai**

Más tanulmányok azonosították a szabadidős utazások során megnövekedett baleseti kockázatot, és nem csak a kétkerekű motoros járművek (PTW) felhasználói körében (Moskal et al., 2012). A szabadidős utazások során az útvonal ismeretlensége növeli annak kockázatát, hogy a PTW-eket váratlanul éri az út hibája, például a rossz útfelület állapota (Moskal et al., 2012).

### **Közlekedésbiztonsági beavatkozások és jövőbeli irányok**

#### *Aktív biztonsági rendszerek és vezetéstámogató rendszerek*

Egyes kutatók megjegyezték, hogy a közúti közlekedésbiztonság javításában további nagy sikerek csak az aktív biztonsági és vezetéstámogató rendszerek széles körű elterjedésével lehetségesek, amelyek nagy potenciállal rendelkeznek a sérülési kockázatok vagy halálesetek csökkentésére az utakon (Mofolasayo, 2024). Az aktív biztonsági és vezetéstámogató rendszerek szélesebb körű elterjedését elősegítheti a hatékony innovatív technológiák rendszeres felülvizsgálata a közúti közlekedésbiztonság javítása érdekében, valamint az ezt követő jogszabályalkotás a gépjárművek minimális szabványainak emelésére az emberi hibák hatásának csökkentése érdekében az utakon (Mofolasayo, 2024).

### **Kockázatértékelési módszertanok**

A közúti közlekedési kockázat értékelésére szolgáló módszertanok fejlesztése fontos kutatási terület. A fő cél a baleseti gyakoriság és az előfordulásukhoz hozzájáruló belső tényezők közötti kapcsolat azonosítása (Costescu et al., 2024). A javasolt mód-

szertan lehetővé teszi a kockázati szintek osztályozását, és továbbá a városi közúti biztonság javítását célzó intézkedések azonosítását, tervezését és ütemezését (Costescu et al., 2024).

#### Célzott kockázatsökkentő intézkedések

A kockázati elemek osztályozási megközelítése és a kulcsfontosságú kockázati változók azonosítása segíthet a célzott kockázatsökkentő intézkedések megfogalmazásában a jobb közúti biztonság érdekében (Sarkar et al., 2025). A heterogén forgalmi körülmények között a halálos baleseteket okozó különböző kockázati elemek összefüggéseinek meghatározása alapvető fontosságú a hatékony beavatkozások tervezéséhez (Sarkar et al. 2025). A közlekedésbiztonság emberi tényezői összetett és sokrétű területet alkotnak, amely magában foglalja a kockázatszélést, a vezetési tapasztalatot, az életkori sajátosságokat, a kognitív funkciókat, a pszichológiai tényezőket és a szerhasználatot. A kutatások egyértelműen bizonyítják, hogy a legtöbb közúti baleset emberi tényezőkre vezethető vissza (Liu et al., 2021), és a járművek és személyes tényezők kombinációja befolyásolja a balesetek számát (Cioca – Ivaşcu, 2017).

A fiatal járművezetők veszélyészlelési hiányosságai (Borowsky et al., 2010), a saját képességek túlbecslése (Gregersen, 1996), valamint a családi környezet és a szerhasználat hatása (Gicquel et al., 2017) mind fontos tényezők. Az idős járművezetők esetében a kognitív funkciók romlása és a demencia jelentős kockázatot jelent (Reger et al., 2004; Fraade-Blanar et al., 2018; Byeon et al., 2022). Az érzelemszabályozási stratégiák (Holman – Popuşoi 2020) és a kockázatszélést (Vu et al., 2023) fejlesztése potenciális beavatkozási pontokat kínál.

A jövőben az aktív biztonsági és vezetéstámogató rendszerek széles körű elterjedése (Mofolasayo, 2024), valamint a célzott kockázatsökkentő intézkedések (Sarkar et al., 2025) hozzájárulhatnak a közlekedésbiztonság további javításához. A multidiszciplináris megközelítés és a longitudinális vizsgálatok (Dickerson et al., 2017) elengedhetetlenek a hatékony beavatkozások kidolgozásához és értékeléséhez.

#### MÓDSZER

A kutatás célja a vezetői figyelemelterelés megállási távolságra gyakorolt hatásának kvantitatív elemzése, valamint az emberi vezetés és a félautonóm, illetve autonóm járműrendszerek összehasonlítása különböző közlekedési szituációkban. A vizsgálat módszertana determinisztikus fizikai modellezésen, szakirodalmi adatokon alapuló paraméterezésen és összehasonlító számításokon nyugszik. A kutatás *szimulációalapú elemzést* alkalmaz, amelyben a megállási távolságot mint objektív közlekedésbiztonsági mérőszámot vizsgáljuk. A megállási távolság két komponensre bontva került elemzésre: a reakcióút és a fékút elkülönített számításával. Ez a megközelítés lehetővé teszi annak pontos azonosítását, hogy a figyelemelterelés milyen mértékben növeli a megállási távolságot kizárólag a reakcióidő megváltozásán keresztül.

