

Elektromos közúti gépjárművek beszerzését támogató költségszámítási módszer és alkalmazás kidolgozása

A hagyományos üzemanyaggal működő járműflotta fokozatos lecserélése alternatív energiaforrásokkal működő járművekre jelentős lépés a közlekedési rendszerek fenntartható fejlesztése és a hatékony energiagazdálkodás irányába. A jelenlegi technológiai fejlettség mellett az elektromos közúti gépjárművek széles körű elterjedését többféle intézkedéssel lehet elősegíteni.

DOI: <https://doi.org/10.24228/KTSZ.2022.4.1>

Dr. Csonka Bálint – Dr. habil. Csiszár Csaba – Dr. Földes Dávid

tudományos munkatárs egyetemi docens tudományos munkatárs
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar,
Közlekedéstechnológiai és Közlekedésgazdasági Tanszék
e-mail: csonka.balint@kjk.bme.hu, csiszar.csaba@kjk.bme.hu, foldes.david@kjk.bme.hu

1. A KUTATÁS ELŐZMÉNYEI, AKTUALITÁSA, CÉLKITŰZÉSEI ÉS MÓDSZERE

A hagyományos járművektől jelentősen eltérő üzemeltetési jellemzőkkel rendelkező elektromos közúti gépjárművek újszerű döntési helyzeteket idéznek elő a felhasználók és az elektromobilitási rendszer többi szereplője számára. Kutatócsoportunk hosszú évek óta foglalkozik az elektromos meghajtású járművek köré „épített” közlekedési rendszer tervezési és üzemeltetési kérdéseivel, amelyekre a gyakorlatban is jól hasznosítható tudományos igényességű válaszokat igyekszünk adni.

Az elektromos járművek piaci ára jelenleg még viszonylag magas; valamennyi költségelemet, azok egymásra hatását, értékét és jövőbeli változását nem látják át és nem ismerik teljes mértékben a vásárlók, ami gyakran pénzügyi-

leg nem átgondolt döntéseket eredményez. További nehézséget jelent, hogy a technológiai fejlődés hatásai nehezen becsülhetők előre. Ezért a beszerzési ár mellett a teljes élettartam alatt felmerülő költségek (TCO=Total Cost of Ownership) vizsgálандók. Kutatásunk célja az elektromobilitás elterjedését az utazók döntéseinek megkönnyítésével elősegítő költségszámítási módszer és felhasználóbarát információs alkalmazás fejlesztése. A téma jelentőségét mutatja, hogy a vásárlói döntések alapjaiban befolyásolják egy-egy olyan innovációs megoldás, mint az elektromobilitás sikerességét.

Olyan modell kidolgozását tűztük ki célul, amely támogatja a hagyományos benzin és dízel, valamint hibrid és tisztán elektromos járművek összehasonlítását és ennek érdekében a következő gyakorlati kérdések megválaszolását:

- milyen kapcsolat van a futásteljesítmény és a TCO között?
- mekkora éves futásteljesítmény esetén térül meg a járművek magasabb beszerzési ára?
- hogyan befolyásolja az éves futásteljesítmény a fajlagos üzemeltetési költségeket (pl. km-re vetítve)?
- hogyan befolyásolják a járműhasználati jellemzők a TCO-t és károsanyag-kibocsátást?
- melyik járműtípust érdemes választani adott használati (üzemeltetési) jellemzők mellett?
- milyen ösztönzőkkel lehet az elektromos járművásárlást fokozni?
- milyen hatásai vannak a pénzügyi ösztönző rendszer egyes elemeinek a TCO-ra?
- milyen hatásai vannak a technológiai változásoknak?

A kutatás során összegyűjtöttük és rendszerezettük az elektromobilitással kapcsolatos műszaki és pénzügyi alapfogalmakat. Áttekintettük az elektromobilitás jelenlegi helyzetét, várható tendenciáit, valamint rendszerbe foglaltuk az elterjedést ösztönző tényezőket. Ezt követően a beszerzési, az üzemeltetési, a karbantartási és egyéb költségtényezőket figyelembe vevő költségmodellt és számítási módszert dolgoztunk ki. A módszer segítségével a különböző jellemzőkkel rendelkező autók költségeit gyakorlati példákon keresztül szemléltettük. A számítási módszer alkalmazásával meghatározható, hogy milyen üzemeltetési körülmények között éri meg elektromos autókat vásárolni, illetve az elterjedést ösztönző pénzügyi támogatások hatásai is számszerűsíthetők.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Az elektromos járművek piacát egyrészt a költségek, másrészt az ösztönző intézkedések együttesen alakítják. Az áttekintett irodalmi forrásokat is ebben a tagolásban foglaljuk össze.

2.1. TCO kutatási eredmények

A TCO-val foglalkozó irodalmakban elsősorban a költségek és a CO₂ kibocsátások számí-

tását tűzték ki célul. Emellett több kutatás során vizsgálták a felhasználói preferenciákat, illetve becsléseket adtak a jövőbeli járműpiaci összetételre vonatkozóan. A kutatások térbeli érvényességi területe és az előrebecslési időhorizontok is eltérőek. A legrészletesebb kutatások az Amerikai Egyesült Államokra, az Európai Unióra, Németországra, az Egyesült Királyságra, Franciaországra, Hollandiára és Norvégiára vonatkozóan állnak rendelkezésre. Általában 2030-2050-ig terjedő előretekintéseket alkalmaznak. A legtöbb tanulmány a személyautókra fókuszál, mindössze néhány esetben fordulnak elő a kisáruszállítók. A járműtípusok száma (mérete) általában 1 és 6 között változik (pl. small, compact, medium, executive, SUV, minivan); míg a felhasználói típusok száma jellemzően 3, a városi és a távolsági utazások aránya szerint. A vizsgálatok általában a következő meghajtási módokra terjednek ki: belső égésű motoros járművek (ICEV=Internal Combustion Engine Vehicle), hibrid elektromos járművek (HEV=Hybrid Electric Vehicle), külső áramforrásról is tölthető elektromos járművek (PHEV=Plug-in Hybrid Electric Vehicle), tisztán elektromos akkumulátoros járművek (BEV=Battery Electric Vehicle), üzemanyagcellás elektromos járművek (FCEV=Fuel Cell Electric Vehicle). Az emisszió számításnál a tágabb megközelítésű, az energiaforrás kitermelésétől a mozgási energiává alakításig terjedő (WTW=Well-To-Wheel) számítási mód a gyakoribb, de előfordulnak szűkebb megközelítésű, a járműben tárolt energiától a mozgási energiává alakításig terjedő (TTW=Tank-To-Wheel) számítások is. Ezek egy jelentős része a légszennyezésre, azon belül is a CO₂ kibocsátásra fókuszál. A fenntarthatóság szempontjából azonban fontos figyelembe venni a jármű életciklusa alatt – beleértve az előállítás és újrahasznosítást – okozott teljes környezetterhelést.

A TCO értékét nagyon sok tényező befolyásolja közvetlenül vagy közvetve és eltérő mértékben [8]. Mindemelllett, a költségelemek jövőbeli értékének meghatározása is számos bizonytalanságot rejt. Ezért gyakran jövőképeket készítenek és az abban rögzített paraméterekből vezetik le a teljes költséget. A jövőképeket

jellemzően az elektromos járműpiac trendjei alapján határozzák meg. Például, a németországi 2030-as jövőkép meghatározásakor feltételezték, hogy a járművásárlási „promóciók” jelentősen hozzájárulnak az elektromos járművek piaci részesedésének növeléséhez [3]. A belső égésű motorral hajtott járműveknek az elektromosra cserélése által elért kedvező környezeti és egészségügyi hatások becsülésével foglalkozó, a teljes Európai Unióra kiterjedő kutatásban a hatásokat externális költségként számolták az európai ExternE módszertan alapján. Figyelembe vették a felhasznált energia előállításának országonként eltérő és időben változó technológiai jellemzőit és az eltérő nyersanyagokat [2].

