

# BELSŐÉGÉSŰ MOTOROK JÖVŐJE

Dr. Emőd István

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Gépjárművek tanszék

## 1 BEVEZETÉS

Három alapvető területen várunk folyamatos fejlődést motorjainktól. Ezek a következők:

- **a környezeti hatások:** a kipufogógázok mennyiségét, károsanyag-tartalmát, szagát és a motor zajosságát csökkenteni kell
- **a tüzelőanyag:** a minőségfejlesztést, az alternatív hajtóanyagokat és természetesen a fogyasztáscsökkentést kell előtérbe helyezni
- **a ráfordítások:** a drága anyagokat (pl. platina, ródium) és a költséges gyártási folyamatokat minimalizálni, az újrafelhasználási hányadot növelni kell.

A fejlődési folyamatot nehezíti, hogy eközben a motorral szemben támasztott igények egyre nagyobbak:

- egyszerűség
- gazdaságos üzem
- sorozatgyártásra alkalmasság
- nagy (pl. 150 000 mérföld) javítás, karbantartás nélküli élettartam
- globális (földrajzi helytől független) használhatóság

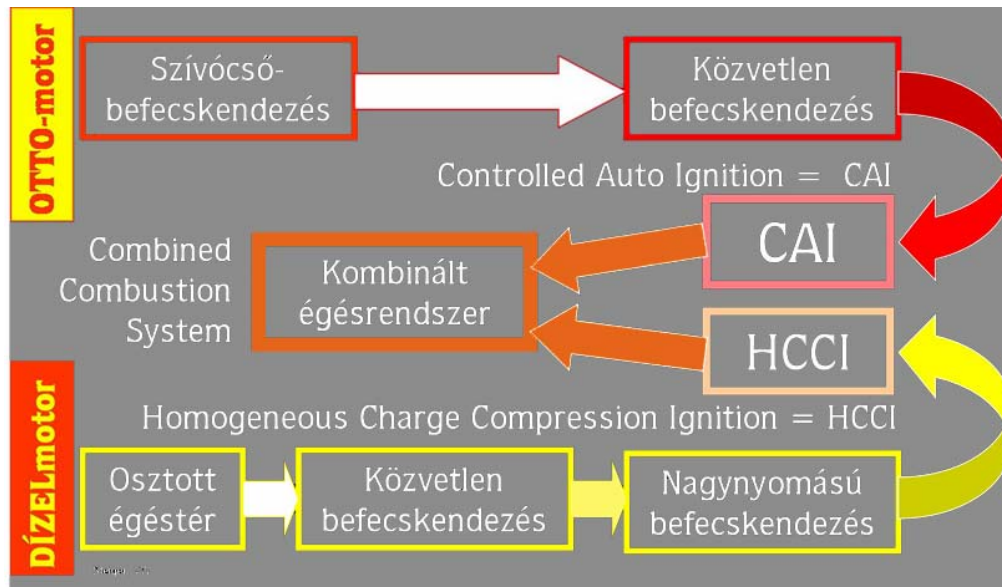
szempontjából.

## 2 A DUGATTYÚS MOTOR TOVÁBBFEJLESZTÉSI LEHETŐSÉGEI

Az elektronika segítségével a mikroprocesszor-vezérelt motorelektronika és motor-menedzsment további fejlődést ígér a következő területeken:

- a keverékképzés és az égésfolyamat optimalizálása, ellenőrzése, ehhez
  - új szenzorok felhasználása: ionáramszonda, fényszonda és nyomáshozondák jöhetnek elsősorban szóba,
  - a befecskendezés új lehetőségei: elektromechanikus, piezoelektromos ill. többsugaras és többszörös (elő- és utó-)befecskendezések, közvetlen befecskendezés [11]
  - az előzők segítségével új égésfolyamatok bevezetése és alkalmazása [3, 4, 6, 13] (pl. benzinmotoroknál szabályozott öngyulladás, dízelmotoroknál a homogén keverék) (1. ábra)
- a motoralkatrészek súrlódásának, a segédberendezések energiateljesítményének csökkentése, ennek lehetőségei:
  - konstrukció: csúszó súrlódás helyett gördülő súrlódás, a súrlódó felületek számának csökkentése, az anyagpárosítás és a felületi bevonatok megfelelő kiválasztása,