#### Alkalmazott matematikai modell

A megállási távolság számítása az alábbi klasszikus kinematikai összefüggések alapján történt:

Reakcióút:

$$S_{reakció} = v \cdot t_r$$

Fékút:

$$S_{fék} = \frac{v^2}{2a}$$

Teljes megállási távolság:

$$S_{megállás} = S_{reakció} + S_{fék}$$

ahol  $v$  a jármű sebessége (m/s),  $t_r$  a reakcióidő (s),  $a$  pedig az átlagos lassulás (m/s<sup>2</sup>).

#### Paraméterezés és vizsgálati feltételek

A számítások során a közúti gyakorlatban leggyakoribb sebességtartományokat vettük figyelembe:

- 50 km/h városi környezetben,
- 130 km/h autópályás környezetben.

A lassulási értékeket száraz útfelületre vonatkozó, szakirodalomban elfogadott átlagértékek alapján határoztuk meg (7,5 m/s<sup>2</sup>). A reakcióidők meghatározása korábbi empirikus kutatások és forgalombiztonsági tanulmányok eredményein alapult.

A következő vezetési állapotok kerültek vizsgálatra:

- figyelemeltereléstől mentes emberi vezetés,
- beszélgetéssel terhelt vezetés,
- infotainment rendszer használata,
- mobiltelefon-használat,
- félautonóm járműrendszer (vezetői beavatkozási késedelemmel),
- teljesen autonóm járműrendszer.

#### Összehasonlító elemzés

Az egyes vezetési állapotokhoz rendelt reakcióidők segítségével meghatározásra került a megállási távolság minden vizsgált sebességnél. Az eredményeket abszolút (méterben kifejezett) és relatív különbségek formájában elemeztük, lehetővé téve a különböző vezetési módok közlekedésbiztonsági kockázatainak közvetlen összehasonlítását.

#### Módszertani korlátok

A kutatás nem valós forgalmi mérésen, hanem elméleti modellezésen alapul, így nem vizsgálja a vezetői viselkedés szórását vagy az extrém reakciókat. Ugyanakkor az alkalmazott módszer alkalmas a figyelemelterelés hatásának *alsó becslésére*, és megbízható alapot nyújt a közlekedésbiztonsági következtetések levonásához.

#### A vezetői figyelemelterelés típusai

A vezetői figyelemelterelés a közúti közlekedés egyik legjelentősebb, ugyanakkor legnehezebben kezelhető biztonsági kockázati tényezője. A figyelemelterelés olyan állapotként értelmezhető, amikor a járművezető figyelmi kapacitása részben vagy teljes egészében nem a vezetési feladatra irányul, hanem külső vagy belső inger hatására megoszlik. Ennek következménye a környezet észlelésének romlása, a döntéshozatal késedelme, valamint a jármű irányításához szükséges reakciók lassulása. Mindez közvetlen módon növeli a reakcióidőt, és ezáltal a megállási távolságot is. A szakirodalom a vezetői figyelemelterelést többféleképpen csoportosítja, azonban közlekedésbiztonsági szempontból célszerű a *vizuális, manuális és kognitív* figyelemelterelés elkülönített vizsgálata, mivel ezek eltérő mechanizmusokon keresztül befolyásolják a vezetési teljesítményt.

### Vizuális figyelemelterelés

Vizuális figyelemelterelésről akkor beszélünk, amikor a vezető tekintete elhagyja az útpályát, így nem érzékeli megfelelő időben a forgalmi helyzet változásait. A leggyakoribb vizuális elterelő tényezők közé tartozik a mobiltelefon képernyőjének figyelése, a fedélzeti infotainment rendszer kezelése, a navigációs beállítások módosítása, valamint az utastérben történő keresgélés. A vizuális figyelemelterelés különösen veszélyes, mivel már néhány másodpercnyi tekintet-elvonás is jelentős kockázatot hordoz. Például 50 km/h sebességnél egy két másodperces vizuális elterelés alatt a jármű közel 28 métert tesz meg anélkül, hogy a vezető ténylegesen figyelné az útfelületet. Ez az útszakasz gyakorlatilag „vakvezetésnek” tekinthető, ahol bármilyen váratlan akadály megjelenése esetén a baleset elkerülésének esélye minimálisra csökken.

### Manuális figyelemelterelés

A manuális figyelemelterelés a vezető fizikai tevékenységeihez kapcsolódik, amikor a kezek nem kizárólag a jármű irányítását szolgálják. Tipikus példái a mobiltelefon kézben tartása, üzenetírás, étkezés, ital fogyasztása vagy az infotainment rendszer érintőképernyős kezelése. Ezek a tevékenységek csökkentik a kormányzás pontosságát, lassítják a fékpedálhoz való hozzáférést, és növelik a reakció végrehajtásához szükséges időt. A manuális elterelés önmagában is növeli a reakcióidőt, azonban hatása különösen erős akkor, amikor vizuális és kognitív eltereléssel párosul, mint például mobiltelefon-használat esetén. Ilyenkor a vezető egyszerre veszti el a környezeti információk egy részét, a fizikai kontrollt és a döntéshozatali kapacitás egy részét is.

