

A globális elektromos autóipar és a hozzá kapcsolódó közvetett emisszió

The Global Electric Car Industry and the Related Indirect Emission

NÉMETH K.¹

¹University of Debrecen, Faculty of Economics and Business
nemethkevin2000@gmail.com

Bolygónk alternatív megoldásokkal törekszik a közlekedés környezetbarátabbá alakítására, amelyhez kapcsolódóan megfigyelhető volt az elmúlt években, hogy a fogyasztók attitűdjei jelentősen megváltoztak az autóvásárlások kapcsán. Ezt vizsgálva megállapítható, hogy a globális autópiac egyik legmeghatározóbb szereplőjévé kezdtek válni az elektromos autók. Christopher Buchal egyik vizsgálatában azonban arra következtetett, hogy egyes területeken az elektromos autók akár 11-28 százalékkal jobban terhelhetik a környezetet, mint a hagyományos belső égésű motoros autók. Ez úgy lehetséges, hogy különbséget teszünk a közvetlen és a közvetett kibocsátás között. Az elektromos járművek károsanyag-kibocsátásánál ugyanis elmondható, hogy a közvetlen emisszió nulla, viszont a közvetett szennyezés sok helyen kiugróan magas az áramtermeléshez kapcsolódóan. Célkitűzésem tehát, hogy valódi képet adjak arról, hogy megéri-e áttérni elektromos autókra, illetve javaslataim ismertetése a jövőt tekintve.

Our planet tries to create a more environmentally friendly transport. Related to the car purchases, we can determine the consumers' attitudes have changed in the last years and we can say that the electric cars have become one of the most significant participants in the industry. In one of his investigations, Christopher Buchal realised that electric cars can burden the environment with more than 11-28% than the conventional internal combustion engine vehicles. It is possible if we make difference between direct and indirect emission, because the direct emission of the electric cars is zero, but the indirect emission can be really high related to the power generation. My goal is to give a real picture about the electric car industry and presenting my suggestions for the future.

Kulcsszavak: elektromobilitás, autóipar, emisszió, fenntarthatóság

Keywords: electromobility, car industry, emission, sustainability

Bevezetés

Az autóipar Magyarország egyik legmeghatározóbb iparága és az FDI (külföldi működőtőke-befektetés) mellett rengeteg szektoron belüli innovatív fejlesztés kapcsolható össze az ágazattal [1]. Érdekes az elektromobilitáshoz kapcsolódó emissziócsökkentés hatékonyságát megvizsgálni, ugyanis az

autógyártó cégek által közölt adatok sokszor nem vesznek figyelembe számos külső tényezőt, ha a károsanyag-kibocsátásról esik szó.

Christoph Buchal kimutatta, hogy globális szinten még mindig vannak olyan területek napjainkban, ahol az elektromos autók 11, de akár 28 százalékkal is jobban terhelhetik a légkört, mint a hagyományos, belső égésű motorral működő gépjárművek [2]. Ez alapján megvizsgáltam, hogy miként mérik az elektromos autók környezetszennyezését és hogy tényleg olyan effektívek-e, mint ahogy arról a legtöbb autógyártó cég beszámol. Ennek megválaszolásához számos tényezőt figyelembe kell vennünk, melyek közül a legfontosabb az elektromos áram termelése, amely számos országban nem a „legzöldebb” technikával történik. Ennek vizsgálatához nem elég figyelembe venni a helyi áram előállítását, mivel fontos szerepet játszik az adott ország áramimportjának mértéke is. Tanulmányomban erre a területre fókuszálok és részletes betekintést nyújtok a különböző államok áramtermeléshez kapcsolódó politikájába is. Meglátásom szerint a különböző országok emittáló előállításaitól eltekintve napjainkban még mindig az elektromos autózás az egyetlen járható út, ha a közlekedés okozta légszennyezést szeretnénk hatékonyan és nagy mértékben csökkenteni. Ehhez viszont jelentős fejlesztésekre van szükség a jövőben. Természetesen az autógyártókra is nagy szerep hárul a hatékonyság növeléshez kapcsolódóan (pl. akkumulátorkapacitás növelése, fogyasztás csökkentése), de a legfontosabb tényező a különböző kormányzatok számára az áram előállítási folyamatainak korszerűsítése, illetve az áramimport politika zöldebbé alakítása.

1. Mit is jelent az emisszió?

Emisszióról akkor beszélhetünk, amikor egy adott forrásból adott idő alatt olyan károsanyagok kerülnek a légkörbe, amelyek a környezetünkre, illetve az egészségünkre is egyaránt károsak. Egy, az emisszióhoz kapcsolódó tanulmányban Frölicher [3] a légköri szén-dioxid hatásait vizsgálták a hőmérsékletre globális szinten és mindezt egy olyan forráskönyv alapján tették, amely szerint az összes CO₂ kibocsátás leállításra kerül azután, hogy körülbelül ezernyolcszáz milliárd tonnányi CO₂ került a légkörbe. Ennek során kimutatásra került, hogy az emisszió leállítását követő 20 évben a szén-dioxid 40%-át, 100 év alatt 60%-át, 1000 éven belül pedig a 80%-át az óceánok, illetve a földrészek fogják elnyelni. Ebben a tanulmányban a szerző és a kutatócsoportja számításba vették az óceánok hőelnyelő képességének csökkenését is. Korábban számos, ezt megelőző kutatás arra utalt, hogy a globális hőmérsékletek stagnáló értékeket mutatnának, vagy csökkennének abban az esetben, ha a kibocsátás hirtelen megtorpanna. Frölicher ezt megcáfolva arra jutott, hogy a kibocsátás leállítása után Földünk egy 100 éves lehűlés után 0,37 Celsius-fokkal lenne melegebb négyszáz év alatt [3]. Ez több mint harmada az iparosodás óta érzékelhető 1,2 Celsius-fokos felmelegedésnek [4]. Ehhez kapcsolódva fontos megjegyezni, hogy az ENSZ Éghajlatváltozási Kormányközi Testületének (IPCC, angolul: Intergovernmental Panel on Climate Change) jelentéséből kiderül, hogy a globális hőmérsékletben bekövetkező minimális (pl. 0,5 Celsius fok) változás is igen negatívan befolyásolná az emberiség egészségi állapotát. Az ENSZ ezzel párhuzamosan megállapította, hogy súlyos hatással lenne a környezetre és a légkörre is, hogy ha az iparosodás előtti szinthez képest 2, vagy több fokos emelkedés következne be a Földön [5]. Frölicher az eredményei alapján arra jutott, hogy a klíma jelentős romlásának elkerüléséhez a szén-dioxid kibocsátást 750 milliárd tonnára kell redukálni, ellentmondva ezzel az eddig preferált ezer milliárd tonnás értéknek [3].

