VLIV PODÍLU BIOSLOŽKY V PALIVU NA SPOTŘEBU A PALIVA EMISE TRAKTORU ZETOR FORTERRA 8641

THE INFLUENCE OF PROPORTION OF BIOFUEL IN DIESEL ON FUEL CONSUMPTION AND EMISSIONS PRODUCTION OF ZETOR FORTERRA 8641 TRACTOR

M. Pexa[1)], K. Kubín[2)]
[1)]Česká zemědělská univerzita v Praze
[2)]Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i.

Abstract
The knowledge of fuel consumption and emission production for selected energy means is suitable for predicting their technical state. The paper focuses on measuring of the NRSC test for Zetor Forterra 8641 tractor at various ratios of diesel and rapeseed methyl ester – RME (ratios are selected from pure diesel to pure rapeseed oil methyl ester). The fuel consumption and emissions (carbon monoxide, carbon dioxide, nitrogen oxides, hydrocarbons and smoke) of the engine are monitored during the measurement of the NRSC test. Each component is then individually assessed in the NRSC test and it is examined whether this component is increasing or decreasing due to the proportion of rapeseed methyl ester in diesel. The results enable to predict how the tractor behaves while it is using various types of fuel and we suppose its technical condition stay unchanged.

Keywords: rapeseed methyl ester, NRSC test, mobile dynamometer

Úvod

Diagnostice spalovacího motoru je třeba se průběžně věnovat, protože má zásadní vliv na ekonomickou a ekologickou stránku provozu. Většina závad na spalovacím motoru se projevuje zvýšenou spotřebou paliva a tím také zhoršenými emisemi. Současně je však třeba dbát na používání vhodného paliva, které má na ekonomickou i ekologickou stránku stejný vliv.

K posouzení technického stavu traktoru je možné změřit vnějších charakteristiku motoru, tahové charakteristiky, NRSC (Non-Road Steady Cycle) test (8-bodový test), NRTC (Non-Road Transient Cycle) test a jakýkoliv jiný jízdní cyklus (např. orba traktoru). (Bauer et al. 2006)

Článek je zaměřen na test NRSC, kdy je měřen motor traktoru Zetor Forterra 8641 (obr. 1.) při použití různých druhů paliva. Postupně bylo připraveno směsné palivo (nafta a methylester řepkového oleje) v poměrech 85 / 15, 70 / 30 a 55 / 45 (nafta / methylester řepkového oleje) a dále bylo k měření jako palivo použitá čistá nafta a čistý methylester řepkového oleje (MEŘO).

S použitím moderní počítačové technicky, lze provádět také modelování libovolných cyklů (Kadleček et al. 2002), která na základě naměřených dat poskytnou odhady o předpokládané spotřebě a produkci emisí za zvolených režimů (Pejša et al. 2000-2004). Daty, v případě spalovacího motoru, se myslí veličinové plochy spotřeby paliva (Hromádko et al. 2009), oxidu uhelnatého (CO), oxidu uhličitého (CO_2), uhlovodíků (HC), oxidu dusnatého (NO) a pevných částic (PM).

Zkušební test NRSC (2005/13/ES, 2000/25/ES, 2004/26/ES, 97/68/ES) se skládá z řady osmi režimů otáček a točivého momentu, které charakterizují typický provoz traktorového motoru. Jednotlivé režimy a jejich váhový faktor uvádí tabulka číslo 1 a graficky je to znázorněno na obrázku

Obr. 1. Měřený traktor - Zetor Forterra 8641

číslo 2. Význam jednotlivých parametrů zkušebního cyklu je následující:

* *jmenovitými otáčkami* se rozumí maximální otáčky, podle údajů výrobce, které dovoluje regulátor při plném zatížení,
* *mezilehlými otáčkami* se rozumějí otáčky motoru, které splňují jednu z následujících podmínek:
  - u motorů, které jsou konstruovány na provoz v rozsahu otáček na křivce točivého momentu při plném zatížení, jsou mezilehlými otáčkami deklarované otáčky při maximálním točivém momentu, jestliže tyto otáčky jsou v rozsahu od 60 do 75 % jmenovitých otáček,

