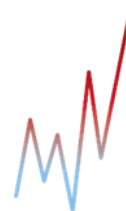




Výroba biopaliv a její dopady na českou krajinu

Martin Abel

KLIMATICKÝ PAPER č.20





OBSAH

Shrnutí	1
Poděkování	2
Seznam zkratk.....	2
Úvod	3
1. Biopaliva první generace v česku: vhlad do problematiky a metodologický rámeč	4
2. Regulace výroby a spotřeby biopaliv	6
3. Udržitelné využití půdy	8
4. Energetická bilance vybraných plodin	11
5. Palivová plocha	23
Závěr.....	28



Shrnutí

- V dohledné budoucnosti zůstane nezanedbatelný díl světové souše potřebný pro produkci potravin a energie. Je zjevné, že má-li být lidský vztah k přírodním zdrojům udržitelný a má-li dojít k obnově ekosystémů, musí být tento díl co nejmenší a maximální část souše být ponechána svým mimoprodukčním funkcím. V opačném případě se ekologické dopady odrazí na produktivitě ekonomiky, která na funkčních ekosystémech závisí.
- Při úvahách regulátora o způsobech využití půdy by měly mít přednost ty z nich, ke kterým v danou chvíli neexistují méně nákladné alternativy.
- V roce 2021 pokrývaly potravinářské plodiny pěstované cíleně za energetickým účelem 291 tisíc hektarů, tj. 12 % obdělávané orné půdy v České republice.
- Energetické zisky (EROI) z energetické řepky, kukuřice, cukrové řepy, pšenice a tritikále jsou přitom mnohonásobně nižší než zisky z alternativních forem výroby energie zabírajících stejnou plochu (jaderné, větrné nebo sluneční elektrárny).
- V roce 2021 zajistila biopaliva první generace asi 0,8 % hrubé konečné spotřeby energie v České republice.
- Kapalným a plyným biopalivům první generace ale svědčí fakt, že je lze flexibilněji vyrábět a jednodušeji skladovat. Odpady při jejich výrobě lze využívat jako krmivo.
- Sluneční a větrné elektrárny pravděpodobně představují méně nákladné alternativy biopaliv první generace. energii dnes vyráběnou z B1G by spotřebitelé mohli získat (i po očištění o ztráty při akumulaci) z řádově jednotek tisíců hektarů FVE a VTE. Uvolněná orná půda by mohla být využita pro šetrnější regenerativní zemědělství, anebo ponechána mimoprodukčním funkcím, tolik potřebným pro mitigaci a adaptaci na klimatickou změnu.



Poděkování

Autor je vděčný za konzultace, které mu k tématu nezištně poskytli (abecedně): Zuzana Benešová (Živá půda), Daniel Froněk (MZe), David Hájek (VÚZT), Vojtěch Kotecký (COŽP UK), Michaela Kožmínová (AMO), Adam Moravec (CZ Biom), Karel Polanecký (Hnutí Duha), Martin Rexa (Hnutí Duha), Martin Schwarz (CZ BIOM), Oldřich Sklenář (AMO), Vojtěch Vild (biomasakr.cz), Martin Volf (SPZO), Eva Volfová (MŽP), Jan Vopravil (VÚMOP) a Jakub Zelený (ČvT).¹

Seznam zkratek

ASEK... Aktualizovaná státní energetická koncepce
B₁G... biopaliva první generace
BPS... bioplynová stanice
EROI... energy return on investment
FVE... fotovoltaická elektrárna
KJ... kogenerační jednotka
KVET... kombinovaná výroba elektřiny a tepla
LPIS... registr půdy (z angl. Land Parcel Identification System)
OS... organická sušina
SZIF... Státní zemědělský a intervenční fond
VTE... větrná elektrárna
MEŘO.... metylester řepkového oleje

¹ Disclaimer 1: V průběhu příprav tohoto textu dal autor několikrát možnost vyjádřit se i nejmenovaným zástupcům českých výrobců biopaliv a zpracovatelů olejnin. Někteří z nich to ale odmítli s tím, že se necítí být kompetentními text o energetické bilanci plodin komentovat, někdo další odsoudil jeho „pohrdlivou, arogantní, nadřazenou a bolševickou“ rétoriku. Autor děkuje těm, kteří možnost využili. Pokud jsou níže uvedená data nepřesná nebo založená na nesprávných předpokladech, chce čtenáře a čtenářky ujistit, že nebylo jeho úmyslem je mást a naopak se snažil na základě konzultací s experty o intelektuálně co nejpoctivější vyložení tohoto kontroverzního tématu. Disclaimer 2: Autor tohoto textu není autorem bakalářské práce „Dopady výstavby bioplynových stanic ve vybraných obcích Středočeského kraje“ obhájené na Vysoké škole regionálního rozvoje v roce 2019. Jde o shodu jmen.



Úvod

Biomasa je nejvýznamnějším obnovitelným zdrojem energie v Evropské unii. I přes masivní rozvoj větrné a solární energetiky si biomasa udržuje téměř 60% podíl na konečné spotřebě energie z obnovitelných zdrojů,² v Česku dokonce 85%.³ Drtivá většina spotřebované biomasy se přitom vypěstuje na území Evropské unie, a spoluurčuje tak funkční využití evropského půdního fondu.⁴ Tento research paper je zaměřen pouze na tu část lokálně vypěstované biomasy, která slouží pro výrobu tzv. biopaliv první generace – dominantních potravinářských plodin pěstovaných cíleně za energetickým účelem.⁵

Historickou hybnou silou rozvoje biopaliv na přelomu tisíciletí byla snaha Evropské unie o snížení emisí skleníkových plynů, ke kterému se zavázala v Kjótském protokolu. Jednou z cest, jak snížit emise v sektoru dopravy, mělo být využití kapalných biopaliv, které ve svém životním cyklu emitují potenciálně méně skleníkových plynů než klasický benzín nebo nafta.⁶ Na podporu jejich udržitelného rozvoje byla přijata unijní a česká legislativa shrnutá v kapitole 2.

Kritika, která se na biopaliva první generace snesla, upozorňuje mj. na potřebu využívat zemědělskou půdu v kontextu rostoucí globální populace a její ještě více rostoucí spotřeby především pro výrobu potravin – orná půda „pro jídlo, ne pro auta“.⁷ Podle Evropské rady pro bionaftu jde ale o falešné dilema a odpůrci podle ní přehlížejí související výhody biopaliv první generace.⁸ Poptávka po biomase zvyšuje příjmy zemědělců a chrání, popř. vytváří pracovní místa v sektoru. Existence trhu s biopalivy má stimulovat regionální zemědělskou nadprodukcii (má tlačit na vyšší kapacitu zemědělské výroby, než kterou kontinent potřebuje pro dostatek potravin), zajišťující potravinovou bezpečnost i v době globální potravinové krize. Při zpracování milionů tun biopaliv vznikají další miliony tun odpadních produktů využitelných mj. jako krmiva. Argument oběhového hospodářství se ostatně objevuje i v kontextu bioplynových stanic, jejichž odpadním produktem je digestát, používaný místo hnojiv pro výrobu další biomasy. Na pozadí většiny argumentů na podporu biopaliv první generace stojí přesvědčení, že výroba potravin a výroba biopaliv se vzájemně doplňují, že jdou ruku v ruce a že dojem z jejich bytostného konfliktu není založen na skutečnosti.

Smyslem této studie není vyhodnotit argumenty podporovatelů a odpůrců biopaliv v jejich komplexnosti. Na obou stranách ale stojí přinejmenším diskutabilní východisko, že půdní fond má sloužit především zemědělské výrobě, ať už

² Scarlat, N., Dallemand, J., Taylor, N. and Banja, M., Brief on biomass for energy in the European Union, Sanchez Lopez, J. and Avraamides, M. editor(s), Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2019, <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC109354>.

³ Ministerstvo průmyslu a obchodu, Obnovitelné zdroje energie v roce 2020, <https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/statistika/obnovitelne-zdroje-energie/2021/9/Obnovitelne-zdroje-energie-2020.pdf>.

⁴ 95,4 % energeticky využitá biomasy je vypěstováno lokálně. Viz „Bioenergy in Europe“, https://www.etipbioenergy.eu/images/ETIP_B_Factsheet_Bioenergy%20in%20Europe_rev_feb2020.pdf.

⁵ Zde se jimi rozumí bioetanol vyrobený z obilí, cukrové řepy, cukrové třtiny nebo kukuřice; metylester mastných kyselin (FAME) z vylisovaných olejnatých rostlin; a bioplyn vyrobený anaerobní digestíí organických materiálů (podrobněji viz oddíl 1).

⁶ To potvrzují i odborné studie, srov. Adele Finco, Deborah Bentivoglio, Michele Rasetti, Monica Padella, Piergiuseppe Polla, Davide Cortesi, „Sustainability of rapeseed biodiesel using LCA method“, 2012, <https://ideas.repec.org/p/ags/iaae12/126447.html>.

⁷ CONCITO, „EU consumption of crops for biofuels could feed around 150 million people“, 2. 5. 2022, <https://concito.dk/nyheder/eu-consumption-of-crops-biofuels-could-feed-around-150-million-people>; Pasquale Steduto, „Biopaliva: Chceme na rok potravu pro člověka, nebo jednu nádrž teréňáku?“, Ekolist.cz, 11. 4. 2011, <https://ekolist.cz/cz/publicistika/rozhovory/biopaliva-chceme-na-rok-potravu-pro-cloveka-nebo-jednu-nadrz-terenaku>.

⁸ European Biodiesel Board, „What is biodiesel?“, <https://ebb-eu.org/about-biodiesel/>.



potravinové, či energetické biomasy. Toto východisko bude ve 3. kapitole konfrontováno s imperativem minimálního nutného využití půdního fondu pro lidské potřeby a naopak vyčlenění co největší části území pro ekosystémovou obnovu. Autor předpokládá, že při úvahách regulátora o způsobech využití půdy by měly mít přednost ty z nich, ke kterým v danou chvíli neexistují méně nákladné alternativy. Informované úvaze bohužel brání to, že český regulátor nemá k dispozici údaje o efektivitě výroby biopaliv, jakož i o rozsahu, v jakém se v daném zemědělském roce plodiny na jejich výrobu pěstují.

Tento research paper má dva analytické cíle: (a) zjistit energetickou bilanci nejdůležitějších plodin pěstovaných primárně za energetickými účely (kap. 4), (b) zpracováním dostupných dat odhadnout plochu, na které se tyto plodiny u nás v roce 2021 pěstovaly – tzv. palivovou plochu (kap. 5).⁹

BIOPALIVA PRVNÍ GENERACE jsou paliva vyráběna z potravinářských plodin pěstovaných na orné půdě. Cukr, škrob nebo olej obsažený v plodině se přeměňuje na bionaftu nebo etanol pomocí transesterifikace nebo kvasinkového kvašení.

BIOPALIVA DRUHÉ GENERACE jsou paliva vyráběna z lignocelulóznové nebo dřevní biomasy nebo zemědělských zbytků a zemědělských odpadů. Suroviny používané k výrobě paliv buď rostou na orné půdě, ale jsou vedlejšími produkty hlavní plodiny. Mezi suroviny druhé generace patří dřevní štěpka, sláma, bioodpad z domácností nebo firem apod.

BIOPALIVA TŘETÍ GENERACE se vyrábí z vodní biomasy. Nejčastěji se experimentuje s mořskými řasami, jejichž výhodou je rychlý růst, vysoký výnos a vysoký obsah lipidů a uhlovodíků, důležitý pro dobrou výhřevnost.

Zdroj: autor¹⁰

1. Biopaliva první generace v Česku: vhled do problematiky a metodologický rámeček

Pro biopaliva první generace (dále jen „B₁G“) je společné, že se vyrábí z k tomu cíleně pěstovaných potravinářských plodin.¹¹ V České republice jde především o získávání tepelné a elektrické energie anaerobní digestcí v bioplynových stanicích a mechanické energie spalováním ve spalovacích motorech. Plodiny k tomu užívané musí mít požadované chemické vlastnosti a kvalitu sušiny. Dřeviny tato studie nesleduje. K identifikaci klíčových olejnatých a škrobo-cukernatých plodin byly využity veřejně dostupné údaje zpracovatelského průmyslu a státní správy.

⁹ Palivová plocha ČR je využívána jak pro bionaftu a bioetanol, tak pro bioplyn, potažmo bioCNG a biometan, což je důvod, proč se zde bude uvažovat o biopalivech v kapalném i plynném skupenství, přestože se jako biopaliva obvykle klasifikují pouze paliva kapalná. Srov. i rec. 33 ve směrnici RED II (Směrnice Evropského Parlamentu a Rady 2018/2001, o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů).

¹⁰ Martin Madej (Abel), „Biopaliva jako alternativy fosilních zdrojů v těžko elektrifikovatelných sektorech“, Obnovitelně.cz, 18. 4. 2021, <https://oenergetice.cz/nazory/biopaliva-jako-alternativy-fosilnich-zdroju-tezko-elektrifikovatelnych-sektorech>.

¹¹ Pojmy „biopalivo“ a „palivová biomasa“ se někdy zaměňují; policy paper se drží vymezení, podle kterého je biomasa vstupní surovinou pro výrobu biopaliva a teprve biopalivo je spalováno (v jiném čase a typicky na jiném místě). U vstupů do kotlů na tuhá paliva, jako je dřevní štěpka, lze obojí zaměňovat, ale biopaliva rozebíraná v tomto policy paperu takovými vstupými nejsou.

