



**VILLAMOSENERGIA-FELHASZNÁLÁST
OPTIMALIZÁLÓ INNOVATÍV RENDSZER
FEJLESZTÉSE IPARI-, LAKOSSÁGI
FOGYASZTÓK ÉS ELEKTROMOS
JÁRMŰVEK SZÁMÁRA
2024**

**KONFERENCIA
ELŐADÁSAI**

Miskolc, 2024. április 22.

Miskolc

ISBN 978-963-358-334-0

Kiadta:

Miskolci Egyetem

Gépészmérnöki és Informatikai Kar

Fizikai és Elektrotechnikai Intézet

Elektrotechnikai és Elektronikai Intézeti Tanszék

Szerkesztette:

Dr. habil. Bodnár István

egyetemi docens

Tudományos Bizottság tagjai:

Prof. Dr. Palotás Árpád Bence, Dr. habil. Bodnár István, Dr. Bencs Péter, Dr. Bölkény Ildi,
Dr. Dobó Zsolt, Dr. Garami Attila, Dr. Kozsely Gábor, Dr. Lengyel Ákos József,
Dr. Matusz-Kalász Dávid, Dr. Nagy Gábor, Dr. Olajos Péter, Dr. Pintér Judit Mária,
Dr. Rónai László, Somogyiné Dr. Molnár Judit, Dr. Szaszák Norbert

ISBN 978-963-358-334-0

Miskolc, 2024. április 22.

A kiadványban megjelenő publikációk lektoráltak!

A kiadványban megjelenő tartalomért és a forrásmegjelölésért a kiadó felelősséget nem vállal!

A teljes felelősség a szerző(ke)t terheli!

ELŐSZÓ

A Miskolci Egyetem számos közleményt jelentet meg, amelyek évtizedek óta hozzájárulnak a tudományos élet fejlődéséhez. E fejlődéshez csatlakozva a *Villamosenergia-felhasználást optimalizáló innovatív rendszer fejlesztése ipari-, lakossági fogyasztók és elektromos járművek számára 2024* című konferencia előadásaiból készült publikációk elektronikus kiadványa a 2020-1.1.2-PIACI-KFI-2020-00138 azonosító számú projektben folytatott kutatómunkák legújabb közleményeit tartalmazza.

A 2020-1.1.2-PIACI-KFI-2020-00138 azonosító számú, „Villamosenergia-felhasználást optimalizáló innovatív rendszer fejlesztése ipari-, lakossági fogyasztók és elektromos járművek számára” című projektben a konzorcium vezetői feladatokat a PowerQuattro Zrt. látja el. A projekt konzorciumi tagja a Ferr-Váz Kft. és a Miskolci Egyetem. A projekt legfőbb célja olyan intelligens akkumulátoros energiatároló rendszerek fejlesztése, amelyek nem csak az ipari és a lakossági fogyasztókhoz, azok hálózataikhoz illeszthetők, hanem alkalmasak elektromos járművekben történő alkalmazásra is. A projekt két fő irányvonalat definiált. Az egyik projektrészben az ipari és lakossági felhasználásra szánt rendszerek kutatása, fejlesztése és innovációja zajlik. A másik projektrész kifejezetten az elektromos járművekre, kiemelten a városi közlekedésre alkalmas buszokra koncentrál.

A projekt során célul tűztük ki, hogy kidolgozunk egy olyan koncepciót, amely a belső égésű motorral szerelt autóbuszok elektromos meghajtásúvá történő átalakításának tervét tartalmazza a műszaki és gazdasági optimum figyelembevételével. A kutatómunkánk során tanulmányoztuk a rendelkezésre álló szakirodalmakat és különböző műszaki és gazdasági számításokat, valamint környezeti hatásvizsgálatokat végeztünk, amelyek eredményeként kijelölésre kerültek a lehetséges autóbuszok köre, amelyek átalakítása megtérülő befektetés. Jelen ismeretek alapján a CNG üzemű szóló buszok elektromos meghajtásúvá történő átalakítása a legcélszerűbb a belső égésű motorral szerelt buszok közül.

Jelen kiadvány a projekt második szakaszának kutatási eredményeit mutatja be, amely eredmények nem csak szakirodalmi források tanulmányozásán és az első körös saját számítási, valamint mérési eredmények bemutatására koncentrál, hanem konkrét javaslatokat is megfogalmaz, amely a megvalósítási folyamat fontos elemeivé váltak.

A projekt vezetősége fontos feladatának tekinti a kutatómunka különböző szakágain folyó tudományos kutatási tevékenységnek színvonalas publikálási lehetőséget biztosítani. A színvonalat a szervezőbizottság azzal is biztosítani kívánja, hogy a kötetben megjelenő valamennyi cikk alapos lektorálási folyamaton és szerkesztőbizottsági értékelésen megy keresztül. A publikálásra elfogadott cikkek magas színvonalának az is záloga, hogy a cikkek lektorálásánál minden esetben törekedtünk az adott szakterületen elismert, és független kutatót, szakértőt felkérni. A lektorok észrevételeit a szerzők megkapták, ezzel is elősegítve a minőségi publikáció megjelenését. A lektorálás alapos és szakmailag igényes elvégzése nem kis feladatot ró a felkért lektorokra, amiért ezúton is köszönetünket fejezzük ki valamennyi közreműködő lektornak.