A járműgyártók profitrészt általában alábecsülik a TCO-val foglalkozó irodalmakban, miközben a gyártók a befektetéseik megtérülésére és a jövőbeni fejlesztéseik finanszírozásának biztosítására törekednek. Hipotézisünk szerint ennek következtében az elektromos járművek TCO-ja várhatóan nem lesz lényegesen alacsonyabb a hagyományos belső égésű motorral hajtott járművéhez (ICEV) képest. Mindez azt is jelenti, hogy az intézkedések egy részének az ICEV járművek teljes költségének növelését (pl. új adók bevezetésével) kell célul tűzniük [11]. További lehetőség, hogy ezen hagyományos járművek esetében eltérő térbeli, időbeli stb. érvényességű tiltásokat, korlátozásokat vezetnek be „népszerűségük” csökkenése céljából.

Az alkalmazott modellek egy része ún. technológiai-gazdasági (techno-economic) kombinált megközelítésre épül. Ezen modellek esetén a valós vezetési körülmények között végzett mérési eredmények alapján validálják a technológiai összefüggéseket, amelyekre épül a költségszámítás. Így megbízhatóbb értékek számíthatók, mint a járműgyártók által szolgáltatott elméleti értékekre épülő TCO modellek esetében, ugyanis az elméleti értékek többnyire a belső égésű motorral hajtott járművek irányában térnek el a valóságtól. Mindemellett azt is megállapították, hogy általában a gazdasági jellegű változóknak erősebb a TCO-ra gyakorolt hatása, mint a műszaki változóknak [4].

A hidrogén üzemanyagcellás járművekre vonatkozó TCO számítások számos sajátossággal rendelkeznek, amelyek részben az eltérő technológiából és annak kevésbé kiforrott jellegéből adódnak. További nehézség, hogy kevés a rendelkezésre álló használati, üzemeltetési adat, tapasztalat. Ezek a TCO modellek összetett előrejelzési eljárásokat is tartalmaznak a költségelemek értékének meghatározása érdekében. A sajátosságok között szerepel az utazási költség a legközelebbi töltőállomásig, hiszen e technológiánál lényegesen ritkább a töltőhálózat. Továbbá, ezen új technológiánál nehezebben számíthatók a karbantartási és javítási költségek (pl. meghibásodási rátákat vesznek figyelembe), illetve nehezebben becsülhetők előre az energiahordozók fajlagos árai [13].

A költségszámítások csak kevés esetben terjednek ki a járművek teljes életciklusára. Ezért néhány kutatásban olyan életciklus költségmodelleket dolgoztak ki, amelyek magukban foglalják a nem járműhasználatnál jelentkező költségeket, valamint a lokális és globális hatású emisszió értékeket (externáliák). Ezek a modellek többféle járműtechnológia és üzemanyag esetében is alkalmazhatók elemzések és összehasonlítások készítéséhez. A számítási eredmények jelentősen javítják a döntések és az intézkedések hatékonyságát [9].

2.2. Ösztönző intézkedések

Az ösztönző intézkedésekkel foglalkozó irodalmak arra keresik a választ, hogy milyen jellegű intézkedésekkel, milyen hatásokat lehet elérni a hagyományos járművekről az elektromos járművekre és a kapcsolódó energiamenedzsment megoldásokra (pl. vehicle to the grid technology – jármű mint energiaforrás) való átállás elősegítése és gyorsítása érdekében. Az ösztönző intézkedések alapvetően a pénzügyi és a nem pénzügyi intézkedések csoportjába sorolhatók. Az ösztönző intézkedések egy jelentős része a TCO-ra gyakorolt hatásán keresztül segíti az elektromos járművek piaci térnyerését. Számos kutatás megállapította, hogy míg a hibrid járművek egy jelentős részénél a magasabb beszerzési ár nem hátráltatja jelentő-

sen a piaci növekedést, addig a plug-in hibrid és a tisztán elektromos járművek esetében jelentős támogatás szükséges a versenyképesség fokozásához [1].

Az ösztönző intézkedések azonosítása és a hatások becslése érdekében gyakran alkalmaznak kérdőíves kikérdezéseket vagy mélyinterjúkat. Ez utóbbiak esetében általában bevonják a közlekedési és energetikai szakértőket, valamint a döntéshozókat is. Az elemzések azt mutatják, hogy a vélemények gyakran országoként, régióként, városoként és az elektromos járműpiac érettsége szerint is jelentősen eltérnek az intézkedések előnyeit és hátrányait tekintve. A megállapítások között szerepel, hogy stabil és következetesen kezelt, országokénti célértékek és vételárkezdvmények szükségesek, amit a tudatosságot fokozó kampányokkal érdemes kombinálni [7]. Az országos intézkedéseket kiegészítő, regionális vagy helyi érvényességű ösztönzőket esettanulmányokon keresztül mutatják be és értékelik [6]. A városokkal kapcsolatos vizsgálatok kiterjednek az elektromos járművekkel összefüggő építési szabályozásokra, az energiahálózathoz való kapcsolódási lehetőségekre, a társadalmi méltányossággal összefüggő kérdésekre stb. is. Megállapították, hogy a városi ösztönzők tekintetében nagyon jelentős mértékű eltérések figyelhetők meg a szabályozó eszközök hiányától kezdve a nagyon részletes és kiterjedt szabályozásig bezárólag. A városi járműflottákra vonatkozó ösztönzőkre általában nagyobb hangsúlyt fektetnek, miközben a töltőállomások telepítésére vonatkozó előírásokra kevesebb figyelmet fordítanak [12]. A kikérdezésekre adott válaszok alapján nem csupán az elektromos járművek előnyeit és a kihívásokat azonosították, hanem feltárták azokat az ismereti hiányosságokat, tévhiteteket, amelyek a potenciális használók körében előfordulnak. Például a felhasználók gyakran nem ismerik a konkrét környezeti előnyöket, hiszen azok az országoként eltérő energia-mixek miatt nehezen átláthatók, követhetők.

3. AZ ELEKTROMOBILITÁS HELYZETELEMZÉSE, AZ ELTERJEDÉSÉT ÖSZTÖNZŐ TÉNYEZŐK

Az egyes országok (területi egységek) elektromobilitási helyzetének jellemzésére a következő indikátorok a legelterjedtebbek:

- az adott időszakban értékesített elektromos hálózatra csatlakoztatható járművek száma, aránya,
- az elektromos járműflotta mérete, összetétele, a járművek jellemzői,
- a töltőinfrastruktúra kiterjedtsége és jellemzői (térbeli lefedettség, darabszám, teljesítmény, díjszabás, egységesítés),
- az elektromobilitást támogató információs rendszer és szolgáltatások jellemzői,
- politikai célok, kormányzati támogatások, ösztönző intézkedések megléte.

Azonban az elektromobilitás elterjedését számos jellemző befolyásolhatja, például a vásárlóerő és a jellemző utazási távolságok, amelyeket érdemes figyelembe venni az egyes területi egységek összehasonlításakor.

Az elmúlt években az elektromos autók ára jelentősen csökkent, miközben az új modellek technológiailag fejlettebbé, felszereltebbé váltak, a gyártók pedig egyre hosszabb idejű és szélesebb körű garanciát vállalnak. Az elektromobilitás gyors terjedése csak akkor lehetséges, ha a fogyasztók elfogadják az új technológiát és racionális pénzügyi döntéseket hoznak. Az elfogadást befolyásoló legfontosabb tényezők:

- komfortérzet,
- biztonság és megbízhatóság,
- környezetvédelem,
- hatótávolság,
- költségek,
- töltési idők és lehetőségek.