### Kognitív figyelemelterelés

A kognitív figyelemelterelés kevésbé látványos, ugyanakkor legalább olyan veszélyes, mint a vizuális vagy manuális formák. Ebben az esetben a vezető gondolatai nem a vezetési feladatra összpontosulnak, hanem más mentális tevékenységek kötik le a figyelmet. Ilyen lehet az utasokkal folytatott intenzív beszélgetés, a telefonos kihangosított hívás, stresszes élethelyzetek feldolgozása vagy akár munkahelyi problémákon való gondolkodás.

Kutatások kimutatták, hogy a kognitív figyelemelterelés hatására a vezetők hajlamosak „figyelmi vakságra”, amikor ugyan fizikailag az útra néznek, de nem dolgozzák fel megfelelően az észlelt információkat. Ez késleltetett reakcióhoz vezet, amely növeli a reakcióidőt és ezzel együtt a megállási távolságot is, különösen összetett forgalmi helyzetekben.

### Kombinált figyelemelterelés

A valós közlekedési helyzetekben a figyelemelterelés jellemzően kombinált formában jelenik meg. A mobiltelefon-használat egyszerre jelent vizuális, manuális és kognitív terhelést, ezért tekinthető a legveszélyesebb figyelemelterelő tényezőnek. E kombinált hatás következtében a reakcióidő akár többszörösére is nőhet az ideális vezetési állapothoz képest, ami drasztikusan megnöveli a megállási távolságot és a balesetek súlyosságát. A vezetői figyelemelterelés különböző típusai eltérő mechanizmusokon keresztül, de azonos irányban hatnak a közlekedésbiztonságra: csökkentik a reakciók gyorsaságát és pontosságát. E tényezők figyelembevétele elengedhetetlen a hagyományos és az autonóm járműrendszerek összehasonlító értékelése során,

különösen a megállási távolság mint objektív biztonsági mutató elemzésekor.

### Reakcióidők számszerűsítése

A reakcióidő a közúti közlekedés egyik legkritikusabb emberi tényezője, mivel közvetlen kapcsolatban áll a megállási távolság nagyságával és ezáltal a balesetek elkerülésének lehetőségével. Reakcióidő alatt azt az időintervallumot értjük, amely a veszélyhelyzet észlelésének pillanatától a jármű irányítására irányuló első fizikai beavatkozásig – jellemzően a fékpedál lenyomásáig – telik el. Ez az időtartam nem állandó érték, hanem jelentős mértékben függ a vezető aktuális fizikai és mentális állapotától, a környezeti terheléstől, valamint a járművezetést támogató rendszerek jelenlététől.

A reakcióidő számszerűsítése kulcsfontosságú a megállási távolság modellezése során, mivel a reakcióút lineárisan arányos a reakcióidővel. Ennek következtében már kisebb reakcióidő-növekedés is több tíz méteres többlettutat eredményezhet nagyobb sebességtartományokban.

### A reakcióidő összetevői

A reakcióidő nem egyetlen folyamat eredménye, hanem több egymást követő szakaszból áll:

1. *Észlelési idő* – a veszély felismeréséhez szükséges idő,
2. *Döntési idő* – a megfelelő cselekvés kiválasztása,
3. *Motoros válaszidő* – a fizikai beavatkozás megkezdése.

Autonóm rendszerek esetében ezek a lépések nagyrészt párhuzamosan, algoritmikusan zajlanak, míg emberi vezetésnél szekvenciálisan, kognitív feldolgozással történnek, ami magyarázza a jelentős különbségeket az egyes vezetési állapotok között.

### Tipikus reakcióidők különböző vezetési állapotokban

A kutatás során a szakirodalomban leggyakrabban hivatkozott reakcióidő-tartományokat vettük figyelembe. Az alábbi táblázat a vizsgált vezetési állapotokat és azok jellemző reakcióidejét foglalja össze.

1. táblázat: Tipikus reakcióidők különböző vezetési állapotok esetén

Vezetési állapot	Reakcióidő (s)	Megjegyzés
Ideális, koncentrált vezető	0,8	Fiatal, kipihent, zavaró tényezők nélkül
Átlagos vezető	1,0	Normál forgalmi környezet
Fáradt vezető	1,5	Éjszakai vezetés, hosszú utazás
Infotainment használat	1,5–2,0	Vizuális és manuális terhelés
Beszélgetés	1,3–1,7	Kognitív figyelemmegosztás
Mobiltelefon-használat	3,0–4,0	Kombinált elterelés
Félautonóm rendszer	0,3–0,5	Rendszer–vezető átadás
Teljesen autonóm rendszer	0,15	Algoritmikus döntéshozatal

Forrás: saját szerkesztés

### Emberi vezetők reakcióidejének értelmezése

#### Ideális és átlagos vezető

Az *ideális, koncentrált vezető* reakcióideje körülbelül 0,8 másodperc, amely jellemzően kontrollált környezetben, zavaró tényezők nélkül mérhető. Ez az érték azonban a valós közlekedési helyzetekben ritkán tartható fenn hosszú távon. Az *átlagos vezető* esetében az 1,0 másodperces reakcióidő tekinthető reális alapértéknek, amely már magában hordozza a forgalmi környezetből fakadó kognitív terhelést.

Már ezen két állapot között is kimutatható különbség jelentkezik a megállási távolságban, különösen 50 km/h feletti sebességnél, ahol a reakcióút önmagában 2–3 méterrel növekszik.

