

AZ AUTOMATIZÁLTSAÉG NÖVELÉSÉVEL A FENNTARTHATÓSÁGÉRT

INCREASE AUTOMATION FOR SUSTAINABILITY

Szauter Ferenc¹, Bedő Anett², Kőrös Péter³, Friedler Ferenc⁴

¹egyetemi docens, kutatóközpont vezető, Széchenyi István Egyetem Járműipari Kutatóközpont, Győr
szauter@sze.hu

²egyetemi tanársegéd, Széchenyi István Egyetem Audi Hungaria Járműmérnöki Kar Környezetmérnöki Tanszék, Győr
bedoa@sze.hu

³kutató, Széchenyi István Egyetem Járműipari Kutatóközpont, korosp@ga.sze.hu

⁴egyetemi tanár, kutatóközpont tudományos igazgató, Széchenyi István Egyetem Járműipari Kutatóközpont
f.friedler@ga.sze.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

A jelenlegi járműipari és közlekedésirányítási rendszerek fejlesztése kapcsán felmerül a kérdés, hogy a környezetterhelést hogyan tudjuk csökkenteni a mai és jövőbeni mobilitási igényeket figyelembe véve. Jelen cikkben ismertetjük a fejlesztések műszaki hátterét, beleértve a fejlesztési tendenciákat, valamint az ismert és vélt korlátokat. Fontos, hogy rendszerszinten a műszaki és a gazdasági szempontokat komplexen kell vizsgálni, figyelembe véve a kereszt- és visszahatásokat, amelyek befolyásolják az ökológiai lábnyomot. Az autonóm járműirányítás új fejezetet nyitott az egyéni és a közösségi közlekedésben. A legtöbb fejlett országban már közúton tesztelik az automatizált járművezetést, ahol az irányító rendszer funkcionálisait már infokommunikációs hálózatba kapcsolva lehet bővíteni. A más néven önvezető járműveket, azok fejlesztésének szükségességét elsősorban a közlekedésbiztonság javításával, illetve a járműben töltött idő hasznosításával szokták indokolni, de jelentős a mobilitási energiahatékonyságra, így a környezetterhelésre gyakorolt hatásuk is.

ABSTRACT

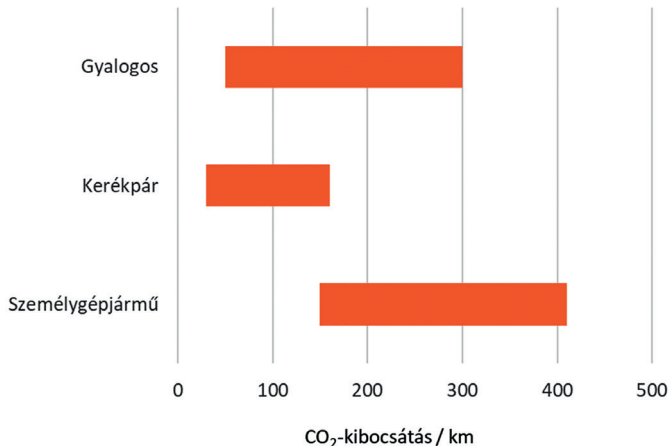
In connection with the development of current automotive and traffic management systems, the question arises as to how the burden on the environment can be reduced in considering current and future mobility needs. In this article, we describe the technical background of developments, including development trends, known, and perceived limitations. It is important that at the system level the technical and economic aspects need to be considered in a complex way to include the cross-effects and repercussions that affect the ecological footprint. Autonomous vehicle driving has opened a new chapter in private and public transport. In most developed countries, automated driving is already being tested on the road, this way the functionalities of the control system can already be extended by connecting to an infocommunication network. Also known as self-driving vehicles, the need for their development is justified primarily by improving traffic safety and utilizing the time spent in the vehicle but they also have a significant impact on mobility energy efficiency, and therefore on the environmental implications as well.