Ehhez kapcsolódva az elmúlt évek során a klímaváltozással, a légszennyezettség fokozódásával és az olajellátással kapcsolatos aggodalmak felélénkítették az akkumulátoros elektromos járművek piacát. Az ilyen típusú gépkocsik környezeti hatásait, ökológiai lábnyomainak mértékét általában egységesített életciklus-értékelési módszertan segítségével vizsgálják, amelybe beletartozik az autó legyártása, az éveken keresztül használata, illetve a megsemmisítése, újrahasznosítása is [6]. Simon Evans, klímakutató, egyik vizsgálatában összehasonlította a Volkswagen Golf és e-Golf ökológiai lábnyomát a teljes életciklusukra vonatkozóan. A vizsgálat részletes tárgyalása előtt fontos megnézni, mit is állít valójában az autógyártó a saját modelljeiről. A Volkswagen hivatalos honlapjáról elérhető adatok alapján az e-Golf előállítására nagyjából kétszer akkora szén-dioxid-kibocsátással jár, mint a dízel modellé. Ennek jegyében tehát megállapítható, hogy a teljes életciklust vizsgálva jelentős hátrányból indul az elektromos modell, és összességében a megtett kilométereket vizsgálva 120.000 kilométertől térül meg az e-Golf használata a környezetre gyakorolt hatását tekintve. Itt fontos megjegyezni, hogy a vizsgálatba beleszámították a töltéshez szükséges elektromos áram előállításával keletkezett szén-dioxid kibocsátást, amely Németországban 70-80 g kilométerenként [7]. Simon Evans ennek kapcsán kifejtette, hogy az autógyártó cég ezt az NEDC-ciklus (New European Driving Cycle) adataival számolta, amely nem tükrözi teljesen a valóságot és pontosan ezért ő inkább a WLTP mérési ciklust (World Harmonized Light Duty Test Procedure) használta a vizsgálatához. Az autók károsanyag-kibocsátásainak és fogyasztásainak nagyon szigorú előírásoknak kell megfelelniük. Az ehhez kapcsolódó hatóságok kötelezővé tették, hogy az újonnan forgalomba kerülő járműveknek át kell esniük egy ilyen mérésen, melyet Európában egységesítettek és központilag jóváhagytak. Ezek általában laboratóriumi körülmények között történnek és nem mindig felelnek meg a valóságban produkált fogyasztásnak, illetve károsanyag-kibocsátásnak. A régebbi mérési ciklust NEDC-nek nevezték, és ennek hatékonysága igen megkérdőjelezhető volt a valósággal összevetett adatok alapján [8]. Az iparágban lezajlott úgynevezett „Dieselgate” botrány is megmutatta, hogy a mérési ciklusok ismeretében a járműgyártók fel tudnak készülni a tesztekre, hogy aztán a laborban megfelelő számokat produkáljanak a modelljeik. Erre reflektálva a különböző országok szakmai szervezetei közösen létrehozták az új WLTP ciklust. 2018. szeptember 1. óta minden Európában forgalomba kerülő gépkocsinak át kell esnie ezen a teszten és a tapasztalatok alapján ezek az adatok már jóval közelebb állnak a valósághoz, mint az NEDC ciklus adatai. Az új típus leginkább időtartamban és vezetési stílusban tér el korábbi párjától, illetve csökkent az alapjáraton töltött idő (a start-stop rendszerek miatt) és nőtt a megtett út hossza is. Az NEDC mérés során a városi forgalmi rész 66%-ot jelentett, míg a WLTP során ez a szám 52%-ra csökkent. További különbség a két típus között, hogy az új mérés során figyelembe veszik a különböző modellek tömegét (ugyanis ezek negatív hatással vannak a fogyasztási mutatókra), illetve a különböző felszereltségüket. Ennek jegyében a kapott eredményeket egy előre kidolgozott egyenlettel korrigálják, ezzel közelebb hozva az értékeket a valóságban mért adatokhoz [8]. A Simon Evans által végzett vizsgálat az új rendszerrel való kalkulációja miatt sokkal árnyaltabb képet mutat, mivel jelentősebb ökológiai lábnyommal számol a dízelautók esetében. Az új mérések alapján ezek a modellek minimum 35%-kal több CO₂-t bocsátanak ki a légkörbe, mint az NEDC tesztek alapján [9]. Ennek hatására a fordulópont nagyjából 55 000 kilométernél jön el a 120 000 kilométerrel szemben. Simon Evans további vizsgálataival tovább csökkentette ezt a számot. Számításai alapján a Volkswagen 156kg/1kWh

CO₂ értékkel számolt az akkumulátorok előállítása kapcsán, míg ez a szám napjainkra 100kg/1kWh csökkent a fejlődő technológiának köszönhetően. A német cég a villamos áram megtermelésével járó emissziót is nagyobbra becsülte, ugyanis mára már 1 kWh áram előállításához 265 g széndioxid kapcsolódik a 365 g helyett, mivel az ország energiatermelésének nagy részét megújuló energiaforrásokból tudja fedezni. Az utolsó korrigálás pedig az üzemanyag-ellátáshoz kapcsolódik. A Volkswagen számolása alapján a dízel Golf fogyasztását 11 százalékkal növeli meg a kőolaj megtermelése, szállítása, Simon Evans mérései alapján viszont ez 24% [9]. Ezek alapján a cég szerinti 6,6 literes fogyasztás további 0,8 literrel nő minden tényezőt figyelembe véve. Összességében tehát megállapítható, hogy az elektromos modell megtérülése 25 000 kilométertől kezdődik a 120 000 helyett és a további életciklust vizsgálva az is elmondható, hogy megnövekedett ökológiai lábnyommal kell számolni dízel autók esetében, és alacsonyabbal mértékkel az elektromos járművekhez kapcsolódóan. A dízel modellnél ez esetben az érték 27 tCO₂-eq-ról 39 tCO₂-eq-ra, az elektromos modell esetében 23 tCO₂-eq-ról 18 tCO₂-eq-ra változna [9].

2. Megoldási kísérletek a károsanyag-kibocsátás csökkentésére

2.1. Car sharing megoldások alkalmazása

A károsanyag-kibocsátás csökkentésére alapvetően a legjobb alternatívát a kerékpárok, rollerek és tömegközlekedési eszközök (amennyiben az utasok száma is számottevő) használata jelenti. Ezek hatékonysága szinte megkérdőjelezhetetlen, ezért inkább az autózásra fókuszálva szeretném bemutatni a lehetséges alternatív megoldásokat a jövőt tekintve. Az elmúlt évtizedek folyamán a tulajdonlason alapuló fogyasztói hozzáállást egyre több területen váltotta fel az úgynevezett hozzáféréseken alapuló fogyasztás. Ennek lényege, hogy a felhasználók nem szereznek tulajdonjogot az általuk használt tartós fogyasztási cikken, a meghatározott összegű díj megfizetése pusztán arra jogosítja fel őket, hogy határozott időtartamban annak céljának megfelelő módon hasznosítsák az adott árucikket. A megoldás számos előnnyel rendelkezik és a mobilitás mellett számos további területen is sikerrel alkalmazható [10]. A sikeres alkalmazási területek között ki kell emelni például a könyvtárakat, illetve a különböző kölcsönzőszolgáltatásokat, legyen szó akár filmekről, ruhákról, ékszerekről, háztartási gépekről. Catulli et al. [11] kiemelése szerint a hozzáféréseken alapuló fogyasztói attitűd egyik legfontosabb előnye a fogyasztási cikkeken megszerzett tulajdonjoghoz képest a környezetkímélő jelleg. Ezt a gyakorlatban úgy lehet megvalósítani, hogy a megosztott formában hasznosított tárgyakkal kevesebbet kell forgalomba helyezni, így pedig legyártani is, ennek folyamán pedig az azonos fogyasztási érték eléréséhez kapcsolódó környezetterhelés mértéke is csökken. Edbring [12] is a hozzáféréseken alapuló fogyasztás fenntartható jellege mellett foglal állást, amelyet szembeállít a használd és dobd el mentalitással értékesített termékekkel. Kiemeli ugyanakkor, hogy a fogyasztáshoz tartozó környezetterhelés másként is csökkenthető, így például a használt árucikkek adásvétele útján is, ami a világ számos országában, igen széles termékkör tekintetében számít elterjedt megoldásnak.

A car sharing, azaz gépjármű-megosztási megoldások igen népszerű példái a fenti, használaton és hozzáféréseken alapuló fogyasztói attitűdnek. Svájcban már 1948-ban létrejött az első gépjárművek megosztásával foglalkozó cég, amelyet elsősorban gazdasági megfontolásból alapítottak, illetve a

szolgáltatást igénybe vevő fogyasztók is takarékosági okok miatt döntöttek a megosztás használata mellett. Az ezt követő évtizedekben több ilyen profilú vállalkozás is indult, azonban ezek nem tudtak igazán sikeresé válni. A gépkocsi-megosztással foglalkozó cégek piaca nagyjából az 1980-as és 1990-es évek fordulója óta tekinthető sikeresnek [13], majd bő két évtizeddel ezelőtt Németországban és Svájcban jelentek meg nagyobb számban, legnagyobb népszerűségnek azonban napjainkban az Amerikai Egyesült Államokban örvendenek. Ez utóbbi körülmény a gépjárművekhez kapcsolódó fogyasztói asszociációk gyökeres változását is jelzi, hiszen az Amerikai Egyesült Államokban hosszú ideig a jólét státuszszimbóluma volt a saját – és nagy – gépkocsi, amely nélkül az „amerikai álom” voltaképpen elképzelhetetlen lett volna. Ehhez képest a gépkocsik megosztása földcsuszamlásszerű változást jelent [14].