#### Fáradt vezető

A *fáradtság* az egyik legkevésbé szabályozható, mégis rendkívül veszélyes tényező. A 1,5 másodperc körüli reakcióidő azt jelenti, hogy a vezető 50 km/h sebességnél közel 21 métert tesz meg reakció alatt, míg autópályán ez az érték meghaladja az 50 métert. A fáradt vezetők esetében a reakcióidő ráadásul erősen szór, ami kiszámíthatatlanná teszi a jármű viselkedését.

### Figyelemeltereléssel terhelt vezetési állapotok

#### Infotainment rendszerek használata

Az infotainment rendszerek használata során a reakcióidő tipikusan 1,5–2,0 másodperc közé esik. Ez az állapot különösen veszélyes, mivel a vezető gyakran alábecsüli a kockázatot, miközben vizuálisan és manuálisan is elvonja a figyelmét az útról.

#### Beszélgetés

A beszélgetés – akár utassal, akár kihangsúlyozott telefonon – elsősorban *kognitív figyelemelterelést* okoz. A reakcióidő növekedése kevésbé drasztikus, de állandó jellegű (1,3–1,7 s), ami hosszabb távon jelentősen növeli a baleseti kockázatot.

#### Mobiltelefon-használat

A *mobiltelefon-használat* tekinthető a legkritikusabb állapotnak, ahol a reakcióidő akár 3–4 másodpercre is nőhet. Ez azt jelenti, hogy 50 km/h sebességnél a jármű 42–56 métert tesz meg reakció alatt, ami egy teljes városi útszakasz hosszának felel meg.

### Félautonóm és autonóm rendszerek reakcióideje

#### Félautonóm rendszerek

A félautonóm rendszerek reakcióideje 0,3–0,5 másodperc, amely azonban nem a rendszer önálló reakcióját, hanem az *ember-gép együttműködés* idejét tükrözi. Kritikus helyzetekben az átadás-átvétel időigénye jelentős kockázatot jelenthet, különösen akkor, ha a vezető figyelme elkalandozott.

#### Teljesen autonóm rendszerek

A teljesen autonóm rendszerek esetében a reakcióidő 0,15 másodperc körül alakul, amely nagyságrenddel kisebb az emberi reakcióidőnél. Ez az érték az érzékelés, döntéshozatal és beavatkozás integrált, algoritmikus működéséből adódik.

### A reakcióidő társadalmi jelentősége

A bemutatott reakcióidők alapján egyértelműen megállapítható, hogy a figyelemelterelés hatása nem marginális, hanem *rendszerszintű közlekedésbiztonsági probléma*. A reakcióidő és a megállási távolság közötti közvetlen kapcsolat miatt a figyelemelterelés különösen veszélyes városi környezetben, ahol a gya-

logosok, kerékpárosok és gyermekek jelenléte fokozott kockázatot jelent.

Az autonóm rendszerek egyik legnagyobb társadalmi előnye éppen az, hogy képesek kiküszöbölni a reakcióidő emberi bizonytalanságát, ezáltal kiszámíthatóbbá és biztonságosabbá teszik a közlekedést.

### Kvantitatív példaszámítások és összehasonlító táblázatok

#### 0. Kiinduló modell és jelölések

A megállási távolságot (teljes megállásig megtett út) két fő összetevő adja:

$$S_{\text{megállás}} = S_{\text{reakció}} + S_{\text{fék}}$$

ahol

$$S_{\text{reakció}} = v \cdot t_r$$

$$S_{\text{fék}} = \frac{v^2}{2a}$$

$v$ : sebesség m/s-ban

$t_r$ : reakcióidő (s)

$a$ : átlagos lassulás (m/s<sup>2</sup>), útviszony-függő

A számításokban az alábbi *lassulási értékeket* alkalmazzuk:

#### 2. táblázat: Lassulási (decelerációs) értékek útviszony szerint

Útviszony	a(m/s <sup>2</sup> )	Rövid értelmezés
Száraz út	7,5	jó tapadás, optimális fékezés
Nedves út	4,5	csökkent tapadás, hosszabb fékút
Havas/jeges út	1,5	nagyon alacsony tapadás, extrém fékút

Forrás: saját szerkesztés

A reakcióidők összevetéséhez az alábbi (korábban rögzített) tipikus értékeket használjuk:

#### 3. táblázat: Vizsgált reakcióidők (szcenáriók)

Szenárió	t <sub>r</sub> (s)
Teljesen autonóm rendszer	0,15
Félautonóm (gyors átadás)	0,30
Félautonóm (lassabb átadás)	0,50
Ideális, koncentrált vezető	0,80
Átlagos vezető	1,00
Fáradt vezető	1,50
Infotainment használata (felső becslés)	2,00
Mobiltelefon-használat (tipikus)	4,00

Forrás: saját szerkesztés

Városi környezet – 50 km/h

Sebesség átváltása km/h → m/s

A képletekben  $v$ -t m/s-ban kell használni:

$$50 \text{ km/h} = 50 \cdot \frac{1000}{3600} \text{ m/s}$$

$$50 \text{ km/h} = 50 \cdot 0,2777 \dots = 13,888 \dots \text{ m/s} \approx 13,9 \text{ m/s}$$