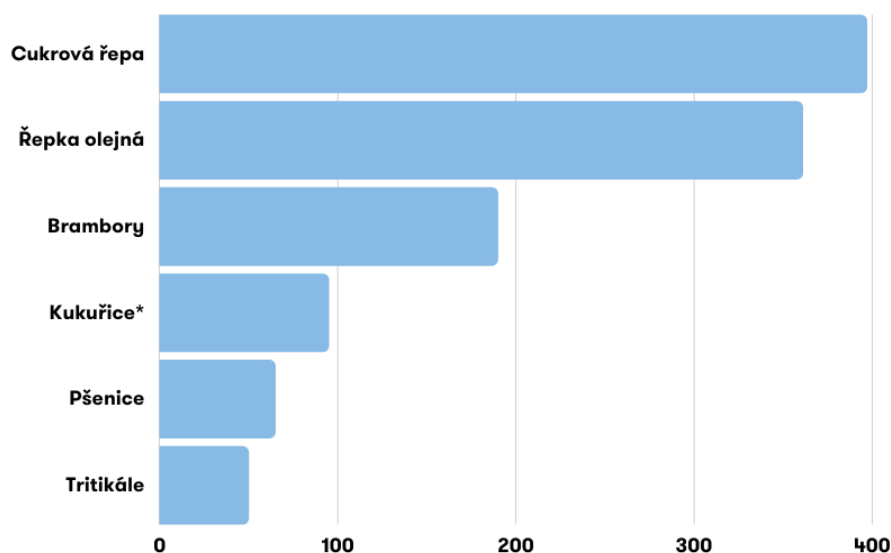


Mezi velké tuzemské bioetanolové lihovary patří Tereos TTD, a. s. (cukrová řepa), PLP, a. s. (obiloviny, kukuřice) a Ethanol Energy, a. s. (obiloviny, kukuřice).¹² Výroba bionafty je spojena se závody společnosti Preol, a. s. v Lovosicích a Primagra, a. s. v Milíně. U bionafty je nejvýznamnější příměsí metylester řepkového oleje, který tuzemští zpracovatelé lisují ze semen řepky olejné. V 579 českých BPS se používá mj. kukuřičná siláž, senáž, hnůj, kejda, cukrovarské řízky.¹³ Nejvýznamnějšími zdroji jsou však kukuřičné a jiné obilné siláže, jejichž nadměrné využívání vede podle Ústavu zemědělské ekonomiky a informací k zvyšování rizika půdní eroze a degradace půd s negativními dopady na půdní bilanci uhlíku a dusíku.¹⁴

Informace o zpracovatelských kapacitách lze srovnat s daty (či alespoň odhady) Ministerstva zemědělství o technickém využití plodin.¹⁵ Ministerstvo sleduje čtyři druhy využití: potravinářské, technické, krmivo a osivo. Údaje o technickém využití potravinářských plodin znázorňuje graf č. 1.

Graf č. 1

Technické využití významných potravinářských plodin v ČR v roce 2021 (tis. tun)



*Vykázaný údaj se týká pouze kukuřice na zrno a bude níže revidován.

Zdroj: Situační a výhledové zprávy Ministerstva zemědělství na webu eagri.cz.
Rozcestník: Zemědělství → Rostlinná výroba → Rostlinné komodity

Níže budou vypočteny energetická bilance a palivová plocha řepky, cukrovky, kukuřice (na zrno i na siláž), pšenice a tritikále. Nepředpokládá se, že jsou ve větší než zanedbatelné míře používány pro jiné technické využití (textilní průmysl, farmaceutický průmysl aj.), a proto bude pro zjednodušení předpokládáno, že veškeré jejich technické užití je využitím energetickým. Brambory sledovány nebudou, protože bramborový škrob se zásadně používá pro jiné než energetické technické účely (papírenský, textilní, stavební průmysl apod.), o čemž svědčí i nabídka jediných

¹² Ministerstvo zemědělství, Situační a výhledová zpráva – Obiloviny (12/2021) ze dne 19. 5. 2022, https://eagri.cz/public/web/file/702121/SVZ_Obiloviny_12_2021.pdf (dále jen „Obiloviny 2021“), s. 27.

¹³ Česká bioplynová asociace, „Co je bioplyn?“, <https://www.czba.cz/co-je-bioplyn.html>.

¹⁴ Ústav zemědělské ekonomiky a informací, „Podkladové analýzy pro přípravu SZP v programovém období 2021+“, https://eagri.cz/public/web/file/673300/D_Klima_na_web.pdf, s. 21.

¹⁵ Pro všechny obiloviny platí, že jediné technické využití je energetické. Obiloviny 2021, s. 53.



dvou výrobců bramborového škrobu, LYCKEBY AMYLEX Horažďovice, a. s. a Škrobárny Pelhřimov, a. s.¹⁶ Ministerstvo zemědělství neviduje využití pro technické účely u jiných obilovin (žito, oves, ječmen), luskovin, chmele, léčivých, aromatických a kořeninových rostlin, lnu, konopí, vinné révy a ovoce a zeleniny, a jejich potenciální energetické využití bude ve výpočtu zanedbáno.

2. Regulace výroby a spotřeby biopaliv

Anaerobní digesce cíleně pěstované biomasy se na území ČR děje kontinuálně nejpozději od 70. let 20. století.¹⁷ Prim po bioplynu z čištění odpadních vod a skládkových plynech však převzala až po roce 2005. Podobně i počátky vývoje kapalných biopaliv spadají dokonce do období první republiky, kdy se údajně z důvodu bezpečnosti státu podporovaly alternativní pohonné hmoty. Největší rozvoj kapalných biopaliv je však spojen až s členstvím ČR v Evropské unii. Členské státy se rozhodly dosáhnout minimálního podílu energie z obnovitelných zdrojů v dopravě; do roku 2010 v průměru alespoň 5,75 %, do roku 2020 alespoň 10 %.¹⁸ Důvodem měla být podle některých názorů nejen snaha o snižování sektorových emisí skleníkových plynů, ale také nekonkurenceschopnost evropské potravinářské produkce.

Přimíchávání biosložky unijní legislativa nepřikazovala. Každá členská země si měla podíl přimíchávání upravit sama. V Česku ho stanovil zákon o ochraně ovzduší z roku 2012, a to 4,1 % u benzínu a 6 % u nafty.¹⁹ Stejným zákonem byla zakotvena povinnost dodavatelů pohonných hmot postupně snižovat emise skleníkových plynů na jednotku energie obsaženou v pohonné hmotě (6% snížení do roku 2020 oproti průměru v roce 2010).²⁰ V roce 2009 také došlo díky novele zákona o spotřebních daních k osvobození od spotřební daně u čistých biopaliv a ke snížení spotřební daně u vysokoprocentních směsí.

I v důsledku státní podpory se dnes roční spotřeba biopaliv (první i druhé generace) u nás pohybuje okolo 1,2 mld. m³ bioplynu v bioplynových stanicích, 354 mil. kg bionafty a 127 mil. kg bioetanolu ve spalovacích motorech.²¹ Většina čerpacích stanic v EU prodává naftu tvořenou z 6,4 % bionaftou a benzín tvořený z 4,5 až 10 % modifikacemi bioetanolu.²² Touto cestou se spotřebuje 13 mil. tun bionafty a 4,42 mil. tun bioetanolu ročně, z většiny vyrobené v EU.²³ To ovšem neznamená, že evropské

¹⁶ Prezentace společnosti LYCKEBY AMYLEX na webu <https://www.lyckeby.cz/kontakt/> a společnosti Škrobárny Pelhřimov na webu <https://www.skrobarny.com/technicke-aplikace>. Srov. též „European renewable ethanol – key figures 2020“, <https://www.epure.org/wp-content/uploads/2021/09/210823-DEF-PR-European-renewable-ethanol-Key-figures-2020-web.pdf>.

¹⁷ S pomocí anaerobní digesce lze získat elektrickou a tepelnou energii, příp. biometan. Od roku 2005 stát garantuje provozovatelům BPS výkupní cenu nebo zelený bonus. Povinný podíl elektrické nebo tepelné energie z bioplynu české právo nevyžaduje.

¹⁸ Čl. 3 směrnice Evropského parlamentu a Rady 2003/30/ES ze dne 8. května 2003 o podpoře užívání biopaliv nebo jiných obnovitelných pohonných hmot v dopravě; čl. 3 odst. 4 Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/28/ES ze dne 23. dubna 2009 o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů (RED I).

¹⁹ Dobře shrnuto novináři v Českém rozhlasu: Jan Boček, Jana Klímová, Filip Nerad, Štěpán Sedláček a Michal Zlatkovský, „Dábel se skrývá v procesu: jak se z bruselského nápadu snížit emise staly české lány řepky“, iRozhlas.cz, 28. 5. 2019, https://www.irozhlas.cz/zpravy-domov/repka-babis-ano-evropa-eu-volby-biopaliva-smernice_1905280600_jab.

²⁰ § 20 odst. 1 zákona č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší.

²¹ Ministerstvo průmyslu a obchodu, „Kapalná biopaliva za rok 2021“, 18. 2. 2022, <https://www.mpo.cz/cz/energetika/statistika/kapalna-biopaliva/kapalna-biopaliva-za-rok-2021--266017/>.

²² Richard Gray, „Why raising the alcohol content of Europe's fuels could reduce carbon emissions“, Horizon, 9. 3. 2020, <https://ec.europa.eu/research-and-innovation/en/horizon-magazine/why-raising-alcohol-content-europes-fuels-could-reduce-carbon-emissions>. Kromě těchto paliv bývá nabízen také „prémiový benzín“ nebo „arktická nafta“ bez biosložky, ale to zde řešit nemusíme.

²³ Transport & Environment, „Food not fuel“, 24. 3. 2022, https://www.transportenvironment.org/wp-content/uploads/2022/03/202203_Food_not_Fuels-1.pdf.



jsou i suroviny pro její výrobu. Jen dovážený palmový olej tvoří 19 % evropské bionafty.²⁴ Pokud by veškerá kapalná biopaliva spotřebovaná v EU měla pocházet z evropské biomasy, její pěstování by si podle think-tanku Transport & Environment vyžadovalo mezi 4 % až 7,5 % zemědělské půdy na kontinentu (vč. britských ostrovů).²⁵

Spotřeba bioenergie má přitom setrvale růst. Podle Aktualizované státní energetické koncepce z roku 2015 (ASEK) je biomasa, a to zejména ta cíleně pěstovaná, obnovitelným zdrojem s největším potenciálem a předpokládá se u ní maximální možné využití při zachování všech omezení, např. potravinové bezpečnosti.²⁶ Vnitrostátní plán České republiky v oblasti energetiky a klimatu už počítá s rostoucí spotřebou pouze u biomasy druhé generace, zatímco u B1G očekává mírný pokles.²⁷ To je v souladu s unijní směrnicí RED II, která požaduje, aby byl podíl OZE na spotřebě energie v dopravě 14 %, ale z toho maximálně 7 % z B1G.²⁸ I tak mají B1G podle plánu pro rok 2030 dodat o 11 % energie víc než v roce 2016.²⁹

Vládní novela zákona o ochraně ovzduší zrušila v první polovině roku 2022 povinné přimíchávání biosložky do pohonných hmot. Dodavatelé tak nadále mohou, ale nemusí využívat právě biopaliva pro splnění povinnosti zajistit určité snížení emisí skleníkových plynů z pohonných hmot.³⁰ O zrušení povinného přimíchávání usilovaly současné koaliční strany už za předešlé vlády premiéra Andreje Babiše, tehdy ještě z opozice. Z důvodové zprávy k vládní novele však plyne, že bezprostředním důvodem zrušení povinnosti nebyla snaha o efektivnější využívání krajiny, nýbrž dosažení technologické neutrality při snižování emisí a především velmi aktuální potřeba ulevit spotřebitelům zasaženým vysokou inflací poklesem cen pohonných hmot.³¹ Zatímco mnozí ekologové a členové klimatického hnutí vládní krok přivítali,³² dodavatelé kapalných biopaliv upozorňovali na důsledky pro snižování emisí skleníkových plynů a závislosti na ruské ropě.³³

V České republice musí bionafta a bioetanol splňovat kritéria udržitelnosti vyplývající z vládního nařízení.³⁴ To stanoví minimální úsporu emisí ve srovnání s fosilními pohonnými hmotami, kterou musí výrobce biopaliva prokázat odborně vypracovaným certifikátem. Jednou z podmínek pro B1G je, že cíleně pěstované plodiny nesmí pocházet z půdy, která po roce 2007 vykazovala některé znaky ekologicky cenného území (§ 4 nařízení). V zahraničí existuje v tuto chvíli už několik

²⁴ Mordor Intelligence, Europe Biodiesel Market – Growth, Trends, Covid-19 Impact and Forecasts (2022–2027), 2021, <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/europe-biodiesel-market>. Děkuju V. Vildovi za upozornění.

²⁵ Transport & Environment, „Food not fuel“, 24. 3. 2022, https://www.transportenvironment.org/wp-content/uploads/2022/03/202203_Food_not_Fuels-1.pdf.

²⁶ Aktualizovaná státní energetická koncepce, schválena Vládou ČR 6. 8. 2015, s. 108.

²⁷ Vnitrostátní plán České republiky v oblasti energetiky a klimatu, schválen Vládou ČR 13. 1. 2020, s. 38.

²⁸ Čl. 25 a 26 směrnice Evropského Parlamentu a Rady 2018/2001, o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů.

²⁹ Ibid.

³⁰ To je v souladu s evropskou legislativou, která povinné přimíchávání členským státům neukládá. Jde o příklad tzv. gold-platingu (národní právo ukládající povinnosti nad rámec požadavku v komunitárním právu), který už právníci popsali. Jan Boček, Jana Klímová, Filip Nerad, Štěpán Sedláček a Michal Zlatkovský, „Dábel se skrývá v procesu: jak se z bruselského nápadu snížit emise staly české lány řepky“, iRozhlas.cz, 28. 5. 2019, https://www.irozhlas.cz/zpravy-domov/repka-babis-ano-evropa-eu-volby-biopaliva-smernice_1905280600_jab.

³¹ Sněmovní tisk č. 204/o, <https://www.psp.cz/sqw/text/orig2.sqw?idd=207363>, s. 22.

