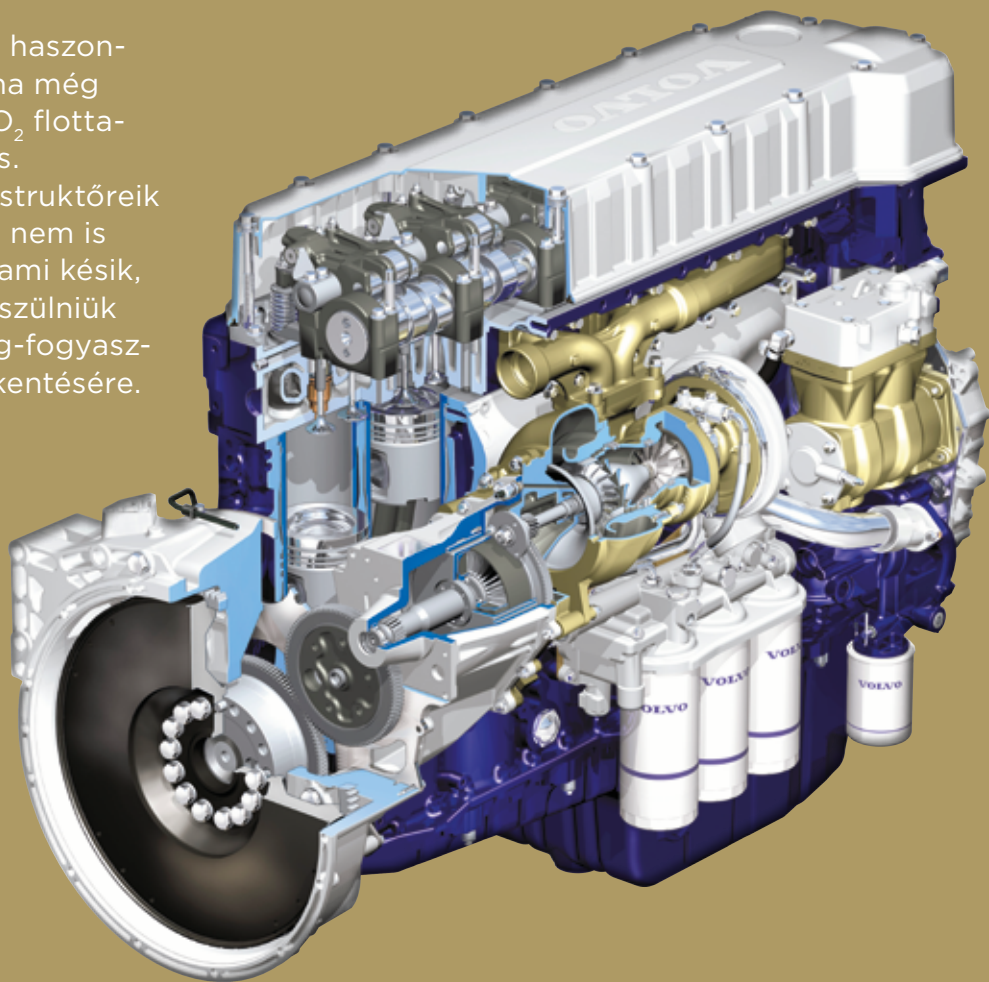


# Dolgozzon kétszer a kipufogógáz

A nagyvasakra, a haszongépjárművekre ma még nincs kötelező CO<sub>2</sub> flotta-kibocsátás előírás.

A gyártók és konstruktőrök azonban, ha még nem is tudják, de sejtik: ami késik, az nem múlik. Készülniük kell a tüzelőanyag-fogyasztás további csökkentésére.



DR. NAGYSZOKOLYAI IVÁN

Náluk ez eddig is törekvés volt, mert a pénzszerző haszongépjárműveknél a vevőigények között nagyon is számít a fogyasztás. Ha a szén-dioxid-csökkentési előírás életbe lép, ez újabb, komoly kényszert jelent. Egy fuvarfeladat teljesítése alatti fogyasztás csökkentésének számos módja van, ennek csak az egyik, nem elhanyagolható eleme a motor hatásfokának a növelése.