Az első három tényező tekintetében a jelenlegi elektromos járművek már versenyképesek, sőt, sok esetben jobbak hagyományos társaiknál. A beszerzési költség azonban még kedvezőtlen, illetve a hatótávolság és a töltőinfrastruktúra kiépítettsége sem eléggé vonzó.

A hazai jogszabályi környezet¹ elektromos járművekre vonatkozó kedvezményei a következők:

- a kizárólag elektromos meghajtású gépjárművek után nem kell regisztrációs adót fizetni,
- forgalomba helyezési illeték, gépjármű átírási illeték nincs,
- gépjármű adót, cégautó adót és helyi adót sem kell fizetni,
- a visszerthes vagyonszerzési illeték alól a kizárólag elektromos hajtómotorral működő gépjárművek szintén mentesek.

Ezen kedvezmények a járművásárlás szempontjából csak csekély mértékben tekinthetők érdemi ösztönzőknek, mert ezek teljes összege 10 éves üzemeltetési idő esetén sem haladja meg a néhány száz ezer, cégautó esetén az egymillió forintot. Ezért a széles körű elterjedéséhez további támogatások, engedmények, adókedvezmények és használatot könnyítő feltételek adhatók. A további ösztönző intézkedéseket tekintve fő kategóriákat határoztunk

meg, amelyek között összetett kapcsolatrendszer azonosítható:

- e-járművek vásárlásának ösztönzése,
- e-járművek használatának ösztönzése (ingyenes parkolás, korlátozott behajtási övezetek megnyitása, elkülönített forgalmi sávok használata stb.),
- töltőinfrastruktúra telepítés (és a kapcsolódó villamosenergia-rendszer fejlesztésének) ösztönzése (otthon, közterületen),
- töltőinfrastruktúra üzemeltetés ösztönzése,
- egyéb ösztönzési módok (kommunikáció, oktatás, tudatformálás, kutatás-fejlesztés-innováció, elektromos car-sharing szolgáltatások támogatása stb.).

Az 1. és a 2. táblázatban az elektromos járművekre vonatkozó intézkedéseket foglaltuk össze. Az ösztönző lehetőségek mellett feltüntettük, hogy az adott intézkedés pénzügyi, avagy egyéb módon támogatja az elektromos járművek használatát, illetve jelöltük az adott kedvezmény, intézkedés által támogatott felhasználói csoportokat is.

A vásárlás főleg pénzügyi eszközökkel támogatható (ÁFA csökkentése, kedvezmények, támogatások), mérsékelve ezzel az elektromos

1 2003. évi CX. törvény a regisztrációs adóról.
 URL: http://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=A0300110.TV
 1990. évi XCIII. törvény az illetékekről.
 URL: http://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=99000093.TV
 1991. évi LXXXII. törvény a gépjárműadóról.
 URL: http://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=99100082.TV

1. táblázat: Az elektromos járművek vásárlását ösztönző intézkedések [6, 3,10]

Jel	Ösztönző intézkedés	Típus		Érintettek köre		
		Pénzügyi	Nem pénzügyi	Vállalatok	Lakosság	Közintézmények
1	ÁFA mérséklés	x		x	x	x
2	Adóalap csökkentési kedvezmény	x		x		x
3	SZJA kedvezmény	x			x	
4	Államilag támogatott és kedvező hitel/lizing megoldások e-jármű beszerzésre	x		x	x	x
5	Központi költségvetési szervek és állami tulajdonban lévő gazdasági társaságok gépjármű beszerzésekor az elektromos járművekre vonatkozó előírások		x			x
6	E-járművek közbeszerzési eljárásokba emelése és prioritások nyújtása		x			x
7	Speciális feladatokat (kommunális szemétszállítás, taxi szolgáltatás stb.) ellátó e-járművek beszerzésének támogatása	x		x		x
8	Régi belsőgésű járművek selejtezésének támogatása	x		x	x	x
9	Az e-járművek tulajdonosainak állami támogatás nyújtása lokális villamosenergia-rendszerek fejlesztéséhez (pl. napelemek alkalmazása)	x		x	x	x

2. táblázat: Az elektromos járművek használatát ösztönző intézkedések [6, 3,10]

Jel	Ösztönző intézkedés	Típus		Érintettek köre		
		Pénzügyi	Nem pénzügyi	Vállalatok	Lakosság	Közintézmények
I	Elektromos energia árának csökkentése az e-járművek számára	x		x	x	x
II	A hagyományos üzemanyagok árának emelése	x		x	x	x
III	Felmentések egyes közlekedési korlátozások alól az e-járművek számára		x	x	x	x
IV	Buszhasználatának engedélyezése az e-járművek számára		x	x	x	x
V	Elektromos autósávok kijelölése		x	x	x	x
VI	Dedikált parkolóhelyek (rakodóhelyek) e-járművek számára, töltőinfrastruktúrával		x	x	x	x
VII	Zöld emissziós területek kijelölése, e-járművek behajtásának engedélyezése		x	x	x	x
VIII	Ingyenes vagy kedvezményes parkolás (vagy idősavó díjmérték) e-járműveknek	x		x	x	x
IX	Útdíj/városi behajtási díj fizetése alóli mentesség vagy kedvezmény	x		x	x	x
X	Ingyenes vagy kedvezményes közforgalmú közlekedés az e-jármű tulajdonosoknak	x			x	
XI	Környezetterhelési adó kivétele a nem elektromos járművekre	x		x	x	x

járművek beszerzési költségeit, és megkönnyítve megjelenésüket a mobilitási szolgáltatásokat végző vállalatok (pl. taxi társaságok, kommunális szemét szállítók) flottáiban [5]). Az elektromos járművek számának növekedése a szervezetek (pl. önkormányzatok, központi költségvetési szervezetek, állami tulajdonban lévő gazdasági társaságok) gépjármű beszerzéseinek szabályozásával is elősegíthető.

A járműhasználatot ösztönző és könnyítő lehetőségek között egyaránt találhatók pénzügyi (különböző díjak alóli mentesség vagy kedvezmény) és egyéb (kivételes jogok, megkülönböztetett parkolóhelyek biztosítása) beavatkozások is. Ezen intézkedésekkel a legtöbb esetben valamennyi használói réteg támogatható.

4. A KÖLTSÉGMODELLEK KIDOLGOZÁSA

A modell meghatározásakor a következő lehatárolásokat tettük:

- csak új járművek értékelhetők maximum 15 éves időtartamra,
- az üzemanyag és energiaár időbeli változásától eltekintettünk, a vizsgált időtar-

