

RNDr. Ing. Jiří Dobrylovský, Ph.D.
Vysoká škola ekonomie a managementu

Ohrožuje ropný zlom bezpečnost ve světě?

Úvod

Ropa je nejdůležitější světovou energetickou surovinou, její spotřeba neustále roste a kolísání její ceny zásadním způsobem ovlivňuje nejen ekonomiku v globálním i teritoriálním měřítku, ale stejným způsobem též globální i národní bezpečnost. Stačí si uvědomit, že hlavní světová ohniska napětí v posledním desetiletí jsou v převážné většině spojená se zeměmi, vlastníci bohatá ložiska ropy (Irák, Írán, Libye, v současné době Venezuela), a že teroristické útoky ze strany tzv. Islámského státu, vzniklého na Blízkém východě, a jeho exponentů v řadě zemí světa, se stávají takřka každodenní realitou.

Skutečné ohrožení je ale daleko širšího dosahu, jelikož souvisí s komplexem problémů, definovaných energetickou politikou státu. Např. substituce zdrojů energie závislých na ropě/plynu jadernou energií je vždy spojena s otázkou jaderné bezpečnosti. Dále je třeba si uvědomit, jaká nebezpečí by vyplývala z tzv. „black outu“, tedy krátkodobého nebo dokonce dlouhodobého výpadku dodávek elektřiny, ať už by měl jakoukoliv příčinou. Zásadní otázkou, bezprostředně ovlivňující národní bezpečnost ze všech možných hledisek, je tedy otázka dostatku či nedostatku energetických zdrojů, která se koncentruje do problému tzv. ropného zlomu (v anglickém originálu „peak oil“). Až do roku 2014 se pod dojmem neustále rostoucí ceny ropy Brent i WTI zdálo, že disponibilní zásoby ropy se začínají ztenčovat, a že tudíž globální ropný zlom nejen hrozí, ale je i nepříliš vzdálenou perspektivou. Avšak zhroucení ceny ropy o více než 70 % od poloviny roku 2014 do počátku roku 2016 a její udržování na nízké úrovni dodnes, to vše jasně ukázalo, že ropný zlom, hrozí-li vůbec, tak docela jistě nikoliv v blízké době.

Hypotéza ropného zlomu

Navzdory snahám o nalezení vydatného alternativního zdroje energie je zřejmé, že ropa a zemní plyn jsou a zřejmě i nadále zůstanou (zejména po odklonu od jaderné energetiky v řadě zemí) nejdůležitějšími energetickými médii přinejmenším ještě po několik nejbližších desetiletí. Pro Českou republiku jakožto čistého dovozce obou energetických médií z toho vyplývá celá řada rizik, počínaje (ne)spolehlivostí Ukrajiny jako tranzitní země na ropovodech a plynovodech z Ruska, přes stále nevyjasněná rizika související se stavbou nových potrubí Severního proudu 2 a zejména Jižního proudu (u něhož je velmi problematickým článkem Turecko), atd.

Avšak bez ohledu na to, jak úspěšně se ze strany ČR podaří zvládnout diverzifikaci dodávek ropy a plynu, nevyřešenou zůstává obava z okamžiku, kdy těžba ropy (v rámci jednotlivého ložiska, státu, oblasti nebo světa - pro účely této stati je uvažován pouze globální ropný zlom) dosáhne maxima a od něhož produkce ropy vstoupí do fáze poklesu až ke konečnému vyčerpání. Nejde totiž zdaleka jen o energetiku, jež by se vhodnou diverzifikací dokázala hrozbě ropného zlomu vyhnout; klíčový problém spočívá v tom, že, jak je řečeno již v úvodu, ropa je klíčovou

surovinou pro řadu průmyslových odvětví, kde by její náhrada byla velmi složitá a hypotetická diverzifikace zde prakticky nepřipadá v úvahu.