Kelt: Miskolc, 2024. április 22.

Tudományos Bizottság

TARTALOMJEGYZÉK

Ahmed Manaf Noofal Taha, Bencs Péter:

A járműfűtési és -szellőztetési rendszerek fejlesztési technikáinak áttekintése 5

Bencs Péter:

A közlekedés fejlődése során lehetséges jövő üzemanyagainak áttekintése 15

Bencs Péter, Nagy Nóra:

A hidrogénüzemű gépjárművek kockázatelemzésének áttekintése 23

Bodnár István:

Napelemes erőmű feszültségének vizsgálata 31

Bodnár István:

Használt napelemek teljesítménymérése 37

Bodnár István, Boros Rafael Ruben, Matusz-Kalász Dávid, Jobbágy Marcell:

Solar powered electric car with variable-voltage/variable frequency drive control 42

Boros Rafael Ruben, Bodnár István, Matusz-Kalász Dávid, Jobbágy Marcell:

Life cycle assessment of vehicles 51

Fekete Tamás, Tóth Dániel:

Méréstechnikák a szerszámgépiparban 59

Fekete Tamás, Tóth Dániel:

Lézeres méréstechnikák a szerszámgépiparban 63

Kovács Attila, Somogyiné Molnár Judit, Jármai Károly:

EV töltők villamos analízise 68

Kozsely Gábor:

A napelem cella p-n átmenetének modellezése 76

Matusz-Kalász Dávid, Bodnár István, Boros Rafael Ruben, Szabó Norbert:

Range-reducing effect of contaminants in case of solar vehicles 85

Matusz-Kalász Dávid, Bodnár István, Jenyó Tamás, Kozsely Gábor:

Li-ion akkumulátor cellák túltöltése 94

Rónai László, Lénárt József:

Polaritás és töltöttségi szint meghatározó rendszer fejlesztése Li-ion akkumulátorhoz 102

Szabó Norbert:

Szuperkondenzátor mérésére szolgáló LabView program megvalósítása 106

Szaszák Norbert Tibor:

Li-ion akkumulátor villamos paramétereinek hőmérséklet-függése 111

Szaszák Norbert Tibor, Lengyel Ákos József:

Li-ion akkumulátor villamos paramétereinek hőmérsékletfüggése – a mérőrendszer összeállítása 117

A KÖZLEKEDÉS FEJLŐDÉSE SORÁN LEHETSÉGES JÖVŐ ÜZEMANYAGAINAK ÁTTEKINTÉSE

REVIEW OF FUTURE FUELS IN TRANSPORTATION

BENCS Péter

Ph.D., egyetemi docens, peter.bencs@uni-miskolc.hu
Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai Kar, Energetikai és Vegyipari Gépészeti Intézet,
Áramlás- és Hőtechnikai Gépek Intézeti Tanszék

Kivonat: A kutatás elsődleges célja a fosszilis tüzelőanyaggal működő járművek üvegházhatású gázkibocsátásra gyakorolt hatásának vizsgálata. Tekintettel a műszaki fejlődés lehetőségeire, a fosszilis tüzelőanyaggal működő járművek fokozatos kivonása egyre gyorsul. A prioritás az üvegházhatású gázok semlegességének mielőbbi elérése a közlekedésben. Ez a tanulmány bemutatja a különböző hajtásláncok hatását az üvegházhatású gázok semlegességének elérésére (különös tekintettel a kombinált technológiák hatására), valamint az akkumulátoros elektromos járművek hatását az üvegházhatású gázok semlegességének elérésére. A tanulmány különböző forgatókönyvek alapján megmutatja, hogy a különböző technológiák kombinációja hatékonyabb az üvegházhatású gázok csökkentésében, mint egy teljesen tiszta technológia.

Kulcsszavak: üzemanyag, közlekedés, üvegházhatás, dízel

Abstract: The primary objective of this research is to investigate the impact of fossil fuel vehicles on green-house gas emissions. Given the potential for technological progress, the phase-out of fossil fuel vehicles is accelerating. The priority is to achieve green-house gas neutrality in transport as soon as possible. This study will present the impact of different powertrains on achieving greenhouse gas neutrality (with a particular focus on the impact of combined technologies) and the impact of battery electric vehicles on achieving greenhouse gas neutrality. The study will show, under different scenarios, that combining different technologies is more effective in reducing greenhouse gases than a completely clean technology.

Keywords: fuel, transport, greenhouse, diesel

1. BEVEZETÉS

A légkör szén-dioxid szintje 403 ppm koncentrációban riasztó szintet ért el. A tüzelőanyagok égetése során a szén oxidációjából származó CO₂ teszi ki a globális antropogén üvegházhatású gázkibocsátás legnagyobb részét [1]. Ennek eredményeképpen a globális felszíni középhőmérséklet az iparosodás előtti szinthez képest körülbelül 1 °C-kal emelkedett [2]. A globális felmelegedés lassítása vagy megállítása érdekében a szén-dioxid-kibocsátást csökkenteni kell a hagyományos fosszilis tüzelőanyagoktól való függőségünk csökkentésével, és ezáltal ösztönözni kell a tiszta és fenntartható tüzelőanyagok kifejlesztését, különösen a megújuló forrásokból. A bioüzemanyagok azon folyékony üzemanyagok közé tartoznak, amelyek gazdasági és környezetvédelmi okokból egyre nagyobb jelentőséggel bírnak.