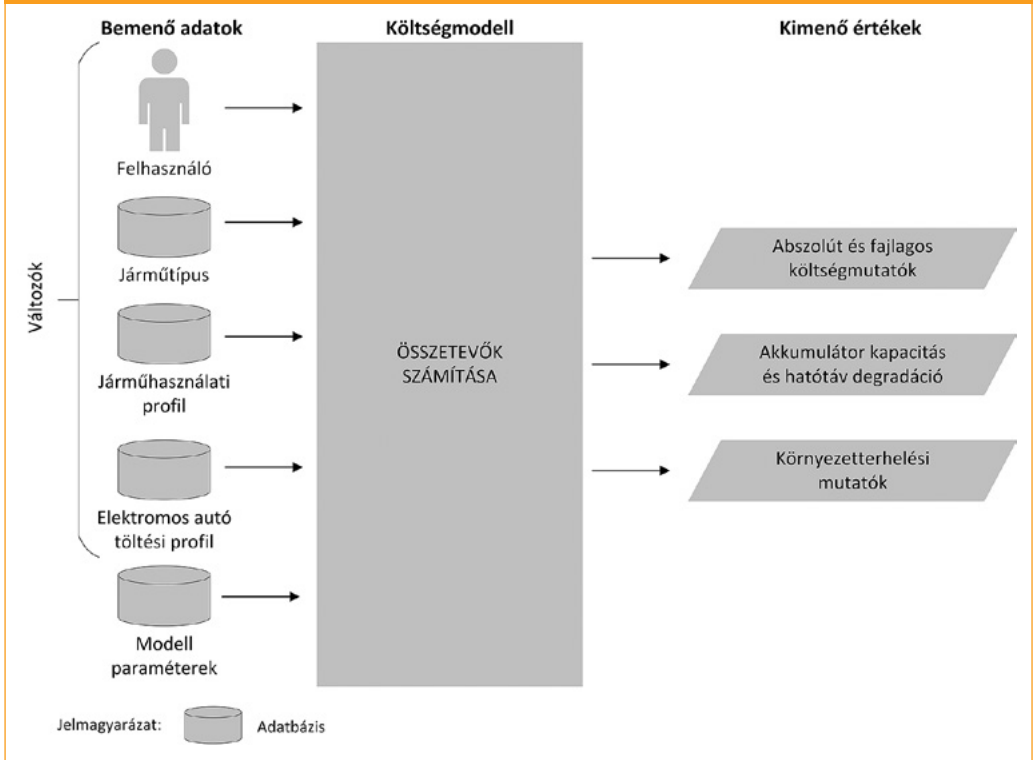
tamra vonatkozó átlaggal számoltunk,

- a jármű amortizációs költségét az idő és az átlagos futásteljesítménytől való eltérés alapján határoztuk meg; az átlagos futásteljesítmény figyelembevételkor nem különböztettünk meg járműkategóriákat,
- a Magyarországon érvényes kötelező költségelemeket vesszük figyelembe (pl. adó és műszaki vizsgadíj),
- a vizsgált időtartam végén az amortizációval csökkentett értéket tekintettük; vagyis a beszerzési ár csak közvetetten, az amortizáció költségén keresztül szerepel a teljes költségben.

A modell felépítését, a bemenő és kimenő adatokat az 1. ábra mutatja. A számítás bemenő értékeit két csoportra osztottuk:

- **változók:** számításonként eltérő értékek, a felhasználó módosíthatja,
- **modell paraméterek:** számításonként állandó értékek, amelyek hosszútávon állandók. A paraméterek értékét rendszeres időközönként szükséges felülvizsgálni, amit az alkalmazás üzemmentartója végez el.

1. ábra: Költségmodell bemenő és kimenő adatai



4.1. Változók

A változók értékeinek a forrása lehet a felhasználó, illetve egyes változók esetében adatbázisból is beolvashatók az értékek; így a felhasználói adatbevitel támogatható. Például egy elektromos járműtípusra jellemző értékek eltárolhatók, így a felhasználónak nem szükséges megadnia az összes értéket. A járművásárláshoz, üzemben tartáshoz és használathoz kapcsolódó változókat a 3. táblázatban, míg az energiafogyasztáshoz, töltéshez és környezetterheléshez kapcsolódó változókat a 4. táblázatban foglaltuk össze.

A modellben figyelembe vettük az úthasználat díját. Bár jelenleg Magyarországon az úthasználati díjkategóriák függetlenek a meghajtás módjától, a jövőben várhatóan ez változni fog. Járműhasználat szempontjából a következő útkategóriákat különböztettük meg:

- autópálya,
- országút,
- városi út.

Az útkategóriák használatának az arányát a megtett távolságok szerint lehet megadni. Útkategóriánként eltérő lehet az elektromos meghajtás részaránya ($r_{E,x}$), az energiafogyasztás ($c_{E,x}$ és $c_{F,y}$) és a károsanyag-kibocsátás. Az elektromos meghajtás részaránya hagyományos jármű esetén 0, tisztán elektromos jármű esetén 100%, hibrid járművek esetén 0 és 100% közötti. Az alábbi elektromos töltőállomás helyszín kategóriákat különböztettük meg:

- otthoni,
- munkahelyi,
- nyilvános fizetős, normálteljesítményű,
- nyilvános fizetős, nagyteljesítményű,
- egyéb fizetős,
- egyéb ingyenes.

3. táblázat: Modell változók – járművásárlás, üzemben tartás, használat

Kategória	Jelölés	Megnevezés	Mértékegység
Járművásárlás	B	Jármű akkumulátor kapacitása	[kWh]
	C_v	Jármű vételára	[Ft]
	I	Vásárlásnál a legmagasabb önerő, a jármű vételárától függetlenül	[Ft]
	P	Jármű teljesítménye (zöld rendszámú járművek esetében 0, a vagyonszerzési illeték kedvezménye miatt)	[kW]
	$r_{\%}$	Befektetés során elérhető éves kamat. Értéke 0, ha a felhasználó nem kívánja befektetni az önerőt	[%]
	THM	Hitel THM értéke	[%]
	T_{THM}	Hitel futamideje	[hónap]
	T_0	Jármű üzemeltetésének időtartama	[év]
Üzemben tartás	C_{CASCO}	CASCO biztosítás éves díja	[Ft/év]
	$C_{KGF\&B}$	Kötelező gépjármű felelősségbiztosítás éves díja	[Ft/év]
	C_M	Tervezett karbantartás díja	[Ft/alkalom]
	C_{ST}	Nyári gumi garnitúra díja	[Ft]
	C_{WT}	Téli gumi garnitúra díja	[Ft]
	C_{12V}	12V feszültségű akkumulátor díja belsőégésű motorral szerelt jármű esetén	[Ft]
	f_M	Tervezett karbantartás gyakorisága	[alkalom/év]
	T_{ST}	Nyári gumi garnitúra élettartama	[év]
	T_{WT}	Téli gumi garnitúra élettartama	[év]
	T_{12V}	12V feszültségű akkumulátor élettartama	[év]
Használat	C_P	Parkoláshoz kapcsolódó kiadások	[Ft/hónap]
	C_R	Úthasználathoz kapcsolódó kiadások	[Ft/év]
	M	Éves futásteljesítmény	[km/év]
	$r_{E,L}$	Elektromos hajtás részaránya autópályán	[%]
	$r_{E,M}$	Elektromos hajtás részaránya országúton	[%]
	$r_{E,S}$	Elektromos hajtás részaránya városban	[%]
	$r_{T,L}$	Autópályás utazások megtett távolság alapú részaránya	[%]
	$r_{T,M}$	Országúti utazások megtett távolság alapú részaránya	[%]
	$r_{T,S}$	Városi utazások megtett távolság alapú részaránya	[%]

Az egyes helyszín kategóriába tartozó töltő-állomások használatának az arányát a töltött energiamennyiség alapján lehet megadni. Töltőállomás helyszín kategóriánként eltérő lehet a töltés díja ($C_{CH,x}$) és a töltött áram előállításának fajlagos károsanyag-kibocsátása ($e_{CH,x}$).

A felhasználó a változók értékeit szabadon beállíthatja, azonban az adatbevittet előre eltárolt értékek beolvasásával segítheti, amihez a következő adatbázisokat határoztuk meg:

- járműtípus adatbázis: járműtípusonként a következő változók értékei adhatók meg: $B, C_v, P, F, r_{E,i}, c_{E,j}, c_{F,k}, e_{F,l}$.
- járműhasználati profil adatbázis: profilonként a következő változók értékei adhatók meg: $M, r_{T,x}$.
- elektromos autó töltési profil adatbázis: profilonként a következő változók értékei adhatók meg: $r_{CH,y}$.

