

# Využití biobutanolu v zážehových motorech

USE OF BIOBUTANOL IN GASOLINE ENGINES

Vladimír Hönig, Martin Kotek, Matyáš Orsák, Jan Hromádko – Česká zemědělská univerzita v Praze

Biopaliva se v posledních letech stala součástí každodenního života moderní společnosti. Tlak na intenzivnější náhradu fosilních paliv biokomponenty stále sílí i po zavedení povinného přimíchávání bioetanolu do benzinů a methylesterů mastných kyselin do motorových naft. Zavádění biopaliv bylo spojeno s řadou technických i logistických problémů a také s vyššími výrobními náklady. Také pro stále zmiňovaný vliv na cenu potravin v případě biopaliv tzv. 1. generace směřuje vývoj k biopalivům tzv. 2. generace, jejichž surovinovou základnou je zemědělská nepotravinářská produkce a odpadní biomasa. Právě mezi biopaliva 2. generace lze řadit také biobutanol (1).

Základní surovinou pro výrobu biobutanolu jsou cukerné a škrobnaté suroviny. Jsou to tedy suroviny stejné jako pro výrobu bioetanolu (2).

Butanol lze vyrobit obdobně jako ethanol, tj. fermentací přímo z kvasitelných jednoduchých cukrů, tzv. ABE (Aceton-Butanol-Ethanol) procesem, za působení mikroorganismu *Clostridium acetobutylicum*.

Při použití původních cukerných a škrobnatých surovin tvořila surovina asi 60 % nákladů na výrobu butanolu, hledají se proto levnější suroviny, jakými jsou lignocelulóznové materiály a odpadní produkty průmyslových výrobního bohaté na sacharidy, které by významně snížily náklady. Klostridie produkující rozpouštědla jsou schopny, na rozdíl od kvasinek, fermentovat větší škálu sacharidů (3). Z hlediska dosažených hodnot výtěžnosti a produktivity se v současné době jeví výhodně možnost produkce biobutanolu z řepné šťávy.

Volba suroviny závisí na enzymovém vybavení mikroorganismů. Kultury *Clostridium acetobutylicum* a *Clostridium beijerinckii* jsou schopny jako substrát využívat různé monosacharidy, disacharidy a na rozdíl od kvasinek i polysacharidy (škrob). Nemají enzymové vybavení pro fermentaci polysacharidů typu celulosy a hemicelulosy. Takové suroviny je třeba nejdříve podrobit hydrolyze na jednoduché cukry působením hydrolytických enzymů nebo ředěných kyselin (3). Suroviny pro ABE fermentaci se rozlišují na:

- škrobnaté (brambory, kukuřice, obilí, rýže),
- cukernaté (řepná melasa, syrovátka),
- lignocelulóznové (sláma, dřevo).

## Mikroorganismy tvořící butanol

Rozpouštědla aceton, butanol a ethanol (případně 2-propanol) generují svým metabolismem hlavně bakterie patřící do rodu

*Clostridium*. Butanol jako hlavní fermentační produkt byl zjištěn také u bakterií *Butyribacterium methylotrophicum* (4) a *Hyperthermus butylicus*. Rod *Clostridium* patří mezi nejrozšířenější rody bakterií. Hlavními producenty rozpouštědel jsou bakterie:

- *Clostridium acetobutylicum*,
- *Clostridium beijerinckii* (dříve *C. butylicum*),
- *Clostridium saccharobutylicum*,
- *Clostridium saccharoperbutylacetonicum*,
- *Clostridium aurantibutyricum* (menší množství),
- *Clostridium butyricum*,
- *Clostridium cadaveris*,
- *Clostridium pasteurianum*,
- *Clostridium puniceum*,
- *Clostridium sporogenes*,
- *Clostridium tetanomorphum*,
- *Clostridium termosaccharolyticum* (5).

Při aceton-butanolovém kvašení jsou hlavními produkty aceton, butanol a ethanol. Jejich chemické a fyzikální vlastnosti jsou důležité z pohledu použitelnosti jako motorového paliva (butanolu a ethanolu). Při separaci produktů fermentace také hrají důležitou roli teplota varu a schopnost tvorby azeotropu. Hodnoty jsou uvedeny v tab. I.