Jelenleg a bioüzemanyagok előállításának minden kereskedelmi szempontból életképes módszere a napsugárzás fotoszintetikus befogását és a napenergiának a szén kémiai redukciója révén kémiai energiává történő átalakítását foglalja magában [3]. A fotoszintézis a napenergiát a növényekben tárolt kémiai energiává alakítja át; ilyen növény lehet a kukorica vagy a biohulladék, amelyet később bioüzemanyaggá alakítanak át. A bioüzemanyag-előállításhoz szükséges jelenlegi biomassza-feldolgozási módszerek azonban nagy földterületeket és napfényt igényelnek. Így az élelmiszertermeléssel versenyezve olyan erőforrásokért, mint a víz és a föld, ráadásul ezek a módszerek összességében alacsony hatékonyságúak [4]. 2009-ben az Egyesült Államok Energiaügyi Minisztériuma (DOE) létrehozta az Elektroüzemanyagok programot, hogy

tanulmányozza és fejlessze az új módszereket a közlekedési energiahordozók előállítására, illetve az üzemanyagok nem fotoszintetikus módszerekkel történő kifejlesztése [3].

Az elektroüzemanyagokat energiatárolási technikának lehetne tekinteni, amelyben a fotocellák segítségével nyert napenergiát kémiai energiává alakítják át / energiává alakul, az energiát a gáz vagy az energiahordozó kémiai kötése között tárolják vagy folyékony tüzelőanyagok között. Továbbá, mivel közlekedési üzemanyagként az elektroüzemanyagok kihasználhatják a már meglévő infrastruktúrát, így a szállítás sokkal egyszerűbbé válik és olcsóbbá teszi [6, 7]. A közelmúltban e tényezők eredményeként az elektroüzemanyagok számos autógyártó figyelmét keltették fel, például a Porsche és a Mazda [8].

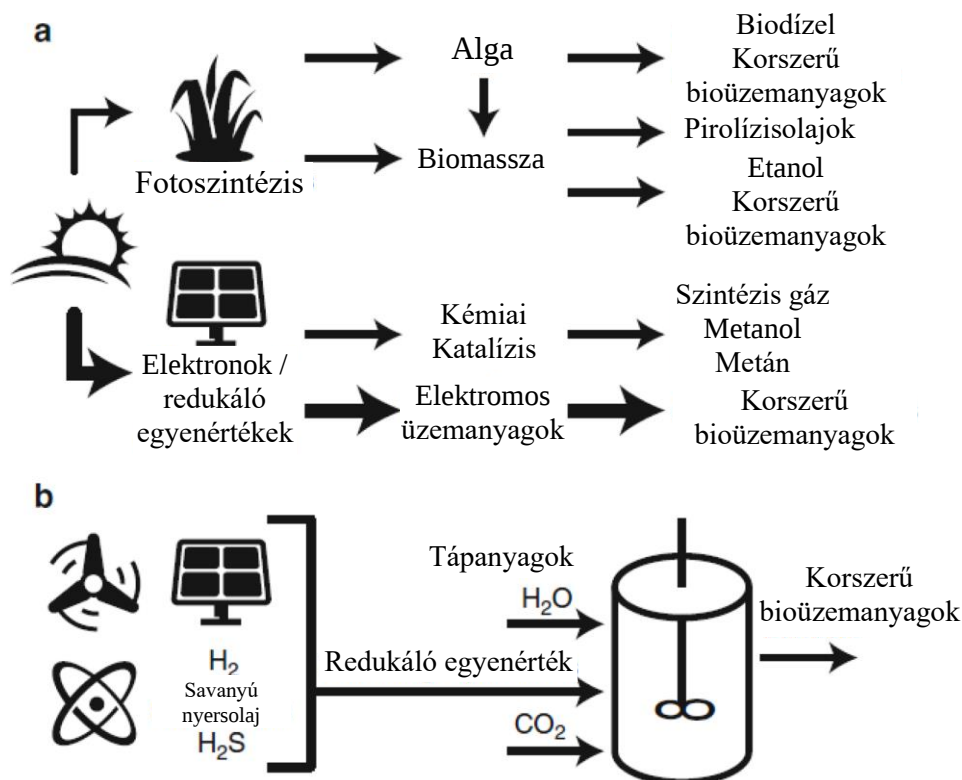
A hidrogén is használható energiahordozóként, azonban alacsony térfogati energiasűrűségével, ami sokkal alacsonyabb, mint a benziné [9]; a szállításához nagy nyomás vagy alacsony hőmérséklet szükséges a térfogati energiasűrűség növeléséhez, illetve könnyen és biztonságosan szállítható [10].

