

TRENDI PRI RAZVOJU ALTERNATIVNIH POGONSKIH REŠITEV ZA GOSPODARSKA VOZILA

Boštjan Paušer, Visoka šola za trajnostni razvoj, Kranj

Izvleček

Skrb za zmanjševanje izpušnih plinov gospodarskih vozil se je začela s prvimi okoljskimi regulativami (Euro normami) konec osemdesetih let prejšnjega stoletja. Njihovemu zaostrovanju je sledila tudi tehnologija in tehnološki napredek proizvajalcev vozil pri motorjih ter razvoj rešitev za naknadno obdelavo izpušnih plinov, rezultat pa je več kot 90-odstotno zmanjšanje dovoljenih emisij do danes. Vzporedno s tem so se v zadnjih letih pojavile tudi alternativne pogonske rešitve, od plina v različnih oblikah do elektrike in vodika, ki pa večinoma niso nove, saj so bile razvite že pred mnogo leti, a se takrat, zaradi visoke cene in določenih omejitev za vsakodnevno uporabo, ki jih s seboj prinašajo, niso uveljavile.

Danes lahko ugotovimo, da je večina tehnologij napredovala in so tudi komercialno dosegljive na trgu, se pa še vedno pojavljajo omejitve za množično uporabo – večinoma v obliki visoke cene ter pomanjkanja infrastrukture, zato so prodajne številke zelo skromne in ne sledijo ciljem, ki jih je postavila politika.

Ključne besede: alternativni pogoni, vodik, elektro mobilnost, transport, baterije

TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF ALTERNATIVE DRIVE SOLUTIONS FOR COMMERCIAL VEHICLES

Abstract

Concern for reducing exhaust emissions from commercial vehicles began with the first environmental regulations (Euro standards) at the end of the 1980s. Their tightening was also followed by technology and technological progress of vehicle manufacturers in engines and the development of solutions for exhaust gas aftertreatment, resulting in a more than 90 percent reduction in permitted emissions to date. In parallel, alternative propulsion solutions have also appeared in recent years, from gas in various forms to electricity and hydrogen, most of which are not new, as they were developed many years ago, but at that time, due to their high price and certain restrictions on everyday use that they entail, they did not become established.

Today, we can conclude that most technologies have advanced and are also commercially available on the market, but there are still restrictions on mass use - mostly in the form of high prices and lack of infrastructure, which is why sales figures are very modest and do not follow the goals set by policy.

Keywords: alternative drives, hydrogen, electro mobility, transport, batteries

1 UVOD

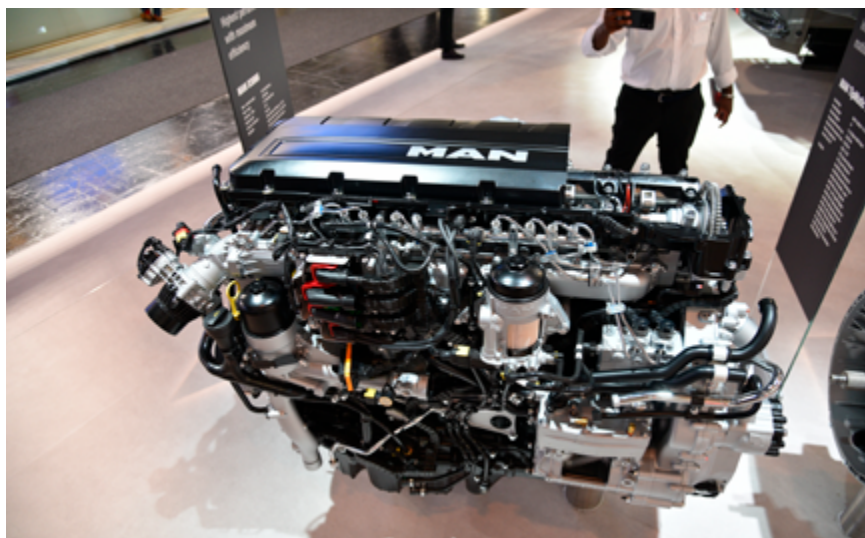
Cestni promet je največji vir onesnaževanja zraka v mestih. Leta 2018 je več kot 39 odstotkov emisij NO_x in 10 odstotkov emisij primarnih delcev $\text{PM}_{2.5}$ in delcev PM_{10} v Evropski uniji izviralo iz cestnega prometa. Evropska unija s predpisi že od leta 1988 vse bolj strogo omejuje največje dovoljene izpuste vozil, temu pa sledijo proizvajalci z razvojem tehnologije ter iskanjem alternativnih pogonskih sredstev.

Scenarij, ki ga je predstavila glavna institucija EU, pravi, da trenutno okoli 99 odstotkov težkih vozil v voznem parku EU poganjajo motorji z notranjim zgorevanjem. Naraščajoče povpraševanje po cestnem prometu pa naj bi se v prihodnje še povečevalo. Leta 2019 so bile emisije tovornega prometa za 44 odstotkov višje od emisij iz letalskega sektorja in za 37 odstotkov višje od emisij pomorskega prometa.