## Specifická energie

Specifická energie paliva je energie směsi určitého paliva se vzduchem ve stechiometrickém poměru. S vyšší specifickou energií paliva se dosahuje většího výkonu motoru. Hodnoty specifické energie pro vybraná paliva jsou uvedeny v tab. II.

Oktanové číslo ethanolu a butanolu se v různých zdrojích liší, z tab. III. je však zřejmé, že kyslíkaté sloučeniny mají vyšší oktanové číslo než benzin.

Tab. I. Chemické a fyzikální vlastnosti látek

Veličina	Jednotka	Butanol	Aceton	Ethanol
molární hmotnost	g.mol <sup>-1</sup>	74,124	58,081	46,07
teplota tání	°C	-88,62	-94,7	-114,1
teplota varu	°C	117,66	56,29	78,29
hustota při 20 °C	g.cm <sup>-3</sup>	0,8097	0,79	0,7894
rozpuštěnost vody v látce	% hm.	7,45	∞	∞
vodný azeotrop		57,5 %; 92,7 °C	není	96 %; 78,17 °C

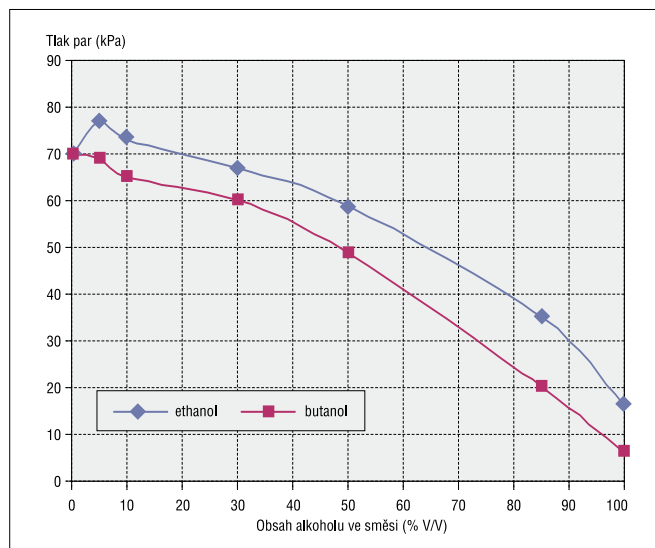
**Výhody biobutanolu oproti bioetanolu**

- Vyšší energetická hustota, až o 30 % vyšší výhřevnost než ethanol, v neupravených pohonných jednotkách to znamená snížení spotřeby paliva, která je v případě bioetanolu vyšší (2).
- Benzinové motory mohou spalovat směsi benzínu s butanolem vytvořené v jakémkoliv poměru obou složek, ale může být používán také samostatně (100 %) jako pohonné palivo v motorech s vnitřním spalováním.
- V případě, že by směs měla vyhovovat podmínkám ČSN EN 228 „Motorová paliva – Bezolovnaté automobilové benziny – Technické požadavky a metody zkoušení“, která připouští obsah kyslíku v benzínu max. do 2,7 % (m/m), bylo by možné do benzínu přimíchat až 11,7 % (V/V) butanolu (v případě přimíchávání ethanolu se jedná pouze o max. 5 % (V/V) (6).
- Není tolik hygroskopický jako ethanol, je tedy i méně korozivní pro kovové nádrže a potrubí, ani nevzniká separovaná fáze vody s butanolem (chová se tedy obdobně jako ethery MTBE či ETBE).
- Vlivem hygroskopičnosti může být dopravován běžnými a již existujícími produktovody, cisternami a distribuován jen částečně upravenými čerpacími stanicemi, což prakticky vylučuje dopravu ethanolu ve stávajících zařízeních.
- Z hlediska manipulace bezpečnější než palivo s bioetanolem díky nižší tenzi par.
- Svými vlastnostmi se přibližuje k benzínu více než ethanol.
- Může být přidáván do benzínu ve vyšší koncentraci, až 10 % (V/V) u evropských benzinů a 11,5 % (V/V) u amerických benzinů, do budoucna až 16 % (V/V), a to bez modifikace motoru (7).
- Podílí se téměř 95 % na energii biopaliva oproti 75 % ethanolu (5).
- Až 20% směs butanol-diesel může být použita v motorech vyrobených pro spalování 100% motorové nafty (8).
- Pro palivové směsi s vysokým podílem butanolu a nízkým podílem benzínu jsou potřebné technické změny původního benzinového palivového systému vozidla méně rozsáhlé než v případě směsi s vysokým obsahem ethanolu (9).

**Výhody biobutanolu oproti benzínu**

- Neprodukuje  $\text{SO}_x$ ,  $\text{NO}_x$  a CO, produkované  $\text{CO}_2$  a  $\text{H}_2\text{O}$  se vrací do ovzduší, ze kterého byly zpracovávány rostlinami přijaty.

Obr. 1. Tlak par směsi BA 95 s bioetanolem a n-butanolem



- Z hlediska manipulace bezpečnější než běžné benziny díky nižší tenzi par (méně se odpařuje zvláště v letním období).
- Butanol zamrzá až při  $-89^\circ\text{C}$ .
- Je dobře biologicky odbouratelný a nepředstavuje ohrožení půdy ani vody.

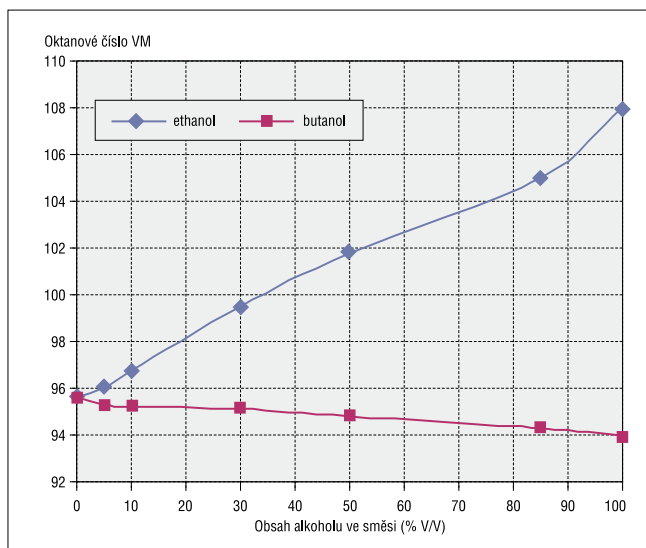
**Nevýhody biobutanolu oproti bioetanolu**

- Rozsah výroby biobutanolu fermentačním procesem je limitován biologickým omezením. Butanol i při nízké koncentraci 1,5 až 2 % v roztoku inhibuje růst a činnost mikroorganismů a celý fermentační proces zastavuje, ethanol působí negativně na kvasné mikroorganismy až při koncentraci 15–16 % ve fermentované směsi (10).
- Nižší oktanové číslo v porovnání s ethanolem, motor spalující palivo s nižším oktanovým číslem je náchylnější ke klepání a má nižší účinnost. Tento fakt by mohl pro určité konfigurace rafinérských výroby vyvolat požadavek na úpravu složení benzinového poolu, především omezení přídatku olefinů a větší tlak na mísení isoalkanických frakcí s nízkou citlivostí paliva (tedy rozdílů OČVM – OČMM) (11).
- V důsledku nižší výhřevnosti butanolu je spotřeba směsi benzínu s butanolem v motorech vyšší než spotřeba benzínu (7).

**Nevýhody biobutanolu oproti benzínu**

- Butanol je cca o 5 % méně výhřevný než benzin.
- Jako motorové palivo (bez úprav palivového systému) je vhodný zejména pro teplejší oblasti.
- Butanol má vyšší viskozitu v porovnání s uhlovodíky a nižšími alkoholy, která by se mohla negativně projevit u směsných paliv s vyšším obsahem butanolu větším odporem vůči čerpání paliva a tím i větším namáháním palivového čerpadla (spíše v zimních podmínkách při teplotách pod bodem mrazu) (11).
- Nízký tlak par a nedostatečné vypařování během studených startů v chladném počasí.
- Vyšší výparné teplo.
- Butanol může způsobit korozi některých součástí, zejména palivového příslušenství motoru, což je možné zmírnit přidáním inhibitoru koroze (12).

Obr. 2. Oktanové číslo směsi BA 95 s bioetanolem a n-butanolem



Tab. II. Specifická energie směsi par paliva se vzduchem

Palivo	Obsah energie ve směsi	
	kJ.l <sup>-1</sup> směsi	relativní hodnota
Isooktan (rel. hodnota 100)	3,42	1
Ethanol	3,41	0,997
Butanol	3,44	1,006
Vodík	2,92	0,854
Benzin	3,46	1,012

(za předpokladu, že palivo je úplně odpařené, poměr vzduch/palivo 1,00,  $t = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $P = 1\text{ bar}$ )

- Butanol je agresivní vůči některým plastům a pryži.
- V současné době není vyráběno ani výrobcem schváleno žádné vozidlo pro pohon na 100% butanol.

#### Ostatní vlastnosti a využití bioetanolu a biobutanolu

- Přidání alkoholu do benzínu má pozitivní účinky na mikroorganický rozklad paliv při kontaminaci půdy. Butanol zvyšuje mikroorganický rozklad benzínu, a to více než ethanol, naopak ve vodě je mnohem rychlejší mikroorganický rozklad ethanolu než butanolu (2).
- Přídavek bioetanolu do automobilového benzínu vytváří s přítomnými uhlovodíky azeotropickou směs s nižším bodem varu a tedy s vyšším tlakem nasycených par. Aby byly splněny požadavky na limitní tlak par v přítomnosti ethanolu, musí být z benzínové směsi vyrazeny některé uhlovodíkové frakce.
- Butanol a ethanol již ve své molekule přinášejí do spalovacího procesu kyslík, čímž tedy pro stechiometrické spalování spotřebují menší množství vzduchu než v případě spalování čistého benzínu (7).
- Butanol je kapalina velmi bohatá na vodík, která může pomoci řešit problém výroby a distribuce vodíku v infrastruktuře v souvislosti se zaváděním palivových článků (výroba elektřiny).
- Obsluha palivových článků se dostane na potřebnou bezpečnostní úroveň.
- Vodík může být snadno z butanolu získáván a rozváděn stávající rozvodnou sítí a předávacími zařízeními při kvalitě požadované právě palivovými články nebo vozidly.

Vlastnosti bioetanolu a problémy spojené s jeho využitím jako pohonné hmoty v dopravě jsou také jedním z důvodů, proč je uvažováno právě jeho nahrazení biobutanolem. Aby se např. zabránilo vlivům přítomnosti vody, je bohužel nutné vyloučit dopravu paliva s ethanollem potrubními přepravními systémy. Benziny, které obsahují bioethanol, nelze ani dlouhodobě skladovat (13). Jestliže je voda (i v malém množství) přítomna např. ve skladovacích nebo přepravních systémech, směs ethanol-benzin se následně rozdělí na dvě fáze, přičemž ethanol se ochotně rozpouští ve vodné fázi a zhoršují se vlastnosti paliva. Ethanol však působí i jako kosolvent, který napomáhá přechodu malých množství vody do směsi ethanol-benzin (2).

Pro použití bioetanolu jako biosložky automobilových benzínů byly vydány požadavky na jeho kvalitu v předpisu ČSN EN 15376. Pro biobutanol zatím žádný takový předpis neexistuje.

Tab. III. Parametry paliv

Parametr	Jedn.	Ethanol	Butanol	BA 95
Chemický vzorec		C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> OH	CH <sub>1,87</sub>
Hustota při 15 °C	kg.dm <sup>-3</sup>	0,79	0,81	~0,73
Kinematická vis při 20 °C	mm <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup>	1,52	3,64	0,4–0,8
Bod varu	°C	78	118	30–215
Výhřevnost	MJ.kg <sup>-1</sup>	26,8	32,5	42,9
Výparné teplo	MJ.kg <sup>-1</sup>	0,92	0,43	0,36
Tlak par podle Reida (RVP)	kPa	19,3	18,6	60–90
Směsné oktanové číslo OČVM	–	106–130	94	95
OČMM	–	89–103	80 - 81	85
Obsah kyslíku	% (m/m)	34,7	21,6	< 2,7

Výhřevnost butanolu 15,5 BTU.libra<sup>-1</sup>, resp. 104,8 BTU.galon<sup>-1</sup>, resp. 34,4 MJ.kg<sup>-1</sup>; výhřevnost ethanolu 12,8 BTU.libra<sup>-1</sup>, resp. 84,25 BTU.galon<sup>-1</sup>, resp. 22,2 MJ.kg<sup>-1</sup> (12, 14).

#### Materiál a metody

Pro experimentální analýzy byl použit automobilový benzín BA 95 plně vyhovujícím požadavkům normy ČSN EN 228 zimní třídy. Obsahoval 32,21 % V/V aromatických uhlovodíků, 10,29 % V/V olefinů a 0,52 % V/V benzenu. Obsah vody byl 48,00 mg.kg<sup>-1</sup> a oxidační stabilita převyšovala 360,0 minut. Použitý n-butanol obsahoval 99,83 % m/m butanolu-1, 0,11 % butanolu-2, obsah vody činil 204 mg.kg<sup>-1</sup>. Bioethanol plně vyhovoval požadavkům prEN15376:2013. Vybrané palivářské analýzy vzorků byly stanoveny podle metod platných pro normu ČSN EN 228.

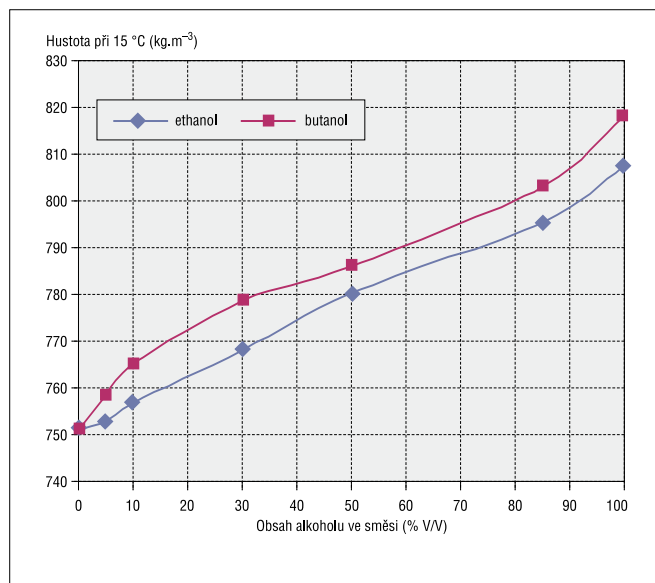
Pro motorové zkoušky byl použit zážehový spalovací motor Škoda Fabia 1.2 HTP. Byly vybrány směsi s pracovními názvy:

- B5 složený z 5 % V/V n-butanolu a 95 % V/V benzínu BA95;
- B30 složený ze 30 % V/V n-butanolu a 70 % V/V benzínu BA95;
- B50 složený z 50 % V/V n-butanolu a 50 % V/V benzínu BA95;
- B85 složený z 85 % V/V n-butanolu a 15 % V/V benzínu BA95;
- B100 pro 100 % n-butanol;
- E85 složený z 85 % V/V ethanolu a 15 % V/V benzínu BA95;
- BA95 pro 100 % benzín dle ČSN EN 228.

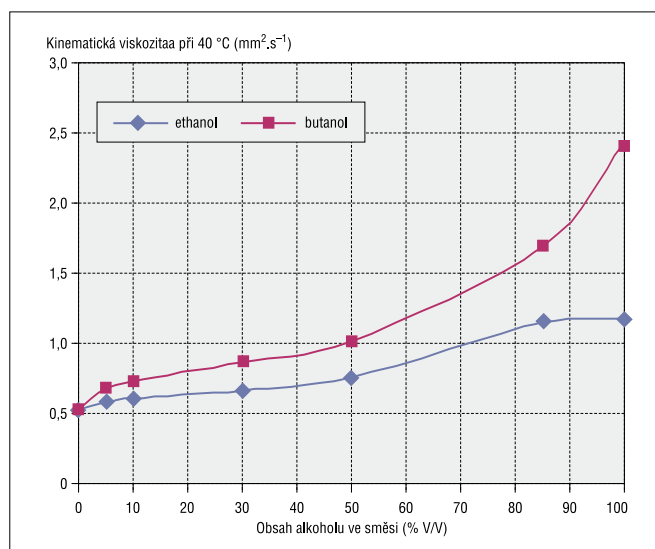
K úpravě motoru pro provoz na alkoholová paliva byla využita přídatná řídicí jednotka Europecon MPI-A4. Její úlohou je zajistit úpravu doby otevření vstřikovacích ventilů tak, aby byla vyrovnána rozdílná hustota energie alkoholových paliv oproti benzínu. Jednotka dále umožňuje zlepšení startovatelnosti motoru za studena pomocí přídatného sycení v závislosti na teplotě motoru (externí teplotní čidlo rozeznává studený či teplý motor). Na jednotce lze nastavit jak startovací dávku (při startování motoru), tak úroveň sycení při studeném motoru.

Měření v laboratorních podmínkách bylo provedeno na brzdovém stanovišti katedry vozidel a pozemní dopravy České zemědělské univerzity v Praze, na kterém byl umístěn výše uvedený spalovací motor. Zatěžování spalovacího motoru bylo prováděno pomocí vířivého dynamometru. Dále bylo na brzdovém stanovišti využito diagnostického systému VAG-COM, pomocí kterého byly snímány okamžité hodnoty z řídicí jednotky motoru. Pro vyhodnocení spotřeby paliva byl použit průtokoměr Flowmeter WF005.

Obr. 3. Hustota směsí BA 95 s bioetanolem a n-butanolem



Obr. 4. Kinematická viskozita směsí BA 95 s bioetanolem a n-butanolem



### Vyhodnocení

Grafy na obr. 1., 2., 3. a 4. ilustrují palivářské parametry směsí benzínu s bioetanolem a n-butanolem. Z obr. 1. je zřejmý efekt zvýšení tlaku par benzínu u příměsí obsahujících do přibližně 7 % (V/V) bioetanolu a dále následuje sestupná tendence. V případě n-butanolu je patrná pouze sestupná tendence tlaku par směsí se zkušebními benzíny.

Obr. 5., 6. a 7. ilustrují výsledné provozní parametry testovaného spalovacího motoru při provozu na jednotlivá paliva. Z obr. 5 je patrné, že použitá paliva nemají zásadní vliv na průběh výkonu. V případě točivého momentu dochází k mírnému nárůstu u paliva E85, zejména v oblasti jeho vrcholu (obr. 6.). V případě měrné spotřeby paliva (obr. 7.) je patrné, že nejnižších hodnot je dosahováno u paliva BA95, při provozu na alkoholová paliva dochází k nárůstu spotřeby, jež odpovídá rozdílné výhřevnosti použitých paliv.

### Závěr

Technologie výroby biobutanolu je v současné době předmětem výzkumu, jelikož ve srovnání s chemickou výrobou biobutanolu z ropy není produkce kvasným způsobem konkurenceschopná. Významný vliv na produkci i výslednou cenu však má i otázka politická a případná podpora přimíchávání butanolu místo běžně dostupného bioetanolu. S ohledem na výkyvy cen ropných paliv a současně na budoucí vývoj cen, vyčerpávání ropných zdrojů a energetickou soběstačnost zemí Evropské unie se jeví výroba biobutanolu pro využití ve spalovacích motorech jako perspektivní. Důležitým faktem je, že pro jeho výrobu je možné využít stávajících zdrojů určených pro výrobu bioetanolu, a to i z odpadní biomasy typické pro biopaliva II. generace. Oproti bioetanolu jej lze využít i jako 100% biopalivo a je možné jej využít také jako příměs do motorové nafty spíše než bioetanol. V případě příměsí v automobilových benzínech se s přidáváním butanolu v benzínu zvyšuje hustota a viskozita, snižuje tlak par a oktanové číslo. Z tohoto hlediska např. palivo tvořené 85 % V/V butanolu, jako obdoba paliva E85, nesplní kvalitativní požadavky dle prEN 15293, avšak je vyhovující normě ČSN 65 6512 pro E85. Jako možnost zvýšení tlaku par nutného pro startovatelnost vozidla se jeví využití směsí s benzínem BA95 splňující požadavky pro zimní období nebo příměs těžkavějších uhlovodíků. Z hlediska motorářských parametrů, jakými je výkon motoru, krouticí moment a spotřeba vozidla, se využití vysokoprocentních směsí butanolu s benzínem (či 100% butanolu) jeví jako vhodnější než využití bioetanolu. Butanol má oproti ethanolu celou řadu dalších výhod, které byly v tomto článku přehledně uvedeny.

### Souhrn

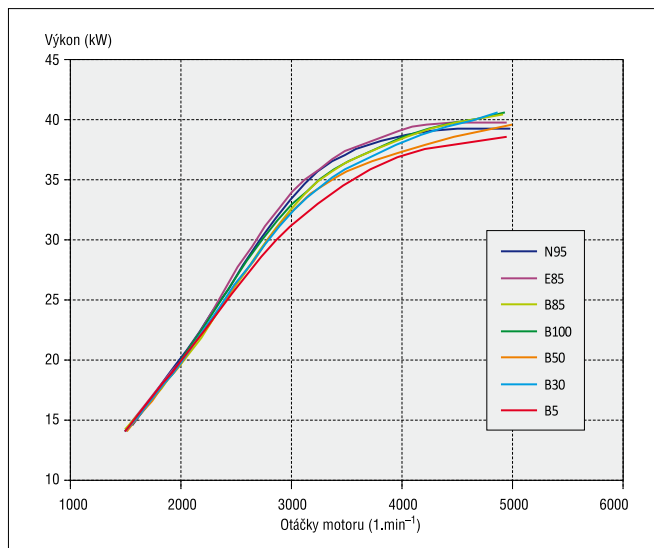
Článek se zabývá využitím biobutanolu pro aplikace v zážehových motorech. Představuje biobutanol jako alternativu za automobilový benzín a současně za běžně používaný bioetanol. Popisuje také možnost jeho využití i jako 100% biopaliva. Zabývá se popisem jednotlivých vlastností, výhod a nevýhod oproti benzínu a bioetanolu. Experimentální část je zaměřena na laboratorní vyhodnocení vlivu bioetanolu a n-butanolu na normované parametry podle standardu ČSN EN 228. Výsledkem je grafické znázornění závislosti množství testovaných alkoholů na hustotu, viskozitu, oktanové číslo a tlak par automobilového benzínu. V dalším kroku byly provedeny experimenty na brzdovém stanovišti. Pomocí vířivého dynamometru bylo prováděno zatěžování spalovacího motoru a s využitím diagnostického systému vyhodnoceny parametry výkonu a točivého momentu. Za pomoci průtokoměru byly analyzovány také spotřeby testovaných směsí. Tyto motorářské parametry jsou porovnávány s hodnotami pro čistý automobilový benzín a také palivo E85. Z článku vyplývá využitelnost směsí benzínu s butanolem a s ohledem na řadu zmiňovaných výhod oproti bioetanolu představuje jeho vhodnou alternativu.

**Klíčová slova:** biobutanol, bioetanol, benzín, E85, *Clostridium*.

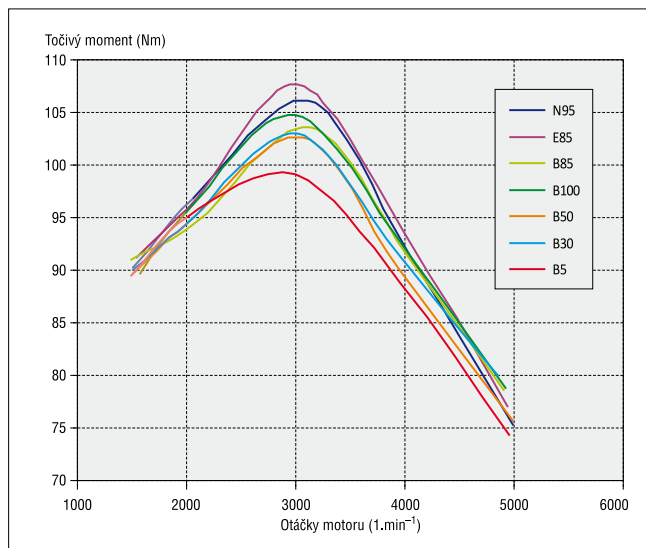
### Literatura

- HROMÁDKO, J. ET AL.: Technologie výroby biopaliv druhé generace. *Chemické listy*, 104, 2008 (5/6), s. 148–149.
- MUŽÍKOVÁ, Z. ET AL.: Fyzikálně-chemické vlastnosti butanol-benzinových směsí, *Chemické listy*, 106, 2012, s. 1049–1053.

Obr. 5. Průběh výkonu motoru



Obr. 6. Průběh točivého momentu

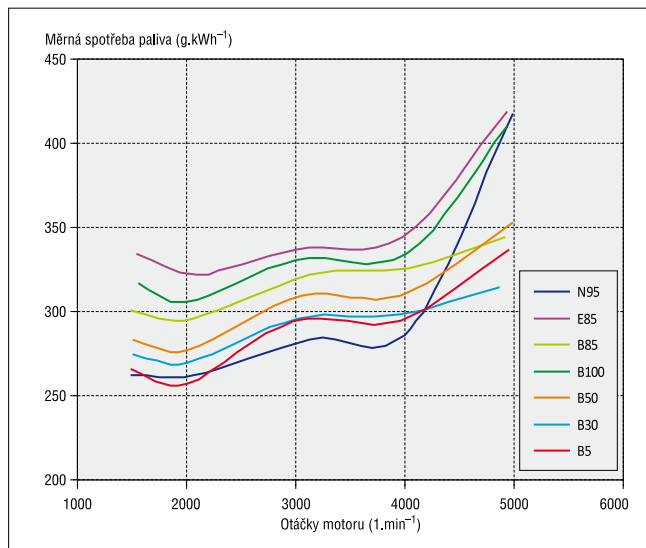


- MELZUCH, K., RYCHTERA, M.: *Libovarnictví a výroba libovin: sylabus k předmětu*. [online] <http://www.vscht.cz/kch/kestazeni/sylaby/liho.pdf>, cit. 21. 11. 2012.
- PATÁKOVÁ, P. ET AL.: Fermentační produkce butanolu – současné reálné možnosti a výhled do budoucnosti, In *Sborník referátů Odpadové fórum 2009*, Aprochem, Milovy, 2009, s. 1377.
- HROMÁDKO, J. ET AL.: Ekonomická analýza bioethanolu v zážehových motorech. *Listy cukrov. řepař.*, 125, 2009 (3), s. 101–103.
- MAŤEJOVSKÝ, V.: *Automobilová paliva*. Grada Publishing, 2005, 224 s., ISBN: 80-247-0350-5.
- ŠEBOR, G.; POSPÍŠIL, M.; MAXA, D.: Využití kapalných biopaliv pro pohon motorových vozidel. *Chemické listy*, 100, 2006, s. 30–35.
- HROMÁDKO, J. ET AL.: Využití etanolu ve vznětových motorech. *Listy cukrov. řepař.*, 125, 2009 (1), s. 24–27.
- MILER, P. ET AL.: Zhodnocení ekologického potenciálu paliva E85. *Listy cukrov. řepař.*, 125, 2009 (5–6), s. 180–184.
- SLADKÝ, V.: Biobutanol – vhodnější náhrada benzínu. *Biom.cz*, [online] <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biobutanol-vhodnej-si-nahrada-benzinu>, cit. 22. 5. 2013.
- PATÁKOVÁ, P. ET AL.: Exploitation of Food Feedstock and Waste for Production of Biobutanol. *Czech J. Food Sci.*, 27, 2009 (4), s. 267–283.
- POSPÍŠIL, M.; ŠIŠKA, J.; ŠEBOR, G.: Biobutanol jako pohonná hmota v dopravě. *Biom.cz*, [online] <http://biom.cz/upload/6e01d-6d4c4835ec93cda508772f3bf6e/biobutanol-jako-pohonn-hmota-v-doprav.pdf>, cit. 1. 5. 2014.
- MIKŠOVSKÝ, T.: Nejasná budoucnost biolihu v Česku. *Petrol magazine*, 7, 2006 (4), s. 68–71.

### Hönig V., Kotek M., Orsák M., Hromádka J.: Use of Bio-Butanol in Gasoline Engines

The article deals with the use of bioButanol for application in gasoline engines, it describes bioButanol as an alternative to gasoline and also to the commonly used bioEthanol. The article also mentions the possibility of its use as a hundred-percent biofuel and describes its various features, advantages and disadvantages compared to gasoline and bioEthanol. The experimental part focuses on laboratory assessment of the effect of bio-Ethanol and n-Butanol on the standard parameters of the corresponding standard EN 228. The result is a graphical representation of the dependence of the amount of alcohols on density, viscosity, octane number and vapor pressure of gasoline. As another step, experiments on a test bench were

Obr. 7. Průběh měrné spotřeby paliva



carried out. Using a swirling dynamometer, load of the combustion engine was performed and using a diagnostic system, power and torque were evaluated. Consumption of the tested mixtures was also analyzed using a flow meter. These parameters are compared with the values for pure automotive gasoline and E85. The article shows the usability of gasoline blended with butanol and due to its many advantages, it concludes that it is a suitable alternative to bioethanol.

**Key words:** bioButanol, bioEthanol, gasoline, E85, *Clostridium*.

### Kontaktní adresa – Contact address:

Ing. Vladimír Hönig, Ph.D., Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, Kamýcká 129, 165 21 Praha 6 – Suchbátka, Česká republika, e-mail: honig@af.czu.cz