

Dr. Vég Róbert\* – Dr. Hegedűs Ernő\*\*

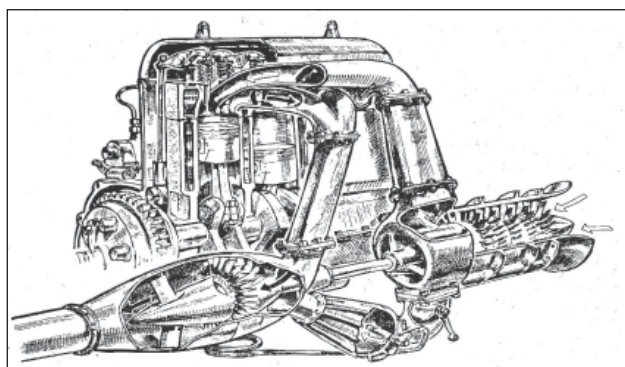
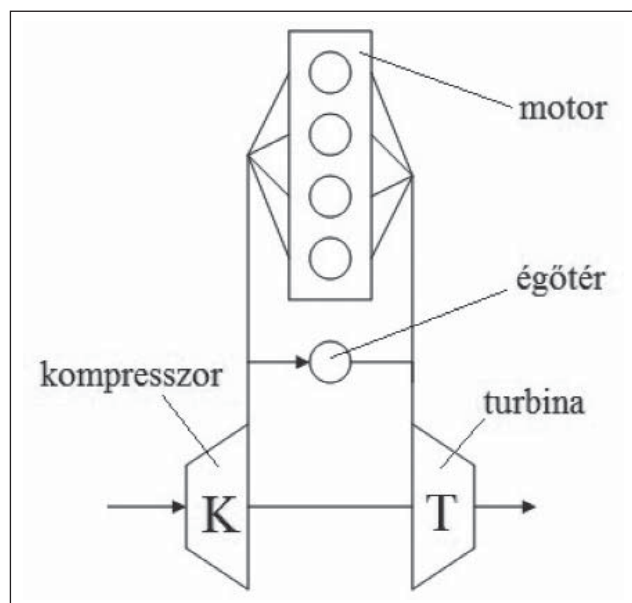
# Dízelmotorok feltöltése és hűtése, különös tekintettel a katonai felhasználásra tervezett konstrukciókra

II. rész

## MEGKERÜLŐ LEVEGŐÁRAMMAL ÉS ÖNÁLLÓ GÁZTURBINA-ÉGŐTÉRREL RENDELKEZŐ HYPERBAR-FELTÖLTÉSŰ DÍZELMOTOR

A dízelmotorok fajlagos teljesítménye csak az utóbbi negyven évben, a turbófeltöltők széleskörű elterjedésével vált versenyképpessé az Otto-motorokkal. A legnagyobb teljesítményigény-problémák nem a polgári dízel-erőforrás fejlesztésben, mint inkább a katonai fejlesztések területén, a napjaink alapharcokcsijaiként alkalmazott 40 tonna feletti tömegű nehéz harckocsik esetében jelentkeztek. Itt már az '50-es években gépjármű-gázturbinák alkalmazásával kívánták elérni a szükséges 1500 LE teljesítményt olyan módon, hogy az erőforrás tömege ne haladjon meg egy kritikus mértéket. A gép- és harcjármű-gázturbinák széleskörű elterjedésének magas fajlagos hajtóanyag-fogyasztásuk (harctéri sebezhetőségük-sérülékenységük) és nagy levegőfogyasztásuk vetett gátat. (A harcjármű-gázturbinák és az egyébként szintén kedvező teljesítmény-tömeg mutatókkal rendelkező léghűtéses dízelmotorok – az erőforrás, illetve a hűtési rendszer nagy térfogatú levegő be- és elvezetési igénye, annak nagyméretű nyílásai miatt – lényegé-

12. ábra. Kétáramú, segéd-égőteres motorfeltöltés elvi kapcsolási vázlata



13. ábra. Gyorsítást segítő égőtérrel felszerelt turbófeltöltéses erőforrás

ben alkalmatlanok a harckocsik víz alatti átkelésének hatékony végrehajtására.) Így kialakult egy nehezen megoldható helyzet, amelyben a korszerű turbódízel harcjármű-motorok tömege túl nagy, míg a kellőképpen könnyű harcjármű-gázturbinák fogyasztása túl magas. Az ilyen módon létrejött helyzet egy új turbófeltöltéses dízelmotor létrehozására ösztönözte a konstruktőröket, ami – lényegi elemeit tekintve – egy túltöltött dízelmotor és egy gázturbina keverékének nevezhető. A kompresszorral és turbinával egyaránt rendelkező dízelmotor-turbófeltöltő ugyanis – a 12. ábrán látható módon – egy a kompresszort és turbinát összekötő légvezeték és az azon elhelyezett égőtér segítségével – könnyedén átalakítható önálló működésre is képes gázturbinává.