A hatásfok-növelési módszerek többsége régről ismert, de eddig ezek drágább megoldásait ritkán használták. A velük elérhető eredményhez képest áruk, karbantartásigényük, tömegük és más jellemzőik nem voltak arányosak, ezért nem alkalmazták. Nagyot változott a

világ: ma talán az ár nem is számít, ha az „intézkedés” akár csak néhány százalékot is hoz a hatásfoknövelésben, ennek következtében a fogyasztás és a CO<sub>2</sub>-kibocsátás csökkentésében.

Vitathatatlan, hogy vannak még tartalékok. Kit ne bosszantana, hogy amikor egy nagyvas motorja 400 kW-ot ad le, akkor 300 kW-ot kipufog, és a másik 300-at pedig hűtőin keresztül és sugárzással adja át a környezetnek. És az arány nem is rossz!

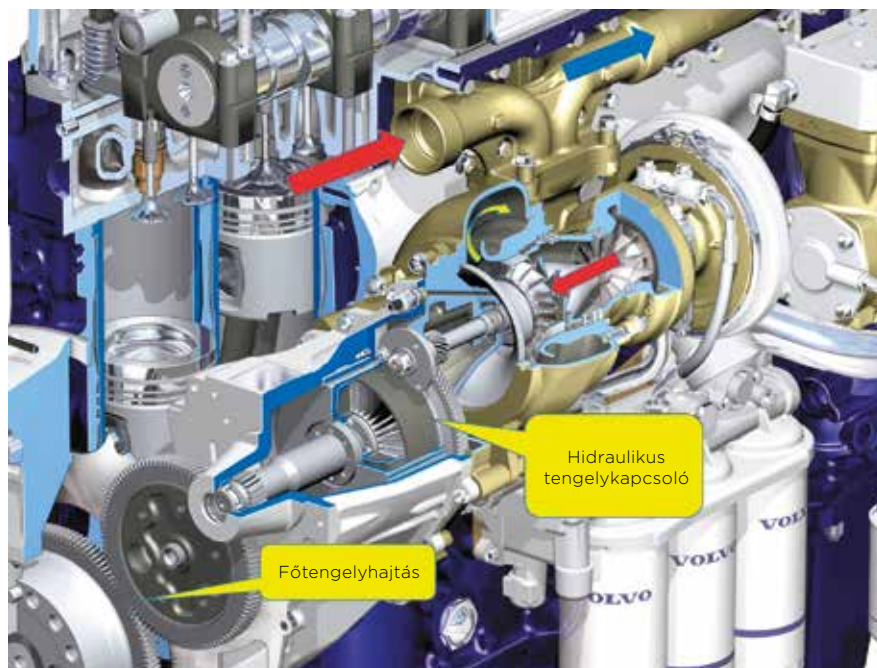
Lehet-e a veszteségből - a ma is szinte csúcson lévő dízelmotoroknál - még néhány százalékot a jó oldalra átvinni? Néhány százalékot (max. 10-et?) úgy néz ki, talán lehet.

## KIPUFOGÓGÁZ-TARTALÉKOK

A kipufogógáz turbótöltés elsősorban a fajlagos effektív jellemzők növelésére szolgál, tehát a cél, hogy a löket-térfogat egységéből minél nagyobb munkát (forgatónyomatéket), illetve teljesítményt hozzanak ki. A turbótöltéssel a hatásfok is növelhető, mert pozitív töltetcsere munkát érhetünk el. A turbina fedezi a kompresszormunkát és pozitívvá alakíthatja a töltetcserét is. Ennek egyik feltétele, hogy a turbina utáni kipufogási ellennyomás kis értékű legyen. Sajnos ma ennek a kipufogógáz-tisztítás az akadálya. Mivel szükséges a kipufogógáz-visszavezetés, az EGR, ezért növelni kell a kipufogási ellennyomást, hogy a gázt visszakényszerítsük a turbótöltő kompresszor utáni csőszakaszába és közben még egy gázhűtőn is átvi-gyünk. Az ellennyomást még növelik az emissziótechnika katalizátorai, és különösen a koromszűrő. Ezek az üze-melés során tovább növelik a fojtást, mert csatornáik beszűkülhetnek, a falszűrő eltömődik. Ennek ellenére, helyesen megválasztott jellemzőjű emissziótechnikai elemek mellett még van lehetőség arra, hogy a turbótöltő után még egy kipufogógáz-turbinát építsenek be. Az erről levehető munka a veszteségből csíp el néhány százalékot. Van más is! Erre kicsit később térek ki.