2 EVROPSKI STANDARDI (EURONORM)

Gospodarska vozila danes najpogosteje uporabljajo motorje, v katerih z izgorevanjem dizelskega goriva nastaja mehansko delo. Motorji v sesalnem taktu vsesajo zrak, katerega tlak med kompresijo naraste do 50 barov, temperatura pa na približno 550 °C. V tako komprimiran in vroč zrak se vbrizgava gorivo, ki se v trenutku uplini in vžge. Pri tem hitro narasteta tlak (do 250 barov) in temperatura (v nekaterih področjih valja do 2.500 °C).

Poleg tlaka in temperature kot glavnih posledic izgorevanja nastanejo tudi številni produkti gorenja, nekaj desetih različnih kemičnih spojin in trdni delci saj. Ker je gorivo zmes ogljikovodikov, so glavni produkti gorenja ogljikove spojine (CO , CO_2), vodna para (H_2O) in določen delež neizgorelih ogljikovodikov (HC). Ker vsesani zrak vsebuje 79 % dušika, prihaja pod vplivom visokih tem-



Slika 1: Dizelski motor z notranjim zgorevanjem. (Lastni vir)

peratur do spajanja molekul dušika in kisika in tako do nastanka zelo nevarnih dušikovih oksidov (NO_x). V odvisnosti od kakovosti goriva se lahko pojavijo tudi žveplovi oksidi. Skoraj vsi produkti izgorevanja, ki nastajajo v motornih valjih, razen vodne pare, so strupeni, kancerogeni ali pa v določenem pogledu ekološko nesprejemljivi.

Dizelski motorji (pa tudi ostali motorji z notranjim zgorevanjem) se uporabljajo več kot 100 let, vendar je njihov izpuh predmet zakonskih regulativ šele zadnjih 35 let. Leta 1988 je Evropska gospodarska skupnost sprejela direktivo 88/77/EEC, s katero sta definirani normi Euro 0 oziroma Euro 1, v katerih se prvič definirajo količine najvažnejših produktov izgorevanja:

- ogljikov monoksid (CO),
- neizgoreli ogljikovodiki (HC),
- dušikovi oksidi (NO_x),
- trdni delci (PM).

Že od prvih začetkov so se dizelski motorji stalno izpopolnjevali z namenom večanja učinkovitosti in manjšanja porabe, kar hkrati vpliva na izboljšanje kakovosti izpušnih plinov, ker je bilo v njih čedalje manj neizgorelih ogljikovodikov in ogljikovega monoksida. Uvajanje strogih mejnih vrednosti za izpuh je dodatno pospešilo razvoj motorjev ob hkratnem večanju kakovosti goriva, v katerem ni bilo več žvepla in drugih neželenih primesi.

2.1 Pregled evropskih standardov

Začetki evropskih predpisov glede dovoljenih emisij izpušnih plinov pri težkih gospodarskih vozilih segajo v leto 1988, ko je začel veljati prvi tovrstni predpis – norma Euro 0.

Norma	Leto	CO (g/kWh)	NO _x (g/kWh)	HC (g/kWh)	PM (g/kWh)
Euro 0	1988–1992	12,3	15,8	2,6	/
Euro I	1992–1995	4,9	9,0	1,23	0,40
Euro II	1995–1999	4,0	7,0	1,1	0,15
Euro III	1999–2005	2,1	5,0	0,66	0,1
Euro IV	2005–2008	1,5	3,5	0,46	0,02
Euro V	2008–2012	1,5	2,0	0,46	0,02
Euro VI	2012–	1,0	1,2	0,36	0,01

Tabela 1: Pregled Euronorm in dovoljenih vsebnosti v izpuštih. (Lastni vir)

2.2 Euro 7

Evropska komisija je februarja 2023 objavila predlog novega okoljskega standarda, ki omejuje največje dovoljene ravni izpustov izpušnih plinov – Euro 7. Ta predvideva postopno zmanjševanje emisij CO₂ do leta 2040, ko predvideva, da bi deset odstotkov težkih gospodarskih vozil še vedno uporabljalo motorje z notranjim zgorevanjem. V primerjavi z ravnmi iz leta 2019 predlog določa standarde za 45-odstotno zmanjšanje emisij od leta 2030, 65-odstotno zmanjšanje emisij od leta 2035 in 90-odstotno zmanjšanje emisij od leta 2040 dalje.

Predlog nadomešča in poenostavlja prej ločena pravila o emisijah za osebne avtomobile in lahka gospodarska vozila (Euro 6) ter tovornjake in avtobuse (Euro VI). Pravila standardov Euro 7 prinašajo mejne vrednosti emisij za vsa motorna vozila (osebne avtomobile, kombije, avtobuse in tovornjake) pod enoten sklop pravil. Nova pravila so nevtralna glede goriva in tehnologije ter postavljajo enake omejitve ne glede na to, ali vozilo uporablja bencin, dizel, električni pogon ali alternativna goriva.