Az üzemanyagot olyan redukált anyagként lehet meghatározni, amely oxidációval kémiai energiát tud felszabadítani, az oxidáció tiszta oxigénnel vagy levegőből származó oxigénnel történő égetéssel vagy oxidációs reakciókkal valósulhat meg, amelyek eredményeként hasznos energia keletkezik [11]. Sajnos a szakirodalomban az elektroüzemanyagok és a szintetikus üzemanyagok kifejezéseket néha felcserélve használják, így ugyanazt az üzemanyagot jelentik. Ridjan et al. szerint az elektroüzemanyag kifejezés olyan üzemanyagot jelent, amely az üzemanyag előállításához CO₂-t használ fő forrásként; ez az üzemanyag azonban különböző módszerekkel állítható elő. Míg a szintetikus üzemanyag kifejezést a szénből, gázból és biomasszából termokémiai átalakítással előállított, gáz- vagy folyékony üzemanyagot előállító üzemanyagok megjelölésére használják [12], például a szintetikus paraffinkerozint (SPK), amely egyfajta repülőgép-üzemanyag, gázból folyadékká (GTL) eljárással állítják elő [13]. Elektroüzemanyagot két fő módszerrel lehet előállítani; az első a CO₂ biológiai átalakítása energiasűrű üzemanyaggá [14], a második pedig az újrahasznosított CO₂-gáz és a víz elektrolíziséből származó hidrogén kombinálásával előállított üzemanyag [15].

Az *1a. ábra* a napenergia különböző energiaátalakítási útvonalait mutatja a bioüzemanyagok és az elektroüzemanyagok felé [3], míg az *1b. ábra* a napenergiából a bioüzemanyagok és az elektroüzemanyagok felé vezető útvonalakat mutatja a bioreaktorba táplálható különböző források és tápanyagok, amelyekből bioüzemanyagot lehet előállítani gáz vagy folyékony üzemanyagok előállítására [3].

A szakirodalomban néha a fémüzemanyagokat elektroüzemanyagoknak, fém a fémek elektrokémiai redukciós reakciói révén állítják elő az üzemanyagokat. Oxidjaikat, ha a reakció energiaforrása villamos energia lenne, akkor ez a fajta tüzelőanyagot nevezhetjük elektroüzemanyagoknak [16]. A fémtüzelőanyag-ciklusban a termelt fém tüzelőanyagot a végső felhasználási helyre szállítják, ahol elégetik közvetlenül (oxidálva) egy atmoszférikus levegővel működő égetőben [17]. A Brynolf et al. nemrégiben megjelent áttekintő cikkében [18], az elektroüzemanyagok előállítási költségeit különböző módokon értékelték: az első a szakirodalom áttekintése volt, a második egy részletesebb szakirodalmi áttekintés, amely az előállítási és a hatékonysági költségeket és hatásfokokat tartalmazza az ezen tüzelőanyagok szétválasztását, végül pedig számítások sorozatának elvégzésével a költségek becslésére és összehasonlítására a kutatásban és szakirodalomban található adatokkal. Masri [19] áttekintette a szakirodalmat a kihívások és az elektroüzemanyagok turbulens égetése előtt álló nehézségeket. Következtetése szerint, hogy folyamatos kutatásokra van szükség a turbulens égés területén, hogy az előrejelzési képességek megfelelő szintre kerüljenek, amely lehetővé teszi, hogy megbízható szabványos eszközzé váljanak a jövő égéstermékeinek tervezéséhez és ellenőrzéséhez. Ennek az áttekintésnek a célja, hogy a közelmúltban elért eredményekkel foglalkozzon a következő területen az elektroüzemanyagok területén, amely magában foglalja az elektroüzemanyagok kémiá-

ját és az előállításukhoz szükséges reakciókat, valamint a különböző tanulmányok összehasonlítása az elektroüzemanyagok életciklus-értékelését, valamint gazdasági és műszaki értékelését. Ezen túlmenően ez az áttekintés kitér az égés az elektroüzemanyagok viselkedésére és azt, hogy ez hogyan befolyásolja a teljesítményüket és az üzemanyagokat a jövőbeli energiarendszerekbe való integrálásukat.



1. ábra: (a) a napenergiától a bioüzemanyagok és az elektroüzemanyagok felé vezető különböző energiaátalakítási utak b) a bioreaktorba táplálható különböző források és tápanyagok gáz- vagy folyékony tüzelőanyagok előállításához [3].