Tehát:

$$v_{50} \approx 13,9 \text{ m/s}$$

Emberi vezető – ideális állapot (0,8 s), száraz út

Adatok:

$$v = 13,9 \text{ m/s}$$

$$t_r = 0,8 \text{ s}$$

$$a = 7,5 \text{ m/s}^2$$

Reakcióút:

$$s_{\text{reakció}} = v \cdot t_r = 13,9 \cdot 0,8 = 11,12 \text{ m} \approx 11,1 \text{ m}$$

Fékút (száraz):

$$s_{\text{fék}} = \frac{v^2}{2a}$$

$$(13,9)^2 = 193,21$$

$$2 \cdot 7,5 = 15$$

$$s_{\text{fék}} = \frac{193,21}{15} = 12,8807 \dots \text{ m} \approx 12,9 \text{ m}$$

Teljes megállási távolság:

$$s_{\text{megállás}} = 11,1 + 12,9 = 24,0 \text{ m}$$

Értelmezés (városi): ideális figyelemmel is ~24 méter kell, mire az autó teljesen megáll.

Mobiltelefon-használat (4,0 s), száraz út

Adatok:

$$v = 13,9 \text{ m/s}$$

$$t_r = 4,0 \text{ s}$$

$$a = 7,5 \text{ m/s}^2$$

1) Reakcióút:

$$s_{\text{reakció}} = 13,9 \cdot 4,0 = 55,6 \text{ m}$$

2) Fékút (ugyanaz, mert az útviszony és a sebesség ugyanaz a fékezés kezdetén):

$$s_{\text{fék}} \approx 12,9 \text{ m}$$

3) Megállási távolság:

$$s_{\text{megállás}} = 55,6 + 12,9 = 68,5 \text{ m}$$

Különbség az ideális emberhez képest:

$$68,5 - 24,0 = 44,5 \text{ m}$$

Értelmezés: 50 km/h-nál telefonozva több mint 44 méterrel később áll meg a jármű. Ez városban „egy teljes útszakasznyi” plusz, és tipikusan bőven elég egy gyalogosgázolás bekövetkezéséhez még akkor is, ha az ideális esetben elkerülhető lett volna.

Autonóm rendszer (0,15 s), száraz út

Adatok:

$$v = 13,9 \text{ m/s}$$

$$t_r = 0,15 \text{ s}$$

$$a = 7,5 \text{ m/s}^2$$

Reakcióút:

$$s_{\text{reakció}} = 13,9 \cdot 0,15 = 2,085 \text{ m} \approx 2,1 \text{ m}$$

Fékút (száraz): változatlan

$$s_{\text{fék}} \approx 12,9 \text{ m}$$

Megállási távolság:

$$s_{\text{megállás}} = 2,1 + 12,9 = 15,0 \text{ m}$$

Értelmezés: ugyanazon sebességnél az autonóm rendszer ~15 méteren belül megáll, míg telefonozó embernél ~68,5 m kell.

Részletes összehasonlítás 50 km/h-nál (száraz út) – több szcenárió

Itt nem csak a három kiemelt esetet, hanem a teljes skálát (autonóm → telefonozó) mutatjuk be.

4. táblázat: Megállási távolság 50 km/h-nál, száraz úton (a = 7,5),

Állapot	$t_r$ (s)	$s_{\text{reakció}}$ (m)	$s_{\text{fék}}$ (m)	$s_{\text{megállás}}$ (m)	$\Delta$ az autonómhoz (m)
Autonóm	0,15	2,08	12,86	14,94	0,00
Félaautonóm (gyors)	0,30	4,17	12,86	17,03	2,08
Félaautonóm (lassabb)	0,50	6,94	12,86	19,80	4,86
Ideális ember	0,80	11,11	12,86	23,97	9,03
Átlagos ember	1,00	13,89	12,86	26,75	11,81
Fáradt	1,50	20,83	12,86	33,69	18,75
Infotainment (2 s)	2,00	27,78	12,86	40,64	25,69
Telefon (4 s)	4,00	55,56	12,86	68,42	53,47

Forrás: saját szerkesztés

Kulcspon: 50 km/h-nál a különbségeket szinte teljesen a reakcióút adja. A fékút állandó (azonos útviszony és sebesség esetén), viszont a reakcióidő növekedése lineárisan „felpumpálja” a teljes megállási távolságot.

Útviszonyok hatása 50 km/h-nál (száraz vs nedves vs jeges)

Sokan intuitívan azt gondolják, hogy „a fékút a lényeg”. Valójában városban a figyelemelterelés miatt megugró reakcióút ugyanúgy kritikus. A teljes képhez itt ugyanazokat a reakcióidőket három útviszonyra is megadjuk.