Kulcsszavak: mobilitás, fenntarthatóság, önvezető jármű, energiahatékonyság, közlekedésirányítás

Keywords: mobility, sustainability, autonomous vehicle, energy efficiency, traffic management

BEVEZETÉS

A vezetést támogató rendszerek összekapcsolásával és továbbfejlesztésével napjainkban már kísérleti szinten működnek olyan autonóm (önvezető) járművek, amelyek alkalmasak a járművezető beavatkozása nélkül vagy a járművezető jelenlétét mellőzve önálló közlekedésre. Ezen járművek jelenleg tartós kísérletekkel üzemelnek a világ egyes országaiban, azok élő közúti közlekedési rendszereiben, ahol a jogszabályi környezet ezt lehetővé teszi. Hazánkban ez a fajta kísérleti üzem (mint az ilyen irányú kutatás-fejlesztések szükséges része) csak úgynevezett passzív módban, tehát a tesztpilóta jelenlétével végezhető. Ebben a cikkben alapvetően a motorizált közúti közlekedési eszközökre fókuszálunk, de a közlekedési rendszerek hatásmechanizmusait tekintve mindegyik szállítási eszköz érintett. A környezetterhelési tényezők közül az egyik legkiemelkedőbb a CO₂-kibocsátás, amelynek jellemző értékeit az 1. ábra mutatja. A gyalogosok és a kerékpárosok esetén a közlekedés során az ember által kibocsátott kilométerenkénti CO₂-kibocsátás tartománya látható. A személygépjármű esetében a teljes életciklusra számított CO₂-kibocsátás tartományát jelöltük (az alsó és felső határokat a napjainkban közúton futó ebben a kategóriában megtalálható járművek adatai adják).



1. ábra. CO₂-kibocsátás a különböző közlekedési formáknál (URL1)

AZ AUTOMATIZÁLÁS KÖZLEKEDÉSBIZTONSÁGI SZEMPONTJAI

A világon évente 1,3 millió ember hal meg közlekedési balesetekben, ez naponta 3500 haláleset. A közlekedési balesetek óriási arányban (90–96% körül) emberi hiba vagy mulasztás miatt következnek be. Az autonómjármű-fejlesztés egyik célja az ilyen hibák kiküszöbölése.

Megdöbrentető számok az USA 2020-ban kiadott autóbaleseti statisztikai jelentéséből:

- Évente több mint 40 000 halálos autóbaleset történik az Egyesült Államokban.
- Évente átlagosan kétmillió sofőr szenved maradandó károsodást.
- Csaknem 8000 ember hal meg 16 és 20 év közötti járművezetők hibájából bekövetkezett közlekedési balesetekben.
- A közúti halálozás leggyakoribb oka az ittas vezetés (40%), a gyorshajítás (30%) és a felelőtlen vezetés (33%).

Bármelyik fejlett országban is vizsgálnánk a közlekedésbiztonsági statisztikát, a mutatók arányaiban közel a fenti példával kiemelt képet adnák. A közlekedési balesetekben bekövetkezett károk, beleértve az emberi életeket és az egészségkárosodást, jelentős hatással vannak a nemzetgazdaságra, így a fenntarthatóságra is.

A FORGALOMNAGYSÁG, A JÁRMŰVEZETÉSSSEL ÉS UTAZÁSSAL TÖLTÖTT IDŐ HATÁSA A FENNTARTHATÓSÁGA

A fejlett országokban az egyéni motorizált közlekedés az emberek hasznos idejének (munkaidejének) jelentős részét teszi ki (például a munkába járás az akár napi kétórás csúcsforgalomban). Az önvezető járművek fejlesztése gyakorlatilag a vezetést támogató rendszerek egyfajta végkifejletének tekinthető, ami már régi vágyálma a közlekedőknek.

Világszerte több ember él városokban, mint vidéken. 2050-re az arány 70-30% lesz a városok javára. Maguk a városok is megváltoztak, igazi metropoliszok lettek. Már 28 metropolisz létezik, amely több mint tízmillió lakosú, és ez a szám várhatóan csak duzzadni fog.

A fejlődő országok és a feltörekvő gazdaságok városai olyan gyorsan növekednek, hogy az infrastrukturális fejlesztések nehezen tudnak lépést tartani. A leglátványosabb következménye mindennek a forgalmi torlódás és az elégtelen parkolóhely-kínálat. Ha a közlekedési rendszer nem működik jól, akkor a kereskedelem és a termelékenység is hátrányt szenved, ami negatív hatással van a gazdaságra.

A növekvő forgalomsűrűségnek köszönhetően például Németországban a járművezetők már átlagosan évente 36 órát töltenek torlódásban. Az egyes városokban és nagyvárosi területeken ez a szám sokkal magasabb. A járműsűrűség várhatóan nem fog csökkenni a jövőben sem. A Német Szövetségi Közlekedési Minisztérium arra számít, hogy a személygépkocsik száma a német utakon legalább tíz százalékkal emelkedik 2025-re. A minisztérium előrejelzése szerint a teherforgalom is harminc százalékkal emelkedik. Ez a tendencia hasonló az Európai Unió többi országában, így Magyarországon is. A globális személygépkocsi-állomány csaknem megkétszereződik 2030-ra.