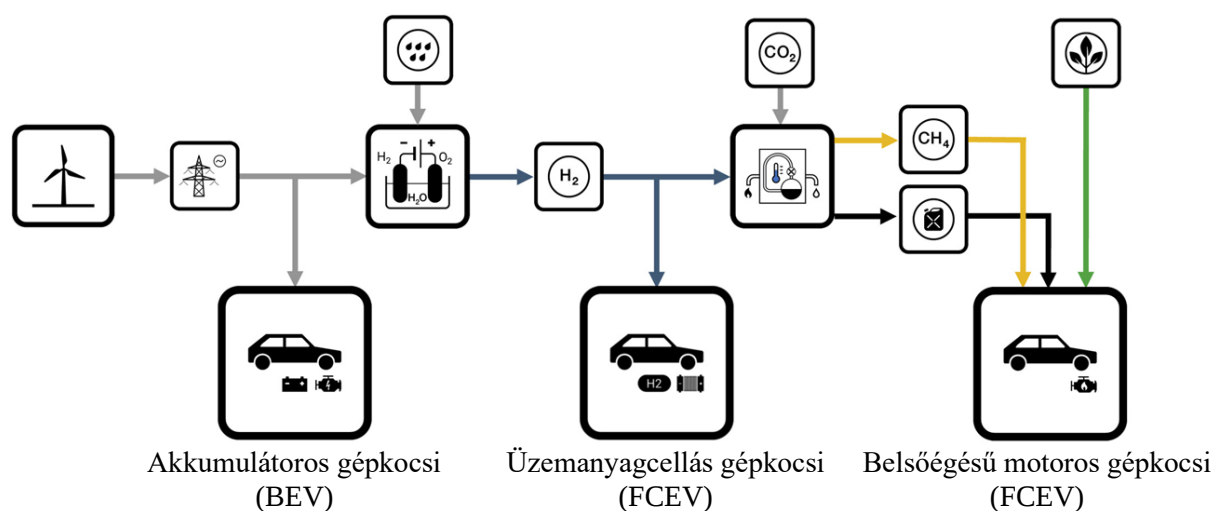
2. A KÖZLEKEDÉS DEKARBONIZÁLÁSA

Németország, amely az üvegházhatású gázok (ÜHG) kibocsátásának legnagyobb kibocsátói közé tartozik, 2015-ben ratifikálta a Párizsi Megállapodást, 2016. októberében kötelezettséget vállalt arra, hogy jelentősen csökkenti az üvegházhatású gázok kibocsátását [20]. A németországi kibocsátás csökkentésére irányuló erőfeszítések szén-dioxid-kibocsátás csökkentésére irányuló erőfeszítések máris az üvegház-hatásúgáz-kibocsátás csökkenéséhez vezettek a gazdaságának legtöbb ágazatában. A közlekedési ágazat szénlábnyomának nem csökkentését, hanem az üvegházhatású gázok kibocsátásának enyhe növekedését mutatja, az 1990-es 163 Mt CO₂-egyenértékről 164 Mt CO₂-egyenértékre 2014-ben [21], amelynek mintegy 95%-át a közúti közlekedés okozta. A közúti közlekedés 60%-ban személygépkocsik és 35%-ban haszongépjárművek [22]. Az általános megközelítések ÜHG-kibocsátás csökkentésére a közlekedésben négyféle megközelítés létezik: az üzemanyagok szén-dioxid-intenzitásának csökkentése, a járművek energiahatékonyságának növelése, a közlekedési módok áthelyezése közlekedési módok, és a teljes kereslet csökkentése [23]. Míg az utóbbi kettőt mobilitási átállásnak nevezik, addig az első kettő a közlekedés energetikai átmenetére vonatkozik [24]. Bár a szén-dioxid-

mentesítésre irányuló törekvés egyértelmű és a közúti közlekedés energetikai átállásának számos különböző technológiai megoldása, például az elektromos járművek rendelkezésre állnak, a legjobb lehetőség(ek)et illetően mind a mai napig fennáll a nézeteltérés. Bár a bizonytalanság vitathatatlanul nagy szerepet játszik ebben a nézeteltérésben. Nem derült ki egyértelműen, hogy a különböző technológiai lehetőségek hogyan viszonyulnak egymáshoz a bizonytalanságuk tekintetében.

2.1. Technológiák összehasonlítása

A közlekedésben az energiaátállítás megvalósítása érdekében általában három különböző technológiai lehetőségről folyik a vita: akkumulátoros-elektromos járművek (BEV), hidrogén-alapú üzemanyagcellás elektromos járművek (FCEV) és belső égésű motorral hajtott járművek (ICEV), amelyek vagy a következőkkel működnek bioüzemanyagokkal vagy szintetikus üzemanyagokkal. A 2. ábra szemlélteti a közúti közlekedés széndioxid-mentesítésének e lehetőségeit, amelyek a megújuló energiaforrásokból származó villamos energián alapulnak.



2. ábra: Az alacsony széndioxid-kibocsátású közúti közlekedés alapvető technológiai lehetőségei [25].

A BEV-ek olyan járművek, amelyek elektromos energiával működnek, amelyet egy fedélzeti akkumulátor biztosít, amely egy villanymotort táplál. Az elektromotor magas, akár 95%-os hatásfokának és a mechanikus energia részleges visszanyerésének lehetőségének köszönhetően, a BEV-ek mutatják a legmagasabb (70% körüli) "well-to-wheel" hatásfokot az összes vizsgált technológia közül [26, 27].

Az FCEV-k a villamosenergia-ellátás tekintetében különböznek a BEV-ektől. Az FCEV a fedélzeten a szükséges energiát hidrogénből állítja elő egy üzemanyag-cella egységen keresztül. Ezt a villamos energiát aztán egy villanymotor működtetésére használják. A BEV-ekhez képest a rendszer egy további lépést tartalmaz, mivel a villamos energiát először egy energiahordozó (hidrogén) elektrolízis útján történő előállítására használják fel, amely aztán lehetővé teszi a fedélzeti átalakítást, villamos energiává. Ennek megfelelően a teljes "well-to-wheel" hatásfok viszonylag alacsony (25 és 30% között) [27, 28].