Kaj še prinaša predlog norme Euro 7:

- Boljši nadzor nad emisijami vseh novih vozil: z razširitvijo obsega voznih pogojev, ki jih zajemajo preskusi emisij na cesti. Ti bodo zdaj bolje odražali vrsto pogojev, ki jih lahko doživijo vozila po vsej Evropi, vključno s temperaturami do 45 °C ali kratkimi vožnjami, značilnimi za dnevne vožnje.
- Posodobljene in zaostrene omejitve emisij: omejitve bodo zaostrene za tovornjake in avtobuse, medtem ko bodo najnižje obstoječe omejitve za avtomobile in kombije zdaj veljale ne glede na vrsto goriva, ki ga uporablja vozilo. Nova pravila določajo tudi omejitve emisij za prej neregulirane elemente, kot so emisije dušikovega oksida iz težkih vozil.

- Omejitev emisij iz zavor in pnevmatik: pravila standarda Euro 7 bodo prvi svetovni emisijski standard, ki bo presegel urejanje emisij iz izpušnih cevi in postavil dodatne omejitve za emisije trdnih delcev iz zavor ter pravila o emisijah mikroplastike iz pnevmatik. Ta pravila bodo veljala za vsa vozila, tudi za električna.
- Podaljšano izpolnjevanje zahtev: vsa vozila bodo morala biti v skladu s pravili dlje kot doslej. Skladnost osebnih vozil in dostavnikov se bo preverjala, dokler ta vozila ne dosežejo 200.000 prevoženih kilometrov in 10 let starosti. To podvoji zahteve glede vzdržljivosti, ki veljajo v skladu s pravili Euro 6/VI (100.000 kilometrov in 5 let starosti). Podobno povečanje bo veljalo za avtobuse in tovorna vozila.
- Podpora uvedbe električnih vozil: nova pravila bodo urejala vzdržljivost baterij, vgrajenih v avtomobile in dostavnike, da bi povečali zaupanje potrošnikov v električna vozila. To bo tudi zmanjšalo potrebo po zamenjavi baterij zgodaj v življenjski dobi vozila in tako zmanjšalo potrebo po novih kritičnih surovinah, potrebnih za proizvodnjo baterij.
- Izkoriščanje digitalnih možnosti: pravila Euro 7 bodo zagotovila, da se v vozila ne posega in da bodo lahko nadzorni organi na enostaven način nadzorovali emisije z uporabo senzorjev v vozilu za merjenje emisij skozi celotno življenjsko dobo vozila.

3 TEHNOLOGIJE ZA ZMANJŠANJE ŠKODLJIVIH IZPUSTOV

Z zaostrovanjem normativov so tudi prijemi na motorju postali vse bolj zahtevni, kar je sprožilo uvajanje turbin s spremenljivo geometrijo oz. rešitve, kot je vračanje izpušnih plinov (EGR) v valj. Zelo hitro so se izčrpale možnosti za doseganje predpisanih mejnih vrednosti le z ukrepi na motorju, zato so se mo-

rale vgraditi naprave za naknadno obdelavo izpušnih plinov v obliki oksidacijskih katalizatorjev, filtrov trdnih delcev ipd. Uvajanje norme Euro IV in V je bil eden od mejnikov, ki je z vzpostavitvijo (za tisti čas) strogih standardov prvič povzročil uporabo tehnologije SCR.

3.1 EGR (Exhaust Gas Recirculation)

EGR (Exhaust Gas Recirculation) je tehnologija, pri kateri se izgoreli plini ponovno vračajo v valj, kjer igrajo vlogo inertnega plina. Razlog za povratek plinov leži v dejstvu, da morajo dizelski motorji delovati s t. i. presežkom zraka oziroma morajo imeti dvakratno količino zraka glede na stehiometrično količino za popolno izgorevanje celotnega goriva. To pripelje do situacije, v kateri obstajajo v valju proste molekule kisika in dušika iz zraka, ki se pod pogoji visoke temperature in tlaka spajajo. Pri tem nastajajo skrajno neželeni dušikovi oksidi (dušikov monoksid NO in dušikov dioksid NO₂), za katera uporabljamo skupno oznako NO_x. Z vračanjem izgorelih plinov je del zraka v valju zamenjan z inertnim plinom, s čimer se zmanjšuje možnost nastanka NO_x, ker je na voljo manj prostega kisika. Povratni plini lahko zavzamejo do 30 odstotkov volumna v fazi sesanja.

Kot vedno pojavi v naravi vplivajo drug na drugega; povratni plini po eni strani zmanjšujejo nastajanje NO_x, po drugi strani pa je izgorevanje manj kakovostno z nekoliko nižjimi vršnimi temperaturami, kar vodi v porast količine trdnih delcev.

3.2 SCR (Selective Catalytic Reduction)

Pri tehnologiji SCR (Selective Catalytic Reduction) gre za relativno enostavno, a učinkovito rešitev, pri kateri se v izpuh vbrizgava raztopljena ureje (poznane pod trgovskim imenom AdBlue), iz katere nastaja amonijak, ki se veže z NO_x, pri tem

pa nastajata nenevarni dušik in vodna para. Taka rešitev zahteva poleg vgradnje posebnega katalizatorja SCR tudi vgradnjo dodatne posode za AdBlue, ki jo je treba tudi polniti. Poraba dodatka AdBlue je okoli 5 odstotkov porabe goriva.