³² Pavel Baroch, „Konec biosložek v benzínu a naftě: příroda nám poděkuje“, Obnovitelně.cz, 11. 3. 2022, <https://www.obnovitelne.cz/clanek/1932/konec-bioslozek-v-benzinu-a-nafte-priroda-nam-podekuje>.

³³ Agrofert, „Reakce koncernu Agrofert na prohlášení Vlády ČR, že bude zrušena povinnost přimíchávat biosložku do nafty“, 10. 3. 2022, <https://www.agrofert.cz/akce-a-aktuality/reakce-koncernu-agrofert-na-prohlaseni-vlady-cr-ze-bude-zrusena-povinnost>.

³⁴ § 21 zákona o ochraně ovzduší & nařízení vlády č. 189/2018 Sb., o kritériích udržitelnosti biopaliv a snižování emisí skleníkových plynů z pohonných hmot.



výzkumů, které zjistily úsporu emisí u biopaliv z takto udržitelně pěstované biomasy ve srovnání s fosilními pohonnými hmotami.³⁵

3. Udržitelné využití půdy

Problém debaty o vztahu potravinové a biopalivové produkce, která byla nastíněna v úvodu, spočívá v tom, že pracuje s východiskem **primárně zemědělského** využití krajiny a půdního fondu. Jinými slovy, není-li ten který hektar bezlesé krajiny zastavěný, měl by primárně sloužit rostlinné a živočišné výrobě. To je v souladu s nařízením vlády (č. 189/2018 Sb.), které za udržitelnou považuje veškerou zemědělskou prvovýrobu, pokud nevznikla na orné půdě nahrazující původní nebo vysoce biologicky rozmanitý les, vysoce biologicky rozmanitý travní porost, vodní plochu nebo trvale zamokřenou plochu. Taková normativní úprava ale nemůže udržet lidskou prvovýrobu v planetárních mezích.

Současná kolonizace krajiny od nížin po podhorské oblasti zemědělstvím je z hlediska historie osídlení střední Evropy poměrně novým jevem. Zatímco počátky zemědělství se na našem území datují do neolitu (okolo 5 500 let př. n. l.), dlouho se soustřeďovalo jen v nižších polohách, a k využívání krajiny „na doraz“ dochází poprvé až okolo roku 1 200 n. l.³⁶ S výjimkou horských oblastí (ty byly kolonizovány až v novověku) by pozdě přemyslovský poutník nenašel kus lesa, bezlesí nebo vodní plochy, které už předtím nebyly nějak „zkulturněny“. Ani po vrcholném středověku si ovšem člověk zabranou půdu nenárokoval dlouhodobě (pole a pastviny byly člověkem zabrány a zase opuštěny) a úplně (pole ležela pravidelně ladem, louky se spásaly expanzivně, lesy byly káceny manuálně, a tedy výrazně pomalejším tempem než při využití mechanizace).³⁷ Určitou polyfunkčnost si vegetace samozřejmě ponechává dodnes, i polní plodiny slouží opylovačům. Děje se to však v omezené míře; v zemědělské krajině např. došlo k výraznému úbytku ptactva v důsledku úbytku jejich přirozené potravy.³⁸ V současnosti už čelíme riziku, že půda ztratí ekosystémové funkce docela (primární produkce biomasy, tvorba půdy, koloběh živin, retence vody). Tento stav je přitom trvalý a pouze graduje, což v každý moment znamená nejen otázku, jak ho změnit (jak deeskalovat intenzitu současné produkce), ale i jak kompenzovat historické škody, které moderní intenzivní zemědělství napáchalo na hodnotách, jež se vytvářely tisíce let (organický uhlík v půdě, podzemní vody atd). Jde tedy o míru, do jaké může primárně zemědělsky (jakkoli šetrně) využívaná krajina přispět k obnově degradovaných ekosystémů.

Je zjevné, že v dohledné budoucnosti zůstane nezanedbatelný díl světové souše potřebný pro produkci potravin a energie. Stejně tak je ale zjevné, že má-li být lidský vztah k přírodním zdrojům udržitelný a má-li dojít k obnově ekosystémů, musí být tento díl co nejmenší a maximální část souše být ponechána svým mimoprodukčním (ekologickým) funkcím.³⁹ V opačném případě, jak upozorňují i čeští badatelé, se ekologické dopady odrazí mj. na produktivitě ekonomiky, která na funkčních ekosystémech závisí.⁴⁰ V tuto chvíli je u nás 51,7 % zemědělské půdy

³⁵ Adele Finco, Deborah Bentivoglio, Michele Rasetti, Monica Padella, Piergiuseppe Polla, Davide Cortesi, „Sustainability of rapeseed biodiesel using LCA method“, 2012, <https://ideas.repec.org/p/ags/iaae12/126447.html>.

³⁶ Petr Pokorný, David Storch (eds.), Antropocén (Praha: Academia, 2020), 412; Václav Cílek, Dagmar Dreslerová, Pavel Hájek, Pavel Hájek, Petr Pokorný, Jiří Sádlo. Kultura a revoluce (Malá Skála, 2005, 3. uprav. vyd.), 115.

³⁷ Petr Pokorný, David Storch (eds.), Antropocén (Praha: Academia, 2020), 412.

³⁸ Jan Vopravil a kol., Půda a její hodnocení v České republice, díl I. (Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2010, 2. vyd.).

³⁹ „Mimoprodukční funkce“ je zavedený termín, který v případě půdy označuje mj. transport a transformaci látek, filtraci a retenci vody.

⁴⁰ Ladislav Míko a David Storch, „Biodiversity conservation under energy limitation: Possible consequences of human productivity appropriation for species richness, ecosystem functioning, and food production“, Ecosystem Services, roč. 16, 2015, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212041615300036>.



ohroženo vodní erozí a 22,9 % ohroženo erozí větrnou.⁴¹ Každý rok se z našeho půdního fondu vytratí až 21 milionů tun půdy,⁴² což je ztráta, která je pro ČR odhadována na 4,3 mld. Kč a pro celou Evropskou unii na 31,9 mld. Kč.⁴³ Obrazně řečeno, neodtáhne-li člověk z části půdy, odtáhne část půdy jinam.⁴⁴

Tento research paper proto vychází z předpokladu, že na území České republiky je omezené množství půdního fondu a že při úvahách regulátora o způsobech využití půdy by měly mít přednost ty z nich, ke kterým v danou chvíli neexistují méně nákladné alternativy.

Test nejméně nákladné alternativy bude novým kontextem, ve kterém se spor o využití půdy pro výrobu potravin i biopaliv bude odehrávat. Například pokud bude vyvinut způsob, jak pěstovat pšenici aquaponicky, nebude při dostatečném množství vodních zdrojů důvod zabírat půdní fond pro pěstování pšenice (s výjimkou půdy, na kterých budou stát aquaponická zařízení). Podobně pokud by existovaly v dostatečném množství méně nákladné alternativy výroby energie, nebyl by důvod pro výrobu B1G na orné půdě.

Přestože i ASEK uvádí, že při nahrazování fosilních paliv biopalivy je potřeba „pečlivě sledovat efektivitu celého cyklu jejich výroby“,⁴⁵ veřejně dostupných dat v češtině o efektivitě výroby biopaliv existuje do dnešního dne překvapivě málo. Nadto chybí statistiky o nárocích energetických plodin na půdu, což dohromady znemožňuje pochopit jak charakter, tak rozsah problému.

Náročnost, resp. členitost debaty ilustrují výsledky letos publikované studie týmu amerických inženýrů a environmentálních ekonomů o územní stopě různých zdrojů energie.⁴⁶ Studie vyhodnocuje jejich jak přímé (plocha vyhrazená výrobě), tak nepřímé (plocha pro těžbu/pěstování) nároky na půdu v hektarech na jednotku vyrobené energie. Zatímco jaderné elektrárny vyžadují 7,1 ha/TWh p. a. a onshore větrné elektrárny 130 ha/TWh p. a., cíleně pěstovaná biomasa potřebuje 58 000 ha/TWh p. a. Vztáhneme-li údaj o biomase na Českou republiku, vyžadovalo by si pokrytí roční spotřeby elektrické energie (73,7 TWh) území o rozloze 4,27 milionu hektarů, čili veškerou zemědělskou půdu u nás. Nedostatek studie tkví v tom, že bez zohlednění energetických a materiálových vstupů vypovídá výzkum pouze o energetických výnosech, nikoli o pomyslném energetickém zisku na hektar. Všechny elektrárny je samozřejmě nejdříve potřeba náročně vyrobit. Palivové elektrárny si ale nárokují dodatečnou práci, spočívající u jaderného paliva v těžbě, zpracování a přepravu uranu, u biomasy ve veškeré s tím spojené zemědělské a logistické aktivitě, od práce zemědělské techniky přes energii na výrobu zemědělské chemie až po přepravu do BPS. Zohledníme-li jen spotřebu energie na vstupech, musí být územní stopy všech vyrobené energie nezbytně vyšší, než jaké studie indikuje, a u palivových elektráren i výrazně vyšší.

⁴¹ Česká informační agentura životního prostředí (CENIA), Zpráva o životním prostředí České republiky 2020 (Praha: Česká informační agentura životního prostředí, 2021), s. 19. Úplněji popsal aktuální dopady vodní eroze ÚZEI ve své podkladové analýze pro přípravu SZP: „zabahnování vodotečí a vodních nádrží, splachy ornice do intravilánu obcí, škody na majetku občanů, institucí a společností, snižování úrodnosti a výnosnosti zemědělského půdního fondu, těžebně dopravní eroze na lesní půdě, zhoršení pedohydrologické bilance, snižování hladiny podzemní vody a rozšiřování aridních oblastí na našem území.“ Ústav zemědělské ekonomiky a informací, „Podkladové analýzy pro přípravu SZP v programovém období 2021+“, 26 a 102, https://eagri.cz/public/web/file/673300/D_Klima_na_web.pdf.

⁴² Jde o výsledek modelování počítajícího i s lesy, čili pro pole je číslo nižší. Ministerstvo zemědělství, Vodní eroze půdy, <https://eagri.cz/public/web/mze/puda/ochrana-pudy-a-krajiny/degradace-pud/vodni-eroze-pudy/>.

⁴³ Evropská komise, Factsheet – Nature Restoration Law, https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/fs_22_3748.

⁴⁴ Alespoň při vysokém zastoupení erozně nebezpečných plodin na velkých půdních blocích s rozoranými mezemi.

⁴⁵ Aktualizovaná Státní energetická koncepce, schválena vládou ČR 6. 8. 2015, s. 18.

⁴⁶ Jessica Lovering, Marian Swain, Linus Blomqvist, Rebecca Hernandez, „Land-use intensity of electricity production and tomorrow's energy landscape“. PLoS ONE, 2022, roč. 17, č. 7, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0270155>.



Naše závěry o náročnosti různých typů výroben se samozřejmě nesmí zakládat jen na nárocích na přírodní zdroje (včetně vody) a **množství** vyrobené energie, ale i na **kvalitě** vyrobené energie, resp. flexibilitě zdroje. Tato studie nicméně nemá debatu uzavřít, nýbrž podepřít co nejexaktnějšími daty, která v debatě chybí. Například britská vláda má k dispozici údaje, podle nichž se v roce 2020 energetické plodiny (kukuřice, pšenice, cukrovka, ozdobnice) pěstovaly na 121 tis. hektarech (2,1 % orné půdy), z toho 30 % na kapalná biopaliva a zbytek na bioplyn.⁴⁷ Podle jednoho nepodloženého odhadu dosahuje podíl palivové plochy v České republice hranice 15 % plochy orné půdy.⁴⁸ Pokud je podíl skutečně tak vysoký, tak jaký je čistý zisk bioenergie z této plochy? Jakou plochu by pro stejný zisk vyžadovaly jiné zdroje energie? A pokud plochu výrazně menší, ospravedlňují jakékoli přímé a nepřímé benefity výroby B1G pomyslné náklady alternativ v časech globální environmentální a klimatické krize?

⁴⁷ Department for Environment, Food & Rural Affairs (UK), „Crops Grown For Bioenergy in the UK: 2019“, 10. 12. 2020, https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/943264/nonfood-statsnotice2019-10dec20v3.pdf.

⁴⁸ Jakub Hruška, „Přehlížená proměna zemědělství“, Vesmír, č. 2019/4, <https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/2019/cislo-4/prehlizena-promena-zemedelstvi.html>.



4. Energetická bilance vybraných plodin

4.1. Metodologie

Cílem analýzy je identifikovat čistou užitečnou práci z biopaliv po odečtení spotřeby energie vynaložené na výrobu, zpracování a přepravu biomasy z jednoho hektaru orné půdy. Protože výpočet zahrnuje velké množství proměnných, z nichž některé budou zprůměrovány, půjde toliko o kvalifikovaný odhad.