Napjainkban a gépjármű-megosztás világszintű, gyorsütemű terjedését tapasztalhatjuk. A szektorban egyfelől olyan globálisan meghatározó vállalatok töltenek be meghatározó szerepet, mint például a Zipcar vagy a Car2Go, amelyek egyenként is 10000 darabot meghaladó flottával működnek. Emellett tapasztalható, hogy nagy gépjárműgyártó vállalatok közvetlenül is bekapcsolódnak a gépjármű-megosztásba, saját céget üzemeltetve. Ilyen világmárkák például a Magyarországon is gyáregységet üzemeltető Daimler, vagy a gyárát jelenleg építő BMW. A gépjármű-megosztás jellemzően nagyvárosokban terjed, maga az üzleti modell pedig szoros együttműködést igényel a gépkocsigyártók, a flottaüzemeltetők, a fogyasztók, a hatóságok, a helyi önkormányzatok és más szervezetek között, miközben magát a rendszert bizonyos mértékig integrálni kell a közösségi közlekedés szervezetébe is [13]. A gépjárművek megosztásával foglalkozó hálózatok egyre nagyobb gyakorisággal teszik lehetővé a felhasználók számára, hogy a használt gépkocsikat ne a felvételi állomáson, hanem egy másik telepen adják le. Ennek eredményeként a felhasználók növelhetik a gépjárműhasználat hatékonyságát a saját szempontjukból, hiszen így nem kell a kiindulási telepre visszavezetniük. Az ilyen egyirányú használati modell bevezetése esetében azonban fokozottan szükséges a közösségi közlekedés más formáival harmonizálni a gépjármű-megosztás működését [15]. Az egyirányú használatot lehetővé tevő rendszerek esetében mindenképpen szükség van olyan személyzetre, akik biztosítják a flotta ideális eloszlását az egyes állomások között. Ennek hiányában ugyanis előfordulhat, hogy egyes állomásokon szabad hely hiányában nincs lehetőség a gépkocsi leadására, míg másutt gépkocsihiány miatt nem lehet kielégíteni a felmerülő fogyasztói igényeket. A flottalokalizáció optimalizálását diszpécser vagy applikáció is irányíthatja [16]. A felmérések szerint a gépjármű-megosztók használói, különösen az egyetemista korosztályból, elsősorban a saját gépkocsi tulajdonlását váltják ki és csak kisebb részben használják a gépkocsi-megosztást a közösségi közlekedés alternatívájaként, vagyis a megosztott gépkocsihasználat mellett a közösségi közlekedési eszközök használata továbbra is jellemző rájuk. A korosztályra jellemző továbbá, hogy az állandó felvételi és leadási bázisállomás helyett azt preferálják, ha másutt is leadhatják a gépkocsikat, nem pusztán a felvételi állomáson. Előremutató, hogy a megosztott gépjárműveket előnyben részesítő egyetemi hallgatók kifejezetten pozitívan értékelik, ha az általuk használt gépkocsi elektromos meghajtású [17].

Napjainkban az előrejelzések ellentmondásosak azt illetően, hogy az elkövetkező évtizedben növekedni vagy csökkenni fog a magánhasználatú gépkocsik száma, a magánhasználatú gépjárművel rendelkező háztartások száma Európában. Az Egyesült Királyságban az előrejelzés szerint akár negyedével is csökkenhet azon háztartások száma 2030-ig, amelyek saját használatban álló gépkocsival rendelkeznek, miközben ugyanebben az időszakban Németországban továbbra is évi mintegy 0,2%-os bővülést

jeleznek előre azon háztartások számát tekintve, amelyek magánhasználatban álló gépkocsival rendelkeznek. Egyértelmű ugyanakkor, hogy a fiatalok körében szükséges emelni a tömegközlekedés és a gépkocsi-megosztás népszerűségét. A fiatal fogyasztók nyitottak arra, hogy környezeti megfontolások alapján válasszák az ilyen fogyasztási megoldásokat. Általánosságban véve igaz, hogy a foglalkoztatás szintjének emelkedésével növekedhet a saját használatban lévő gépkocsit fenntartó háztartások száma [18], amely trendre a távmunka terjedése gyakorolhat fékező hatást. A COVID-19 koronavírus-járvány kapcsán ugyanis egyre több munkakörben válhat bevetté az otthoni munkavégzés, amely így nem teszi szükségessé a munkavállaló helyválttatását, így a saját gépkocsi fenntartása mellett is kevesebb érv szólhat [19].

Amennyiben a gépjármű-megosztást a közlekedéshez kapcsolódó károsanyag-kibocsátások szempontjából, a fenntarthatóságra tekintettel vizsgáljuk, megállapítható, hogy a szolgáltatás végeredményben egymásnak ellentmondó eredményekre vezet. Egyfelől a gépjármű-megosztással foglalkozó vállalatok által üzemeltetett flották korszerűsége okán jellemzően a gépjármű-megosztásból eredő kilométerenkénti károsanyag-kibocsátás alacsonyabb, mint a magánhasználatban álló gépkocsik esetében mérhető értékek. Ezt a mutatót természetesen nagyban befolyásolja, hogy a vizsgált országban milyen a gépjárművek korfája, de egy olyan helyen, mint Magyarország, ahol a gépkocsi-park jellemzően elöregedett, mindenképpen igaz lehet ez a megállapítás. Másfelől a gépjármű-megosztás eredményeként megjelenő kevesebb gépkocsinak köszönhetően csökken a forgalom, ennek hatására az összesített károsanyag-kibocsátás is. Abban az esetben azonban, ha a gépjármű-megosztást igénybevevő fogyasztók a közösségi közlekedés helyett választják a szolgáltatást, akkor az összesített károsanyag-kibocsátás emelkedik [20].

2.2. Alternatív meghajtás

A nagy gépjárműgyártók és a szektorban megjelent új szereplők folyamatosan törekszenek a mobilitási technológiák megújítására. A hibrid, vagyis belső égésű motorral és elektromos motorral is meghajtott gépjárművek gyártásában világviszonylatban is kimagasló tapasztalattal rendelkező Toyota, amely mind az értékesítés darabszáma, mind pedig a technológia fejlesztésével eltöltött idő terén jelentős eredményeket ért el, 2019 tavaszán úgy döntött, hogy számos, az általa alkalmazott hibrid meghajtási technológiához kapcsolódó szabadalmat elérhetővé tesz a többi piaci szereplő számára is. A Toyota motivációja erre a lépésre a környezetkímélő mobilitási technológiák mihamarabbi és minél szélesebb körű elterjedésének támogatása volt [21].

Igen széles körben elterjedt alternatív meghajtásnak számít a bioüzemanyagokkal üzemelő gépkocsik köre. Ebben az esetben vagy teljes egészében, vagy részben növényi alapanyagokból készül az üzemanyag, amellyel a motorok működnének. Ebben az esetben az előállítás és az alapanyag termelésének hatékonysága is kulcsfontosságú a gyártás eredményessége szempontjából. Lehoczky [22] vizsgálataiban kimutatta, hogy a növények fejlődése, így energiatartalma szempontjából is kiemelt jelentősége van a termőterület gyommentességének például a napraforgó esetében is, amely egy, a bioüzemanyagok gyártása során preferált növény. A bioüzemanyagok alapanyaga az alkoholok közé tartozó etanol, amelyet élelmiszerként vagy takarmányként is használható növényekből állítanak elő, ami komoly erkölcsi dilemmát is okoz a gyártáshoz kapcsolódóan. A legnépszerűbb alapanyagok a kukorica, illetve a kukoricakeményítő, valamint a cukornád számítanak, használatuk legfontosabb