A csúcsteljesítmény és a gyorsítási képesség (nyomatéki rugalmasság) növelése céljából – a 13. ábrán látható módon – már az ötvenes években beépítettek egy négyhengeres turbófeltöltésű motorba „egy külön égőtér... amelybe, amikor teljes terhelésre áttérnek, tüzelőanyagot fecskendeznek be... a motor felgyorsulási idejét csökkentve.”<sup>37</sup> Ennél a megoldásnál egy égőtér levegő-ellátása céljából kialakított, feltöltő kompresszora után elágazó második levegőáram képezte a konstrukció alapját.

Az ötvenes években megépített gyorsító-égőteres dízelmotor továbbfejlesztésének tekinthető az extrém magas feltöltőnyomással üzemelő Hyperbar feltöltési eljárás<sup>38</sup>. A Hyperbar dízelmotor egy, a feltöltővel egy egységbe integrált égőtér – lényegében egy önálló működésre képes kisméretű gázturbina – alkalmazásával, ennek dízelmotorral való összekapcsolásával küszöböli ki a turbófeltöltés sza-

\* Nemzeti Közszolgálati Egyetem/National University of Public Service, E-mail: Vegh.Robert@uni-nke.hu, Orcid: 0000-0002-9786-6702

\*\* Nemzeti Közszolgálati Egyetem KMDI/National University of Public Service KMDI, E-mail: hegedus.erno@hm.gov.hu, Orcid: 0000-0001-8457-5044





14. ábra. A francia Leclerc harckocsi mozgékonyágát egy – a hagyományos dízelmotoroknál fajlagosan jóval nagyobb teljesítményű, ugyanakkor a gázturbináknál jelentősen kisebb fogyasztású – Hyperbar feltöltéses dízel erőforrás biztosítja

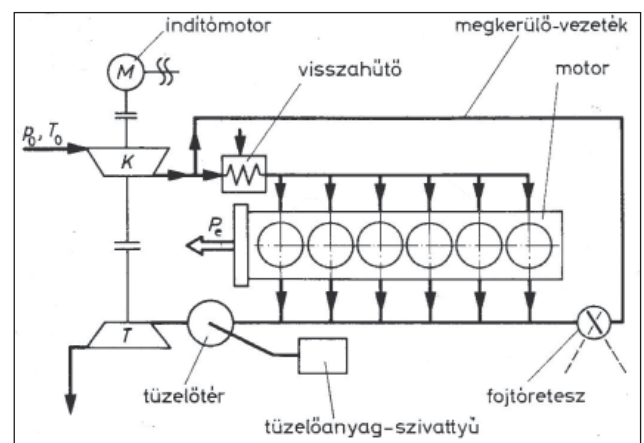
bályozási hibáit. (Gyakorlatban is megvalósított példa: a francia Leclerc harckocsi Uni-Diesel V8X-150 típusú, 1100 kW (1500 LE) teljesítményű motorja a nyolcvanas években, illetve korábban az AMX harckocsi kísérleti motorjai<sup>39</sup>.)

A Hyperbar eljárás lényege, hogy a motorhoz kapcsolt nagyméretű turbótöltő egy mellékáramban közbeiktatott égőtér segítségével a motortól függetlenül – gázturbinaként – önállóan is üzemeltethető, így az a részterheléseken is megfelelő töltőnyomás biztosítására képes. Szerkezeti kialakítását tekintve a Hyperbar dízel a turbótöltő kompresszora után két áramra osztja a töltőlevegőt: egy motor-áramra és egy második, megkerülő áramra.