Sledovanými biopalivy jsou bionafta, bioetanol a biometan. Bionafta a bioetanol jsou zdaleka nejtypičtější kapalná biopaliva vyráběná z energetických plodin. Naproti tomu bioplyn se v ČR upravuje na biometan pouze ve dvou BPS, a proto se volba tohoto procesu může jevit arbitrárně. Biometan byl však zvolen z toho důvodu, že stupeň energetického využití bioplynu je mezi BPS velmi variabilní (35 % – 75 %). Velká BPS s kogenerací blízko velkého lidského sídla bude mít nižší ztráty, pokud dodává teplo do firem a domácností, naopak by se jí ale měla přičíst spotřeba energie na dopravě biomasy z větších vzdáleností. Naproti tomu účinnost plynových kotlů se standardně pohybuje okolo 90 % a u BPS s úpravou metanu je homogenita dána tím, že většina energie z bioplynu je uchována v metanu. U stanic, které využívají méně než 50 % disponibilního tepla, byla produkce biometanu jinými autory vyhodnocena jako energeticky efektivnější varianta.⁴⁹

Analýza se drží zavedeného přístupu, podle kterého musí energetická bilance zohledňovat nejen energetické vstupy do výroby a distribuce dané biomasy a daného biopaliva, ale i účinnost zařízení, které biopalivo pohání (well-to-wheel). Předpokládá se, že zařízením na bionaftu je spalovací motor osobního automobilu průměrné účinnosti. U biometanu byl nejdříve uvažován plynový kotel pro vytápění budov, ale tato varianta byla následně odmítnuta jako nevyhovující, protože by to znamenalo srovnávat mechanickou energii ve spalovacím motoru s teplem z kotle. Místo toho byla zvolena kombinovaná výroba elektřiny a tepla (KVET) s biometanem jako palivem. To problém nesrovnatelnosti alespoň částečně řeší tím, že k mechanické energii spalovacího motoru lze přičíst elektrickou energii vyrobenou v KVET a dodanou elektrickému spotřebiči. Aby měl biometan co nejvyšší „šanci“, předpokládá se, že nebude spálen ve velké paroplynové teplárně, ale blízko místa spotřeby s dobrým využitím vzniklé elektřiny i tepla. Jako příklad byl vybrán plavecký bazén s kogenerační jednotkou TEDOM T30, která vyrobí za uvažovaného provozu 0,64 MWh tepla a 0,31 MWh elektřiny z každé 1 MWh biometanu.⁵⁰ Další účinnosti využití vzniklé energie (např. ohřev a osvětlení bazénu) je tak možné zanedbat a postulovat 100% účinnost využití elektřiny a tepla. Výsledkem výpočtu bude množství elektrické energie a množství tepelné energie získané z jednoho hektaru sledované biomasy. Výhodou procesu je jeho vysoká flexibilita a potenciál pro levnou akumulaci.

⁴⁹ Petr Pavlíček, „Ekonomická efektivnost výroby biometanu“ (dipl. práce, ČVUT, 2016), 57, https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/64767/F3-DP-2016-Pavlicek-Petr-ekonomicka_efektivnost_vyroby_biometanu.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

⁵⁰ Robin David, „Využití kogenerace pro veřejný bazén“ (dipl. práce, ČVUT, 2015), https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/61203/F3-DP-2015-David-Robin-VYUZITI_KOGENERACE_PRO_VEREJNY_BAZEN.pdf?sequence=1&isAllowed=y.



Diagram č. 1 (zdroj: autor)



Proč zrovna spotřeba plaveckého bazénu? Subjektivní volba technologií byla pro tuto analýzu nevyhnutelná a ostatně i vědecké studie, na které analýza odkazuje, samy obdobné volbě čelily a jejich výsledky musí být interpretovány ve světle uvažovaných technologií. Tato analýza nestojí sama o sobě, ale měla by sloužit ke srovnání různých způsobů energetického využití krajiny. Aby některé způsoby předem nediskriminovala, snaží se vycházet z nejlepší dostupné praxe (best available practice). Některé automobilky například vyvíjejí spalovací motory s 50% účinností. Předpoklad je ovšem takový, že nejprodávanější automobily dosahují účinnosti motoru 35 %. Ve stejném duchu se účinnost typické velké kogenerační stanice (teplárna) u nás pohybuje okolo 60 %. To ale není nejlepší dostupná technologie spalování zemního plynu. Organizacím jsou dostupné malé kogenerační jednotky s daleko vyšší účinností, obzvláště nacházejí-li se v objektu, který je dokáže dobře využít. Proto byl zvolen plavecký bazén s KJ TEDOM T30 s vysokým koeficientem využití konvertované energie v denním i nočním provozu.

Užitečnou práci motoru poháněného bionaftou/bioetanolem lze v základní podobě vyjádřit jako součin výhřevnosti dostupného biopaliva a účinnosti (v procentech), s jakou motor tuto energii přeměňuje na otáčky. U biometanu je situace složitější, protože kogenerační jednotka vyrábí s určitou účinností elektřinu a teplo z metanu, který sám byl upraven s určitou spotřebou energie z bioplynu vyrobeného s určitou účinností a spotřebou energie z biomasy určitých kvalit vypěstované na jednom hektaru půdy. Naštěstí jsou k dispozici data o výnosu metanu z tuny té které biomasy a výpočet bude pro zjednodušení vycházet z předpokladu, že BPS s úpravou bioplynu na biometan dokáže tento potenciál při splnění podmínky minimálního času digesce a energetických vstupů plně využít. energii plynu po odstranění metanu zanedbáme.

Pro úplnost je třeba dodat, že výnosy biometanu mohou být v budoucnu vyšší než ty níže uvažované, a to s ohledem na pokroky v oblasti společné digesce dobře kombinovatelných druhů organické sušiny.⁵¹

4.2. Bionafta – biometan (řepka)

V České republice se pěstuje a zpracovává na bionaftu jediná dominantní plodina, a to je brukev řepka olejka. Cílem analýzy je identifikovat čistý energetický zisk z biopaliv získaných z 1 nominálního hektaru řepky. Sledovanými biopalivy jsou bionafta a biometan. Bionafta se vyrábí z metylesteru řepkového oleje získaného z jejího

⁵¹ Např. Anee Mohanty, Prangya Ranjan Rout, Bipro Dubey, „A critical review on biogas production from edible and non-edible oil cakes“, *Biomass Conv. Bioref.*, 2022, roč. 12, 949–966, <https://link.springer.com/article/10.1007/s13399-021-01292-5>. Potenciál zvýšení je ale malý. Biometan nikdy nebude mít vyšší energetickou hodnotu než množství fotosyntetické energie v rostlině.



semene. Slisováním oleje vzniknou pokrutiny, druhý odpadní produkt vedle řepkové slámy.

Přestože i v řepkové slámě je uchována využitelná chemická energie, vzhledem k potřebnosti dostat živiny zpět do půdy se předpokládá její zaorání a v energetické bilanci není zohledněna. Naopak pokrutiny, navzdory vysokému obsahu proteinu oceňovanému v krmných směsích, jsou uvažovány jako energeticky využitelná odpadní biomasa. Anaerobní digescí pokrutin je možné získat bioplyn a posléze biometan. Předpokládejme, že z výnosu rostliny není nic ponecháno jako osivo.

Analýza je rozdělena na energetickou bilanci bionafty (I) a biometanu (II) z výnosů řepky z jednoho hektaru orné půdy.

A. BIONAFTA

První část analýzy se zabývá otázkou: jakou užitečnou práci vykoná spalovací motor, užívá-li jako palivo bionaftu získanou z jednoho hektaru řepky? Odpověď závisí na výhřevnosti paliva a na účinnosti, s jakou je motor přemění.

$$W(ha) = E \cdot \eta \quad (1.1)$$

kde:

W... Užitečná práce spalovacího motoru [MJ]

E... energie dodaná z bionafty do spalovacího motoru [MJ]

η ... účinnost spalovacího motoru η [%]

Jaká je energie E z jednoho hektaru řepky na orné půdě? Pro zjednodušení předpokládejme, že bionafta je 100% metylester řepkového oleje (MEŘO), resp. že MEŘO má výhřevnost bionafty:

$$E = m \cdot C_v \quad (1.2)$$

kde:

E... energie dodaná z bionafty do spalovacího motoru [MJ]

m... hmotnost MEŘO z řepky sklizené z jednoho hektaru orné půdy [kg]

C_v ... výhřevnost bionafty [MJ/kg]

C_v je konstanta. Hmotnost m závisí na průměrném hektarovém výnosu v daném roce.

$$m = y \cdot mb \quad (1.3)$$

y... průměrný hektarový výnos semene v daném roce [t/ha]

m_b ... hmotnost MEŘO z jedné tuny řepkového semene [t/t]

Z toho plyne, že užitečnou práci vykonanou spalovacím motorem, užívá-li jako palivo bionaftu získanou z jednoho hektaru řepky, lze souhrnně vyjádřit jako:

$$W(ha) = y \cdot mb \cdot Q_s \cdot \eta \quad (1.4)$$

A protože:

y... 2,99 t/ha (sklizeň 2021⁵²)

⁵² Ministerstvo zemědělství, Situační a výhledová zpráva Olejniny 2021 (dále jen „Olejninny 2021“), <https://eagri.cz/public/web/mze/zemedelstvi/roslinna-vyroba/roslinne-komodity/obiloviny/situačni-a-vyhledove-zpravy-olejninny/>.



$m_b \dots 0,39 \text{ t}^3$
 $C_v \dots 37 \text{ MJ/kg}$
 $\eta \dots 35 \%$

tak:

$$W(ha) = (2,99 \cdot 1000) \cdot 0,39 \cdot 37 \cdot 0,35 \quad (1.5)$$
$$W(ha) = 15101 \text{ MJ/ha}$$

A protože $1 \text{ MJ} = 0,000277 \text{ MWh}$, tak:

$$W(ha) = 4,19 \text{ MWh/ha} \quad (1.6)$$

Z bionafty vyrobené z jednoho hektaru řepky olejné esterifikované na MEŘO vykoná běžný spalovací motor práci 4,19 MWh. Tuto práci nemusíme získat spálením přibližně 12 hektolitrů nafty.⁵⁴

To ale není čistá užitečná práce, kterou z 1 ha řepkového oleje získáme, protože musíme zohlednit energetické náklady výroby řepky a její zpracování nejdříve do MEŘO a poté do bionafty. Stejně jako distribuci všech produktů, přičemž za nejnákladnější bývá označován svoz řepkového semene do PREOLu nebo Primagry.

$$W' = W - W_b - W_m - W_d \quad (1.7)$$

Kde:

W ... čistá užitečná práce

W ... užitečná práce vykonaná spalovacím motorem, užívá-li jako palivo bionaftu získanou z jednoho hektaru řepky

W_b ... spotřeba energie na výrobu biomasy (setí, sklizeň, výroba chemických přípravků atd.)

W_m ... spotřeba energie na výrobu MEŘO a bionafty ze semene (slisování a esterifikace oleje)

W_d ... spotřeba energie na distribuci biomasy, MEŘO i bionafty

A uvážíme-li, že

W ... 4,19 MWh/ha

W_b ... 2,59 MWh/ha⁵⁵

W_m ... 2,287 MWh/ha⁵⁶

⁵³ Výzkumný ústav zemědělské techniky, „Minimální potřeba energie pro zajištění základních funkcí zemědělství v krizové situaci a analýza možnosti jejího zajištění z vlastních energetických zdrojů resortu“, 2014, <http://www.vuzt.cz/svt/vuzt/publ/P2014/064.pdf>; Gustav Šebor, Milan Pospíšil, Jan Žákovec, Technicko-ekonomická analýza vhodných alternativních paliv v dopravě, 2006, s. 19, https://biom.cz/upload/6e01d6d4c4835ec93cda508772f3bf6e/technickoekonomicka_analyza_vhodnych_alternativnich_paliv_v_doprave.pdf.

⁵⁴ V 1 litru nafty je 9,9 kWh energie, při účinnosti motoru 35 % potřebujeme pro 4,19 MWh celkem 1209,2 litrů nafty.

⁵⁵ Výzkumný ústav zemědělské techniky, „Minimální potřeba energie pro zajištění základních funkcí zemědělství v krizové situaci a analýza možnosti jejího zajištění z vlastních energetických zdrojů resortu“, 2014, s. 69, <http://www.vuzt.cz/svt/vuzt/publ/P2014/064.pdf>.

⁵⁶ Vojtěch Vild, „Zpracovatelský řetězec řepky olejné“, (seminární práce, VŠB-TUO, 2020), https://docs.google.com/document/d/1wnnghaErF_M9lOLSjCNbluJKIxg4AbtJ/edit. Jevič a Šedivá uvádějí alokovaný vstup energie pro výrobu MEŘO ($W_b + W_m$) ve výši 5,27 MWh, což je o 0,39 MWh výše než Vild. Vildův odhad je novější (stroje jsou účinnější), a proto zůstanu u něj. Petr Jevič, Zdeňka Šedivá, Energetická bilance, analýza životního cyklu (LCA) methylesterů mastných kyselin řepkového oleje (MEŘO) a dopady produkce MEŘO nahrazujících motorovou naftu na bilanci CO₂eq. Expertní zpráva A/10/07 pro MZe, VÚZT, 2007.



$W_{a...} 0,24 \text{ MWh/ha}$ (2 % energetického výnosu⁵⁷)

tak:

$$W' = 4,19 - 2,59 - 2,287 - 0,24 - 0 - 0 \quad (1.8)$$
$$W' = -0,93 \text{ MWh/ha}$$

Energetická bilance bionafty jako paliva spalovacího motoru je tedy záporná. To ale není vše, protože pokrutiny z lisování řepkového oleje jsou odpadním produktem s dalším energetickým potenciálem. Přestože se mohou používat jako krmivo s vysokým obsahem proteinu, budou uvažovány jako surovina pro bioplynovou stanici. Tam se z nich anaerobní digesí vytvoří bioplyn za vzniku digestátu a tepla. Úpravou bioplynu vznikne biometan a zbytková pevná a plynná složka. Biometan je možné vtlačit do plynárenské soustavy a jako biopalivo spálit v kogenerační jednotce.

B. BIOMETAN

Kolik elektrické a tepelné energie vyrobí vysoce účinná KVET, užívá-li jako palivo bioplyn upravený na biometan získaný z jednoho hektaru řepkových pokrutin? A kolik energie navíc můžeme ze získaného bioplynu dostat?