A változók csoportjait az i, j, k, l, x és y általános indexekkel jelöltük. Vagyis például az $r_{E,i}$

4. táblázat: Modell változók – járművásárlás, üzemben tartás, használat

Kategória	Jelölés	Megnevezés	Mértékegység
Energia-fogyasztás	$c_{E,L}$	elektromosenergia-fogyasztás autópályán	[kWh/100km]
	$c_{E,M}$	elektromosenergia-fogyasztás országúton	[kWh/100km]
	$c_{E,S}$	elektromosenergia-fogyasztás városban	[kWh/100km]
	$c_{F,L}$	üzemanyagfogyasztás autópályán	[liter/100km]
	$c_{F,M}$	üzemanyagfogyasztás országúton	[liter/100km]
	$c_{F,S}$	üzemanyagfogyasztás városban	[liter/100km]
Töltés	$C_{CH,H}$	Otthoni töltés díja	[Ft/kWh]
	$C_{CH,W}$	Munkahelyi töltés díja	[Ft/kWh]
	$C_{CH,AC}$	Nyilvános fizetős, normál teljesítményű töltés díja	[Ft/kWh]
	$C_{CH,DC}$	Nyilvános fizetős, nagyteljesítményű töltés díja	[Ft/kWh]
	$C_{CH,O}$	Töltés díja egyéb fizetős helyszínen	[Ft/kWh]
	C_F	Üzemanyagköltség	[Ft/liter]
	F	Energiaforrás típusa (összes megtett távolság energiaigényének számításához)	[-]
	$r_{CH,H}$	Otthoni töltés részaránya	[%]
	$r_{CH,W}$	Munkahelyi töltés részaránya	[%]
	$r_{CH,AC}$	Nyilvános fizetős, normál teljesítményű töltés részaránya	[%]
	$r_{CH,DC}$	Nyilvános fizetős, nagyteljesítményű töltés részaránya	[%]
	$r_{CH,O}$	Egyéb fizetős töltés részaránya	[%]
$r_{CH,FREE}$	Egyéb ingyenes töltés részaránya	[%]	
Környezet-terhelés	$e_{CH,H}$	Otthoni töltés károsanyagkibocsátása	[gCO ₂ eq/kWh]
	$e_{CH,W}$	Munkahelyi töltés károsanyagkibocsátása	[gCO ₂ eq/kWh]
	$e_{CH,O}$	Egyéb fizetős töltés károsanyagkibocsátása	[gCO ₂ eq/kWh]
	$e_{CH,FREE}$	Egyéb ingyenes töltés károsanyagkibocsátása	[gCO ₂ eq/kWh]
	$e_{E,L}$	Károsanyagkibocsátás autópályán	[gCO ₂ eq /km]
	$e_{F,M}$	Károsanyagkibocsátás országúton	[gCO ₂ eq /km]
	$e_{E,S}$	Károsanyagkibocsátás városban	[gCO ₂ eq /km]

az elektromos hajtás részaránya autópályán ($r_{E,L}$), országúton ($r_{E,M}$) és városban ($r_{E,S}$) változókat jelöli. Az elektromos hajtás részaránya egyaránt függ a járműtechnológiától és a járműhasználati jellemzőktől. Ezért az eltárolt érték átlagos, amit a felhasználó módosíthat. Az irodalomkutató és korábbi felmérések eredményei alapján meghatároztunk járműhasználati (5. táblázat) és elektromos autó töltési profilokat (6. táblázat). A járműhasználati profilok között az éves futásteljesítmény és az útkategóriánként megtett távolságok arányai eltérőek. Az elektromos autó töltési profiljának meghatározásánál figyelembe vettük, hogy jelentős eltérés van a töltési szokásokban

a rendelkezésre álló infrastruktúra szerint:

- otthoni töltés a jellemző,
- rövid távolságú utazások és a célállomási töltés a jellemző,
- hosszú távú utazások a jellemzők és a korlátozott hatótáv miatt menet közbeni töltés szükséges.

Továbbá a felhasználói adatbevitelt támogathatják a változók alapértelmezett értékeinek definíálása, a már meglévő kalkulátorok integrálása, mint például az MNB saját hitelkalkulátora és a biztosítók biztosítási költség kalkulátora. Ezen módszerek vizsgálata és bemutatása nem része a tanulmánynak.

5. táblázat: Járműhasználati profilok

Profil neve:		Városi közlekedő	Agglomerációs ingázó	Utazó ügynök
M	[km]	13 000	19 000	25 000
r_{TL}	[%]	10	25	60
r_{TM}		10	25	20
r_{TS}		80	50	20

6. táblázat: Elektromos autó töltési profilok

Profil neve:		Jellemzően otthon	Jellemzően a célállomáson	Jellemzően útközben
$r_{CH,H}$	[%]	70	0	0
$r_{CH,W}$		0	0	0
$r_{CH,AC}$		5	65	25
$r_{CH,DC}$		10	20	70
$r_{CH,O}$		0	0	0
$r_{CH,FREE}$		15	15	5

4.2. Modell paraméterek

Paraméterként rögzítettük az amortizáció mértékét (értékvesztést az újkori vételárhoz viszonyítva) az eltelt idő és az átlagos futásteljesítménytől való eltérés függvényében (7. táblázat). Az amortizáció mértékét és az átlagos

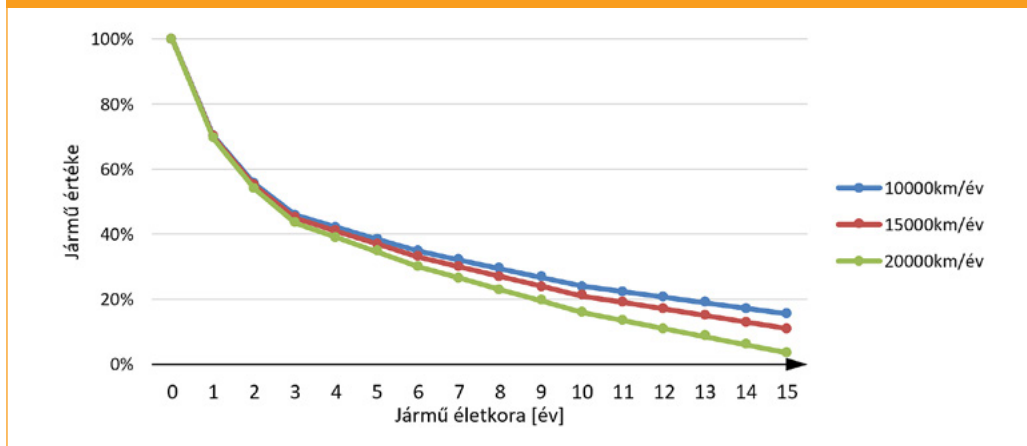
7. táblázat: Amortizációs költséget befolyásoló paraméterek

Paraméter neve	Értéke
Értékvesztés az 1. évben	30%
Értékvesztés a 2. évben	15%
Értékvesztés 3. évben	10%
Értékvesztés a 4-6. évben	4%
Értékvesztés a 7-10. évben	3%
Értékvesztés a 11-15. évben	2%
Átlagos futásteljesítmény	15 000 km
Átlagosnál nagyobb futásteljesítmény korrekció	0,5%/5000 km
Átlagosnál kisebb futásteljesítmény korrekció	0,3%/5000 km

futásteljesítményt a hagyományos járművekre jellemző értékek és az Eurotax alapján határoztuk meg.

Például egy jármű amortizációja 2 év után (évi 15 000 km futásteljesítmény esetén) $30\%+15\%=45\%$, ha 20 000 km/év a futásteljesítménye akkor évi 0,5%-kal több, azaz 45,5%. Míg 5000 km/év futásteljesítmény esetén az amortizáció 3 év után az eredeti érték 54,1%-a ($30+15+10-3(0,3)$). A jármű amortizációval csökkentett értékét a 2. ábrán mutatjuk be az idő függvényében eltérő futásteljesítményekre vonatkozóan.

