

**Univerzita Hradec Králové**  
**Přírodovědecká fakulta**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Univerzita Hradec Králové**  
**Přírodovědecká fakulta**  
**Katedra matematiky**

**Ropa – „krev ekonomiky“**

**Bakalářská práce**

Autor: Ondřej Eigl  
Studijní program: B1103 Aplikovaná matematika  
Studijní obor: Finanční a pojistná matematika  
  
Vedoucí práce: Ing. Pavel Hanuš

# Univerzita Hradec Králové

## Přírodovědecká fakulta

### Zadání bakalářské práce

<b>Autor:</b>	<b>Ondřej Eigl</b>
Studijní program:	B1103 Aplikovaná matematika
Studijní obor:	Finanční a pojistná matematika
Název práce:	Ropa – „krev ekonomiky“
Název práce v AJ:	Oil – “blood of the economy“
Cíl a metody práce:	Práce má seznámit s jednou z nejvýznamnějších nerostných surovin, čímž beze sporu ropa je, kterou kdy lidstvo objevilo. Ropa v sobě zahrnuje bohaté využití globálních rozměrů, které v historii lidstva nemají obdoby. V této práci jsou rozebrány potencionální hrozby, které s sebou těžba ropy přináší a její negativní vliv na společnost. Je též poukázáno na důležitost přítomnosti ropy v ekonomice a vzájemné ovlivňování. Cílem je vytvořit přehled o významné nerostné surovině, která je pro lidstvo a její budoucnost velmi důležitá.
Garantující pracoviště:	Katedra matematiky Přírodovědecké fakulty UHK
Vedoucí práce:	Ing. Pavel Hanuš
Oponent:	doc. RNDr. Jaroslav Seibert, CSc.
Datum zadání práce:	15. 3. 2014
Datum odevzdání práce:	2. 11. 2015

## **Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně, a že jsem v seznamu použité literatury uvedl všechny prameny, z kterých jsem vycházel.

V Hradci Králové dne

Jméno a příjmení

## **Poděkování:**

Rád bych touto cestou vyjádřil poděkování Ing. Pavlu Hanušovi za poskytnutí cenných rad, připomínek, odborné pomoci a trpělivosti při vedení mé bakalářské práce. Rovněž bych chtěl poděkovat mé rodině, která mě plně podporovala po celou dobu studia.

V Hradci Králové dne

Jméno a příjmení

## **Anotace**

EIGL, O. *Ropa – „krev ekonomiky“*. Hradec Králové, 2015. Bakalářská práce na Přírodovědecké fakultě Univerzity Hradec Králové. Vedoucí bakalářské práce Ing. Pavel Hanuš. 63 s.

Předmětem této bakalářské práce je vymezení vlivu ropy na ekonomiku s ohledem na každodenní život, zabývá se důsledky definitivního vytěžení této strategické nerostné suroviny. Práce je rozdělena do dvou částí. Teoretická část charakterizuje vznik ropy, vlastnosti a význam, objevení ropy, těžba, zpracování a využití nerostné suroviny s ohledem na ekonomiku. Praktická část analyzuje Hubbertovu teorii ropného vrcholu a ukazuje konkrétní případ využití časových řad, bude využito matematických výpočtů. Cílem práce je zdůraznění podstatného zdroje veškeré průmyslové výroby s ohledem na dopad ekonomický i ekologický.

### **Klíčová slova**

ropa, ekonomika, vliv, společnost, hospodaření, průmysl, ekologie

## **Annotation**

EIGL, O. *Oil – “blood of the economy”*. Hradec Králové, 2015. Bachelor Thesis at Faculty of Science University of Hradec Králové. Thesis Supervisor Ing. Pavel Hanuš. 63 p.

The subject of this work is demarcation of the influence of oil on the economy with regard to everyday life, dealing with the consequences of the final extraction of strategic mineral resources. The work is divided into two parts. The theoretical part describes the emergence of oil, properties and importance, the discovery of oil, mining, processing and utilization of mineral resources with regard to economy. The practical part analyzes the Hubbert's theory of oil peak and shows the specific case of the use of time series, that will be used for mathematical calculations. The aim of the work is to emphasize the substantial resource of all industrial production with regard to economic and ecological.

### **Keywords**

oil, economy, influence, society, management, industry, ecology

# Obsah

Seznam obrázků.....	10
Seznam tabulek.....	11
Seznam grafů .....	12
Úvod .....	13
1 Vznik ropy .....	15
1.1 Slovo a jeho původ .....	15
1.2 Historie ropného zázraku .....	17
1.3 Typy ropy.....	17
1.4 Průzkum a těžba ropy .....	18
1.4.1 Druhy ropných vrtů .....	20
2 Význam ropy .....	22
2.1 Zpracování ropy .....	22
2.2 Složení ropy .....	23
2.3 Druhy ropy .....	24
2.4 Energetická návratnost (ERoEI) .....	25
2.5 Životní prostředí .....	27
3 Ropa a ekonomika .....	28
3.1 Cena ropy .....	28
3.2 Obchod s ropou .....	29
3.3 Daně a jejich dopady.....	30
3.4 Proč byla ropa tak levná? .....	31
3.5 Výhled do budoucnosti .....	31
4 Budoucnost ropy.....	35
4.1 Produkce a spotřeba ropy v číslech.....	35
4.2 Zásoby ropy .....	39
4.3 OPEC – organizace zemí vyvážejících ropu.....	42
4.4 Dostupnost ropy .....	43
4.5 Konvenční a nekonvenční ropné zdroje.....	44
5 Marion King Hubbert a jeho teorie ropného vrcholu .....	46



5.1	Ropný zlom.....	46
5.2	Hubbertova křivka .....	48
6	Predikce .....	51
6.1	Cena ropy .....	51
6.2	Těžba ropy .....	54
6.3	Spotřeba ropy .....	57
	Závěr.....	61
	Seznam použité literatury .....	62

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Mapa prokázaných světových zásob ropy .....	15
Obrázek 2: Mapa hlavních oblastí s výskytem ropy .....	16
Obrázek 3: Primární způsob těžby ropy – kozlíkové hlubinné čerpadlo.....	19
Obrázek 4: Primární způsob těžby ropy .....	19
Obrázek 5: Sekundární způsob těžby ropy .....	20
Obrázek 6: Koncepty těžebních systémů ropy pro moře.....	21
Obrázek 7: Model molekuly Oktanu ve 3D .....	23

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Energetická návratnost (ERoEI) pro různé druhy surovin .....	26
Tabulka 2: Ceny ropy v letech 1861–2014 (v amerických dolarech za barel) .....	32
Tabulka 3: Těžba ropy (v tisících barelů denně) .....	36
Tabulka 4: Spotřeba ropy (v tisících barelů denně) .....	38
Tabulka 5: Ověřené zásoby ropy (v miliardách barelů) .....	40
Tabulka 6: Predikce ceny ropy pro následujících dvacet let (v amerických dolarech za barel) .....	53
Tabulka 7: Predikce celosvětové těžby ropy pro následujících dvacet let (v tisících barelů denně) .....	56
Tabulka 8: Predikce celosvětové spotřeby ropy pro následujících dvacet let (v tisících barelů denně) .....	59

## Seznam grafů

Graf 1: Ceny ropy v letech 1861–2014 (v amerických dolarech za barel).....	34
Graf 2: Těžba ropy (v tisících barelů denně).....	37
Graf 3: Celkový podíl na těžbě ropy v roce 2014.....	37
Graf 4: Spotřeba ropy (v tisících barelů denně) .....	38
Graf 5: Celkový podíl na spotřebě ropy v roce 2014 .....	39
Graf 6: Ověřené zásoby ropy (v miliardách barelů).....	41
Graf 7: Celkový podíl na ověřených zásobách ropy v roce 2014.....	41
Graf 8: Celosvětová těžba ropy (v tisících barelů denně) .....	49
Graf 9: Vývoj Hubbertovy křivky pro celosvětovou těžbu ropy (v tisících barelů denně) .....	49
Graf 10: Predikce ceny ropy pro následujících dvacet let (v amerických dolarech za barel).....	54
Graf 11: Predikce celosvětové těžby ropy pro následujících dvacet let (v tisících barelů denně) .....	57
Graf 12: Predikce celosvětové spotřeby ropy pro následujících dvacet let (v tisících barelů denně) .....	60

# Úvod

Ropa spolu se zemním plynem tvoří dnes více než 65 % energetické spotřeby planety. Samotná ropa přes 40 % a v dohledné budoucnosti ji nelze nahradit jinými zdroji. Obnovitelné alternativní zdroje (jádro, slunce, vítr, voda atd.) jakkoli kontroverzní, nejsou prozatím ani technicky, ani ekonomicky schopny takového manévru. Ropa je víc než jen pouhá surovina. V jednom litru ropy je ukryto tolik energie, kolik člověk vlastní prací vyrobí za patnáct dní. Ropa je typický neobnovitelný zdroj, kolem kterého se točí obrovské množství peněz. Je patrně vůbec nejcenější přírodní zdroj jaký jsme objevili.

Z éry levné a všeobecně snadno dostupné energie vstupujeme do éry drahé a velmi obtížně dostupné energie. Ani jeden z padesáti, ba ani jeden ze sta lidí v téhle zemi nemá poněti o potížích, které na nás podle všeho čekají. Rostoucí nezaměstnanost, platební neschopnost, chudoba a hlad, to jsou jevy provázející zhroucení společenského systému. Ropa není totéž co obilí, nesklízíme ji každý rok na poli. Ropa je výsledek mnoha miliónů let geologické historie. Sice se otevírají i nová naleziště, ale i když tento proces prodlužuje predikovaný časový horizont vyčerpanosti, je zřejmé, že v průběhu několika (čtyř až šesti) dekad<sup>1</sup> dojde k vyčerpání dnes známých zásob (cca 1,7 biliónů barelů<sup>2</sup>). Doslova plýtváme energií a budeme v tom pokračovat tak dlouho, dokud my budeme tak bohatí a energie tak levná. 70 % vytěžené ropy se promění v palivo pohánějící motory osobních i nákladních automobilů, letadel, vlaků a lodí. Z ropy pochází celých 98 % veškeré energie využití v dopravě. Látky, které získáváme z ropy během jejího zpracování, tvoří základní kameny celé řady průmyslových odvětví, chemickým počínaje a farmaceutickým konče. Z plastů se vyrábějí milióny věcí.

Ropa přitahuje válku a vždy se s ní spojovala, kvůli ropě války začínají. Stále více ropy pochází ze stále nestabilnějších a stále nebezpečnějších oblastí. Z míst, která v první řadě lákají a vybízejí k těžbě ropy. Ropa válku živí, urychluje vzplanutí válečného konfliktu a ten pak ještě prodlužuje a zintenzivňuje. Není to vůbec hezký

---

<sup>1</sup> jedna dekáda je perioda deseti let

<sup>2</sup> jeden barel (bbl) je úměrný 159 litrů

obrázek. Konec konců existují pouze dvě možnosti, tou první je militarizace<sup>3</sup> získávání ropy, což znamená vysvětlit lidem, že pokud chtějí lít do nádrží svých automobilů benzín a plýtvat energií, tak jak to dělali dosud, ženou se do nepřetržitého válčení. Druhou možností je začít se připravovat na to, co musí nevyhnutelně přijít, tedy konec éry levné ropy a investovat do alternativních technologií výroby energie, které jsou čistší, bezpečnější a nemají tak negativní dopad na politické a společenské uspořádání v zemích odkud se ropa vyváží.

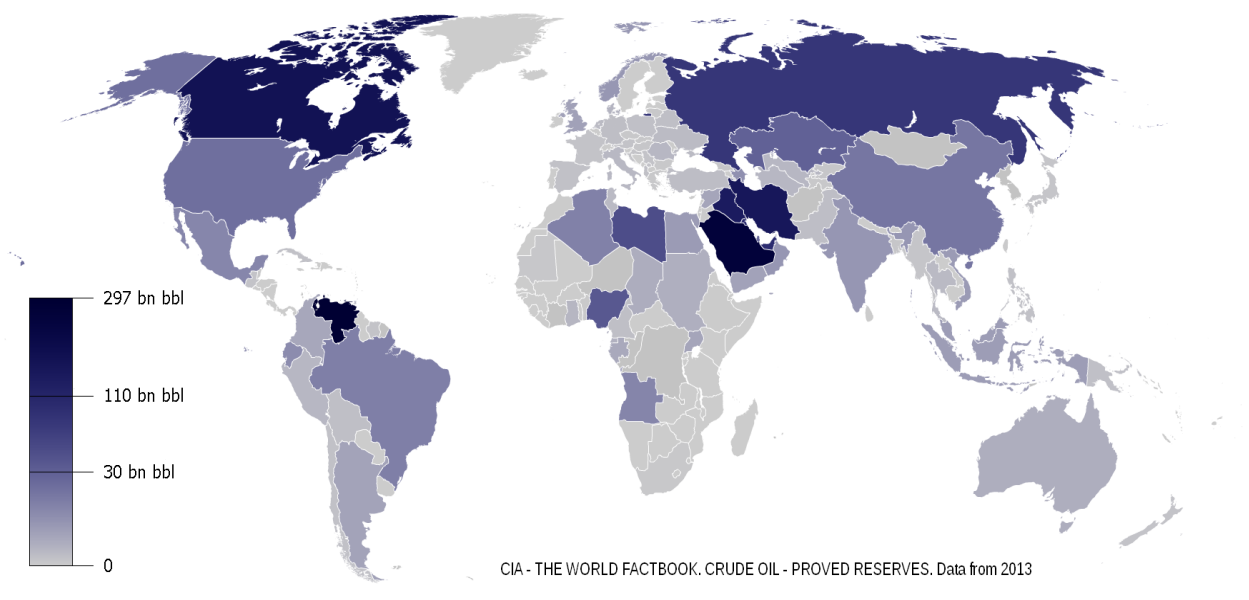
Celé jedno století jsme se ani na vteřinu nezamysleli nad tím, jestli jsme vůbec schopni ropu a zemní plyn něčím nahradit. Celosvětová spotřeba ropy se pohybuje někde mezi 30 až 35 miliardami barelů ročně a roste alarmujícím tempem. Naše spotřeba je tak obrovská, že si nedovedeme představit nic, co by ropu mohlo nahradit. Ropa je tak levná a tak snadno dostupná surovina, že člověk zkrátka podlehl pokušení využít ji k nastolení neudržitelného životního stylu.