A fentiek következtében a városokon belül és a települések között szükségszerűen növekszik a forgalom. Ennek eredményeképpen az időbeni eljutást forgalmi akadályok nehezítik, és nő a szennyezettség mértéke. A városok levegőminőségének romlása, a forgalmi dugók és a zajterhelés vezetett oda, hogy az agglomerációs övezetekbe költöznek a lakosok. Ez azonban újabb utak megépítését kényszeríti ki, ami újabb forgalmat generál (Koren, 2005).

Egy város átalakítása, szerkezetének megváltoztatása a közösségi közlekedés részesedésének, illetve a nem gépjárművel történő közlekedés arányának növelése nagymértékben segíti a fenntartható közlekedést. Ennek eszközei településen belül (Fjellstrom, 2003):

- autómentes zónák létrehozása,
- forgalomcsillapítás,
- kerékpárhasználat támogatása (kerékpárutak, kerékpártárolók),
- buszsávok kialakítása,
- torlódási díj bevezetése,
- városrészek komplex fejlesztése,
- integrált közlekedési rendszer kiépítése,
- vonzó tömegközlekedési rendszer kialakítása,
- hatékony forgalomirányítás.

A JÁRMŰVEK AUTOMATIZÁLTSAEGI SZINTJEI

A járművek automatizáltságát ma már nemzetközileg is elfogadott módon 0-tól 5-ig terjedő szintekbe sorolják, amelyeknél az alábbi funkcionalitásokkal jellemezzük a feladatellátást (2. ábra). Így az 1. szinten a rendszer feltételesen képes akár a hosszanti vagy az oldalirányú dinamikát befolyásolni, miközben a vezető folyamatosan ellátja a többi feladatát.

A 2. szinttől kezdődően értelmezhető a részleges automatizálás, mert a vezető ebben a helyzetben lemond az előbb említett mindkét feladatköréről, azaz a hosszanti és oldalirányú irányításról, hogy azt a rendszer egy bizonyos használati feltételrendszer mellett elvégezhesse. A vezető folyamatosan figyeli a jármű és a

forgalom viselkedését az út során. Mindenkor késznek kell lennie rá, hogy szükség esetén folytassa a jármű manuális irányítását.

A 3. szinten a rendszer önállóan ismeri fel saját határait, tehát ez az a pont, ahol a funkciókat csak akkor engedi át a járművezetőnek, ha nem tud megbirkózni a környezeti feltételekkel. Ebben az esetben a jármű kéri a vezetőt, hogy vegye át a vezetési feladatokat. Ezen a szinten a sofőrnek nem kell folyamatosan figyelemmel kísérni a jármű hosszanti és oldalirányú irányítását, ugyanakkor képesnek kell lennie arra, hogy bármikor átvegye a vezetést.

A 4. szinttől a vezető a teljes vezetési feladatot átadja, de ehhez fenn kell állni egy meghatározott környezeti feltételrendszernek (mint például: megfelelő úttípus, sebességtartomány és egyéb környezeti feltételek).

A legmagasabb, 5. automatizáltsági szinten nincs szükség járművezetőre. Ekkor a jármű teljesen önállóan képes elvégezni a vezetési feladatokat a környezeti változóktól függetlenül. Tehát minden típusú úton, minden sebességtartományban, és minden környezeti feltétel mellett működőképes. Jelenleg megjósolhatatlan, hogy mikorra várható ilyen szintű, megbízható automatizáltság. A kutatás-fejlesztések kezdetben csak a nagyon magas automatizálási szintekre fókuszáltak, de ma már nagyobb figyelmet fordítanak a lépcsőzetes megvalósításra. A teljesen automatizált vezetés autópályán valószínűleg már a következő évtizedben elérhetővé válik.