előnyét pedig az jelenti, hogy a hagyományos, fosszilis üzemanyaghoz képest akár 90%-kal is csökkenhet a gépkocsik üvegházhatású gázkibocsátása. A bioüzemanyagok felhasználásának fejlődésével egyre gyakrabban használnak kifejezetten az energiatermelés céljából vetett növényeket az üzemanyagok előállítására [23]. Ez utóbbi jelenség azért is problémás, mert az élelmiszerek és takarmányok termelését a jövőben növelni szükséges a gyarapodó világnépesség legalább elégséges szintű élelmezésének biztosítása érdekében. A korlátozottan rendelkezésre álló termőföld- és ivóvízkészletek meghatározzák a mezőgazdasági tevékenységek folytatását is. Ilyen körülmények között morálisan megkérdőjelezhető az élelmiszerek, például a kukorica felhasználása üzemanyagtermelésre [24] – főleg ha más megoldás is elérhető az alternatív üzemanyagelőállítás terén. Emellett energia előállítására a biomassza különböző formáit is lehet alkalmazni [25], köztük akár növényi melléktermékeket, erdészeti és növénytermesztési hulladékokat is [26], ilyen módon azonban a belső égésű motoros gépkocsik közvetlen meghajtása jellemzően nem megoldható. Etikai szempontból és – az újrafelhasználás tényére tekintettel – környezetvédelmi okok miatt is előnyösebb, ha a bioüzemanyagot használt sűrűolajból állítják elő. Ebben az esetben tehát először emberi fogyasztásra alkalmas sűrűolajat préselnek az olajosmagvakból, amelyet a normál felhasználást követően visszagyűjtenek a háztartásokból és az üzemi konyhákból, majd a megfelelő eljárásokkal bioüzemanyagot állítanak elő belőle [27]. A bioüzemanyagok felhasználása kapcsán kiemelő, hogy jelenleg azok elsődlegesen a hagyományos fosszilis üzemanyagokba keverve, azok kiegészítőjeként jelenik meg a piacon, a tisztán bioüzemanyagokkal üzemelő gépkocsik nem terjedtek el szélesebb körben. Tekintettel a bioüzemanyagok előállítási költségeire, ez a tendencia várhatóan nem fog változni rövid távon [28]. Bioüzemanyag termelésén Európában napjainkban jellemzően biodízel előállítását kell érteni [29], ami így – a felhasználás jellegére tekintettel – a közúti fuvarozás terén is felhasználásra kerül.

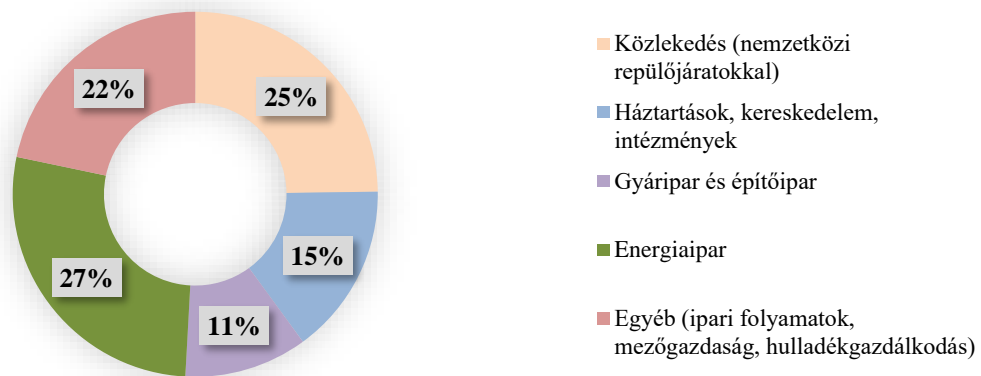
Az elektromos meghajtású gépkocsikkal szembeni egyik legkomolyabb, a vásárlást gátló fogyasztói fenntartás a hatótáv korlátozottságából, illetve az akkumulátorok feltöltésének jelentős időigényéből fakad. Erre a kihívásra jelenthet megoldást az üzemanyagcellás gépjárművek elterjedése. A jellemzően hidrogénmeghajtású motorral felszerelt gépkocsikba a magas nyomáson sűrített üzemanyagot a benzinhoz, gázolajhoz vagy autógázhoz hasonló gyorsasággal lehet tölteni, azonban a töltőhálózat jelenleg még világszerte is igen hiányos, ami komolyan akadályozza a technológia elterjedését. Az üzemanyagcellás gépkocsik – az akkumulátorokról üzemeltetett elektromos motorral meghajtott gépjárművekhez hasonlóan – fenntarthatóbb közlekedési alternatívát jelentenek a belső égésű motoros kocsikhoz képest. A magasnyomású hidrogén tárolását és gépkocsiba töltését jellemzően veszélyes tevékenységnek tartják, azonban egy, az Amerikai Egyesült Államokban lebonyolított, üzemanyagcellás gépkocsik hosszú távú használatával végzett kísérletbe bevont felhasználók jellemzően nemhogy veszélyesebbnek nem tartották az üzemanyagcellás gépkocsik feltöltését, hanem vagy hasonlóan biztonságosnak, vagy még biztonságosabbnak, mint a belső égésű motoros kocsik tankolását. Ugyanezen kísérletek eredménye szerint az üzemanyagcellás gépkocsik rendre nagyobb hatótávolságot biztosítottak, mint amit a felhasználók előzetesen megbecsültek, így a kialakult pozitív összbenyomás alapján a technológia elterjedésének útjába egyedül az üzemanyag-töltőhálózat hiánya állhat [30]. Hardman – Tal [31] kiemeli, hogy az üzemanyagcellás gépkocsik használata és elterjedése olyan fogyasztók számára is lehetővé teszi a zéró helyszíni emisszióval bíró gépjárművek használatát, akiknek nem áll módjukban hálózatról tölteni az akkumulátorokkal szerelt villanymotoros gépkocsikat. Ez a

környezetre gyakorolt pozitív hatások mellett pszichésen is előnyös a vásárlók számára. Ugyanakkor Ajanovic – Haas [32] azt is kiemelik, hogy az üzemanyagcellás gépkocsik használatával elérhető környezeti előnyök mértéke nagyban függ attól, hogy a hidrogénüzemanyag előállítása milyen technológiával, illetve milyen mértékű környezetterhelés mellett valósul meg. Manoharan [33] ugyanakkor kiemeli, hogy a hidrogén-üzemanyagcellás gépkocsik helyszíni emissziója nulla, az üzemanyag energiává alakulása során pedig melléktermékként – kipufogógáz helyett – víz keletkezik.

Ajanovic – Haas [32] összefoglalása szerint 2020 előtt mintegy 13000 hidrogéncellás személygépkocsi állt forgalomban, ugyanezen technikával pedig mintegy 25000 villástargoncát, 500 buszt, 400 tehergépkocsit és 100 furgont hajtottak meg, miközben az olyan töltőállomások száma, ahol tölteni lehet ezeket a gépkocsikat, világszerte nem érte el a 400 darabot. Előrejelzésük szerint az elkövetkező három évtizedben drasztikusan növekedni fog mind a töltőállomások, mind pedig a hidrogénnel meghajtott gépkocsik száma. 2020-ban csak Kalifornia államban 13400 üzemanyagcellás gépkocsi működött, ugyanekkor Kínában 5000, Japánban 40000, Dél-Koreában 10000, Európában 1400, míg külön Németországban 400 ilyen gépkocsit tartottak üzemben. Az elkövetkező évekre a Hydrogen Council igen gyors bővülést jelez előre. Becslésük szerint Dél-Koreában már 2022-ben 81000 üzemanyagcellás gépkocsi működik majd, amelyek üzemanyagellátását 310 kút szolgálja majd ki – ez utóbbiak száma 2020-ban még csak 100 darab volt. Kalifornia államban 2023-ra várhatóan 37400 darabra emelkedik majd az üzemanyagcellás gépkocsik száma, míg ugyanitt 2023 és 2025 között a hidrogén-töltőállomások száma 100-ról 200 darabra növekszik. Ezzel párhuzamosan 2023-ban a Svájcban üzemben tartott üzemanyagcellás tehergépkocsik száma eléri az 1000 darabot, míg Franciaországban 2023 és 2028 között a bázisévi becsült üzemanyagcellás gépkocsiállomány száma 5000 darabról, a hidrogén-töltőállomások száma pedig 100 darabról fog előreláthatólag négyszeresére-tízszeresére emelkedni. Eközben 2025-re Kínában már várhatóan 50000 üzemanyagcellás gépkocsi üzemel majd, míg az ugyanilyen gépjárművek száma Japánban el fogja érni a 200000 darabot. A Hydrogen Council előrejelzése alapján 2030-ban világszerte 10-15 millió üzemanyagcellás gépkocsi és mintegy 0,5 millió hasonló technikával hajtott tehergépkocsi áll majd üzemben. A gépkocsik közül Dél-Koreában 6,3 millió darab üzemel majd, Kalifornia államban és Kínában 1-1 millió, Japánban pedig 0,8 millió működik majd. A hidrogén-töltőállomások közül Dél-Koreában 520 darab, Kaliforniában és Németországban 1000-1000 darab, míg Japánban 900 darab áll majd a fogyasztók rendelkezésére. Ugyanezen szervezet előrejelzése alapján 2050-re világszerte 400 millió darab üzemanyagcellás személyautó, mintegy 15-20 millió azonos technikával üzemelő tehergépkocsi és 5 millió darab autóbusz vesz majd részt a közlekedésben.