---

<sup>3</sup> militarizace je posilování vojenské složky v zemi, přizpůsobení např. ekonomiky potřebám války

# 1 Vznik ropy

Celosvětové zásoby ropy vznikly ve dvou krátkých časových úsecích za extrémního globálního oteplení před 90 a 150 milióny let. Zvířata a rostliny, které uhynuly v oceánu, byla přikryta písečnými nánosy, pod nimiž zůstala ležet celé věky a za vysokých tlaků a teplot se v jakési obrovské přírodní kuchyni proměnila v ropu. K „uvaření“ ropy jsou zapotřebí miliony let. Ropa vznikla chemickou reakcí v organickém materiálu pohřbeném kolem 2000 km pod zemským povrchem. Došlo k tomu jen dvakrát v průběhu dvou geologických období a my tuhle surovinu využíváme teprve jedno nebo dvě století. [12]



*Obrázek 1: Mapa prokázaných světových zásob ropy*

*Zdroj: Vítejte na Zemi...: multimediální ročenka životního prostředí [online]. 2013 [cit. 2015-11-12]. Dostupné z: [http://vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=tezba\\_a\\_spotreba\\_ropy&site=doprava](http://vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=tezba_a_spotreba_ropy&site=doprava)*

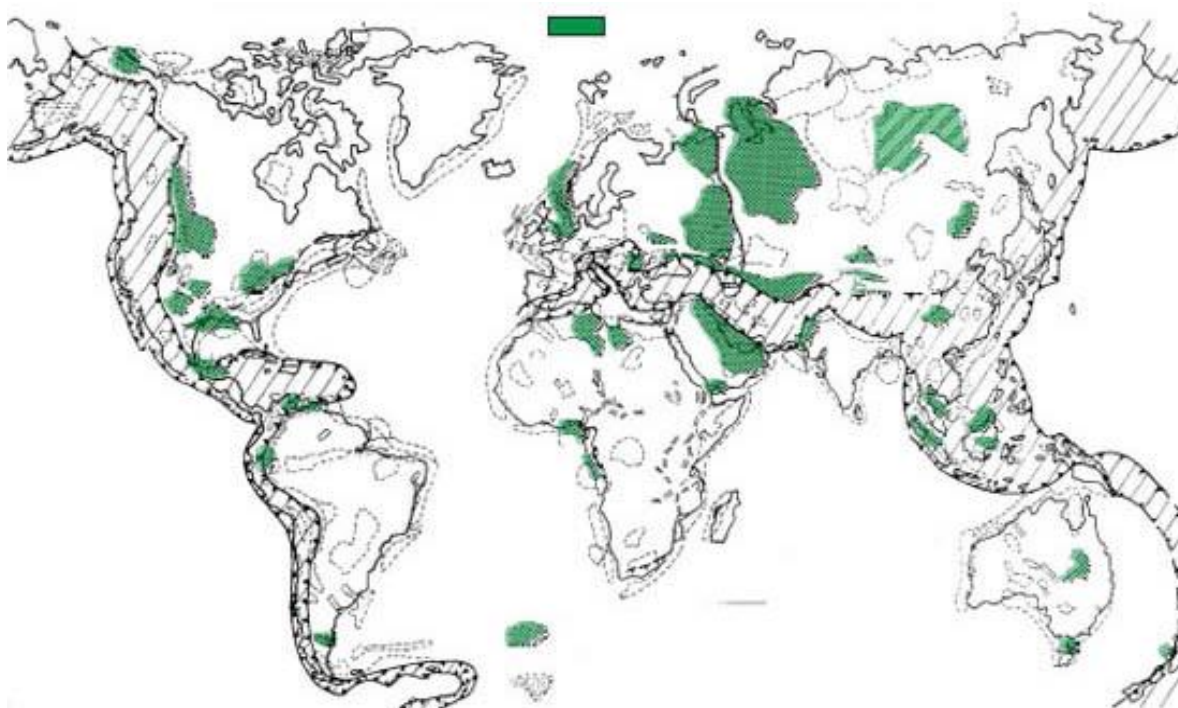
## 1.1 Slovo a jeho původ

V češtině mluvíme o ropě, když potřebujeme označit surovinu, a o naftě jako o produktu, který vzniká po zpracování v rafinerii.<sup>4</sup> Původ slova „nafta“ se dá vysledovat do některého staroíránského jazyka, kde znamená něco jako „kapalina“ či „hustá kapalina“. Jde o prastaré slovo, které se do češtiny dostalo nejspíše přes ruštinu,

<sup>4</sup> rafinerie je petrochemický závod, kde se ropa čistí, pomocí destilace dělí na různé frakce podle teploty varu a dále zpracovává

anebo přímo z ropné oblasti okolo Baku. Původ slova „ropa“ je nejisté. Na Podkarpatské Rusi a v Rumunsku bylo používáno pro označení solanky<sup>5</sup> čerpané ze studní a vrtů, ze které se vyráběla sůl. Je možné, že hustá kapalina – ropa – se solance podobala právě tím, že byla získávána z vrtů. [4]

V angličtině se ropa často i nafta zkráceně označují slovem „crude oil“ či jednoduše „oil“, tedy olej. Je to z toho důvodu, že první ropa byla používána především jako mazadlo, protože spalovací motory ještě neexistovaly. Starším synonymem slova „oil“ je „petroleum“, kde první část slova znamená skálu či horninu a oleum je olej. Antické „petroleum“ je doslova zemní olej. Druhé velké původní použití ropných produktů bylo na svícení a z té doby pochází evropské i české slovo petrolej. Společnosti těžící a zpracovávající ropu se do češtiny překládají jako ropné, naftařské, olejářské nebo petrolejářské. Konveční ropa je ta, která teče z běžných ropných ložisek. Nekonvenční ropa se získává z jiných typů surovin, např. z černých břidlic nebo ropných písků. [4]



*Obrázek 2: Mapa hlavních oblastí s výskytem ropy*

Zdroj: *Petroleum.cz* [online]. 2015 [cit. 2015-06-15]. Dostupné z: <http://petroleum.cz/ropa/vyskyt-ropy-soucasnost.aspx>

<sup>5</sup> solanka je roztok anorganické soli, obvykle chloridu sodného, ve vodě



## 1.2 Historie ropného zázraku

V místech, kde ropa prosakovala na zemský povrch, byla lidstvu známa již po mnoho tisíc let. Avšak její využití bylo minimální a pravděpodobně nesloužila jako zdroj energie. Využívána byla například jako přísada do stavebních materiálů ve staré Sýrii, ale také jako laxativum<sup>6</sup> pro léčení zažívacích potíží v římských dobách. Na ropu se občas naráželo při vrtání studen a v těchto souvislostech to určitě nebyl vítaný výsledek. První vrt za účelem získat naftu pro komerční využití byl zorganizován a úspěšně uskutečněn kapitánem Edwinem Drakem v Titusville v Pensylvánii. První barely ropy byly vytěženy 27. srpna 1859 z hloubky 21 metrů. Tímto dnem začíná ropný věk. Barel se prodával za tehdejších 75 amerických centů. Již v roce 1866 musel však Drake vyhlásit bankrot. Konkurence byla již tenkrát veliká. Na jeho podnikání navázal v Pensylvánii a Ohio John D. Rockefeller. Jeho firma Standard Oil se později stala synonymem nového věku firemních predátorů. Rychle směřovala k získání světového monopolu, a to za použití všech prostředků včetně mezinárodní korupce, zastrasování a průmyslové špionáže. Část tohoto dědictví v sobě nese světový ropný průmysl dodnes. [11]

V pionýrských ropných dobách byly jediným ukazatelem přítomnosti ropy pod zemí pouze průsaky ropy na povrchu či její výskyt těsně pod povrchem. Není proto divu, že při tak jednoduché a intuitivní metodě rozhodování, kde vrtat, často docházelo k omylům či chybným rozhodnutím a vrty byly velmi často neúspěšné. Vrtací technologie byla však velmi jednoduchá, protože nebylo třeba vrtat příliš hluboko. V roce 1909 byla už polovina těžené ropy využívána jako palivo pohánějící stroje. Spojené státy ovládaly zhruba až do roku 1950 světové ceny ropy. [11]

## 1.3 Typy ropy

Ropa je tekutá směs pevných, tekutých a plynných uhlovodíků přirozeného původu. Má hnědou až nazelenalou barvu a je hořlavá. Nejcennější jsou lehké, tekuté světlé typy ropy, ze kterých se dá získat velké množství benzínu, zatímco těžké ropy při destilaci dávají hlavně asfalt. To je hlavní problém nekonvenčních zdrojů ropy, jako je uhlí a asfaltové či ropné písky, které poskytují poměrně malé množství benzínu či nafty a velice mnoho odpadních, byť dále využitelných uhlovodíků blízkých asfaltu. [10]

---

<sup>6</sup> laxativum je projímadlo

Druhou základní charakteristikou ropy je, zda je sladká, nebo kyselá. Sladká ropa má méně než 1 hmotnostní procento síry, zatímco kyselé ropy mohou mít až 3–4 hmotnostní procenta síry. V rafinerii musí být síra odstraněna, aby nekorodovala zařízení rafinerie ani motory vozidel. V rafinerii se podle obsahu síry rozeznávají tři typy ropy – s malým obsahem síry (0–0,6 hmot. %), se středním obsahem síry (0,6–1,7 hmot. %) a s vysokým obsahem síry (nad 1,7 hmot. %). Lehké ropy jsou obvykle sladké, těžké ropy jsou obvykle kyselé. [10]

## 1.4 Průzkum a těžba ropy

Nejjednodušší a snadno rozeznatelnou indikací ropného ložiska jsou průsaky nafty, asfaltová jezírka nebo kusy asfaltu nalézané v říčních korytech pouštních řek. Prvních několik desetiletí se na ropu vrtalo víceméně náhodně. Od roku 1924 se začala rozvíjet důležitá geofyzikální nauka zvaná prospekční seismologie. Spočívá v tom, že drobný výbuch vytvoří seizmické vlny, které se do hloubek několika kilometrů šíří sedimentární pánví, kde se částečně odráží od významných vrstev nebo zlomů. Odrážený signál je zachycován sítí geologických mikrofonů a výsledek je zakreslován do mapy. Seismologie se společně s počítačovým vyhodnocením stala nejdůležitější prospekční ropnou metodou, protože „vidí“ do hloubky pěti i více kilometrů. Přibližně od roku 1930 bylo zjevné, že většina ložisek ropy je vázána na velké sedimentární pánve vyplněné druhohorními a třetihorními horninami. Od roku 1970 ropný průzkum každé neznámé pánve vždy začíná studiem družicových snímků. Na světě je něco kolem 900 větších sedimentárních pánví, z nichž asi 600 může obsahovat ropu. Z nich je ekonomicky produktivních 160 a dalších 240 bylo alespoň orientačně prozkoumáno. Zbývajících zhruba 200 pánví leží pod mořem, jejich průzkum je drahý a šance na objev velkého, energeticky zajímavého ložiska je několikanásobně menší než u prozkoumaných pánví na pevnině. [4]

Kdysi existovaly lokality, kde ropa přirozeně vyvěrala na zemský povrch. Nyní se ropa získává pomocí vrtů. Dalším způsobem těžby je metoda povrchového dolování (kanadské ropné písky v provincii Alberta). Povrchové dolování je aplikovatelné jen na velmi těžkou ropu v mělkých hloubkách. Je nákladné a má dopad na životní prostředí daného území, ale zajistí téměř 100% vytěžení zásob. Většinou je v nalezišti společně s ropou přítomen zemní plyn, který zajišťuje potřebný tlak, a tak může ropa samovolně vytékat. To se nazývá primární způsob těžby. Obvykle lze takto získat kolem 20–35 %

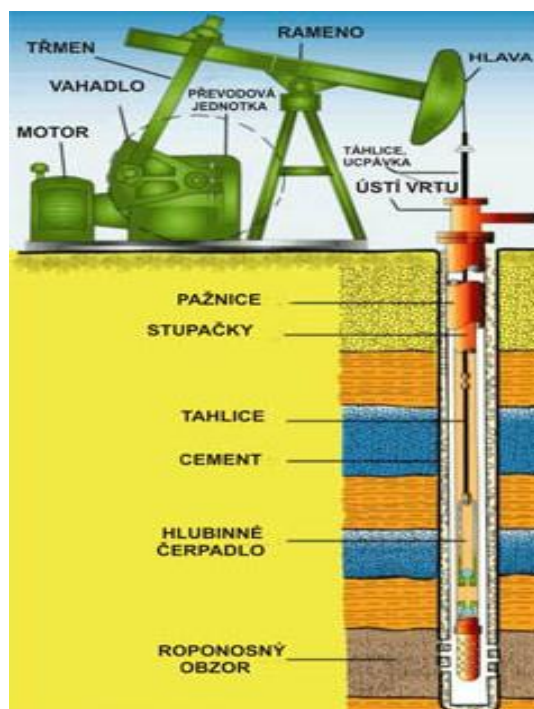
ropy obsažené v nalezišti, zbytek zůstává v pórech ložiskové horniny. S postupem času tlak klesá až k bodu, kdy musí nastoupit sekundární metody. Jako je čerpání ropy pomocí pump, nebo udržování podzemního tlaku vodní injektáží, zpětným pumpováním zemního plynu, vzduchu nebo případně oxidu uhličitého. Dohromady, primárními a sekundárními metodami se podaří vytěžit 50–60 % celkového množství ropy. Terciární metody nastupují v okamžiku, kdy už ani sekundární metody nestačí na udržení produkce a těžba je ještě stále ekonomická, což závisí na aktuální ceně ropy a výši těžebních nákladů. Jejich principem je snížení viskozity<sup>7</sup> zbývající ropy, většinou injektáží horké vodní páry získávané často kogenerací,<sup>8</sup> přičemž se spalováním zemního plynu vyrábí elektřina a odpadní teplo je využito k tvorbě vodní páry. Někdy se také ropa rozehrívá zapálením části ropného ložiska. Příležitostně se také používá injektáž detergentů<sup>9</sup>. Terciární metody dovolují vytěžit dalších 5–15 % ropy v nalezišti. Uvedená čísla jsou pouze průměrná, ve skutečnosti se celková vytežitelnost naleziště pohybuje od 80 % (pro lehkou ropu) do 5 % (v případě těžké ropy). [12]



*Obrázek 4: Primární způsob těžby ropy*

Zdroj: Ropa.cz [online]. 2015 [cit. 2015-06-15].

Dostupné z: <http://www.ropa.cz/tezba-ropy/>



*Obrázek 3: Primární způsob těžby ropy – kozlíkové hlubinné čerpadlo*

Zdroj: Petroleum.cz [online]. 2015 [cit. 2015-06-15]. Dostupné z: [http://](http://www.petroleum.cz/ropa/tezba-ropy.aspx)

[www.petroleum.cz/ropa/tezba-ropy.aspx](http://www.petroleum.cz/ropa/tezba-ropy.aspx)

<sup>7</sup> viskozita je vnitřní tření (odpor tekutiny působící proti silám snažícím se vzájemně posunout její nejmenší částice)

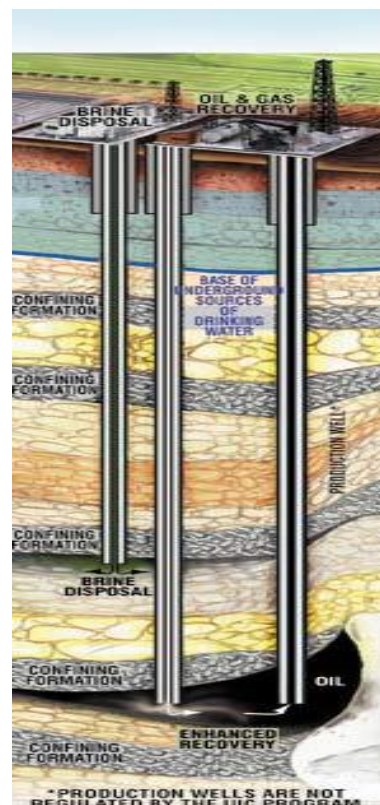
<sup>8</sup> kogenerace je společná výroba elektřiny a tepla, umožňuje zvýšení účinnosti využití energie paliv

<sup>9</sup> detergent je syntetický prací, čisticí prostředek obsahující účinné složky

V dnešní době se stále větší část ropy získává z podmořských ložisek. Nové technologie umožňují dobývat ropu z donedávna nepřestavitelných podmořských hloubek. Vrtné plošiny, vrtné lodě, podmořské ropovody a plynovody jsou skutečně jedním z největších technologických úspěchů lidstva. Bez nadsázky se tyto technologie dají přirovnat k úspěchům při dobývání vesmíru. Vrtné plošiny jsou po všech stránkách největšími stavbami na světě a převyšují takové budovy, jako je například Burž Chalífa v Dubaji, která měří 828 metrů. [12]

