Environmentální přínos paliva E10

ENVIRONMENTAL BENEFITS OF FUEL E10

Jan Hromádko, Petr Miler, Martin Kotek – Česká zemědělská univerzita v Praze

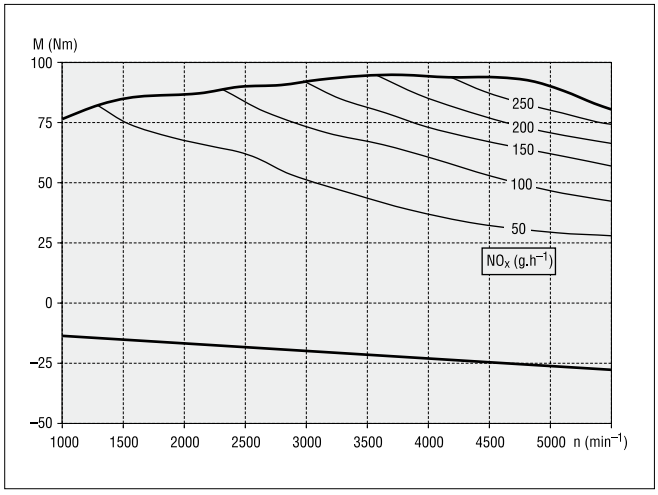
Automobilová doprava je v dnešní době nedílnou součástí lidské civilizace. Vynález automobilu a potažmo spalovacího motoru lze považovat za jeden z největších vynálezů, který ovlivnil vývoj moderní společnosti. Bohužel jsou s automobilovou dopravou a provozem spalovacích motorů spojeny značné problémy, z nichž největší představuje produkce škodlivých emisí. Tu je možno účinně snižovat systémy sloužící k dodatečné úpravě výfukových plynů, jako jsou třícestný katalyzátor, filtr pevných částic, selektivní katalytická redukce, recirkulace výfukových plynů atd. (1). Tyto systémy jsou však schopné účinně eliminovat jen škodlivé látky vzniklé nedokonalým spalování. Výsledek dokonalého spalování, představovaný oxidem uhličitým, nelze těmito prvky snížit. Pro jeho eliminaci je potřeba zavádět komplexnější opatření. Jedno z nejúčinnějších opatření představuje zavádění biopaliv. Kromě snižování CO_2 mohou některá biopaliva zlepšovat proces spalování, a snižovat tak produkci škodlivých látek spojených s nedokonalou oxidací.

Problematika negativních dopadů dopravy na životní prostředí a lidské zdraví společně s možnostmi, jak tyto negativa eliminovat, se stala základem řady evropských dokumentů, směrnic a nařízení. Za první dokumenty, které se zabývaly negativy spojenými s dopravou, jsou považovány tzv. Bílá a Zelená kniha dopravy. Bílou knihu s názvem „Evropská dopravní politika pro rok 2010: čas rozhodnutí“ vydala Evropská komise v září 2001. Konstatuje se v ní, že znečištění z dopravy je vážným problémem a je hlavním zdrojem znečištění ovzduší v městských aglomeracích. Z ekologického hlediska Bílá kniha poprvé požadovala snížení produkce emisí CO_2 a snížení závislosti dopravního sektoru na ropě používáním alternativních paliv (2). Zelená kniha s názvem „Směrem k evropské strategii pro zabezpečení dodávek energie“ stanovuje záměr 20% náhrady konvenčních paliv alternativními palivy v oblasti silniční dopravy do roku 2020. Z toho měl tvořit podíl biopaliv 8 %. Zelená kniha poprvé požaduje širší používání biopaliv, které má za cíl snížit energetickou závislost EU, pomoci zkvalitnit životní prostředí, diverzifikovat produkci a zaměstnanost v zemědělství (3).

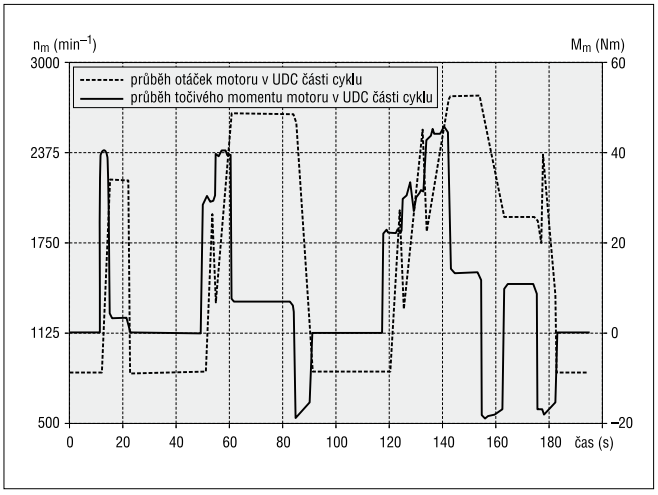
Nejdůležitějším opatřením EU, které mělo podpořit využívání biopaliv, bylo přijetí směrnice Evropského parlamentu a Rady 2003/30/EC o podpoře využívání biopaliv nebo jiných obnovitelných paliv v dopravě. Směrnice byla schválena v roce 2003 a požadovala náhradu 5,75 % energetického obsahu fosilních paliv biopalivy (4). V roce 2009 byla tato směrnice nahrazena novou směrnicí 2009/28/EC o podpoře energie z obnovitelných zdrojů a o změně a následném zrušení směrnic 2001/77/EC a 2003/30/EC. Směrnice požaduje, aby v roce 2020 dosahoval podíl obnovitelné energie 20 %. Ve směrnici je také uveden závazný cíl pro podíl obnovitelných zdrojů energie v dopravě. Do roku 2020 musí každý stát zajistit 10% podíl obnovitelných zdrojů energie v dopravě (5).

Společně se směrnicí 2009/28/EC byla schválena i směrnice 2009/30/EC, která definuje environmentální specifikace pro paliva na trhu určená pro vozidla se zážehovým a vznětovým motorem. Dle této směrnice je například možné do automobilového benzinu přidávat až 10 % bioetanolu, do motorové nafty až 7 % FAME (6).

Obr. 1. Výsledná charakteristika produkce oxidů dusíku pro palivo E10



Obr. 2. Průběh otáček a točivého momentu motoru pro městskou část cyklu



Možnost přidávat až 10 % bioetanolu do běžného automobilového benzinu podporuje rozšíření používání paliva E10, které se skládá z 10 % bioetanolu a 90 % Naturalu 95. Palivo E10 je bez problémů možné používat ve všech současně vyráběných vozidlech. Sdružení evropských výrobců vozidel (ACEA) uvádí, která vozidla je možné provozovat na toto palivo, např. český výrobce vozidel Škoda umožňuje používat palivo E10 téměř ve všech vozidel s výjimkou motorů provozovaných pouze na palivo s oktanovým číslem 98. Problém také může nastat u vozidel Škoda Felicia 1,3 MPi 40 a 50 kW, kde je potřeba vyměnit těsnění v tlakovém regulátoru. Jelikož problémy mohou nastat u většiny starších vozidel, zejména u těch vybavených karburátorem, bude po určitou dobu souběžně s palivem E10 dostupný i běžný automobilový benzin se specifikací EN228:2008, tedy s maximálním podílem bioetanolu do 5 %. Do budoucna se však předpokládá, že palivo E10 plně nahradí běžný automobilový benzin (7).

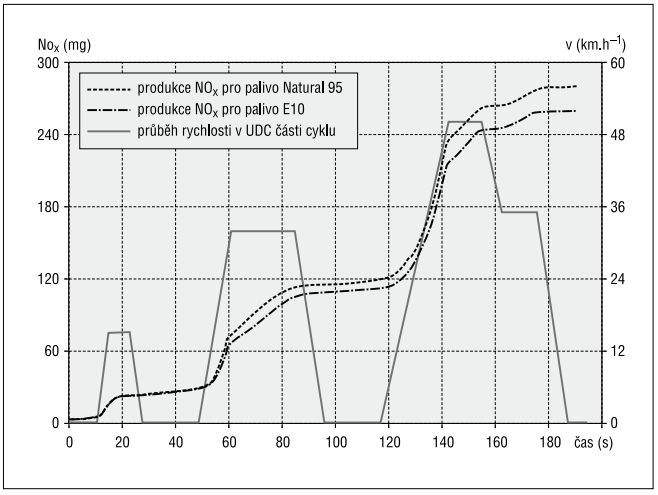
Hlavním důvodem, proč jsou biopaliva přidávána do současných motorových paliv, je ta skutečnost, že biopaliva jsou během celého životního cyklu paliva schopna snižovat produkci oxidu uhličitého (8). Kromě této vlastnosti je bioetanol vlivem vázaného kyslíku v chemické vazbě schopen zlepšovat proces spalování, a snižovat tak produkci škodlivých emisí vznikajících při nedokonalém spalování (9, 10). Tato vlastnost bioetanolu je opomíjena, proto základním cílem článku je vyhodnocení změny produkce všech škodlivých látek při provozu motoru na běžný automobilový benzin a na palivo E10.

Materiály a metody

Změna produkce jednotlivých složek škodlivých emisí a spotřeba paliva při provozu motoru na běžný automobilový benzin (Natural 95, v té době s přídavkem 3,5 % bietanolu) a na palivo E10 byla naměřena na motoru Škoda Felicia 1,3 MPi 50 kW umístěném na zkušebním stanovišti Katedry vozidel a pozemní dopravy. Aby nedošlo k ovlivnění produkce škodlivých emisí činností katalyzátoru, bylo měření emisí prováděno před katalyzátorem.

Pro lepší interpretaci výsledků měření byl rozdíl v produkci škodlivých emisí a spotřebě paliva vyhodnocen pomocí virtuální simulace Evropského jízdního cyklu NEDC (New European Driving Cycle). Princip simulace jízdního cyklu je založen na propojení naměřených úplných charakteristik produkce jednotlivých složek škodlivých emisní a spotřeby paliva s matematickým modelem jízdy vozidla, který je schopen k průběhu rychlosti vozidla v NEDC cyklu stanovit průběh otáček a točivého momentu motoru.

Obr. 3. Produkce oxidů dusíku v městské části cyklu pro palivo Natural 95 a palivo E10



Vyhodnocení

Naměřené hodnoty produkce jednotlivých složek škodlivých emisí a spotřeby paliva byly v prvém kroku doplněny o nulové hodnoty při ztrátovém momentu motoru. Následně byly naměřené hodnoty postupnou interpolací ve směru točivého momentu motoru a ve směru otáček motoru převedeny na čtvercovou matici P, která tvoří podklad pro tvorbu spojitých charakteristik motoru. Pro tvorbu spojitých charakteristik je dále třeba definovat rozsah otáček motoru a točivého momentu motoru. Tato definice je provedena maticí M. Výsledná spojitá charakteristika je dána rovnicí:

$$\mathrm{fit}(x,y) := \mathrm{interp}\left[\mathrm{cspline}\ (M,P), M, P, \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}\right] \qquad (1),$$

kde: fit(x,y) je spojitá charakteristika závislé proměnné (např. spotřeba paliva nebo produkce jednotlivé škodlivé emise), M je matice definující rozsah otáček a točivého momentu motoru, P je matice nainterpolovaných diskrétních hodnot závislé proměnné

Vzniklou spojitou charakteristiku je dále vhodné ohraničit maximálním a ztrátovým momentem motoru. Příklad výsledné ohraničené charakteristiky produkce oxidů dusíku pro palivo E10 je znázorněn na obr. 1. Obdobným způsobem je stanovena charakteristika ostatní složek škodlivých emisí a spotřeby paliva jak pro palivo E10 tak i pro palivo Natural 95.

V druhém kroku je pomocí matematického modelu jízdy vozidla převedena definovaná rychlost jízdy vozidla v NEDC cyklu na otáčky a točivý moment motoru. Rychlost vozidla je na otáčky motoru převedena přes převodové poměry a prokluz hnacích kol. Točivý moment motoru je vypočítán z jízdních odporů a převodových poměrů. Jelikož se NEDC cyklus skládá ze dvou částí, městské UDC části a mimoměstské EUDC části, je nutné provést výpočet pro obě části cyklu zvlášť. Výsledný průběh otáček a točivého momentu motoru pro městskou část cyklu je znázorněn na obr. 2.

Virtuální simulace jízdního cyklu vznikne propojením spojitých charakteristik spotřeby paliva a produkce jednotlivých složek škodlivých emisí s průběhem otáček a točivého momentu motoru v jízdním cyklu. Pomocí simulace získáme možnost stanovit okamžité a posléze kumulované hodnoty produkce jednotlivých složek škodlivý emisí, resp. spotřeby paliva. Kumulované hodnoty za celý cyklus můžeme přes známou ujetou dráhu cyklu přepočítat na měrnou hodnotu vztaženou na jeden ujetý kilometr. Stanovení měrných produkcí emisí, respektive spotřeby paliva, je definováno rovnicemi 2–4:

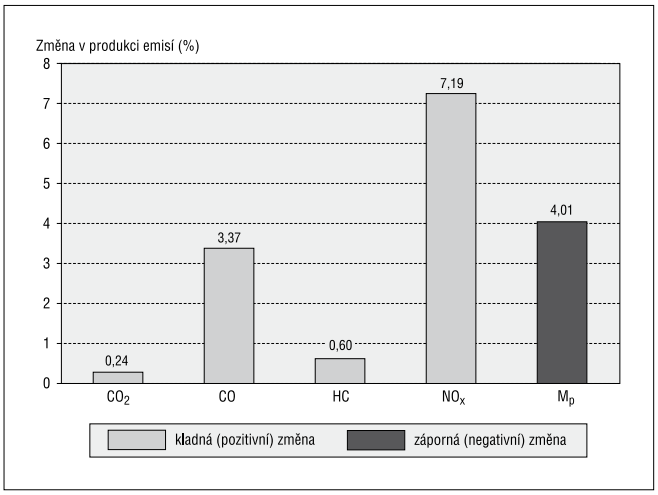
$$\mathrm{NOx_s}(i) := \mathrm{fit}\left(n_m(i), M_m(i)\right) \cdot 3{,}6^{-1} \qquad (2),$$

kde: $\mathrm{NOx_s}(i)$ ($g \cdot s^{-1}$) je průběh okamžité produkce oxidů dusíku v městské části cyklu, fit je funkce, která definuje spojitou plochu

Tab. I. Tabulka výsledných hodnot měrných produkcí

Jednotlivé měrné emise, resp. měrná spotřeba paliva	UDC	EUDC	Kombin. provoz
CO_2 na palivo Natural 95 ($g.km^{-1}$)	217,9	122,8	157,80
CO_2 na palivo E10 ($g.km^{-1}$)	219,1	121,5	157,42
CO na palivo Natural 95 ($g.km^{-1}$)	9,26	4,93	6,52
CO na palivo E10 ($g.km^{-1}$)	8,95	4,75	6,30
HC na palivo Natural 95 ($mg.km^{-1}$)	82,92	42,11	57,13
HC na palivo E10 ($mg.km^{-1}$)	83,01	41,53	56,79
NO_X na palivo Natural 95 ($mg.km^{-1}$)	276,03	259,43	265,54
NO_X na palivo E10 ($mg.km^{-1}$)	256,77	240,43	246,44
Spotřeba paliva Natural 95 ($g.km^{-1}$)	63,56	35,62	45,90
Spotřeba paliva E10 ($g.km^{-1}$)	66,46	36,84	47,74

Obr. 4. Procentuální změna v produkci jednotlivých složek škodlivých emisí a spotřeby paliva při použití paliva E10



viz krok výše, $n_m(i)$ (min^{-1}) je průběh otáček v motoru během městské části cyklu, $M_m(i)$ (Nm) je průběh točivého momentu motoru během městské části cyklu.

$$NOx_k(i) := \sum_{i=0}^{i} \left(NOx_s(i) \right) \quad (3),$$

kde: $NOx_k(i)$ (g) je průběh kumulované produkce oxidů dusíku v městské části cyklu, $Mp_s(i)$ ($g \cdot s^{-1}$) je průběh okamžité produkce oxidů dusíku v městské části cyklu.

$$NOx_{1km} := \frac{NOx_k(195)}{1.013} \quad (4),$$

kde: NOx_{1km} ($g \cdot km^{-1}$) je měrná produkce oxidů dusíků v městské části cyklu, $NOx_k(195)$ (g) je hodnota kumulované produkce oxidů dusíků ve 195 sekundě cyklu, tedy na konci městského cyklu.

Obr. 3. znázorňuje průběh kumulované produkce oxidu dusíku v městské části cyklu pro obě paliva. Obdobným způsobem je stanovena produkce ostatních složek škodlivých emisí a spotřeby paliva pro obě testovaná paliva a obě části NEDC cyklu. Produkce měrných spotřeb paliva a měrných emisí vztažená na jeden ujetý kilometr pro jednotlivé části jízdního cyklu NEDC je přehledně uvedena v tab. I. V tabulce je také uvedena kombinovaná hodnota měrných spotřeb paliva a měrných emisí určená váhovým průměrem měrné produkce z městské a mimoměstské části cyklu. Městská část je zastoupena 36,8 % a mimoměstská část 63,2 %. Výsledné porovnání produkce škodlivých emisí a spotřeby paliva pro kombinovaný způsob provozu je znázorněno na obr. 4.

Závěr

Výsledky provedeného experimentu ukazují na mírný pokles produkce většiny základních složek škodlivých emisí. Produkce CO poklesla o 3,37 %, produkce HC o 0,6 % a produkce NO_x o 7,19 %. Mírný pokles zaznamenala i produkce CO_2, která klesla o 0,24 %. Hlavní přínos v poklesu produkce CO_2 je ale třeba hledat v biologickém původu bioetanolu. Bude-li bioetanol vyráběn technologií biopaliv první generace, lze očekávat až 50% pokles produkce CO_2 v porovnání s automobilovým benzinem. Při výrobě bioetanolu technologií biopaliv druhé generace lze dosáhnout až 90% poklesu produkce CO_2. Tato technologie je v současné době ve stadiu intenzivního světového výzkumu, s komerčním nasazením se počítá asi za pět až deset let (11).

Negativně se přidání 10 % bioetanolu projevilo zvýšením spotřeby paliva, která vzrostla o 4,01 %. Nárůst spotřeby paliva je způsoben nižší výhřevností přidaného bioetanolu. Výhřevnost běžného automobilového benzinu se pohybuje kolem 43 $MJ \cdot kg^{-1}$, u bioetanolu kolem 27 $MJ \cdot kg^{-1}$. S mírným nárůstem spotřeby paliva je nutné počítat při stanovování ceny směsného bioetanolového paliva. Cena směsného paliva by měla být při přepočtu na energetický ekvivalent automobilového benzinu konkurenceschopná (12).

Další zajímavé poznatky s přidáváním bioetanolu plynou z porovnání dosaženého maximálního točivého momentu motoru. Měřený motor dosahoval stejných výkonových parametrů při provozu na obě paliva. Přidání 10 % bioetanolu se tedy neprojevilo znatelným poklesem točivého momentu motoru. Samotní výrobci automobilů uvádějí, že přidávání bioetanolu do výše 20 % nezpůsobí žádný pokles výkonu motoru. U měřeného motoru se přechod na palivo E10 také dále neprojevil žádnými nepravidelnostmi v chodu motoru ani jinými odchylkami od běžného provozu.

Z výše uvedeného vychází, že přidání 10 % bioetanolu do automobilového benzinu se projeví pozitivním dopadem na produkci škodlivých emisí. Zvýšení podílu přidávaného bioetanolu do automobilového benzinu je tak jedním z nejvhodnějších způsobů jak dosáhnout požadavku na 10% podíl obnovitelných zdrojů energie v dopravě v roce 2020.

Článek vznikl za podpory interního grantu České zemědělské univerzity v Praze č. 31150/1312/3117.

Souhrn

Článek se zabývá hodnocením environmentálního přínosu paliva E10. Palivo se skládá z 10 % bioetanolu a 90 % automobilového benzinu Natural 95. Přidávání 10 % bioetanolu do automobilového benzinu umožňuje směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/30/EC,

která definuje environmentální specifikace paliv určených pro vozidla se zážehovým a vznětovým motorem. Přidáváním biopaliv do současných motorových paliv se Evropská unie snaží snižovat produkci oxidu uhličitého a snižovat spotřebu fosilních paliv. Kromě této vlastnosti má bioetanol pozitivní dopad i na produkci ostatních škodlivých látek. Tato vlastnost bioetanolu je často opomíjena, proto je cílem článku vyhodnocení změny všech škodlivých látek. Měření bylo provedeno na motoru Škoda Felicia 1,3 MPi 50 kW. Aby nebylo měření ovlivněno činností katalyzátoru, byly emise měřeny před katalyzátorem. K vyhodnocení produkce škodlivých emisí připadajících na jeden ujetý kilometr byla použita virtuální simulace evropského homologačního cyklu NEDC.

Klíčová slova: bioetanol, Natural 95, škodlivé emise, spotřeba paliva, točivý moment.

Literatura

1. *A contribution to the identification of the key technologies for sustainable development of European road transport: Future road vehicle research*. European Automotive Research Partnership Association, 2007.
2. *White paper European transport policy for 2010: time to decide*. Commission of the European Communities, Brusel, 12. 9. 2001.
3. *Green Paper – Towards a European strategy for the security of energy supply*. European Commission, Brusel, 29. 11. 2000.
4. *Directive 2003/30/EC of the European Parlament and of the Council on the promotion of the use of biofuels or other renewable fuels for transport*. Brusel, 8. 5. 2003.
5. *Directive 2009/28/EC of the European Parlament and of the Council on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC*. Brusel, 23. 4. 2009.
6. *Directive 2009/30/EC of the European Parliament and of the Council amending Directive 98/70/EC as regards the specification of petrol, diesel and gas-oil and introducing a mechanism to monitor and reduce greenhouse gas emissions and amending Council Directive 1999/32/EC as regards the specification of fuel used by inland waterway vessels and repealing Directive 93/12/EEC*. Brusel, 23. 4. 2009.
7. *List of ACEA member company petrol vehicles compatible with E10 petrol*. [online, cit. 6. 3 2011] http://www.acea.be/images/uploads/files/20101123_E10_compatibility.pdf.
8. Hromádko, J. et al.: Hodnocení životního cyklu fosilních paliv a bioetanolu. *Listy cukrov.a řepař.*, 125, 2009 (11). s. 320–323.
9. Hromádko, J. et al.: Využití bioethanolu jako paliva ve spalovacích motorech. *Chem. listy*, 105, 2011 (2), s. 122–128.
10. Miler, P. et al.: Zhodnocení ekologického potenciálu paliva E85. *Listy cukrov. řepař.*, 125, 2009 (5/6), s. 180–184.
11. Hromádko, J. et al.: Technologie výroby biopaliv druhé generace. *Chem. listy*, 104, 2010 (8), s. 784–790.
12. Hromádko, J. et al.: Ekonomická analýza využití bioetanolu v zážehových motorech. *Listy cukrov. řepař.*, 125, 2009 (3), s. 101–103.

Hromádko J., Miler P., Kotek M.: Environmental Benefits of Fuel E10

The article deals with the evaluation of environmental benefits of E10 fuel. The fuel consists of 10 % of bioethanol and 90 % of petrol Natural 95. Adding 10 % of bioethanol into the automotive fuel is permitted by the Directive 2009/30/EC of the European Parliament and Council, which defines the environmental specifications of fuels for vehicles with petrol and diesel engines. By adding biofuels into the current motor fuel, the European Union makes effort to reduce carbon dioxide production and reduce consumption of fossil fuels. In addition to this property, bioethanol has positive impact on the production of other harmful substances. This property of bioethanol is often neglected; therefore the aim of this article is to evaluate the changes of all harmful substances. Measurement was done on the engine Skoda Felicia 1.3 MPi 50kW. In order not to affect the measurement by catalyst activities, emissions were measured in front of the converter. To assess the production of harmful emissions per one kilometer, virtual simulation of the European NEDC homologation cycle was used.

Key words: bioethanol, Natural 95, harmful emissions, fuel consumption, engine torque.

Kontaktní adresa – Contact address:

Ing. Jan Hromádko, Ph.D., Česká zemědělská univerzita, Technická fakulta, Kamýcká 129, 165 21 Praha 6 Suchdol, Česká republika, e-mail: janhromadko@tf.czu.cz