A harmadik technológia, az ICEV alapvetően egy hőmotor, amely az üzemanyag elégetéséből mechanikus energiát termel. Az energiaátalakítás szempontjából ez az üzemanyag lehet szintetikus üzemanyag vagy bioüzemanyag, és mindkettő potenciálisan széndioxid-semleges

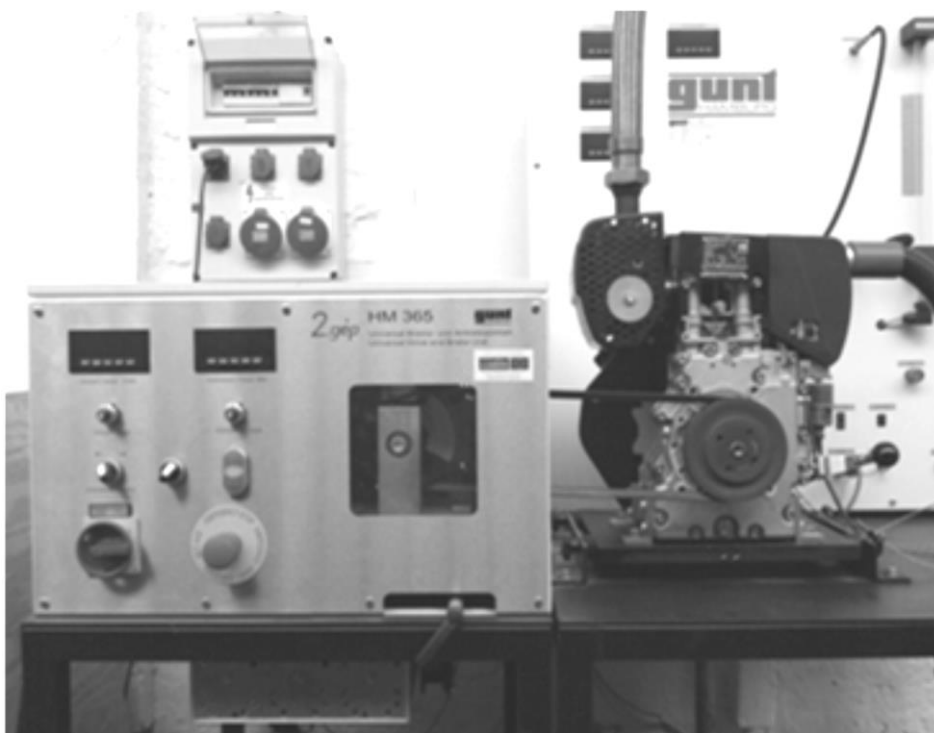
működést tesz lehetővé. A szintetikus üzemanyagok előállításának fő forrásai a hidrogén és a széndioxid. Az átalakítási lépések sokasága miatt a kútról-kerékre határfok itt a legalacsonyabb az összes lehetőség közül (13-20%) [27, 28]. Ezzel szemben a szerves anyagból, például termesztett növényekből vagy szerves hulladéktermékekből előállított bioüzemanyagok elméletileg széndioxid-semlegesnek tekinthetők, mivel helyileg csak annyi szén bocsátanak ki, amennyit a növény korábban felvett (a szántáshoz és az átalakítási folyamatokhoz szükséges energiafelhasználást figyelmen kívül hagyva) [29].

3. MÉRÉSI FELADAT

Oktatási célra gyártott Gunt gyártmányú berendezésen végeztük üzemanyag vizsgálati kutatásokat (3. ábra). A gépegyüttes egy egyhengeres Hatz 1B20-6 típusú dízelmotorból és a hozzá csatlakoztatható fékgépből áll. Ahhoz, hogy a motorban lezajló folyamatokról átfogóbb képet kapjunk, a kipufogógáz összetételét is vizsgálunk kellett, amire egy Testo 330-2 típusú mérőberendezés alkalmaztunk. Ennek köszönhetően a különböző üzemanyagok emissziós értékekre gyakorolt hatását is dokumentálni tudtuk.

3.1. A vizsgált üzemanyagok

Két különböző üzemanyag kísérleti dízelmotorra gyakorolt hatását mutatjuk be. Az egyik, kereskedelmi forgalomban is kapható normál dízel üzemanyag (MSZ EN 590:2009 szabvány szerinti összetétel), amely az előírásoknak megfelelően már alaptól tartalmaz 4,8 térfogatszázalék bio komponens zsírsav metil-észtert. Az általunk vizsgált alternatív üzemanyag-keverék ezzel ellentétben átészterezés nélküli növényi eredetű olajjal készült, amit a fentebb említett kereskedelmi forgalomban kapható normál dízel üzemanyaghoz kevertünk. A nemzetközi szakirodalmakban az alternatív üzemanyag előállítása során, a növényi olajat átészterezési eljárással előkezelik [30].



3. ábra: A kísérleti dízelmotor és a hozzákapcsolt fékező berendezés.