A járművezető szerepe		A funkció automatizáltsági szintje			
0. SZINT Csak a vezető	1. SZINT Asszisztált	2. SZINT Részben automatizált	3. SZINT Feltételesen automatizált	4. SZINT Magas szinten automatizált	5. SZINT Teljesen automatizált
A vezető folyamatosan elvégzi a hosszanti és oldalirányú dinamikus vezetési feladatokat.	A vezető folyamatosan elvégzi a hosszanti vagy oldalirányú dinamikus vezetési feladatokat.	A vezetőnek folyamatosan figyelnie kell a rendszer működését.	A vezetőnek nem kell folyamatosan figyelnie a rendszer működését.	A vezető számára nincsenek dedikált feladatok.	A vezetőre egyáltalán nincs szükség az út alatt.
JÁRMŰVEZETŐ					AUTOMATIZÁLT
Nincsen aktív jármű beavatkozó rendszer.	Egyes vezetési feladatokat ellát a rendszer.	Különböző szituációkban elvégzi a rendszer a szükséges hossz- és keresztirányú feladatokat.*	A vezetőnek képesnek kell lennie átvenni a vezetési feladatokat. A rendszer végrehajtja a hossz- és keresztirányú vezetési feladatokat meghatározott körülmények esetén.* Felismeri saját határait, és kéri a vezetőt, ha szükséges, hogy folytassa a vezetést.	A rendszer bizonyos feltételek mellett ellátja a teljes hossz- és keresztirányú vezetési feladatokat.*	A rendszer minden körülmények között elvégzi a szükséges feladatokat.

* A különböző feltételek/körülmények: a közút típusa, sebességtartomány, és egyéb környezeti feltételek

2. ábra. A járművek automatizáltsági szintjei (saját szerkesztés)

AZ INFOKOMMUNIKÁCIÓ JELENTŐSÉGE

Az infokommunikációs kapcsolat és a digitalizálás egyre fontosabb szerepet tölt be a jövőben, legyen szó akár a járművön belüli vagy a kifelé irányuló hálózati rendszerekről. A V2X- (azaz jármű és „bármilyen” közötti) megoldások esetén a járművek, az infrastruktúra és a forgalomirányító rendszerek minden irányú kommunikációja lehetővé válik, így a járművek a másodperc törtrésze alatt információt gyűjthetnek a közlekedési lámpák jelzéseiről, az útépítésekről, az előttük haladó járművektől vagy akár a forgalomirányítási rendszerektől.

A V2X-kommunikáció időben figyelmeztethet a veszélyes helyzetekre, mint a balesetekre, a fekete jég jelenlétére az útburkolaton, a forgalmi dugókra, akkor is, ha azok még egyáltalán nem láthatók a járműből. Ily módon egy automatizált vezetés során a jármű elkezdheti a fék használatát, ezzel akár biztonságos sebességre lassítva az információkkal nem rendelkező járművek vezetőit. Fontos, hogy ilyen rendszer esetében a jármű-jármű közötti kommunikáció segítségével megoldhatóvá válik a legkedvezőtlenebb környezeti feltételek mellett is a sávváltási asszisztencia (például hóban vagy ködben is).

A közlekedésbiztonsági célok mellett az innovatív technológiák lehetővé teszik, hogy nagyobb kényelmet biztosítsunk, és jelentős időt takarítsunk meg a vezető és az utasok tekintetében is. Az intelligensen összekapcsolt járművek segíthetnek egymásnak felmérni a szabad parkolóknak kínálatát, ezzel jelentősen lerövidíthetik a parkolóhely kereséséhez szükséges időt. Például egy teljesen automatizált jármű megtalálja a kijelölt parkolóhelyet (a járművezető nélkül), és teljesen körülményesen elvégzi a parkolási folyamatot.

AZ AUTÓMEGOSZTÁS JELENTŐSÉGE

Az autómegosztás, angolul *carsharing*, egy térben és időben is rugalmas, személygépkocsi-kölcsönzési lehetőség, amely regisztrált felhasználók számára biztosít megosztott hozzáférést egy adott járműflottához. Szükség van az ilyesfajta technológiákra, mert a nagyvárosaink, belső városrészeinek zsúfoltságát, a közutak és parkolófelületek terheltségét és az ezekből adódó környezeti következményeket enyhíthetik a városban. Az autómegosztási rendszer megvalósításával ugyanannyi járműhasználathoz kevesebb jármű, így kevesebb parkolóhely is elegendő, miközben a használók a mobilitási igényeiket olcsóbban elégíthetik ki (egy *carsharing* jármű kezdetben három–öt, később akár tíz magángépjárművet is kiválthat). Magyarországon három cég is nyújt *carsharing* szolgáltatást (MOL Limo, a GreenGO és az Avalon) (Tóth–Szigeti, 2019).