Teorie zabývající se problematikou dlouhodobých předpovědí spotřeby a vyčerpání ropy a dalších fosilních paliv se nazývá Hubbertova teorie ropného vrcholu (Hubbert, 1956). Tato teorie vychází ze dvou Hubbertem formulovaných základních postulátů:

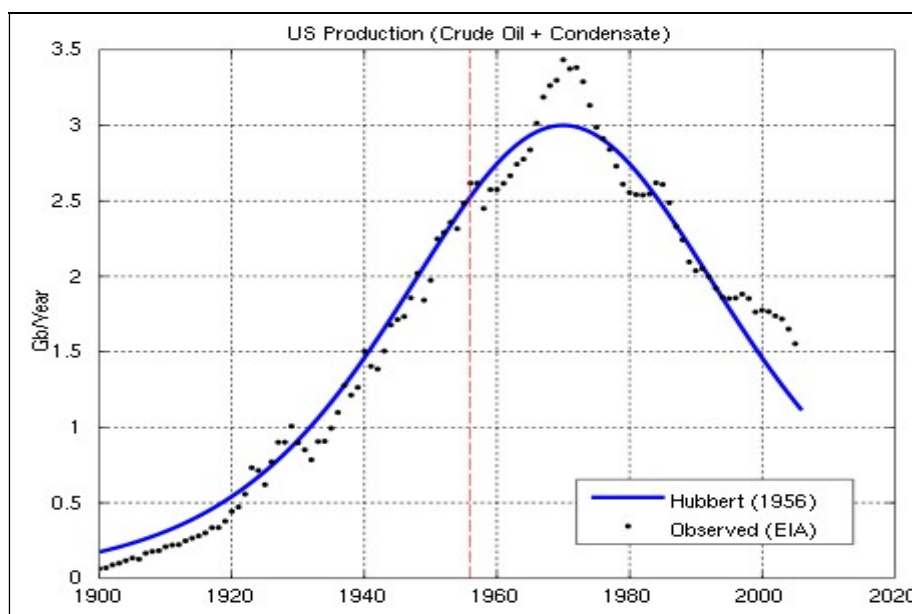
1. Zdroje ropy jsou neobnovitelné.
2. Její těžba v okamžiku, kdy bude vytěžena přibližně polovina světových zásob, musí nevyhnutelně dosáhnout svého vrcholu, po němž začne klesat.

Jinými slovy, podle Hubbertovy teorie by ropy mělo být od určitého okamžiku k dispozici stále méně. Logika je taková, že těžba se vyplatí pouze od určité hodnoty koeficientu EROEI (Energy Returned on Energy Invested, tj. podíl energie získané k energii vložené). Současné nejvýnosnější vrty světa v Saúdské Arábii mají EROEI 10:1. V případě poklesu EROEI pod 1,1:1 ztrácí těžba smysl, stává se nerentabilní.

Že by dosažení globálního ropného vrcholu nepochybně znamenalo globální ekonomickou (ale zdaleka nejen ekonomickou) hrozbu, o tom nemůže být sporu, proto si lze položit otázku, kdy a zda vůbec nám tento ropný zlom opravdu hrozí, anebo zda se jedná jen o jednoho z mnoha moderních strašáků, jako byl v celkem nedávné minulosti fenomén očekávaného počítačového zhroucení s příchodem roku 2000 (problém Y2K) anebo mayský „konec světa“ v prosinci 2012.

Skutečností je, že samotný geolog Marion King Hubbert své teorii významně přidal na věrohodnosti svou neuvěřitelně přesnou předpovědí národního ropného zlomu v USA. Tuto prognózu pro American Petroleum Institute učinil jako geolog zaměstnaný u Royal Dutch Shell v roce 1956, přičemž podle ní měla těžba ropy v USA dosáhnout maxima v roce 1970. Ta skutečně kulminovala v roce 1971 a od té doby neustále klesá (Obr. 1).

Obr. 1: Ropný vrchol v USA



Pramen: S. Foucher, 2007.

Skoro půl století po Hubbertovi definoval Cavallo (2004) vztah pro odvození průběhu Hubbertovy křivky takto:

$$Q(t) = \frac{Q_{\max}}{1 + ae^{-bt}} \quad (1)$$

kde $Q(t)$ je kumulovaná produkce ropy v čase, Q_{\max} je její celkové dostupné množství, a a b jsou konstanty. Ropný vrchol nastane v roce t_{\max} , kdy $Q(t)$ dosáhne jedné poloviny Q_{\max} , a sice podle vztahu:

$$t_{\max} = \frac{1}{b} \ln(a) \quad (2)$$

Skutečností je, že národní ropný zlom mezitím zaznamenaly i mnohé další státy včetně producentů světového významu (vedle již uvedených Spojených států amerických např. Libye, Venezuela, Írán, Norsko aj.), avšak globální ropný zlom zůstává stále v nedohlednu. Je tedy třeba si položit otázku, proč všechny tyto předpovědi, jakkoli byly ve své době vytvářeny na základě seriózní analýzy dostupných údajů, neodpovídají realitě.

Mylné schematické extrapolace

Všechny dosavadní prognózy, včetně té úspěšné Hubbertovy, vycházejí z jednoho zásadního a zdánlivě zcela samozřejmého předpokladu. Je jím předpoklad fosilního původu a v důsledku toho neobnovitelnosti ropných ložisek.

Vzhledem k tomu, že světová ekonomika roste exponenciálně, stejně tak jako počet obyvatel planety, které je třeba uživit a i ze všech ostatních hledisek zabezpečit, je samozřejmé, že exponenciálně roste i spotřeba energetických zdrojů. Má-li být zajištěn stálý disponibilní objem energetických zdrojů i do budoucna, měly by podle této teorie exponenciálně narůstat rovněž známé těžitelné zásoby ropy, zemního plynu atd. A to je ovšem kardinální kámen úrazu, alespoň podle nejrůznějších propagátorů růstových mezí, jejichž ideovým představitelem byl již na počátku 19. století Thomas Robert Malthus a mezi něž můžeme v moderní době zařadit např. zástupce tzv. Římského klubu.

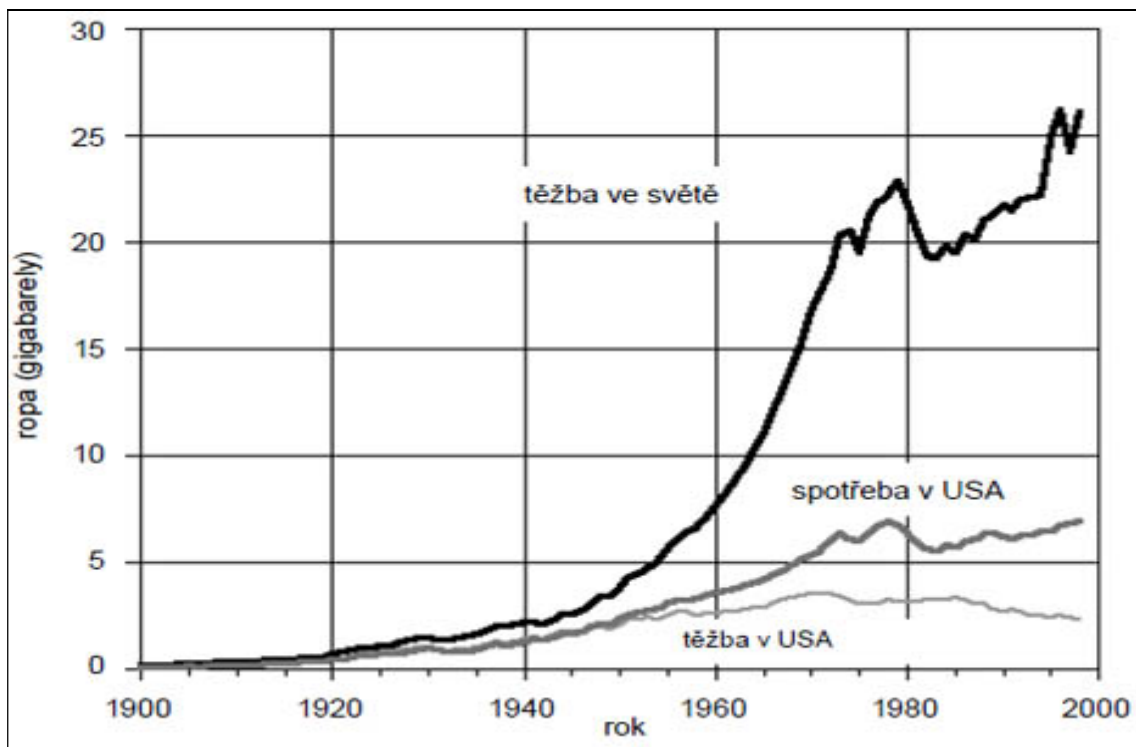
Římský klub jako globální organizace, propagující trvale udržitelný rozvoj a upozorňující na potenciální hrozby neomezeného, exponenciálního hospodářského růstu, vznikl v roce 1968. Jeho kmenovou publikací se od počátku staly tzv. Limits to Growth (Meadows aj., 1972), v nichž se v souvislosti s rostoucí populací a spotřebou energie se zdánlivě nevyvratitelnou malthusiánskou logikou konstatuje, že hrozí přelidnění planety, devastace půdy, zničení deštných lesů, likvidace biodiverzity atd. - a také vyčerpání energetických a surovinových zdrojů civilizace.

Pro účely demonstrace závěrů Římského klubu vytvořili autoři Limits to Growth tzv. model World3, který na základě statistických dat z předchozího vývoje vytváří výhledy do budoucna. Jeho slabinou je, že je sestaven víceméně na principu „jak bylo, tak bude“, pouze s formulací alternativ různé intenzity pokračování dosavadních trendů. Zatímco s většinou výhledů do budoucna lze souhlasit a realita současného světa jim odpovídá (hrozba přelidnění, nedostatek výživy alespoň v některých oblastech, ničení deštných lesů, eroze půdy apod.), v žádném případě nelze

předpoklady modelu World3 použít na oblast technologií, kam patří i těžba a využívání ropy.

Model World3 v otázce ropného vrcholu vychází z předpokladu exponenciálního růstu těžby/spotřeby s ročním přírůstkem 3,5 %. To je předpoklad poměrně dobře korespondující trendům v letech 1900-1972 (rok vydání Limits to Growth), kdy se průměrný meziroční nárůst těžby/spotřeby ropy pohyboval okolo 3,9 % a křivka nárůstu těžby byla opravdu exponenciální, jak ukazuje obr. 2:

Obr. 2: Těžba ropy ve světě v letech 1900 - 2000



Pramen: Kohout, 2009.

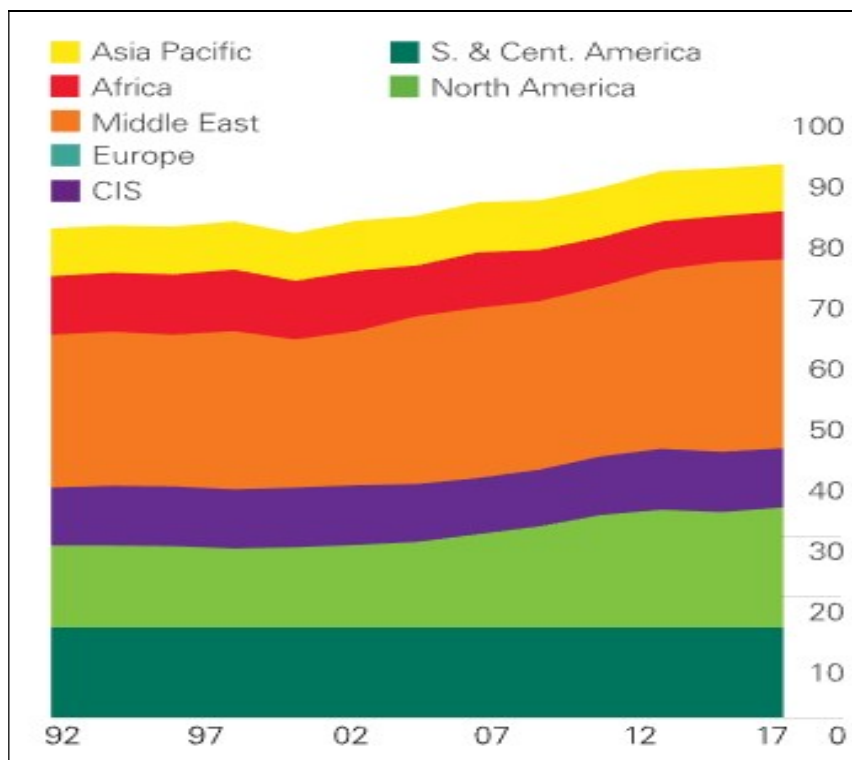
Problém však nastal hned rok po vydání Mezí růstu, kdy propukla tzv. Jomkipurská válka a v důsledku ní nastala první ropná krize. V následujících desetiletích se pak sice růst těžby/spotřeby ropy opět obnovil, avšak již nikoliv exponenciálně.

Přestože od vydání Mezí růstu uběhlo již skoro půl století, tehdy vyhlašovaná hrozba vyčerpání zdrojů se nejen nedostavila, ale stal se pravý opak, poněvadž celé dříve zaostalé obrovské zóny na Zemi se mezitím staly ekonomickými tahouny. Důvod? Byl objasněn v další publikaci světového významu „Beyond the Limits“ (Meadows aj., 1992). V ní se mimo jiné tvrdí, že „Během stejného období (1970-1990) však byla objevena nová naleziště ropy, uhlí a zemního plynu. Z toho důvodu, ačkoliv intenzita spotřeby fosilních paliv je v současnosti vyšší, než v roce 1970, vzrostl poměr známých zásob k těžbě jak pro ropu, tak pro zemní plyn“ (Meadows, 1992, s. 92).

Jinými slovy, na katastrofických vizích Limits to Growth z roku 1972 není v zásadě třeba nic měnit, ty se díky moderním formám prospekce a nově

objevovaným a otevíraným ložiskům pouze posouvají o něco dále do nepříliš vzdálené budoucnosti. Je to ale skutečně opodstatněný závěr? Náznak řešení nám nabízí křivka nárůstu těžby ropy od tzv. třetího ropného šoku v souvislosti s „válkou v Zálivu“ v roce 1990. Ta je totiž na rozdíl od někdejšího exponenciálního průběhu celkem zřetelně konkávní, jak je patrné z obr. 3:

Obr. 3: Těžba ropy ve světě po r. 1990 (miliony barelů denně)

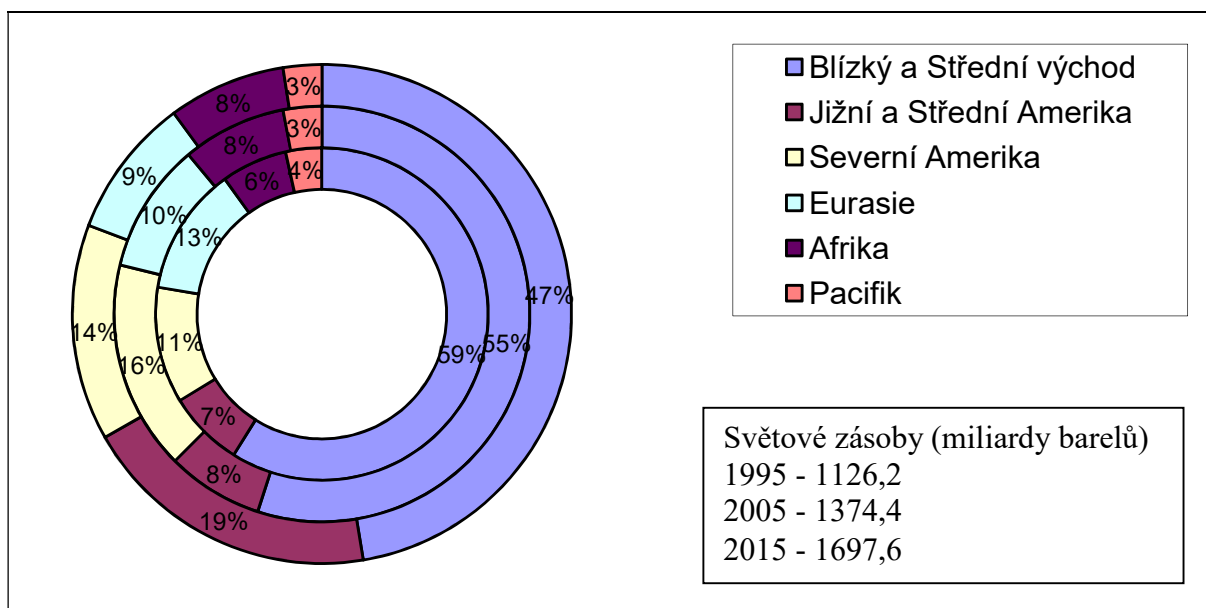


Pramen: BP, 2016.

Nepochybným paradoxem je, že v současné době je k dispozici (čímž se rozumí v současnosti těžená plus sice netěžená, ale známá a ekonomicky využitelná ložiska) ještě daleko více ropy, než před rokem 1990, a to nejen z hlediska absolutního objemu, ale dokonce i relativně, po zohlednění neustále narůstající celosvětové spotřeby.

V roce 1989 byly známy zásoby ropy na 41 let při spotřebě roku 1989 (Meadows, 1992, s. 92), jež činila 66,3 milionu barelů denně. Naproti tomu v roce 2015 podle statistik British Petroleum (BP Statistical Review of World Energy, 2016) se světové zásoby ropy odhadovaly na 1,697 bilionu barelů, což by při spotřebě roku 2015 (cca 91,3 milionů barelů denně) stačilo na 50 let. Mezitím se ovšem stále objevují další a další ložiska, resp. zvyšují odhady těžitelných kapacit, např. v šelfech Severního ledového oceánu, v Austrálii, u Madagaskaru a jinde (viz obr. 4). Podobná situace jako u ropy je přitom i u zemního plynu, nemluvě o tom, že do stadia technologické realizace začínají vstupovat i takové netradiční (avšak stále na bázi lehkých uhlovodíků založené) zdroje, jako je např. metanhydrát ze dna oceánských pánví.

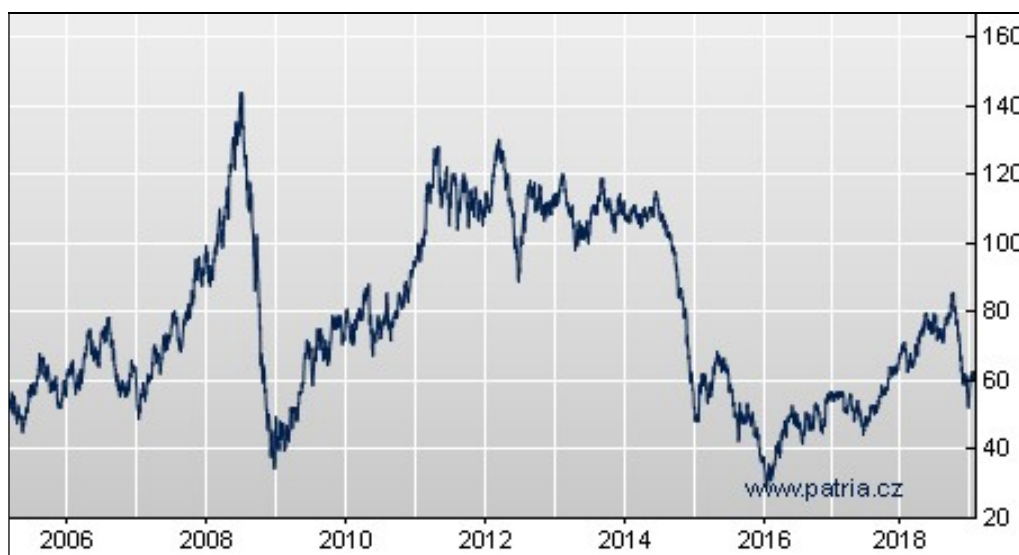
Obr. 4: Prokázané zásoby ropy podle regionů v letech 1995, 2005 a 2015



Zdroj: BP, 2016.

Taková je situace, pokud jde o světové zásoby, ale jaká je situace cenová? Ještě před pár lety by se dalo na základě cenového vývoje tvrdit, že v dlouhodobém horizontu trvale rostoucí cena ropy (a zemního plynu) je dostatečným důkazem toho, že oba energetické zdroje se stávají čím dál vzácnějšími, čímž dochází ke stále větší disproporcii mezi nabídkou a poptávkou. Jestliže by tomu tak bylo, proč se ale potom cena ropy v roce 2014 zhroutila a od té doby sice kolísá, ale při daleko nižších cenách (viz obr. 5), když poptávka po ropě v žádném případě neklesá?

Obr. 5: Cena ropy Brent v letech 2005-2019



Pramen: Patria.cz, 2019.

Sporný původ ropy

Vysvětlení tohoto zdánlivě nepochopitelného jevu může spočívat v ničím nepotvrzeném předpokladu, že ropa je fosilním a tedy neobnovitelným zdrojem energie.

Ropa, obecně vzato, je směsí kapalných uhlovodíků, převážně alkanů. Od počátku vědeckého zkoumání této kapaliny přitom mezi sebou soupeří dvě hypotézy vzniku. První, chemická resp. abiotická, podle níž je ropa produktem chemických procesů v matečných horninách, byla dlouhou dobu preferována. Jejím zastáncem byl mimo jiné i Dmitrij Mendělejev (1877). V 20. století pak na řadu desetiletí převládla hypotéza biogenní, tvrdící, že ropa vznikla hlubinnou metamorfózou odumřelého mořského planktonu (zatímco uhlí vzniklo ze suchozemské vegetace). Biogenní hypotéza však nikdy nebyla přijímána bezvýhradně, poněvadž např. nedokázala vysvětlit, proč se ložiska ropy vyskytují i v hloubkách pod 10 km, a proto se v posledním půlstoletí začíná opět, a to stále silněji, hlásit hypotéza chemická.

Např. Sir Robert Robinson (1966) došel k závěru, že ropa obsahuje daleko více vodíku a oxiduje méně, než je to možné u biologicky vzniklé látky.

Thomas Gold z Cornellovy univerzity uveřejnil článek *The Deep Hot Biosphere* (1992), v němž obhajuje abiotickou tvorbu ropy ve spodních vrstvách litosféry, v hloubkách okolo 200 kilometrů, z uhlovodíků, jež jsou od prvotní akrece Země uloženy v hlubinách planety a trvale proudí vzhůru, v důsledku čehož průběžně vznikající ropa nejenže zaplňuje dutiny pod zemským povrchem, ale dokonce doplňuje i již těžená ložiska, což bylo mezitím v řadě případů empiricky potvrzeno. Jinými slovy, ropa je neomezený a neubývající zdroj. Tuto myšlenku Gold o několik let později (1999) dále rozvinul v publikaci o stejném názvu jako uvedený článek.

Na prahu 21. století se J. Kenneymu podařilo vytvořit ropu v laboratorních podmínkách anorganickou cestou. Kenney (2002): „V přírodě z termodynamických důvodů nemohou vznikat složité uhlovodíkové směsi, a tím také ropa, ze silně oxidovaných uhlovodíkových sloučenin, z nichž sestávají zemřelí tvorové. Naproti tomu se může ropa spontánně tvořit z jednoduchých uhlovodíků (metan) při vysokých tlacích a teplotách“.

Tvrzení Kenneyho podporuje fakt, že se dodnes přes všechny snahy nepodařilo ropu laboratorně vyrobit z rostlinného materiálu (fytoplanktonu). Tzv. bionafta nebo též „zelená“ nafta, kapalina na bázi metylesterů, má úplně jiné složení, než přírodní ropa, která je, jak bylo řečeno výše, směsí alkanů; z tohoto důvodu také není možná plná substituce motorové nafty bionaftou, bionaftu je možné do motorové nafty pouze přidávat v objemech v řádu jednotek procent, jinak hrozí zničení motoru.

Odpověď na otázku, kde se neorganický metan v zemských hlubinách vzal, poskytuje jednak kosmonautika (která odhalila obří jezera nebiologického metanu na Saturnově měsíci Titanu), jednak astronomie, jež jednoduché i složitější uhlovodíky detekovala i v mezihvězdných molekulových mračnecích, a rovněž pozemská oceánografie, která na dně oceánských pánví objevila obrovské zásoby tzv. metanhydrátu ($\text{CH}_4 \times 5,75 \text{H}_2\text{O}$), jenž uniká ze zemských hlubin a na dně moří krystalizuje. Jinými slovy, vesmír je jednoduchých uhlovodíků plný (vodík je nejrozšířenější a uhlík čtvrtý nejrozšířenější prvek ve vesmíru), a při vhodných

podmínkách, jaké existují v hlubinách pozemské litosféry, se z nich může ropa vytvářet přirozenou cestou.

Závěr

Bez ohledu na to, zda se v budoucnu potvrdí chemická či biogenní hypotéza vzniku ropy, je zřejmé, že pozemská ekonomika se vyčerpání tohoto energetického zdroje nemusí obávat. V případě biologickou cestou vznikající ropy by sice dříve či později k ropnému zlomu došlo, ale vzhledem k dnes známým ložiskům ropy a novým technologiím její těžby (hydraulické štěpení, rafinace ropných písků aj.) to v žádném případě nenastane dřív, než v roce 2070. Do té doby však bude ropa jako nejdůležitější energetické médium nepochybně dávno nahrazena.

Do značné míry k tomu dochází již nyní (jak ukazuje obr. 3), poněvadž růst spotřeby ropy probíhá daleko pomalejšími tempy, než by odpovídalo obrovské hospodářské expanzi Číny a dalších zemí. Proč tomu tak je, nelze objasnit v několika větách, ale je zřejmé, že základní příčiny lze spatřovat ve zvyšující se efektivnosti využití ropy a výrobků z ní (např. klesající spotřeba paliva u automobilů), a dále v substituci ropy jakožto energetické suroviny jinými zdroji energie (sluneční energie, vítr, v Číně i jinde dramatický vzestup využívání energie atomového jádra). Křivka těžby ropy tak daleko spíše odpovídá měnícímu se typu výnosů na produkční funkci, kde se až do 70. let minulého století, kdy byla čerpána nejsnadněji dostupná ložiska, z nichž ropa tekla skoro sama, uplatňovaly výnosy rostoucí, nicméně s nutností přechodu k hůře využitelným ložiskům se začaly prosazovat výnosy klesající.