2. ábra: Jármű amortizációval csökkentett értéke az idő függvényében



8. táblázat: Amortizációs költséget befolyásoló paraméterek

Paraméter neve	Értéke
Akkumulátorgyártás károsanyagkibocsátása	120 kgCO ₂ eq/kWh
Akkumulátorkapacitás degradációja	3%/100 töltés
Átlagosan elhasznált akkumulátorkapacitás két töltés között	60%
Elhasználható akkumulátor kapacitás a megmaradt hatótáv számításakor (biztonsági tartalék esetén kisebb, mint 100%)	90%
Nyilvános fizetés, normál- és nagyteljesítményű fizetés töltéshez kapcsolódó károsanyagibocsátás	200 gCO ₂ eq/kWh
1 liter benzin üzemanyag energiataralma	8,7 kWh/liter
1 liter dízel üzemanyag energiataralma	9,9 kWh/liter
Egy fa által megkötött CO ₂ mennyisége	22 kg/év

Paraméterként rögzítettük a vagyonszerzési illetéket, gépjárműadót, műszaki vizsga költségét és gyakoriságát, mivel ezeknek az értékét jogszabály írja elő. Az akkumulátor degradáció és a környezetterhelés mértékét befolyásoló paramétereket a 8. táblázatban foglaltuk össze.

4.3. Költségmodell és kimenő értékek

A felhasználói döntést támogatja a:

- TCO számítás,
- az akkumulátorkapacitás és eltérő útkategóriákra vonatkozó hatótáv számítása a vizsgált időtartam végén,
- a környezetterhelési mutatók.

A költségelemeket a következő kategóriákba soroltuk:

- **Járműbeszerzés költsége:** a vásárláshoz kapcsolódó kiadások. Ide soroltuk az amortizációhoz, a hitelhez és a vagyonszerzési illetékhez kapcsolódó kiadásokat, valamint az önerő hozam veszteségét.
- **Járműfenntartás költsége:** ide soroltuk a jármű üzemben tartásához kapcsolódó kiadásokat, vagyis a biztosításhoz, a karbantartáshoz, a műszaki vizsgáztatáshoz és gépjárműadóhoz kapcsolódó költségeket.
- **Járműhasználat költsége:** ide soroltuk a parkoláshoz, az úthasználathoz és az energiafogyasztáshoz kapcsolódó költségeket.

A hitel költségét a futamidő, THM és a felvett hitel összege alapján határoztuk meg. A vagyonszerzési illetéket a jogszabályban leírtak szerint számoltuk a jármű teljesítménye alapján. Az önerő hozam veszteség alatt a járművásárlás miatt meghíusult tőkebefektetésből a jármű üzemeltetési ideje alatt származó várható hozamot értettük (kamatos kamatszámítás az önerő, üzemeltetési időtartam és éves kamat alapján). Vagyis, ha valaki 10 millió forint önerővel járművet vásárol, amit 5 évig használ, akkor veszteségnek vettük azt az összeget, amit 10 millió forint befektetésével 5 év alatt realizálhat.

A biztosítás költsége az üzemeltetési idő és a kötelező, valamint a CASCO biztosítások díja alapján számítható. A jármű karbantartásának költségét a tervezett karbantartás díja és gyakorisága, a gumibroncsok ára és élettartama, valamint a 12V-os akkumulátor ára és élettartama alapján számítottuk. Feltételeztük, hogy az első nyári gumi garnitúra költségét tartalmazza a jármű vételára. A jármű karbantartásához kapcsolódó tevékenységek függhetnek az eltelte időtől és a megtett távolságtól. Ez alapján a karbantartás költsége részben a járműfenntartáshoz és részben a járműhasználathoz is kapcsolódhat, hiszen a magasabb futásteljesítményű jármű több karbantartást igényel. Egyszerűsítésképp a teljes karbantartási költséget a járműfenntartáshoz soroltuk. A műszaki vizsgáztatás és gépjárműadó költségét a jogszabályban előírtak szerint számítottuk.

A parkolás és úthasználat költségét a fajlagos díjak és az üzemeltetési idő alapján számítottuk. Az energiafogyasztás költségének számításához meghatároztuk, hogy az egyes útkategóriákban mekkora a megtett távolság az éves futásteljesítmény és az utazások megoszlása alapján. Ezután útkategóriánként számítottuk az egyes hajtástechnológiával megtett távolságokat az elektromos hajtásra vonatkozó részarányok alapján. Ezután figyelembe véve az útkategóriánként és hajtástípusonként megadott fajlagos energiafogyasztás értékeket, meghatároztuk hajtástípusonként az energiafogyasztást. Ez alapján számítható a hagyományos üzemanyag-fogyasztás költsége. Az elektromos energiafogyasztás költségének meghatározásához a teljes elektromos energiaigényt szétszortottuk a töltési helyszínek között, és a helyszínekre jellemző energiadíjak alapján számítottuk az elektromos energia költségét. A hagyományos üzemanyag és az elektromos energia költségének összege az energiafogyasztás költsége.

A megadott időtartamra érvényes TCO a járműbeszerzés, -fenntartás és -használat költségek összege. A felhasználói döntés támogatása miatt meghatároztuk a megadott időtartamra és a teljes megtett távolság [Ft/km] és időtartam [Ft/hónap] alapú fajlagos TCO-t. Vagyis a teljes költséget elosztottuk a futásteljesítménnyel és a hónapok számával. Így mind a megtett távolság és idő alapú fajlagos mutatók is tartalmazzák az összes költségelemet.

A megmaradt akkumulátorkapacitást az (1) alapján számítottuk. Felhasználtuk az akkumulátorkapacitás degradációja (3%/100 töltés) és az átlagosan használt akkumulátorkapacitás két töltés között (60%) paramétereit.

$$B' = B \cdot (0,97)^{\frac{E'_E}{60B}} \quad (1)$$

Ahol:

B' megmaradt akkumulátorkapacitás,
 E'_E összes töltött elektromos energiamennyiség a vizsgált időtartam alatt.

A hatótávot a megmaradt akkumulátorkapacitás, az energiafogyasztás alapján számoltuk, 90%-os kapacitás kihasználtságot feltételezve.

A járműnek a vizsgált időszakra vonatkozó környezetterhelését az akkumulátor gyártáshoz és az energiafogyasztáshoz kapcsolódó károsanyag-kibocsátás összegeként határoztuk meg. A jármű akkumulátorainak az újrahajlásával (például statikus energiatárolóként, ami csökkenti az akkumulátor fajlagos környezetterhelését) és az újrahajlásával (ami növeli a környezetterhelést) nem foglalkoztunk, mert úgy tekintettük, hogy a két hatás hosszútávon kiegyenlíti egymást vagy csökkenti az akkumulátor környezetterhelését. Továbbá meghatároztuk, hogy a járművek károsanyag-kibocsátását hány élő fa semlegesíti.

5. A MÓDSZER ALKALMAZÁSA

A módszerrel hagyományos benzines, hibrid és tisztán elektromos meghajtású járműveket hasonlítottunk össze. A módszer alkalmazásának nem a konkrét járműtípusok összehasonlítása volt a célja, hanem a hajtástechnológiákra

9. táblázat: Összehasonlított járművek adatai

Változók	Hagyományos	Tölthető hibrid	Tisztán akkumulátoros
B	0	15	40
C_V	8 000 000	9 500 000	12 000 000
P	100	0	0
F	1	1	0
$r_{E,L}$	0	10	100
$r_{E,M}$	0	25	100
$r_{E,S}$	0	90	100
$c_{E,L}$	0	24	23
$c_{E,M}$	0	18	19
$c_{E,S}$	0	15	16
$c_{F,L}$	7	7	0
$c_{F,M}$	6	5,5	0
$c_{F,S}$	7	3	0
$e_{E,L}$	150	155	0
$e_{F,M}$	130	110	0
$e_{F,S}$	150	60	0
C_M	100 000	90 000	60 000
f_M	1	1	1

vonatkozó általános megállapításokat kívánunk tenni. Ezért az adatokat a hajtástechnológia sajátosságai alapján határoztuk meg egy feltételezett közép kategóriás jármű esetében. A járművek adatait a 9. táblázat tartalmazza.