3. Károsanyag-kibocsátás napjainkban

Globális szinten a legtöbb ország törekszik az alternatív megoldások implementálására a közlekedésen belül, ugyanis ez az egyik legemitélőbb terület napjainkban [34].



1. ábra: Az üvegházhatású gázok kibocsátásának globális szintű eloszlása 2016-ot tekintve az Európai Unión belül, százalékos eloszlásban [35]

Ahogy az 1. ábrán is látható, a közlekedés a teljes kibocsátás negyedéért felelős a világon, így ez az egyik olyan terület, amely a legnagyobb fejlődést igényli a kibocsátás csökkentését tekintve. Ehhez kapcsolódva fontos megjegyezni, hogy 2019-ben Magyarország az üvegházhatású gázok kibocsátásának 1,58 százalékaért volt felelős az egész Európai Uniót tekintve [36]. Az ehhez kapcsolódó fejlesztések több irányba is mutatnak. Az egyik út a kis térfogatú turbófeltöltős hagyományos fosszilis üzemanyaggal működő gépkocsik továbbfejlesztése, amelyek jóval alacsonyabb fogyasztás mellett kisebb károsanyag-kibocsátással járnak, melyeket tovább lehet fokozni különböző technikákkal ötvözve (pl. AdBlue folyadék az üzemanyag mellé). A másik út pedig a hibrid, illetve az elektromos autók irányába mutató fejlesztések [37]. Az elektromos járművekkel általánosságban jelentősen csökkenthető a károsanyag-kibocsátás a hagyományos belső égésű motoros autókhoz képest. Ennek mértékét viszont befolyásolja a járművekhez szükséges elektromos áram előállításának módja, amely számos országban még mindig környezetromboló módszerekkel történik. Természetesen foglalkozni kell a közlekedésen belül a személyautókon kívül más eszközök jelenségével is. Tirachini és Cats [38] tanulmányukban részletes vizsgálatot hajtottak végre a tömegközlekedésben bekövetkezett változásokat tekintve. Az ilyen típusú közlekedés számos fajtája jelentősen csökkentetheti a mobilitás okozta emissziót, azonban a COVID-19 megjelenésével globálisan visszaesett a tömegközlekedési eszközök használatának a mértéke. Az egészségügyi szakemberek javaslatára ugyanis sokan világszerte próbálnak nagyobb távolságot tartani egymástól, ami a vírus megfékezésének egyik leghatékonyabb módszere, azonban jelentősen megnehezíti a hatékony tömegközlekedés működését. Ennek hatására világszerte megnőtt azoknak a száma, akik inkább az egyéni közlekedési eszközöket preferálják. Az ilyen típusú eszközök egy részének, például a gyaloglásnak vagy a kerékpározásnak az emissziója nulla, emellett hozzájárul az egészségmegőrzéshez. Ettől függetlenül sokan még mindig előnyben részesítik a személygépkocsit a tömegközlekedéssel szemben, részint kényelmi, részint – például az ingázók esetén – gyakorlati okok miatt, ami viszont jelentős károsanyag-kibocsátással jár. De Vos [39] tanulmányában szintén kiemeli, hogy a koronavírus terjedésével egyre többen vannak olyanok, akik próbálják megtartani a kijelölt távolságot az emberektől és kerülnek a társas helyzeteket. Ennek jegyében az emberek minimalizálják az olyan esetek számát, amikor ki kell mozdulni otthonról. Esetükben megjelenik egyfajta szociális izoláció, amely negatívan hathat mentális egészségükre, illetve a tömeg elkerülése jegyében a sportolásra is lemondanak, amely további negatív szövődeményekkel járhat az egészséget tekintve. Erre megoldást

kínálhat a kerékpár használata, illetve a gyaloglás is, csak hogy ezek nem minden esetben hatékonyak, hiszen a nagyobb távolság esetén ezekkel a módszerekkel nem, vagy csak jóval hosszabb időtartam alatt juthatunk el a kívánt célpontunkhoz. Ebben az esetben jelenthet tehát megoldást az elektromos autók használata.

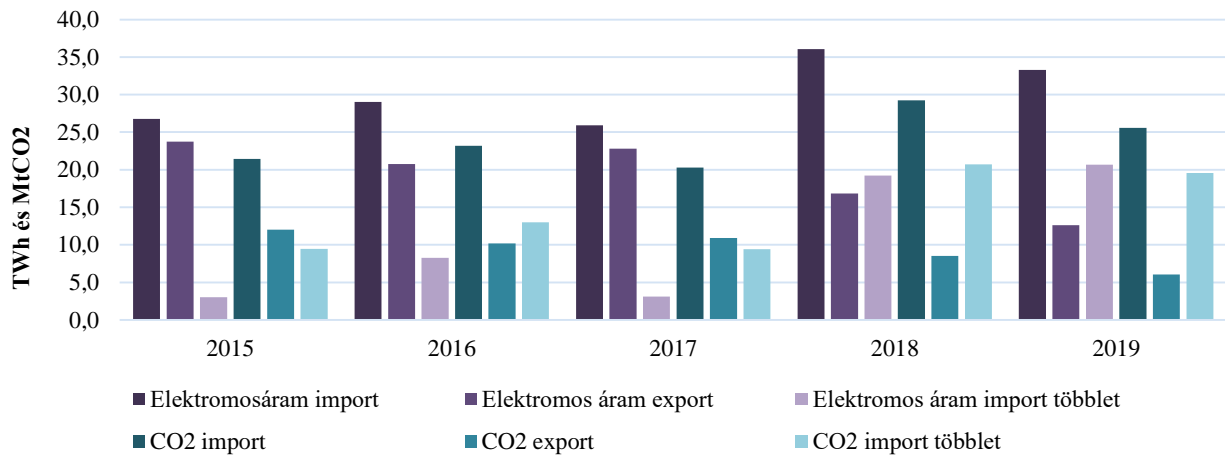
Az elektromos autók használatának elterjedésével kapcsolatban a potenciális vásárlók komoly aggálya lehet az alacsony hatótávolság és a körülményes akkumulátortöltési lehetőségek. Erre jelenthet megoldást, ha az olyan, magántulajdonban álló parkolóhelyeket, amelyek elektromos töltési lehetőséggel felszereltek, a tulajdonosaik más villanyautósok számára is elérhetővé teszik, természetesen a töltési költségek felszámolása mellett. Ez egyidejűleg segítheti az elektromos motorral meghajtott gépkocsik akkumulátorainak újratöltését és a nagyvárosokban egyre inkább jellemző parkolóhelyhiány megoldását is [40]. A jelenlegi fogyasztási tendenciák alapján a villanymotorral hajtott gépkocsik töltésére használt energiamennyiség egyelőre még szinte kimutathatatlan a teljes villanyáram-fogyasztás összességében, azonban idővel ez – a technológia elterjedésével – változhat. Azt ugyanakkor feltétlenül tudatosítani kell a villanymotoros gépkocsik tulajdonosaiban és használóiban, hogy a villanyáram, illetve az annak segítségével nyerhető mobilitás nincsen ingyen, sem költség, sem károsanyag-kibocsátás szempontjából. Ezért a töltőhálózatok kiépítése során a fogyasztói költségviselésnek is meg kell valósulnia [41].

4. Áramtermelés, illetve az Európai Unió áramimportja

A hagyományos autók esetében beszélhetünk közvetlen emisszióról, ugyanis az ilyen típusú járművek a közlekedés során szén-dioxidot juttatnak a levegőbe. Ez az érték az elektromos autóknál nulla, viszont az ilyen gépkocsik esetében számolni kell a közvetett kibocsátással is. Ennek jegyében meg kell vizsgálni az üzemanyag előállításához szükséges folyamatokat, amely az elektromobilitáshoz kapcsolódóan az elektromos áramtermelést jelenti.

