

# Aplikace paliva E85 v motoru 1.2 HTP

APPLICATION OF E85 FUEL IN 1.2 HTP ENGINE

Martin Kotecký, Jan Hromádka, Petr Miler, Tomáš Kotecký, Karel Pluhař  
Česká zemědělská univerzita v Praze

Neustále se zvyšující průmyslová produkce spolu s nárůstem dopravních výkonů má za důsledek rostoucí spotřebu energie, která většinou pochází z fosilních paliv (1). Ve světovém měřítku se odhaduje, že přibližně 80 % primární energie pochází z fosilních paliv a téměř 60 % této energie je spotřebováno dopravním sektorem (2). V Evropském regionu je situace obdobná, více jak 30 % energie je spotřebováno dopravou a téměř 98 % energie pochází z fosilních paliv (3).

S výše uvedenou spotřebou fosilních paliv je spojena řada problémů, např. skleníkový efekt, produkce škodlivých emisí, narušování krajiny atd. Další problém, který se v současné době dostává do popředí zájmu, je možné brzké vyčerpání ložisek fosilních paliv, které se vytvářely po řadu tisíciletí.

Na řadu těchto problémů se snaží lidská společnost nalézt opatření, která by pomohla zmenšit negativní dopady spojené s využíváním fosilních paliv. Jednou z nejperspektivnějších možností je nahrazení části fosilních paliv palivy biologického původu. Tato možnost má také řadu problémů, avšak v blízkém horizontu představují biopaliva jednu z nejvhodnějších variant (4).

V současné době jsou běžně používána biopaliva první generace, nejčastěji představovaná bioetanolem a bionaftou. Jejich hlavní nevýhodou je, že jsou vyráběna z potravinářských plodin, a tudíž mohou ovlivnit cenu potravin (5, 6). Kromě této vlastnosti jsou biopalivům první generace přiřazovány další negativní vlivy na ekosystém, biodiverzitu, kácení pralesů atd. (7, 8).

Na druhou stranu mají biopaliva nezpochybnitelný pozitivní vliv na zvýšení odbytu surovin ze zemědělského sektoru, snížení závislosti na ropných zdrojích atd. (9). Biopaliva mají také menší negativní dopady na ekosystém než klasická fosilní paliva (10). Potlačení negativních dopadů biopaliv a zvýšení jejich přínosů se očekává od biopaliv druhé generace, která nebudou vyráběna

z potravinářských plodin. Biopaliva druhé generace jsou ve stadiu intenzivního vědeckého výzkumu. S jejich komerční výrobou se počítá v horizontu pěti až deseti let.

Obecně se všechna biopaliva v poslední době stala cílem řady vědeckých bádání s cílem najít odpověď na otázku, do jaké míry, a zda vůbec, jsou biopaliva přínosná pro společnost. Rozsáhlý výzkum v oblasti biopaliv je prováděn i na České zemědělské univerzitě v Praze, kde jsou biopaliva zkoumána z pohledu několika vědních oborů (agronomie, lesnictví, ekonomie, technika atd.). Výzkum v oblasti aplikace biopaliv ve spalovacích motorech je zkoumán na Katedře vozidel a pozemní dopravy Technické fakulty výše zmíněné univerzity. Zkušenosti z oblasti aplikace paliva E85 v zážehových motorech předkládáme v tomto příspěvku.

## Charakteristika paliva E85

Palivo E85 se skládá z 85 % bioetanolu a 15 % automobilového benzínu. V zimním období je možné, pro snadnější starty, snížit podíl bioetanolu na 70 % a zvýšit podíl automobilového benzínu na 30 %. Vlastnosti tohoto paliva vycházejí z výše uvedeného zastoupení bioetanolu a automobilového benzínu. Porovnání vlastností benzínu Natural 95 a paliva E85 jsou uvedeny v tab. I.

Parametry paliva E85 určují toto palivo jako alternativní pro automobilový benzin, tudíž pro využití v zážehových motorech. Vzhledem k nižšímu směšovacímu poměru (palivo : vzduch) přináší spalování E85 v běžných zážehových motorech problém se spalováním chudé směsi. Aby docházelo ke spalování stechiometrické směsi, je nutné zvýšit dávku paliva přibližně o 30 %. Tento rozdíl je patrný z porovnání výhřevnosti automobilového benzínu a paliva E85. Vozidla schopná bezproblémově spalovat palivo E85 jsou nazývána FFV vozidla (Flexi Fuel Vehicle). Tato vozidla jsou již od výrobce upravena na spalování obou paliv a jak je z anglického názvu patrné, mohou bezproblémově spalovat jakýkoliv poměr výše uvedených paliv.

Činnost FFV vozidel je založena na dávkování paliva podle širokopásmové lambda sondy umístěné ve výfuku. Ta je schopná rozpoznat množství kyslíku ve výfuku a upravit dávku paliva tak, aby odpovídal stechiometrické směsi. Stejný princip se používá u zážehových motorů spalující automobilový benzin, zde však lambda sonda není schopna tak široké regulace, jako u FFV vozidel. Proto se také stává, že při použití paliva E85 v běžném spalovacím motoru dochází k identifikaci závady spalování chudé směsi. Při spalování směsného paliva benzínu a E85 mohou některá vozidla do určité míry jezdit bezproblémově.

Tab. I. Charakteristika automobilového benzínu a paliva E85

	Automobilový benzin N95	Bioetanolové palivo E85
Stechiometrický poměr vzduch/palivo	14,18	9,69
Hustota (kg.dm <sup>-3</sup> )	0,731	0,781
Výhřevnost – hmotnostní (MJ.kg <sup>-1</sup> )	43,12	29,09
Výhřevnost – objemová (MJ.dm <sup>-3</sup> )	31,52	22,71
Oktanové číslo (výzkumná metoda)	95,3	107,4
Oktanové číslo (motorová metoda)	85,0	89,7

Při změně spalování paliva E85 a čistého benzínu (např. jeli jsme dlouho na palivo E85 a do prázdné nádrže natankujeme čistý automobilový benzin) může docházet k neklidnostem chodu motoru. Toto chování je způsobeno neschopností lambda sondy reagovat na tak rychlou změnu směšovacího poměru. Potlačení těchto stavů bylo u FFV vozidel splňujících emisní normu EURO 4 dosaženo přidáním speciálního výpočetního algoritmu, který z polohy plováku v palivové nádrži odhadoval množství paliva před natankováním a množství paliva natankovaného. Z těchto dvou hodnot byla stanovena přibližná hodnota nového směšovacího poměru palivo : vzduch. Management motoru tak mohl lépe nastavit dávku paliva, která nepřekročí rozsah lambda regulace.

U FFV vozidel, která splňují emisní normu EURO 5, je tento algoritmus nahrazen speciálním čidlem umístěným v palivové nádrži, které rozpozná přibližný poměr paliva E85 a automobilového benzínu. Fyzikální princip čidla je založen na měření elektrické permitivity případně odporu látky. Hodnota této veličiny je velmi rozdílná u nepolárních látek (uhlovodíky obsažené v automobilovém benzínu) a polárních látek (bioetanol v palivu E85). Umístění speciálního senzoru na koncentraci bioetanolu v palivové směsi E85 a automobilového benzínu je znázorněno na obr. 1.

Kromě FFV vozidel, která jsou na trh dodávána nová, se stále častěji setkáváme s tzv. přestavbovými jednotkami, které umožňují provoz zážehového motoru na palivo E85. Hlavní princip všech přestavbových jednotek je založen na prodloužení doby otevření vstřikovacího ventilu tak, aby se do motoru dostalo více paliva E85. Některé jednotky jsou schopné využívat i signál z lambda sondy a regulovat tak dobu prodloužení signálu, aby byla směs paliva a vzduchu homogenní. Jelikož v činnosti zůstává původní jednotka, dochází k regulaci prodloužení doby otevření vstřikovacího ventilu v závislosti na bohatosti směsi i touto jednotkou. Regulace pomocí obou jednotek nemusí být tedy vždy dokonalá. Další vlastnost, kterou má řada jednotek, je možnost zvýšení dávky paliva při startu studeného motoru. Vzhledem k jiným vlastnostem odpařování paliva je někdy problematické nastartovat neupravený motor na palivo E85 už při teplotách kolem 5–10 °C.

Testování vlastností běžného zážehového motoru při provozu na palivo E85 s pomocí přídavné řídicí jednotky je dlouhodobě testována na Katedře vozidel a pozemní dopravy. První motor, který prošel zkouškou na provoz na palivo E85, byl motor Škoda Felicia 1.3 MPI 50 kW. O výsledcích v současné době prováděných testů na motoru 1.2 HTP 40 kW informuje tento článek.

### Materiál a metody

Měření bylo provedeno na zážehovém motoru Škoda Fabia 1.2 HTP o výkonu 40 kW umístěném na zkušebním motorovém stanovišti. Jako prostředek k zatěžování motoru byl použit vířivý dynamometr VD 125 o maximálním brzděném výkonu 125 kW. K měření spotřeby paliva byla použita přesná tenzometrická váha, která spolu s měřením času spotřeby paliva umožňuje přesně stanovit spotřebu paliva. Posledním podstatným přístrojem při měření byl analyzátor výfukových emisí VMK, jenž umožňuje měřit koncentrace emisí CO<sub>2</sub>, CO, HC a NO<sub>x</sub>. Parametry zážehového motoru 1.2 HTP jsou uvedeny v tab. II. Na obr. 2. je pak znázorněno umístění motoru na zkušebním stanovišti.

Tab. II. Základní parametry motoru 1.2 HTP

Parametr	Veličina
kód motoru	AWY (BRD)
konstrukce	tříválcový řadový motor, 2 ventily na válec
obsah	1 198 cm <sup>3</sup>
vtřání	76,5 mm
zdvih	86,9 mm
kompresní poměr	10,3 : 1
efektivní výkon	40 kW při 4 750 ot.min <sup>-1</sup>
efektivní točivý moment	106 Nm při 3 000 ot.min <sup>-1</sup>
řídicí jednotka motoru	Simos 3PD (vícebodové vstřikování)
emisní norma	EU4

### Vyhodnocení

K porovnání rozdílů provozu zážehového motoru při spalování automobilového benzínu a paliva E85 byly použity emisní charakteristiky koncentrace tří základních škodlivých emisí (CO, HC, NO<sub>x</sub>). Dále byla porovnána měrná spotřeba paliva. Tyto charakteristiky byly v prvním kroku naměřeny u paliva Natural 95 a v druhém kroku u paliva E85. Pro umožnění spalování paliva E85 byla použita přídavná jednotka od firmy Europecon. Výsledná změna produkce emisí a spotřeby paliva je uvedena na obr. 3. až obr. 6.

### Závěr a diskuse

Výsledky provedených experimentů potvrzují, že v upraveném zážehovém motoru lze bez větších problémů spalovat palivo E85. Grafy (obr. 3. až obr. 6) taktéž ukazují na ekologický přínos spalování paliva E85, a to zejména z pohledu produkce CO.

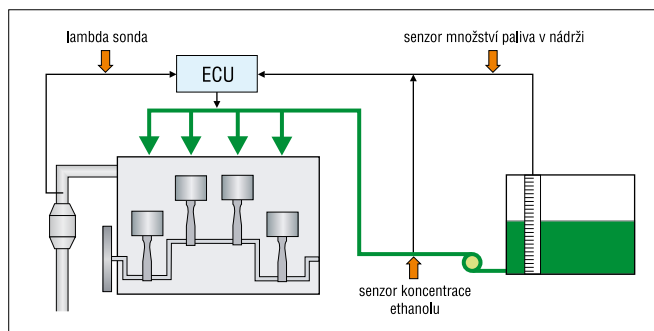
Z obr. 3. je patrné, že při provozu na automobilový benzin Natural 95 jsou v oblastech maximálního zatížení motoru nepříjemně vysoké koncentrace oxidu uhelnatého. Při použití paliva E85 k těmto vysokým koncentracím nedochází. Koncentrace oxidu uhelnatého je v oblastech vysoké zátěže motoru téměř poloviční. V oblastech nízkého zatížení je koncentrace oxidu uhelnatého obdobná provozu na automobilový benzin Natural 95.

U koncentrace nespálených uhlovodíků je situace komplikovanější, je to dáno celkově složitějším způsobem tvorby nespálených uhlovodíků, které jsou jednak tvořeny nespáleným původním palivem a produkty nedokonalé transformace paliva na oxid uhličitý a vodu. Obr. 4. ukazuje, že koncentrace nespálených uhlovodíků je pro obě paliva téměř shodná, zejména pokud se jedná o oblasti nízkého a středního zatížení. Kladný přínos paliva E85 se projevuje v oblasti vysokých otáček motoru.

Obdobná situace je i u oxidů dusíku. Celkový přínos paliva E85 na produkci této škodliviny je zanedbatelný v celém rozsahu otáček a točivého momentu motoru. Pouze při vysokých otáčkách je patrná mírná tendence ke snížení koncentrace oxidů dusíku, viz obr. 5.

Positivní přínos v produkci škodlivých emisí je částečně také způsoben přídavnou řídicí jednotkou, která prodlužuje dobu vstřiku a napomáhá tak udržet stechiometrický směšovací

Obr. 1. Schéma palivové soustavy FFV vozidel se speciálním senzorem koncentrace bioetanolu v palivové směsi E85 a automobilového benzínu



Obr. 2. Umístění motoru na zkušebním stanovišti



poměr. Na Technické univerzitě v Liberci byl testu podroben neupravený motor Škoda Felicia 1.3 MPI a výsledky ukazují na 60% pokles emisí CO, trojnásobný nárůst emisí NO<sub>x</sub> a identickou produkci emisí HC. Rozdíl v uvedených hodnotách může být způsoben větší mírou nedodržování stechiometrického směšovacího poměru (11).

Problematická zůstává spotřeba paliva, která vzhledem k nižší výhřevnosti paliva vzroste v celé pracovní charakteristice motoru přibližně o 30 %. Tento negativní jev nelze u běžných motorů ovlivnit, jelikož je nutné do oběhu motoru dostat stejné množství energie bez ohledu na druh paliva. Potenciál ke snížení spotřeby paliva E85 u FFV vozidel přináší vysoké oktánové číslo paliva, které však lze plně využít pouze u přeplňovaných motorů s komplexním systémem řízení motoru navrženého přímo na palivo E85. I v těchto případech bude spotřeba paliva přibližně o 20 % vyšší než při provozu na automobilový benzin.

Další výsledky provedeného experimentu, které již nejsou graficky znázorněny, ukazují na identický průběh točivého momentu a výkonu motoru při provozu na obě výše uvedená paliva (12). Výsledky testů provedených na Mendelově univerzitě v Brně ukazují na zlepšení výkonnostních parametrů při provozu na palivo E85. Nárůst výkonu je však pravděpodobně způsoben činností přídavného zařízení na provoz paliva E85 (13).

Identická zůstává i koncentrace oxidu uhličitého. Úsporu je v tomto směru třeba hledat v celém životním cyklu paliva. Podle způsoby výroby bioetanolu je možné uspořit 30–50 % oxidu

uhličitého, jedná-li se o biopalivo první generace, větší úsporu, až 90%, lze dosáhnout v případě, že by byl bioetanol vyroben jako biopalivo druhé generace. Této úspory je možné dosáhnout pouze u té části paliva, kterou tvoří bioetanol.

Výsledky tohoto experimentu potvrzují, že palivo E85 má jeden z největších potenciálů stát se hlavním alternativním palivem pro zážehové motory. Lze jen doufat, že tuto situaci si uvědomí i výrobci vozidel a rozšíří výrobu FFV vozidel. Nedostatek FFV vozidel totiž v současné době představuje největší problém. Obdobně lze doufat v podporu státních orgánů, které by mohly preferovat ekologická vozidla např. po vzoru Švédského království.

*Poděkování: Tento článek vznikl za podpory interního grantu České zemědělské univerzity v Praze s číslem 31150/1312/3106.*

## Souhrn

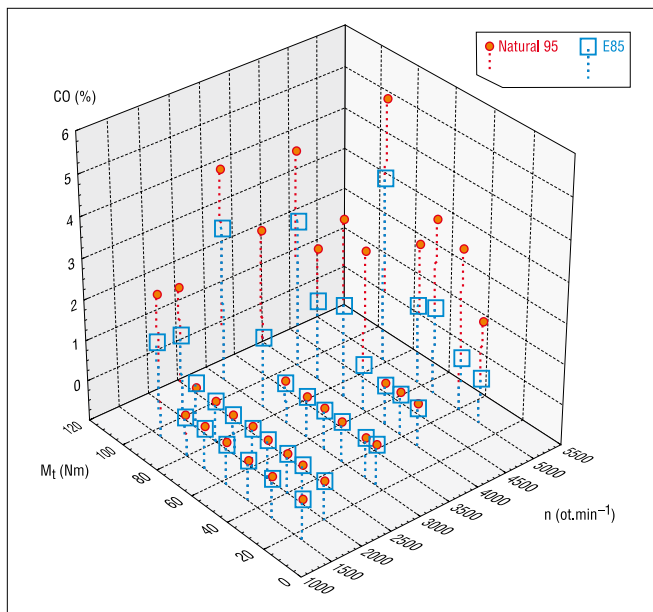
Článek přináší informace z výzkumu prováděného na Katedře vozidel a pozemní dopravy Technické fakulty České zemědělské univerzity v Praze, kde probíhá výzkum aplikace biopaliv ve spalovacích motorech. V konkrétní podobě je článek zaměřen na změnu základních parametrů zážehového motoru při provozu na biopalivo E85. Provoz zážehového motoru na palivo E85 byl umožněn přídavnou řídicí jednotkou od firmy Europecon. Měření bylo provedeno na motoru Škoda Felicia 1.2 HTP o výkonu 40 kW, umístěném na zkušebním stanovišti. Za porovnávací parametry byly vybrány produkce škodlivých emisí a měrná spotřeba paliva.

**Klíčová slova:** palivo E85, škodlivé emise, spotřeba paliva, výkon motoru.

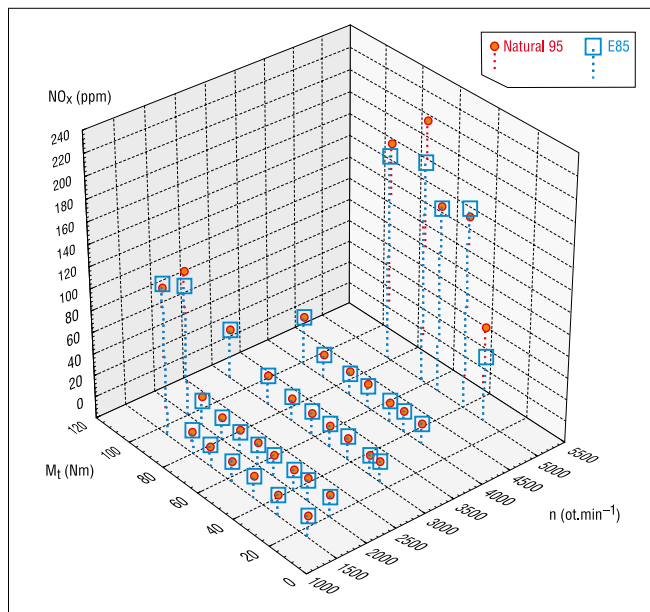
## Literatura

1. AGRAWAL, A. K.: Biofuels (alcohols and biodiesel) applications as fuels for internal combustion engines. *Prog Energy Combustion Sci.*, 33, 2007, s. 233–271.
2. ESCOBAR, J. C. ET AL.: Biofuels: environment, technology and food security. *Renew Sustain Energy Rev*, 13, 2009, s. 1275–1287.
3. *Biofuels in the European Union, a vision for 2030 and beyond*. Biofuels Research Advisory Council EU, European Commission, Luxembourg, 2006.
4. NIGAMA, P. S.; SINGHB, A.: Production of liquid biofuels from renewable resources. *Prog Energy Combustion Sci*, 37, 2011, s. 52–68.
5. *Sustainable Production of Second-generation Biofuels: Potential and Perspectives in Major Economies and Developing Countries*. Paris: International Energy Agency, [online] at [http://www.iea.org/papers/2010/second\\_generation\\_biofuels](http://www.iea.org/papers/2010/second_generation_biofuels).
6. RUNGE, C. F.; SENAUER, B.: *How Ethanol Fuels the Food Crisis*. Foreign Affairs, 2008, [online] <http://www.foreignaffairs.org/20080528faupdate87376/c-ford-runge-benjamin-senauer/how-ethanol-fuels-the-food-crisis.html>.
7. *Biofuels: Environmental Consequences and Interactions with Changing Land Use*. Proc. Sci. Committee on Problems of the Environment (SCOPE) International Biofuels Project Rapid Assessment, Ithaca, 2009, [online] <http://cip.cornell.edu/DPub?service=UI&version=1.0&verb=Display&handle=scope>.
8. FITZHERBERT, E. B. ET AL.: How will oil palm expansion affect biodiversity? *Trends Ecol. Evol.*, 23, 2008, s. 538–545.
9. HILL, J. ET AL.: Environmental, economic, and energetic costs and benefits of biodiesel and ethanol biofuels. *PNAS*, 103, 2006, s. 11206–11210.
10. ZAH, R., ET AL.: *Life Cycle Assessment of Energy Products: Environmental Impact Assessment of Biofuels*. St. Gallen: ETH-EMPA, 2007.
11. VOJTÍŠEK, M.; MAZAČ, M.; LAURIN, J.: Výfukové škodliviny konstrukčně neupraveného motoru na bioetanolové palivo E-85. *Listy cukrov. řepař.*, 128, 2012 (4), s. 146–150.

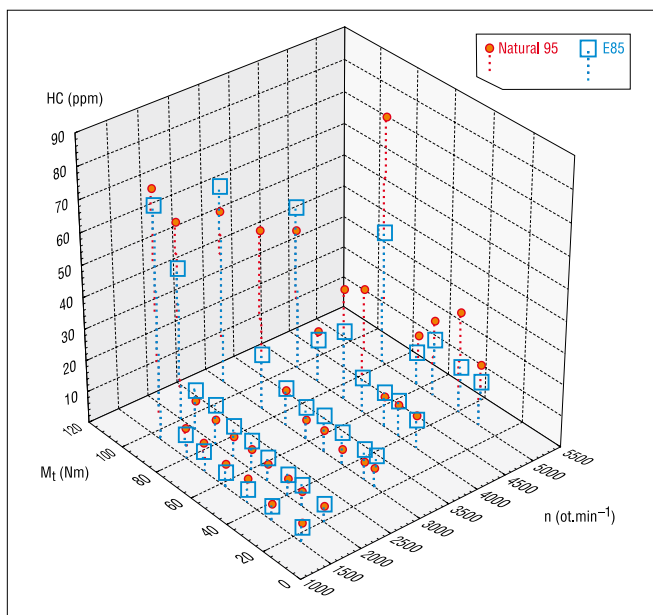
Obr. 3. Koncentrace oxidu uhelnatého pro paliva N95 a E85



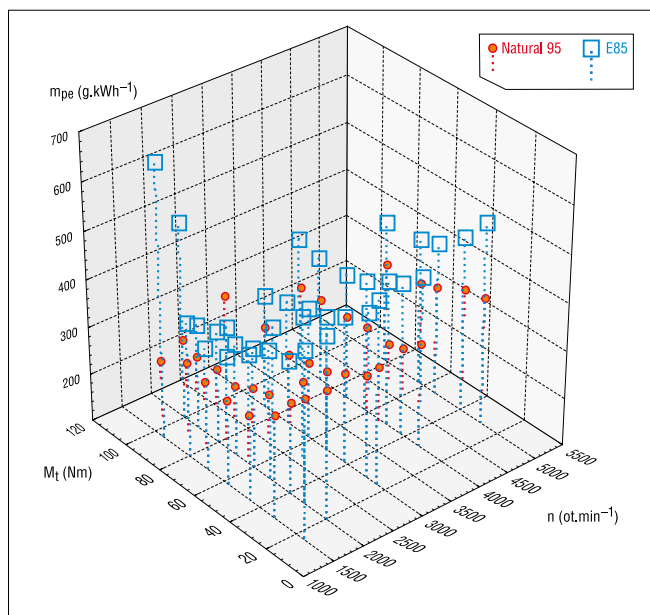
Obr. 5. Koncentrace oxidů dusíku pro paliva N95 a E85



Obr. 4. Koncentrace nespálených uhlovodíků pro paliva N95 a E85



Obr. 6. Měrná spotřeba paliva pro paliva N95 a E85



12. KOTEK, M.; HROMÁDKO, J.; MATUŠŮ, R.: Provozní parametry motoru při provozu na palivo E85. *Agritech Science*, 2012 (1), s. 1–4.
13. ČÚPERA, J.; POLČAR, A.: Výkonové parametry zážehového motoru při spalování paliva E85. *Listy cukrov. řepář.*, 127, 2011 (11), s. 357–360.

#### Kotek M., Hromádka J., Miler P., Kotek T., Karel Pluhař K.: Application of E85 Fuel in 1.2 HTP Engine

The article presents information from research carried out at the Department of Vehicle and Ground Transport of Engineering Faculty at the Czech Agricultural University in Prague where research into application of biofuels in internal combustion engines is conducted. The article in particular focuses on the change of the basic parameters of petrol engine when operating on E85 biofuel. Operation of petrol

engine on E85 is made possible by using an additional control unit by the Europecon Company. Measurements were carried out on the Skoda Fabia 1.2 HTP engine, powered 40 kW, placed on a test bed. Production of harmful emissions and specific fuel consumption were chosen as the parameters for comparison.

**Key words:** E85, harmful emissions, fuel consumption, engine power.

#### Kontaktní adresa – Contact address:

Ing. Martin Kotek, Ph. D., Česká zemědělská univerzita v Praze, Technická fakulta, Katedra vozidel a pozemní dopravy, Kamýcká 129, 165 21 Praha 6 Suchbát, Česká republika, e-mail: kotekm@iokt.czu.cz