Glede na izjemno nizke količine škodljivih sestavin v izpuhu se je večina proizvajalcev odločila, da za doseganje norme Euro VI uporablja kombinacijo obeh tehnologij, EGR in SCR.

Z uporabo EGR se zmanjšuje količina NO_x , vendar je potrebna tudi vgradnja katalizatorja SCR, da se popolnoma izloči NO_x . Seveda je uporabljen tudi filter delcev, ki se periodično regenerira zaradi nekoliko večje količine trdnih delcev, povezane z EGR.

3.3 AdBlue

AdBlue je raztopina ureje v vodi in vsebuje 32,5 odstotkov ureje in 67,5 odstotkov destilirane vode. Sestava in kakovost sta določeni s standardom ISO 2241 oziroma DIN 70070. Delež raznih kovin ne sme presegati 0,2 mg/kg, da ne pride do poškodb katalizatorja za SCR, kar pomeni, da se ne sme uporabljati ureje, ki se uporablja kot umetno gnojilo navkljub identičnim kemičnim lastnostim. Gre za tekočino, podobno vodi, ki je brez barve in vonja (možen je rahel vonj po amonijaku).

Tekočina AdBlue je relativno dovzetna za temperaturne vplive, zato jo je treba ustrezno skladiščiti, da obdrži zahtevano kvaliteto.

4 ISKANJE ALTERNATIVNIH POGONSKIH SREDSTEV

Avtomobilska industrija že dolgo eksperimentira s celo vrsto alternativnih goriv, ki lahko nadomestijo bencin in dizel. Nekatera izmed njih so zelo zanimiva, vendar niso na voljo v zadostnih količinah. Poleg tega je pomembno, da so alterna-

tivna goriva ekonomsko in ekološko sprejemljiva. Zagotoviti morajo podobne ali boljše vozne lastnosti kot dizelsko gorivo in bencin ter zagotoviti tudi sprejemljivo avtonomijo z enim rezervoarjem.

Vsi se strinjajo, da ne obstaja edinstvena alternativa in da bencin in dizelsko gorivo na koncu nadomestita več različnih virov energentov, ki se bodo uporabljali glede na vrsto in velikost vozila, glede namen in pogoje izkoriščanja ter glede na lokalne priložnosti na določenih trgih. Osebna vozila, mestni avtobusi, komunalna vozila ali težki tovornjaki za promet na dolge razdalje nimajo enakih delovnih pogojev in zahtev. Različni proizvajalci imajo različna stališča glede tega vprašanja in tako oblikujejo lastne razvojne strategije.

Ker so alternativne pogonske rešitve povezane tudi z večjo maso vozil, ta pa je pri gospodarskih vozil ključna, saj zmanjšuje njihovo nosilnost in posledično konkurenčnost v primerjavi s klasičnimi vozili, predpisi dovolijo povečanje največje dovoljene mase. In sicer se vozilom na alternativna goriva ali brezemisijem vozilom največja dovoljena masa poveča za dodatno maso alternativnega goriva za največ 1 tona ali brezemisijске tehnologije za največ 2 tona.

4.1 Zemeljski plin

Glede na vse več strožjih zakonskih omejitev, ki so urejali vprašanje onesnaževanja zraka in emisij toplogrednih plinov, sta se zemeljski plin in biometan predlagala kot realna in optimalna dolgoročna rešitev za trajnostni transport, zlasti v prevozu tovora na dolge razdalje, kjer druga alternativna goriva še vedno ne izpolnjujejo merila sprejemljive avtonomije z enim polnjenjem rezervoarja.

Zemeljski plin se uporablja pri motorjih z notranjim zgorevanjem, ki lahko delujejo tako po Ottovem procesu kot po dizelskem. Na splošno z vidika razvoja in proizvodnje

komercialnih vozil ni treba odkrivati tople vode, temveč le uporabiti eno že preizkušeno in zrelo tehnologijo. Navsezadnje so pionirji evropske avtomobilske industrije, kot so Jean J. Lenoir, Nikolaus August Otto in Eugen Langen, v drugi polovici 19. stoletja uporabljali plinsko gorivo, da bi poskušali narediti prve uporabne motorje z notranjim zgorevanjem. Gottlieb Daimler in Wilhelm Maybach sta nekaj časa skupaj z Ottom delala na razvoju plinskih motorjev.

Čeprav je zemeljski plin tudi fosilno gorivo, tako kot dizelsko gorivo ali bencin, njegovo zgorevanje še vedno sprosti od 10 do 15 odstotkov manj ogljikovega dioksida. Če pa se uporablja bioplina, se emisije CO_2 lahko zmanjša za več kot 90 odstotkov. Z drugimi besedami, z njim skoraj lahko dosežemo končni cilj – to je ogljikovo nevtralen transport.