## A TURBÓKOMPAUND

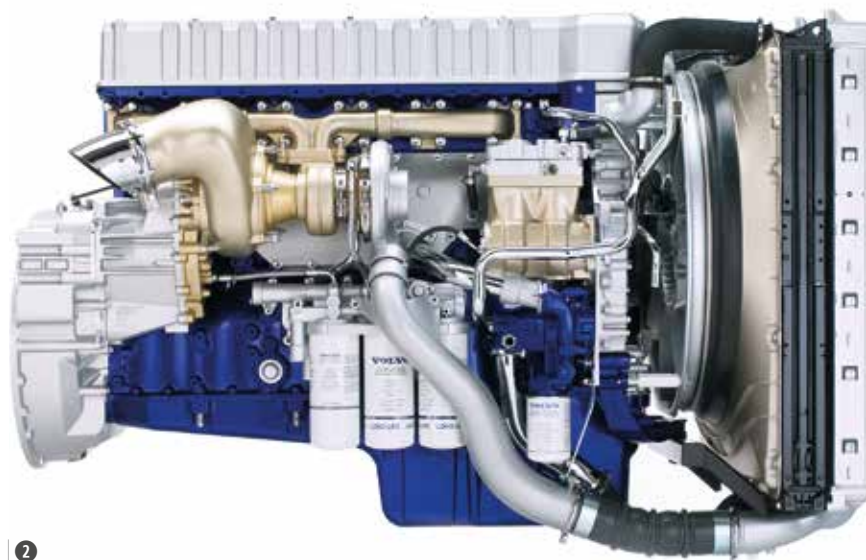
Mint oly sok mindennek az erőgépek több száz éves technikájában, a kompaund-rendszernek is „ősi” gyökerei vannak. A kompaund gőzmozdonyok gőzgépeinek munkáját két fokozatban, két külön, de egymással sorba kapcsolt gőzhengerrel használják ki, más szóval kétszeres expanziójú gőzgépek. A kompaund gőzmozdonyok legalább két, de gyakran négy (tehát két pár) hengerrel készültek.



1

A compound angol szó, magyar átírásban kompaund, jelentése összetett. Ha tehát a kipufogógázzal még egy turbinát – akár axiálisat, akár radiálisat – hajtatunk, akkor annak munkáját a hajtásláncba visszavezethetjük. Ez a turbókompaund technika. Sajnos mély részletekbe menően nem sikerült információt szereznünk, magyar

nyelvű szakirodalom – pedig jó magyar nyelvű turbós könyveink vannak – egyáltalán nincs (!), külföldi is alig. Mind a Volvo (I-Torque), mind a Scania azt mondja, hogy a turbókompaund révén 3...4% fogyasztásjavulást lehet elérni. Ha ehhez hozzájön – hogy lássuk, egészen más technikák is hoznak a konyhára – az



2

útvonal tengerszínhez viszonyított magassági pályageometria előrelátó és ehhez igazodó motorterhelés előválasztó rendszer (például Volvo I-See) által hozott 6%, az eredmény jó esetben lehet 10%!