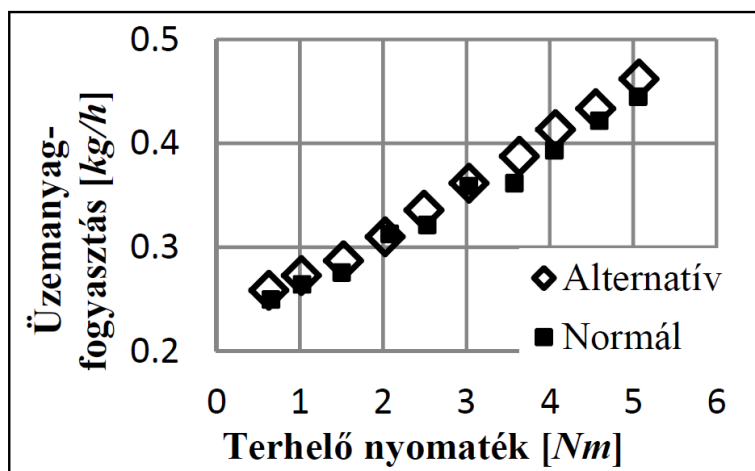
Kutatásunk során arról szerettünk volna információt gyűjteni, hogy milyen hatással van a dízelmotorra és annak kipufogó gázának összetételére egy átészterezés nélküli, háztartásokban is használt növényi olaj hozzáadásával készült alternatív üzemanyag-keverék. Az így kialakított alternatív üzemanyag 2/3-ad térfogatszázaléka normál dízel, 1/3-ada pedig napraforgó növényi olajat tartalmazott.

4. EREDMÉNYEK

Vizsgálataink során mindkét üzemanyag használata mellett úgy végeztük el a méréseket, hogy az üzemi paraméterek azonosak legyenek, tehát a motort állandó fordulatszámmal üzemeltetve, a terhelő nyomatékot növeltük. A mérést az előállítható legkisebb fékező-nyomatékról indítottuk, ami 0,5 Nm-t jelentett. Ezt követően a további mérési pontokat úgy alakítottuk ki, hogy 0,5 Nm-enként emeltük a terhelő nyomatékot 5 Nm-ig, gondosan ügyelve arra, hogy a terhelés változtatása után a mérendő paraméterek beálljanak állandó értékre. Hasonló mérési módszert figyelhetünk meg Wang és szerzőtársai publikációjában is [31].

Az üzemanyag-fogyasztási adatokat értékeltük ki, amik a 4. ábrán láthatók. A diagramon egyértelműen megfigyelhető, hogy az alternatív üzemanyag használata mellett az üzemeltetési tartományon átlagosan óránként 3,2%-kal több tömegegységnyi üzemanyag fogyott, ugyanolyan működési körülmények között. A többletfogyasztásnak több oka is létezik.

Az egyik, hogy az alternatív üzemanyagkeverék energiatartalma kisebb, mint a normál dízel üzemanyagnak; a másik ok az égés minőségének változása lehet. Az általunk előállított üzemanyag átészterezés nélkül felhasznált növényi olajat tartalmaz, aminek hatására a viszkozitás megnőtt. Ennek következtében a porlasztás, és így az égés minősége romlott. A mért többletfogyasztás azonban eltörlül annak tudatában, hogy a vizsgált üzemanyag harmad részét nem fosszilis energiaforrás teszi ki.



4. ábra: Üzemanyag fogyasztás [kg/h].

5. ÖSSZEFOGLALÁS

Stratégiaiilag hasznosnak tűnik tehát minden technológiai lehetőséget nyitva tartani, hogy alkalmazkodni tudjunk az előre nem látható fejleményekhez. A gyakorlatban ez nem jelenthet kivárási stratégiát, hanem az összes lehetőség párhuzamos fejlesztését. Ez ugyan magasabb kezdeti költségekkel jár, de növelheti az energetikai átmenet hosszú távú ellenálló képességét, és segít elkerülni a pillanatnyi döntéseket. Végso soron mind a BEV-, mind az FCEV-infra-

struktúra kiépítésének társadalmi-gazdasági költsége viszonylag csekélynek tűnik más infrastrukturális költségvetésekhez képest.

A kutatásaink során elvégzett kísérletek szintén sok lehetőséget mutatnak a IBEV rendszerekben. Alternatív megoldások a különböző nem fosszilis eredetű üzemanyagok előállítása és bekeverése a jelenlegi üzemanyagokba (illetve teljesen szintetikus üzemanyag előállítása). Kutatásainkat tovább kívánjuk folytatni normál körülmények között féktermi próbapadon (dízel nagyteljesítményű motoron). Az eredményeink egy újabb kutatási együttműködés kialakítását célozzák nagy autógyári céggel (új üzemanyag típusok vizsgálata kapcsán).

6. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerző hálás az AVL vállalatnak a kutatás technikai (szoftver tudományos licenc) támogatásáért.

7. FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. *CO2 Emissions from Fuel Combustion* 2017. OECD Publishing, 2017.
- [2] IPCC, *Global warming of 1.5 °C An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5° C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change*, 2018.
- [3] CONRADO, R. J., et al. *Electrofuels: a new paradigm for renewable fuels*. In: Advanced biofuels and bioproducts. New York, NY: Springer New York, 2012. p. 1037-1064.
- [4] AGARWAL, A. S., et al. *Conversion of CO2 to value added chemicals: Opportunities and challenges*. Handbook of climate change mitigation and adaptation, 2022, 1585-1623.
- [5] TARASCON, J.-M.; ARMAND, M. *Issues and challenges facing rechargeable lithium batteries*. Nature, 2001, 414.6861: 359-367.
- [6] LEVINE, R. B.; PINNARAT, T.; SAVAGE, P. E. *Biodiesel production from wet algal biomass through in situ lipid hydrolysis and supercritical transesterification*. Energy & Fuels, 2010, 24.9: 5235-5243.
- [7] GUAN, J., et al. *Development of reactor configurations for an electrofuels platform utilizing genetically modified iron oxidizing bacteria for the reduction of CO2 to biochemicals*. Journal of biotechnology, 2017, 245: 21-27.
- [8] ABABNEH, H.; HAMEED, B. H. *Electrofuels as emerging new green alternative fuel: A review of recent literature*. Energy conversion and management, 2022, 254: 115213.
- [9] MØLLER, K. T., et al. *Hydrogen-A sustainable energy carrier*. Progress in natural science: Materials International, 2017, 27.1: 34-40.
- [10] NIAZ, S.; MANZOOR, T.; PANDITH, A. H. *Hydrogen storage: Materials, methods and perspectives*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2015, 50: 457-469.
- [11] GUST, D.; MOORE, T. A.; MOORE, A. L. *Solar fuels via artificial photosynthesis*. Accounts of chemical research, 2009, 42.12: 1890-1898.
- [12] RIDJAN, I.; MATHIESEN, B. V.; CONNOLLY, D. *Terminology used for renewable liquid and gaseous fuels based on the conversion of electricity: a review*. Journal of cleaner production, 2016, 112: 3709-3720.
- [13] ABABNEH, H., et al. *Enhancing the lubricity of gas-to-liquid (GTL) paraffinic kerosene: impact of the additives on the physicochemical properties*. BMC Chemical Engineering, 2020, 2: 1-16.

- [14] HAWKINS, A. S., et al. *Biological conversion of carbon dioxide and hydrogen into liquid fuels and industrial chemicals*. Current opinion in biotechnology, 2013, 24.3: 376-384.
- [15] PEARSON, R. J.; TURNER, J. W. G. *Renewable fuels-an automotive perspective*. In: Comprehensive Renewable Energy: Vol. 5-Biomass and Biofuel Production. Elsevier, 2012.
- [16] BERGTHORSON, J. M. *Recyclable metal fuels for clean and compact zero-carbon power*. Progress in Energy and Combustion Science, 2018, 68: 169-196.
- [17] BERGTHORSON, J. M., et al. *Direct combustion of recyclable metal fuels for zero-carbon heat and power*. Applied Energy, 2015, 160: 368-382.
- [18] BRYNOLF, S., et al. *Electrofuels for the transport sector: A review of production costs*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2018, 81: 1887-1905.
- [19] MASRI, A. R. *Challenges for turbulent combustion*. Proceedings of the Combustion Institute, 2021, 38.1: 121-155.
- [20] AGREEMENT, Paris. *United nations paris agreement*. The Paris Agreement| United Nations [accessed on 15 August 2022], 2015.
- [21] FEDERAL MINISTRY FOR THE ENVIRONMENT, NATURE CONSERVATION, Building and Nuclear Safety, *Klimaschutz in Zahlen: Fakten, Trends und Impulse deutscher Klimapolitik* (2015). https://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/klimaschutz_in_zahlen_bf.pdf
- [22] FEDERAL MINISTRY FOR THE ENVIRONMENT, NATURE CONSERVATION, Building and Nuclear Safety, *Klimaschutz in Zahlen: Fakten, Trends und Impulse deutscher Klimapolitik* (2018). https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/klimaschutz_in_zahlen_2018_bf.pdf
- [23] BONGARDT, D., et al. *Low-carbon land transport: policy handbook*. Routledge, 2013.
- [24] HOCHFELD, C., et al. *Mit der Verkehrswende die Mobilität von morgen sichern*. 12 Thesen zur Verkehrswende. 2017.
- [25] WANITSCHKE, A.; HOFFMANN, S. *Are battery electric vehicles the future? An uncertainty comparison with hydrogen and combustion engines*. Environmental Innovation and Societal Transitions, 2020, 35: 509-523.
- [26] HACKER, F., et al. *eMobil 2050-Szenarien zum möglichen Beitrag des elektrischen Verkehrs zum langfristigen Klimaschutz*. Öko-Institut eV, 2014.
- [27] WOLFRAM, P.; LUTSEY, N. *Electric vehicles: Literature review of technology costs and carbon emissions*, 2016.
- [28] VERKEHRSWENDE, A. *Agora Energiewende, Frontier Economics, Die zukünftigen kosten strombasierter synthetischer kraftstoffe* (2018)[cited March 25, 2018]. URL <https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2017/SynKost,2017,2050>.
- [29] MALINS, C. *Thought for food: A review of the interaction between biofuel consumption and food markets* [cited March 20, 2018]. URL <https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/publications/CerologyThought-for-foodSeptember2017.pdf>.
- [30] MÁTRAI, Zs.; BODNÁR, I. *Dízelmotor környezeti terhelésének vizsgálata fosszilis és alternatív üzemanyagok használata mellett*. Műszaki Tudományos Közlemények, 2015, 3: 219-222.
- [31] WANG, Y. D., et al. *An experimental investigation of the performance and gaseous exhaust emissions of a diesel engine using blends of a vegetable oil*. Applied thermal engineering, 2006, 26.14-15: 1684-1691.