4.1.1. CNG in LNG – dve obliki zemeljskega plina

Zemeljski plin, ki ga distribucijska mreža uporablja za ogrevanje in kuhanje v svojih domovih, se uporablja tudi kot gorivo v prometu in se pojavlja v dveh oblikah: stisnjeni (CNG) in utekočinjeni (LNG). Po kemični sestavi je metan (CH_4) in ga je treba razlikovati od utekočinjenega naftnega plina kot mešanice propana (C_3H_8) in butana (C_4H_{10}).

Ker je cilj v motorna vozila shraniti čim večjo količino plina, je za večjo avtonomijo gibanja to najlažje doseči s stiskanjem plina v CNG-polnilnicah. Tam se plin iz distribucijskega omrežja stisne na tlak 220 barov in se shrani v rezervoarje. Gre za prožno in sorazmerno preprosto tehnologijo, ki ne zahteva preveč visokih naložb v gradnjo infrastrukture. Toda CNG kljub stiskanju še vedno vsebuje relativno malo energije, ki jo lahko shranimo v rezervoarjih vozil.



Slika 2: LNG polnilnica. (Lastni vir)

Stopnja razvoja infrastrukture CNG je v evropskih državah še vedno precej neenakomerna, zato je na trgih z redkejšim omrežjem uporaba takih gospodarskih vozil zaradi omejene avtonomije omejena na mestne avtobuse in tovornjake za lokalno distribucijo in gospodarske javne službe, kot je zbiranje odpadkov. Torej gre za take pogoje uporabe, kjer se dnevno ne prevozi veliko kilometrov in kjer se vozila ne oddaljujejo preveč od svojih baz in plinskih polnilnic.

Toda isti plin v utekočinjeni obliki (LNG), ki se iz plinastega v tekoče agregatno stanje spremeni s hlajenjem na približno $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$, zavzema približno 600-krat manjši volumen kot pri atmosferskih pogojih. To pomeni, da tovornjak z okoli tisoč litri plina lahko doseže avtonomijo do 1.600 kilometrov.

Za utekočinjen zemeljski plin potrebujemo nekoliko bolj zapleteno proizvodno tehnologijo, transport in distribucijo. Od hlajenja in utekočinjanja, ki se uporabljata predvsem zaradi gospodarnosti čezmorskega prevoza s tankerji in se izvajata v velikih objektih v bližini pristanišč, pa vse dokler se ne napolni rezervoar LNG-tovornjaka, ga je treba hraniti v celotni logistični oskrbovalni verigi v kompleksnih rezervoarjih z vakuumsko izolacijo.

Posebna težava tukaj je izparevanje plina zaradi prenosa toplote iz okoliške atmosfere na rezervoarje.

4.1.2. Biometan – CO_2 nevtravno gorivo

Z anaerobno razgradnjo ali fermentacijo organskih snovi, tj. biomase, nastane surov bioplin. Biomasa je obnovljiv vir energije, ki vključuje gozdno in lesno biomaso (odpadna lesna industrija), kmetijske ostanke, živalske odpadke in ostanke, vključno z gnojem, frakcijo zelenih gospodinjstskih odpadkov, pivovarsko, pekovsko in splošno živilsko industrijo, blato iz zbiralnikov odpadnih voda itd. Dobljeni bioplin je večinoma sestavljen iz metana (50–75 odstotkov in ogljikovega dioksida ter morda drugih dodatkov. Za uporabo kot gorivo v prometu ga je treba očistiti do vsebnosti metana 97–98 odstotkov in nato se imenuje biometan. Kot gorivo iz obnovljivih virov je biometan v celoti CO_2 nevtralen. To pomeni, da je količina ogljikovega dioksida, ki nastane pri zgorevanju, enaka količini ogljikovega dioksida, ki so jo predhodno absorbirale rastline iz ozračja zaradi svoje fotosintezne aktivnosti.

4.1.3. Sintetični metan in tehnologija Power to Gas (P2G)

Še ena zanimiva in okolju prijazna tehnologija v bližnji prihodnosti bi

lahko bila proizvodnja sintetičnega plina z metaniziranjem s procesom Power to Gas (P2G). Gre za preoblikovanje presežka električne energije iz obnovljivih virov – običajno vetrnih elektrarn ali sončnih elektrarn – v plin. Problem pri pridobivanju električne energije iz obnovljivih virov je, da je odvisen od vremenskih razmer in ga je težko nadzorovati. Zato sta ponudba in povpraševanje nesorazmerna. V obdobjih, ko ponudba presega povpraševanje, se presežek električne energije lahko uporabi za elektrolyzo vode – proces ločevanja v vodik in kisik. Kisik gre v ozračje, vodik pa se lahko uporabi kot samostojno gorivo ali pa kombinira z ogljikovim dioksidom, vzetim iz ozračja, pri čemer nastane sintetični metan in voda. V nasprotju z električno energijo se sintetični metan enostavno skladišči in uporablja po potrebi.