A turbókompaund szerkezetét elnézve – lásd a címképet – láthatjuk, hogy ez a gépészet nem lehet olcsó, de manapság pár százalék is számít, így alkalmazzák. A turbókompaundot sem ma találták ki, nagymotorokon, de haszongépjármű-dízeleken is használták. Sorozatgyártású haszongépjármű-motornál a Scania volt az úttörő 1991-ben. Amiért most szólnunk róla, annak két oka is van, az egyik egy tartozás, mert ez a téma lapunk 24 éves történetében valahogy elmaradt és főleg azért most, mert mostanában éli reneszánszát, egyre több haszongépjármű-gyártó alkalmazza. Tudjuk, hogy van ilyen a Volvónál, a Scaniánál, az IVECO-nál és a Detroit Dieselnél és anyacégénél, a Mercedesnél.

A klasszikus megoldásnál a turbina tengelye nagy fogaskerék-lassító áttétellel kapcsolódik a motor főtengelyéhez, illetve lendítő kerekének fogaskoszorújához. Az egyik kivitelezett változat áttétele 32:1. Ezt a



3

haszongépjármű-dízelmotoroknál már minden gyártónál módosították, és a hajtásláncba bekötötték egy hidraulikus tengelykapcsolót, ezzel lágyítva a kapcsolatot. A főtengelyről így nem jut vissza a járásegyenlőtlenség, nem rángatja a turbinát. Kevés adatot tudunk, de azt az egyik beszállító, a Voith (Voith Turbo GmbH & Co. KG),

aki a Daimlernek és az IVECO-nak beszállítója, elárulja, hogy a második turbina maximálisan 52...55 000 min<sup>-1</sup> fordulatot ér el, és maximálisan 75 kW teljesítménnyel, általában 8%-kal tudja növelni a motorteljesítményt. A turbókompaund szerkezetének tömege, kiviteli változattól függően 40–50 kg. A turbótöltő turbinájába belépő gáz hőmérséklet amennyiben 650 °C, akkor abból kilépve 550 °C értékre csökken, és a második turbinából kilépve már csak 440 °C lesz.

Képeinken a műszaki megoldásokat tanulmányozhatjuk. A címkép a Volvo turbókompaund technikáját mutatja. A második turbina axiálturbina, tehát a gáz tengelyirányból éri először a vezetőlapát-koszorút, majd a turbina lapátjait, és tengelyirányban is hagyja el. A turbinatengelyt két radiális úszó siklócsapágy vezeti és egy axiálcsapágy támasztja meg. A tengelytömítésre fokozott feladat hárul, egyrészt nem kerülhet olaj a kipufogógáz-áramba, másrésztől nem lehet gázátfújás a motor karterterébe. A két turbinát összekötő szakasz neve IDD (Inter stage Diffuser Duct). Ezután fordítják el a