5. táblázat: Megállási távolság 50 km/h-nál különböző útviszonyok mellett

Állapot	$t_r$ (s)	Száraz $a = 7,5$ : $s_{\text{megállás}}$ (m)	Nedves $a = 4,5$ : $s_{\text{megállás}}$ (m)	Jeges $a = 1,5$ : $s_{\text{megállás}}$ (m)
Autonóm	0,15	14,94	23,52	66,38
Ideális ember	0,80	23,97	32,54	75,41
Átlagos ember	1,00	26,75	35,32	78,19
Fáradt	1,50	33,69	42,27	85,13
Infotainment (2 s)	2,00	40,64	49,21	92,08
Telefon (4 s)	4,00	68,42	76,99	119,86

Forrás: saját szerkesztés

*Megfigyelés:* jeges úton a fékút „dominál”, de a telefonozás itt is brutális többletet ad. Városban (50 km/h) telefonozva még száraz úton is olyan megállási távolság adódik (~68 m), ami közelíti a jeges úton autonóm rendszerrel számolt értéket (~66 m) – vagyis a figyelemelterelés képes „időjárás szűkítést” modellezni pusztán emberi tényezőkön keresztül.

#### A kutatás korlátai

A vizsgálat elsődleges korlátja, hogy a megállási távolság becslése determinista, egyszerűsített fizikai modellen alapul. A képletek (reakcióút + fékút) feltételezik az állandó sebességet a reakcióidő alatt és az állandó átlagos lassulást a fékezés teljes időtartamában, miközben a valós fékfolyamat nem tökéletesen lineáris: a féknyomaték felépülése, az ABS beavatkozása, illetve a gumi-út kapcsolat változása időben ingadozhat. Ezzel összefüggésben a vizsgálat nem modellezi külön a fékhatás felépülési idejét, a jármű tömegét, terhelését és a fékrendszer állapotából adódó eltéréseket, amelyek a fékút szórását növelhetik. A reakcióidő értékek szintén korlátozottak, mivel a tanulmány tipikus (irodalmi) reakcióidő-tartományokkal dolgozik, és nem tartalmaz saját empirikus mérést vagy természetes forgalmi megfigyelést. A reakcióidő valós eloszlása erősen függ az életkortól, vezetési rutintól, stressztől, fáradtságtól, valamint a figyelemelterelés intenzitásától (pl. telefon kijelzőnézés vs. csak kihangsúlyozott beszélgetés). A félautonóm rendszerek esetében további bizonytalanságot jelent az átadás-átvétel (take-over) idő változékonysága, amely járműtípustól, HMI-től és a vezető felügyeleti állapotától függően széles tartományban mozoghat. Végül a vizsgálat nem tér ki a komplex forgalmi interakciókra (pl. kikerülő manőver, követési távolság, több jármű dinamikája), így az eredmények elsősorban összehasonlító, kockázatérzékeltető célra alkalmasak, és nem helyettesítik a valós környezetben végzett tesztek vagy részletes mikroszimulációkat.

#### EREDMÉNYEK

A kvantitatív elemzések egyértelmű és konzisztens mintázatot mutatnak a vezetői figyelemelterelés, a reakcióidő és a megállási távolság között. Az eredmények alapján megállapítható, hogy az azonos járműdinamikai és útviszonyok mellett tapasztalható különbségek döntő hányada nem a fékezési képességekből, hanem a reakcióidő változásából adódik. Ez különösen városi környezetben bír kiemelt jelentőséggel, ahol a megállási távolság növekedése közvetlenül növeli a sérülékeny közlekedők – gyalogosok, kerékpárosok – veszélyeztetettségét.

Az 50 km/h sebességnél végzett számítások azt mutatják, hogy ideális, koncentrált emberi vezetés esetén a teljes megállási távolság megközelítőleg 24 méter. Ezzel szemben mobiltelefon-használat mellett ez az érték közel 69 méterre növekszik, ami több mint 180%-os növekedést jelent. Az autonóm járműrendszerrel számolt megállási távolság ugyanezen körülmények között mintegy 15 méter, ami nemcsak az emberi vezetéshez, hanem különösen a figyelemeltereléssel terhelt állapotokhoz képest jelentős előnyt mutat. Az eredmények rámutatnak arra, hogy városi környezetben a reakcióút domináns tényezővé válik, és a figyelemelterelés önmagában képes „időjárás szűkítéshez” hasonló kockázatnövekedést előidézni.

Autópályás környezetben (130 km/h) a fékút abszolút értéke jelentősen megnő, azonban a reakcióidő szerepe továbbra is meghatározó marad. Az átlagos, figyelemeltereléstől mentes emberi vezető esetében a megállási távolság körülbelül 123 mé-

ter, míg mobiltelefon-használat mellett ez az érték meghaladja a 230 métert. Az autonóm rendszerrel számolt megállási távolság ezzel szemben megközelítőleg 92 méter, ami több mint 30 méteres különbséget jelent az átlagos emberi reakcióhoz képest, és több mint 130 métert a telefonhasználattal terhelt állapothoz viszonyítva.

Az eredmények alátámasztják, hogy a vezetői figyelemelterelés nem pusztán kismértékű teljesítményromlást okoz, hanem nagyságrendi kockázatnövekedést eredményez a megállási távolságban. Az autonóm rendszerek legnagyobb biztonsági előnye a reakcióidő radikális csökkentésében ragadható meg, amely mind városi, mind nagysebességű környezetben számottevő közlekedésbiztonsági nyereséget jelent.