4.2 Sintetična goriva

Sintetična goriva omogočajo uporabo obstoječih tehnologij v transportu in industriji brez povečanja emisij CO_2 , zato bi z njihovo uporabo lahko zagotovili nadaljevanje življenja vozil z motorji z notranjim zgorevanjem. Sintetična goriva so tista, ki jih ne pridobivamo s črpanjem iz tal ali z ekstrakcijo iz oljnih skrilavcev, ampak s kemijskimi postopki. Tehnologija za proizvodnjo sintetičnih goriv ni nova in obstaja že od začetka 20. stoletja, vendar je zaradi poceni pridobivanja goriv iz surove nafte tovrstna proizvodnja nerentabilna.

4.3 Električna

Električni pogon z elektromotorji sicer ponuja zelo dober izkoristek energije in ponuja boljše vozne zmogljivosti kot motorji z notranjim zgorevanjem, a kaže svoje pomanjkljivosti na točki hranjenja energije in polnjenja. Z drugimi besedami, skromna avtonomija in prekomerna teža baterij, ki bistveno zmanjša nosilnost vozila, sta glavni oviri za širšo uporabo pri težkem tovornem pro-



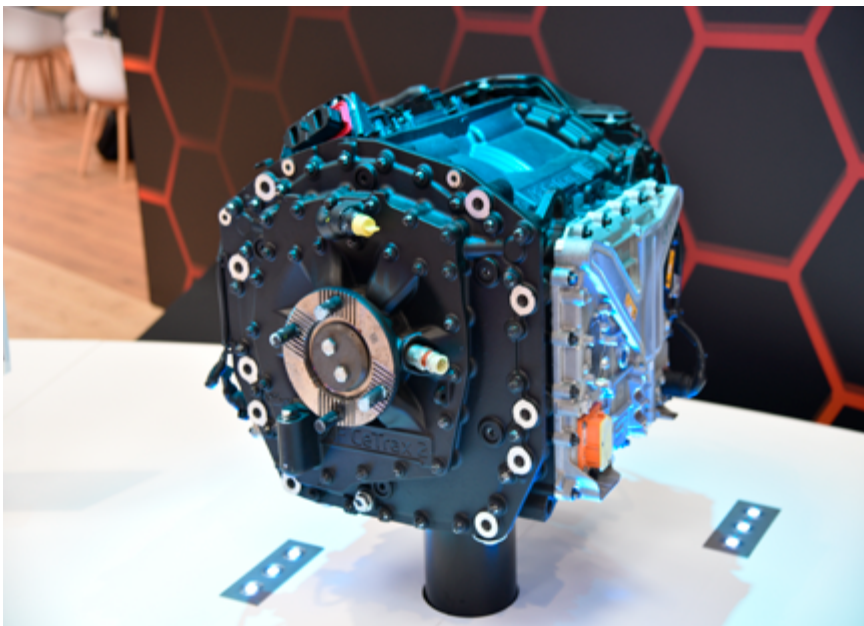
Slika 3: Modul z baterijami na šasiji tovornjaka. (Lastni vir)

metu. K temu se kot veliko pomanjkljivost še vedno dodajata dolgotrajno polnjenje baterij in pomanjkljiva infrastruktura polnilnic, še posebej skoraj popolna odsotnost takih, ki so dimenzijsko primerna za večja gospodarska vozila. Dvomi in strahovi pa se pojavljajo tudi na področju požarne varnosti baterij.

In čisto na koncu ne smemo pozabiti še na ceno – električna gospodarska vozila so trenutno še vedno približno enkrat dražja od svojih dizelsko gnanih primerkov, polnjenje na javnih polnilnicah pa prinaša tudi večje operativne stroške energen-

ta. Vse to skupaj trenutno še vedno predstavlja preveliko oviro za množično uvedbo teh vozil v vsakdanjo uporabo.

Najbolj množično so se v zadnjih letih sicer razširili mestni avtobusi na električni pogon, saj gre v njihovem primeru za relativno malo dnevno prevoženih kilometrov, dosegi okoli 400 kilometrov so zadostni, da večinoma vmesno polnjenje čez dan niti ni več potrebno, hkrati pa so vožnje predvidljive. Vozila se vsak dan vračajo tudi v matično garažo, kjer jim je z zgrajeno prevoznikovo lastno polnilno infrastrukturo



Slika 4: Elektromotor za pogon gospodarskih vozil. (Lastni vir)

omogočeno polnjenje pod ugodnejšimi pogoji kot na javni polnilni infrastrukturi. Dodatna prednost pri njihovi uvedbi so tudi subvencije Evropske unije, ki so na voljo za uvajanje trajnostno naravnane javnega potniškega prometa. Hkrati pa je treba priznati, da je uporaba električne tehnologije pri mestnih avtobusih tudi najbolj smiselna, saj prinaša prednosti za prebivalce v mestnem okolju in strnjenih soseskah, tako z manjšim hrupom kot tudi z lokalno odsotnostjo emisij.

Lani je bilo v državah Evropske unije prvič registriranih 6.354 električnih avtobusov nad osmimi tonami, kar v primerjavi z letom prej predstavlja kar petdesetodstotno rast in dobrih 36 odstotkov vseh prvič registriranih avtobusov.