Az Európai Unió áramexportja a 2019-es évben 12,6 terawattóra volt, importja pedig 33 TWh. Utóbbinak 38 százaléka Oroszországból, 22 százaléka Ukrajnából, 19 százaléka pedig a Nyugat-Balkánról érkezett. A probléma ehhez kapcsolódóan az ottani áramtermelés, ugyanis ezekben az országokban széntüzelésű erőművekben történik a termelés, amely a mai globális előállítási módszerekhez képest rendkívül elavultnak és környezetszennyezőnek mondható [42]. A Sandbag elemzéséből az is kiderül, hogy a külföldről importált áram nagy része négy országba jutott el. Litvánia és Görögország a teljes behozatal 17%-át, Finnország a 23 százalékát, Magyarország pedig a teljes mennyiség 13 százalékát importálta a 2019-es évben. Ehhez kapcsolódva fontos megjegyezni, hogy az egy főre jutó szén-dioxid kibocsátás hazánkban az egyik legalacsonyabb az EU-t tekintve, viszont ez nem feltétlen tükrözi hűen a valóságot. A korábban említett londoni elemző cég adataiból kiderül, hogy a magyar import jelentős része Ukrajnából és Szerbiából érkezik, ahol igen nagy problémát jelentenek az elavult erőművek (pl. Bursthyn, Dobrotvirska), ahol egy kWh áram előállítása során akár 1110 gramm emittált anyag is kerülhet a légkörbe. Itt fontos megjegyezni, hogy nem csak hazánk áll ezekkel az áramtermelőkkel szoros kapcsolatban, hanem Románia, Lengyelország és Szlovákia is, így jelentősen növekszik az európai károsanyag-kibocsátás a térséget vizsgálva [42]. A példaként említett ukrán vagy szerb erőművekben úgy valósulhat meg az olcsó és környezetromboló áramtermelés, hogy az államok nem tagjai az Európai Kibocsátáskereskedelmi Rendszernek (Emissions Trading System). Az ETS-ből

való kimaradás számukra azt jelenti, hogy nem kell fizetniük az egy tonna szén-dioxid utáni jelenlegi meghatározott kibocsátási kvóták 25 eurós díját, amely hatására az áramukat 25 százalékkal olcsóbban tudják piacra vinni, mint az ETS tagállamok. A Sandbag számításai alapján a probléma 13 Uniós tagállamban merül fel, de az elmúlt években a helyzet javuló képet mutat, ugyanis a szénalapú termelés csökkent az EU-ban 20 százalékkal, illetve 6 tagállam – köztük Magyarország is – kijelentette, hogy 2030-ig leállításra kerülnek a széntüzelésű erőművek [43].



2. ábra: Az elektromos áram (TWh) és a hozzá kapcsolódó szén-dioxid (MtCO₂) importja, illetve exportja az Európai Unióban 2015 és 2019 között [42]

A 2. ábra jól mutatja, hogy 2015-höz képest az Európai Unióban növekedett az importált áram mennyiség és jelentősen csökkent az export is. Az import és az export közötti különbséget tekinthetjük import többletnek, melyről elmondható, hogy a 2017-es évhez viszonyítva hétszeresére növekedett. A Sandbag ehhez kapcsolódóan is folytatott vizsgálatot és megállapította, hogy a magas áramimport többlet miatt 11 millió tonnával növekedett a szén-dioxid kibocsátás ahhoz képest, mintha ezt az árammennyiséget szabályozott, uniós kereteken belül állították volna elő a tagállamok [42].

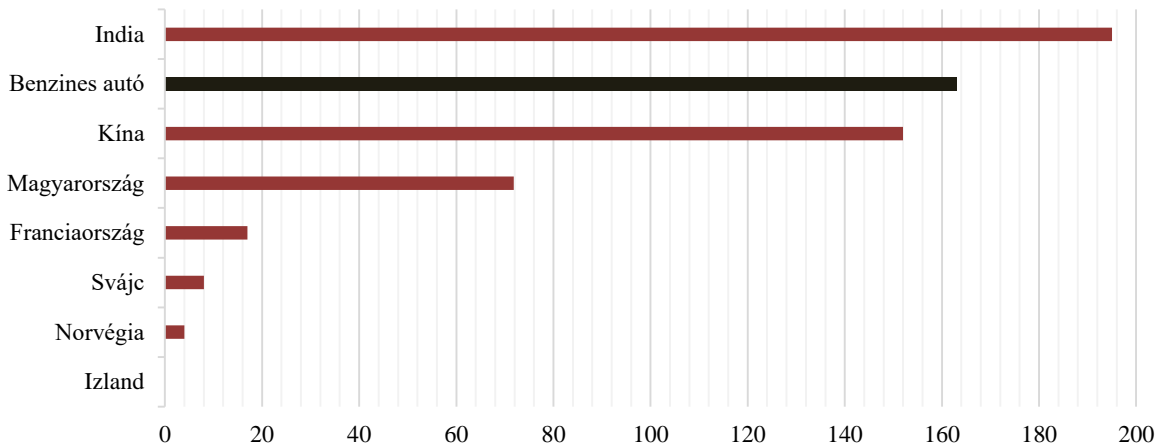
Az alábbi értékek alapján látható, hogy mennyire terheli meg valójában a környezetet az elektromos autók töltése. Egy 35-50 kWh kapacitású akkumulátor feltöltése eltérő károsanyag-kibocsátással megy végbe közvetett módon, mint ahogy azt korábban gondoltuk és ezeknek a töltési folyamatok az értékei nem feltétlen egyeznek az autógyártók által közölt környezetbarát értékekkel.

5. Az elektromos autók közvetett emissziója

Napjainkban a szén-dioxid az egyik legveszélyesebb üvegházhatású gáz. A teljes kibocsátásért globális szinten 14 százalékban a kőolajszármazékokat égető gépkocsik felelősek, Európában ez az arány 20%, míg Magyarországon 25% [44]. Így érthető az elektromos autók zéró közvetlen emissziójának hangsúlyozása, viszont figyelembe kell venni az ilyen típusú gépkocsik közvetett kibocsátását is. Buchal [2] egy tanulmányában kimutatta, hogy az elektromos autók akár 11-28 százalékkal is jobban terhelhetik a környezetet, mint egy hagyományos gépjármű.

Az elektromos járművek zéró közvetlen emissziójával szembeállítva egy nagyjából 7l/100km-es fogyasztású hagyományos benzines jármű esetében ez az érték 163,8 gramm szén-dioxid 1 kilométeren. A közvetett kibocsátásnál viszont már jelentős különbségek merülnek fel országonként. Az államok vizsgálata során meg kell nézni, hogy miből állítják elő a gyártáshoz és a töltéshez szükséges elektromos áramot. Az áram előállításánál a legmagasabb emisszióval a lignit és a szén elégetése jár, a földgáz kevésbé szennyező, az atomenergia, illetve a megújuló energiák pedig nem juttatnak üvegházhatású gázokat a légkörbe [45]. Ehhez kapcsolódva fontos megjegyezni az akkumulátorok leselejtezéseiből eredő emissziót is, amely az IPCC Guidelines közzététele alapján még mindig egy megoldandó probléma globális szinten [46]. Ennek jegyében tehát elmondható, hogy a közvetett kibocsátás nulla is lehet, ha az utóbbi forrásokból van biztosítva az elektromos áram, viszont az atomenergia és a megújuló energiaforrások teljes körű alkalmazása még nem történt meg. Ennél a pontnál érdemes kiemelni Izland helyzetét, ugyanis itt az állam geotermikus energiaforrásokból biztosítja az autók töltését, melynek hatására a járművek közvetett kibocsátása nulla [47]. Fontos megemlíteni Norvégiát is, ugyanis az országnak sajátos energiaellátó rendszere van. Ha egy BMW I3-at veszünk alapul (amely nagyjából 117 kilométert képes megtenni 24 kWh-nyi árammal), akkor elmondhatjuk, hogy az országban egy ilyen típusú gépkocsi csupán 4 gramm szén-dioxidot juttat a levegőbe közvetett módon kilométerenként, mivel az ország teljes energiaellátásának 2/3 része megújuló energiaforrásokból kerül fedezésre [48]. Az összehasonlítás jegyében érdemes megemlíteni Svájcot és Franciaországot is, előbbiben a kibocsátás értéke 8 gramm, utóbbiban pedig 17 gramm [49]. Franciaország energiamixét vizsgálva elmondható, hogy a nukleáris energia még mindig 71,6%-ot tesz ki, viszont a jelenlegi tervek alapján ez a szám 50% alá fog csökkenni 2025-től, ugyanis az elavult erőműveket bezárják és helyettük megújuló energiaforrásokba fognak beruházni [50]. Svájcban jelentősen jobb a helyzet, ugyanis az ország villamosenergia-termelésében a vízerőművek 59, az atomerőművek 32,8, a hagyományos hőerőművek és a megújuló energiaforrások pedig 8,2 százalékot tesznek ki [49].

