Magyar Tudomány 187/10 (2026), 1438–1445
DOI: 10.1556/2065.187.2026.10.7

TANULMÁNYOK

Tudományos etűdök az elektromos rollerek használatáról 1.
A bérrollerek jármű-geometriai szabályozásának szükségessége

Scientific Études on Electric Scooter Use 1.
The Need to Regulate the Vehicle Geometry of Rental Electric Scooters

Härtlein Károly
mesteroktató, a Demonstrációs Laboratórium vezetője,
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Természettudományi Kar Fizikai Intézet, Budapest
hartlein@eik.bme.hu

Absztrakt

A tanulmány a megosztáson alapuló *(sharing)* mikromobilitási rendszerekben üzemeltetett bérrollerek szerkezeti és jármű-geometriai anatómiáját elemzi a közlekedésbiztonság és a jogi szabályozás tükrében. Rámutat arra a tervezési paradoxonra, hogy a szolgáltatók a tisztán közterületi használat ellenére megőrizték a magántulajdonú eszközök instabil, hordozhatósági kompromisszumokra (kis kerékátmérő, meredek kormányszög) épülő morfológiáját. A szerző járműdinamikai, ergonómiai és traumatológiai szempontból vizsgálja a kormányszélesség és a kormányszitálás mechanikai hatásait, különös tekintettel a 90 fokban beforduló kormányvég által okozott súlyos kimenetelű belső hasi traumák (máj- és léprepedés) mechanizmusára. A tanulmány közvetlen hatósági beavatkozást, szigorú konstrukciós minimumok (legalább 24 hüvelykes első kerék, kormányelmozdulás-gátló ütközők) előírását, valamint a többszemélyes használat automatizált, szenzoros reteszelését javasolja a típusjóváhagyási folyamatokban.

Abstract

The study analyses the structural and vehicle-geometric anatomy of rental electric scooters operated within sharing-based micromobility systems from the perspectives of road safety and legal regulation. It highlights a critical design paradox: despite being intended exclusively for use in public spaces, these vehicles have retained the unstable morphology of privately owned devices, shaped by portability compromises such as small wheel diameters and steep steering angles. From the perspectives of vehicle dynamics, ergonomics, and traumatology, the author examines the mechanical effects of handlebar width and steering wobble, with particular attention to the mechanism of severe internal abdominal injuries—such as liver and spleen lacerations—caused by a handlebar end turning inward at an angle of 90 degrees. The study calls for direct regulatory intervention, including mandatory minimum design standards (a front wheel of at least 24 inches in diameter and steering-stop devices to limit handlebar rotation), as well as automated, sensor-based locking mechanisms to prevent multiple-person use as part of the type-approval process.

Kulcsszavak: bérroller, jármű-geometria, közlekedésbiztonság, típusjóváhagyás, sérülésmechanizmus, automatizált jogérvényesítés

Keywords: shared e-scooter, vehicle geometry, road safety, type-approval, injury mechanism, automated enforcement

© 2026 Akadémiai Kiadó

Unauthenticated | Downloaded 11/20/26 10:14 AM UTC



1. ábra. Rollerbaleset
Forrás: ORFK Kommunikációs Szolgálat

A funkcionális eltolódás és a szerkezeti örökség konfliktusa

A mikromobilitási eszközök, különösen az elektromos rollerek morfológiáját és vázgeometriáját eredendően a magántulajdonú használat funkcionális igényei formálták. A magánroller esetében a tervezési optimumot a portabilitás (hordozhatóság) és az intermodalitás (más közlekedési eszközökkel való könnyű kombinálhatóság) határozta meg. Annak érdekében, hogy az eszköz összehajtható, kézben szállítható és zárt térben (lakásban, irodában) tárolható legyen, a mérnöki fejlesztés radikális kompromisszumokat kötött: minimalizálta a tengelytávot, csökkentette a kerekek átmérőjét, meredek kormányszöget alkalmazott, és beiktatott egy szerkezeti csuklópontot a kormányoszlop tövébe. Ezen elemek együttesen a jármű belső menetstabilitásának drasztikus romlását eredményezték a könnyű fizikai kezelhetőség érdekében.