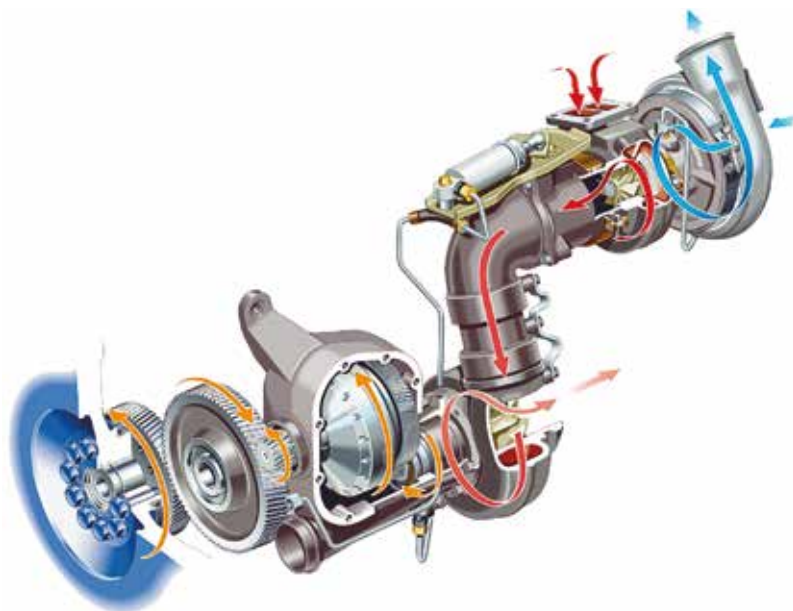


4

gázáramlást, hogy a kimenő tengely a hidraulikus tengelykapcsolót áttételen át elérje. A hajtás ismét lassító fogaskerék-áttételen jut a főtengelyre ❶. A motor két generációját mutatja a ❷. és a ❸. ábra. Ez utóbbi a Volvo megnevezésében az I-Torque motor. A Daimler is axiál beömlésű második kipufogógáz-turbinát alkalmaz a Detroit Diesel egyes motorjain (DD 15). Az erőátviteli egységet a Voith gyártja.

A SCANIA és az IVECO radiális kipufogógáz-turbinát alkalmaz. Az elrendezés hasonló, a főtengelyre hajtanak fogaskerekes hajtóművön keresztül. A hajtásláncban hidraulikus tengelykapcsoló van. A SCANIA-motoron a turbókompaund egységeinek az elhelyezését a ❹. ábra mutatja, szerkezeti rajzát az ❺. ábrán tanulmányozhatjuk. A munkahenger a motorfékhez szükséges fojtószelepet működteti. A motor fényképét a ❻. ábra mutatja.

Az IVECO (Cursor 13 TCD, CI3 ipari motor) a turbókompaund egységet ❷ – turbina, hidrokuplung és fogaskerekszekrény – egy egységbe foglalja és a turbótöltőtől messzebbre helyezi el. Kenését a motortól kapja. Az egységet a Voith gyártja.



## VILLANYMOTOR/GENERÁTORT MINDENHOVÁ!

Nézzük meg, hogy hány helyre lehet villanymotort, illetve motorgenerátort beszerezni ❸!

Kezdjük a turbókompaund technikával: a turbina generátort forgathat, villamos energiát visszatáplálva (A). A turbótöltő középrészbe is szerelhető villanymotor, hogy rásegítsen a töl-

tésre, a turbólyukat teljesen elvegye, és motorféküzemi kifutásban pedig mint generátor visszatápláljon (B). Önálló kompresszorhajtás is történhet villanymotortal (C).

Egy új megoldás – talán még csak ötlet – a kipufogógáz-visszavezetés segítése villamos hajtású kompresszorral, nevezzük EGR-szivattyúnak (D). Még merészebb útja az energia-visszanyerésnek az, amikor a kipufogógáz hőjével gőzt fejlesztünk és egy gőzturbinát hajtunk meg vele. A turbina generátort forgat, így fordítják át a kipufogógáz hőenergiáját villamos energiává (E). Természetesen mindezek energetikai mérlegét a gyártónak ki kell mérnie és mérlegelnie, hogy alkalmazza-e ezeket az új megoldásokat.