A megkerülő árammal egy a gázturbinás hajtóműveknek alkalmazott égőtérrel közölnek hőt, ami visszahat a teljes feltöltési folyamatra. A turbótöltő-tengelyhez kapcsolódó villamos motorral a feltöltő-egység önálló, külön indítása is lehetséges gázturbinaként. „A kompresszor- és turbinatengely forgatásával egyidejűleg a tüzelőtérbe lépő, még kisnyomású levegőbe porlasztott gázolaj a levegővel keveréket képez, ezt gyújtva az elég, aminek következtében a közeg hőmérséklete jelentősen megnő. Ez a közeg expandál a turbinában, amikor a turbina tengelyen jelentkező teljesítménytöbblettel tovább nő a kompresszorból kilépő nyomás mindaddig, amíg a gázturbina az önjárási feltételt el nem éri...ha a motor áll, a töltő gázturbinaként üzemel.

A motor indításakor a hengerekbe a kompresszorból kilépő nagynyomású és hőmérsékletű levegő jut, így kis kompresszió viszonyánál (és alacsony külső hőmérsékletnél) is lehetséges a motor indítása... A tüzelőtér – a tüzelőanyag befecskendezésének megszüntetésével adott motorterhelésnél – kikapcsolható, ekkor a motorhoz kapcsolt komp-

15. ábra. Hyperbar-eljárással működő dízel erőforrás elvi vázlata





resszor és turbina feltöltőként üzemel, a megkerülő-vezetékbe épített fojtószelep lezár. Részterhelésnél, ha a feltöltési nyomás alacsony a motorban... a fojtóretesz nyitásával és a tüzelőterbe porlasztott gázolajjal a turbina előtti hőmérséklet nő, így nő a turbina teljesítménye, a kompresszor nyomásviszonya és levegőszállítása... Tehát a motor hengerterében a közeg sűrűsége nő. Belátható, hogy *gázturbinaüzemben a kompresszor a motor terhelési állapotától függetlenül bármely motorfordulaton maximális levegőszállításra képes*. Ez azt jelenti, hogy a Dízel-motor bármely fordulatszámánál a mechanikai és hőigénybevételi határig... terhelhető.<sup>40</sup>

A fojtószelep részterheléses nyitásával, a megkerülő vezeték tömegáramának növelésével a turbófeltöltő folyamatosan nagy fordulatszámon tartható, ami fokozza a rendszer reagáló képességét.<sup>41</sup> *Ezzel a megoldással bármely üzemmódon garantálható az 5-7 bar feltöltési nyomás.* (A nagyobb, 7 baros nyomásértéket kétfokozatú feltöltéssel valósították meg.) A megnövekedett töltőnyomás miatt a *Hyperbar erőforrás töltőlevegő-hűtőjének teljesítményét megkétszerezték*, az olajrendszert és a folyadékhűtő-rendszert viszont eredeti állapotában hagyták meg.<sup>42</sup> A hatékony töltőlevegő-visszahűtés alkalmazása, illetve a légfelesleg 20%-os növelése eredményeképpen az olaj és a hűtővíz hőmérséklete nem növekedett, ugyanakkor a hengerfej alkatrészeinek hőterhelése 25%-kal nőtt.<sup>43</sup> Ennek ellenére nem alkalmaztak szelepösszenyitás-növelésen alapuló töltőlevegős átöblítést (a szelepvezérlést nem módosították). Az olajfilm vastagsága és kenőképessége még a 7 baros feltöltőnyomás alkalmazásakor sem csökkent a kritikus szint alá.

Katonai felhasználók szempontjából az alábbi előnyök indokolják a Hyperbar eljárással üzemelő erőforrás alkalmazását:

- magas fajlagos motorteljesítmény;
- rugalmas nyomatéki karakterisztika;
- könnyű és gyors hidegindíthatóság;
- a gépjármű gázturbinánál kisebb fajlagos fogyasztás.

(Egy további megemlíthető előnye a Hyperbar eljárásnak – főleg katonai szempontból –, hogy a dízelmotor működése nélkül is üzemelhet mellék-hajtásként, áramtermelésre stb. – Lekt.) A Hyperbar erőforrás gyakorlati megvalósítása látható a 16. ábrán.