A hagyományos jármű karbantartási költsége alkalmanként 100 000 forint. Az elektromos jármű karbantartási költségét a hagyományoshoz képest a tapasztalatok alapján határoztuk meg. A járműhasználati profilok közül az agglomerációs ingázót, az elektromos autó töltési profilok közül a „jellemzően otthon” kategóriát választottuk. A töltőállomás-helyszín kategóriákra jellemző költség és károsanyag-kibocsátás értékeket saját tapasztalat alapján becsültük (10. táblázat). Otthoni töltésnél lokálisan telepített napelemek feltételeztünk, ezért alacsony költség és károsanyag-kibocsátás értéket határoztunk meg. A többi helyszínre vonatkozó fajlagos károsanyag-kibocsátás értéket a magyarországi villamosenergia-hálózat jellemzői alapján becsültük. A publikus és egyéb fizetős helyszínek költségeit a magyarországi fizetős töltőállomások jellemző értékei alapján számoltuk.

A THM értéke 5,75%, a futamidő 60 hónap volt. Feltételeztük, hogy a tulajdonos az önerő

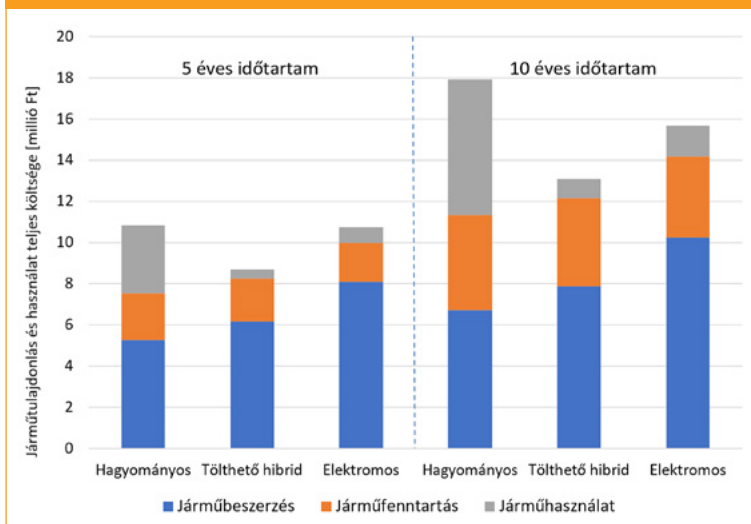
10. táblázat: Töltési helyszín kategóriák jellemzői

	$C_{CH,x}$ [Ft/kWh]	$e_{CH,x}$ [gCO ₂ eq/kWh]
Otthoni	10	45
Munkahelyi	0	200
Publikus fizetős, normálteljesítményű	90	200
Publikus fizetős, nagyteljesítményű	120	200
Egyéb fizetős	150	200
Egyéb ingyenes	0	200

vételáron felüli részét nem fekteti be. Az éves biztosítás összegét egységesen 300 000 forintnak vettük (CASCO és KGFB együttesen). A nyári gumi, téli gumi garnitúra, valamint a 12V feszültségű akkumulátor költsége rendre 85 000 Ft, 75 000 Ft és 35 000 Ft volt. Egy gumi garnitúra élettartamát 7 évnek vettük, a 12V feszültségű akkumulátorét 8 évnek. A parkoláshoz kapcsolódó kiadás 3000 Ft/hónap volt a hagyományos és 0 Ft a tölthető hibrid és tisztán elektromos jármű esetén. Az úthasználat éves költsége egységesen 45 000 Ft volt. A hagyományos üzemanyag költségét 450

Ft/liternek vettük. Az összehasonlítást 5 és 10 éves időtartamokra végeztük el.

3. ábra: Járműtulajdonlás és használat teljes költségének változása



6. AZ EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE

A járműbeszerzés, -fenntartás és -használat költségei változását a 3. ábra mutatja be.

A járműbeszerzés költsége az amortizáció miatt eltérő az 5 és 10 éves időtartamokra. Megállapítottuk, hogy a megadott bemenő értékek esetén 5 és 10 éves időtartamra

egyaránt a tölthető hibrid jármű költsége a legalacsonyabb. 5 éves időtartam esetén a hagyományos jármű körülbelül 25%-kal drágább, mint a tölthető hibrid, viszont nincs jelentős különbség a hagyományos és tisztán elektromos jármű teljes költsége között annak ellenére, hogy az utóbbinak jelentősen magasabb a vételára és így az amortizációs költsége. Megállapítottuk, hogy a hagyományos jármű esetén a teljes költségnek körülbelül csak a fele a járműbeszerzés költsége. 10 éves időtartamot vizsgálva a hagyományos jármű teljes költsége körülbelül 35%-kal és 15%-kal magasabb, mint a tölthető hibrid és tisztán elektromos jármű költsége. Vagyis a részben vagy teljesen elektromos járművek magasabb beszerzési költsége akár 5 év alatt is megtérülhet a hagyományos járműhasználattal összehasonlítva. A tölthető hibrid költsége alacsonyabb, mint a tisztán elektromosé, aminek részben oka az alacsonyabb vételár, valamint az alacsonyabb járműhasználati költség. A tisztán elektromos járműnek a használati költsége a minél magasabb arányú városi használat esetén alacsony. Vagyis elmondható, hogy városi használatra jellemzően a tisztán elektromos jármű a leginkább kedvező, rendszeres ingázáshoz a tölthető hibrid, míg a rendszeres és nagytávolságú utazások esetén várhatóan a hagyományos jármű költsége a legalacsonyabb. A számítás további eredményeit a 11. táblázatban foglaltuk össze.

A járművek km alapú költsége 5 éves időtartam esetén 92-114 Ft/km, 10 éves időtartam

esetén 69-94 Ft/km közötti érték. Vagyis a minél hosszabb használati idő csökkentheti a jármű fajlagos költségét. Megállapítottuk, hogy 5 és 10 év után a megmaradt akkumulátorkapacitás körülbelül 77% és 57%. A vizsgálati időtartamtól függetlenül a hagyományos jármű környezetterhelése a legmagasabb és a tisztán elektromos jármű a legalacsonyabb. Vagyis az akkumulátorgyártással járó környezetszennyezést már akár 5 év alatt is ellensúlyozhatja a környezetbarát üzemeltetés. 10 éves vizsgálati időtartam esetén a hagyományos jármű környezetterhelése több mint háromszorosa a tisztán elektromos és kétszerese a tölthető hibrid jármű környezetterhelésének.

7. KONKLÚZIÓ

Az innovatív technológiák és a változó társadalmi, környezeti stb. elvárások közlekedési rendszerre gyakorolt hatásának kutatásával foglalkozva a közúti elektromobilitás pénzügyi kérdéseinek területén értünk el elméleti és a gyakorlatban hasznosítható eredményeket. A téma terület egyre fokozódó komplexitása, valamint a folyamatos változás miatt időtálló modellek és módszerek kidolgozására törekedtünk; különös figyelmet fordítva a bevezetett paraméterek és változók értékeinek gyors változására. A kutatás során az elektromobilitás elterjesztésének lehetőségeivel és a vásárlói döntéseket támogató módszerekkel, alkalmazásokkal foglalkoztunk.