- jestliže jsou udávané otáčky při maximálním točivém momentu menší než 60 % jmenovitých otáček, pak mezilehlé otáčky jsou 60 % jmenovitých otáček,
- jestliže jsou udávané otáčky při maximálním točivém momentu větší než 75 % jmenovitých otáček, pak mezilehlé otáčky jsou 75 % jmenovitých otáček.

* *zatížením* se rozumí procentuální podíl maximálního využitelného momentu při daných otáčkách.,

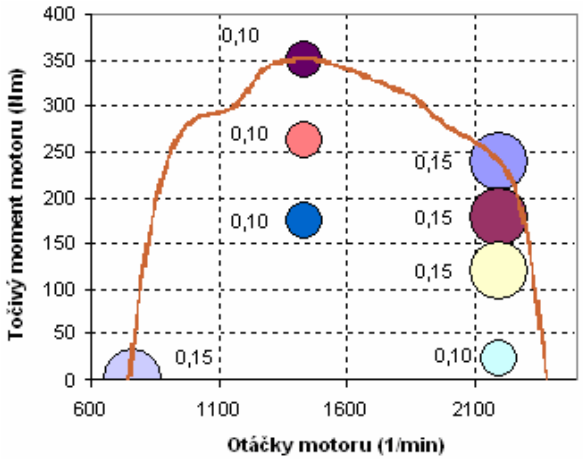
* *váhový faktor* představuje váhu daného režimu při výpočtu výsledné produkce emisí.

Specifické emise (g/kWh) se pro jednotlivé složky vypočtou podle následujícího vztahu:

$$SE = \frac{\sum_{i=1}^{8}(HE_i \cdot VF_i)}{\sum_{i=1}^{8}(P_i \cdot VF_i)} \qquad (1)$$

kde:

SE – specifické emise dané složky (g/kWh)
HE_i – hmotnostní průtok složky v režimu *i* (g/h)
VF_i – váhový faktor režimu *i* (–)
P_i – výkon motoru v režimu *i* (kW)



Obr. 2. Grafické znázornění testu NRSC

Tab. 1. NRSC test

Číslo režimu	Otáčky motoru	Zatížení [%]	Váhový faktor
1	jmenovité	100	0,15
2	jmenovité	75	0,15
3	jmenovité	50	0,15
4	jmenovité	10	0,10
5	mezilehlé	100	0,10
6	mezilehlé	75	0,10
7	mezilehlé	50	0,10
8	volnoběžné	–	0,15

Materiál a metoda

K měřenému traktoru Zetor Forterra 8641 byly postupně připojeny měřící přístroje. Motor byl zatěžován hydraulickým dynamometrem, který byl připojený na zadním vývodovém hřídeli traktoru (obr. 3.). Základní parametry použitého dynamometru AW NEB 400 jsou:

- maximální točivý moment vývodového hřídele: 2850 Nm
- maximální otáčky vývodového hřídele: 3250 1/min
- maximální brzděný výkon: 343 kW
- chyba měření: 2%

Obr. 3. Dynamometr AW NEB 400

Pro měření spotřeby paliva byl použit palivový box (palivoměr), který obsahuje dva průtokoměry Macnaught MSeries FlowMeter M2ASP-1R. Jeden průtokoměr měří množství paliva dodávaného do motoru a druhý průtokoměr měří množství paliva, které se vrací zpět do nádrže. Hlavní parametry průtokoměru M2ASP-1R jsou:

- maximální průtok: 500 l/h
- rozlišení: 400 pulsů/l
- chyba měření: 1%

Jednotlivé emisní složky byly měřeny analyzátorem BrainBee (CO, CO_2, HC, NO, O_2, kouřivost a teplota paliva).

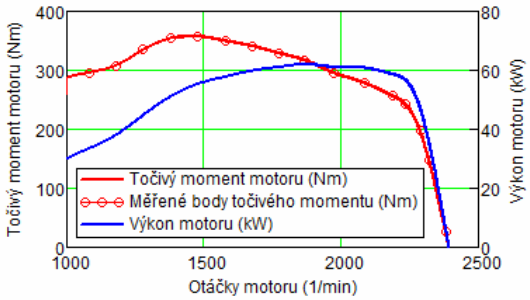
BrainBee

- složka – rozlišení – přesnost
- CO – 0,01 % vol – 0,03 % obj nebo 5 % ČH
- CO_2 – 0,1 % vol – 0,5 % obj nebo 5 % ČH
- HC – 1 ppm vol – 10 ppm obj nebo 5 % ČH
- O_2 – 0,01 % vol – 0,1 % obj nebo 5 % ČH
- NO – 1 ppm
- opacita – 0,1 %
- teplota – 1 °C – 2,5°C (ČH – čtená hodnota)

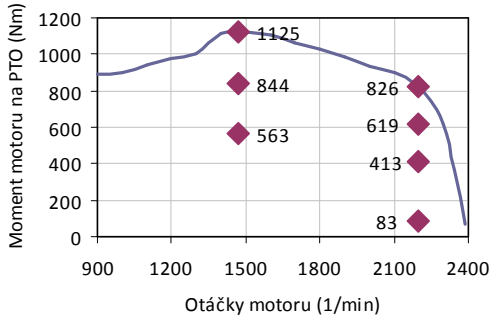
Aby bylo možné hodnoty naměřené analyzátory přepočítat z procentních do hmotnostních jednotek, byla použita bezeztrátová dýza pro měření množství nasávaného vzduchu.

Jakmile byl traktor připraven k měření, bylo připraveno směsné palivo (motorová nafta a MEŘO). Postupně byly namíchány směsi 85 / 15, 70 / 30 a 55 / 45 (motorová nafta / methylester řepkového oleje). Dále byla k měření jako palivo použita čistá motorová nafta a čistý MEŘO.

Na zvolené palivo byl traktor ohřát na provozní teplotu, tak aby bylo zajištěno důkladné propláchnutí předchozí palivovou směsí (směsné podíly z přepadu čerpadla byly jímány a zcela vyřazeny z měření). Po ohřátí následovalo měření vnější otáčkové charakteristiky (příklad vnější otáčkové charakteristiky je uveden na obr. 4), aby bylo možné stanovit měřící body testu NRSC (obr. 5.). Po stanovení těchto bodů následovalo jejich měření a následné vyhodnocení podle popsané metodiky měření a vyhodnocení testu NRSC.



Obr. 4. Příklad naměřené vnější otáčkové charakteristiky – 100% nafta



Obr. 5. Příklad stanovených měřících bodů – 85 / 15 (nafta / MEŘO

Výsledky

Podle popsané metodiky bylo postupně uskutečněno pět měření se směsí paliva 100 / 0, 85 / 15, 70 / 30, 55 / 45, 0 / 100 (nafta / MEŘO). V následující tabulce číslo 2 jsou uvedeny měřící body pro jednotlivé druhy paliva.

Čistá nafta

Otáčky (1/min)	Moment na PTO (Nm)	Moment na motoru (Nm)
2199,0	770,1	244,5
2199,0	590,6	187,5
2202,0	402,9	127,9
2195,5	69,4	22,0
1440,2	1038,5	329,7
1440,2	822,6	261,2
1439,6	536,0	170,2
725,0	0,0	0,0

Nafta / MEŘO - 85 / 15

2197,8	798,3	253,5
2196,7	605,5	192,3
2200,2	402,9	127,9
2197,8	81,3	25,8
1470,3	1058,3	336,0
1470,3	846,1	268,6
1468,6	568,7	180,6
726,0	0,0	0,0

Nafta / MEŘO - 70 / 30

2199,0	796,8	253,0
2200,2	566,2	179,8
2197,8	387,0	122,9
2195,5	90,4	28,7
1468,0	1067,9	339,1
1466,8	820,5	260,5
1468,0	539,7	171,4
726,0	0,0	0,0

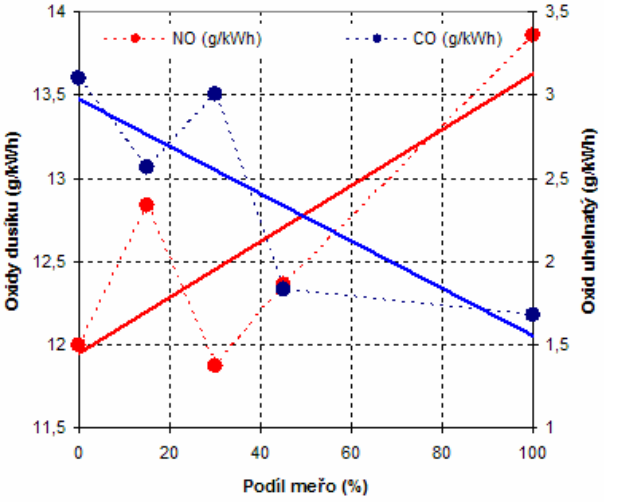
Nafta / MEŘO - 55 / 45

2200,2	745,4	236,7
2200,2	568,1	180,4
2196,7	370,8	117,7
2194,3	71,1	22,6
1548,3	1025,4	325,6
1551,8	777,4	246,8
1548,3	518,7	164,7
726,0	0,0	0,0

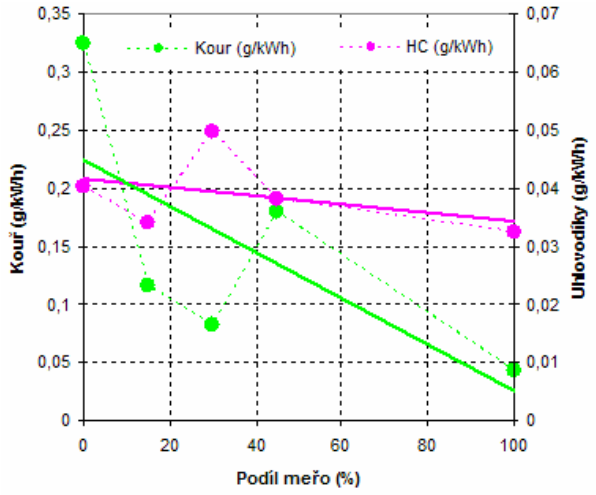
Čisté MEŘO

2202,6	758,2	240,7
2201,4	596,9	189,5
2196,7	383,1	121,6
2197,8	85,6	27,2
1496,3	1020,7	324,1
1496,3	803,9	255,2
1495,1	520,3	165,2
730	0,0	0,0

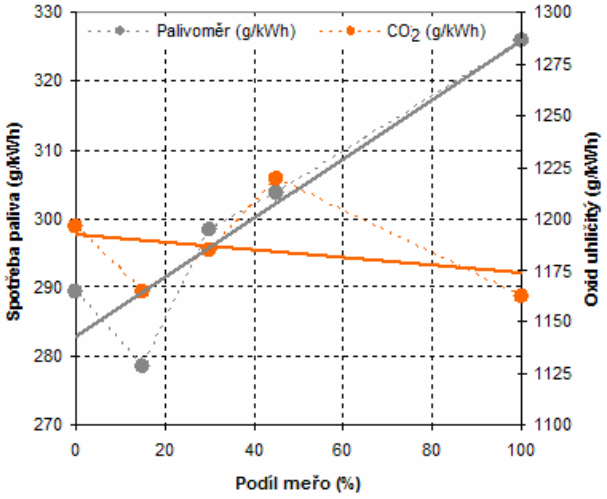
Hodnoty jednotlivých zaznamenávaných složek při předepsaných měřících bodech jsou znázorněny na obrázku číslo 6, 7 a 8. Výsledky jsou seřazeny podle složek a zároveň podle procenta zastoupení MEŘO. Jako spojnice trendu je využito lineární funkce, tak aby bylo zřejmé, zda se daná sledovaná veličina se zvyšujícím podílem mění a to ke zvýšené nebo ke snížené produkci.



Obr. 6. NRSC – CO, NO



Obr. 7. NRSC – HC, kouřivost



Obr. 8. NRSC – CO_2, spotřeba paliva

Ze znázorněného spojitého trendu jednotlivých složek na obrázku číslo 6, 7 a 8 vyplývá, že zvyšující podíl MEŘO se projevuje snižováním obsahu oxidu uhelnatého (CO), uhlovodíků (HC), kouřivosti (Kouř) a oxidu uhličitého (CO_2) a naopak zvýšením obsahu oxidů dusíku (NO) a spotřeby paliva (Palivoměr) během měřeného NRSC testu traktoru Zetor Forterra 8641.

Co se týče výkonových parametrů měřeného traktoru tak se zvyšujícím se podílem MEŘO klesají maximální hodnoty točivého momentu i výkonu motoru. Tento pokles však nepřesahuje 10% maximální hodnoty u motoru provozovaného na čistou naftu. Zároveň však dochází k tomu, že se maximální hodnoty točivého momentu i výkonu motoru posouvají do vyšších otáček.

Diskuse a závěr

K měření byl použit traktor Zetor Forterra 8641 k jehož vývodovému hřídeli byl připojen hydraulický dynamometr AW NEB 400. Pomocí dynamometru byly nastavovány jednotlivé body vyplývající z osmibodového NRSC testu. K zaznamenávaání emisních složek byl použit emisní analyzátor BrainBee a k záznamu spotřeby paliva palivový box se dvěmi palivoměry Macnaught MSeries FlowMeter M2ASP-1R.

Rozložení bodů testu NRSC je zobrazeno v tabulce 2. Výsledky zpracovaného NRSC testu jsou uvedeny na obrázku číslo 6, 7 a 8 pro jednotlivé sledované emisní složky a spotřebu paliva. Z těchto obrázků vyplývá, že zvyšující se podíl MEŘO se projevuje snižováním obsahu oxidu uhelnatého, uhlovodíků, kouřivosti a oxidu uhličitého a naopak zvýšením obsahu oxidů dusíku a spotřeby paliva.

Z hlediska výkonových parametrů spalovacího motoru traktoru lze konstatovat, že se zvyšujícím se podílem methylesteru řepkového oleje klesají maximální hodnoty točivého momentu i výkonu motoru. Tento pokles však nepřesahuje 10 % maximální hodnoty u motoru provozovaného na čistou naftu.

Nevýhodou používání paliv s vyšším podílem MEŘO jsou především vyšší nároky na údržbu palivového systému (zejména odstraňování vody ze systému), nižší výkon motoru a vyšší spotřeba paliva. Naproti tomu výhodou použití MEŘO je vyšší mazivost, vyšší cetanové číslo a snížení emisí (především pevných částic a uhlovodíků) a velmi dobrá biologická rozložitelnost proti motorové naftě. (Anděl et al. 2002)

Poděkování

Příspěvek je vytvořen s grantovou podporou projektu CZU 31190 / 1312 / 3139 (Česká zemědělská univerzita v Praze) – Porovnání vlivu biopaliv na emise a spotřebu paliva u NRSC testu traktoru.

Literatura

[1] Anděl, M. Kuba, P.: Logistika výroby a prodeje směsného paliva s 31 % řepkových methylesterů a perspektivy jeho vývoje. Sborník referátu 5. mezinárodního semináře „Methylestery mastných kyselin a směsné palivo (kvalita, standardizace, legislativa, logistika a odbyt)“. Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha, 2002. S. 23-25. ISBN 80-213-0892-3

[2] Bauer F., Sedlák P., Šmerda T.: Traktory. Profi Press, Praha, 2006

[3] Hromádko J., Hönig V., Miler P., Hromádko J., Štěrba P.: Možnost alternativního způsobu měření měrné spotřeby paliva spalovacích motorů. Agritech science, 2009/3, Praha, 2009

[4] Kadleček B., Pejša L., Pexa M., 2002: Virtual Vehicle - Driving Cycle Aplication for Measuring Emission and Fuel Consumption on HDVS. Eksploatacja i niezawodność, , (4(16)), s. 40 2002

[5] Pejša L., Kadleček B., Pexa M., Hladík, T.: Cost 346, 2000 - 2004 - Metoda měření na volných válcích pro testování emisí, spotřeby paliva a technického stavu motorů nákladních automobilů, traktorů a speciálních vozidel. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha. Závěrečné zprávy 2000 - 2004.

[6] SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 97/68/ES ze dne 16. prosince 1997 o sbližování právních předpisů členských států týkajících se opatření proti emisím plynných znečišťujících látek a znečišťujících částic ze spalovacích motorů určených pro nesilniční pojízdné stroje

[7] SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2004/26/ES ze dne 21. dubna 2004, kterou se mění směrnice 97/68/ES o sbližování právních předpisů členských států týkajících se opatření proti emisím plynných znečišťujících látek a znečišťujících částic ze spalovacích motorů určených pro nesilniční pojízdné stroje

[8] SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2000/25/ES ze dne 22. května 2000 o opatřeních proti emisím plynných znečišťujících látek a znečišťujících částic z motorů používaných k pohonu zemědělských a lesnických traktorů, kterou se mění směrnice Rady 74/150/EHS

[9] SMĚRNICE KOMISE 2005/13/ES ze dne 21. února 2005, kterou se mění směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/25/ES týkající se emisí plynných znečišťujících látek a znečišťujících částic z motorů používaných k pohonu zemědělských a lesnických traktorů a kterou se mění příloha I směrnice Evropského parlamentu a Rady 2003/37/ES týkající se schvalování typu zemědělských a lesnických traktorů

Abstrakt:

Znalost spotřeby paliva a jednotlivých emisních složek u zvolených energetických prostředků je vhodná pro odhad jakým směrem se vyvíjí jejich technický stav. Článek je zaměřen na měření NRSC testu traktoru Zetor Forterra 8641 při různých poměrech nafty a methylesteru řepkového oleje (jsou voleny poměry od čisté nafty až po čistý methylester řepkového oleje). Během měření jednotlivých bodů NRSC testu jsou sledovány emisní složky (oxid uhelnatý, oxid uhličitý, oxidy dusíku, uhlovodíky a kouřivost) a spotřeba paliva. Každá složka je pak jednotlivě vyhodnocena a je sledováno, zda se daná složka se zvyšujícím podílem methylesteru řepkového oleje snižuje nebo zvyšuje a to v rámci NRSC testu. Výsledky tak umožňují předpovědět, jak se bude měřený traktor chovat při různých druzích paliva za předpokladu nezměněné technického stavu.

Klíčová slova: methylester řepkového oleje, NRSC test, mobilní dynamometr

Kontaktní adresa:

Ing. Martin Pexa
Česká zemědělská univerzita v Praze,
Technická fakulta,
Katedra jakosti a spolehlivosti strojů.
Kamýcká 129
16521 Praha 6 - Suchdol
e- mail: *pexa@tf.czu.cz*