### 1.4.1 Druhy ropných vrtů

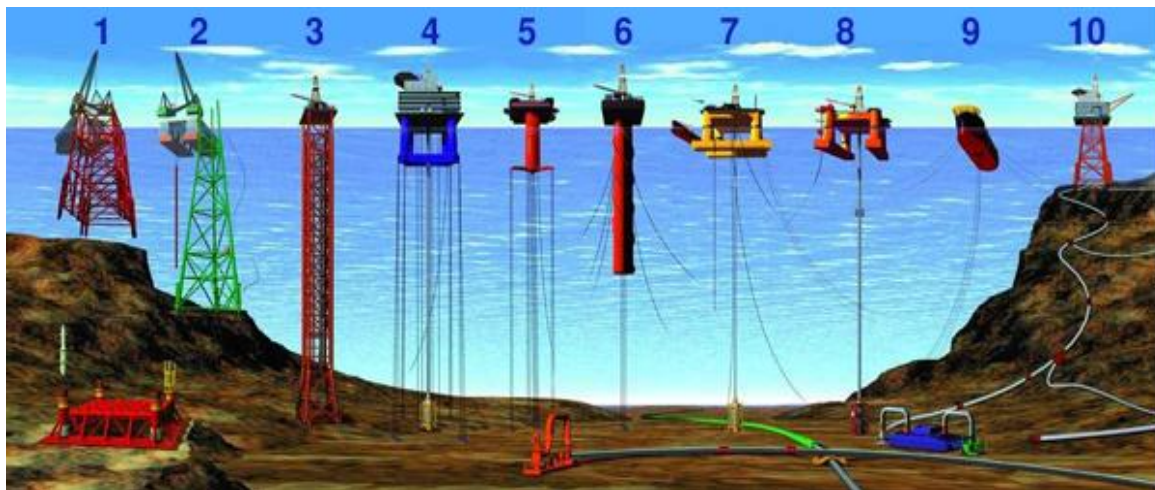
Rozeznáváme tři typy ropných vrtů – těžební, injektážní<sup>10</sup> a pomocné vrty. Těžební vrty slouží k vlastní těžbě ropy. Pomocí injektážních vrtů vháníme do ložiska stlačený plyn anebo vodu, a tím zvyšujeme tlak na zbytek ropných zásob. Injektážní vrty využívají celou řadu technologií – například vhánějí do horkého horninového masivu chladnou vodu, a tím způsobují rozpraskání hornin, které umožňuje průchod injektáže dále do masivu. Pomocné vrty slouží například k získání vody nebo pro monitorování stavu ložiska. Všechny světových těžebních vrtů je pro zajímavost v současné době asi 18 tisíc. Správná geometrie, to znamená vzdálenost a uspořádání těžebních a injektážních vrtů, představuje jednu z nejdůležitějších podmínek těžby. Tyto technické detaily nejsou ve skutečnosti zbytečné ani pro obyčejného člověka či ekonomu, protože pomáhají uvědomit si, jak drahá a dlouhodobá záležitost je otírka a těžba ložiska. Průměrně velké ropné pole má několik desítek či dokonce stovek vrtů o hloubce dva až tři kilometry. [11]



*Obrázek 5: Sekundární způsob těžby ropy*

*Zdroj: Global CCS Institute [online]. 2015 [cit. 2015-11-12]. Dostupné z: <http://hub.globalccsinstitute.com/publications/injection-strategies-co2-storage-sites/evaluation-existing-injection-schemes>*

<sup>10</sup> injektáž je vstříkávání, vhánění libovolné směsi pod tlakem do nějaké hmoty



*Obrázek 6: Koncepty těžebních systémů ropy pro moře*

*Zdroj: OilPro [online]. 2015 [cit. 2015-11-12]. Dostupné z: <http://oilpro.com/post/18619/decommissioning-offshore-platforms-101>*

## 2 Význam ropy

Ropa je dnes využívána u každé masové výroby, přepravy a pěstování zemědělské produkce. Moderní zemědělství, jak jej známe dnes, se od nástupu petrochemického průmyslu po druhé světové válce stalo závislé na použití herbicidů,<sup>11</sup> pesticidů<sup>12</sup> a umělých hnojiv vyráběných z ropy. Dříve běžné použití přírodních hnojiv, přirozených pesticidů a herbicidů – s minimem ropných a chemických produktů je dnes metodou tzv. biozemědělství. Ropa je základní surovinou pro výrobu plastů a léků. Především chudší země používají ropné produkty také k výrobě elektřiny (asi 7 % celkové světové produkce). [12]

- 95 % veškerých potravin je pěstováno za přispění ropy
- 95 % dopravy zprostředkovávají ropné deriváty<sup>13</sup>
- 95 % veškerého vyráběného zboží potřebuje pro svou výrobu ropu
- Za každou kalorií běžně vyráběných potravin se skrývá 10 kalorií z ropy
- Na výrobu jednoho typického počítače se spotřebuje ropa o množství desetinásobku jeho hmotnosti [11]

Ropa jako zdroj velmi levné energie měla zejména od prvních desetiletí 20. století vliv na architekturu měst a dopravní infrastrukturu zemí Prvního světa. Urbanistické návrhy měst s typickými rozsáhlými obytnými předměstími (nejvýrazněji viděnými v USA) braly dostupnost levné transportní energie v podobě ropy do úvahy. [12]

### 2.1 Zpracování ropy

Základem zpracování ropy je její frakční destilace,<sup>14</sup> při níž jsou odděleny při atmosférickém tlaku jednotlivé skupiny uhlovodíků podle jejich bodů varu. Nejlehčí plynné uhlovodíky jsou metan, ethan, propan a butan. Poslední dva jsou hlavní součástí automobilového paliva LPG.<sup>15</sup> Petrolejové ethery se používají jako

---

<sup>11</sup> herbicid je chemický prostředek na hubení plevelů

<sup>12</sup> pesticid je chemický prostředek proti biologickým škůdcům, škodlivým organizmům

<sup>13</sup> deriváty jsou sloučeniny odvozené od základní látky

<sup>14</sup> destilace je oddělování složek kapalných směsí podle rozdílného bodu varu

<sup>15</sup> LPG je zkapalněný ropný plyn používaný jako palivo do vozidel

rozpouštědla, např. při chemickém čištění oděvů. Další frakce<sup>16</sup> jsou benzín a petrolej, ze kterého se vyrábí letecký benzín, a plynový olej, ze kterého se získává nafta a lehký topný olej. Zbytek (tzv. mazut) se podrobuje vakuové destilaci za sníženého tlaku, čímž se oddělují těžké topné oleje od asfaltu. Uhlovodíky s dlouhými řetězci mohou být hydrokrakováním<sup>17</sup> rozštěpeny, čímž vzniknou mazací oleje. Získané produkty jsou dále rafinovány<sup>18</sup>, aby se z nich odstranily nežádoucí příměsi, jako např. parafíny.<sup>19</sup> [1]

## 2.2 Složení ropy

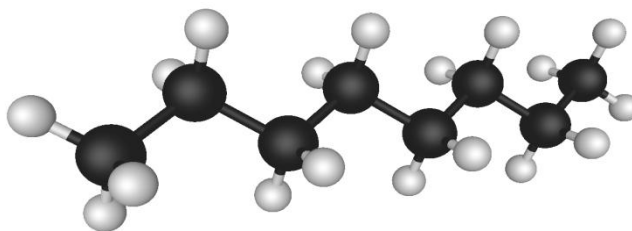
Ropa je žlutohnědá až téměř černá olejovitá hořlavá kapalina s hustotou mezi 700 až 850 kg/m<sup>3</sup>, jen výjimečně blízcí se hustotě vody. Ropa obsahuje tisíce organických sloučenin různé struktury. Naprosto převažující strukturální skupinou jsou uhlovodíky (až 86 % hmotnosti). Další dvě významné strukturální skupiny obsažené v ropě jsou heterocyklické<sup>20</sup> sloučeniny a vysokomolekulární sloučeniny. [1]

Na světě je otevřeno mnoho set bohatých ropných ložisek a z každého ložiska se těží ropa, která se vzhledem, fyzikálními vlastnostmi a výtěžky produktů při zpracování liší od rop z jiných ložisek – často i blízkých. V podstatě však všechny tyto těžené ropy obsahují stejné složky a liší se jen vzájemným poměrem jednotlivých strukturálních skupin a jednotlivých strukturálních tříd. [1]

Uhlovodíky jsou organické sloučeniny skládající se pouze z uhlíku a vodíku. Uhlovodíky v ropě se rozdělují do několika strukturálních tříd:

[1]

- Alkany:
  - Nerozvětvené alkany
  - Izoalkany
- Cykloalkany
- Aromatické uhlovodíky [1]



*Obrázek 7: Model molekuly Oktanu ve 3D*

*Zdroj: Diesel Army [online]. 2013 [cit. 2015-11-12]. Dostupné z: <http://www.dieselarmy.com/engine-tech/how-it-works/how-it-works-water-methanol-injection/>*

<sup>16</sup> frakce je složka

<sup>17</sup> hydrokrakování je tepelné štěpení vyšších uhlovodíků na nižší za pomoci vody

<sup>18</sup> rafinovaný znamená očištěný od cizích příměsí

<sup>19</sup> parafín je směs vyšších uhlovodíků, bezbarvá nebo bílá hmota užívaná na výrobu svíček nebo v kosmetice

<sup>20</sup> heterocyklické sloučeniny jsou organické cyklické látky, které mimo atomů uhlíku obsahují v cyklu i jiné atomy

## 2.3 Druhy ropy

Ropný průmysl rozděluje ropu podle jejího původu a často také podle její hustoty (lehká, středně těžká a těžká). Rafinérie ji také mohou označovat jako „sladkou“, což znamená, že obsahuje relativně málo síry, nebo jako „kyselou“, což znamená, že tato ropa obsahuje více než 0,6 hmot. % síry a vyžaduje náročnější zpracování, aby vyhověla současným normám. Hlavní světové druhy jsou:

[4]

- Směsná ropa Brent – zahrnující 15 druhů ropy z nalezišť v Severním moři. Za cenu tohoto typu ropy je většinou prodávána ropa z Evropy, Afriky a Blízkého východu určená pro spotřebu na Západě.
- West Texas Intermediate (WTI) – za jejíž cenu se prodává severoamerická ropa.
- Dubai – za jejíž cenu se prodává blízkovýchodní ropa určená pro asijsko – pacifickou oblast.
- Tapis (z Malajsie) – za jejíž cenu se prodává lehká ropa z Dálného východu.
- Minas (z Indonésie) – za jejíž cenu se prodává těžká ropa z Dálného východu.
- Koš OPEC – zahrnující druhy:
  - Arab Light (Saudská Arábie),
  - Bonny Light (Nigérie),
  - Fateh (Spojené arabské emiráty),
  - Minas (Indonésie),
  - Saharan Blend (Alžírsko),
  - Tia Juana Light (Venezuela). [4]

OPEC se snaží udržet cenu svého koše v předem daném rozmezí pomocí zvyšování a snižování produkce. Ropa z daného koše OPEC, se skládá jak z lehkých, tak i z těžkých druhů ropy a je v průměru těžší než Brent i WTI a má větší obsah síry.

[4]

Všechny výše uvedené druhy se řadí mezi klasickou konvenční ropu. Kromě ní existují také velká ložiska nekonvenční ropy, kterou tvoří živice v ropných píscích a kerogen<sup>21</sup> v ropných břidlicích. Nacházejí se hlavně v Kanadě a Venezuele. Její podíl zatím tvoří jen 5 % celkové světové produkce z důvodu vysoké energetické náročnosti

---

<sup>21</sup> kerogeny jsou polymerní organické látky, které se nacházejí v usazených horninách



těžby. Náklady se ale staly akceptovatelné po roce 2005, kdy vzrostla výrazně cena konvenční ropy. Proto v současnosti (2. dekáda 21. století) těžba nekonvenční ropy rychle stoupá. [11]

## 2.4 Energetická návratnost (ERoEI)

ERoEI je zkratka pro anglický termín Energy Returned on Energy Invested. Tento termín se většinou vyskytuje tam, kde se hovoří o energetické návratnosti paliv a zdrojů energie. Jedná se o bezrozměrnou veličinu, danou podílem energie získané z nějaké energeticky významné činnosti, technologie nebo látky, vůči energii do ní vložené. Mezní hodnotou je hodnota 1. Při této hodnotě ERoEI získáváme z dotyčného předmětu (technologie či paliva) tolik energie, kolik do něj vkládáme. Od zmiňovaného zpracování energie se předpokládá energetický zisk, který by (v uvažovaném časovém horizontu, po který bude trvat) pokryl investovaný čas, práci lidí angažovaných v této činnosti a taktéž i případnou sanaci<sup>22</sup> životního prostředí (např. refundaci<sup>23</sup> lidí bydlících poblíž ložiska) nebo další. Takže při  $ERoEI \leq 1$  (v některých případech i nad 1) nemá smysl daný energetický proces vůbec započít. Mnohdy je pro hodnotu ERoEI zásadní, zdali je práce pro těžbu a zpracování zmechanizovaná, nebo pouze manuální, za primitivnějších podmínek. V případě mechanického zpracování je vložená energie vyšší o palivo do strojů, jejich údržbu apod. [8]

Pro pochopení situace a budoucnost naší civilizace je klíčové, aby si lidé začali uvědomovat, že získat energii nás stojí čím dál více energie. Nejlepší hodnoty energetické návratnosti (ERoEI), okolo 60 až 100, měla snadno přístupná ropa v počátcích ropné éry v druhé polovině 19. století. V současnosti se energetická návratnost ropy pohybuje v rozmezí okolo 10–35 a nejpříznivější je u starších, s nízkými náklady objevených a dosud těžných arabských ložisek (30). Na druhé straně je energetická návratnost etanolu vyrobeného z kukuřice v Evropě v nejlepším případě pouze mírně nad hodnotu 1, neboli je jen velice málo energeticky výnosná. [4]

---

<sup>22</sup> sanace znamená přijetí opatření k nápravě škod způsobených lidskou činností na krajině nebo majetku

<sup>23</sup> refundace je náhrada výdajů, vrácení peněz, odškodnění

*Tabulka 1: Energetická návratnost (ERoEI) pro různé druhy surovin*

<b>Ropa v počátcích těžby</b>	100
<b>Ropa v Texasu kolem roku 1930</b>	60
<b>Ropa na Blízkém východě</b>	30
<b>Ostatní ropa</b>	10–35
<b>Zemní plyn</b>	20
<b>Kvalitní uhlí</b>	10–20
<b>Nekvalitní uhlí</b>	4–10
<b>Vodní elektrárny</b>	10–200
<b>Větrná energie</b>	25–35
<b>Solární energie</b>	10–30
<b>Jaderná energetika</b>	3–10
<b>Ropné písky</b>	max. 3
<b>Ropné břidlice</b>	max. 1,5
<b>Biopaliva (v Evropě)</b>	0,9–7 (podle plodiny)

*Zdroj: CÍLEK, Václav a Martin KAŠÍK. Nejistý plamen: Průvodce ropným světem. 1. vyd. Praha: Dokořán, 2007, 191 s. ISBN 978-80-7363-122-2.*

Tabulka ukazuje, že v počátcích ropné těžby stačilo investovat jeden barel ropy, aby člověk získal 60–100 barelů ropy. V druhé polovině 20. století byl průměrný poměr investované a získané energie na ropném poli kolem 30. Ke skutečným problémům se dostáváme až v současnosti v souvislosti s přechodem na nekonvenční zdroje, které spotřebují nejméně třetinu energie na těžbu a zpracování. Stejně množství ověřených zásob v minulosti a dnes ve skutečnosti znamená, že máme k dispozici méně energie, protože jí víc spotřebováváme na těžbu a průzkum. [4]