Tady je situace složitější, protože kogenerační jednotka vyrábí s určitou účinností elektřinu a teplo z metanu, který sám byl upraven s určitou spotřebou energie z bioplynu vyrobeného s určitou účinností a spotřebou energie z biomasy určitých kvalit vypěstované na jednom hektaru půdy. Naštěstí jsou k dispozici data o výnosu metanu z tuny té které biomasy a výpočet bude pro zjednodušení vycházet z předpokladu, že BPS s úpravou bioplynu na biometan dokáže tento potenciál při splnění podmínky minimálního času digesce a energetických vstupů plně využít. Z výnosu semene jsou započítány necelé dvě třetiny hmotnosti (61 %), protože více než jedna třetina hmotnosti (39 %) už byla využita na řepkový olej. Energii plynu po odstranění metanu zanedbáme.

$$W(ha)CH_4 = 0,61y \cdot m_b \cdot C_v \quad (1.9)$$

Kde:

$W(ha)CH_4$... energie v biometanu z jednoho hektaru řepky [MWh/ha]

y ... průměrný hektarový výnos semene v daném roce [t/ha]

m_b ... množství biometanu z jedné tuny pokrutin [t/t]

C_v ... výhřevnost metanu [MWh/m³]

A protože:

y ... 2,99 t/ha

m_b ... 450 m³/t⁵⁸

C_v ... 0,0093 MWh/m³

tak:

$$W(ha)CH_4 = 7,63 \text{ MWh/ha} \quad (1.10)$$

⁵⁷ Vojtěch Vild, „Zpracovatelský řetězec řepky olejné“ (seminární práce, VŠB-TUO, 2020), https://docs.google.com/document/d/1wnngHaErF_MjOLsJcNbluJKIxg4Abt/edit. Číslo 0,24 vychází z předchozího výpočtu při odstranění faktoru účinnosti (2 % z energetického potenciálu bionafty před okamžikem spotřeby).

⁵⁸ Jerry Murphy, Rudolf Braun, Peter Weiland, Arthur Wellinger, Biogas from Crop Digestion, IEA Bionergy, 2011, https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2011/10/Update_Energy_crop_2011.pdf.



Nyní můžeme spočítat výnos tepla a hrubý výnos elektřiny z biometanu z jednoho hektaru řepky ve vybrané KJ.

Rovnice je složena z výpočtu tepelné energie na levé straně a elektrické energie na pravé straně. KJ plaveckého bazénu (viz Metodologie) dokáže z 1 MWh biometanu vyrobit 0,64 MWh tepla a 0,31 MWh elektřiny.

$$W(ha) = (W(ha)_{CH_4} \cdot \eta_t) + (W(ha)_{CH_4} \cdot \eta_{el}) \quad (1.11)$$

Kde:

$W(ha)$... elektrická a tepelná energie dodaná KVET z jednoho hektaru řepky na orné půdě [MWh/ha]

η_t ... účinnost výroby tepla v KJ [%]

η_{el} ... účinnost výroby elektřiny v KJ [%]

A protože:

$$W(ha)_{CH_4} = 7,63 \text{ MWh/ha}$$

$$\eta_t \dots 64 \%$$

$$\eta_{el} \dots 31 \%$$

tak:

$$W(ha) = (7,63 \cdot 0,64) + (7,63 \cdot 0,31) \quad (1.12)$$

$$W(ha) = 4,88 \text{ MWh/ha} + 2,37 \text{ MWh/ha}$$

Protože jsou pokrutiny odpadním produktem výroby řepkového oleje, od spotřeby energie při pěstování řepky a jejím zpracování na MEŘO můžeme odhlédnout. Jinak bychom se dopouštěli dvojího přičítání. Je potřeba přidat do výpočtu vlastní spotřebu energie BPS a KJ. Spotřeby a ztráty budeme odečítat pouze od elektrické energie.

$$W(ha)' = 4,88 + (2,37 - W_p - W_m - W_d - W_s - W_k) \quad (1.13)$$

Kde:

W_p ... průměrná spotřeba energie na výrobu bioplynu [MWh/ha]

W_m ... průměrná spotřeba energie na konverzi bioplynu na biometan [MWh/ha]

W_d ... průměrná spotřeba energie na přepravu biomasy [MWh/ha]

W_s ... ztráty při vtlačení biometanu do sítě [MWh/ha]

W_k ... spotřeba energie kogenerační jednotky [MWh/ha]

W_z ... ztráty během distribuce plynu (např. koroze plynovodu) [MWh/ha]

A protože:

$$W(ha) \dots 4,88 \text{ MWh/ha} + 2,37 \text{ MWh/ha}$$

$$W_p + W_d \dots \frac{1}{3} z W(ha)_{CH_4}$$

$$W_s \dots 17 \% z W(ha)_{CH_4}^{59}$$

W_m ... zanedbáme

W_k ... zanedbáme

W_z ... zanedbáme

Tak:



$$W'(ha)' = 4,88 + (2,37 - 7,63/3) - (0,17 \cdot 7,63) \quad (1.14)$$
$$W'(ha)' = 4,88 \text{ MWh} + (-1,47 \text{ MWh})$$

C. VÝSLEDEK A DISKUZE

Z energie semen z jednoho hektaru řepky sklizené v roce 2021 s primárně energetickým účelem zpracované do bionafty může spalovací motor, pokud hypoteticky používá pouze bionaftu ze 100 % MEŘO a za stanovených předpokladů, vykonat práci 4,19 MWh. Při započtení všech průměrných energetických vstupů je však proces mírně ztrátový (-0,93 MWh/ha). Odpadním produktem výroby řepkového oleje jsou výlisky, čili pokrutiny, a po jejich zpracování na biometan může vysoce účinná KJ vyrobit 4,88 MWh tepelné a 2,37 MWh elektrické energie. Po odečtení energetické spotřeby celého procesu od vyrobené elektřiny dostáváme čistý zisk tepelné energie pokrutin 4,88 MWh a ztrátu elektrické energie -1,47 MWh. Pokud bychom mohli jednoduše sčítat mechanickou, tepelnou a elektrickou energii, celkový energetický zisk ve společnosti spalující bionaftu z řepky ve spalovacím motoru (-0,927 MWh/ha/rok) a biometan z řepky ve vysoce účinné KJ za vzniku elektřiny (-1,47 MWh) a tepla (4,88 MWh) je tedy **2,5 MWh z jednoho hektaru řepky**, a to především **ve formě tepelné energie**. Lze shrnout, že výhodou sledovaných technologických postupů není kvantum energie, ale její kvalita, resp. multiplicita forem, zkušenosti se skladováním nafty a metanu a flexibilita provozu. Zároveň platí, že při reálné variantě špatné úrody by chybějící biomasu bylo nutné dovézt ze zahraničí, anebo ji jinak nahradit.

Pro srovnání, dvě další nedávné studie kvantifikovaly energetický zisk z jednoho hektaru řepky ve výši 4,2 MWh/ha/rok, ačkoli pouze jedna z nich předpokládala energetické využití pokrutin.⁶⁰

4.3. Bioetanol – biometan (pšenice, kukuřice na zrno, cukrovka)

Druhou skupinu tvoří škrobo-cukernaté plodiny, které se v tuzemsku využívají k výrobě bioetanolu. Cílem analýzy je identifikovat čistý energetický zisk z biopaliv získaných z jednoho nominálního hektaru třech plodin: pšenice, kukuřice na zrno a cukrové řepy. Pro ukázkový výpočet byla zvolena pšenice. Struktura výpočtu je ale pro všechny tři plodiny stejná.

U pšenice a kukuřice jsou k výrobě lihu využity jen jejich plody. Z odpadní pšeničné a kukuřičné slámy je možné získat anaerobní digescí bioplyn a jeho další úpravou biometan. U obou se ale předpokládá zaorání 20 % slámy, aby byla zajištěna minimální dodávka organické hmoty do půdy. U cukrovky zůstávají po vyluhování cukru tzv. cukrovarské řízky, které představují podle některých odhadů 2 % vstupů v bioplynových stanicích. I jejich využití pro výrobu biometanu bude při výpočtu energetické bilance zohledněno.⁶¹

⁶⁰ Jaroslav Knápek, Tomáš Králík, Michaela Valentová, Tomáš Voříšek, „Effectiveness of biomass for energy purposes: a fuel cycle approach“, WIREs Energy & Environment, 2015, 575–586, <https://wires.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/wene.164>; Vojtěch Vild, Efektivní využití půdy v obnovitelné energetice (bakalářská práce, VŠB-TUO, 2020), <http://hdl.handle.net/10084/141142>.

⁶¹ U odpadu je sledováno potenciální, nikoli reálné využití. Cukrovarské řízky jsou hojně využívány také jako krmivo a v evropských lihovarech se dokonce v loňském roce poprvé vyprodukovalo víc krmiva než lihu. To na druhou stranu vede k obavám, že v případě ukončení produkce technického lihu dobytek přijde o část jídelníčku. Sean G. Curroll, „EU ethanol companies produced more animal feed than fuel last year“, Euractiv, 22. 6. 2022, <https://www.euractiv.com/section/biofuels/news/eu-ethanol-companies-produced-more-animal-feed-than-fuel-last-year/>.



Analýza je rozdělena na energetickou bilanci bionafty (I) a biometanu (II) z výnosů pšenice z jednoho hektaru orné půdy. Vždy je doplněn také výsledek výpočtu pro kukuřici na zrno a cukrovku.

A. BIOETANOL

První část analýzy se zabývá otázkou: jakou užitečnou práci vykoná spalovací motor, užívá-li jako palivo bioetanol získaný z jednoho hektaru pšenice? Odpověď závisí na výhřevnosti paliva a na účinnosti, s jakou je motor přemění.

$$W(ha) = E \cdot \eta \quad (2.1)$$

Kde:

W... Užitečná práce (MJ)

E... energie dodaná bioetanolem do spalovacího motoru E (MJ)

η ... účinnost spalovacího motoru η (%)

Jaká je E z jednoho hektaru pšenice na orné půdě?

$$E = m \cdot C_v \quad (2.2)$$

Kde:

E... energie dodaná bioetanolem do spalovacího motoru (MJ)

m... hmotnost bioetanolu z jednoho hektaru pšenice (kg)

C_v ... výhřevnost bioetanolu (MJ/kg)

C_v je konstanta. Hmotnost m závisí na průměrném hektarovém výnosu v daném roce.

$$m = y \cdot m_b \quad (2.3)$$

y... průměrný hektarový výnos zrna v daném roce (t/ha)

m_b ... hmotnost bioetanolu z jedné tuny pšenice (t/t)

Z toho plyne, že užitečnou práci vykonanou spalovacím motorem, užívá-li jako palivo bioetanol získaný z jednoho hektaru pšenice, lze vyjádřit jako:

$$W(ha) = y \cdot m_b \cdot C_v \cdot \eta \quad (2.4)$$

A protože:

y... 6,32 t/ha (sklizeň 2021⁶²)

m_b ... 0,39 t⁶³

C_v ... 26,8 MJ/kg

η ... 35 %

tak:

$$W(ha) = (6,32 \cdot 1000) \cdot 0,39 \cdot 26,8 \cdot 0,35 \quad (2.5)$$

$$W(ha) = 23119,8 \text{ MJ/ha}$$

⁶² Obiloviny 2021.

⁶³ Ministerstvo zemědělství, Akční plán pro biomasu v ČR na období 2012–2020, s. 303.

https://www.dataplan.info/img_upload/7bdb1584e3b8a53d337518d988763f8d/apb_final_web.pdf.

303: Výzkumný ústav zemědělské techniky, „Minimální potřeba energie pro zajištění základních funkcí zemědělství v krizové situaci a analýza možnosti jejího zajištění z vlastních energetických zdrojů resortu“, 2014, <http://www.vuzt.cz/svt/vuzt/publ/P2014/o64.pdf>.



A protože 1 MWh = 3600 MJ, tak:

$$W(ha) = 6,42 \text{ MWh/ha} \quad (2.6)$$

Z bioetanolu vyrobeného z jednoho hektaru pšenice zkvašené v lihovaru na bioetanol vykoná běžný spalovací motor práci 6,42 MWh. Tuto práci nemusíme získat spalováním fosilního paliva.

To ale není čistá užitečná práce, kterou z 1 ha získáme, protože bychom měli zohlednit energetické náklady výroby pšenice a její zpracování do bioetanolu a následnou distribuci.

$$W' = W - W_b - W_e - W_d \quad (2.7)$$

Kde:

W' ... čistá užitečná práce vykonaná spalovacím motorem, užívá-li jako palivo bioetanol získaný z jednoho hektaru pšenice

W ... užitečná práce vykonaná spalovacím motorem, užívá-li jako palivo bioetanol získaný z jednoho hektaru pšenice

W_b ... spotřeba energie na výrobu biomasy (setí, sklizeň, výroba chemických přípravků atd.)

W_e ... spotřeba energie na výrobu bioetanolu

W_d ... spotřeba energie na distribuci biomasy a biopaliv

A uvážíme-li, že

W' ... 6,42 MWh/ha

W_b ... 5,79 MWh/ha⁶⁴

W_e ... 39 % výnosu⁶⁵

W_d ... zanedbáme

tak:

$$W' = 6,42 - 5,79 - (0,39 \cdot 6,42) \quad (2.8)$$

$$W' = -1,87 \text{ MWh/ha/rok}$$

U kukuřice je čistá užitečná práce W' z bioetanolu díky lepšímu hektarovému výnosu a menším zemědělským vstupům o něco vyšší: **0,23 MWh/ha/rok**. U cukrovky je díky vysokému hektarovému výnosu vůbec nejvyšší: **3,44 MWh/ha/rok**. Výpočet pro cukrovku je významně ovlivněn tím, že údaje o spotřebě pohonných hmot při převozu cukrovky z místa sklizně do lihovaru bohužel nejsou k dispozici. Zatímco u ostatních škrobo-cukernatých plodin lze tuto spotřebu zanedbat, bulvy řepy mají

⁶⁴ František Tichý, Josef Zimolka, „Bilance energie u standardně pěstované pšenice ozimé“, Biom.cz, 21. 9. 2009, <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/bilance-energie-u-standardne-pestovane-psenice-ozime>. Podle IEA je to o něco méně, mezi 4 a 5,3 MWh/ha. Viz Jerry Murphy, Rudolf Braun, Peter Weiland, Arthur Wellinger, Biogas from Crop Digestion, IEA Bionergy, 2011,

https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2011/10/Update_Energy_crop_2011.pdf. Naopak Jevič a Šedivá uvedli energetické vklady dokonce 7 MWh. Petr Jevič, Zdeňka Šedivá, Energetická bilance, analýza životního cyklu (LCA) methylesterů mastných kyselin řepkového oleje (MEŘO) a dopady produkce MEŘO nahrazujících motorovou naftu na bilanci CO₂eq. Expertní zpráva A/10/07 pro MZe, VÚZT, 2007. V obecnosti však platí, že energie z etanolu získaného z jednoho hektaru pšenice musí být min. 4–5 MWh, aby se pokryla spotřeba fosilních paliv na kultivaci plodiny.