A járművásárlók pénzügyi döntéseinek megkönnyítése érdekében olyan költségmodellt és

11. táblázat: Legfontosabb részeredmények

	5 éves időtartam			10 éves időtartam		
	Hagyományos	Tölthető hibrid	Tisztán elektromos	Hagyományos	Tölthető hibrid	Tisztán elektromos
Amortizáció [millió Ft]	5,2	6,18	7,8	6,64	7,89	9,97
Km alapú teljes költség [Ft/km]	114	92	113	94	69	83
Megmaradt akkumulátorkapacitás [kWh]	0	11	31	0	8	23
Kibocsátott károsanyag [tonna eqCO ₂]	14	8	6	28	14	8

számítási módszert fejlesztettünk ki, amely a beruházási ráfordítások mellett az üzemeltetés során felmerülő egyéb költségtényezőket is figyelembe veszi. Fontos tanulság, hogy a járművek teljes költségét nagyon sok tényező befolyásolja, ami miatt szükségesek a döntéstámogató alkalmazások. A módszer alkalmazása alapján megállapítottuk, hogy városi használatra jellemzően a tisztán elektromos, rendszeres ingázáshoz a tölthető hibrid a leginkább kedvező, míg a rendszeres és nagy-távolságú utazások esetén várhatóan a hagyományos jármű költsége a legalacsonyabb. Továbbá megállapítottuk, hogy 40 kWh akkumulátorkapacitás esetén az akkumulátorgyártással járó környezetszennyezést akár 5 év alatt is ellensúlyozhatja a környezetbarát használat.

A kutatás során tapasztalt legfőbb kihívást a technológia újszerűsége és gyors változása jelentette. A fejlődés irányainak előrebecslése rendkívül nehéz, az elektromos autók alkatrészeinek (pl. akkumulátor) előregedéséről gyakorlati tapasztalatok pedig még nem állnak rendelkezésre széles körben. Az üzemeltetéssel és a karbantartással kapcsolatos költségelemek azonosítására és meghatározására vonatkozóan az autóiipari szereplők, márkakereskedők is gyakran csak feltételezésekkel élnek.

A kutatást több irányban is tervezzük folytatni, amelyek közül a közeljövőben a flottaszerzésekkel kapcsolatos pénzügyi döntések támogatását tűztük ki célul. További kutatási célok:

- felhasználói csoportok képzése több szempont szerint,
- jövőképek felállítására rendszerszemléletű megközelítéssel,
- járműtípusok és járműhasználati szokások szerinti jellemző esetek vizsgálata,
- a karbantartási és javítási költségek becslése műszaki számítások alapján (pl. meghibásodási valószínűség számítása), a változók értékeire vonatkozó érzékenységi vizsgálatok,
- a modellek és módszerek adaptálása adott helyszínekre.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A cikk a Magyar Nemzeti Bank és a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem között létrejött Együttműködés keretében és finanszírozásával készült a Zöld Pénzügyek, Zöld Gazdaság Műhelyben.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Bubeck, S. - Tomaschek, J. - Fahl, U. (2016). Perspectives of electric mobility: Total cost of ownership of electric vehicles in Germany. *Transport Policy* 50: 63–77. DOI: <https://doi.org/f83j8h>
- [2] Buekers, J. - Holderbeke, M. V. - Bierkens, J. - Panis, L. I. (2014). Health and environmental benefits related to electric vehicle introduction in EU countries. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 33: 26-38. DOI: <https://doi.org/f6sbw8>
- [3] Bühne, J-A. - Gruschwitz, D. - Hölscher, J. - Klötze, M. - Kugler, U. - Schimeczek, C. (2015). How to promote electromobility for European car drivers? Obstacles to overcome for a broad market penetration. *European Transport Research Review*, 7(3). DOI: <https://doi.org/f79cxw>
- [4] Desrevaux, A. - Hittinger, E. - Bouscayrol, A. - Castex, E. - Sirbu, G. M. (2020). Techno-Economic Comparison of Total Cost of Ownership of Electric and Diesel Vehicles. *IEEE Access*, 8: 195752-195762. DOI: <https://doi.org/gm5xm4>
- [5] Figenbaum, E. - Fearnley, N., et al. (2015). Increasing the competitiveness of e-vehicles in Europe. *European Transport Research Review*, 7(28). DOI: <https://doi.org/f79dw3>
- [6] ICCT: the international council on clean transportation (2016). Comparison of leading electric vehicle policy and deployment in Europe. URL: <https://theicct.org/publications/comparison-leading-electric-vehicle-policy-and-deployment-europe> Letöltés ideje: 2021.08.18
- [7] Kestera, J. - Noel, L. - De Rubens, G. Z. - Sovacool, B. K. (2018). Policy mechanisms to accelerate electric vehicle adoption: A qualitative review from the Nordic region.

- Renewable and Sustainable Energy Reviews. 94: 719–731. DOI: <https://doi.org/gfgebzs>
- [8] Letmathe, P. - Soares, M. (2020). Understanding the impact that potential driving bans on conventional vehicles and the total cost of ownership have on electric vehicle choice in Germany. Sustainable Futures 2: 100018 DOI: <https://doi.org/gnbwpx>
- [9] Mitropoulos L., K. - Prevedouros, P. D. - Kopelias P. (2017). Total cost of ownership and externalities of conventional, hybrid and electric vehicle. Transportation Research Procedia 24C: 267–274. DOI: <https://doi.org/gf8t4s>
- [10] Pauer Gábor. (2015). Az elektromobilitással összefüggő utazói döntéseket támogató módszer és alkalmazás koncepciójának kidolgozása. Diplomaterv, BME
- [11] Velzen, A. - Annema, J. A. - Kaa, G. - Wee, B. (2019). Proposing a more comprehensive future total cost of ownership estimation framework for electric vehicles. Energy Policy 129: 1034–1046. DOI: <https://doi.org/h3cj>
- [12] Wood, J. - Jain, A. (2020). Raceways, rebates, and retrofits: an exploration of several American cities' policies to facilitate electric vehicle purchase and usage. International Journal of Urban Sustainable Development. DOI: <https://doi.org/h3ck>
- [13] Wróblewski, P. - Lewicki W. - Drożdż, W. - Dowejko, J. (2021). Total cost of ownership and its potential consequences for the development of the hydrogen fuel cell powered vehicle market in Poland. Energies 14(8), 2131; DOI: <https://doi.org/gmj9f6>



Development of a costing method and application to support the purchase of electric road vehicles

The gradual replacement of the traditional fossil fuel fleet with alternative energy vehicles is a significant step towards the sustainable development of transport systems and efficient energy management. Given the current state of technological development, the widespread uptake of electric road vehicles can be promoted through a variety of measures. The cost model and calculation method developed to support vehicle purchase decisions, as well as the information application that incorporates it, will contribute directly and significantly to the uptake of electromobility.



Entwicklung einer Kalkulationsmethode und Anwendung zur Unterstützung der Beschaffung von elektrischen Straßenfahrzeugen

Der allmähliche Ersatz der mit konventionellen fossilen Brennstoffen betriebenen Fahrzeugflotte durch Fahrzeuge, die mit alternativen Energiequellen betrieben werden, ist ein wichtiger Schritt in Richtung einer nachhaltigen Entwicklung von den Verkehrssystemen und von dem effizienten Energiemanagement. Die flächendeckende Verbreitung von elektrischen Straßenfahrzeugen kann nach dem derzeitigen Stand der technologischen Entwicklung durch verschiedene Maßnahmen gefördert werden. Das zur Unterstützung von Fahrzeugkaufentscheidungen entwickelte Kostenmodell und Berechnungsverfahren sowie die Anwendung der darin enthaltenen Informationen tragen direkt und maßgeblich zur Verbreitung der Elektromobilität bei.