Biopaliva se vyplatí v Brazílii nebo na Kubě, kde vše roste rychleji, sklizeň bývá vícekrát do roka a cukrovou třtinu sklízí námezdní dělníci. Podstatná je levná pracovní síla bez mechanizace, takže biopaliva se mohou vyplatit komukoliv, kdo bude ochoten pracovat silou svých paží a se zvířaty jako v 19. století. V Evropě, kde se biopaliva získávají pomocí těžké mechanizace, se stává, že na 1,0 litru bionafty je nutné spotřebovat až 1,1 litru běžné nafty. V zemích EU je účinné získávání např. bionafty z řepky olejky jenom fikcí a hrou se zemědělskými dotacemi EU. 40 % energetického vkladu je v evropském zemědělství spotřebováno na umělá hnojiva a skoro 20 % na

orbu. Tento ztrátový poměr je možné zvrátit, pokud se budou víc používat koně a lidská práce, vyšlechtí se geneticky upravené plodiny nebo se zavede pěstování víceletých plodin, které šetří náklady, zejména na orbu, jež spotřebovává nejvíc energie. [8]

## 2.5 Životní prostředí

Z hlediska životního prostředí a podoby klimatu bude možná jednou období mezi lety 1950 a vrcholem těžby ropy označeno jako nejhoupější období v dějinách lidstva. Spalováním fosilních paliv a vypouštěním oxidu uhličitého do atmosféry jsme změnilí a dále měníme klima celé planety. V mnoha případech k tomu nemáme žádný jiný důvod než ten, že automobilem jen tak těkáme z místa na místo. Jindy vozíme máslo z východu Evropy na západ Evropy a ze západu Evropy na východ proudí výrobky z másla dovezeného z Nového Zélandu. Potraviny cestují stovky a tisíce kilometrů, než se dostanou na náš stůl (na jednu kalorii v potravinách spotřebujeme až deset kalorií fosilních paliv). Příliš rychlá spotřeba ropy ve všech sférách našeho života nás vystavuje přílišné závislosti. Cena, kterou už platíme a budeme platit stále více a více, je nejenom cena za globální oteplování, ale také, a to zejména, cena za změnu hydrologických<sup>24</sup> režimů na pevnině, a dokonce i oceánského proudění. Tato cena neustále vzrůstá, i když se nám to často nechce věřit. [8]

---

<sup>24</sup> hydrologie je věda o vodstvu a oběhu vody na Zemi

## 3 Ropa a ekonomika

Surová ropa je bezpochyby nejdůležitější komoditou na světě díky své dosavadní nenahraditelnosti ve světové ekonomice. Je základní surovinou pro výrobu benzínu, leteckého paliva, plastů a jiných. Význam ropy pro světové hospodářství byl názorně ukázán už v roce 1973 v době arabského embarga<sup>25</sup> na vývoz ropy do západních zemí. Během několika týdnů cena vzrostla o 400 % a několik vyspělých zemí bylo uvrženo do recese.<sup>26</sup> Inflace a nezaměstnanost se pohybovaly ve vysokých číslech ještě několik let poté. Ropné šoky v sedmdesátých letech zdůraznily nenahraditelnost ropy. [6]

### 3.1 Cena ropy

Skoro deset let nepřetržitého vzestupu ceny surové ropy (samozřejmě s krátkodobými výkyvy) představovalo jednak rizikový faktor pro světovou ekonomiku a jednak i vážný psychologický moment negativních očekávání, projevujících se jak ve sféře ekonomické, tak mimoekonomické. Ropa vzhledem ke své vzácnosti nemá v dlouhodobém časovém horizontu příliš prostoru ke snižování cen. Navíc již dnes velmi zatěžuje životní prostředí. Na obzoru se nyní prozatím nerýsuje žádný převratný vynález, který by změnil světovou energetickou bilanci k odklonu od ropy. I kdyby se ale taková převratná inovace objevila (automobilový pohon na vodík atd.), světové prognózy obvykle argumentují, že ropné lobbyistické skupiny mají dosti síly jej zpomalit tak, aby byla jejich nadvláda v zásadě ještě delší dobu zachována. [6]

Z krátkodobého hlediska ovlivňují cenu ropy hlavně její dodávky na světový trh, neboli nabídka, která je velice nepružná a nedokáže rychle reagovat na vyšší poptávku. Možné výpadky nabídky proto trh velice bedlivě sleduje. Jsou to především geopolitická<sup>27</sup> napětí, nepokoje, války, hrozba hurikánů, které mohou narušit „poklidnou“ atmosféru a vyhnat cenu za jediný den o několik dolarů výše. Kromě toho existují i sezónní faktory, kdy například ovlivňuje cenu ropy v letních měsících zvýšená poptávka po palivech z důvodu motoristické sezóny apod. [12]

---

<sup>25</sup> embargo je zákaz vývozu něčeho (např. suroviny, výrobku, zbraní) do nějakého státu či zákaz obchodování s tímto státem

<sup>26</sup> recese je pokles reálného hrubého domácího produktu po dvě nebo více následující čtvrtletí v roce

<sup>27</sup> geopolitický znamená kombinaci politických a geografických faktorů

Z dlouhodobého hlediska závisí cena ropy na velikosti nabídky a poptávky. Při investování je proto důležité znát, kdo jsou největší producenti a kdo jsou největší spotřebitelé. Důležité také je, kdo disponuje největšími zásobami. Největší zásoby ropy má Venezuela s 298,3 miliardami barelů, na druhém místě je Saúdská Arábie s 267 miliardami barelů, na třetím místě je Kanada se 172,9 miliardami barelů, na čtvrtém místě je Írán a na pátém místě je Irák. Co je ale důležité je dokázat dané zásoby vytěžít. Největší zásoby ropy na světě jsou sice ve Venezuele, ovšem z důvodu nedostatku technologií a jiných prostředků se Venezuela, co se týče produkce, nachází až na desátém místě největších producentů světa. Největším producentem je Saúdská Arábie, pak Rusko a Spojené státy americké. Mezi největší spotřebitelé ropy patří Spojené státy, následované Čínou. Největším vývozcem ropy na světě je opět Saúdská Arábie, následovaná Ruskem a Norskem. Největším dovozcem na světě jsou Spojené státy, následované Japonskem a Čínou. [2]

Na straně nabídky na trhu hraje významnou roli OPEC, tedy Organizace zemí vyvážejících ropu, která ovlivňuje přibližně 41 % celosvětové nabídky ropy. Dohoda mezi zeměmi dlouhodobě určuje závazné kvóty, limitující objem produkce ze strany členských zemí. Vliv na cenu ropy na trzích může proto mít také oznámení o navýšení či snížení těžby ropy organizací OPEC, což by znamenalo, že cena na trhu poklesne, respektive vzroste. Je nutné také dodat, že OPEC kontroluje asi 72 % celosvětových zásob, takže bude i do budoucna významným hráčem. [9]

## **3.2 Obchod s ropou**

Cenou ropy se většinou rozumí cena WTI/Light Crude ropy obchodované na newyorské komoditní burze (NYMEX), nebo cena ropy typu Brent obchodované na Mezinárodní ropné burze (International Petroleum Exchange, IPE) v Londýně. S ropou se obvykle obchoduje v amerických dolarech. Cena ropy velmi závisí na jejím druhu (který je určen například její hustotou a obsahem síry) a také na jejím původu. Velká většina ropy se neprodává na burzách, ale pomocí přímých transakcí, které se ovšem cenami na burze řídí. Mezinárodní ropná burza v Londýně tvrdí, že 65 % veškerých obchodů s ropou vychází z její burzovní ceny ropy typu Brent. Jiné důležité referenční burzovní ceny jsou Dubai, Tapis a koš OPEC. Často se říká, že cenu ropy

určuje kartel<sup>28</sup> OPEC a její skutečná cena je kolem 2 dolarů za barel, což jsou náklady na těžbu na Blízkém východě. Tyto názory však nezohledňují náklady na hledání nových ropných nalezišť a investice nutné k zahájení těžby. [6]

### 3.3 Daně a jejich dopady

Existují dvojí daně: 1) daně za vytěžení ropy v zemi původu, tedy těžební odvody, a 2) různé typy spotřebních daní v zemích dovozu. Spotřební daně mohou být i negativní, jako v Íránu či Nigérii, které se tak snaží o industrializaci<sup>29</sup> země. Negativní daně bývají kontraproduktivní, protože vedou k plýtvání. Největší rozdíl mezi USA a zeměmi Evropské unie spočívá v tom, že americký spotřebitel platí daň z benzínu ve výši zhruba čtvrtiny ceny, zatímco evropské daně „spolknou“ třikrát víc – tři čtvrtiny ceny benzínu. Američané vnímají laciný benzin téměř jako ústavní svobodu, která jim umožňuje svobodný pohyb, a mají tendenci k plýtvání a kupování velkých automobilů, i když i tento trend se v některých státech, např. v Kalifornii, obrací k úspornějším řešením. [6]

USA jsou v případě ropy otroky vlastní minulosti. V roce 1945 vyhrály válku, během které dodávaly skoro 90 % ropy do celé Evropy. Najednou měly nadbytky volných kapacit v rafinériích, a tak se pustily cestou organizovaného plýtvání a rozvoje osobní dopravy. Ropu začaly dovážet teprve od roku 1948. Vybudování sítě dálnic, které byly v době studené války stavěny převážně k tomu, aby v případě napadení či konfliktu umožnily evakuovat středy lidnatých měst, vedlo k úpadku amerického města, jehož střed se začal vylidňovat a jehož předměstí začalo růst. Nízké ceny benzínu mají pro Američany citovou hodnotu. Často vzpomínají, jak vyrůstali na sedadlech automobilů, a na své první lásky odehrávající se nikoliv někde na lavičce v parku jako v Evropě, ale na širokém sedadle v autě na parkovišti. Dopad ropného vrcholu na americkou společnost může proto být podstatně silnější než v Evropě z důvodu mnohem většího rozvoje velkých a vzdálených městských periférií, které vytvářejí nepřekonatelnou závislost na automobilové dopravě. [4]

---

<sup>28</sup> kartel je dohoda o sdružení nebo o spolupráci mezi samostatnými podniky

<sup>29</sup> industrializace je proces, během něhož dochází ke změně společnosti, předprůmyslová společnost se tímto mění v průmyslovou

Evropa byla na konci druhé světové války v odlišné situaci – musela šetřit a znovu vybudovat infrastrukturu. Evropané zdědili něco, čeho se bohužel v posledních „amerikanizovaných“ desetiletích rádi zbavují – kulturu šetrnosti. V zemích Evropské unie tvoří daně z ropných produktů 15–20 % státního rozpočtu. Cena benzínu u čerpací stanice v Evropě je průměrně ze 75 % tvořena daněmi. V krátkodobém měřítku se evropským státům z hlediska okamžitého daňového výnosu vyplatí podporovat kouření, pití alkoholu a ježdění osobními automobily, tedy různé formy závislosti. [6]

### 3.4 Proč byla ropa tak levná?

Hlavních důvodů pro levnou ropu bylo několik. V počátcích ropné éry a ještě dlouho ve 20. století byla ropa komoditou, u které se nabídka přizpůsobovala poptávce. Ropy se zdálo být nekonečně mnoho, konkurence byla silná a cena ropy se řídila podle pouček klasické ekonomie. Postupně se situace měnila. Těžiště ropné produkce se přeneslo ze Spojených států na Blízký východ. Tam působily zejména dva faktory – tradiční arabská nesvornost<sup>30</sup>, pocházející ještě z kmenových dob, a tlak americké politiky na udržení nízkých cen. Státy OPECu jsou obvykle vnímány jako síla, která drží ruku na ropném kohoutku, jak se i stalo během ropné krize roku 1973, kdy za izraelsko-arabské války OPEC uvalil embargo na USA. Ve skutečnosti jsou arabští vůdcové závislí jak na dodávkách ropných technologií a zbraní ze Západu, tak na vnitřní situaci. [8]

### 3.5 Výhled do budoucnosti

V krátkodobějším měřítku lze čekat kolísání, náhlé vlny paniky, spekulace, pohyby cen ropy nahoru a dolů. Jedná se o klasické chaotické chování, kdy je porušena rovnováha zpětných a kladných vazeb mezi nabídkou a poptávkou. Velká a naprosto nepředvídatelná fluktuace<sup>31</sup> cen a v celkovém výsledku růst cen jsou typické pro takovéto situace. V dlouhodobém měřítku by mělo být zjevné, že éra levné ropy se již nikdy nevrátí. To se dřív nebo později promítne do nákladů na transport, potraviny a většinu surovin včetně té nejdůležitější – vody. [7]

---

<sup>30</sup> nesvornost znamená nejednotnost, neshoda nebo rozdílnost názorů

<sup>31</sup> fluktuace znamená nepravidelný a nesoustavný pohyb „sem a tam“

*Tabulka 2: Ceny ropy v letech 1861–2014 (v amerických dolarech za barel)*

<b>Rok</b>	<b>Nominální cena</b>	<b>2014 dolary</b>	<b>Rok</b>	<b>Nominální cena</b>	<b>2014 dolary</b>	<b>Rok</b>	<b>Nominální cena</b>	<b>2014 dolary</b>
<b>1861</b>	0,49	12,86	<b>1913</b>	0,95	22,66	<b>1965</b>	1,80	13,49
<b>1862</b>	1,05	24,80	<b>1914</b>	0,81	19,06	<b>1966</b>	1,80	13,12
<b>1863</b>	3,15	60,32	<b>1915</b>	0,64	14,91	<b>1967</b>	1,80	12,75
<b>1864</b>	8,06	121,50	<b>1916</b>	1,10	23,83	<b>1968</b>	1,80	12,24
<b>1865</b>	6,59	101,50	<b>1917</b>	1,56	28,78	<b>1969</b>	1,80	11,62
<b>1866</b>	3,74	60,22	<b>1918</b>	1,98	31,10	<b>1970</b>	1,80	10,97
<b>1867</b>	2,41	40,66	<b>1919</b>	2,01	27,50	<b>1971</b>	2,24	13,08
<b>1868</b>	3,63	64,30	<b>1920</b>	3,07	36,26	<b>1972</b>	2,48	14,04
<b>1869</b>	3,64	64,48	<b>1921</b>	1,73	22,87	<b>1973</b>	3,29	17,53
<b>1870</b>	3,86	71,97	<b>1922</b>	1,61	22,72	<b>1974</b>	11,58	55,62
<b>1871</b>	4,34	85,42	<b>1923</b>	1,34	18,58	<b>1975</b>	11,53	50,74
<b>1872</b>	3,64	71,64	<b>1924</b>	1,43	19,79	<b>1976</b>	12,80	53,24
<b>1873</b>	1,83	36,02	<b>1925</b>	1,68	22,67	<b>1977</b>	13,92	54,34
<b>1874</b>	1,17	24,38	<b>1926</b>	1,88	25,13	<b>1978</b>	14,02	50,91
<b>1875</b>	1,35	28,98	<b>1927</b>	1,30	17,71	<b>1979</b>	31,61	103,07
<b>1876</b>	2,56	56,68	<b>1928</b>	1,17	16,16	<b>1980</b>	36,83	105,81
<b>1877</b>	2,42	53,58	<b>1929</b>	1,27	17,54	<b>1981</b>	35,93	93,57
<b>1878</b>	1,19	29,07	<b>1930</b>	1,19	16,86	<b>1982</b>	32,97	80,88
<b>1879</b>	0,86	21,76	<b>1931</b>	0,65	10,10	<b>1983</b>	29,55	70,24
<b>1880</b>	0,95	23,21	<b>1932</b>	0,87	15,07	<b>1984</b>	28,78	65,58
<b>1881</b>	0,86	21,01	<b>1933</b>	0,67	12,23	<b>1985</b>	27,56	60,64
<b>1882</b>	0,78	19,06	<b>1934</b>	1,00	17,67	<b>1986</b>	14,43	31,17
<b>1883</b>	1,00	25,30	<b>1935</b>	0,97	16,72	<b>1987</b>	18,44	38,42
<b>1884</b>	0,84	22,04	<b>1936</b>	1,09	18,61	<b>1988</b>	14,92	29,86
<b>1885</b>	0,88	23,09	<b>1937</b>	1,18	19,45	<b>1989</b>	18,23	34,80
<b>1886</b>	0,71	18,63	<b>1938</b>	1,13	18,97	<b>1990</b>	23,73	42,97
<b>1887</b>	0,67	17,58	<b>1939</b>	1,02	17,37	<b>1991</b>	20,00	34,77
<b>1888</b>	0,88	23,09	<b>1940</b>	1,02	17,21	<b>1992</b>	19,32	32,60
<b>1889</b>	0,94	24,67	<b>1941</b>	1,14	18,32	<b>1993</b>	16,97	27,80
<b>1890</b>	0,87	22,83	<b>1942</b>	1,19	17,27	<b>1994</b>	15,82	25,27
<b>1891</b>	0,67	17,58	<b>1943</b>	1,20	16,42	<b>1995</b>	17,02	26,43