A tisztán elektromos hajtás kapcsán meg kell említeni, fontos, hogy a beépített akkumulátorok mint energiahordozók kihasználtsága a jármű teljes élettartama

alatt a lehető legmagasabb legyen. Az akkumulátorok a teljes életciklusuk alatt jelentős környezetterhelést jelentenek, és mindemellett a jármű teljes árához képest is magas bekerülési költséggel számolhatunk. Az ilyen járművek esetében, az autómegosztó rendszerek alkalmazása magasabb járműkihasználtsági szintet eredményez, így az akkumulátorok az élettartamuk alatt jobban hasznosulnak. Mindemellett, az autógyártók is kezdik felismerni, hogy a közlekedni vágyó emberek nagy részének nem a jármű tulajdonlása, hanem a mobilitás lehetősége a fontos.

Egy Hollandiában végzett felmérés szerint az autómegosztó rendszereket használók között több mint egyharmaddal csökkent az autótulajdonlás. A megosztott autó használata többnyire a háztartás második vagy harmadik autója helyébe lépett. Jellemzően az autómegosztó rendszert használók körülbelül 15–20%-kal kevesebb autó-kilométert vezetnek. A korábban autóval megtett utakat főleg vonattal vagy kölcsönzött autóval teszik meg. A gépjárműmegosztó rendszereket használók fejenként évente 175–265 kilogrammallyal kevesebb széndioxid kibocsátásáért felelnek. Ennek a csökkenésnek a fele a kevesebb autóhasználatnak, másik fele a csökkentett autótulajdonlásnak köszönhető (Nijland et al., 2015).

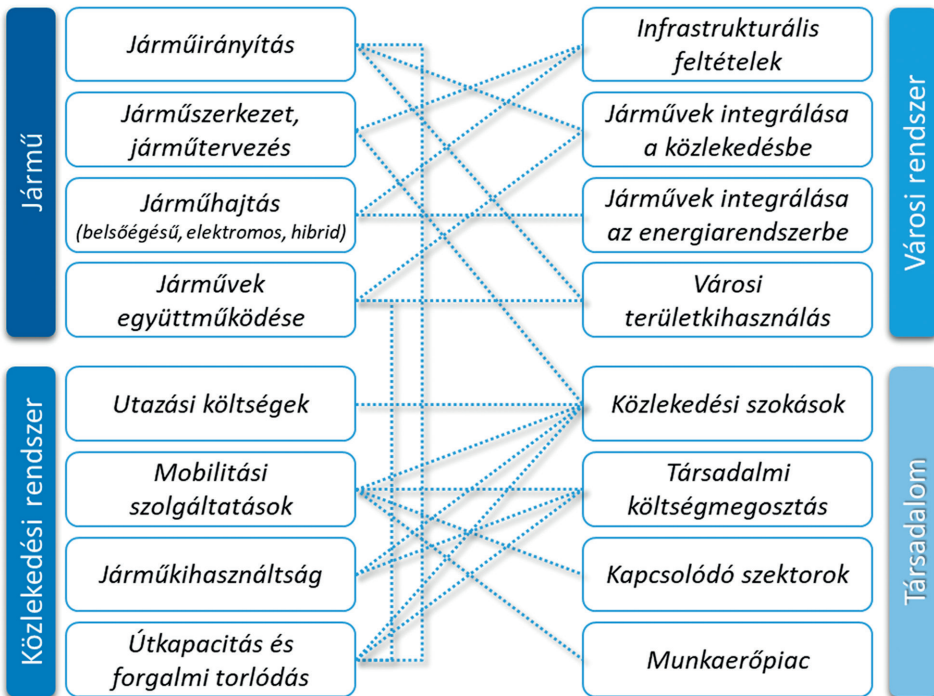
A MOBILITÁS ENERGIAIGÉNYÉNEK ÉS KÖRNYEZETI TERHELÉSÉNEK CSÖKKENTÉSE A JÁRMŰVEK AUTOMATIZÁLÁSÁVAL

A mobilitás energiaigényét, illetve önmagában a mobilitási igényt is sok tényező befolyásolja, és fontos kiemelni a tényezők közötti kereszt- és visszahatásokat is. A mobilitási igény megköveteli, hogy a hatásmechanizmusokat a járműtől a közlekedési és városi rendszeren át a társadalmi szempontokat is számításba véve vizsgáljuk. Az autonóm járművek és az azok hálózatba kapcsolásának fejlesztési irányait tekintve a funkciók különböző hatásokat érnek el, amelyeket a 3. ábrán körvonalaztunk.