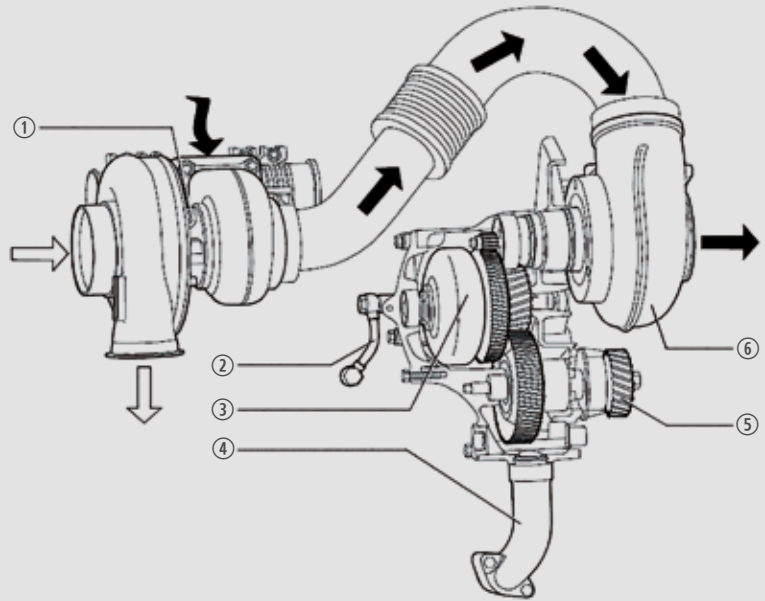
## KÉTFOKOZATÚ TURBÓTÖLTÉS

A turbótöltésben máshol is van keresnivalónk, ha határfokot akarunk növelni. Ma ismerünk olyan konstrukciót haszongépjármű-dízelmotoroknál, ahol két turbótöltőt alkalmaznak – kétfokozatú töltés –, és azokat sorba kötik: egy nagy töltő egy kicsire rádolgozik,



7 IVECO turbókompaund-rendszer:

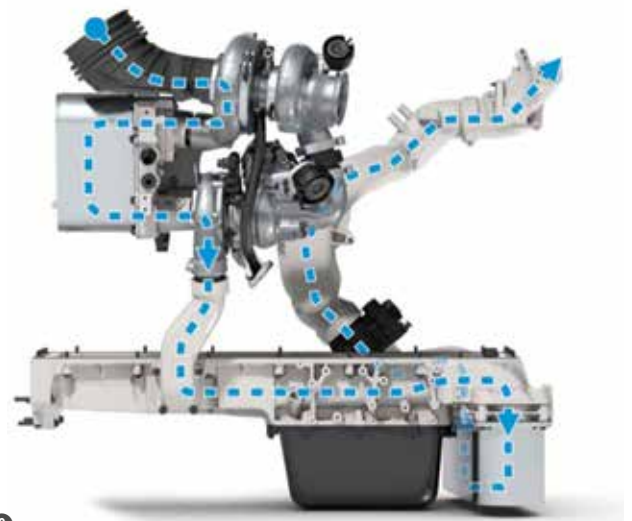
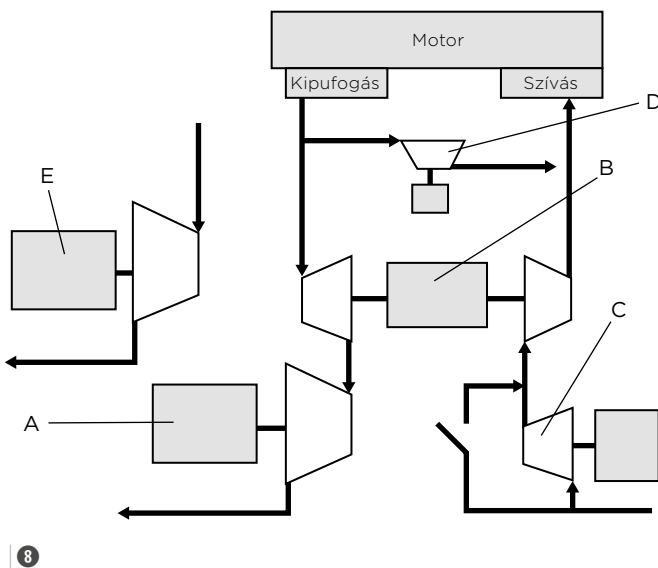
- ① turbótöltő,
- ② kenőolaj-vezeték a Voith erőátviteli egységhez,
- ③ Voith hidrokuplung,
- ④ kenőolaj-elvezetés,
- ⑤ hajtáskimenet a főtengelyhez,
- ⑥ radiális kipufogógáz-turbina



és így együtt töltik fel a motort. A személgépkocsik motorjánál a többlettöltés kialakítások már viszonylag régen ismertek, de itt „trükköznek”: dolgozhat csak az egyik, míg a másik pihen, és dolgozhat együtt a kettő. Turbinaoldalon a szabályozás lehet olyan, hogy by-pass ággal elkerüljük, részben vagy teljesen rávezetjük a turbinára a kipufogógázt.

Példánkban, az M.A.N. motornál, a két töltő „egyszerűen” sorba van kötve (természetesen sokféle konstrukciós megoldás létezik). Kipufogóoldalon is az egyikből a másikba áramlik a gáz. Szabályozni azonban kipufogóoldalon mindkét töltőt kell. A két töltő között (kisnyomású hűtő) és a második töltő után is van közbenső levegőhűtés (nagy nyomású intercooler).