4.3.1. Potreba po polnilni infrastrukturi

Za prihodnjo popolno elektrifikacijo evropskega prometa na dolge razdalje pa je potrebno prizadevanje družbe kot celote. Po ocenah industrijskega združenja ACEA je potrebnih 42 tisoč polnilnih postaj. Ob predpostavki, da bo do leta 2030 na evropskih cestah 350 tisoč električnih tovornjakov, bi bila potrebna zmogljivost polnjenja 37 teravatnih ur na leto na podlagi obnovljivih virov energije. To ustreza povprečni letni proizvodnji električne energije okoli 6.000 vetrnih turbin.

Za polnjenje baterij električnih gospodarskih vozil so trenutno potrebni postanki polnjenja za eno uro ali več. Evropsko visokozmogljivo polnilno omrežje bi tu lahko zagotovilo boljšo rešitev, kar je tudi namen ustanovitve skupnega podjetja proizvajalcev Daimler Truck, Traton (MAN in Scania) ter Volvo Trucks. Trije partnerji želijo zgraditi vsaj 1.700 visokozmogljivih polnilnih mest na avtocestah in logističnih vozliščih po vsej Evropi ali blizu njih in so za to vložili skupno 500 milijonov evrov.

4.3.2. Zanimarjive številke električnih vozil

Ne glede na številna vlaganja v razvoj električnih gospodarskih vozil in številna pojavljanja v medijih, pa je realna slika, ko pogledamo dejanske prodajne številke, povsem drugačna. V Sloveniji sta bila lani prvič registrirana le dva nova električna tovornjaka (od tega je en testni za promocijske namene), to predstavlja le 0,08 odstotka celotne prodaje novih tovornjakov. Električnih dostavnikov je bilo nekaj več – 116, a to je še vedno skromnih 1,5 odstotka prodaje vseh, le pri avtobusih je odstotek občutno večji – 18 električnih avtobusov namreč predstavlja 15 odstotkov vseh registriranih v lanskem letu v Sloveniji.

Kot zanimivost lahko pogledamo, kako je z električnimi tovornjaki v naši okolici – tu številčno prednjači Italija, kjer so lani prodali 72 električnih tovornjakov, a na velikem italijanskem trgu to vseeno predstavlja le 0,3 odstotka registriranih vozil. V Avstriji so lani prodali 14 električnih tovornjakov, kar je le malenkost boljše, in sicer 0,4 odstotka vseh registriranih lani. Z Madžarskega prihaja informacija o osmih novih električnih tovornjakihih nad 12 tonami največje dovoljene mase, medtem ko je bil na hrvaškem registriran le en tovornjak.

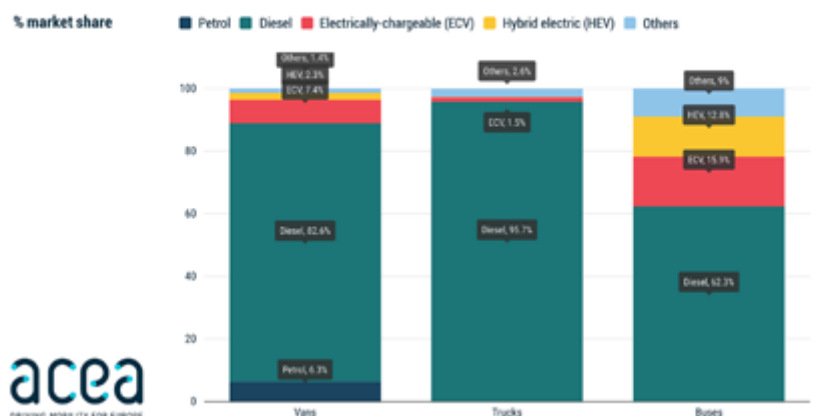
Vrsta vozila	Število novih registracij v 2023
Tovornjaki	2
Dostavniki	116
Avtobusi	18

Tabela 2: Prvič registrirana električna gospodarska vozila v Sloveniji v letu 2023. (Lastni vir)

Država	Število novih registracij v 2023
Avstrija	14
Hrvaška	1
Italija	72
Madžarska	8

Tabela 3: Prvič registrirani električni tovornjaki v sosednjih državah v letu 2023. (Lastni vir)

NEW COMMERCIAL VEHICLES BY POWER SOURCE, FULL YEAR 2023



Slika 5: Tržni delež novih gospodarskih vozil v Evropi leta 2023 glede na vrsto pogona. (Vir: ACEA, 2024)

4.3.3. Vprašljiva prijaznost do okolja

Ko govorimo o brezemisijah vozil, se moramo pri električnem pogonu vedno vprašati, od kje prihaja elektrika oziroma na kakšen način je bila proizvedena in iz česa so sestavljene baterije. Če so naš vir elektrike termoelektrarne, potem ne moremo govoriti o okolju prijaznem pogonu, zato se je električnih vozil prijel oznaka, da gre za vozila, ki lokalno ne povzročajo emisij, saj je vir onesnaževanja premaknjen iz vozila v elektrarno.