A fenti hatásvázlat mellett kiemelhetők azok a feltételezett energetikai és egyben környezetterhelési hatások (4. ábra), amelyeket a közlekedési rendszerek változása jelenthet az autonóm járművek elterjedésével (Wadud et al., 2016).

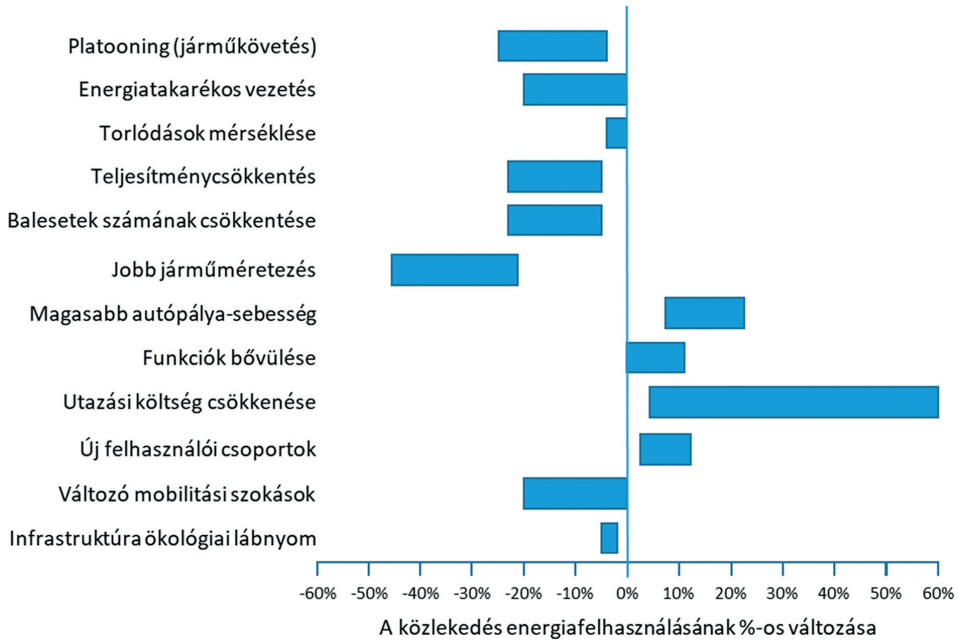
A pozitív hatások között kiemelkedő a nagyobb energiahatékonyság, amely alapvetően a több információ alapján energiaminimumra tervezhető sebességprofilnak köszönhető, tehát a várhatóan kisebb sebességingadozásnak (kevesebb lassítás, megállás, gyorsítás). További előnyt jelenthet a kevesebb hidegindítás (kiemelten a belsőégésű motorral szerelt járművek esetében), amely hatás a járműmegosztó rendszerek bevezetésével tovább erősíthető. A járművek tervezésénél a nagyobb irányítási biztonsággal kevesebb passzív biztonsági berendezés szükséges, ennek köszönhetően csökkentett járműtömeg és karosszériaméret

érhető el. Elsősorban a nagy sebességű, autópályás közlekedésnél a járművek együttműködésével kisebb együttes légellenállás érhető el (platooning). A járművezető feladatainak elhagyásával felszabaduló munkaerő-kapacitás nemzetgazdasági szinten is jelentős lehet. Az önálló parkolás (vezető és utasok nélkül) további értékes humán erőforrás-időt takaríthat meg. A hálózatba kapcsolt jármű célirányosan, a távolból kitűzött és lefoglalt parkolóhelyet a legnagyobb energiahatékonysággal közelítheti meg (megszűnnek a hosszú, felesleges parkolóhely-keresések).



3. ábra. Hatások és kereszthatások a különböző tervezési szinteken (saját szerkesztés)

A negatív hatások között szerepel, hogy a biztonságos irányítással magasabb sebességigények jelentkezhetnek a felhasználók oldaláról (például az autópálya-szakaszokon), a nagyobb sebesség nagyobb hajtáslánc teljesítményt igényel, ami megemelkedett energiafogyasztást és környezetterhelést jelent. Az autonóm járművekkel megjelenő funkcióbővülés, az utazási kényelem és az egyéni utazási költség csökkenése új felhasználói csoportokat csábíthat a közösségi közlekedésből az egyéni közlekedésbe, így a kereslet növekedésével a piac újabb autonóm járművek gyártásával és üzemeltetésével fog válaszolni (a megnövekedett járműszám pedig tovább növelheti az úthálózat terhelését).