A 16,5 liter lökettérfogatú 8 hengeres V-motor tömege 2100 kg, befoglaló méretei 1375 × 1462 × 930 mm. A szokásosnál jóval nagyobb méretű turbófeltöltő feladatát egy

16. ábra. A Wärtsilä (SACM) V8X–1500-as Hyperbar dízelmotor



kisméretű Turbomeca gázturbina látja el. Az égőtérrel támogatott turbófeltöltő által biztosított maximális töltőnyomás 7,5 bar, a kompresszió-viszony 7,8:1. Maximális teljesítménye 2500 percenkénti fordulatszámánál 1500 LE, míg maximális nyomatéka 1600-as fordulatszámánál 4850 Nm. Az erőforrás minimális effektív fajlagos tüzelőanyag-fogyasztása 230 g/kWh. (Összevetésképpen: egy hagyományos – nem Hyperbar – turbófeltöltéses dízel tehergépkocsi motor fajlagos fogyasztása mintegy 195–205 g/kWh.)

### DÍZELMOTOROK MAGAS HŐMÉRSÉKLETŰ HŰTÉSE ÉS A FELTÖLTÉS ENERGETIKAI VISZONYAI

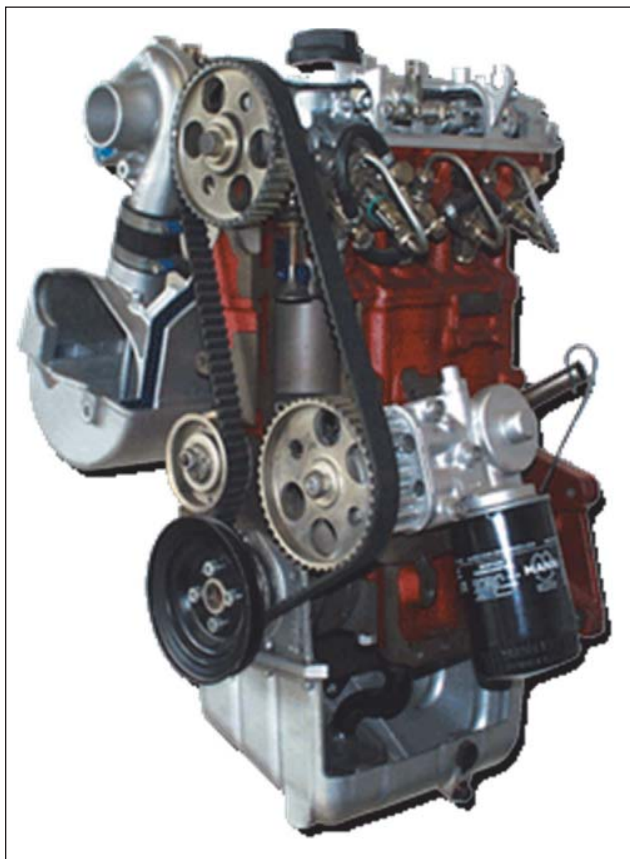
A *dízelmotorok magas hőmérsékletű hűtése* növeli a motorteljesítményt; fokozza a gazdaságosságot; csökkenti szerkezet tömegét és méretét (kisebb, könnyebb hűtő); valamelyest javítja a feltöltés energetikai viszonyait. Ottomotoroknál a motortömb intenzív hűtését a kopogásos (detonációs) égés elkerülésének kényszere igazolja. Dízel-motoroknál azonban a hűtés fokozatos csökkentésekor nem jelentkezik a kopogásos égés.

Dízelmotoroknál a hűtéssel távozó hővesztesség mintegy 19–23%. *A hűtőközeg hőmérsékletének növelése, ezzel a környezetbe elvezetett hűtési veszteség hő részarányának csökkentése elméletileg folyamatos hatásfoknövelő konstrukciós célkitűzés a belsőégésű motorok tervezése során.* Ugyanis a belsőégésű motorok esetében „a hűtés ... feltétlenül szükséges, ugyanakkor azonban az égéskor keletkező hőmennyiség jelentős hányadát akarunk ellenére elvezetni, rontva ezzel a motor jósági fokát ... mivel a hűtéssel a munkafolyamatnak azokban a fázisaiban is vezetődik el hőmennyiség, amelyekben ez a motor teljesítménye szempontjából kifejezetten kedvezőtlen (égéskor és terjeszkedéskor).”<sup>44</sup> Emiatt az *energiamérleg szempontjából* károsnak (ám szilárdságtani és olaj-hőterhelési szempontból *elkerülhetetlennek*) nevezhető a henger-tömb esetében alkalmazott hűtés – miközben a *kompressziós folyamat turbófeltöltő utáni szakaszon, a kompresszor után és a motor előtt végzett hűtése kimondottan kedvező*.