A megosztáson alapuló *(sharing)* rendszerekben üzemeltetett bérrollerek esetében azonban a felhasználói magatartás szociológiai vizsgálata gyökeresen eltérő funkcionális mintázatot mutat. A bérroller egy tisztán közterületi infrastruktúra része, amelyet a fogyasztó *ad hoc* jelleggel, kizárólag a közúti haladás fázisában vesz igénybe. A bérleti folyamat során a felhasználó az eszközt soha nem hajtja össze, nem emeli fel lépcsőn vagy tömegközlekedési eszközre, és nem viszi be belső terekbe. Az eszköz

Unauthenticated | Downloaded 11/20/26 10:14 AM UTC

funkcionális életciklusa a közterületi pontok közötti gurulásra és a nyitott térben való várakozásra korlátozódik.

Ebből a funkcionális eltolódásból adódik a *mikromobilitás legnagyobb tervezési paradoxona:* a bérrollernek szerkezetileg semmi oka nincs arra, hogy magán viselje a magánrollerek portabilitási kompromisszumait. Mivel az összehajthatóság és a kézi emelés igénye nem áll fenn, a járművet a fizika és a közlekedésbiztonság tiszta optimumai szerint lehetne – és kellene – tervezni. Az iparági valóság ezzel szemben az, hogy a szolgáltatók megtartották az eleve instabil, meredek geometriájú alapformát, és azt csupán nehezebb anyagok alkalmazásával, az összecsukó mechanizmus elhagyásával tették vandálbiztossá. Ez a hibrid megoldás nem szüntette meg a konstrukció eredendő biofizikai veszélyeit (a magasan lévő súlypontot és a kis átmérőjű kerekeket), miközben a jármű saját tömegének növelésével (gyakran 25-30 kg-ra) a balesetek súlyosságára kiható mozgási energiát is növelte.

A jármű-geometria jogi szabályozásának szükségessége és menetdinamikai feltételei

A megosztáson alapuló mikromobilitási eszközök okozta balesetek magas száma és súlyossága nem az egyéni felelőtlenség elszigetelt tünete, hanem a hatósági típusjóváhagyási és járműkategória-szabályozási hiányosságok közvetlen következménye. Míg a gépjárműgyártásban a jogalkotó szigorú konstrukciós minimumokat ír elő, addig a bérrollerek piacán a szabályozás jelenleg kimerül a maximális motorteljesítmény és sebesség korlátozásában. A közúti biztonság radikális növelése érdekében a jognak közvetlen beavatkozási lehetőséget kell biztosítania a jármű-geometriai alapok meghatározásában, kényszerítve a szolgáltatókat a hordozhatósági kompromisszumok elhagyására (Czövek–Mészáros 2023, 11).

Egy közlekedésbiztonsági szempontból optimális, tisztán közterületi használatra szánt mikromobilitási eszköz jogi szabályozási keretrendszerének az alábbi járműdinamikai feltételeken kellene nyugodnia:

- *A kerékátmérő kötelező minimumának emelése:* A rolleres esések leggyakoribb mechanikai oka az akadályra futás, amikor a kis átmérőjű (8–10 hüvelykes) kerék képtelen gördülési vektorrá alakítani az úthibák vertikális erőhatásait. A jogi szabályozásnak a kölcsönözhető eszközök esetében legalább 24 hüvelykes (kb. 60 cm) első kerékátmérőt kellene kötelezően előírnia. Ez a méret biztosítja az úthibákon való zökkenőmentes átgördülést, és a megnövekedett tehetetlenségi nyomaték révén olyan giroszkopikus stabilitást ad, amely egyenes vonalú haladásra kényszeríti a járművet.
- *A tengelytáv szabványosítása:* A rövid tengelytávolság katasztrofális hosszirányú instabilitást okoz. A jogi normáknak meg kellene határozniuk a minimális tengelytávolságot, amely elosztja a hosszirányú terhelést, drasztikusan csökkenti

Unauthenticated | Downloaded 11/20/26 10:14 AM UTC

a bólintó mozgást *(pitching)* fékezéskor, és lehetővé teszi, hogy a vezető mindkét lábával stabilabb, szélesebb terpeszállást vegyen fel.
- *A fejcsőszög és az utánfutás* (trail) *szabályozása:* A bérrollerek meredek fejcsőszöge túlérzékennyé teszi a kormányzást. A villanyak dőlésszögének csökkentésével (laposabb szög alkalmazásával) a jog megnövelhetné az utánfutást, ami geometriai önstabilizációt biztosít: a kerék magától törekszik a középállásba való visszatérésre, teljesen kiküszöbölve az azonnali bukást okozó kormányszitálást.