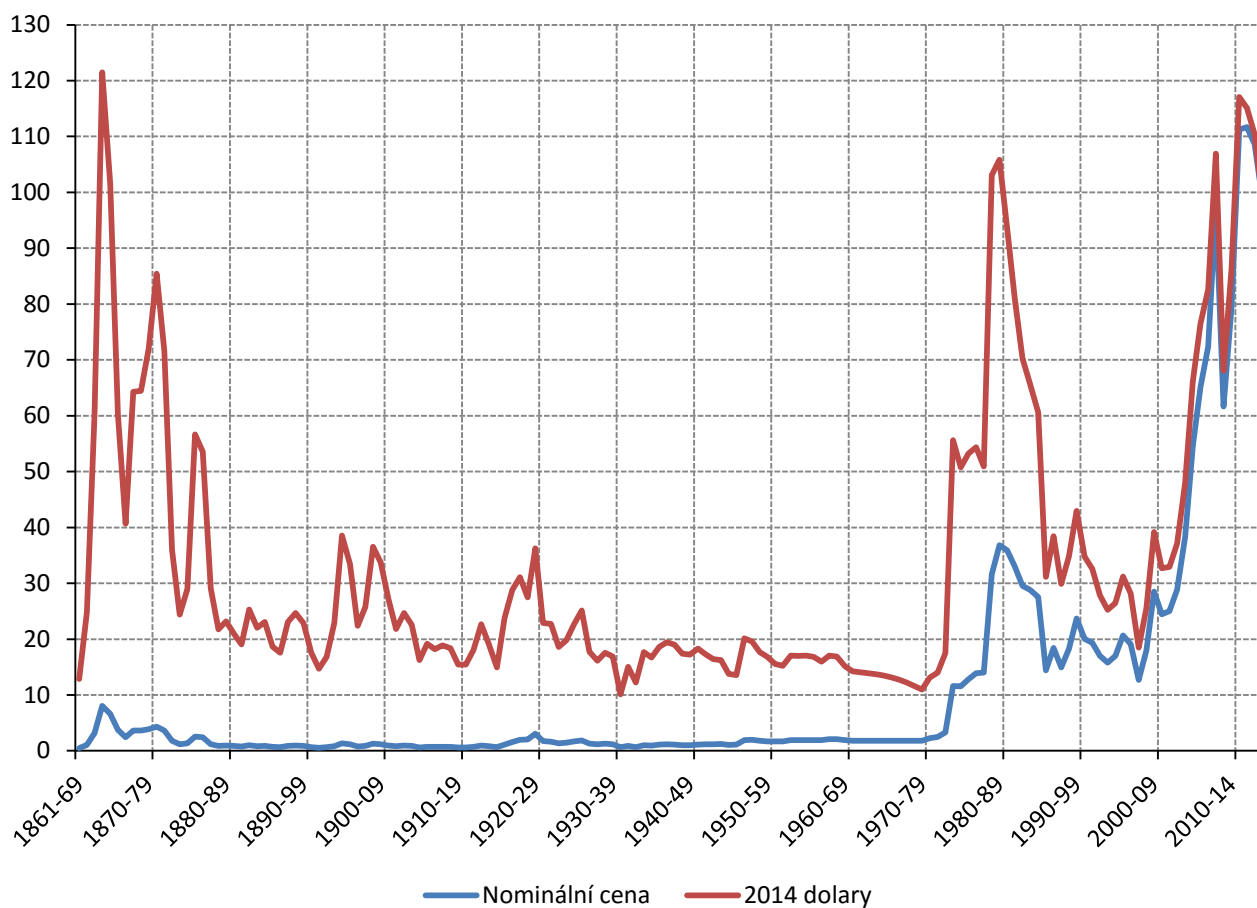


<b>1892</b>	0,56	14,70	<b>1944</b>	1,21	16,27	<b>1996</b>	20,67	31,19
<b>1893</b>	0,64	16,79	<b>1945</b>	1,05	13,80	<b>1997</b>	19,09	28,16
<b>1894</b>	0,84	22,89	<b>1946</b>	1,12	13,56	<b>1998</b>	12,72	18,47
<b>1895</b>	1,36	38,54	<b>1947</b>	1,90	20,12	<b>1999</b>	17,97	25,54
<b>1896</b>	1,18	33,44	<b>1948</b>	1,99	19,56	<b>2000</b>	28,50	39,17
<b>1897</b>	0,79	22,39	<b>1949</b>	1,78	17,67	<b>2001</b>	24,44	32,68
<b>1898</b>	0,91	25,79	<b>1950</b>	1,71	16,80	<b>2002</b>	25,02	32,93
<b>1899</b>	1,29	36,56	<b>1951</b>	1,71	15,57	<b>2003</b>	28,83	37,09
<b>1900</b>	1,19	33,73	<b>1952</b>	1,71	15,24	<b>2004</b>	38,27	47,96
<b>1901</b>	0,96	27,21	<b>1953</b>	1,93	17,07	<b>2005</b>	54,52	66,09
<b>1902</b>	0,80	21,80	<b>1954</b>	1,93	16,98	<b>2006</b>	65,14	76,50
<b>1903</b>	0,94	24,67	<b>1955</b>	1,93	17,05	<b>2007</b>	72,39	82,65
<b>1904</b>	0,86	22,57	<b>1956</b>	1,93	16,80	<b>2008</b>	97,26	106,94
<b>1905</b>	0,62	16,27	<b>1957</b>	1,90	15,96	<b>2009</b>	61,67	68,05
<b>1906</b>	0,73	19,16	<b>1958</b>	2,08	17,02	<b>2010</b>	79,50	86,31
<b>1907</b>	0,72	18,22	<b>1959</b>	2,08	16,87	<b>2011</b>	111,26	117,09
<b>1908</b>	0,72	18,89	<b>1960</b>	1,90	15,17	<b>2012</b>	111,67	115,14
<b>1909</b>	0,70	18,37	<b>1961</b>	1,80	14,23	<b>2013</b>	108,66	110,42
<b>1910</b>	0,61	15,44	<b>1962</b>	1,80	14,08	<b>2014</b>	98,95	98,95
<b>1911</b>	0,61	15,44	<b>1963</b>	1,80	13,91			
<b>1912</b>	0,74	18,08	<b>1964</b>	1,80	13,72			

Zdroj: Bp [online]. ©1996-2015 [cit. 2015-10-06]. Dostupné z: <http://www.bp.com/en/global/corporate.html>

1861–1944 průměrná cena v USA; 1945–1983 ropa Arabian Light v přístavu Ras Tanura; 1984–2014 ropa Brent

Cena ropy v letech 1861–2014 vyjádřená jednak v roční ceně (MOD – Money of the Day), jednak v ekvivalentu ceny roku 2014. Roční ceny jsou ceny vyjádřené jako průměrná cena v daném roce. Protože inflace znehodnocuje (a to nerovnoměrně) každou měnu, je pro srovnání cen nutné zavést nějaký referenční rok – v tomto případě byl použit rok 2014.



*Graf 1: Ceny ropy v letech 1861–2014 (v amerických dolarech za barel)*

*Zdroj: vlastní zpracování*

*1861–1944 průměrná cena v USA; 1945–1983 ropa Arabian Light v přístavu Ras Tanura;  
1984–2014 ropa Brent*

## 4 Budoucnost ropy

Je skutečností, že těžba ropy se blíží svému vrcholu. Se vzrůstající cenou výrazně ovlivněnou rostoucí poptávkou, se hledají zásoby ropy ve stále složitějších oblastech (ať již hloubkou, přístupností nebo vydatností ložisek) a také se hledají způsoby jak těžbu z existujících ložisek prodloužit a optimalizovat. Do deseti let dramaticky poklesne těžba ropy z ložisek v Severním moři, Evropa se tak stane ještě závislejší na dovozu ropy. Nejspíše jen ložiska Severní Ameriky, snad Ruska, ale především ložiska na Blízkém Východě budou ropu produkovat po dobu několika desetiletí v nepříliš se snižující míře. [5]

Některé statistiky sledují objevené nebo prokázané zásoby, jiné spíše zásoby prognózní či odhadované. Výsledky jsou ovšem stejné: těžba ropy bude pokračovat na Blízkém Východě, Venezuele, snad severní Africe, Rusku a v Severní Americe, kde se těží kanadské ropné písky. Jistě budou objevena nová ložiska, bude prozkoumána Arktida i Antarktida a snad se přiblíží i doba těžby hydrátů<sup>32</sup> ze dna moří. Příštích 100 let lze ještě počítat s energií získávanou z přírodních uhlovodíků. Dnes neexistuje alternativa tohoto fosilního paliva, ale jeho stále se zvyšující cena vytváří dobré podmínky, aby se nové a efektivní zdroje dále vyvíjely. Nejspíše to nebude jeden zdroj, ale kombinace několika forem zdrojů energie. Zbytky těžené ropy pak budou využívány ne jako palivo, ale jako kvalitní surovina chemického průmyslu. [5]

### 4.1 Produkce a spotřeba ropy v číslech

Od počátku dějin lidstva do dneška bylo vytěženo přibližně 1,3 bilionu barelů ropy. Za předpokladu současného objemu těžby vystačí známé zásoby ropy na dalších 53 let. Problém je však právě v předpokladu stálé úrovně těžby. V roce 2014 tvořila celková těžba ropy 88,673 mil. barelů denně, z toho ropné země mimo sdružení OPEC vyprodukovaly 43 % z celkové těžby ropy. Lehká ropa tvořila přibližně 33 %, středně těžká 53 % a těžká ropa 14 %. Kyselá ropa s vysokým obsahem síry tvořila 59 % celkové světové produkce a sladká ropa tvořila 41 %. [2]

---

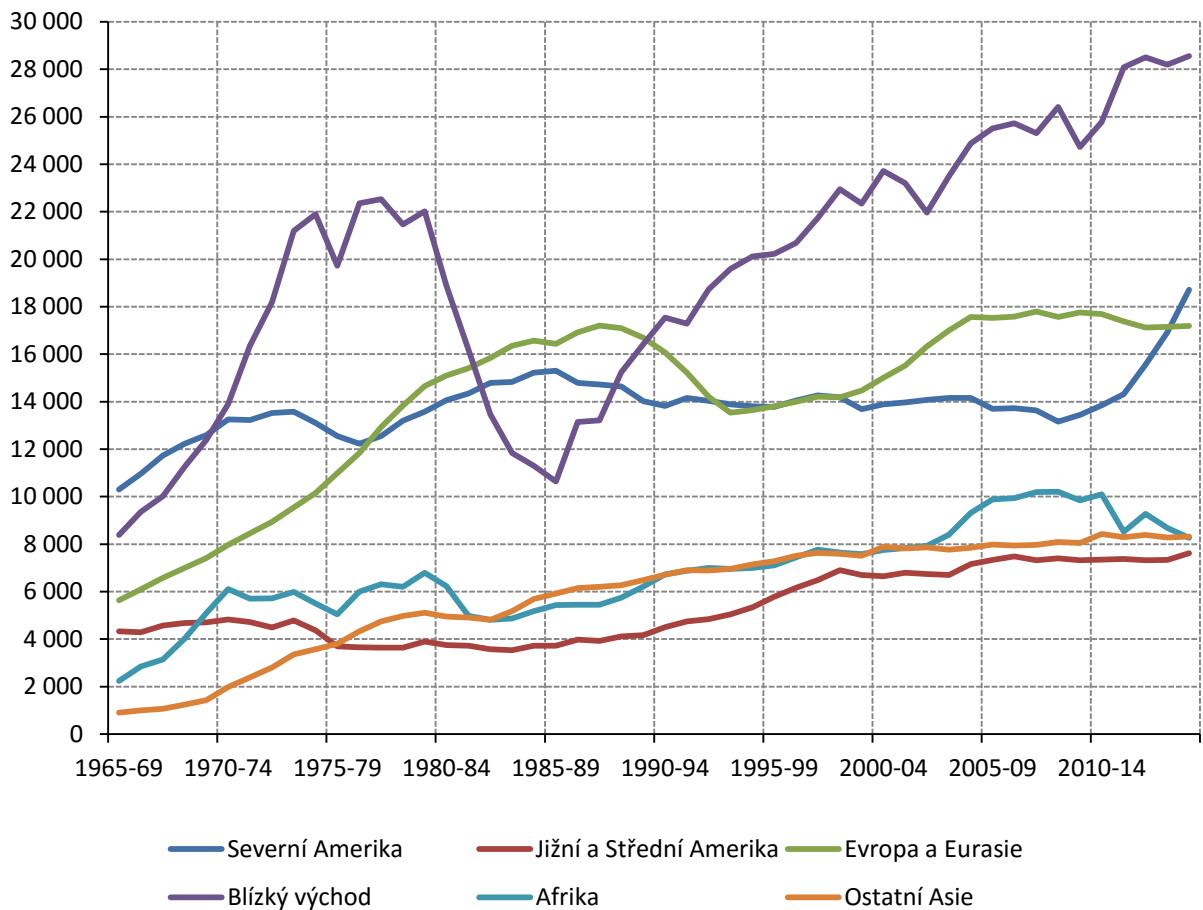
<sup>32</sup> hydrát je látka, která má ve svých molekulách obsaženou vodu

Největší spotřebitelé ropy byli v roce 2014 USA (19,035 mil. barelů denně), Čína (11,056 mil. barelů denně), Japonsko (4,298 mil. barelů denně), Indie (3,846 mil. barelů denně) a Brazílie (3,229 mil. barelů denně). Poptávka po ropě stoupá v současnosti asi o 2 % ročně. Zatímco vyspělé státy svou spotřebu ropy intenzivně snižují, v rozvíjejících se státech naopak roste. Například Evropa a Eurasie společně dokázala snížit spotřebu ropy už osmý rok za sebou. [2]

*Tabulka 3: Těžba ropy (v tisících barelů denně)*

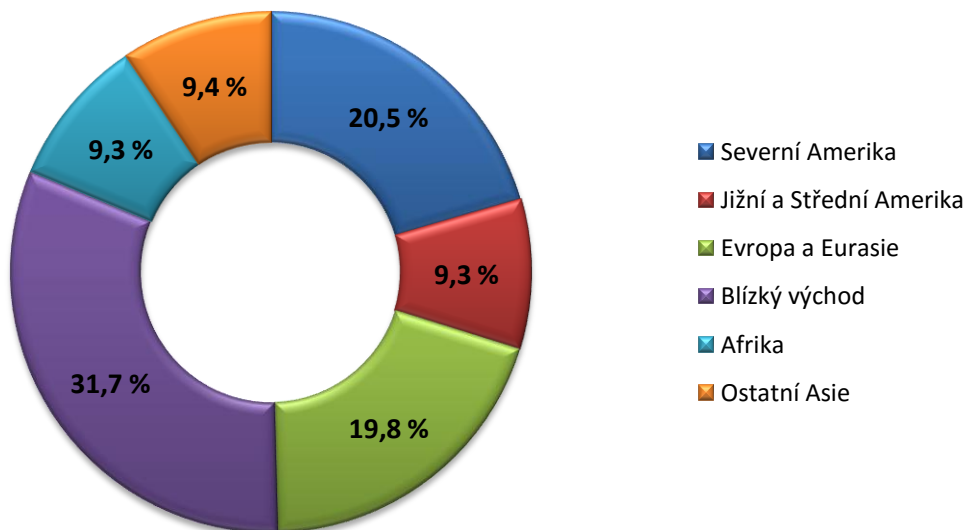
<b>Rok</b>	<b>Severní Amerika</b>	<b>Jižní a Střední Amerika</b>	<b>Evropa a Eurasie</b>	<b>Blízký východ</b>	<b>Afrika</b>	<b>Ostatní Asie</b>	<b>Svět celkem</b>
<b>1965</b>	10 296	4 334	5 644	8 387	2 240	899	<b>31 799</b>
<b>1970</b>	13 257	4 829	7 974	13 904	6 112	1 979	<b>48 056</b>
<b>1975</b>	12 549	3 698	10 988	19 733	5 047	3 808	<b>55 822</b>
<b>1980</b>	14 063	3 747	15 096	18 882	6 225	4 945	<b>62 959</b>
<b>1985</b>	15 305	3 720	16 436	10 645	5 433	5 921	<b>57 460</b>
<b>1990</b>	13 823	4 507	16 074	17 540	6 725	6 716	<b>65 385</b>
<b>1995</b>	13 779	5 782	13 811	20 226	7 111	7 281	<b>67 990</b>
<b>2000</b>	13 891	6 651	15 010	23 724	7 760	7 889	<b>74 925</b>
<b>2005</b>	13 704	7 339	17 524	25 518	9 891	7 988	<b>81 963</b>
<b>2010</b>	13 847	7 350	17 692	25 777	10 095	8 428	<b>83 190</b>
<b>2014</b>	18 721	7 613	17 198	28 555	8 263	8 324	<b>88 673</b>

Zdroj: Bp [online]. ©1996-2015 [cit. 2015-10-06]. Dostupné z: <http://www.bp.com/en/global/corporate.html>



Graf 2: Těžba ropy (v tisících barelů denně)

Zdroj: vlastní zpracování



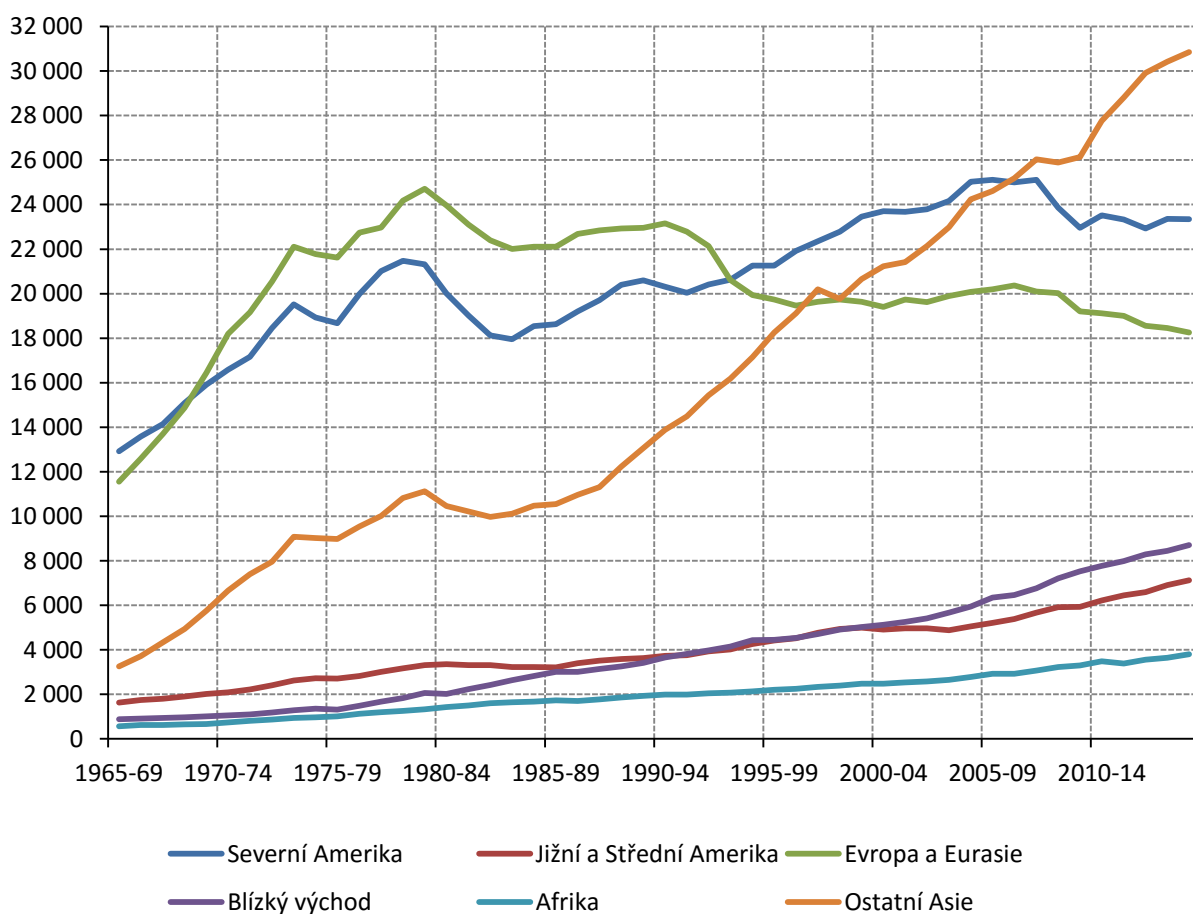
Graf 3: Celkový podíl na těžbě ropy v roce 2014

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka 4: Spotřeba ropy (v tisících barelů denně)

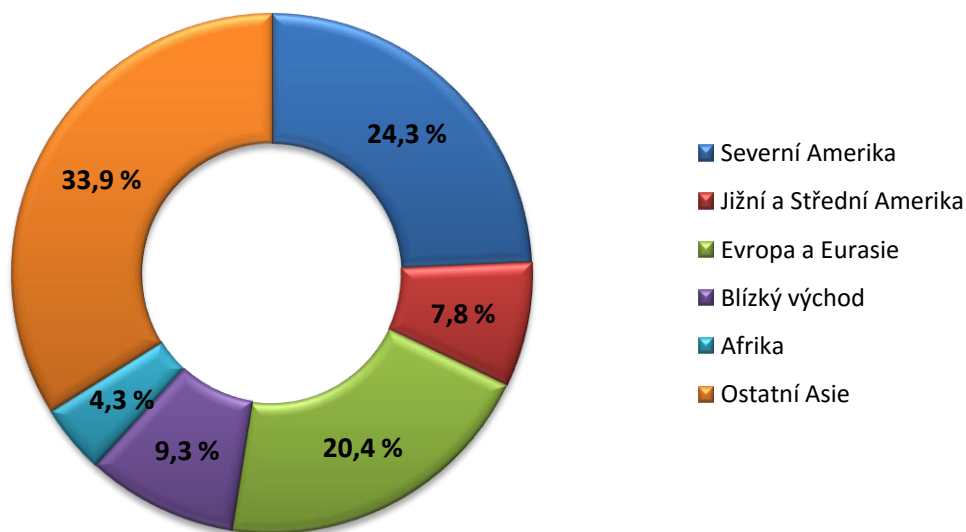
Rok	Severní Amerika	Jižní a Střední Amerika	Evropa a Eurasie	Blízký východ	Afrika	Ostatní Asie	Svět celkem
1965	12 927	1 629	11 553	887	562	3 249	30 806
1970	16 593	2 094	18 198	1 051	742	6 670	45 348
1975	18 679	2 717	21 623	1 309	1 013	8 986	54 327
1980	20 008	3 364	23 957	2 014	1 425	10 466	61 233
1985	18 627	3 218	22 112	3 016	1 731	10 543	59 247
1990	20 316	3 727	23 162	3 658	1 995	13 880	66 737
1995	21 263	4 417	19 737	4 443	2 212	18 249	70 322
2000	23 709	4 911	19 410	5 124	2 487	21 227	76 868
2005	25 119	5 214	20 199	6 346	2 919	24 614	84 411
2010	23 511	6 220	19 125	7 766	3 479	27 766	87 867
2014	23 347	7 125	18 252	8 706	3 800	30 856	92 086

Zdroj: Bp [online]. ©1996-2015 [cit. 2015-10-06]. Dostupné z: <http://www.bp.com/en/global/corporate.html>



Graf 4: Spotřeba ropy (v tisících barelů denně)

Zdroj: vlastní zpracování



*Graf 5: Celkový podíl na spotřebě ropy v roce 2014*

*Zdroj: vlastní zpracování*

## 4.2 Zásoby ropy

Pokud je budoucnost naší technické civilizace, tak jak ji známe za posledních několik století, úzce spjata s dostupností energie, a to především ropy, musíme důkladně zvažovat, z jakých podkladů vycházíme. Kdyby na celém světě platily pro ropná ložiska evropské či americké standardy, pohybovali bychom se zhruba v 70–80% jistotě, že to, co o ověřených zásobách víme, odpovídá skutečnosti. [8]

Jak se počítají světové zásoby ropy? Princip je velice jednoduchý a přitom poskytuje prostor pro velké množství chyb. Téměř všechny světové úvahy o množství dostupné ropy vycházejí ze statistik shromážděných v redakcích dvou základních časopisů – World Oil a Oil & Gas Journal. Tyto redakce každý rok rozešlou firmám a státům dotazníky a jejich odpovědi prostě přetisknou. V mnoha případech mají pochybnosti o získaných číslech, ale vědomou strategií obou redakcí není zavádět nějaká diskutabilní nová čísla či kontrolovat údaje. Přesnější evidence 18 000 ropných ložisek je vedena u společnosti Petroconsultants v Ženevě. Proč státy a firmy neuvádějí přesná čísla? Uveďme si jeden názorný příklad. Třináct států OPEC koncem 80. let 20. století začalo rozdělovat těžební kvóty podle výše ověřených zásob. V podstatě přes noc šest států zvýšilo hodnotu ověřených zásob o 42–197 %, aniž by v té době nahlásily

objev nějakého nového ložiska. Tímto administrativním činem svět „získal“ 287 miliard barelů zásob ropy, tedy světovou spotřebu na zhruba deset let nebo jinými slovy asi 1,5krát tolik ropy, kolik jí kdy bylo vytěženo v USA. Část této ropy pravděpodobně existuje a představuje nově objevené a dosud nezapočítané zásoby, ale část (možná podstatná část) je považována za fiktivní. Přímé důkazy neexistují, protože výše zásob je v mnoha zemích považována za státní či firemní tajemství. O Kuvajtu některé zdroje tvrdí, že má jen polovinu uváděných zásob (tedy 50 miliard barelů). Běžně se uvádí, že Blízký východ má dvě třetiny světových zásob ropy, ale ve skutečnosti pokud započteme nekonvenční zdroje, jako jsou ropné písky, dostaneme se na číslo ukazující 47,7 %. Kanada měla před několika lety zásoby ropy ve výši pěti miliard barelů, ale dnes se, díky nekonvenčním zdrojům v ropných píscích, posunula na třetí místo za Saúdskou Arábii a Venezuelu a její ověřené zásoby vzrostly na 172,9 miliard barelů. [8]

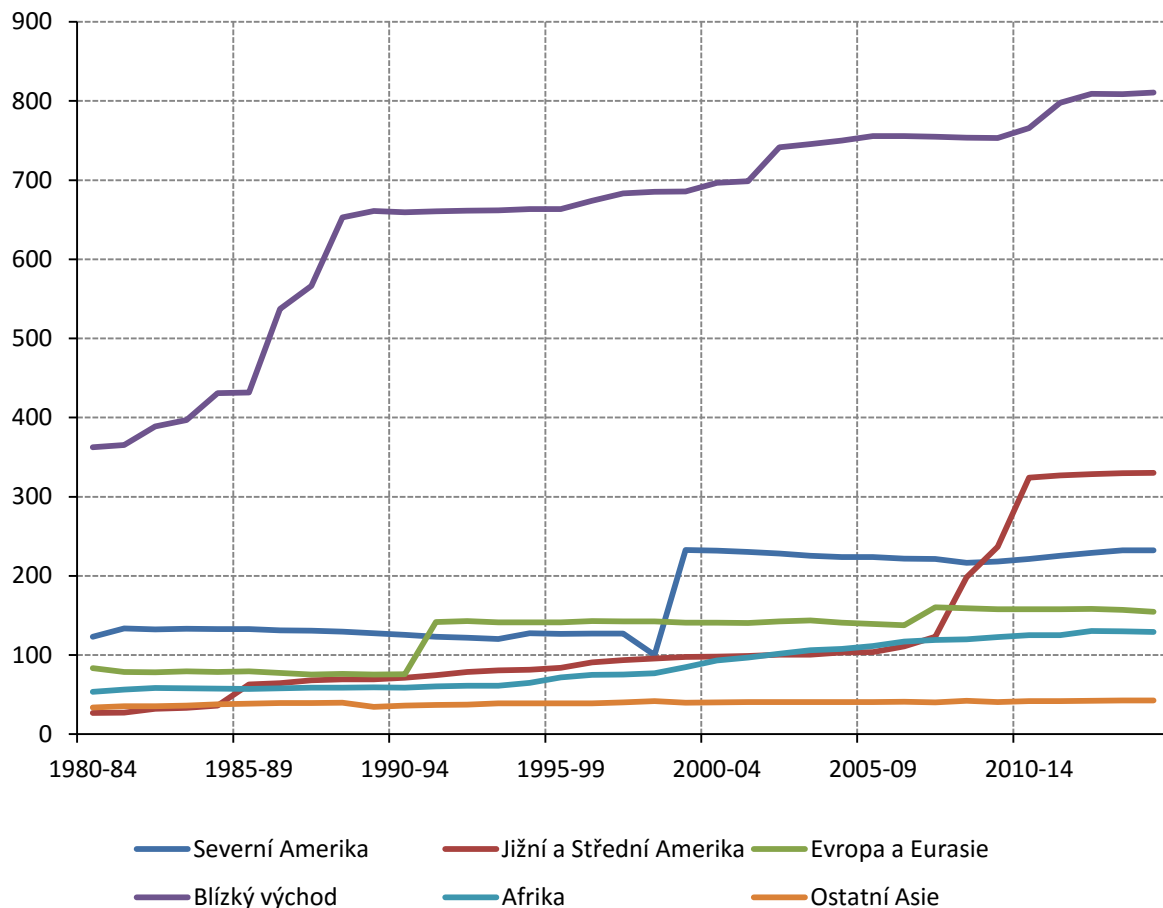
Zjednodušeně řečeno firmy lžou, aby si zlepšily pozici na trhu, a státy lžou, aby lépe dosáhly na dobré bankovní úvěry a zvýšily svoji prestiž. Dnes není nutně velmocí jen stát, který má jaderné zbraně, ale také ten, který má ropné zásoby. Některé státy, jako je Mexiko a pravděpodobně státy celé západní Evropy a také USA, žijí v zajetí příliš optimistické ideologie dalšího růstu a fiktivní nezávislosti. [8]

*Tabulka 5: Ověřené zásoby ropy (v miliardách barelů)*

<b>Rok</b>	<b>Severní Amerika</b>	<b>Jižní a Střední Amerika</b>	<b>Evropa a Eurasie</b>	<b>Blízký východ</b>	<b>Afrika</b>	<b>Ostatní Asie</b>	<b>Svět celkem</b>
<b>1980</b>	123,3	26,7	83,6	362,4	53,4	33,9	<b>683,4</b>
<b>1985</b>	132,9	62,9	79,3	431,7	57,0	38,7	<b>802,6</b>
<b>1990</b>	125,4	71,5	75,9	659,6	58,7	36,3	<b>1 027,5</b>
<b>1995</b>	126,9	83,7	141,2	663,3	72,0	39,1	<b>1 126,2</b>
<b>2000</b>	232,1	97,9	141,1	696,7	93,0	40,1	<b>1 300,9</b>
<b>2005</b>	223,6	103,6	139,5	755,5	111,3	40,8	<b>1 374,4</b>
<b>2010</b>	221,6	324,2	157,9	765,9	125,0	42,0	<b>1 636,6</b>
<b>2014</b>	232,5	330,2	154,8	810,7	129,2	42,7	<b>1 700,1</b>

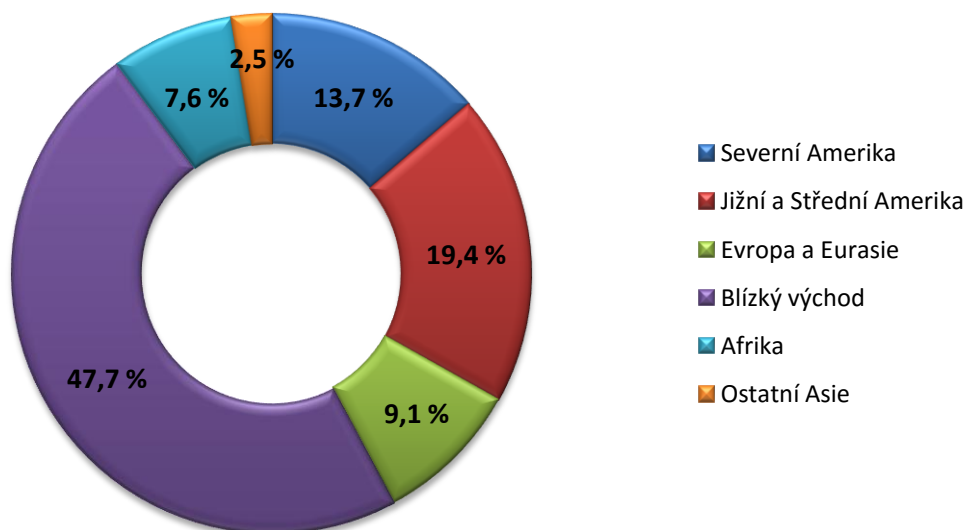
*Zdroj: Bp [online]. ©1996-2015 [cit. 2015-10-06]. Dostupné z: <http://www.bp.com/en/global/corporate.html>*





Graf 6: Ověřené zásoby ropy (v miliardách barelů)

Zdroj: vlastní zpracování



Graf 7: Celkový podíl na ověřených zásobách ropy v roce 2014

Zdroj: vlastní zpracování

OPEC, a to zejména Saúdská Arábie a čtyři sousedící státy, jsou a další desítky let zůstanou rozhodující ropnou silou celé zeměkoule. Írán má větší ropné zásoby než Rusko a zůstává (pokud o výši zásob výrazně nelže) globálním hráčem. To platí i pro Irák, Kuvajt a Spojené arabské emiráty. Významný vliv na Evropu má a bude mít Rusko a ve středozevní oblasti také Libye. Podobnou pozici má v Jižní Americe Venezuela. Zajímavá je role obrovského Kazachstánu s rostoucími zásobami nejenom ropy, ale i uranu a dalších surovin. V první polovině 20. století by podobnou tabulku bezkonkurenčně vedly Spojené státy americké jako tehdejší hlavní světový producent a vývozce ropy. Pozice globálních ropných hráčů se může v časovém horizontu 10–20 let radikálně změnit. [7]

### **4.3 OPEC – organizace zemí vyvážejících ropu**

Saúdská Arábie je bezesporu klíčovou zemí organizace OPEC (Organization of Petroleum Exporting Countries). Podle stanov je hlavním úkolem této organizace koordinace a sjednocení ropné politiky jejích členských států, zajišťování stabilizace cen ropy na světových trzích, ochrana zájmů a zajištění stabilního příjmu produkujícím státům; dále pak efektivní, ekonomické a pravidelné dodávky ropy spotřebitelským státům a investorům za zajištění odpovídající návratnosti investic do ropného sektoru. Venezuela je sice na posledním místě abecedního seznamu zemí OPECu, ale byla to právě ona, kdo přišel s myšlenkou koordinovaného postupu zemí produkujících ropu. [9]

Již v roce 1949 vstoupila Venezuela do jednání s Íránem, Irákem, Kuvajtem a Saúdskou Arábií. Organizace pod názvem OPEC byla však založena až v roce 1960. K zakládajícím pěti členům postupně přibyly další země. Kromě dvanácti zemí, které jsou dnes členy organizace OPEC, byly po určitou dobu členy také Gabon a Indonésie. Produkce ropy v Indonésii poklesla natolik, že od roku 2004 ropu dováží, místo aby ji vyvážela. A jelikož se nepodařilo Indonésii v krátkém časovém úseku nalézt nová ropná pole a obnovit tak vývoz ropy, musela v roce 2009 vystoupit z organizace OPEC. Další potenciální členské země jsou Bolívie, Súdán a Sýrie, které byli přizváni ke vstupu do OPEC. Brazílie v současné době členství zvažuje kvůli nově nalezeným zásobám ropy v Atlantiku. [9]

Historicky vzato dodržovala OPEC svoje stanovy spíše výjimečně. Bez nadsázky lze organizaci OPEC uvádět jako učebnicový příklad kartelové dohody. Příkladů k tomuto tvrzení v necelé šedesátileté historii organizace OPEC je mnoho. Rozhodně nejznámější je ropná krize v roce 1973, která byla vyvolána jednotným a koordinovaným postojem členských států OPECu. Záminkou se stala jomkipurská válka, známá též jako válka ze dne smíření, nebo také říjnová válka. Celá krize byla bezprostřední příčinou celosvětového zpomalení ekonomiky a nastartování inflace. Vliv ropné krize byl eliminován až někdy kolem roku 1982, trval tedy téměř celé desetiletí. [8]

Význam a vliv organizace OPEC byl v osmdesátých a devadesátých letech částečně omezen intenzivní těžbou ropy v Severním moři a v Mexickém zálivu. Především Velká Británie a Norsko se staly významnými producenty a vývozci ropy. Naneštěstí produkce ropy v obou těchto důležitých lokalitách (v Severním moři i Mexickém zálivu) začala postupně klesat. Pokles ropné produkce v Severním moři je téměř alarmující. Opět se tak postupně zvyšuje důležitost a váha organizace OPEC. V současné době země OPECu produkují přibližně 41 % celosvětové spotřeby ropy. Odhaduje se, že země OPECu disponují přibližně 72 % světových ropných zásob. [2]

## 4.4 Dostupnost ropy

Zásoby jsou jedna věc a schopnost dopravit ropu ke spotřebiteli druhá věc. Nová, velká ložiska se nalézají ve vzdálených částech světa a v obtížných geologických a transportních podmínkách. Trvá dlouho je nalézt, otevřít a ropu dopravit do rafinerie. Průměrná doba mezi objevem a plnou těžbou je na pevnině šest let, ve složitých podmínkách a na moři osm až deset let. V ropném průmyslu je všechno drahé – vrtání, geofyzikální průzkum – ale nejnákladnější je doprava a logistická struktura. Ropný průmysl, to je víc než vrtná věž; je to síť ropovodů, terminálů, rafinerií, tankerů a benzinových stanic. Mnohá tato zařízení jsou někdy zanedbávána desítky let. Víme již, že málokterou těžbu se podaří realizovat za méně než šest let a v případě mořských plošin za ještě delší dobu. Náklady na udržování plošiny jsou tak velké, že většinou již během jednoho roku je těžba zvyšována na maximum a ložiska bývají rychle opouštěna. [4]

Většina velkých ložisek, která ze dvou třetin zásobují světový trh, byla objevena před 30–40 lety a dnes se nalézají v etapě svého druhého života. Tato situace bývá přirovnána ke sklenici napůl dopitého piva. Dobrá zpráva je v tom, že je co pít, špatná,

že žízeň roste a z vašeho pultu by si chtěl loknout soused. Dostupnost ropy na existujících zaběhaných ložiscích klesá v průměru o dvě procenta ročně. Tento výpadek musí být stále kompenzován dalšími a dalšími nově otevíranými ložisky. Ve skutečnosti ale může těžba na standardních ložiscích klesat rychleji, a to především z důvodů nadhodnocených zásob, technologických problémů, klimaticky a politicky nestabilního světa nebo rostoucí spotřeby v Číně a Indii. [4]

## 4.5 Konvenční a nekonvenční ropné zdroje

Není pochyby o tom, že ropa je klíčovým energetickým zdrojem. Ropa je výjimečná nejen tím, že je to jeden z nejsnadněji přístupných energetických zdrojů, ale také tím, že to je výchozí surovina pro mnoho průmyslových odvětví. Existence plastických hmot není myslitelná bez ropy. Přes 40 % celosvětové spotřeby energie pochází z ropy. Na dopravě se ropa podílí enormními 98 %. Dnes se považuje za dobrou energetickou bilanci, je-li hodnota energetické návratnosti konvenční ropy (ERoEI) nad 30. Asfaltové písky mají ERoEI v nejlepším případě okolo 3. Tmavé břidlice skrývají takové množství ropy, které by stačilo pokrýt naši současnou světovou spotřebu na celá dlouhá desetiletí či dokonce možná i staletí. Bohužel technologické procesy získávání ropných produktů z ropných břidlic, které vyžadují dlouhodobé, několik let trvající zahřívání hornin, nepřekročily hodnotu ERoEI přes 1,5 a navíc enormně ekologicky zatěžují přírodu. [12]

Konvenční ropa je ta, která teče z obrubně ropné studny, nekonvenční ropa je ropa získávaná jinými než tradičními těžebními metodami. V současnosti je nekonvenční ropná produkce finančně a energeticky nákladnější a některé typy mají závažnější ekologické důsledky než tradiční těžba ropy. Její zdroje jsou dehtové písky, ropné břidlice, biopaliva, termální depolymerizace<sup>33</sup> organické hmoty a přeměna uhlí nebo zemního plynu na kapalné uhlovodíky Fischer–Tropschovou syntézou.<sup>34</sup> Tyto nekonvenční zdroje ropy budou pravděpodobně v budoucnosti hrát větší úlohu než dnes, vzhledem k tomu, že světové zásoby ropy jsou konečné. Ropné písky v Kanadě a Venezuele obsahují třetinu ekvivalentu všech světových ropných zásob (kolem 500 miliard barelů), tmavé břidlice obsahují možná až trojnásobek tohoto množství a rovněž

---

<sup>33</sup> termální depolymerizace je nová metoda, pomocí které se dají štěpit komplexní organické materiály, nejčastěji biomasa, ale i plastový odpad nebo čistírenské odpadní kaly

<sup>34</sup> Fischer–Tropschova syntéza je katalyzovaná chemická reakce, ve které jsou oxid uhelnatý, vodík nebo metan za teploty 200–350 °C a pod velkým tlakem přeměňovány na různé kapalné uhlovodíky

metanové hydráty<sup>35</sup> na dně hlubokých plání všech světových oceánů obsahují až desetinásobek světových zásob ropy. Tato situace vypadá optimisticky, ale ve skutečnosti ještě nějakou tu dobu potrvá, než půjdou metanové hydráty těžít ve velkém. Tmavé břidlice představují zdroj na samé hranici možné energetické návratnosti a s ropnými písky je spjato velké množství environmentálních, těžebních a energetických problémů. [12]

---

<sup>35</sup> metanové hydráty bývají nazývány také jako „hořlavý led“, jsou to ložiska plynu uzavřená v ledových krystalech na dně hlubokých plání všech světových oceánů

## 5 Marion King Hubbert a jeho teorie ropného vrcholu

Je triviálním faktem, že geofyzikové nefigurují na předních místech žebříčku známých osobností. Přitom práce geofyziků má na náš život určitě větší vliv než čtyřletá existence leckterého politika, parametry královny krásy nebo výkony profesionálního fotbalisty. Marion King Hubbert bezesporu patří mezi světově nejznámější geology a geofyziky a určitě by na seznamu významných osobností neměl chybět. Narodil se v Texasu v roce 1903 a svou odbornou kariéru začal jako pomocný geolog u ropné firmy Amerada Petroleum Company. Po získání doktorského titulu začal pracovat ve výzkumných laboratořích firmy Shell, ale pak přešel na místo vědeckého pracovníka Americké geologické služby (United States Geological Survey – USGS). [12]

Během své kariéry působil Hubbert také jako profesor geologie na takových renomovaných univerzitách jako je Stanford University či UC Berkeley. Je zřejmé, že M. King Hubbert o ropě a fosilních palivech věděl hodně. Přemýšlel a zabýval se i vývojem a budoucností ropy a fosilních paliv a jejich vazbami na společnost. Právě jeho makrosociální cítění zakotvené v praktické geologii stálo za jevem, kterému se anglicky říká „peak oil“ neboli ropný zlom či ropný vrchol. [12]

### 5.1 Ropný zlom

Ropný zlom je teorie zabývající se dlouhodobými předpověďmi spotřeby a vyčerpání ropy. Tvrdí, že jelikož zdroje ropy jsou neobnovitelné, musí úroveň těžby ropy nevyhnutelně dosáhnout svého vrcholu a poté začít klesat. Těžba ropy podle této teorie sleduje tzv. Hubbertovu křivku (podobnou Gaussově křivce). Nejvíce diskutované je na této teorii datum, kdy má tento vrchol nastat. Do dnešní doby dosáhlo vrcholu těžby mnoho oblastí, např. Severní moře v roce 1999 (nyní v něm klesá produkce ropy tempem 10–12 % ročně). Těžba ropy klesá ve 21 ze 49 zemí, které jsou největšími producenty ropy, u 25 zemí těžba roste a u 3 zemí stagnuje. Tato teorie neznamena, že po ropném vrcholu ropa náhle dojde, ale že se její těžba bude postupně snižovat. Vzhledem ke skutečnosti, že se ropa ve větším měřítku začala těžit asi před 150 lety, se dá očekávat, že zhruba stejnou dobu by mohla těžba ropy pokračovat i po

dosazení vrcholu. Problém je právě v postupně se zmenšujících objemech těžené ropy, které znamenají budoucí razantní nárůst její ceny. Ropnému vrcholu se proto také někdy přezdívá „konec levné ropy“. Z nejrůznějších důvodů (nejvíc asi z důvodu nedostatečného zmapování světových ropných rezerv) je těžké předpovědět, kdy nastane vrchol těžby v jednotlivých regionech. [5]

Tuto teorii podporuje fakt, že křivka objevů nových ropných nalezišť dosáhla vrcholu v 60. letech a od té doby neustále klesá. Od roku 1980 spotřebovává lidstvo každý rok více ropy, než činí nové objevy. Dalším argumentem je, že náklady na těžbu ropy se stále zvyšují, jelikož ropa je těžitelná už jen na stále méně a méně dostupných místech. Podle některých zdrojů vyplývá z oficiálních statistik kartelu OPEC, že tzv. lehká sladká ropa se už nyní nachází za vrcholem těžby a její produkce klesá. Tento typ ropy je nejžádanější, protože se nejsnáze zpracovává, a zřejmě bude také nejdříve vyčerpán. Současný nedostatek rafinérských kapacit je podle těchto zdrojů dán právě tím, že rafinérie nejsou připraveny na zpracovávání většího množství těžší ropy s větším obsahem síry, např. z Blízkého východu. [5]