A normál folyékony hűtőközeg hőmérséklete a korai gépjárműmotoroknál rendszerint 85–95 °C körüli érték volt (pl.: termoszfion hűtés). A belsőégésű hőerőgépek folyadékhűtésének üzemi hőmérséklete már a vízbázisú hűtőfolyadékok használata mellett is meghaladhatja a víz normállegkörü forráspontját. Ezt nyomás alá helyezett hűtőrendszer alkalmazásával érik el, amely rendszerint 105–120 °C-ig szabályozva üzemel.<sup>45</sup> Ilyen módon a nyomás alá helyezett hűtőrendszerek létrehozásával mindössze 10–25 °C hűtőközeg-hőmérséklet növekedést értek el. Azonban már ez is a gazdaságosság mérhető, 2–3%-os növelését tette lehetővé, mivel a *termikus hatásfok-növekedés a hűtőközeg hőmérséklet emelésekor 10 °C-onként hozzávetőleg 1%-ot tesz ki*.<sup>46</sup> Tiszta propilénlikol (vagy etilénlikol) hűtőfolyadékok alkalmazásával azonban ez a hőmérséklet jelentősen meghaladható. Az irodalom főként a kopogásos égés problematikájától mentes dízelmotorok esetén taglalja a külső hűtés csökkentését a *hűtőfolyadék hőmérsékletének 160 °C-ra növelésével, ahol 8%-kal nő a motor gazdaságossága, 5–6%-kal nő a teljesítmény, közel harmadára csökken a hűtő felülete*.<sup>47</sup> (Csökken a hűtéshez szükséges levegőmennyiség, a ventilátor mérete és teljesítményigénye is.)

A fajlagos paraméterek javulása igazolja az eljárás létjogosultságát. A magas hőmérsékletű hűtést nagyteljesítményű, Otto-rendszerű *dugattyús repülőgépmotoroknál* is alkalmazták, mivel a hűtő felületének jelentős csökkenése





17. ábra: Az Elsbett ELKO dízelmotor magas hőmérsékletű olajhűtéssel

mellett növekszik a hűtőben felmelegedő levegő hőmérséklete, ami repülőgépeknél különösen kedvező, az ellenállás és a tömeg csökkenése, és a megfelelően kialakított burkolatú hűtőben keletkező tolóerő növekedése kapcsán. (A kopogásos égés elkerülése érdekében a *benzinüzemű motor kompresszióviszonyát csökkentik*, így a teljesítmény és a hatásfok-paraméterek változatlan állapota mellett elsősorban a hűtő méretének csökkenése jelentkezik haszonként.) Fontos körülmény, hogy – a normál üzemi hőmérsékletű hűtőközzel szemben – az *emelt hőmérsékletű hűtőközeg fokozottan alkalmas munkavégzésre* (tolóerő létrehozása). A magas hőmérsékletű hűtés üzemi paramétereivel kapcsolatban részletes elemzést ad egy német irodalom, ahol annak *dízelmotorokra gyakorolt hatását* vizsgálták.<sup>48</sup> Az 1983-ban lezajlott kísérletnél *etilénglikolt alkalmaztak hűtőfolyadékként, amelynek üzemi hőmérséklete 140 °C volt*. A kenőolaj hőmérséklete 90 °C-ról 120 °C-ra növekedett, ezért az eredeti ásványi olajat Mobil 1 SAE 10W30 *szintetikus olajra cserélték*. A korszerű, nagy teljesítményű szintetikus kenőolajok széles körű elterjedése a magas hőmérsékletű hűtéssel végzett kísérlet egyik alapfeltétele volt. (Napjainkra – mintegy negyed évszázaddal később – a korszerű szintetikus olajok maximális üzemi hőmérséklete már elérheti a 300 °C értéket.<sup>49</sup> Ilyen módon a magas hőmérsékletű hűtés alkalmazása előtt is szélesebb út nyílik.) A *fogyasztáscsökkenés 21% értékre* adódott. Ez a hűtőn keresztüli hőelvonás csökkenéséből fakadó *termikus hatásfok-növekedésből* adódott. (Ez Kovács-házy alapján 10 °C-onként 1%-ot tesz ki, miközben a hűtőn távozó hőmennyiség közelítőleg 4%-kal csökken.<sup>50</sup>) Tökéletesedett az égésfolyamat is, ezáltal nagyobb üzemanyag hányad alakult át tengelyteljesítményként hasznosít-