Ergonómiai és traumatológiai követelmények a kormányszerkezet jogi szabályozásában

A bérrollerek konstrukciós anomáliái nem merülnek ki a váz és a kerekek makrogeometriájában; a vezetővel közvetlenül érintkező kormányszerkezet kialakítása mind irányítástechnikai, mind traumatológiai szempontból súlyos tervezési hiányosságokat mutat (ÉKM 2024). A jogalkotásnak a közúti biztonság érdekében ki kell terjednie a kormányszélesség minimális méretére, valamint a kormányzási szög mechanikai korlátozására.

A kormányszélesség anatómiai minimuma és az erőkar relációja

A bérrollerek kormányszélességét a kompakt tárolás igénye történelmileg minimalizálta. Irányítástechnikai szempontból azonban a keskeny kormány drasztikusan csökkenti a vezető fizikai erőkarját. Amikor a roller kis méretű kereke úthibának ütközik, alulról egy hirtelen, oldalirányú forgatónyomaték éri a villát. Amennyiben a kormányszélesség elmarad a vezető anatómiai adottságaitól – a javasolt szabályozási optimum szerint a maximális felnőtt vállszélesség méretétől –, a vezető biomechanikailag kedvezőtlen pozícióba kényszerül. A szűk fogásszélesség miatt az izomzat nem képes elegendő ellennyomatékot kifejteni a kormány megtartására. A jogi szabályozásnak ezért elő kellene írnia a kormányszélesség olyan minimumát, amely biztosítja a stabil mechanikai áttételt.

A kormány elfordulásgátlása és a zárt hasi sérülések traumatológiai prevenciója

A baleseti sebészeti statisztikák rámutatnak, hogy a rolleres esések során fellépő belső szervi sérülések jelentős része egy specifikus mechanikai jelenségre vezethető vissza. Amikor a jármű instabillá válik, a kormányszerkezet a tehetetlenség következtében gyakran 90 fokban, a menetirányra merőlegesen elfordul. Mivel a roller vázszerkezete alacsony, a tehetetlenségi erő által előrecsapódó vezető teste közvetlenül a merőlegesen álló merev kormányvégnek ütközik. Ez a pontszerű erőbehatás súlyos, életveszélyes

Unauthenticated | Downloaded 11/20/26 10:14 AM UTC

belső szervi sérüléseket – májrepedést *(ruptura hepatis),* lépléziót vagy a bélfalak perforációját – okozhat, belső vérzést indukálva.

A jog eszközével való beavatkozás ezen a ponton egy mechanikai korlátozással képes lenne a kockázatot minimalizálni: a típusjóváhagyási eljárásban elő kellene írni a kormány elfordíthatóságának fizikai korlátozását (kormányütközők beépítésével). Ha a kormány maximális kitéríthetősége mindkét irányban legfeljebb 45–60 fokra korlátozódna, az eszköz esés közben fizikailag képtelen lenne merőlegesen befordulni a vezető teste elé. Így a becsapódási energia lényegesen nagyobb és laposabb felületen oszlana el, radikálisan csökkentve a penetráló jellegű belső hasi sérülések előfordulásának valószínűségét.

Automatizált jogérvényesítés a járműtervezésben: a többszemélyes használat szenzoros reteszelése

A megosztáson alapuló mikromobilitás egyik leggyakoribb és legsúlyosabb baleseti kockázatot hordozó szabályszegése az utasszállítás, vagyis a páros rollerezés (Foglar et al. 2025). Bár a hatályos KRESZ-szabályozás explicit módon megtiltja az egynél több személy egyidejű tartózkodását a járművön, a hagyományos rendőri ellenőrzés és szankcionálás a közterületeken a flotta méretéhez képest elenyésző hatékonyságú. A 2026-os év technológiai realitásai azonban lehetőséget biztosítanak arra, hogy a jogalkotó a szolgáltatókra hárítsa a fizikai prevenció kötelezettségét, megkövetelve a járműszintű, automatizált szoftveres és hardveres reteszelést.

A puszta felső súlyhatár mérése (például a motor leállítása 100 kg felett) módszertanilag hibás, mivel diszkriminálná a nagyobb testsúlyú, de szabályosan, egyedül közlekedő felhasználókat, miközben nem szűrné ki két vékonyabb testalkatú fiatalkorú (például két 45 kg-os gyermek) együttes utazását. A megoldást az intelligens platformokba *(Smart Deck)* integrált térbeli és dinamikai szenzortechnológia jelenti, amely az alábbi két pilléren nyugszik:

Térbeli tömegeloszlási mátrix (Spatial Weight Distribution): A roller állófelülete alá integrált piezoelektromos szenzormátrix (nyomásérzékelő háló) képes valós időben térképezni a platformot érő terhelési pontokat. Egy egyedül utazó személy esetén a rendszer – a testtömegétől függetlenül – két egymáshoz biomechanikailag kapcsolódó nyomáscentrumot (két talplenyomatot) észlel. Páros használat esetén a mátrix azonnal négy egymástól geometriailag elkülönülő és az anatómiai valósággal összeegyeztethetetlen nyomáspontot regisztrál, és ennek alapján a fedélzeti számítógép szoftveresen letiltja a gázkart, el sem indítja a járművet.