4. ábra. A közlekedés energiafelhasználásának változása az automatizált járműveknek köszönhetően (saját szerkesztés)

ÖSSZEĞZÉS

A közlekedési rendszer és a benne megjelenő autonóm járművek jelentősen befolyásolják a mobilitási szokásokat, ami az emberek életére és a társadalomra is jelentős kihatással van. A bonyolult hatásrendszer miatt a műszaki, gazdasági és társadalmi szempontokat komplexen kell vizsgálni. Az autonóm és hálózatba kapcsolt járművek komoly előrelépést jelenthetnek a környezetterhelést és a fenntartható mobilitást illetően, de figyelembe kell venni és kezelni kell a lehetséges negatív hatásokat is (mint például az utóbb említett, megnövekedett egyéni mobilitási igényeket). Az a tény, hogy a legtöbb fejlett országban már közúton tesztelik az automatizált járműveket, csak a technológiai feladatok megoldását jelzi előre. A járművek fejlesztése mellett nagy kihívást jelent a közlekedési infrastruktúra (úthálózat) fejlesztése, valamint a jogi, szabályozási háttér megfelelő kidolgozása, a társadalmi elfogadottság javítása, amelyek nélkül nem várható az önvezető járművek széles körű elterjedése.

IRODALOM

- Fjellstrom, K. (ed.) (2003): *Sustainable Transport: A Sourcebook for Policy-Makers in Developing Cities*. Eschborn: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, https://www.vtppi.org/gtz_module.pdf
- Fodor L. – Barta A. – Fónai M. et al. (2016): Települési környezetvédelem Magyarországon: Egy kutatás előfeltevései. *Tér és Társadalom*, 30, 3, 19–39. DOI: 10.17649/TET.30.3.2763, <https://tet.rkk.hu/index.php/TeT/article/view/2763/4881>
- Hans, N. – Jordy, van M. – Anco, H. (2015): *Impact of Car Sharing on Mobility and CO₂ Emissions*. PBL Publication number: 1842. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/PBL_2015_Note_Impact_of_car_sharing_1842.pdf
- Koren, E. (2005): *Vasúti pályák környezeti állapotának elemzése*. Doktori (PhD) értekezés. Sopron: Nyugat-magyarországi Egyetem, <http://doktori.nyme.hu/79/2/Magyar.pdf>
- Lier, T. – Witte, A. – Macharis, C. (2012): The Impact of Telework on Transport Externalities: The Case of Brussels Capital Region. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 54, 240–250. DOI: 10.1016/j.sbspro.2012.09.743, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187704281204205X>
- Moeckel, R. (2017): Working from Home: Modeling the Impact of Telework on Transportation and Land Use. *Transportation Research Procedia*, 26, 207–214. DOI: 10.1016/j.trpro.2017.07.021, https://www.researchgate.net/publication/319118459_Working_from_Home_Modeling_the_Impact_of_Telework_on_Transportation_and_Land_Use
- Nijland, H. – van Meerkerk, J. – Hoen, A. (2015): *Impact of Car Sharing on Mobility and CO₂ Emissions*. PBL Publication number: 1842. PBL, https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/PBL_2015_Note_Impact_of_car_sharing_1842.pdf
- Saifullah, A. – Supriya, V. (2016): Effects of Transportation on Environment. *International Journal of Advanced Research*, DOI:10.21474/ijar01/2073, https://www.journalijar.com/uploads/268_IJAR-13231.pdf
- Tóth Á. – Szigeti C. (2019): Example of a German Free-Float Car-Sharing Company Expansion in East-Central Europe. *Resources*, 8, 172. DOI: 10.3390/resources8040172, <https://www.mdpi.com/2079-9276/8/4/172/htm>
- Wadud, Z. – MacKenzie, D. – Leiby, P. (2016): Help or Hindrance? The Travel, Energy and Carbon Impact of Highly Automated Vehicles. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 86, 1–18. DOI: 10.1016/j.tra.2015.12.001, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0965856415002694>

URL1: <https://www.nature.com/articles/s41598-020-66170-y> (Letöltés: 2020. október 26.)