ható munkává. A magas hőmérsékletű hűtés alkalmazása esetén a hűtőfolyadék mennyiségének 50%-os csökkenése miatt a motor üzemi hőmérsékletre melegedésének ideje 70%-kal csökkent, ami a motorkopás csökkenését, és további fogyasztáscsökkenést eredményezett. A magas hőmérsékletű hűtés megvalósítására napjainkban már *propilénglikolt* (1,2 propanediol) alkalmaznak, mivel – ellentétben az etilénglikollal – nem mérgező, nem tűzveszélyes, nincs korrozív hatása, és nem okoz lerakódást a hűtőrendszerben.<sup>51</sup> A *propilénglikol –59 °C-ig fagyálló, forráspontja 187 °C*.<sup>52</sup> Ez lehetővé teszi 180 °C hőmérsékletű hűtőfolyadék alkalmazását. Ez azonban nem a magas hőmérsékletű hűtés lehetőségeinek felső határa, hiszen egyes irodalmak beszámolnak az Egyesült Államok hadserege által alkalmazott 360 °C forráspontú, *metoxi-propanol és szerves szilícium vegyületekből készült szintetikus hűtőfolyadékról*.<sup>53</sup>

A magas hőmérsékletű motorhűtésre jellemző hőmérsékleti viszonyok között működő *olajhűtés* kísérleti formában napjainkban több motorkonstrukciónál is megvalósításra került. A gépjármű kategóriában a legígéretesebb kísérleteket az Elsbett mérnöki iroda végezte 1983–1985 között.

Hazánkban is sor került katonai gépjármű kísérletekre magas hőmérsékletű hűtéssel üzemelő Elsbett dízelmotorok felhasználásával. Az 1983-ban megjelenő 1457 cm<sup>3</sup> hengerűrtartalmú Elsbett ELKO dízelmotor egyedülálló hatásfokkal, illetve – a *katonai szempontból érdeklődést kiváltó, kis hűtőfelületet biztosító – magas hőmérsékletű olajhűtéssel* hívta fel magára a figyelmet. A turbófeltöltős változat teljesítménye 90 LE volt. A motort a Haditechnikai Intézet beépítette egy UAZ–469/B katonai terepjáró gépjárműbe, illetve aggregátor gépcsoportba is, amelyet 1985–1990 között vetettek kísérleti üzem alá.<sup>54</sup> A magas hőmérsékletű hűtési rendszer kialakítására a veszteség-hő mértékét csökkentő dízel-égéstér kialakítással együttesen került sor. „Az égéstér kialakításával és a porlasztás irányával valamint a beszívott levegő perdületével összefüggő DUOTHERM égési folyamat jellemzője, hogy a dugattyúkamrában elégő keveréket a fal mentén elhelyezkedő levegőréteg *hőszigeteli*. ... A motor hűtését a kisméretű hűtőn átáramló kenőolaj biztosítja. Az égéstér kedvező *hőszigetelése miatt csak a henger falfelületének felső 1/3 részét hűti a kenőolaj*. A dugattyú osztott, a dugattyúkamrát tartalmazó, gömbgrafitos öntvényből készített, így a hengerállvánnyal meg egyező hőtágulással rendelkezik. A *fajlagos fogyasztás hasonló kategóriájú motorokhoz képest 10-20%-kal kedvezőbb*. A kisméretű olajhűtő – amely a teljes motor hűtéséről gondoskodik – valamint a turbó feltöltő által szállított levegő hűtőjét a gépjármű feleslegessé váló vízűtője helyére építették. ... Az olaj maximális hőmérséklete 150 °C volt.”<sup>55</sup> „A motor sajátos hőgazdálkodása... kedvezően hőszigetelt speciális égéstere sokkal kisebb hővesztéssel üzemel, ami egyrészt kedvezőbb motorhatásfokot eredményez, másrészt csökkenti a motor hűtés gondjait.”<sup>56</sup> Ennél az *olajhűtéses dízelmotornál a vízűtőtes dízelmotoroknál szokásos 26%-os hűtőrádiátoron elvezetett hőmennyiség helyett mindössze 14-16%-nyi hőenergiát vezetnek el*.<sup>57</sup> Az olajhűtéses dízelmotor egyszerűbb szerkezetű és kisebb tömegű, illetve térfogatú vízűtőtes társánál. Az olaj egyfelől a motorblokkban – a korábbi víztérhez hasonló, de kisebb keresztmetszetű terekben – kering, másfelől olajsűrű dugattyúhűtés céljára használják fel. Az *olajhűtés 36%-ról 43%-ra növelte a négyütemű Elsbett dízelmotor hatásfokát*.<sup>58</sup> Az ismertetett előnyök ellenére az olajhűtés nem terjedt el széles körben, az Elsbett motor változatait is csak a kezeletlen (észterezetlen) növényi olajok motorhajtóanyagként való felhasználása miatt gyártották.