Ezzel szemben érdemes figyelmet fordítani a skála másik végére is. Kínában sok helyen mai napig belélegezhetetlen a levegő, amiért nem teljes mértékben az autók kipufogógázai a felelősek. Az ország esetében ugyanis elmondható, hogy az energia nagy részét széntüzelésű erőművekben állítják elő [51]. Ennek jegyében az ottani kibocsátási érték 152 gramm, amely kapcsán tehát megállapítható, hogy a városokból az elektromos autók használatával kiszorítják az emissziót, viszont a külvárosi gyárak hatására ez a károsanyag-kibocsátás a belvárosok periferiáját fogja negatívan érinteni. India esetében pedig átlépjük azt a bizonyos határt, amikor elmondhatjuk, hogy egy elektromos autó jobban szennyezi a környezetet, mint egy belső égésű motoros. Az ország napjainkban is szinte kizárólag széntüzelésű erőművekre támaszkodik és ez okozza valójában a 195 gramm körüli értéket [52]. Az alábbi 3. ábrán pedig szemléltetni szeretném, hogy milyen eltérések is vannak a különböző országok közvetett kibocsátásai között.



3. ábra: Egy kilométeren közvetve kibocsátott CO₂ mennyiség elektromos autók által, grammban mérve saját szerkesztés

A 3. ábrán ábrázoltam Magyarországot is. Itthon az előállított áram körülbelül 35 százaléka fosszilis, 53 százaléka nukleáris, 11 százaléka megújuló, 1 százaléka pedig egyéb forrásokból származik [53]. Magyarországon 1 kWh áram előállítása során körülbelül 350 gramm CO₂ kerül a levegőbe, amelyet jelentősen befolyásol hazánk áramimportja is a nem ETS tagállamokból. Ezek alapján tehát itthon egy kilométer megtételével 71,8 gramm szén-dioxid kerül a levegőbe.

6. Összefoglalás

Tanulmányom során a globális emissziót vizsgáltam, melyben részletesen kitértem a gépkocsik által kibocsátott üvegházhatású gáz jellemzőire. Ezen felül érintettem az elektromos áram termeléséhez kapcsolódó problémákat és az ágazat által okozott hatásokat. Ahogy az korábban említésre került, az ilyen típusú gázok 25 százalékáért a közlekedés felelős, ezért ez az egyik terület, ahol megvalósítható az effektív kibocsátás csökkentés globális szinten. Ehhez kapcsolódóan részletes kifejtésre került a közvetett és a közvetlen kibocsátás közötti differencia, melyből kiderült, hogy az elektromos autók közvetett emissziója jelentősen függ az adott ország áramtermelésétől, illetve áramimportjától. A vizsgálat során megmutatkozott, hogy napjainkban is vannak olyan országok, ahol az elektromos autók közel azonos vagy magasabb szennyezéssel járnak, mint a belső égésű motoros gépkocsik. A rendelkezésre álló adatokból és a különböző államok kormányzatainak közleményeiből kiderült, hogy sok ország megnövekedett áramimporttal rendelkezik, illetve a behozott mennyiség nem feltétlen származik ETS tagállamokból. Ennek hatására az elektromos áram termeléshez kapcsolódó kibocsátási adatok nem tükrözik minden esetben a valóságot, ugyanis figyelembe kell venni az áram import mennyiségét, illetve az importőr ország gyártási eljárásait, filozófiáit. Összességében tehát elmondható, hogy az elektromos autók zéró közvetlen emissziója miatt ez az egyik megoldás a magas kibocsátási értékekre, viszont az üzemanyag-előállítás további fejlesztésekre szorul a szükséges országokban. A jövőre tekintve pedig érdemes figyelembe venni a car-sharing szolgáltatásokat és az alternatív üzemanyagtípusokat is, ugyanis ezek is megoldást nyújthatnak az elektromobilitás jelenlegi hiányosságaira.

7. Köszönetnyilvánítás

Az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-20-1 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.



Hivatkozások

- [1] Rechnitzer J. – Hausmann R. – Tóth T. (2017): A magyar autóipar helyzete nemzetközi tükörben. Hírelintézet Szemle. 16. évf. 1. sz. pp. 119-142.
- [2] Buchal, C. – Karl, H. D. – Sinn, H. W. (2019): Kohlemotoren, Windmotoren und Dieselmotoren: Was zeigt die CO₂-Bilanz? ifo Schnelldienst, ifo Institut – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung an der Universität München. Vol. 72. No. 8. pp. 40-54.
- [3] Frölicher, T. L. – Winton, M. – Sarmiento, J. L. (2013): Continued global warming after CO₂ emissions stoppage. Nature Climate Change. Vol. 4. No. 1. pp. 40-44.
- [4] Globalwarming Index (2021): Human-induced warming. Forrás: <https://www.globalwarmingindex.org> (letöltve: 2021. 11. 28.)
- [5] IPCC (2021): Impacts of 1.5°C of Global Warming on Natural and Human Systems. Forrás: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15_Chapter3_High_Res.pdf (letöltve: 2021. 11. 28.)
- [6] Helmers, E. – Weiss, M. (2017): Advances and critical aspects in the life-cycle assessment of battery electric cars. Energy and Emission Control Technologies. Vol. 5. pp. 1-18.
- [7] Volkswagen AG (2020): A holistic approach from start to finish: A vehicle's environmental footprint reveals the sources of environmental pollution. Forrás: <https://www.volkswagenag.com/en/news/stories/2019/04/from-the-well-to-the-wheel.html#> (letöltve: 2021. 05. 25.)
- [8] Pavlovic, J. – Ciuffo, B. – Fontaras, G., – Valverde, V. – Marotta, A. (2018): How much difference in type-approval CO₂ emissions from passenger cars in Europe can be expected from changing to the new test procedure (NEDC vs. WLTP)? Transportation Research Part A: Policy and Practice. Vol. 111. pp. 136-147.
- [9] Evans, S. (2020): Simon Evans is on paternity leave. Forrás: <https://twitter.com/DrSimEvans> (letöltve: 2021. 05. 29.)
- [10] Lawson, S. J. – Gleim, M. R. – Perren, R. – Hwang, J. (2016): Freedom from ownership: An exploration of access-based consumption. Journal of Business Research. Vol. 69. No. 8. pp. 2615-2623.

- [11] Catulli, M. – Lindley, J. K. – Reed, N. B. – Green, A. – Hyseni, H. – Kiri, S. (2013): What is mine is not yours: Further insight on what access-based consumption says about consumers. *Consumer Culture Theory*. Vol. 15. pp. 185-208.
- [12] Edbring, E. G. – Lehner, M. – Mont, O. (2016): Exploring consumer attitudes to alternative models of consumption: motivations and barriers. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 123. pp. 5-15.
- [13] Ferrero, F. – Perboli, G. – Rosano, M. – Vesco, A. (2018): Car-sharing services: An annotated review. *Sustainable Cities and Society*. Vol. 37. pp. 501-518.
- [14] Bardhi, F. – Eckhardt, G. M. (2012): Access-based consumption: The case of car sharing. *Journal of Consumer Research*. Vol. 39- No. 4. pp. 881-898.
- [15] Mounce, R. – Nelson, J. D. (2019): On the potential for one-way electric vehicle car-sharing in future mobility systems. *Transportation Research Part A*. Vol. 120. pp. 17-30.
- [16] Gambella, C. – Malaguti, E. – Masini, F. – Vigo, D. (2018): Optimizing relocation operations in electric car-sharing. *Omega*. Vol. 81. pp. 234-245.
- [17] Rotaris, L. – Danielis, R. – Maltese, I. (2019): Carsharing use by college students: The case of Milan and Rome. *Transportation Research Part A*. Vol. 120. pp. 239-251.
- [18] Prieto, M. – Baltas, G. – Stan, V. (2017): Car sharing adoption invention in urban areas: What are the key sociodemographic drivers? *Transportation Research Part A*. Vol. 101. pp. 218-227.
- [19] Simon, D. – Németh, K. (2021): Home office, mint foglalkoztatási forma: A távmunka globalizációjának, illetve hatékonyságának vizsgálata. *Humán Innovációs Szemle*. Vol. 12. No. 1. pp. 23-35.
- [20] Jung, J. – Koo, Y. (2018): Analyzing the effects of car sharing services on the reduction of greenhouse gas (GHG) emissions. *Sustainability* Vol. 10. No. 539. pp. 1-17.
- [21] Toyota (2019): Toyota promotes global vehicle electrification by providing nearly 24000 licences royalty-free. Forrás: <https://global.toyota/en/newsroom/corporate/27512455.html> (letöltve: 2021. 06. 08.)
- [22] Lehoczky, É. – Reisinger, P. – Kőmíves, T. – Szalai, T. (2006): Study on the early competition between sunflower and weeds in field experiments. *Journal of Plant Diseases and Protection*. Vol. 20. No. 20. pp. 935-940.
- [23] Hussain, A. – Arif, S. M. – Aslam, M. (2017): Emerging renewable and sustainable energy technologies: State of the art. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 71. pp. 12-28.
- [24] Fróna, D. – Szenderák, J. – Harangi-Rákos, M. (2019): The challenge of feeding the world. *Sustainability*. Vol. 11. No. 20. Article No. 5816. pp. 1-18.
- [25] Harangi-Rákos, M. – Popp, J. – Oláh, J. (2018): A biomassza energetikai és egyéb célú felhasználása. *Magyar Energetika*. Vol. 25. No. 2. pp. 8-16.
- [26] Popp, J. – Harangi-Rákos, M. – Kapronczai, I. – Oláh, J. (2018a): Magyarország megújuló energiatermelésének kilátásai. *Gazdálkodás*. Vol. 62. No. 2. pp. 103-122.

- [27] Popp, J. – Harangi-Rákos, M. – Oláh, J. (2018b): A napraforgó- és repce vertikum versenyképességének kilátásai. *Journal of Central European Green Innovation*. Vol. 6. No. 1. pp. 75-108.
- [28] Harangi-Rákos, M. – Popp, J. – Oláh, J. (2017a): A bioüzemanyag előállítás globális kilátásai. *Journal of Central European Green Innovation*. Vol. 5. No. 4. pp. 13-31.
- [29] Harangi-Rákos, M. – Popp, J. – Oláh, J. (2017b): A megújuló energia termelésének kilátásai az EU energiafogyasztásában. *Energiagazdálkodás*. Vol. 58. No. 6. pp. 19-25.
- [30] Lipman, T. E. – Elke, M. – Lidicker, J. (2018): Hydrogen fuel cell electric vehicle performance and user-response assessment: Results of an extended driver study. *International Journal of Hydrogen Energy*. Vol. 43. No. 27. pp. 12442-12454.
- [31] Hardman, S. – Tal, G. (2018): Who are the early adopters of fuel cell vehicles? *International Journal of Hydrogen Energy*. Vol. 43. pp. 17858-17866.
- [32] Ajanovic, A. – Haas, R. (2021): Prospects and impediments for hydrogen and fuel cell vehicles in the transport sector. *International Journal of Hydrogen Energy*. Vol. 46. pp. 10049-10058.
- [33] Manoharan, Y. – Hosseini, S. E. – Butler, B. – Alzahrani, H. – Fou Senior, B. T. – Ashuri, T. – Krohn, J. (2019): Hydrogen fuel cell vehicles; current status and future prospect. *Applied Sciences*. pp. 1-17.
- [34] Wilberforce, T. – El-Hassan, Z. – Khatib, F. N. – Al Makky, A. – Baroutaji, A. – Carton, J. G. – Olabi, A. G. (2017): Developments of electric cars and fuel cell hydrogen electric cars. *International Journal of Hydrogen Energy*. Vol. 42. No. 40. pp. 25695-25734.
- [35] Eurostat (2016): Greenhouse gas emissions by IPCC source sector, EU28, 2016. Forrás: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Greenhouse_gas_emissions_by_IPCC_source_sector,_EU28,_2016.png (letöltve: 2021. 05. 24.)
- [36] Európai Parlament (2019): Üvegházhatású gázok EU-s országoként és világszinten. Forrás: <https://www.europarl.europa.eu/news/hu/headlines/society/20180301STO98928/ueveghazhatasu-gazok-kibocsatasaza-az-eu-ban-infografika> (letöltve: 2021. 11. 28.)
- [37] Menyhárt, J. (2013): Elektromos hajtású jármű akkumulátor állapot felügyelete labview grafikus programmal. *Debreceni Műszaki Közlemények*. pp. 13-24.
- [38] Tirachini, A. – Cats, O. (2020): COVID-19 and public transportation: Current assessment, prospect, and research needs. *Journal of Public Transportation*. Vol. 22. No. 1. pp. 1-21.
- [39] De Vos, J. (2020): The effect of COVID-19 and subsequent social distancing on travel behavior. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*. Vol. 5. pp. 1-3.
- [40] Xu, F. – Chen, X. – Zhang, M. – Zhou, Y. – Cai, Y. – Zhou, Y. – Tang, R. – Wang, Y. (2020): A sharing economy market system for private EV parking with consideration of demand site management. *Energy* Vol. 190. 116321. pp. 1-14.

- [41] Hardman, S. – Jenn, A. – Tal, G. – Axsen, J. – Beard, G. – Daina, N. – Figenbaum, E. – Jakobsson, N. – Jochem, P. – Kinnear, N. – Plötz, P. – Pontes, J. – Refa, N. – Sprei, F. – Turrentine, T. – Witkamp, B. (2018): A review of consumer preferences of and interactions with electric vehicle charging infrastructure. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. Vol. 62. pp. 508-523.
- [42] Sandbag (2020): The Path of Least Resistance. Forrás: <https://ember-climate.org/project/interconnectors-and-coal/> (letöltve: 2021. 05. 25.)
- [43] Innovációs és Technológiai Minisztérium (2019): Nemzeti Energia- és Klímaterv. Forrás: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/hu_final_necp_main_hu.pdf (letöltve: 2021. 06. 04.)
- [44] Bihari D. (2017): Még hogy az elektromos autók nem szennyeznek. Forrás: <https://24.hu/tudomany/2017/09/26/meg-hogy-az-elektromos-autok-nem-szennyeznek/> (letöltve: 2021. 05. 28.)
- [45] Rabczak, S. – Proszak-Miąsik D. (2016): Effect of the type of heat sources on carbon dioxide emissions. *Journal of Ecological Engineering*. Vol. 17. No. 5. pp. 186–191.
- [46] IPCC Guidelines (2019): Introduction to National GHG Inventories. Forrás: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/pdf/1_Volume1/19R_V1_Ch01_Introduction.pdf (letöltve: 2021. 11. 28.)
- [47] Government of Iceland (2018): Iceland's Climate Action Plan for 2018-2030. Forrás: <https://www.government.is/library/Files/Iceland%20new%20Climate%20Action%20Plan%20for%202018%202030.pdf> (letöltve: 2021. 05. 28.)
- [48] World Bank (2017): Renewable energy consumption (% of total final energy consumption). Forrás: <https://data.worldbank.org/indicator/EG.FEC.RNEW.ZS?view=chart> (letöltve: 2021. 05. 28.)
- [49] Ministère de la Transition écologique (2019): Stratégie Française Pour L'Énergie Et Le Climat. Forrás: <https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Projet%20PPE%20pour%20consultation.pdf> (letöltve: 2021. 05. 25.)
- [50] Schweizerische Eidgenossenschaft (2019): Energy – Facts and Figures. Forrás: <https://www.eda.admin.ch/aboutswitzerland/en/home/wirtschaft/energie/energie---fakten-und-zahlen.html> (letöltve: 2021. 05. 23.)
- [51] Wu, T. – Hertzke, P. – Müller, N. – Schaufuss, P. – Schenk, S. (2019): Expanding electric-vehicle adoption despite early growing pains. Forrás: <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/expanding-electric-vehicle-adoption-despite-early-growing-pains> (letöltve: 2021. 05. 28.)
- [52] Shearer, C. – Fofrich, R. – Davis, S. J. (2017): Future CO2 emissions and electricity generation from proposed coal-fired power plants in India. *Earth's Future*. Vol. 5. No. 4. pp. 408-416.
- [53] Firstrow (2019): Az elektromos autók előnyei és hátrányai. Forrás: <https://firstrow.hu/az-elektromos-autok-elonyei-es-hatranyai/> (letöltve: 2021. 05. 28.)