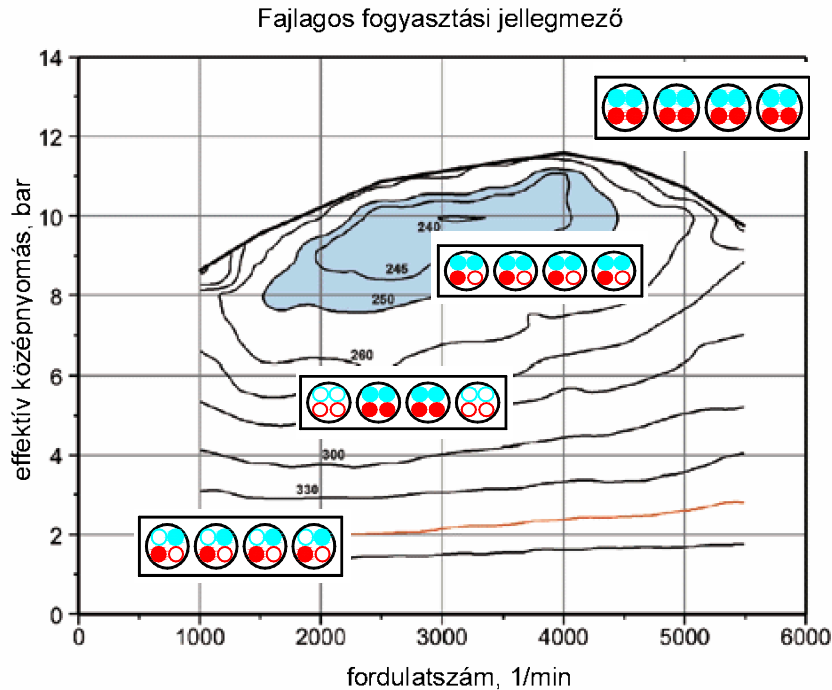
- a kenőanyag viszkozitása és minősége
- a fordulatszám csökkentése
- downsizing [11]
- a segédberendezések hajtásvesztéseinek csökkentése, hatásfokuk javítása, lehetőség szerint szabályozott működtetés kialakítása



1. ábra: Új égésfolyamatok:  
az Otto- és a dízelmotor közeledése [13]

- mechanikus flexibilitás [11] (a korábban konstruktív kötöttségű motorjellemzők egyre jobb hozzáigazítása a motor igényeihez):
  - változtatható szívórendszer
  - szelepnitások fázisszögének változtatása
  - változtatható szelepnitás, ennek segítségével szelep- és hengerkikapcsolás (2. ábra)
  - a sűrítési arány változtatása
- a motor/erőátvitel menedzsment további fejlesztése
- a teljes járművet figyelembevevő vezérlések és szabályozások (pl. motorhűtés, utastérfűtés- és a klimatizáció)

A fentiek vagy a különálló vezérlő egységek kommunikációjával, vagy egy központi vezérlő egységgel oldhatók meg.



2. ábra: Mechanikus flexibilitás – szelepvezérlés  
(üres karika – nem nyitó szelep  
kitöltött kör – működő szelep)

### 3 A DUGATTYÚS MOTOROK KORLÁTAI

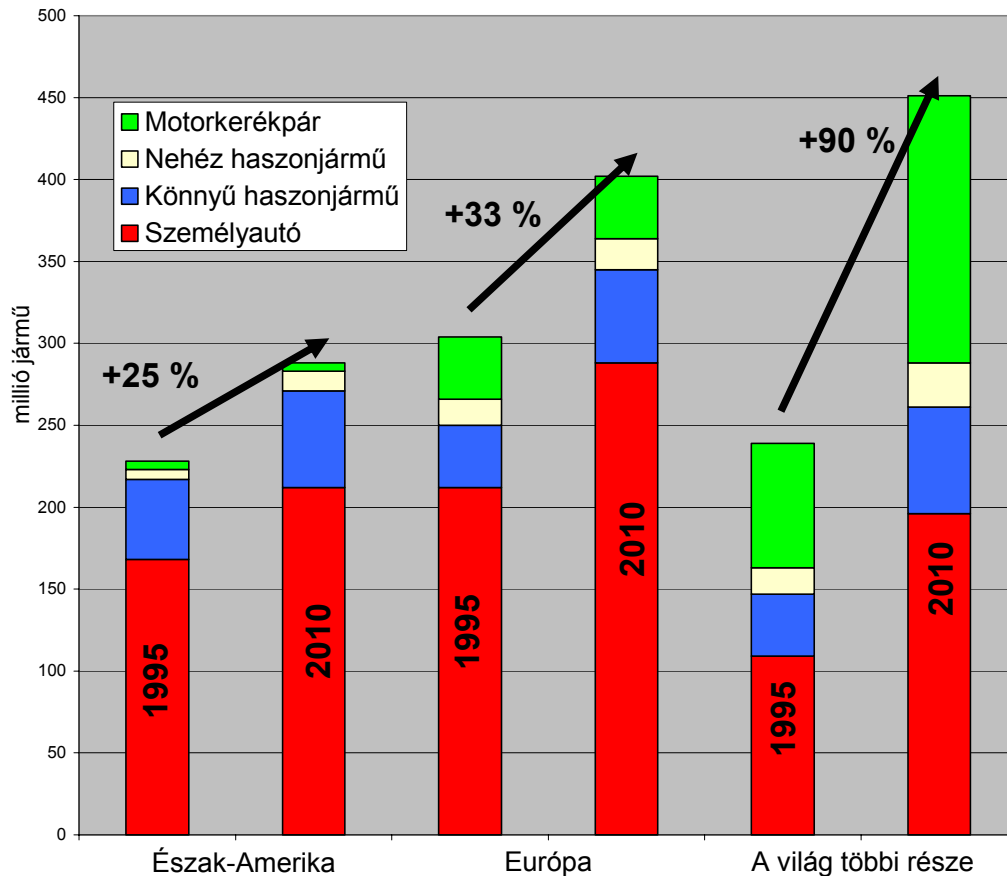
A technika mai állása szerint két fő szempont szól a dugattyús motor ellen:

- a kőolaj-előfordulások végessége és
- a dugattyús motorok környezetszennyezése.

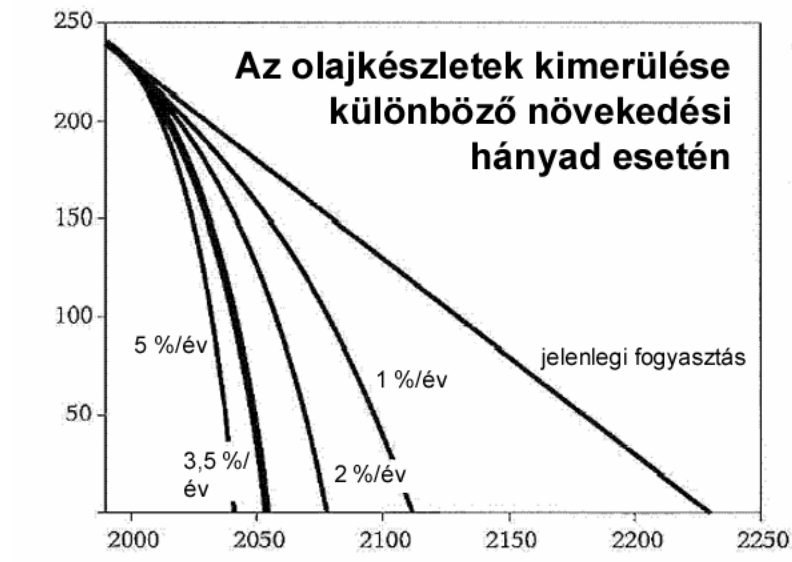
#### 3.1 A fosszilis motorhajtóanyagok tartalékai

Az tény, hogy a fosszilis motorhajtóanyagok tartalékai belátható időn belül kimerülnek. Hogy az ismert tartalékok meddig elegendőek, az a motorok fogyasztásának és a járművek számának alakulásától függ [15]. Mivel a fejlett országok járműpiaca többé-kevésbé telített, ez utóbbi főként a fejlődő országok népességszaporodásának és motorizációs igényeinek alakulásának (3. ábra) függvénye. Mindenesetre biztos, hogy a kőolajtartalékok legalább még 50 évig elegendőek lesznek, és ha a földgáz- és széntartalékokat is figyelembe vesszük, ennek többszöröse sem irreális elképzelés (4. ábra).

Ezeknek a számoknak az ismeretében az előfordulás végessége még nem égető ok [7]. Elfeledkezni úgy sem lehet róla: a kőolajtermékek növekvő ára folyamatosan figyelmeztet bennünket.



3. ábra: A járműállomány növekedése 1995-2010 között [15]