Az M.A.N. a megoldás előnyeként több tényezőt is megemlít. Kisebb a reakcióidő, nincs turbólyuk, mert a kisebb töltő gyorsan fel tud pörögni. A két visszahűtő révén nagyobb mértékben hűthető vissza a töltőlevégő. A töltők nincsenek csúcsra járva, így élettartamuk kedvező.



A két töltő közötti közbenső hűtés a második töltő hatásfokát növeli, illetve mindkét töltőt tud a kedvező hatásfoktartományában működni. A nyomásviszony növekedésével a kompresszorhatásfok csökken, ez nagyobb munkafelvételt jelent. A töltők egyenként kisebb nyomásviszonnyal dolgoznak, így jobb a hatásfokuk. Ha a kompresszornak kisebb a munkafelvétele, akkor turbinaoldalon kisebb ellennyomás elegendő.

A soros turbótöltés kapcsolással elérhető eredményt (konkrétan nem az M.A.N. motorra vonatkozó) táblázatunk mutatja.

A javulás 4,6%. Ha golyóscsapágyakon futó forgórészt alkalmaznak, ehhez még 1% jön hozzá.

Az Euro VI előírást teljesítő M.A.N. Do8 motorcsalád DOC+DPF+SCR emissziótechnikával szerelt, mely

FELTÖLTÉS	JELLEMZŐ	EGYFOKOZATÚ	KÉTFOKOZATÚ
1. kompresszor	nyomásviszony	3,02	1,76
	hatásfok	75,5%	80,5%
	teljesítmény	89,6 kW	40,5 kW
2. (HP) kompresszor	nyomásviszony	-	1,74
	hatásfok	-	76,6%
	teljesítmény	-	44,9 kW
teljes töltőrendszer	nyomásviszony	3,02	3,06
	hatásfok	75,5%	78,6%
	teljesítmény	89,6 kW	85,4 kW

EGR-rel is kiegészül. A 9. ábrán a töltők elrendezése és a levegő-visszahűtők láthatóak. A második, nagy nyomású töltő után a levegő a karter oldalán lévő csatornán át áramlik a motorblokk elején található második hűtőbe. Mindkét hűtő levegő/víz hűtő. Cikkünkben a dízelmotor hatásfok-növelésének turbótöltéssel elérhető

eredményei közül válogattunk. További eredményeket várhatóan a hibrid megoldások – a villanymotor/generátor együttes alkalmazásai – fognak hozni. ■

Forrás: O. Ryder, N. Sharp: The impact of future engine and vehicle drivetrains on turbocharging system architecture, Cummins Turbo Technologies, Huddersfield, UK

## BREAKING NEWS!

HELLA PAGID BRAKE SYSTEMS FÉKALKATRÉSZEK A HELLA HUNGÁRIA KÍNÁLATÁBAN



A HELLA PAGID BRAKE SYSTEMS több neves német autógyár beszállítója. Választékunk az európai járműállomány csaknem 100%-át lefedi. A féktárcsák és a hozzájuk hangolt fékbrókák együttes használata biztosítja az optimális fékhatást, így a maximális biztonságot és a hosszú élettartamot.

A fékpókák és fékdobok tökéletes megoldást jelentenek a hátsó tengely kerekeinek fékezéséhez, előszerelt fékpókákészleteinkkel pedig a beszereléskor jelentős idő takarítható meg. A termékek körét kenőanyagok, féktisztítók, kopásjelzők, valamint különféle tartozékok teszik teljessé.

HELLA Hungária  
Gépjárműalkatrész-Kereskedelmi Kft.  
1139 Budapest, Forgách u. 17.  
Tel.: 06-1/450-2150.  
Fax: 06-1/239-1602.  
E-mail: info@hellahungaria.hu  
Internet: www.hella.hu

**HELLA PAGID**  
BRAKE SYSTEMS