A dinamikus súlypontingadozás frekvenciaanalízise: Menet közben egyetlen emberi test egy zárt dinamikai egységként viselkedik, amelynek egyensúlyi mikrokorrekciói leírható matematikai mintázatot követnek. Két különálló emberi idegrendszer és vázizomzat képtelen tökéletes szinkronban mozogni a roller instabil felületén. Ha a beépített giroszkópok és gyorsulásmérők (IMU- [Inertial Measurement Unit]

Unauthenticated | Downloaded 11/20/26 10:14 AM UTC

szenzorok) által mért súlypontingadozás frekvenciája két különálló test interferenciáját mutatja, a rendszer észleli a szabályszegést, és a járművet fokozatosan, biztonságosan lefékezi.

Ez a technológia a mikromobilitási szektorban már rendelkezésre áll, ám a szolgáltatók az extra gyártási költségek és a bérletidíj-kiesés miatt önkéntesen nem alkalmazzák. A jogalkotónak a típusjóváhagyási eljárás keretében kötelező minimumként kellene előírnia ezt az intelligens reteszelési rendszert, amellyel a páros rollerezésből eredő, sokszor katasztrofális kimenetelű ütközések és gázolások technológiai úton, gyökerestől lennének felszámolhatók.

Közlekedésoptikai és szándékjelzési követelmények a mikromobilitási rendszerekben

A közúti forgalom kiszámíthatóságának és a baleset-megelőzésnek az alapja a járművek láthatósága, valamint a vezetők szándékának (irányváltoztatás, lassítás) időbeni és egyértelmű kommunikációja a közlekedés többi résztvevője felé. A jelenlegi bérrollerek optikai rendszerei elmaradnak a minimális közúti elvárásoktól, ami szürkületben és éjszakai látási viszonyok között drasztikusan növeli a gázolásos és ráfutásos balesetek kockázatát. A jogszabálynak kötelező jelleggel elő kellene írnia a beépített irányjelzők, az aktív féklámpák és a szabványosított kivilágítási rendszerek alkalmazását.

A beépített irányjelző (index) alkalmazásának biomechanikai és menetdinamikai kényszere

A hagyományos közúti szabályozás a kétkerekű, nem motorizált járművek esetében az irányváltoztatási szándék jelzését karjelzéssel írja elő. Ez a módszer azonban az elektromos rollereken biomechanikai és menetdinamikai okokból kivitelezhetetlen és életveszélyes. Mint fentebb szerepelt, a roller nyitott kinetikus láncú, magasan elhelyezkedő súlypontú rendszer, elenyésző giroszkopikus önstabilizációval. Ha a vezető az irányjelzés érdekében akár csak az egyik kezével is elengedi a kormányt, a jármű egyensúlya azonnal felborul. Az egy kézre nehezedő testsúly és az aszimmetrikus kormányterhelés reflexszerű korrekciós mozdulatokat kényszerít ki, ami az esetek többségében azonnali kormányszitáláshoz és bukáshoz vezet, még mielőtt a manőver megkezdődne. A jogalkotásnak ezért a bérrollerek típusjóváhagyásakor kötelezően elő kellene írnia a kormányvégeken vagy a vázszerkezeten elhelyezkedő, a kormány elengedése nélkül működtethető elektronikus irányjelző rendszerek (indexek) beépítését.

Unauthenticated | Downloaded 11/20/26 10:14 AM UTC

Az aktív féklámpa szerepe a ráfutásos balesetek megelőzésében

Az elektromos rollerek villanymotorjai a gázkar elengedésekor vagy a fékkar meghúzásakor intenzív motorfékhatást képesek kifejteni, ami a jármű hirtelen lassulását eredményezi. A mögöttes forgalom számára ez a lassulási szándék jelenleg láthatatlan, mivel a legtöbb kölcsönözhető eszköz hátul csupán folyamatosan égő vagy passzív fényvisszaverő prizmával van felszerelve. A jogi szabályozásnak kötelezővé kellene tennie az aktív, a fékrendszer működtetésével szinkronizált, megnövelt fényerejű vagy villogó vörös féklámpa alkalmazását. Ez az optikai jelzés biztosítja, hogy a mögöttes közlekedők reakcióideje ne növekedjen meg kritikus mértékben, és elkerülhetők legyenek a ráfutásos gázolások.

Az éjszakai kivilágítás szabványosítása és elhelyezési anomáliái

A bérrollerek gyári fényszórói nemcsak fényerejükben elégtelenek a 20-25 km/h sebesség melletti biztonságos féktávolság bevilágításához, hanem elhelyezésük szempontjából is konstrukciós hibásak. A túl alacsonyan elhelyezett lámpák nem biztosítanak megfelelő vertikális fényszórást, a túl magasan elhelyezett fényszórók pedig elvakíthatják a szemből érkezőket. A jognak meg kellene határoznia a fényszórók minimális és maximális elhelyezési magasságát, a fénysugár vetítési szögét (hogy az az úttestet világítsa meg, ne a szembejövők arcát), valamint egy minimális fényáramértéket, amely garantálja, hogy a vezető éjszaka is időben észlelje a katasztrofális esést kiváltó úthibákat és kátyúkat.

Piaci ellenállás és jogi kikényszeríthetőség

Az e tanulmányban felvázolt geometriai, ergonómiai és optikai módosítások technológiailag triviálisak és azonnal megvalósíthatók lennének, az iparági szereplők és a mikromobilitási lobbi részéről mégis komoly ellenállás tapasztalható. Ennek oka az üzleti modellek profitmaximalizálási törekvéseiben gyökerezik. A 24 hüvelykes kerekek, a megnövelt tengelytáv és a szélesebb kormány jelentősen növelnék a járművek gyártási költségét, valamint rontanák a logisztikai hatékonyságot: a nagyobb méretű eszközökből kevesebbet lehet elhelyezni a kijelölt közterületi mikromobilitási pontokon (például a budapesti Mobi-pontokon), és a begyűjtésük, szállításuk is nagyobb járműparkot igényelne.

A piac önregulációja ezen a területen bizonyítottan kudarcot vallott, mivel az üzemeltetők a gazdasági szempontokat a közúti biztonság elé helyezik. A megoldást kizárólag a jog kényszerítő ereje jelentheti. A hatósági típusjóváhagyási eljárásokat és a közterület-használati engedélyeket olyan szigorú műszaki kritériumokhoz kell kötni, amelyek gazdaságilag ellehetetlenítik a balesetveszélyes, portabilitási kompromisszumokat hordozó hibrid eszközök üzemeltetését, és rákényszerítik a szolgáltatókat a tiszta közúti optimumok alkalmazására.

Unauthenticated | Downloaded 11/20/26 10:14 AM UTC

Konklúzió

A megosztáson alapuló mikromobilitás jelenlegi formájában egy mély tervezéselméleti és funkcionális paradoxonra épül. Miközben a bérrollerek felhasználói az eszközöket soha nem hajtják össze, nem emelik fel, és nem viszik be belső terekbe, a járművek vázgeometriája és kormányszerkezete mindmáig magán viseli a magántulajdonú, hordozható eszközök instabil és balesetveszélyes kompromisszumait. A kis kerékméret, a rövid tengelytáv, a keskeny kormány és az irányjelzők hiánya olyan szerkezeti kockázatokat jelentenek, amelyeket semmilyen utólagos sebességkorlátozás vagy elméleti szabályozás nem képes hatékonyan ellensúlyozni.

A közúti forgalom biztonságának és a sérülések számának radikális csökkentése érdekében a jognak közvetlenül a járműtervezés szintjén kell beavatkoznia. A kölcsönözhető elektromos rollerek esetében a hatósági előírásoknak kötelezően rögzíteniük kellene a legalább 60 cm-es kerékátmérőt, a felnőtt vállszélességhez igazított kormányszélességet, a kormány elfordulásgátlását a hasi traumák megelőzésére, valamint a beépített optikai szándékjelző rendszereket. Csak egy ilyen, a fizikai és biomechanikai realitásokon alapuló, kényszerítő erejű jogi szabályozás biztosíthatja, hogy a mikromobilitási eszközök a városi közlekedésnek ne a kockázati tényezőivé, hanem integrált részeivé váljanak.

Unauthenticated | Downloaded 11/20/26 10:14 AM UTC