## FELHASZNÁLT IRODALOM

- Balogh Lászlóné: Az égési sugárzási folyamat vizsgálata alternatív égők lángjainál. In: Energiagazdálkodás XXIV. évf. 11. szám;
- Bohner – Gscheidle – Leyer – Pichler – Saier – Schmidt – Siegmayer – Zwickel: Gépjárműszerkezetek. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1994.;
- Czeslaw Kordzinski: Kis űrtartalmú belsőégésű motorok. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1980.;
- Dezsényi Gy. – Emőd I. – Finichiu L.: Belsőégésű motorok tervezése és vizsgálata. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1999.;
- Dr. Kalmár – Dr. Kovács – Dr. Stukovszky: Turbómotorok és más feltöltő rendszerek. K&Z motor Bt., Budapest, 1994.;
- Dr. Kovács Miklós: Turbófeltöltés alkalmazása járműmotoroknál. Maróti Könyvkereskedés és Könyvkiadó Kft., Budapest, 2006.;
- Dr. Lakatos István: Gépjárműmotorok szelepezérlése. AJAKSZ Szakkönyvtár, Budapest, 1994.;
- Fülöp Zoltán: Belsőégésű motorok. Tankönyvkiadó, Budapest, 1990.;
- G270 CDI training. Oktatási füzet a Magyar Honvédség gépjárművezetői és -szerelő állománya részére MB-AUTO Magyarország Kft. Oktatóközpont kiadványa, 2003/11.;
- Imdat Taymaz: An experimental study of energy balance in low heat rejection diesel engine. University of Sakarya, Turkey. <http://www.obitet.gazi.edu.tr/makale/makale/internalcombustionengines/040.pdf>;
- Jurek Aurél: Belsőégésű motorok. Tankönyvkiadó, Budapest, 1961.;
- Kalmár István – Stukovszky Zsolt: Belsőégésű motorok folyamatai. Műegyetemi Kiadó, Budapest, 1998.;
- Koltai Gyula: Közúti járműmotorok könnyűfém dugattyúi. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1980.;
- Lukács Pál: Új anyagok és technológiák az autógyártásban I. Maróti-Godai Könyvkiadó Kft., Budapest, 1998.;
- Maurice E. Le Pera: The Army's Impact on the Fuel and Lubricant Industry. ArmyLogistician, 2009. évi (41. évf.) március-áprilisi (2.) szám ArmyLogistician (The Army's Impact on the Fuel and Lubricant Industry).html;
- Melchior, J. – Andre-Thalmon, T.: Hyperbar System of High Supercharging. SAE Technical Papers Nr. 740723, Hyperbar Diesel Co. 1974. Február.;
- Roy Kamo – Walter Bryzik: High-temperature tribology of future diesel engines. Adiabatics Inc. Columbus, Indiana, U. S. U. S. Army TRADEC, Warren, Michigan, US. <http://www3.interscience.wiley.com/journal> (2010. 03. 21.);
- Ternai Zoltán: Korszerű gépkocsiszerkezetek. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1961.;
- UNIMOG U4000 bevezető tanfolyam. Oktatási segédlet a Magyar Honvédség kijelölt gépjárművezető és -szerelő állománya részére. MB-AUTO Magyarország Kft. Oktatóközpont kiadványa, 2003/12.;
- Vass Attila: Belsőégésű motorok az autó és traktortechnikában. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest, 1997.;
- Wilfried Staudt: Gépjárműtechnika. „OMÁR” Könyvkiadó, Székesfehérvár, 1988.;
- Dr. Flamisch Ottó – Farkas András – Szegő László: ELKO motorral ellátott diesel-elektromos gépcsoport műszaki jellemzői. TRANSINNOV Közlekedési Műszaki Fejlesztő Leányvállalat, Budapest, 1987.;
- Jerzsabek Lajos – Dr. Taba Miklós – Dr. Flamisch Ottó – Mihalek Miklós: Elemző tanulmány – A DUOTERM diesel motor megbízhatósági, alkalmazhatósági és komplex gyártás technológiai feltételrendszerének vizsgálata és elemzése a közlekedési és ipari célú alkalmazás elbírálására. TMI honosítási téma. TRANSINNOV Közlekedési Műszaki Fejlesztő Leányvállalat, Budapest, 1986.;
- Repülőgép hajtóművek I. Tankönyvkiadó, Budapest, 1952.
- 48 Erhard Mühlberg – Wulf Besslein: Variable Hot-Cooling of Automotive Diesel Engines In: Motortechnische Zeitschrift 1983. 10. sz. 403–407. o. és 12. sz. 505–510. o.
- 49 Kalmár István – Stukovszky Zsolt: Belsőégésű motorok folyamatai. Műegyetemi Kiadó, Bp. 1998. 42–43. o.
- 50 Kovács Erő: Nehéz dieselmotorok a vasúttechnikában. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1968. 248. o.
- 51 Karlovitz Kristóf: Technikai panoráma: A Hybrid hűtés. In: Autó-motor, 1987. 20. sz. 20–21. o.
- 52 Vass Attila: Belsőégésű motorok az autó és traktortechnikában. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó Budapest, 1997.
- 53 Uo. 329. o. továbbá Kovács Erő: Nehéz dieselmotorok a vasúttechnikában. Műszaki Könyvkiadó. Bp., 1968. 248. o.
- 54 Jerzsabek Lajos – Dr. Taba Miklós – Dr. Flamisch Ottó – Mihalek Miklós: Elemző tanulmány – A DUOTERM diesel motor megbízhatósági, alkalmazhatósági és komplex gyártás technológiai feltételrendszerének vizsgálata és elemzése a közlekedési és ipari célú alkalmazás elbírálására. TMI honosítási téma. TRANSINNOV Közlekedési Műszaki Fejlesztő Leányvállalat, Budapest, 1986.
- 55 Uo. 11. és 39. o.
- 56 Dr. Flamisch Ottó – Farkas András – Szegő László: ELKO motorral ellátott diesel-elektromos gépcsoport műszaki jellemzői. TRANSINNOV Közlekedési Műszaki Fejlesztő Leányvállalat, Budapest, 1987.
- 57 <http://www.elsbett.com/ie/elsbett-diesel-technology/elsbett-engine.html>
- 58 Uo.