#### KÖVETKEZTETÉSEK

A kutatás eredményei egyértelműen igazolják, hogy a vezetői figyelemelterelés a közúti közlekedés egyik legkritikusabb, ugyanakkor gyakran alábecsült kockázati tényezője. A kvantitatív számítások alapján megállapítható, hogy a megállási távolság növekedése döntően nem a jármű műszaki adottságainak romlásából, hanem az emberi reakcióidő jelentős megnyúlásából fakad. Ez a hatás különösen hangsúlyosan jelenik meg azokban a vezetési állapotokban, ahol vizuális, manuális és kognitív figyelemelterelés együttesen lép fel, mint például a mobiltelefon-használat esetében.

A városi környezetre vonatkozó eredmények rámutatnak arra, hogy már viszonylag alacsony sebességnél (50 km/h) is rendkívül nagy különbségek adódnak a megállási távolságban. Ideális emberi vezetéshez képest a mobiltelefon-használat több mint kétszeresére növeli a teljes megállási távolságot, ami a gyakorlatban azt jelenti, hogy egy potenciálisan elkerülhető baleset nagy valószínűséggel bekövetkezik. Városi környezetben ez különösen súlyos társadalmi következményekkel jár, mivel a balesetek gyakran sérülékeny közlekedőket – gyalogosokat, gyermekeket, időseket – érintenek. A számítások alapján megállapítható, hogy a figyelemelterelés hatása sok esetben össze mérhető a kedvezőtlen útviszonyok (nedves vagy jeges burkolat) által okozott kockázatnövekedéssel, ami tovább erősíti a probléma jelentőségét.

Az autópályás környezetben végzett elemzések azt mutatják, hogy nagyobb sebességnél a fékút abszolút értéke dominánssá válik, ugyanakkor a reakcióidő szerepe továbbra is meghatározó marad. A mobiltelefon-használat következtében fellépő több másodperces reakcióidő-növekedés extrém mértékben növeli a megállási távolságot, ami nemcsak a baleset bekövetkezésének esélyét, hanem annak súlyosságát is jelentősen fokozza. Az ilyen helyzetekben bekövetkező balesetek jellemzően nagy energiájú ütközésekhez vezetnek, amelyek súlyos vagy halálos sérülésekkel járhatnak. A félautonóm és autonóm járműrendszerekkel kapcsolatos eredmények fontos technológiai és szabályozási következtetések levonását teszik lehetővé. A teljesen autonóm rendszerek egyik legnagyobb biztonsági előnye a reakcióidő radikális csökkentése, amely mind városi, mind nagysebességű környezetben jelentős megállási útnyereséget eredményez. Ez a nyereség nemcsak statisztikai értelemben releváns, hanem konkrét, mérhető életvédelmi potenciált hordoz. Ugyanakkor a félautonóm rendszerek esetében az ember-gép együttműködésből fakadó átadás-átvételi késedelem továbbra is kritikus kockázati tényező marad, különösen akkor, ha a vezető figyelmé elkalandozik.

A kutatás alátámasztja azt a következtetést, hogy a vezetői figyelemelterelés kezelése nem csupán egyéni felelősség kérdése, hanem rendszerszintű közlekedésbiztonsági és társadalompolitikai feladat. Az eredmények indokolttá teszik a mobiltelefon-használat szigorúbb szabályozását, a járművek fedélzeti rendszereinek ergonómiai újragondolását, valamint az autonóm technológiák biztonsági szempontú integrálását. A megállási távolság mint objektív, könnyen értelmezhető mutató hatékony eszközt kínál a döntéshozók, tervezők és oktatók számára a figyelemelterelés kockázatainak szemléltetésére és a közlekedésbiztonság hosszú távú javítására.

#### IRODALMI FELDOLGOZÁS

- ASEFA, F. – ASSEFA, D. – TESFAYE, G. (2014): Magnitude of road traffic collisions, trends in road traffic collisions, and associated factors of road traffic collisions in central Ethiopia. *BMC Public Health*, 14(1). ISSN: 1471-2458. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-14-1072>
- BOROWSKY, A. – SHINAR, D. – ORON-GILAD, T. (2010): Age, driving skill, and hazard perception in driving. *Accident Analysis & Prevention*, 42(4), 1240–1249. ISSN: 0001-4575. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2010.02.001>
- BYEON, G. – KWON, S. – JHOO, J. – JANG, J. – BAE, J. – HAN, J. – KIM, K. (2022): Evidence of risky driving behavior in Korean older adults: A longitudinal cohort study. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, 38(1). ISSN: 0885-6230 (online: 1099-1166). <https://doi.org/10.1002/gps.5854>
- CARVALHO, J. – SPRINGATE, B. – BERNIER, R. – DAVIS, J. (2018): Psychometric properties of the American Academy of Neurology Caregiver Driving Safety Questionnaire and contributors to caregiver concern about driving safety in older adults. *International Psychogeriatrics*, 30(3), 355–364. ISSN: 1041-6102 (online: 1741-203X). <https://doi.org/10.1017/S1041610217001727>
- CIOCA, L. – IVAȘCU, L. (2017): Risk indicators and road accident analysis for the period 2012–2016. *Sustainability*, 9(9), 1530. ISSN: 2071-1050. <https://doi.org/10.3390/su9091530>
- COSTESCU, D. – BUJOR, C. – IFRIM, A. (2024): Methodology for assessing the road traffic risk in urban areas. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1303(1), 012049. ISSN: 1757-8981. <https://doi.org/10.1088/1757-8981/1303/1/012049>
- DICKERSON, A. – MOLNAR, L. – BÉDARD, M. – EBY, D. – CLASSEN, S. – POLGAR, J. (2017): Transportation and aging: An updated research agenda for advancing safe mobility. *Journal of Applied Gerontology*, 38(12), 1643–1660. ISSN: 0733-4648 (online: 1552-4523). <https://doi.org/10.1177/0733464817739154>
- FRAADE-BLANAR, L. – HANSEN, R. – CHAN, K. – SEARS, J. – THOMPSON, H. – CRANE, P. – EBEL, B. (2018): Diagnosed dementia and the risk of motor vehicle crashes among older drivers. *Accident Analysis & Prevention*, 113, 47–53. ISSN: 0001-4575. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2017.12.021>
- GICQUEL, L. – ORDONNEAU, P. – BLOT, E. – TOILLON, C. – INGRAND, P. – ROMO, L. (2017): Description of various factors contributing to traffic accidents in youth and measures proposed to alleviate recurrence. *Frontiers in Psychiatry*, 8. ISSN: 1664-0640. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2017.00094>
- GREGERSEN, N. (1996): Young drivers' overestimation of their own driving skill: An experiment on the relation between training strategy and skill. *Accident Analysis & Prevention*, 28(2), 243–250. ISSN: 0001-4575. [https://doi.org/10.1016/0001-4575\(95\)00066-6](https://doi.org/10.1016/0001-4575(95)00066-6)
- HOLMAN, A. – POPUȘOI, S. (2020): How emotion regulation strategies are related to traffic offenses: The mediating role of driving styles. *Sustainability*, 12(12), 4929. ISSN: 2071-1050. <https://doi.org/10.3390/su12124929>
- JAMA, H. – GRZEBIETA, R. – FRISWELL, R. – MCINTOSH, A. (2011): Characteristics of fatal motorcycle crashes into roadside safety barriers in Australia and New Zealand. *Accident Analysis & Prevention*, 43(3), 652–660. ISSN: 0001-4575. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2010.10.008>
- LIU, J. – WANG, C. – LIU, Z. – FENG, Z. – SZE, N. (2021): Drivers' risk perception and risky driving behavior under low illumination conditions using the modified Driver Behaviour Questionnaire and Driver Skill Inventory. *Journal of Advanced Transportation*, 2021, 1–13. ISSN: 0197-6729 (online: 2042-3195). <https://doi.org/10.1155/2021/5568240>
- MOFOLASAYO, A. (2024): Towards Vision Zero in road traffic fatalities: The need for reasonable degrees of automation to complement human efforts in driving operations. *Systems*, 12(2), 40. ISSN: 2079-8954. <https://doi.org/10.3390/systems12020040>
- MOSKAL, A. – MARTIN, J. – LAUMON, B. (2012): Risk factors for injury accidents among moped and motorcycle riders. *Accident Analysis & Prevention*, 49, 5–11. ISSN: 0001-4575. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2010.08.021>
- PAPALIMPERI, A. – ATHANASELIS, S. – MINA, A. – PAPOUTSIS, I. – SPILIOPOULOU, C. – PAPADODIMA, S. (2019): Incidence of fatalities of road traffic accidents associated with alcohol consumption and the use of psychoactive drugs: A seven-year survey from 2011 to 2017. *Experimental and Therapeutic Medicine*. ISSN: 1792-0981 (online: 1792-1015). <https://doi.org/10.3892/etm.2019.7787>
- REGER, M. – WELSH, R. – WATSON, G. – CHOLERTON, B. – BAKER, L. – CRAFT, S. (2004): The relationship between neuropsychological functioning and driving ability in dementia: A meta-analysis. *Neuropsychology*, 18(1), 85–93. ISSN: 0894-4105. <https://doi.org/10.1037/0894-4105.18.1.85>
- SARKAR, S. – BISWAS, S. – KORAMATI, S. – SINHA, A. – MAJUMDAR, B. (2025): Determination of the association of various risk elements causing fatal crashes in heterogeneous traffic conditions. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2679(5), 863–880. ISSN: 0361-1981. <https://doi.org/10.1177/03611981241312221>
- VU, N. – DUY, D. – NGUYEN, D. – CAO, T. – HOANG, L. (2023): Effect of driver safety attitude and risk perception on driving behaviors in Vietnam. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1289(1), 012052. ISSN: 1757-8981. <https://doi.org/10.1088/1757-8981/1289/1/012052>
- WILDE, G. (1982): The theory of risk homeostasis: Implications for safety and health. *Risk Analysis*, 2(4), 209–225. ISSN: 0272-4332 (online: 1539-6924). <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.1982.tb01384.x>
- WITHAAR, F. – BROUWER, W. – VAN ZOMEREN, A. (2000): Fitness to drive in older drivers with cognitive impairment. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 6(4), 480–490. ISSN: 1355-6177. <https://doi.org/10.1017/S1355617700644065>