V případě abiotické ropy a zemního plynu se žádného ropného zlomu v sebedelší budoucnosti nemusíme bát už vůbec. V takovém případě nedojde k žádné zlomové katastrofě, po níž by se světová ekonomika rázem a se všemi neodhadnutelnými bezpečnostními riziky zhroutila, mohli bychom očekávat nanejvýš jen další uplatňování zákona klesajících výnosů, v jehož důsledku se ropa i zemní plyn budou od jisté doby stávat stále obtížněji těžitelnými energetickými zdroji, až se jednoho dne jejich další využívání přestane vyplácet a dojde k jejich přirozené náhradě zdroji jinými - ať už tu náhradu bude představovat fúze těžkého vodíku, využívání vodíku metalického nebo cokoliv jiného.

Z čehož vyplývá, že zkázy civilizace kvůli nedostatku ropy se bát nemusíme (na rozdíl od jiných civilizačních hrozeb).

Použité zdroje

BP Statistical Review of World Energy, 6/2016.

<http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/statistical-review-2016/bp-statistical-review-of-world-energy-2016-full-report.pdf>.

CAVALLO, A. J. (2004). *Hubbert's Petroleum Production Model: An Evaluation and Implications for World Oil Production Forecasts*. Natural Resources Research, sv. 13, s. 211-221.

FOUCHER, S. (2007). *Hubbert US high*. Commons wikimedia. Dostupné z: https://cs.m.wikipedia.org/wiki/Soubor:Hubbert_US_high.svg.

GOLD, T. (1992). *The Deep Hot Biosphere*. In: Proceedings of the National Academy of Sciences, U.S.A., s. 6045-6049.

- GOLD, T. (1999). *The Deep Hot Biosphere*. New York: Springer.
- HUBBERT, M. K. (1956). *Nuclear Energy and the Fossil Fuels*. San Antonio: American Petroleum Institute.
- KENNEY, J. F., et al. (2002). *The thermodynamic stability of the hydrogen-carbon system: The genesis of hydrocarbons and the origin of petroleum*. In: Proceedings of the National Academy of Sciences, U.S.A., s. 10976-10981.
- KOHOUT, P. (2009). *Finance po krizi*. Praha: Grada Publishing.
- MEADOWS, D. H., Meadows, D. L., Randers, J., Behrens, W. W. (1972). *Limits to Growth: A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind*. New York: Universe Books.
- MEADOWS, D. H.; MEADOWS, D. L.; RANDERS, J. (1995). *Překročení mezí*. Praha: Argo.
- MENDĚLEJEV, D. I. (1877). *L'Origine du petrole*. In: La Revue Scientifique, France, s. 409-416.
- NOVOTNÝ, J. (2011). *Ropný vrchol: Mýtus, nebo tvrdá realita?* Investiční web: <http://www.investicniweb.cz/fx-komodity/komodity/2011/2/18/ropny-vrchol-oil-peak-mytus-nebo-tvrda-realita/>
- PATRIA.CZ. <https://www.patria.cz/komodity/energie/IPE+BRENT/ropa-brent.html>.
- ROBINSON, R. (1966). *The Origins of Petroleum*. Nature, s. 212.
<https://www.patria.cz/komodity/energie/IPE+BRENT/ropa-brent.html>.

RESUMÉ

Ropa je nejdůležitějším zdrojem energie na světě a je klíčovým materiálem pro chemický průmysl a dopravu. Velikost ropných zdrojů není známa, nová ložiska jsou neustále objevována, avšak hrozící vyčerpání ropy je nepochybně jednou z nejvýznamnějších globálních bezpečnostních hrozeb. Tato hrozba se nazývá ropný zlom. Naléhavost této hrozby závisí na tom, zda je ropa obnovitelným či neobnovitelným zdrojem. Na rozřešení této otázky závisí energetická a ekonomická bezpečnost civilizace v následujících desetiletích.

Klíčová slova: Hubbertova teorie, meze růstu, ropa, ropný zlom, uhlovodíky.

SUMMARY

DOBRYLOVSKÝ, Jiří: DOES THE OIL PEAK THREATEN THE SAFETY OF THE WORLD?

Petroleum is the world's most important energy source and it is a key material for the chemical industry and transportation. The size of oil sources is unknown, new sources are constantly being discovered, but the threat of exhaustion of the oil sources is definitely one of the most important global safety threats. This threat is called peak oil. The urgency of this threat depends on the question whether oil is a renewable or a non-renewable source. The economic and energetic safety of civilization in the following decades depends on this issue.

Key words: Hubbert's theory, growth limits, oil, peak oil, hydrocarbons.