## JEGYZETEK

- 37 Ternai Zoltán: Korszerű gépkocsiszerkezetek. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1961. 33. o.
- 38 Fülöp Zoltán: Belsőégésű motorok. Tankönyvkiadó, Budapest, 1990. 362–364. o.
- 39 Melchior, J. – Andre-Thalmon, T.: Hyperbar System of High Supercharging. SAE Technical Papers Nr. 740723, Hyperbar Diesel Co. 1974. Február. 1. o.
- 40 Fülöp Zoltán: Belsőégésű motorok. Tankönyvkiadó, Budapest, 1990. 362–364. o.
- 41 Melchior, J. – Andre-Thalmon, T.: Hyperbar System of High Supercharging. SAE Technical Papers Nr. 740723, Hyperbar Diesel Co. 1974. Február. 7. és 12. o.
- 42 Uo. 11. o.
- 43 Uo. 17. o.
- 44 Dezsényi Gy. – Emőd I. – Finichiu L.: Belsőégésű motorok tervezése és vizsgálata. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1999. 716. o.
- 45 Jurek Aurél: Belsőégésű motorok. Tankönyvkiadó, Budapest, 1961. 53. o. továbbá Vas Attila: Belsőégésű motorok az autó és traktortechnikában. Mezőgazdasági Szaktudás kiadó, Budapest, 1997. 119–121. o., illetve Terplán Sándor: Gépjárműtechnikai zsebkönyv. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1963. 325. és 330. o. továbbá Dezsényi Gy. – Emőd I. – Finichiu L.: Belsőégésű motorok tervezése és vizsgálata. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1999. 729. o.
- 46 Kovács Erő: Nehéz dieselmotorok a vasúttechnikában. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1968. 248. o.
- 47 Martynesz, L. K. – Csudakov, S. A.: Gépipari enciklopédia 10. k. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1957. továbbá Brodsky D.: