

Moderní poznatky v oblasti využití bioetanolu

ADVANCED KNOWLEDGE IN THE USE OF BIOETHANOL

Jan Hromádko – Česká zemědělská univerzita v Praze

Bioetanol spolu se všemi ostatními biopalivy představují jeden z hlavních nástrojů, které mají v krátkodobém hledisku zaručit udržitelnost dopravy, resp. průmyslu. V současné době je rozvoj dopravy a průmyslu spojen s nárůstem spotřeby energie, která je převážně získávána z fosilních paliv. Pro představu: v roce 1973 celosvětová spotřeba energie přepočtená na ekvivalent tuny ropy představovala 6 109 mil. t ropy, v roce 2011 již spotřeba dosáhla 13 113 mil. t ropy. V celém tomto období má fosilní energie největší podíl, více než 80 % (1).

Spotřeba fosilních paliv je nedílně spojena s produkcí oxidu uhličitého. Ten představuje velký problém, protože je jedním z faktorů vyvolávajících klimatické změny. Evropská environmentální agentura uvádí nárůst atmosférické koncentrace šesti nejdůležitějších skleníkových plynů zahrnutých do Kjótského protokolu na 446 ppm ekvivalentu CO₂, což představuje nárůst o 168 ppm oproti předindustriálnímu období (2).

Výše uvedené důvody, spojené dále s vysokou cenou fosilních paliv, brzkou vyčerpatelností nalezišť ropy, rizikovou oblastí světových nalezišť ropy atd., vedou řadu států ke zvyšování podílu energie získané z obnovitelných zdrojů (3, 4). Např. Evropská unie zavádí směrnici 2009/28/EC požadavek na 20% podíl energie z obnovitelných zdrojů na celkové konečné spotřebě energie v roce 2020 s 10% podílem biopaliv v dopravě (5). Obdobná situace je i ve Spojených státech amerických, kde pomocí subvencí na podporu výroby bioetanolu z kukuřice došlo k razantnímu nárůstu produkce bioetanolu (produkce bioetanolu v USA v roce 2000 byla 6 132 mil. l, v roce 2012 pak již 503 459 mil. l) (6).

O bioetanolu, jednom z nejrozšířenějších biopaliv použitelných v dopravě, byla napsána řada odborných publikací. Cílem tohoto příspěvku je přinést nové informace o bioetanolu potažmo biopalivech v oblastech legislativy, výroby a využití ve spalovacích motorech.

Vývoj legislativy pro oblast biopaliv

Mezi první legislativní kroky podporující biopaliva lze zařadit tzv. bílé a zelené knihy. Tyto knihy hodnotí stav dopravy zejména z pohledu životního prostředí a udržitelnosti dopravy. Problematika spotřeby fosilních paliv a produkce oxidu uhličitého je již zmiňována v bílé knize z roku 1995 pod názvem Bílá kniha: Energetická politika pro Evropskou unii (White Paper: An Energy Policy for the European Union, COM(95) 682) (7). Bílá kniha z roku 2001 nazvaná Bílá kniha: Evropská dopravní politika pro rok 2010: Čas rozhodnout (White Paper: European Transport Policy for 2010: Time to Decide, COM(2001) 428), poprvé požadovala snížení produkce CO₂ využíváním alternativních paliv. V návaznosti na tuto knihu se Evropská asociace

výrobci automobilů zavázala k 25% snížení průměrných emisí CO₂ z nových aut do roku 2008 (8).

Definování biopaliv jako vhodných alternativních paliv snižující negativní dopady dopravy bylo poprvé uvedeno v tzv. Zelené knize. Komise v tomto dokumentu nazvaném Směrem k evropské strategii pro zabezpečení dodávek energie (Green Paper – Towards a European strategy for the security of energy supply, COM(2000) 769) stanovuje záměr 20% náhrady konvenčních paliv alternativními palivy v oblasti silniční dopravy do roku 2020. Z toho by měl být podíl biopaliv ve výši 8%. Širší používání biopaliv má za cíl snížit energetickou závislost EU, pomoci zkvalitnit životní prostředí, diverzifikovat produkci a zvýšit zaměstnanost v sektoru zemědělství (9).

Prvním a nejdůležitějším opatřením EU vedoucím k rozšíření využívání biopaliv bylo v roce 2003 přijetí směrnice Evropského parlamentu a Rady 2003/30/EC o podpoře využívání biopaliv nebo jiných obnovitelných paliv v dopravě. Dle této směrnice měly členské státy zajistit, aby na jejich trh byl uváděn alespoň minimální podíl biopaliv a jiných obnovitelných pohonných hmot. Referenční hodnota pro tyto cíle činila 2% a poté 5,75% energetického obsahu celkového množství automobilového benzínu a motorové nafty určeného pro dopravní účely (10).

Dalším podstatným krokem bylo přijetí směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/28/EC, o podpoře energie z obnovitelných zdrojů a o změně a následném zrušení směrnic 2001/77/EC a 2003/30/EC, dne 23. dubna 2009. Dle této směrnice každý členský stát zajistí, aby se v roce 2020 podíl energie z obnovitelných zdrojů na hrubé konečné spotřebě energie rovnal alespoň jeho celkovému národnímu cíli pro podíl energie z obnovitelných zdrojů uvedený v třetím sloupci tabulky v příloze I části A, např. pro Českou republiku toto činí 13%. Tyto závazné národní cíle jsou v souladu s cílem nejméně 20% podílu energie z obnovitelných zdrojů na hrubé konečné spotřebě energie v EU v roce 2020. Dále každý členský stát zajistí, aby podíl energie z obnovitelných zdrojů ve všech druzích dopravy v roce 2020 činil alespoň 10% konečné spotřeby energie v dopravě v uvedeném členském státě (5).

Tato směrnice dále v článku 17 až 19 zavádí zcela novou povinnost v oblasti uplatňování biopaliv, tzv. kritéria udržitelnosti pro biopaliva (biopaliva pro dopravu) a biokapalin (biopaliva pro energetické využití). Pouze biopaliva splňující tato kritéria se započítávají do splnění 10% cíle a mají způsobilost k finanční podpoře na spotřebu biopaliv a biokapalin.

Ve stejný den byla schválena i směrnice 2009/30/EC o jakosti paliv, která dává povinnost dodavatelům pohonných hmot snížit produkci skleníkových plynů minimálně o 6% do roku 2020 v porovnání se základní hodnotou v roce 2010. Tohoto cíle může být dosaženo používáním biopaliv, ale pouze těch, která splňují kritéria udržitelnosti. Směrnice dále definuje environmentální

Tab. 1. Předpokládaná produkce emisí skleníkových plynů vlivem nepřímé změny ve využívání půdy (12)

Skupina plodin	ILUC faktor (g CO ₂ ekv.MJ ⁻¹)
Obiloviny a jiné škrobem bohaté plodiny	12
Cukrodárné plodiny	13
Olejniny	55

specifikace paliv na trhu určených pro vozidla se zážehovým a vznětovým motorem a pravidla pro výpočet emisí skleníkových plynů vznikajících během životního cyklu biopaliva (11).

Zatím posledním legislativním krokem v oblasti biopaliv je návrh směrnice Evropského parlamentu a rady, kterou se mění směrnice 98/70/ES o jakosti benzínu a motorové nafty a směrnice 2009/28/ES o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů. Tato směrnice přichází připomínkovým řízením v jednotlivých členských zemích a vzhledem k stanoviskům některých zemí je brzké přijetí této směrnice velice nepravděpodobné (12).

Kromě několika drobných úprav směrnic 98/70EC a 2009/28/EC přináší výše zmíněný návrh směrnice dva základní problematické prvky. První z nich představuje navýšení produkce skleníkových plynů u biopaliv o nepřímou změnu ve využívání půdy „indirect land use change – ILUC“. Druhý představuje omezení příspěvku biopaliv vyrobených z „potravinářské“ biomasy k dosažení cíle uvedeného ve směrnici 2009/28/EC – 10% cíl obnovitelných zdrojů energie (OZE) v dopravě – na 5 %, zbývající část musí tvořit biopaliva druhé a vyšší generace.

Nepřímá změna ve využívání půdy má charakterizovat globální změnu (nárůst) v produkci skleníkových plynů způsobených tím, že na půdách s nízkým obsahem uhlíku (orná půda – kde by za normálních okolností byly pěstovány plodiny pro potravinové účely) bude pěstována biomasa určená k výrobě biopaliv a na půdách s vysokým obsahem uhlíku (prales atd.) budou v důsledku toho pěstovány zemědělské plodiny pro potravinové účely, na které se nevztahuje povinnost plnit kritéria udržitelnosti. V podstatě nepřímá změna ve využívání půdy potlačuje princip zavedení kritérií udržitelnosti biopaliv. Stanovení nepřímé změny ve využívání půdy je však velice komplikované a může přinášet i řadu problémů uvedených dále.

V části A přílohy VIII návrhu směrnice je nárůst produkce skleníkových plynů definován pro skupinu plodin (tab. I.). Část B slovně uvádí případy, kdy je produkce skleníkových plynů vlivem nepřímé změny využívání půdy nulová. Jedná se o biopaliva vyráběná z jiných vstupních surovin než uvedených v části A, a taktéž pro suroviny, které mají přímý vliv na změny ve využívání půdy.

Uvedení nárůstu produkce skleníkových plynů vlivem nepřímé změny ve využívání půdy souhrnně pro většinu olejniny je nejdiskutovanější problém. V současné době jsou dosahované hodnoty produkce emisí skleníkových plynů výrobců MEŘO v ČR v rozmezí 42,2–52 g CO₂ekv.MJ⁻¹ (úspora emisí skleníkových plynů v rozsahu 38 až 50 %). Připočtením hodnoty 55 g CO₂ekv.MJ⁻¹ pro olejniny, jak je uvedeno v tab. I., by se celková hodnota produkce emisí skleníkových plynů dostala na vyšší hodnoty o 12–24 % oproti fosilním palivům. Tím by se úplně zrušil původně deklarovaný přínos biopaliv na úsporu emisí skleníkových plynů. Pro bioetanol vyráběný z cukrové nebo škrobem bohaté biomasy neznamená zavedení ILUC významný problém.

Evropští pěstitelé jsou v rámci evropské zemědělské politiky nuceni dodržovat pravidla (kritéria udržitelnosti biopaliv, Cross Compliance atd.), která vylučují nepřímé změny ve využití půdy v EU. Z tohoto důvodu navrhuje Česká republika v rámci projednávání této směrnice parlamenty jednotlivých členských států, aby u biopaliv, která jsou pěstována v Evropské unii, nebyla připočtena produkce oxidu uhličitého vlivem nepřímé změny ve využívání půdy. Dále Česká republika navrhuje podrobnější přiřazení ILUC k jednotlivým pěstovaným plodinám tak, jako je např. ve směrnici 2009/28/EC, a nejen definování ILUC faktoru pro souhrnné tři skupiny plodin. Ve skutečnosti budou v ILUC faktoru velké rozdíly bude-li se jednat o řepkový olej nebo palmový olej, taktéž zde hraje velkou roli i oblast pro pěstování (např. rozdíl Evropa a Asie).

Dalším problematickým bodem navrhované směrnice pro Českou republiku je omezení příspěvku biopaliv vyrobených z „potravinářské“ biomasy. V ČR je v současné době množství „pokročilých“ biopaliv, která se dle návrhu této směrnice budou započítávat do 10% cíle OZE v dopravě dvakrát případně čtyřikrát velmi málo. V podstatě se jedná jen o bioplyn a bionaftu z použitých rostlinných olejů. Uplatnění dalších „pokročilých“ biopaliv je silně nejisté. Ve velmi malém množství by se mohla vyrábět biopaliva z lignocelulózy, jejichž přínos by byl však dle návrhu jen dvojnásobný. Využití biopaliv z řas, jejichž přínos by se započítával čtyřnásobně, je v současné době teprve ve výzkumu.

Dále z Akčního plánu pro biomasu v ČR na období 2012–2020 vypracovaného Ministerstvem zemědělství a schváleného vládou dne 12. 9. 2012 pod číslem jednací 920/12 vyplývá, že Česká republika má dostatek orné půdy jak pro zajištění 100% potravinové soběstačnosti, tak i pro splnění 10% cíle OZE v dopravě, aniž by mohlo dojít k vzájemné konkurenci ve využití orné půdy pro tyto jednotlivé účely (13).

Z výše uvedených důvodů je navrhované snížení podílu biopaliv z „potravinářské“ biomasy na 5 % pro ČR značně problematické. Česká republika proto požaduje zrušení tohoto ustanovení, případně použití přechodného období platném po roce 2020, při kterém by docházelo ke snižování podílu potravinářské biomasy a zvyšování podílu nepotravinářské biomasy na výrobě biopaliv. Jak již však bylo uvedeno v úvodu této směrnice, řada nařízení, která tato směrnice prosazuje, jsou pro mnohé členské státy EU nepřijatelná a není jasné, zda a v jaké podobě se tato směrnice přijme.

Vývoj v oblasti výroby bioetanolu

K výrobě bioetanolu lze použít výchozí suroviny obsahující jednoduché cukry, nebo látky, které lze přeměnit na jednoduchý cukr, jako je škrob a celulóza (14). Výchozí suroviny obsahující jednoduchý cukr nebo škrob jsou převážně používána jako potraviny, proto je bioetanol vyrobený z těchto surovin označován jako bioetanol I. generace. Biomasa, která obsahuje celulózu, neslouží pro potravinářské účely, a proto bioetanol vyrobený z této suroviny nese označení jako bioetanol II. generace. Jednu z posledních možností výroby bioetanolu představuje možnost získávání surovinového zdroje v podobě škrobu, případně celulózy z řas nebo mikroorganismů. Bioetanol vyrobený tímto způsobem se označuje jako bioetanol III. generace.

Výroba bioetanolu jako paliva I. a II. generace byla popsána (15). Dále uvádíme popis výroby bioetanolu z řas, která přináší pro produkci bioetanolu nový potenciál.

Výroba bioetanolu z řas

Řasy lze rozdělit na mikroorganismy a makroorganismy, přičemž bioetanol lze vyrábět z obou. Řasy patřící k mikroorganismům se řadí mezi nejstarší životní formy na planetě, jsou to také jedny z nejrychleji rostoucích organismů vůbec (16). Zahrnují velmi rozmanité druhy, patří k nim sladkovodní i mořské řasy s relativně velkou přizpůsobivostí ke kvalitě vody. Velké množství řas je schopné ve svých buněčných strukturách shromážďovat škrob, který představuje zásobu energie organismu. Další látkou, kterou tyto řasy obsahují, je glykogen. Obě látky, zejména škrob, lze relativně jednoduše transformovat na bioetanol. Kromě výše uvedených látek mohou některé druhy mikrořas ukládat energii v podobě lipidů, které lze zase transformovat na metylestery. Nejznámější druhy řas rodu *Chlorella*, *Dunaliella*, *Chlamydomonas*, *Scenedesmus* a *Spirulina* obsahují i více než 50 % škrobu a glykogenu v sušině.

Mnohobuněčné řasy velkých rozměrů jsou označovány jako makrořasy a mohou dorůstat délky až několika metrů, např. rody *Laminaria*, *Saccorbiza* a *Alaria*, patřící do skupin hnědých řas. Stavební látkou těchto řas je celulóza. Jelikož neobsahují lignin, lze jednoduše aplikovat enzymatickou hydrolýzu k rozkladu celulózy na fermentovatelný cukr. Červené řasy typu *Gelidium amansii* obsahují glukán a galactan, které lze také snadno biokonvertovat na bioetanol. Makrořasy mají schopnost růst rychlým tempem, zejména z důvodu nepotřebnosti výstavby složité nosné struktury rostliny a možnosti přijímání živiny celým svým povrchem. Tyto řasy je možné při pěstování upínat na dlouhé dráty a lana a využívat tak k pěstování několik pater. Díky rychlému růstu řas a možnosti využívat k pěstování třetí rozměr prostoru jsou dodávány při sklizni vysoké výnosy. V tomto směru jsou řasy mnohonásobně lepším zdrojem biomasy než jakákoliv pozemská plodina (17).

Konkrétní postup výroby bioetanolu z řas je závislý na druhu energetické látky, kterou z řas získáme. Zaměříme-li se na škrob, je výroba bioetanolu velmi podobná procesu výroby bioetanolu ze škrobu. Bude-li výstup z pěstování řas představován celulosovou biomasou, je postup výroby bioetanolu podobný výrobě bioetanolu z lignocelulosové biomasy – oba postupy výroby bioetanolu jsme již popsali (15).

Řada výzkumů ukazuje na to, že lze podpořit růst řas přívodem oxidu uhličitého a tím tak přímo snižovat jeho produkci. Ideálním řešením se tak jeví stavba bioreaktorů poblíž zdrojů spalování fosilního paliva. Snižování produkce oxidu uhličitého vhlášením do bioreaktorů představuje jednu z perspektivních metod jeho eliminace, na rozdíl od problematického ukládání oxidu uhličitého v podzemí nebo na dně oceánu. V České republice se výzkumem řas zabývá Mikrobiologický ústav Akademie věd České republiky, zejména projektem Algatech, v rámci kterého vzniklo Centrum řasových biotechnologií Třeboň (18).

Vývoj v oblasti využití bioetanolu

Bioetanol představuje nejstarší biopalivo, jehož využití je spojeno se začátky automobilizmu. V řadě zemí světa byla zemědělská nadprodukce zpracována v nejbližším lihovaru na bioetanol, který se používal pro pohon zážehových motorů.

Typický příklad využití bioetanolu v období dvacátých a třicátých let minulého století je možné hledat v tehdejší Československu. V roce 1922 se začalo používat palivo dynakol, což byla

směs 50 % kvasného lihu, 30 % benzenu a 20 % benzinu. V roce 1932 bylo zavedeno povinné mísení lihu s pohonnými látkami. Lihobenzinová směs musela povinně obsahovat 80 objemových dílů minerálních olejů hustoty do 0,81 kg.l⁻¹ a 20 objemových dílů kvasného bezvodého lihu. Po druhé světové válce však s rostoucí těžbou ropy, která se snadno zpracovává, používání bioetanolu pro dopravu upadalo.

Návrat k využívání bioetanolu je spojen až s největší ropnou krizí v sedmdesátých letech minulého století. V roce 1970 zavedla Brazílie první velký bioetanolový program s názvem Próalcohol s cílem nahradit část automobilového benzínu bioetanelem. Zavedení programu Próalcohol přispělo k rozvoji výzkumných aktivit s cílem zvýšit produkci bioetanolu a snížit jeho výrobní náklady (19).

V současné době je nejrozšířenější využívání bioetanolu v podobě nízkoprocentuálního přimíchávání do automobilového benzínu. Toto využití v EU upravuje směrnice 2009/30/EC, která umožňuje přidávat až 10 % bioetanolu do automobilového benzínu. Palivo, které obsahuje 10 % bioetanolu, nese označení E10 a celosvětově představuje nejrozšířenější lihobenzinové palivo. V souvislosti s vyloučením možných komplikací s využíváním paliva E10 vydalo Evropské sdružení výrobců automobilů (ACEA), seznam vozidel, která mohou bez problémů toto palivo využívat.

S rostoucí produkcí bioetanolu se hledají další možné varianty jeho využití. Jednu možnost představuje palivo E85 skládající se z 85 % bioetanolu a 15 % automobilového benzínu. Palivo je určeno pro vozidla se zážehovým motorem a speciálním palivovým systémem, který umožňuje spalovat libovolnou kombinaci paliv E85 a Natural 95. Vozidla umožňující spalování paliva E85 nesou název FFV (flexi fuel vehicles). Vývoj těchto vozidel pochází z Brazílie, kde je používání vysokoprocentních bioetanolových směsí celosvětově nejrozšířenější. V dnešní době FFV vozidla dodává na trh každý větší světový výrobce vozidel. Největší podíl provozovaných FFV vozidel je ve Švédském království, které patří mezi evropské propagátory udržitelného rozvoje. V celosvětovém měřítku je nejvíce FFV vozidel provozováno v USA, následuje je již zmíněná Brazílie (20).

V souvislosti se zvyšující se produkcí bioetanolu jsou výše uvedené možnosti jeho využití nedostačené, i přes zavádění paliva E15 v USA se stále hledají další možnosti jeho užití. Velký potenciál ve využití bioetanolu se hledá u vznětových motorů.

Využití bioetanolu ve vznětových motorech je vzhledem k vlastnostem bioetanolu mnohem komplikovanější než u zážehových motorů. V podstatě existují dvě možnosti využití bioetanolu ve vznětových motorech. Jednou je využití paliva E95, druhou přimíchávání bioetanolu do motorové nafty. Hlavní problém spojený s první možností tvoří nízká vznětlivost bioetanolu (cetanové číslo pouze 8), která musí být zvýšena speciálními aditivami. I přes výraznou aditivaci nelze bioetanol spalovat v běžných vznětových motorech, je nutné provést jejich úpravu. Základní úprava spočívá ve zvýšení kompresního poměru na 25 a více a změně dimenzování vstřikovacího systému, která je nutná vzhledem k nízké výhřevnosti bioetanolu. Takto upravený motor již nelze provozovat na běžnou naftu. V současné době je tento způsob využití bioetanolu ve vznětových motorech využíván firmou Scania, která ve švédském Stockholmu provozuje na 200 městských autobusů. Palivo, které je pak používáno v těchto motorech se skládá z 95 % bioetanolu (odtud název E95) a 5 % aditiv podporujících vznětlivost (21, 22).

Druhá možnost využití bioetanolu ve vznětových motorech je výrazně ovlivněna komplikovanou mísitelností bioetanolu

s motorovou naftou. Už při běžných teplotách (kolem 10 °C a nižších) dochází k separaci jednotlivých fází, stejným způsobem se projeví jakékoliv množství vody v bioetanolu. Separaci jednotlivých fází lze zamezit přidáváním kosolventů. Z hlediska teploty je nevhodnějším kosolventem ethyl acetát (23) a z hlediska obsahu vody v bioetanolu TFT (tetrahydrofuran) (24).

Výzkum výše uvedeného využití bioetanolu ve vznětových motorech pochází ze sedmdesátých let minulého století z Jihoafrické republiky. Ve výzkumu pak pokračovaly Německo a USA s cílem získat vhodné alternativní palivo pro traktory a lokomotivy. V současné době je nízkoprocentuální přidávání bioetanolu do motorové nafty využíváno v zemích střední Ameriky, kde existují paliva ED3 ED5 a ED10. Vozový park v těchto zemích není příliš rozvinutý, proto mu nevádí některé problematické vlastnosti tohoto směsného paliva (25, 26).

Závěr

Článek seznamuje s novými poznatky z oblasti legislativy, výroby a využití bioetanolu jako paliva ve spalovacích motorech. Z rozboru této problematiky lze vyvodit několik závěrů o možnosti využití bioetanolu jako motorového paliva.

Využití bioetanolu ovlivňuje energetickou závislost země, produkci oxidu uhličitého a jiných škodlivých emisí, cenu energií, nepřímo také cenu potravin a mnoho dalšího. Z tohoto důvodu má smysl regulovat využití bioetanolu pomocí legislativních nařízení. Všechna tato nařízení však musejí mít předem definovaný reálný cíl tak, aby jednotlivé následné směrnice nepůsobily velké změny regulace. Např. logickou cestou šlo odvodit, že zavedením kritéria udržitelnosti pro biopaliva směrnici 2009/28/EC se dále podpoří nárůst produkce oxidu uhličitého nepřímou změnou ve využívání půdy. ILUC již mohlo být částečně zahrnuto do uvedené směrnice. Obdobná situace je i u návrhu směrnice Evropského parlamentu a rady, kterou se mění směrnice 98/70/ES

o jakosti benzínu a motorové nafty a směrnice 2009/28/ES o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů. Touto směrnicí by mělo dojít k definování ILUC faktoru pro jednotlivé skupiny plodin. Problematické definování tohoto faktoru, jak bylo uvedeno v článku dříve, však může způsobit mnohem více škod. Dle názoru autora je do budoucna nutné legislativní opatření více přizpůsobovat moderním vědeckým poznatkům.

V oblasti výroby bioetanolu lze v brzké době očekávat rozvoj komerční výroby bioetanolu z lignocelulóзовé biomasy. Ve výrobě bioetanolu touto cestou je nejdále švédská společnost Secab. Ta zahájila výrobu v roce 2004 a dnes je největším producentem bioetanolu z lignocelulóзовé biomasy. Celosvětový produkční potenciál bioetanolu vyrobeného z lignocelulóзовé biomasy představuje pěti až desetinásobnou hodnotu současné produkce bioetanolu.

Výroba bioetanolu z řas je zatím podrobena intenzivnímu vědeckému bádání. První výsledky ukazují na velký potenciál výroby bioetanolu jak z pohledu produkční kapacity, produkce oxidu uhličitého, tak i z finanční stránky. V horizontu 5–10 let je plánována výstavba testovacích výrobních zařízení s cílem ověření komerční výroby bioetanolu touto cestou.

Oblast využití bioetanolu jako paliva ve spalovacích motorech úzce navazuje na oblast jeho produkce. Rostoucí výrobní kapacita spolu se snižující se cenou bioetanolu vedou k neustálému zvyšování podílu bioetanolu na poli alternativních paliv. Téměř s jistotou se dá očekávat navýšení procentuálního podílu bioetanolu jako nízkoprocentního přídatku do automobilového benzínu. V dnešní době je tato situace dobře patrná v USA, kde se začíná zavádět palivo E15. Dalším krokem bude rozšiřující se využívání vysokoprocentních směsí E85 pro zážehové motory a E95 pro vznětové motory. Ve speciálních oblastech provozu (zemědělské stroje, lesní stroje, lokomotivy atd.) se možná objeví nízkoprocentuální přimíchávání bioetanolu do motorové nafty, zejména z důvodu výrazného přínosu na pokles produkce pevných částic a jiných znečišťujících látek.

Výše uvedené jasně potvrzuje, že bioetanol představuje jedno z nejperspektivnějších biopaliv, které má velký potenciál stát se nejpoužívanějším alternativním palivem. Bioetanol proto může v budoucnu hrát hlavní roli při náhradě fosilních paliv v dopravě.

Tento článek vznikl za podpory interního grantu České zemědělské univerzity v Praze s číslem 2014:31150/1312/3116.

Souhrn

Článek přináší nové informace z oblasti využití bioetanolu jako paliva ve spalovacích motorech. V úvodní části jsou uvedeny základní důvody, které vedou k rozšiřování využití biopaliv. Navazující kapitola popisuje legislativu pro oblast biopaliv se zaměřením na aktuální problematiku nově navržených směrnic. Dále je popsána výroba bioetanolu, zejména možnost výroby z řas. Závěrečná kapitola uvádí možnosti využití bioetanolu jako paliva ve spalovacích motorech. V kapitole jsou popsány možnosti využití bioetanolu v zážehových i vznětových motorech.

Klíčová slova: biopaliva, bioetanol, legislativa, oxid uhličitý, spalovací motor.



Literatura

1. *International energy agency: Key world energy statistics 2013*. [online] <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2013.pdf>.
2. *European Environmental Agency: Atmospheric greenhouse gas concentrations (CSI 013/CLIM 052)*. Assessment published Feb 2014, [online] <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/atmospheric-greenhouse-gas-concentrations-3/assessment>.
3. HILL, J. ET AL.: Environmental, economic, and energetic costs and benefits of biodiesel and ethanol biofuels. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 103, 2006, s. 11206–11210.
4. KERR, R. A.: What can replace cheap oil — and when? *Science*, 309, 2005, s. 101.
5. *Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 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, [online] <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:en:pdf>.
6. *U.S. Energy Information Administration: U.S. ethanol production, imports and consumption*. [online] <http://www.eia.gov/tools/faqs/faq.cfm?id=90&t=4>.
7. *European Commission: White paper: An Energy Policy for the European Union*. Brusel, 13. 12. 1995, COM(95) 682, s. 46, [online] http://europa.eu/documentation/official-docs/white-papers/pdf/energy_white_paper_com_95_682.pdf.
8. *European Commission: White paper European transport policy for 2010: time to decide*. Comision of the European Communities, Brusel, 12. 9. 2001, COM (2001) 370, s. 117, [online], http://www.central2013.eu/fileadmin/user_upload/Downloads/Document_Centre/OP_Resources/EU-transportpolicy2010_en.pdf.
9. *European Commission: Green Paper – Towards a European strategy for the security of energy supply*. Brusel, 29. 11. 2000, COM(2000) 769, s. 111, [online] http://ec.europa.eu/energy/green-paper-energy-supply/doc/green_paper_energy_supply_en.pdf.
10. *Directive 2003/30/EC of the European Parliament and of the Council of 8 May 2003 on the promotion of the use of biofuels or other renewable fuels for transport*. Brusel, 17. 5. 2003, [online], <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:123:0042:0046:EN:pdf>.
11. *Directive 2009/30/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 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, [online] <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0088:0113:EN:pdf>.
12. *Proposal for a directive of the European Parliament and of the Council amending Directive 98/70/EC relating to the quality of petrol and diesel fuels and amending Directive 2009/28/EC on the promotion of the use of energy from renewable sources*. Brusel, 17. 10. 2012, [online] http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/fuel/docs/com_2012_595_en.pdf.
13. *Akční plán pro biomasu v ČR na období 2012–2020*. [online] http://eagri.cz/public/web/file/179051/APB_final_web.pdf.
14. MALCA, J.; FREIRE, F.: Renewability and life-cycle energy efficiency of bioethanol and bio-ethyl tertiary butyl ether (bioETBE): assessing the implications of allocation. *Energy*, 31, 2006, s. 3362–3380.
15. HROMÁDKO, J. ET AL.: Výroba bioetanolu. *Listy cukrov. řepař.*, 126, 2010 (7–8), s. 267–271.
16. FALKOWSKI, P. G. ET AL.: The evolution of modern eukaryotic phytoplankton. *Science*, 305, 2004, s. 354–360.
17. ROJAN, P. J. ET AL.: Micro and macroalgal biomass: A renewable source for bioethanol. *Bioresource Technology*, 102, 2011, s. 186–193.
18. *Projekt Algatech – Centrum řasových biotechnologií Třeboň*. [online] <http://www.alga.cz/cs/cs-algatch.html>.
19. ANDRIETTA, S. R.; CLÁUDIA STECKELBERGA, C.; ANDRIETTA, M. G. S.: Study of flocculent yeast performance in tower reactors for bioethanol production in a continuous fermentation process with no cell recycling. *Bioresource Technology*, 99, 2008, s. 3002–3008.
20. FRIDELL, E. ET AL.: A modelling study of the impact on air quality and health due to the emissions from E85 and petrol fuelled cars in Sweden. *Atmospheric Environment*, 82, 2014, s. 1–8.
21. HROMÁDKO, J. ET AL.: Využití paliva E95 ve vznětových motorech. *Listy cukrov. řepař.*, 127, 2011 (2), s. 63–66.
22. LÓPEZ-APARICIO, S.; HAK, C.: Evaluation of the use of bioethanol fuelled buses based on ambient air pollution screening and on-road measurements. *Sci. Total Environment*, 452–453, 2013, s. 40–49.
23. LETCHER, T. M.: Diesel blends for diesel engines. *South African J. Sci.*, 79, 1983, s. 4–7.
24. LETCHER, T. M.: Ternary liquid–liquid phase diagrams for diesel fuel blends. *South African J. Sci.*, 76, 1980, s. 130–132.
25. RAKOPOULIS, C. D. ET AL.: Multi-zone modeling of combustion and emissions formation in DI diesel engine operating on ethanol–diesel fuel blends. *Energy Conversion and Management*, 49, 2008, s. 625–643.
26. KUMAR, S. ET AL.: Advances in diesel–alcohol blends and their effects on the performance and emissions of diesel engines. *Renewable and Sustainable Energy Rev.*, 22, 2013, s. 46–72.

Hromádka J.: Advanced Knowledge in the Use of Bioethanol

The paper brings new information on the use of bioethanol as a fuel in internal combustion engines. The introductory section provides basic reasons that lead to the expansion of biofuel use. The next chapter describes the legislation in the area of biofuels, with focus on current issues of the newly proposed guidelines. It also describes the production of bioethanol and in particular the possibility of producing bioethanol from algae. The final chapter presents the possibility of using bioethanol as a fuel in internal combustion engines. This chapter describes the options for the use of bioethanol in spark ignition and compression ignition engines.

Key words: biofuels, bioethanol, legislation, carbon dioxide, internal combustion engine.

Kontaktní adresa – Contact address:

Ing. Jan Hromádka, Ph. D., Česká zemědělská univerzita v Praze, Technická fakulta, Kamýčká 129, 165 21 Praha 6 Suchbát, Česká republika, e-mail: janhromadko@tf.czu.cz.