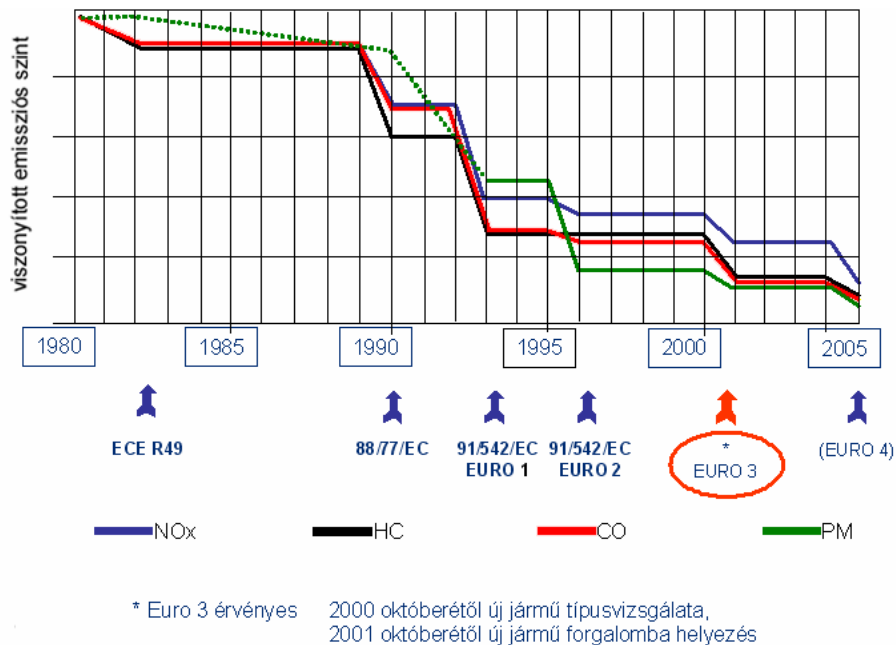


4. ábra: Kőolaj-előfordulások kimerülése

### 3.2 A dugattyús motorok környezetszennyezése

A környezetszennyezés kérdéseivel kapcsolatban az Európai Unió előírásai és az ACEA (Association des Constructeurs Européens d'Automobiles) vállalásai egyaránt szigorú ösztönzést jelentenek. Az emberi egészségre ártalmas kipufogógáz-

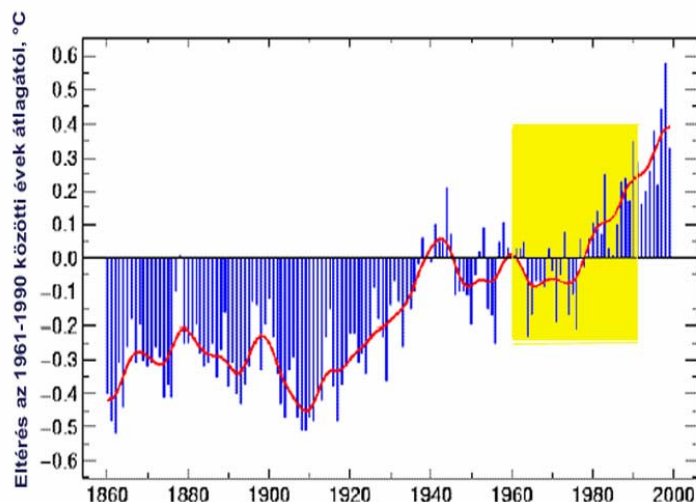
összetevők előírás szerinti csökkentése mai tudásunk szerint nem reménytelen, technikailag megvalósítható és anyagilag elviselhető. Az égés tökéletlenségéből származó károsanyagok (CO, HC, részecske, korom) korlátozására vonatkozó előírások az égésfolyamat fejlesztésével és az utókezelési technikának köszönhetően teljesíthetőnek látszanak [12]. (5. ábra)



5. ábra: A károsanyag-kibocsátás csökkenése 1980-2005 között

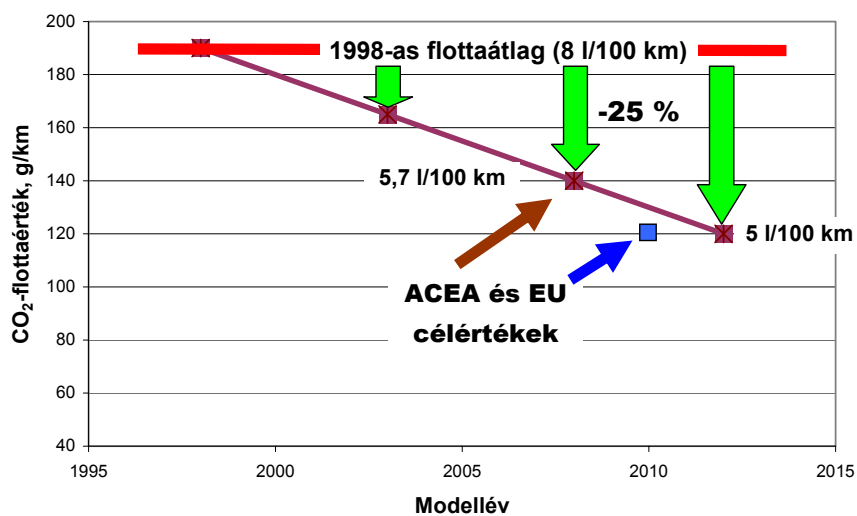
Az égés melléktermékei közül az NO<sub>x</sub> korlátozása a felsoroltakon és az ismert kipufogógáz-visszavezetésen kívül a már említett, új (szabályozott öngyulladású) égési folyamat bevezetésével is csökkenthető; az ugyanebbe a csoportba sorolható kén-oxidok (SO<sub>2</sub> és SO<sub>3</sub>) csökkentése pedig a nyersolaj kéntelenítésével oldható meg – igaz, a kén kenő hatását megfelelő adalékkal pótolni kell.

Nehezebben teljesíthető hajtóanyaggal működő belsőégésű motorokkal a nem mérgező, de a föld globális felmelegedését okozó szén-dioxid-kibocsátás csökkentésének kérdése (6. ábra).



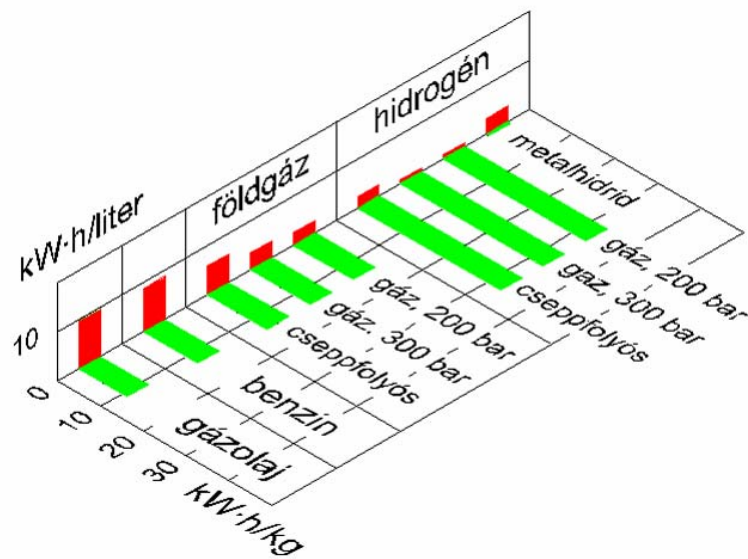
6. ábra: Az üvegházhatás mértéke [17]

Az ACEA vállalása szerint a 2008-ban gyártott autók átlagos flottakibocsátását 140 g/km alá kell csökkenteni. Ez 25 %-kal kisebb, mint az 1998-as átlagkibocsátás. Az EU még ennél is szigorúbb: 2010-re 120 g/km értékhatárt ír elő [17] (7. ábra).



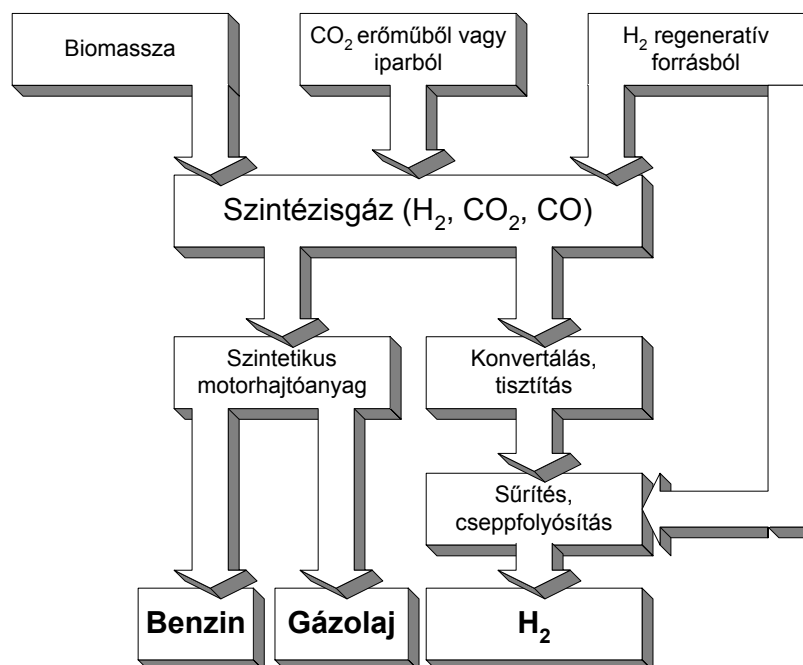
7. ábra: A CO<sub>2</sub>-kibocsátás csökkentése [1]

Az alternatív motorhajtóanyagok fokozott felhasználása ezen a területen is segíthet. Távlati megoldás a hidrogén, melynek égésterméke víz, szén-dioxidot nem tartalmaz. Még megoldatlan azonban a gazdaságos előállítás, a szállítás, a tárolás és az infrastruktúra kérdései (8. ábra.)



8. ábra: Motorhajtóanyagok energiatartalma

A nem túl távoli jövőben nagyobb realitása van a szintetikus motorhajtóanyagoknak. Ha biomasszából, ipari vagy erőművi égéstermékéből és regeneratív forrásból származó hidrogénből állítják elő, akkor nem növeli a környezet szén-dioxid-terhelését, és – ami lényeges – a hagyományos infrastruktúrával juttatható el a járműhöz, amelynek hagyományos motorjaiban elégethető [13] (9. ábra).



9. ábra: Szintetikus motorhajtóanyagok [13]

## 4 A DUGATTYÚS MOTOR VERSENYTÁRSAINAK HELYZETE

Erősen befolyásolja a dugattyús motorok versenyhelyzetét a konkurens eljárások műszaki érettsége és gazdaságossága. A rakétahajtást a múlt század 20-as éveiben, a Wankel-motort a 60-as években kísérelték meg járműben használni. Az előbbi a repülőgépek területén szorította ki a dugattyús belsőégésű motorokat, az utóbbi csak kisebb (csónak-, fűnyíró- stb.) motorként talált alkalmazásra.

A gázturbinával még a 90-es években is próbálkoztak, de személygépkocsimotor-nagyságrendben nem tudták a fogyasztását 300 g/(kW·h) alá szorítani. Ez ugyanis 20...30 %-kal nagyobb, mint a mai benzin- és dízelmotorok fogyasztása.

### 4.1 A hibridhajtás

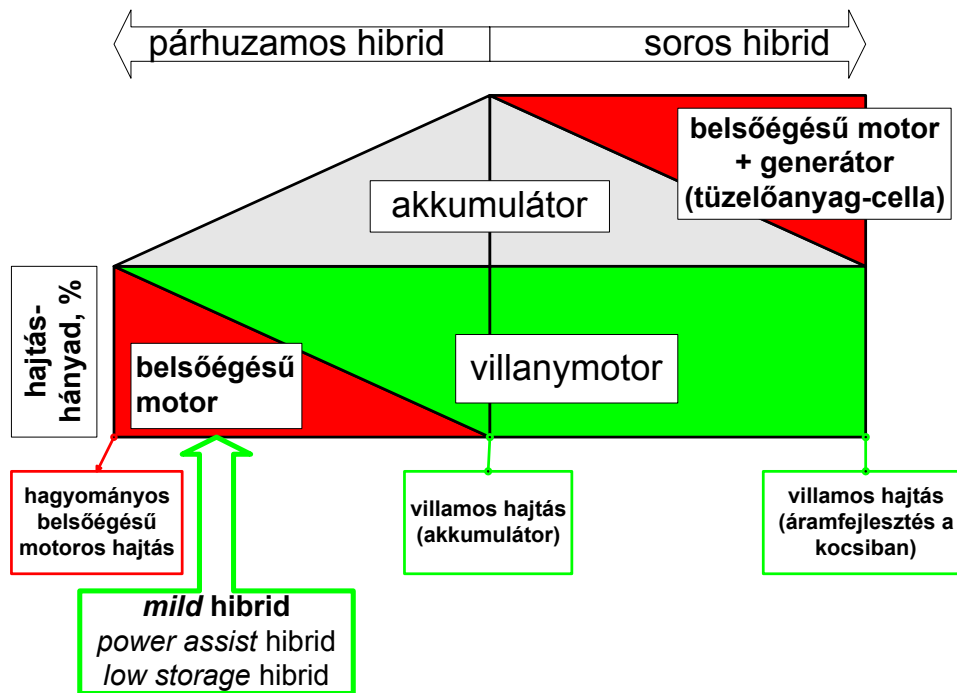
Általános használatra a tiszta – akkumulátortáplálású – villamos hajtás az akkumulátorok kis energiasűrűsége miatt alkalmas. Azt az előnyét, a fékezési energia egészének vagy bizonyos részének visszanyerhetőségére ad lehetőséget, a belsőégésű motort és a villamos hajtást kombináló hibridhajtás képes realizálni [14] (10. ábra).

Prototípusa szinte mindegyik gyártónak van, de nagyobb darabszámú sorozatgyártásig máig egy gyártó jutott el.

A hátrányokat (nagy előállítási költség, nagy súly) csökkenteni tűnik az a hibridhajtás, amelyet *mild-hibridnek* (*power assist hybrid, low storage hybrid*) neveznek. Ennél a nagyobb teljesítményű belsőégésű- (többnyire dízel-)motort kisebb teljesítményű villamos gép egészíti ki. A két motor mindegyikét azokban az üzemállapotban használják, amelyekben azok a legelőnyösebben használhatók.

Hidegindításkor, amikor a belsőégésű motor a legtöbb károsanyagot bocsátaná ki, csak a villanymotor működik. Ha a legnagyobb teljesítményre van igény, amikor a belsőégésű motor sokat fogyasztana, a dúsítás helyett a többleteljesítményt a villanymotor adja. Egyéb, kiegészítő feladatokat: a belsőégésű motor indítását, a városi start-stop üzemmódot ugyancsak a villamos hajtás látja el. A megvalósított mild-hibrideket a lendkerékre épített villamos gép (motor/generátor) és 42 volt hálózati feszültség jellemzi.





10. ábra: Hibridmotorok csoportosítása

## 4.2 A tűzelőanyag-cella

Nincs kipufogógáz, zajtalan, sokkal kisebb fogyasztás, függetlenség a kőolajtól: így lelkesedtek a szakemberek és a laikusok tíz évvel ezelőtt, amikor a tűzelőanyag-cella előtérbe került. Az automobilizmus legelszántabb ellenfelei is lelkesen beszéltek a hidrogén hajtóanyagú tűzelőanyag-cellás járművekről: végre van életképes alternatívája a nehézkes és rövid hatósugarú villamos hajtású autóknak!

A tűzelőanyag-cella valóban jó hatásfokú energiaátalakításra képes, ez az előny azonban a tűzelőanyag előállítása közben elvész. Ma még nem áll hidrogén kellő mennyiségben rendelkezésre, infrastruktúrájának kialakítása óriási ráfordításokat igényel, előállítása rendkívül energiaigényes. Csak atomerőművekben lehetne kellő mennyiségű hidrogén előállításához szükséges villamos energiát többé-kevésbé gazdaságosan előállítani. A környezetbarát nap-, szél vagy vízenergia felhasználása elvileg nem irreális, de egyelőre sem mennyiség, sem gazdaságosság szempontjából nem reális lehetőség.

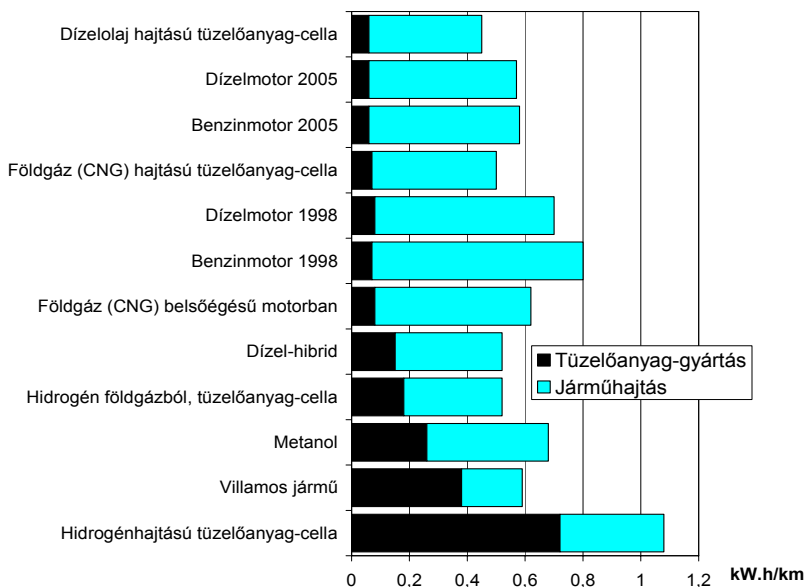
Minden magára valamit adó gyártó milliárdokat költött és költ a kísérletekre. A Daimler-Benz 1994-ben mutatta be első tűzelőanyag-cellás tanulmányautóját. Ez egy gépészettel telerakott kisárúszállító (transzporter) volt, zérus hasznos terheléssel és raktérfogattal, elfogadhatatlanul rövid hatósugárral.



11. ábra: Mercedes NECAR tanulmányautók

Ezt követték az újabb és újabb tanulmányautók, egyre kompaktabb kialakítással és – mára – már 300 km hatósugárral. A Honda 2003-ra, a Mercedes 2004-re már a sorozatgyártás beindítását ígérte (11. ábra).

Ahogy közeledünk azonban ezekhez az évekhez, úgy tolódik egyre távolabbra a tüzelőanyag-cellás technika bevezetése. Hiába jó hatásfokú a tüzelőanyag-cella energiaátalakítása, ha a hajtóanyag előállítás energiáigényes (12. ábra), és a tüzelőanyag-cella maga is rendkívül drága: Ma 1 kW teljesítmény tüzelőanyag-cellából kb. 10 000 €-ba kerül, ugyanennyi teljesítmény belsőégésű motorból ennek ezredrészből -- 10...15 €-ból – kihozható [9].



12. ábra: Személygépkocsi-hajtások energiaszükséglete

Ennek ellenére továbbra is az a szakemberek többségének a meggyőződése, hogy a jövő a tüzelőanyag-celláé. Az utcakép megváltozása azonban későbbre tolódik an-

nál, amit az első lelkesedők szeretnének: 2003-2004-ben csak néhány próbakocsi kerül az utakra, tömeges elterjedésének kezdete az optimisták szerint 2010-től [5], a pesszimistábbak szerint 2020...25 után várható [7, 8].

És addig az átmeneti időszakban a dugattyús motorok földgázzal, metanollal és szintetikus hajtóanyagokkal üzemelhetnek környezetbarát módon – de nem környezet-szennyezés-mentesen – részben önállóan, részben villamos hajtással kombinálva hibridhajtásként.

## REFERENCIÁK

### Folyóiratok

1. The long road to alternatives. (Az alternatívákhoz vezető hosszú út) = Focus, Research & Development magazine from AVL, 2000. 2. sz. p. 26-27.
2. Lohr, F.: Die Kraftfahrzeugmotoren der Zukunft. (A jövő járműmotorjai) = Automobil-Industrie, 1989. 2. sz. p. 187-197.
3. Stockinger, M, Schäpertöns, H., Kuhlmann, P.: Versuche an einem gemischtsaugenden Verbrennungsmotor mit Selbstzündung. (Keveréket beszívó kompressziógyújtásos motoron végzett kísérletek). = MTZ Motortechnische Zeitschrift, 53. k. 2. sz. 1992. p. 80-85.
4. Merétei I.: Az Otto- és a dízelmotor közeledik egymáshoz. = Autószaki, 2002. 3. sz. p.123.
5. Brandl, M.: Brennstoffzelle: Otto und Rudolf sind noch nicht geschlagen. (Tüzelőanyagcella: Otto és Diesel még nem veszettek). Beszámoló a Verbrennungsmotor versus Brennstoffzelle, Graz, 2001. konferenciáról. = Kurir, 2001. szept. 14.
6. Brandtl, M.: Die Zukunftshoffnung: Otto schlukt Diesel. (A jövő: az Otto-motor lenyeli a dízelmotort) Beszámoló a 25-Jahre Dieselsymposium von VW, TU Braunschweig, 2001. konferenciáról. Kurir, 2001. juni. 1.
7. Dudenhöffer, F.: Markteinschätzung von Brennstoffzellen-Kraftfahrzeugen. (Tüzelőanyag-cellás járművek piacbecslése). = ATZ Automobiltechnische Zeitschrift, 103. k. 5. sz. 2001. p.400405.
8. Shell International: Energy Needs, Choices and Possibilities. Scenarios to 2050. (Energiaigény, választások és lehetőségek. Jövőkép 2050-ig).
9. Nagy G.: Tiszta sor – üzemanyagcellás autók az ASÁ-ban. = Heti Világgazdaság, 2002. ápr. 13.
10. Scherer, G., Röder, A.: Auswirkungen der Brennstoffzellen-Technologie auf die Entwicklung alternativen Antriebe im Automobilbereich. (A tüzelőanyagcella-technológia hatása a gépjárművek alternatív hajtásrendszereinek a fejlődésére). = ATZ Automobiltechnische Zeitschrift, 103. k. 4. sz. 2001. p. 274-281.

### Előadás

11. Menne, R.J.: The Future of Internal Combustion Engines for Passenger Car Applications. (Személygépkocsik belsőégésű motorjainak a jövője). Előadás 2001. december 13-án Budapesten a GTE, az MGSZ és a BME Gépjárművek tanszék szervezésében.
12. Maus, W., Brück, R.: Advanced Environmentally Friendly Vehicles – EEV: Eine neue Herausforderung (Fokozottan környezetbarát járművek – EEV: Új követelmények). 22. Internationale Wiener Motorensymposium 2001, p. 229-247.

13. Steiger, W., König, A., Schumacher, V., Heinrich, H.: Die VW Strategie zum Hocheffizienten Antrieb. (A VW hatékony hajtás-technológiája). 22. Internationales Wiener Motorensymposium 2001. p.47-65.
14. Bady, R., Biermann, J.: Hybrid-Elektrofahrzeuge – Strukturen und zukünftigen Entwicklungen. (Hibridjárművek – szerkezetük és fejlődési irányaik). 6. Symposium „Elektrische Strassenfahrzeuge”, Technische Akademie Esslingen, 2000. majus11/12.
15. Douand, A.: Tomorrow's Efficient And Clean Engines And Fuels. (A jövő hatékony és tiszta motorjai és motorhajtóanyagai). FISITA, 1996. Prága.

#### **Internet címek**

16. [www.hydrogen.org/Wissen/W-i-energiew2.html](http://www.hydrogen.org/Wissen/W-i-energiew2.html): Wissen – Wasserstoff in der Energiewirtschaft (Tudnivalók – A hidrogén helye az energiagazdálkodásban)
17. [www.hydrogen.org/indexd.html](http://www.hydrogen.org/indexd.html): Brennstoffzellen in Kraftfahrzeugen (Tüzelőanyag-cella gépjárművekben)