⁶⁵ Mikael Lantz, Thomas Prade, Serina Ahlgren, Lovisa Björnsson, „Biogas and Ethanol from Wheat Grain or Straw: Is There a Trade-Off between Climate Impact, Avoidance of iLUC and Production Cost?“ Energies, 2018, roč. 11, č. 10, 6; <https://doi.org/10.3390/en11102633>.



vysokou hmotnost a jejich převoz do lihovarů na delší vzdálenosti u nás i do zahraničí by správně neměl být zanedbán.⁶⁶

B. BIOMETAN

Odpadním produktem výroby pšenice pro bioetanol je pšeničná sláma. Sláma se silážuje a následně sváží do bioplynové stanice. Tam se z ní anaerobní fermentací vytvoří bioplyn za vzniku digestátu a tepla. Úpravou bioplynu vznikne biometan a zbytková pevná a plynná složka. Biometan je možné vtlačit do plynárenské soustavy a jako biopalivo spálit v kogenerační jednotce.

Kolik elektrické a tepelné energie vyrobí vysoce účinná KVET, užívá-li jako palivo bioplyn upravený na biometan získaný z jednoho hektaru pšeničné slámy? A kolik energie navíc můžeme ze získaného bioplynu dostat?

Tady je situace složitější, protože kogenerační jednotka vyrábí s určitou účinností elektřinu a teplo z metanu, který sám byl upraven s určitou spotřebou energie z bioplynu vyrobeného s určitou účinností a spotřebou energie z pšenice určitých kvalit vypěstované na jednom hektaru půdy. Naštěstí jsou k dispozici data o výnosu metanu z tuny pšenice a výpočet bude pro zjednodušení vycházet z předpokladu, že BPS s úpravou bioplynu na biometan dokáže tento potenciál při splnění podmínky minimálního času digesce a energetických vstupů plně využít. energii plynu po odstranění metanu zanedbáme.

$$W(ha)CH_4 = 0,61y \cdot m_b \cdot C_v \quad (2.9)$$

Kde:

$W(ha)CH_4$... energie v biometanu z jednoho hektaru pšenice na orné půdě
 y ... hmotnost pšeničné slámy využitelné z jednoho hektaru pšenice na orné půdě (při dodržení pravidel pro zaorání 20 % [t/ha]
 m_b ... hmotnost biopaliva z jedné tuny biomasy [t/t]
 C_v ... výhřevnost metanu [Mj/m³]

A protože:

y ... 4,8 t/ha⁶⁷
 m_b ... 240 m³/t⁶⁸
 C_v ... 0,0093 MWh/m³

tak:

$$W(ha)CH_4 = 10,71 \text{ MWh/ha} \quad (2.10)$$

Nyní můžeme spočítat výnos tepla a hrubý výnos elektřiny z biometanu z jednoho hektaru pšenice ve vybrané KJ.

⁶⁶ Andrea Hinková, Zdeněk Bubník, „Sugar Beet as a Raw Material for Bioethanol Production“, Czech J. Food Sci., 2001, roč. 19, č. 6: 224–234. Na druhou stranu byla zvolena horní hranice z udávané spotřeby energie při výrobě metanolu 25–50 % z výnosu.

⁶⁷ Soňa Dušková, „Orientační výše výnosů polních plodin při různé intenzitě hospodaření, zpracováno dle normativů pro zemědělskou a potravinářskou výrobu“, <http://user.mendelu.cz/xvaltyni/systemy/projekt/files/vynosy.html>.

⁶⁸ Saadia Meraj, Rabia Liaquat, Salman Raza Naqvi, Zeshan Sheikh, Atoofa Zainab, Asif Hussain Khoja, Dagmar Juchelkova, and Abdulaziz Atabani, „Enhanced Methane Production from Anaerobic Co-Digestion of Wheat Straw Rice Straw and Sugarcane Bagasse: A Kinetic Analysis“, Applied Sciences 11, 2021, č. 13, 6069, <https://doi.org/10.3390/app11136069>; Mirjam Victorin, Åsa Davidsson, Ola Wallberg, „Characterization of Mechanically Pretreated Wheat Straw for Biogas Production“, BioEnergy Research, 2020, roč. 13, 833–844, <https://link.springer.com/article/10.1007/s12155-020-10126-7>.



Rovnice je složena z výpočtu tepelné energie na levé straně a elektrické energie na pravé straně. KJ plaveckého bazénu (viz Metodologie) dokáže z 1 MWh biometanu vyrobit 0,64 MWh tepla a 0,31 MWh elektřiny.

$$W(ha) = (W(ha)CH_4 \cdot \eta_t) + (W(ha)CH_4 \cdot \eta_{el}) \quad (2.11)$$

Kde:

$W(ha)$... elektrická a tepelná energie dodaná KVET z jednoho hektaru řepky na orné půdě [MWh/ha]

η_t ... účinnost výroby tepla v KJ [%]

η_{el} ... účinnost výroby elektřiny v KJ [%]

A protože:

$W(ha) CH_4 = 10,71$ MWh/ha

η_t ... 64 %

η_{el} ... 31 %

tak:

$$W(ha) = (10,71 \cdot 0,64) + (10,71 \cdot 0,31) \quad (2.12)$$

$$W(ha) = 6,85 \text{ MWh/ha} + 3,32 \text{ MWh/ha}$$

Protože je pšeničná sláma odpadním produktem výroby řepkového oleje, od spotřeby energie při pěstování pšenice a jejího zpracování na etanol můžeme odhlédnout. Jinak bychom se dopouštěli dvojího přičítání. Pšeničná sláma by se mohla celá zaorat, ale protože její část využíváme pro produkci biometanu, je potřeba přidat do výpočtu vlastní spotřebu energie BPS a KJ. Spotřeby a ztráty budeme odečítat pouze od elektrické energie.

$$W(ha)' = 6,85 + (3,32 - W_p - W_m - W_d - W_s - W_k) \quad (2.13)$$

Kde:

W_p ... průměrná spotřeba energie na výrobu bioplynu [MWh/ha]

W_m ... průměrná spotřeba energie na konverzi bioplynu na biometan

W_d ... průměrná spotřeba energie na přepravu biomasy

W_s ... ztráty při vtlačení biometanu do sítě

W_k ... spotřeba energie kogenerační jednotky

W_z ... možné ztráty během distribuce plynu (např. koroze plynovodu)

A protože:

$W(ha)$... 6,85 MWh/ha + 3,32 MWh/ha

$W_p + W_d$... $\frac{1}{3}$ z $W(ha)_{CH_4}$

$W_s = 17\%$ z $W(ha)_{CH_4}$ ⁶⁹

W_m ... zanedbáme

W_k ... zanedbáme

W_z ... zanedbáme

tak:

$$W'(ha)' = 6,85 + (3,32 - 10,71/(3) - (0,17 \cdot 10,71)) \quad (2.14)$$



$$W'(ha)' = 6,85 \text{ MWh} + (-2,07 \text{ MWh})$$

Pokud bychom mohli vyrobenou tepelnou a elektrickou energii při zohlednění spotřeby a ztrát sečíst, vychází čistý energetický zisk z biometanu ze pšenice na 4,78 MWh/ha/rok. Při průměrném výnosu metanu z kukuřičné slámy 210 m³/t OS vychází čistý energetický zisk biometanu z kukuřice na **9,81 MWh/ha/rok**. U ukrovky je to **8,32 MWh/ha/rok**, vycházíme-li z výnosu vyslazených cukrovských řízků 0,25t na 1t řepy a obsahu OS v cukrovských řízků 18 %.

C. VÝSLEDEK A DISKUZE

Škrobo-cukernaté plodiny se zpracovávají na výrobu bioetanolu, který se pro snížení emisní stopy dopravy přimíchává do pohonných hmot. Při zohlednění relativně nízké účinnosti spalovacího motoru je však výroba bioetanolu spíše neefektivní, když u ukrovky je rozdíl mezi energetickými výnosy a spotřebou 3,44 MWh/ha/rok, u kukuřice na zrno 0,23 MWh/ha/rok a u pšenice jde dokonce o ztrátu ve výši -2,52 MWh/ha/rok. Lepších čísel dosahují odpadní produkty výroby bioetanolu, resp. výroby biomasy, které lze v BPS zpracovat na bioplyn a posléze na biometan. Při spálení biometanu ve vysoce účinné KJ ve veřejném plaveckém bazénu byl zjištěn energetický zisk biometanu z pšenice 4,78 MWh/ha/rok, kukuřice 9,81 MWh/ha/rok a ukrovky 8,32 MWh/ha/rok.

Pokud bychom mohli mechanickou, tepelnou a elektrickou energii vzniklé z jednoho hektaru sledovaných plodin jednoduše sečíst, vycházela by jejich celková energetická bilance **na 2,26 MWh/ha/rok u pšenice, 7,47 MWh/ha/rok u kukuřice na zrno a 11,76 MWh/ha/rok u ukrovky**. Výpočet byl založen na některých zprůměrovaných hodnotách, jakož i na údajích o sklizni v roce 2021 (a ultimátně tedy i na počasí v daném roce) a jako takový by měl být i vykládán. **S vysokou mírou pravděpodobnosti však lze uzavřít, že energetický zisk této skupiny biopaliv se pohybuje v rozmezí 0–20 MWh na jeden hektar orné půdy.** Stejně jako u řepy lze rovněž shrnout, že výhodou sledovaných technologických postupů není kvantum energie, ale její kvalita, resp. multiplicita forem, zkušenosti se skladováním paliv a metanu a flexibilita provozu. A také stále platí, že při reálné variantě špatné úrody by chybějící biomasu bylo nutné dovézt ze zahraničí, či ji něčím nahradit.

4.4. Biometan (kukuřice na siláž, tritikále)

Poslední sledovanou skupinou jsou plodiny, které jsou cíleně pěstované přímo pro digestci v bioplynových stanicích. Podle kvalifikovaných odhadů se v roce 2021 spotřebovalo v BPS přes 2,5 milionu tun silážní kukuřice (30 % výroby) a dalších 50 tisíc tun tritikále (27 % výroby).⁷⁰ V částech 1.B a 2.B byl vypočítán energetický zisk v MWh biometanu vyrobeného z biomasy vypěstované na jednoho hektaru orné půdy. Výpočet energetického zisku na jeden hektar silážní kukuřice a tritikále je stejný a nebude znovu rozepisován.

Uvažované hodnoty pro silážní kukuřici jsou: hektarový výnos 38,86 t/ha, výnos biometanu 109,2 m³/tOS,⁷¹ výhřevnost metanu 0,0093 MWh/m³ a poměr

⁷⁰ Podíl u tritikále vychází z Obiloviny 2021. Z kukuřice na siláž putuje každoročně do BPS průměrně 30 % hmoty.

⁷¹ Výťažnost bioplynu z kukuřičné siláže 210 Nm³/tOS, obsah CH₄ 52 %. Petr Pavlíček, „Ekonomická efektivnost výroby biometanu“ (dipl. práce, ČVUT, 2016), 16, https://dSPACE.CVUT.CZ/bitstream/handle/10467/64767/F3-DP-2016-Pavlicek-Petr-ekonomicka_efektivnost_vyroby_biometanu.pdf?sequence=1&isAllowed=y.



0,35:1–0,5:1 jako udávaný poměr energie vložené do kukuřice až po kompresi biometanu do sítě.⁷²

Z toho vychází energetický zisk v biometanu ze silážní kukuřice na 25,26 MWh/ha v tepelné energii a ztráta v 1,6–7,5 MWh/ha v elektrické (mechanické) energii, resp. dohromady zisk **17,7–23,6 MWh/ha/rok**.⁷³ U tritikále je to **11,89 MWh/ha/rok**.

5. Palivová plocha

Palivová plocha vybraných energetických								
2021		Primární energetické využití	Sklizňová plocha (tis. ha)	Průměrný hektarový výnos (t/ha)	Skližeň (tis. t)	Dovoz (tis. t)	Vývoz (tis. t)	
								Celkem/z toho: potraviny (tis. t)
Pšenice (všechny druhy)		ETBE, Ethanol 85	776,41	6,32	4 906,90	56,00	2 360,00	1 037,86
Brukev řepka olejka (2020/2021)		MEŘO jako příměs bionafty, HVO	342,79	2,99	1 024,93	240,00	290,00	174,00
Cukrovka (2020)		ETBE, Ethanol 85	63,92	77,70	4 966,46	-	-	0,00
Kukuřice na zrno		ETBE, Ethanol 85	102,38	9,65	988,00	116,29	289,30	8,20
Kukuřice na siláž		Bioplyn	216,98	38,86	8 431,66		0,00	0,00
Tritikále		Bioplyn	40,89	4,73	193,40	2,00	2,00	0,00
Celkem								

Zdrojová tabulka (.xls, .numbers)

5.1. Metodologie

Cílem této části je zjištění plochy (v hektarech), která se v České republice v roce 2021 využila pro olejnaté a škrobo-cukernaté energetické plodiny pěstované primárně pro energetické účely (bionafta, bioetanol, bioplyn) – dále jen „palivová plocha“. Protože jsou dostupné údaje o průměrném hektarovém výnosu a sklizni technicky využitých olejnatých a škrobo-cukernatých plodin, je možné použít základní výpočet:

$$P = m/y$$

Kde:

P... palivová plocha plodiny [ha]

m... sklizeň technicky využitých plodin [t]

y... průměrný hektarový výnos plodiny [t/ha]

Výsledek výpočtu může být zkreslující ze dvou důvodů. Zaprvé, palivová plocha je počítána pro období jednoho roku, přestože se plodiny na jednom půdním bloku typicky střídají v období kratším než jeden rok. Spadá hektar, na kterém se v tomtéž roce sklídí brambory a zaseje pšenice ozimá na energetické účely do palivové plochy? Otázka, kterou mnoho zahraničních studií přehlíží. Byly zváženy následující metody: a) zohlední se jen jednoletá nebo dvouletá plodina sklizená v daném roce (cash crop), b) osevní plocha v daném roce se vynásobí číslem 12 (podle měsíců v roce) a rostlině se připíše poměrná část osevní plochy podle doby, po kterou ji okupuje, nebo c) stejná metoda jako (b) s tím rozdílem, že osevní plochy v daných letech se vynásobí vyšším

⁷² <https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa6687553of33e8a/2201-gas-s.r.o.-biometan.pdf>.

⁷³ Pro srovnání, Petr Pavlíček, který operoval s jinými předpoklady (jiná sklizeň, jiné koncové využití), dospěl k 18,5 MWh/ha. Petr Pavlíček, „Ekonomická efektivnost výroby biometanu“ (dipl. práce, ČVUT, 2016), 56, https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/64767/F3-DP-2016-Pavlicek-Petr-ekonomicka_efektivnost_vyroby_biometanu.pdf?sequence=1&isAllowed=y.



číslem (např. 36 nebo 48 měsíců), které bude odrážet i meziplodiny a nosné plodiny (cover crops). Problém s metodami b) a c) je ten, že výsledek by byl sice přesnější, ale méně užitečný z hlediska praktického rozumu. Informace, že energetická pšenice zabírá 19 tisíc hektarů půdy a energetická kukuřice 16 tisíc hektarů půdy, je uchopitelnější, než že pšenice zabírá 19 tisíc hektarů krát 9 měsíců, tj. 171 jednotek jakési „časopůdy“, zatímco kukuřice zabírá 16 krát 3, tj. 48 jednotek „časopůdy“. Jako užitečnější byla zvolena metoda a) s tím, že vegetační doba plodin bude zdůrazněna v textu.

Druhým důvodem zkrácení je fakt, že málokterá plodina se zpracuje jen pro jeden účel. Jak jsme viděli v předešlé části, proces zpracování plodiny (např. řepky olejné) je spojen s odpady (výlisky semen a řepková sláma), které mohou nebo nemusí mít své vlastní energetické účely. Pro zjednodušení proto budou plodiny níže klasifikovány podle jejich primárního využití, které je ekonomicky nejvýnosnější, tzn. že v případě řepky je primárním využitím extrakce oleje za účelem výroby potravin anebo biopaliva, protože prodej oleje je nejvýnosnější (36 tis. Kč/t), zatímco výlisky a sláma jsou jen odpadem získávání řepkového oleje (výlisky 15 tis. Kč/t). Zatímco energetické využití zemědělského odpadu bylo u plodin s primárně energetickým účelem započítáno, pro účely výpočtu palivové plochy nejsou odpadní produkty relevantní proměnnou. To se týká i energeticky využitelného odpadu z plodin „na jídlo“.

Významným limitujícím faktorem výpočtu jsou chybějící detaily o vývozu. Podle konzultovaných zdrojů není statistika o čtyřech druzích využití pro vyvezené komodity dostupná. Jen pšenice a řepky se přitom loni vyvezlo 2 650 tun⁷⁴ a jejich možné technické využití v zahraničí nelze ignorovat. V opačném případě by se výsledek výpočtu palivové plochy vztahoval jen k plodinám zpracovaným na území České republiky, i když pro takovou redukci neexistuje racionální důvod. Na druhou stranu, sesbírat data byt jen o deklarovaném využití vyvezených komodit je nesmírně obtížné. Zemědělci zpravidla neprodávají úrodu přímo zpracovatelům, ale překupníkům. Pokud ti prodají zboží do ciziny, např. do Německa, lze zjistit z údajů celní správy, komu zboží prodali (např. provozovatelce mlýnu nebo bioplynové stanice), už ne ale to, jestli kupující zboží zpracovala, prodala dál, uskladnila, anebo jestli se zničilo. I z toho důvodu si nemůžeme pomoci např. údaji o zpracovatelských kapacitách; kukuřice vyvezená do státu bez jediného lihovaru nebo bioplynové stanice může být stále k energetickým účelům využita, pokud je přeprodána do státu, který tato zařízení má. Výpočet usnadňují tritikále a řepa, které se prakticky nevyváží, u řepy se vyváží výhradně cukr.⁷⁵

Podle ředitele Svazu pěstitelů a zpracovatelů olejnin je vývoz řepky na osiva nulový, šrot na krmiva se však vyváží. Pravděpodobný podíl mezi zbylou řepkou vyvezenou na potravinářské účely a řepkou na nepotravinářské účely je podle něj stejný jako u nás, a sice 6:4 ve prospěch potravinářského účelu.⁷⁶ Podle obchodního ředitele Ethanol Energy soutěží české lihovary o českou kukuřici s polskými, slovenskými, rakouskými a německými lihovary v těsné blízkosti hranic.⁷⁷ Z těchto důvodů a pro zjednodušení bude níže spekulováno na to, že poměr mezi energetickým a jiným využitím pšenice, řepky, kukuřice a tritikále je u vyvezené a nevyvezené produkce stejný.

⁷⁴ Obiloviny 2021, Olejniný 2021.

⁷⁵ U tritikále je ve zprávě Obiloviny přesné číslo 2 tisíce tun v exportu. U řepy jde o dedukci: ze sklizňové plochy řepy celkem 63 916 ha bylo 57 996 ha využito pro výrobu cukru a 5 920 pro jiné využití. Všechna řepa tedy byla nějak zpracována v tuzemsku. Česko je historicky velkým vývozcem cukru, kdy loni dosáhla výroba 624 tisíc tun. Srov. Ministerstvo zemědělství, Bilanční statistika komodity cukr – cukrová řepa v České republice: celkové výsledky kampaně 2021/22 k 8. 4. 2022, <https://eagri.cz/public/web/file/701512/CzechsugarstatisticsCZ08042022.pdf>.

⁷⁶ Rozhovor s Martinem Volfem, předsedou SPZO, ze dne 15. 7. 2022.

⁷⁷ Telefonický rozhovor s Radovanem Smítkou, obchodním ředitelem Ethanol Energy, a. s. ze dne 18. 7. 2022.



Dovoz energetických plodin ze zahraničí není součástí výpočtu, protože se musí promítnout do palivové plochy dané země a dvojí započítání by bylo zavádějící. Na druhou stranu, na výrobu biopaliv mohly mít vliv zásoby, utvořené z nespotřebované produkce z předchozích let. Metodologicky bylo možné palivovou plochu připadající na zásoby ve výpočtu zohlednit, anebo ignorovat. S ohledem na velmi nízkou spotřebu ze zásob v roce 2020/2021 bylo rozhodnuto možnou palivovou plochu – odhadem v řádu stovek hektarů – ignorovat.

5.2. Výpočet palivové plochy

5.2.1. PŠENICE

Podle Situační a výhledové zprávy Ministerstva zemědělství pro obiloviny z roku 2021 bylo sklizeno 4 906 900 tun pšenice na 776 tisících hektarech půdy. Z toho 2 615 000 tun bylo spotřebováno v České republice a 2 360 000 tun putovalo na vývoz.⁷⁸ Pšenice patří mezi škrobo-cukernaté plodiny, ze kterých se v lihovarech získává etanol.

Pro výrobu jedné tuny etanolu je potřeba 3,3 t pšenice.⁷⁹ Ve zprávě Obiloviny 2021 se předpokládá, že na výrobu etanolu padlo v loňském roce 65 000 tun pšenice z celkové domácí spotřeby pšenice. To je při průměrném hektarovém výnosu (6,32 t/ha⁸⁰) a shodném poměru českého a zahraničního využití celkem 19 566,7 ha palivové plochy pšenice. Vegetační doba pšenice jarní je okolo 100 dní, u pšenice ozimé, která ve statistice dominuje, je to okolo 300 dní.

5.2.2. KUKUŘICE NA ZRNO

Kukuřice patří mezi škrobo-cukernaté plodiny. Z kukuřice na zrno (cca 1/3 produkce) se v lihovarech získává etanol, kde vedlejším produktem jsou výpalky (DDDS) sloužící jako krmivo.⁸¹ Podle Situační a výhledové zprávy Ministerstva zemědělství pro obiloviny z roku 2021 bylo sklizeno 988 000 tun kukuřice na zrno na 102 tisících hektarech půdy. Ve zprávě však musí být chyba, když na str. 28 uvádí, že na výrobu bioetanolu padlo 173,8 tis. t kukuřice, zatímco na str. 94 se uvádí 95 tis. t kukuřice pro veškeré technické účely. Bude uvažován ten konkrétnější údaj, tedy 173,8 tis. t. V ten moment je však potřeba přepsat tabulku na str. 94. Je špatně jen tento údaj nebo i další? Pro nedostatek informací nebudeme spekulovat nad nesprávností údajů u ostatních účelů a o vyšší spotřebu kukuřice na bioetanol pouze zvýšíme celkovou domácí spotřebu z 635 na 713,8 tisíc tun.

Navíc musíme ke spotřebě kukuřice na biopaliva připočítat vývoz, který činil podle Ministerstva zemědělství 371 tisíc tun.⁸² Podle SZIFu se vyvezlo 289 tisíc tun krmné kukuřice, která může být využita pro krmné i energetické účely. Můžeme předpokládat, že zbytek (92 tis. t) je kukuřice na zrno pro potravinářské účely.⁸³ Dohromady je to 173,8 tisíc tun v domácí spotřebě a 92 tisíc tun ve vývozu. Pro výrobu jedné tuny bioetanolu je potřeba 3,2 t kukuřice. To je při průměrném hektarovém výnosu 9,54 t/ha⁸⁴ a shodném poměru českého a zahraničního využití

⁷⁸ Obiloviny 2021.

⁷⁹ Dana Nehasilová, „Využití vedlejších produktů výroby etanolu ve výživě hospodářských zvířat“, 2009, 15, <http://www.cukr-listy.cz/dokumenty/Nehas.pdf>.

⁸⁰ Obiloviny 2021.

⁸¹ Ze 170 000 tun kukuřice zpracované v lihovaru je 15 000 tun čistého proteinu.

⁸² Obiloviny 2021.

⁸³ Státní zemědělský a intervenční fond, Zpráva o trhu obilovin, olejnin a krmiv k lednu 2021, 28. 2.

2022,

https://www.szif.cz/cs/CmDocument?rid=%2Fapa_anon%2Fcs%2Fzpravy%2Ftis%2Fzpravy_o_trhu%2F05%2F1646223222797.pdf.

⁸⁴ Obiloviny 2021, 94.



celkem 20 331,7 ha palivové plochy kukuřice (20 % sklizňové plochy). Vegetační doba kukuřice je okolo 90 dní.

K údajům je však třeba poznamenat, že jde za posledních 6 let o druhý nejnižší poměr palivové plochy vůči ploše sklizňové. V roce s nejvyšším množstvím kukuřice použité na etanol činila palivová plocha (bez vývozu) podle oficiálního údaje 24 566 hektarů.⁸⁵ Pokles v roce 2021 mohl být způsoben zrušením daňové úlevy pro čistá a vysokoprocentní biopaliva. Tuzemská výroba bioetanolu se snížila, přestože zemědělský rok 2021 byl úrodnější než rok předchozí.

5.2.3. KUKUŘICE NA SILÁŽ

V roce 2021 se sklídilo 8 431 tisíc tun silážní kukuřice. Ministerstvo zemědělství však neviduje účely, za jakými je siláž použita. Vyjít lze z šetření, které provedla organizace CZ Biom v bioplynových stanicích v roce 2018. Z šetření vyplývá, že se v BPS spotřebovalo 34 % roční sklizně silážní kukuřice.⁸⁶ Vydeme-li z této hodnoty, vychází palivová plocha v roce 2021 při průměrném hektarovém výnosu 38,86 t/ha na 73 771,56 ha. Navíc musíme připočítat vývoz, který činil podle Ministerstva zemědělství 371 tisíc tun. Podle SZIFu se vyvezlo 289 tisíc tun krmné kukuřice, která může být využita pro krmné i energetické účely. Můžeme předpokládat, že zbytek (92 tis. t) je kukuřice na zrno pro potravinářské účely. Za jakým účelem však putovala ta vyvezená? Opět nezbyvá než zvolit stejné poměry účelů jako u domácí spotřeby. V Česku se 66 % silážní kukuřice použije na krmiva a již zmiňovaných 34 % putuje do BPS. Do palivové plochy proto připočítáváme tu, která připadá na 34 % z 289 tisíc tun, tj. dalších 2 529 ha, dohromady tedy 76 300 ha (35 % sklizňové plochy).

5.2.4. TRITIKÁLE

Sklizňová plocha tritikále je relativně malá, 193 tisíc tun, pro vysokou produkci metanu (337–555 m³/t⁸⁷) se však její velké procento využívá pro biopaliva (zbytek jde na krmivo). Podle Situační a výhledové zprávy Ministerstva zemědělství pro obiloviny z roku 2021 byla tritikále celkově pěstována na 40 tisících hektarech půdy. Ten samý zdroj pak uvádí, že se k energetickým účelům použilo 50 tisíc tun, což je při průměrném výnosu 4,73 t/ha celkem 10 570 hektarů palivové plochy. Export je zanedbatelný (2 tisíce tun) a znamenal by při stejném poměru využití u nás i v zahraničí dalších 117 hektarů, dohromady tedy 10 687 hektarů palivové plochy. Vegetační doba tritikále je okolo 80 dní.

5.2.5. ŘEPKA

Podle Situační a výhledové zprávy Ministerstva zemědělství pro olejniny v roce 2021 bylo sklizeno 1 245 300 tun řepky na 368 tisících hektarech půdy. Z toho 1 195 300 tun bylo spotřebováno v České republice a 290 000 tun putovalo na vývoz. Řepka patří mezi olejnaté plodiny, ze kterých se procesem esterifikace získává MEŘO.

Pro výrobu jedné tuny MEŘO je potřeba 2,5 t řepky.⁸⁸ Vedlejším produktem je řepkový šrot, oceňovaný jako krmná směs s vysokým obsahem proteinu a dalších

⁸⁵ Obiloviny 2021, 29.

⁸⁶ Údaje mi poskytl Adam Moravec (CZ Biom). Podle jeho slov vycházejí z průzkumu reprezentativního vzorku BPS. Alternativní data neexistují a odhad 34 % mi nikdo z oboru nerozporoval.

⁸⁷ Jerry Murphy, Rudolf Braun, Peter Weiland, Arthur Wellinger, Biogas from Crop Digestion, IEA Bionergy, 2011, https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2011/10/Update_Energy_crop_2011.pdf.

⁸⁸ Gustav Šebor, Milan Pospíšil, Jan Žákovec, Technicko-ekonomická analýza vhodných alternativních paliv v dopravě, 2006, 20.



živin. Ve zprávě Ministerstva zemědělství se předpokládá, že na výrobu MEŘO padlo v loňském roce 361 090 tun řepky nabízené na českém trhu. To je při průměrném hektarovém výnosu 3,38 t/ha⁸⁹ a shodném poměru českého a zahraničního využití celkem 141 151 ha palivové plochy řepky. Vegetační doba řepky je okolo 320 dní.

5.2.6. CUKROVKA

Podle výsledků poslední cukrovarnické kampaně se cukrová řepa v roce 2021 sklízela z 63 920 hektarů půdy s historickou úrodou 4 966 463 tun.⁹⁰ Tomu odpovídala kapacita cukrovarů, které prakticky veškerou řepu (4 350 000 tun) i zpracovaly. Většinu sklizně cukrovarů zpracovaly na cukr, 397 093 tun však použily na výrobu bioetanolu. Při průměrném hektarovém výnosu 77,7 t/ha byla tato řepa pěstována na 5 110,55 ha půdy. Odpadním produktem cukrovarské výroby jsou tzv. cukrovarské řízky, užívané jako krmivo i palivo. Protože na vývoz jde zpravidla až produkt cukrovaru, výpočet nezohledňuje vývoz cukrové řepy. Vegetační doba cukrové řepy je okolo 190 dní.

https://biom.cz/upload/6e01d6d4c4835ec93cda508772f3bf6e/technickoeconomicka_analyza_vhodnych_alternativnich_paliv_v_doprave.pdf

⁸⁹ Obiloviny 2021.

⁹⁰ Ministerstvo zemědělství, Bilanční statistika komodity cukr – cukrová řepa v České republice: celkové výsledky kampaně 2021/22 k 8. 4. 2022, <https://eagri.cz/public/web/file/701512/CzechsugarstatisticsCZO8042022.pdf>.



Závěr

Z výsledků je patrné, že čistá užitečná práce u nás nejčastěji cíleně pěstovaných energetických plodin se pohybuje mezi 0 a 20 MWh/ha/rok. Jejich celková palivová plocha je přes 291 tisíc hektarů, což je při 2,4 mil. hektarech orné půdy v LPISu 12 % obhospodařované orné půdy. Pokud by všechna B₁G byla spotřebována u nás, a to jen ve spalovacích motorech osobních aut (bionafta, bioetanol) a ve vysoce účinných kogeneračních jednotkách zvoleného typu (biometan), získali bychom z nich v roce 2021 celkovou užitečnou mechanickou, elektrickou a tepelnou energii ve výši 2 357 GWh, potažmo 8,5 PJ. To je pro srovnání asi **0,8 % hrubé konečné spotřeby energie v ČR v roce 2020** (1 090 PJ).⁹¹

Tabulka č. 1: Čistá užitečná práce z bionafty, bioetanolu a biometanu vyrobených z vybraných potravinářských plodin pěstovaných cíleně za energetickými účely a palivová plocha těchto plodin

Energetická plodina	Čistá užitečná práce z bionafty/bioetanolu z 1 hektaru [MWh]	Čistá užitečná práce z biometanu z 1 hektaru [MWh]	Palivová plocha [ha]	Celková čistá užitečná práce [GWh/rok] ⁹²
Řepka	- 0,927	3,41	159 562	396,2
Pšenice	- 2,52	4,78	19 566	44,2
Kukuřice na zrno	0,23	9,81	20 332	204,1
Kukuřice na siláž	-	20	76 300	1 526
Cukrovka	3,44	8,32	5 111	60
Tritikále	-	11,89	10 687	127
Σ			291 558	2 357

Zdroj: vlastní zpracování na základě výpočtů v této studii

Jak bylo řečeno výše, tato studie vychází z předpokladu, že při úvahách regulátora o způsobech využití půdy by měly mít přednost ty z nich, ke kterým v danou chvíli neexistují méně nákladné alternativy. Pokud je primárním účelem takto využití půdy výroba obnovitelné energie, je na místě srovnat takové využití s jinými obnovitelnými zdroji energie. Podrobné srovnání však s ohledem na dodatečná metodologická úskalí není v možnostech tohoto policy paperu. Podržíme-li se sluneční a větrné energie, dvou obnovitelných zdrojů s nejvyšším potenciálem v ČR, závisely by energetické výnosy nejen na (a.) lokalitě, (b.) účinnosti výroby a (c.) přírodních podmínkách v daném roce, ale i na (d.) hustotě výkonu na jednom hektaru. V závislosti na hustotě výkonu pak jde pozemní FVE i VTE kombinovat s dalším využitím půdy (např. pěstováním nebo pastvou pod panely a mezi větrnými stožáry, anebo naopak ponechání ekosystémovým funkcím) způsoby, které jsou u biopaliv první generace nepředstavitelné a které by kalkulaci výrazně komplikovaly. Sluneční a větrné elektrárny sice nepotřebují palivo, z nich dosažený čistý energetický zisk by však klesal (e.) s energetickou náročností výroby elektrárny (vč. těžby, zpracování

⁹¹ U hrubé konečné spotřeby jsem vyšel z každoroční statistiky MPO „Podíl obnovitelných zdrojů energie na hrubé konečné spotřebě energie“ pro roky 2012–2020, <https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/statistika/obnovitelne-zdroje-energie/2021/11/Podil-OZE-na-hrube-konecne-spotrebe-energie-2010-2020.pdf>.

⁹² Součin čisté užitečné práce z jednoho hektaru a palivové plochy.



nebo přepravy kovů). Volba materiálů se odrazí nejen na energetických výnosech a nákladech, ale i na (f.) materiálové stopě výroby, kterou není možné do výpočtu zahrnout, ale zároveň ani zcela ignorovat. Zatímco biopaliva jsou nosičem energie, u elektřiny z FVE a VTE to tak není a (g.) energetické náklady na výrobu a provoz dodatečných technologií akumulace by se na bilanci FVE a VTE měla odrazit (zde pozor: náklady akumulace se týkají i biopaliv), stejně jako (h.) ztráty vzniklé na konverzi do nosičů energie a zpátky. Čistá užitečná práce z jednoho hektaru FVE a VTE by pak závisela i na nutně arbitrární (i.) volbě technologie spotřeby. Je otázkou, do jaké míry do výpočtu zahrnout i spotřebu energie při recyklaci výroby po ukončení její životnosti (a jak by tomu bylo u recyklace stavebního materiálu a příp. sanace třeba lihovaru nebo bioplynové stanice).

Znemožňuje složitost výše uvedené úvahy racionální rozhodnutí regulátora o méně nákladných alternativách? Odpověď se může odvíjet od míry pravděpodobnosti, s jakou je v systému možné vykonat větší množství celkové čisté užitečné práce z FVE/VTE než celkové čisté užitečné práce z B1G. Studie zabývající se EROI (energy return on investment) současných obnovitelných zdrojů energie obvykle zohledňují faktory (a.) až (e.) popsané v předchozím odstavci. Přestože se mezi sebou v závislosti na zvolených parametrech liší, společně odhadují, že **FVE během své životnosti vyrobí v průměru 9násobek energie investované do její výroby,⁹³ a VTE během své životnosti vyrobí v průměru 3násobek–18násobek energie investované do její výroby.⁹⁴** To je mnohonásobně víc než u B1G, kde energetické výnosy – jak jsme viděli v oddílu 4 – jen mírně převyšují energetické náklady. I díky vysoké energetické ziskovosti je územní stopa FVE a VTE mnohonásobně nižší než B1G.⁹⁵

Zatímco energetická bilance sledovaných plodin byla **0–20 MWh/ha/rok**, i při zohlednění energie na vstupech je to u FVE přibližně **1 100 MWh/ha/rok** a u VTE (jen stožár) přibližně **7 962 MWh/ha/rok**. U agrivoltaiky, dvojího využití půdy pro výrobu elektřiny a zemědělství, by byl zábor nové půdy prakticky nulový. Pokud by byly tyto obnovitelné zdroje instalovány jen na třetinu plochy, kterou v současnosti zabírají B1G, generovaly by 110 000 GWh elektřiny v případě FVE a téměř 800 000 GWh elektřiny v případě VTE. Významnou část z toho by bezesporu bylo třeba odečíst na ztrátách při přenosu nebo akumulaci. Jak pravděpodobné ale je, že by se při jejich kombinaci současná spotřeba elektrické energie v ČR (73 700 GWh) nepokryla?

Zbývají faktory (f.) až (i.). Víme, že účinnost elektrických motorů a elektrických spotřebičů je relativně vysoká a stále roste, a lze tedy očekávat, že účinnost technologie spotřeby (i.) rozdíl mezi B1G a FVE/VTE výrazně nesníží. O nákladech na systémovou akumulaci a s ní spojenou konverzí bohužel neexistují dostatečná data. Náklady by ostatně závisely na možnostech energetických toků (dostatečná akumulace na úrovni města, státu nebo kontinentu) a volbě technologií akumulace. Náklady akumulace, materiálová náročnost a s tím související environmentální dopady by proto měly být hlavními faktory, na které by se měl regulátor při hledání méně nákladných alternativ B1G zaměřit. Přitom nezapomínat na skutečnost, že FVE a VTE na rozdíl od konvenční zemědělské výroby nediskvalifikují daný půdní blok z polyfunkčních infrastruktur.

⁹³ Marco Rauei a kol. „Energy Return on Energy Invested (ERoEI) for photovoltaic solar systems in regions of moderate insolation: A comprehensive response“, Energy Policy, č. 102, 2017, 377–384, <https://www.nrel.gov/docs/fy17osti/67901.pdf> (udávající EROI 9:1).

⁹⁴ Jingxuan Feng, Lianyong Feng, Jianliang Wang, Carey W.King, „Evaluation of the onshore wind energy potential in mainland China—Based on GIS modeling and EROI analysis.“ Resources, Conservation and Recycling, roč. 152, 2020, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344919303908> (udávající EROI 11:1).

⁹⁵ Pro představu: z roční energie z každého 1 m² řepky ujedou asi 2 km v autě s průměrnou spotřebou nafty 6,5 l/100 km. Z roční energie z každého 1 m² fotovoltaiky ujedou 219 km v elektromobilu s průměrnou spotřebou elektřiny 20 kWh/100 km. Tyto údaje nezohledňují energetické vstupy (vyšší u řepky) a náklady na akumulaci (vyšší u fotovoltaiky) a jsou z dosud nepublikované rešerše Jana Krčála (Fakta o klimatu).



S ohledem na výše uvedené se jeví jako pravděpodobné, že FVE a VTE představují v české krajině méně nákladné alternativy B₁G. Energii z biomasy pro B₁G pěstované na téměř 300 000 hektarech orné půdy by čeští (a evropští) spotřebitelé mohli získat (i po očištění o ztráty při akumulaci) z řádově jednotek tisíců hektarů FVE a VTE. Uvolněná orná půda by mohla být využita pro šetrnější regenerativní zemědělství, anebo ponechána mimoprodukčním funkcím, tolik potřebným pro mitigaci a adaptaci na klimatickou změnu.



Asociace pro mezinárodní otázky (AMO)

AMO je nevládní nezisková organizace založená v roce 1997 za účelem výzkumu a vzdělávání v oblasti mezinárodních vztahů. Tento přední český zahraničně politický think-tank není spjat s žádnou politickou stranou ani ideologií. Svou činností podporuje aktivní přístup k zahraniční politice, poskytuje nestrannou analýzu mezinárodního dění a otevírá prostor k fundované diskusi.



+420 224 813 460



www.amo.cz



info@amo.cz



Žitná 608/27, 110 00 Praha 1



www.facebook.com/AMO.cz



www.twitter.com/amo_cz



www.linkedin.com/company/amocz



www.youtube.com/AMOCz

Martin Abel

Martin Abel (roz. Madej) je analytikem AMO. Vystudoval právo na Univerzitě Karlově a Univerzitě v Oxfordu. Ve spolupráci s Aliancí pro energetickou soběstačnost sleduje nové trendy v energetickém sektoru. Specializuje se na tzv. agrivoltaiku, tedy propojení zemědělství s výrobou elektřiny. Zajímá se ale také o nízkemisní vodík a oběhové hospodářství.



martin.abel@amo.cz

Peer review: Oldřich Sklenář