Tudi zgodba z baterijami ni nič kaj okolju prijazna, med njihovimi glavnimi sestavnimi deli so redke kovine, katerih pridobivanje je zelo obremenjujoče za okolje. Tudi sama

proizvodnja in transport baterijskih celic do proizvajalcev povzroči veliko izpustov škodljivih plinov, medtem ko se na koncu njihove življenjske dobe soočamo še z velikim vprašanjem glede reciklaže odsluženih baterij in nevarnimi odpadki, ki pri tem nastanejo.

4.4 Vodik

V bistvu se med električni pogon uvrščajo tudi gorivne celice oziroma pogon z vodikom – bodisi tekočim ali stisnjenim, pogosto označenim kot gorivo prihodnosti. Ta je po merilih mase in avtonomije boljši od baterijskega-električnega pogona, vendar je njegova glavna pomanjkljivost še vedno zelo zapletena in draga tehnologija za pridobivanje vodika in posledično visoka cena vodika, ki ruši ekonomsko kalkulacijo prevoznih podjetij. Stanje je trenutno neugodno tudi v smislu proizvodnje vozil, saj je treba razviti in izdelati povsem nov pogonski sklop, ki sicer lahko temelji na električnem pogonu z dodanim modulom gorivne celice, ki proizvaja elektriko, ter dimenzijsko relativno velikimi rezervoarji za vodik, ki na šasiji vozila ali za kabino zahtevajo svoj prostor.

Baterije so v tem primeru potrebne le še za hranjenje manjše zaloge elektrike, za potrebe pokrivanja kratkotrajnih potreb po večji moči,



Slika 6: Rezervoarji za vodik za kabino tovornjaka. (Lastni vir)



Slika 7: Gorivna celica. (Lastni vir)

kot je na primer pospeševanje ali vožnja v strm klanec navzgor. Velik dodaten plus prinaša tudi kratek čas polnjenja vodikovih rezervoarjev na polnilnici, ki je primerljiv s časom, potrebnim za polnjenje klasičnih dizelskih vozil na črpalki. Toda podobno kot pri baterijskih električnih vozilih se tudi pri vodikovih pojavlja težava pomanjkljive polnilne infrastrukture – ta je namreč še mnogo manj razvejana kot električna.

Pri vodikovem pogonu se vzporedno z gorivnimi celicami razvija še tehnologija, ki uporablja klasični motor z notranjim zgorevanjem na vodik. Ta ima prednost predvsem v uporabi že znane in preizkušene tehnologije celotnega pogonskega sklopa, ki potrebuje le prilagojen motor ter dodane rezervoarje za vodik. Zato je tehnologija hitreje dostopna z manjšimi vlaganji v tehnološke raziskave in razvoj.

5 ZAKLJUČEK

Preden se izgubimo v debati o smiselnosti in izvedljivosti prevozov na dolge razdalje z električnimi gospodarskimi vozili, do česar sem tudi sam zelo kritičen, lahko zapišemo dejstvo, da je treba za množično uporabo električnih gospodarskih vozil na področju infrastrukture storiti še ogromno. Toda evropske smernice, vlaganja proizvajalcev v razvoj in ne nazadnje začetki serijske proizvodnje električnih tovornjakov, ki sledijo avtobusom in

dostavnikom, kažejo na to, da se bo elektrifikacija, vsaj v določenem obsegu, vendarle zgodila. Vzporedno s tem pa se zelo hitro razvijajo tudi rešitve pogona na vodik, tako z gorivnimi celicami kot tudi z motorji z notranjem zgorevanjem. Obema tehnologijama je zaenkrat skupna še visoka nabavna cena vozil. Kljub temu da je v Evropi ponudba brezemisijских gospodarskih vozil že kar velika, pa prodajne številke še vedno ostajajo zelo majhne. Razlogi za to so predvsem v veliki nabavni ceni vozil, pomanjkanju polnilne infrastrukture, visoki ceni alternativnih energentov ter negotovosti, kaj bo prinesla prihodnost glede zakonodajnih zahtev in cenovne politike.

Boštjan Paušer je univerzitetni diplomirani organizator, diplomiral na Fakulteti za organizacijske vede v Kranju, Univerze v Mariboru, raziskovalec na Visoki šoli za trajnostni razvoj in glavni urednik revije *Transport & logistika*. Več kot 20 let je aktiven na področju spremljanja tehnologije gospodarskih vozil, prometa, logistike in prometnih predpisov. Je član mednarodne žirije *International van of the year jury* in podpredsednik mednarodne žirije *International bus of the year jury*.

LITERATURA IN VIRI

- Euro 6 (2013). Kamion&Bus, 1.
- European Automobile Manufacturers' Association. (b. d.). <https://www.acea.auto>
- LNG (2018). Kamion&Bus, 36.
- Paušer, B. (2024). Malo, skoraj nič. *Transport & logistika*, 242, 14–16.
- Pravilnik o delih in opremljenosti vozil. Uradni list RS, št. 16/22, 58/22.
- Svet Evropske unije. (b. d.). <https://www.consilium.europa.eu>