Z Hubbertových rozborů vyplývá, že produkce ropy se v podstatě řídí závislostí velice podobnou Gaussově funkci. Na základě rozborů dostupných dat o jednotlivých polích a regionech lze předpovědět časový průběh čerpání ropy. Nejprve strmý nárůst následovaný vrcholem a pak postupný neodvratitelný strmý pokles. Hubbert aplikoval svoji teorii na ropnou produkci kontinentální části Spojených států a předpověděl vrchol ropné produkce na roky 1966–1972. Jeho rozbor byl správný a přesný, produkce v kontinentální části Spojených států dosáhla vrcholu v roce 1970. Správnost Hubbertovy teorie se postupně potvrzovala na dalších a dalších ropných polích a regionech. Hubbertova teorie o vzestupu těžby, jejím vyvrcholení a následném sestupu dovoluje v závislosti na velikosti ložiska a jeho geologii předvídat časový průběh a ukazuje se, že je univerzální a platí pro jednotlivá ložiska, pro všechny státy produkující ropu, a dokonce i pro celosvětovou produkci. Vrchol Hubbertovy křivky, bod zlomu produkce ropy, je označován jako ropný zlom (anglicky Peak Oil). Vědět, kdy dojde k ropnému zlomu pro jednotlivá ropná pole, je klíčové pro správné plánování ropných koncernů i státních ekonomik. Celosvětový ropný zlom neboli bod, od kterého nebude již fyzicky ani technicky možné zvyšovat celosvětovou produkci ropy, se zdá

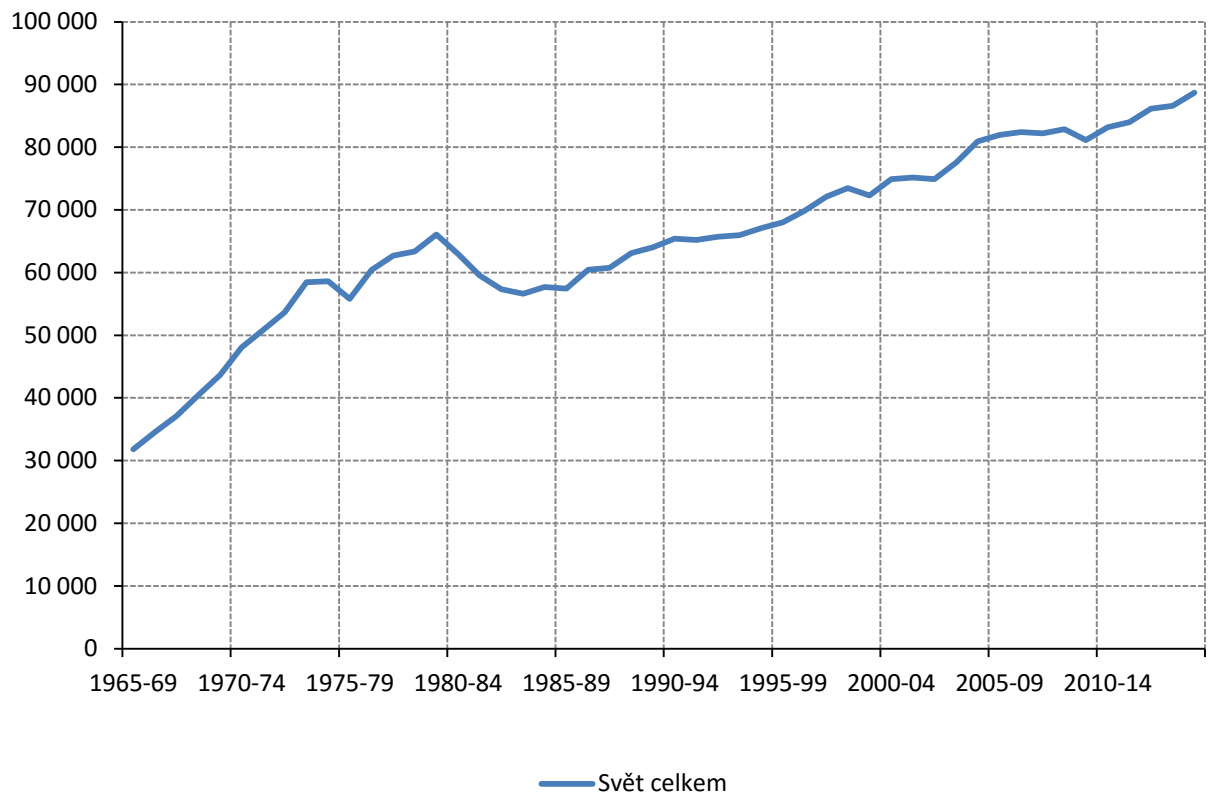
být skutečným životně důležitým mezníkem pro osud celé naší dnešní civilizace, tak jak ji známe. [5]

Hovoříme o ropném zlomu, protože slovo „zlom“ v sobě nese určitou naléhavost, kterou v této době potřebujeme, abychom se probudili z iluze, že z ropovodu Družba a dalších podobných zařízení ropa tekla vždycky „sama od sebe“ a tak tomu bude navždy. Možná bude přesnější hovořit o ropném vrcholu, kde slovo „vrchol“ znamená bod postupného poklesu, který indikuje dlouhodobé přicházející problémy, jež se dají oddálit systémem úspor, daní, cen a náhradních zdrojů. [7]

## 5.2 Hubbertova křivka

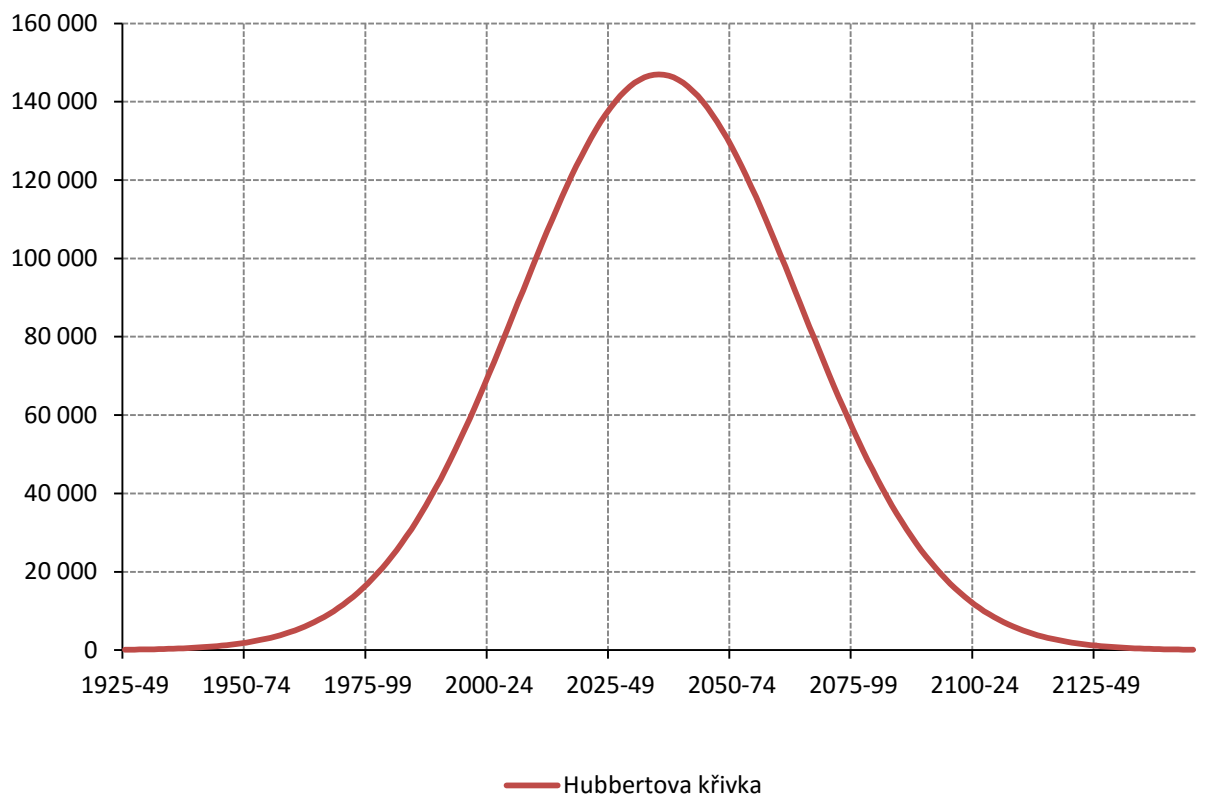
Skutečnost, že těžba ropy v čase vždy probíhá podle určité křivky, objevil už v 50. letech geolog firmy Shell M. King Hubbert. Platnost křivky, později nazvané po něm Hubbertovou, dokázal nejdříve na jednotlivých ropných polích, a potom i pro celé Spojené státy. Podle Hubbertova modelu je na začátku produkce na novém ropném poli malá, protože ještě není vybudována všechna potřebná infrastruktura. Jak jsou uváděna do provozu stále účinnější těžební zařízení, produkce stoupá. V určitém bodě je dosaženo maxima, které nelze překonat ani s lepší technologií ani s dalšími vrty. Po tomto vrcholu těžba nejprve pomalu, pak stále více klesá. Ještě předtím než je naleziště zcela vyčerpáno, je dosaženo bodu, kdy je další těžba neekonomická a pole je opuštěno. Je zřejmé, že s rostoucím počtem vrtů se křivka vyhlazuje a blíží ideálnímu tvaru. Ten je dán tím, že se vždy nejdříve vytěží snadno dostupná a tedy z hlediska nákladů relativně levná ropa. Jakmile však začne výtěžnost vrtu klesat a jednotkové náklady na těžbu stoupat, nutně se dospěje do okamžiku, kdy se do těžby vloží více, než z vrtu dostaneme – a je lhostejné, zda náklady vyjádříme ve finančních nebo fyzikálních jednotkách. Jestliže se do těžby musí vkládat více peněz nebo energie, než se pak v podobě ropy vrátí, těžba končí. [3]





*Graf 8: Celosvětová těžba ropy (v tisících barelů denně)*

*Zdroj: vlastní zpracování*



*Graf 9: Vývoj Hubbertovy křivky pro celosvětovou těžbu ropy (v tisících barelů denně)*

*Zdroj: vlastní zpracování*

Hubbertova křivka je grafické vyjádření derivace funkce  $Q(t) = Q_{max} / (1 + a \cdot e^{b \cdot t})$ ,  $Q_{max}$  je celková prokázaná zásoba zdroje,  $Q(t)$  je kumulativní produkce a  $(a, b)$  jsou konstanty.

Modely různých autorů jsou pochopitelně různé, avšak průběh křivek je podobný. Vývoj Hubbertovy křivky v grafu číslo 9 ukazuje, že v roce 2035 se budeme pravděpodobně nacházet v období, kdy lidstvo vytěží polovinu všech svých známých zásob ropy. Z mnoha stran slyšíme názory, že je svět již za touto hranicí, a uvádějí se katastrofické scénáře možných dopadů. Naopak mnozí odpůrci této teorie tvrdí, že produkce ropy dosáhne svého vrcholu nejdříve za 30 let, a někteří dokonce to, že nic takového jako ropný vrchol nenastane.

Základní teorie ropného vrcholu spočívá v tvrzení, že nevyhnutelně nastane okamžik, kdy produkce ropy, pro naše účely celosvětově, dosáhne svého maxima. V tomto bodu se těžba ropy začne postupně snižovat a její cena začne výrazně růst. Teorie vychází především z neobnovitelnosti ropy a energetické náročnosti těžby.

## 6 Predikce

V praktické části je vypočtena predikce<sup>36</sup> ceny, těžby a spotřeby ropy pro následujících dvacet let pomocí statistického programu Statgraphics Centurion XVI. Tento program provádí a vysvětluje základní i pokročilé statistické funkce. Tento software byl vytvořen v roce 1980 doktorem Neilem Polhemusem.

Predikce je vypočtena pomocí trendové analýzy. Tato analýza spadá do analýzy časových řad. Jedná se o popis vztahu ukazatele na čase pomocí určité matematické funkce. V této práci budou otestovány základní matematické funkce, ze kterých posléze bude vybrána nejvhodnější funkce, která by zajistila nejpřesnější predikci. Ve výpočtu uvažují přímkou, exponenciálu a hyperbolu.

Na hladině významnosti 5 % je testována přímkou, exponenciála a hyperbola jako možný vhodný model pro predikci ceny, těžby a spotřeby ropy pomocí ukazatele P – value a RMSE. P – value je taková nejnižší možná hladina významnosti – určená na základě hodnoty testového kritéria, při které lze ještě zamítnout nulovou hypotézu. RMSE je možná chyba modelu. Čím menší je hodnota ukazatele RMSE, tím přínosnější je model.

### 6.1 Cena ropy

Při predikci ceny ropy se vycházelo z údajů v tabulce číslo 2 (Ceny ropy v letech 1861–2014 v amerických dolarech za barel).

- Test číslo 1:

Na hladině významnosti 5 % je testována přímkou jako možný vhodný model pro predikci ceny ropy pomocí ukazatele P – value a RMSE.

$H_0$ : přímkou není vhodným modelem

$H_1$ : non  $H_0$  (= přímkou je vhodným modelem)

Lineární rovnice =  $-12,6845 + 0,307953t$

Cena ropy vzrostla v průměru o 0,307953.

---

<sup>36</sup> predikce je odhad budoucích hodnot skutečného průběhu neboli předpověď, předpoklad

P – value parametru a = 0,000019 < 0,05

P – value parametru b = 0,000000 < 0,05

Oba parametry přímky jsou přínosné.

$H_0$  zamítáme a  $H_1$  přijímáme na hladině významnosti 5 %.

Přímka je vhodným modelem pro predikci ceny ropy.

RMSE = 17,7121

- Test číslo 2:

Na hladině významnosti 5 % je testována exponenciála jako možný vhodný model pro predikci ceny ropy pomocí ukazatele P – value a RMSE.

$H_0$ : exponenciála není vhodným modelem

$H_1$ : non  $H_0$  (= exponenciála je vhodným modelem)

Exponenciální rovnice =  $\exp(-0,798526 + 0,0247008t)$

P – value parametru a = 0,000002 < 0,05

P – value parametru b = 0,000000 < 0,05

Oba parametry exponenciály jsou přínosné.

$H_0$  zamítáme a  $H_1$  přijímáme na hladině významnosti 5 %.

Exponenciála je vhodným modelem pro predikci ceny ropy.

RMSE = 19,2465

- Test číslo 3:

Na hladině významnosti 5 % je testována hyperbola jako možný vhodný model pro predikci ceny ropy pomocí ukazatele P – value a RMSE.

$H_0$ : hyperbola není vhodným modelem

$H_1$ : non  $H_0$  (= hyperbola je vhodným modelem)

Kvadratická rovnice =  $15,7281 - 0,78484t + 0,00705028t^2$

P – value parametru a = 0,00001 < 0,05

P – value parametru b = 0,00000 < 0,05

P – value parametru c = 0,00000 < 0,05

Všechny tři parametry hyperboly jsou přínosné.

$H_0$  zamítáme a  $H_1$  přijímáme na hladině významnosti 5 %.

Hyperbola je vhodným modelem pro predikci ceny ropy.

RMSE = 12,5469

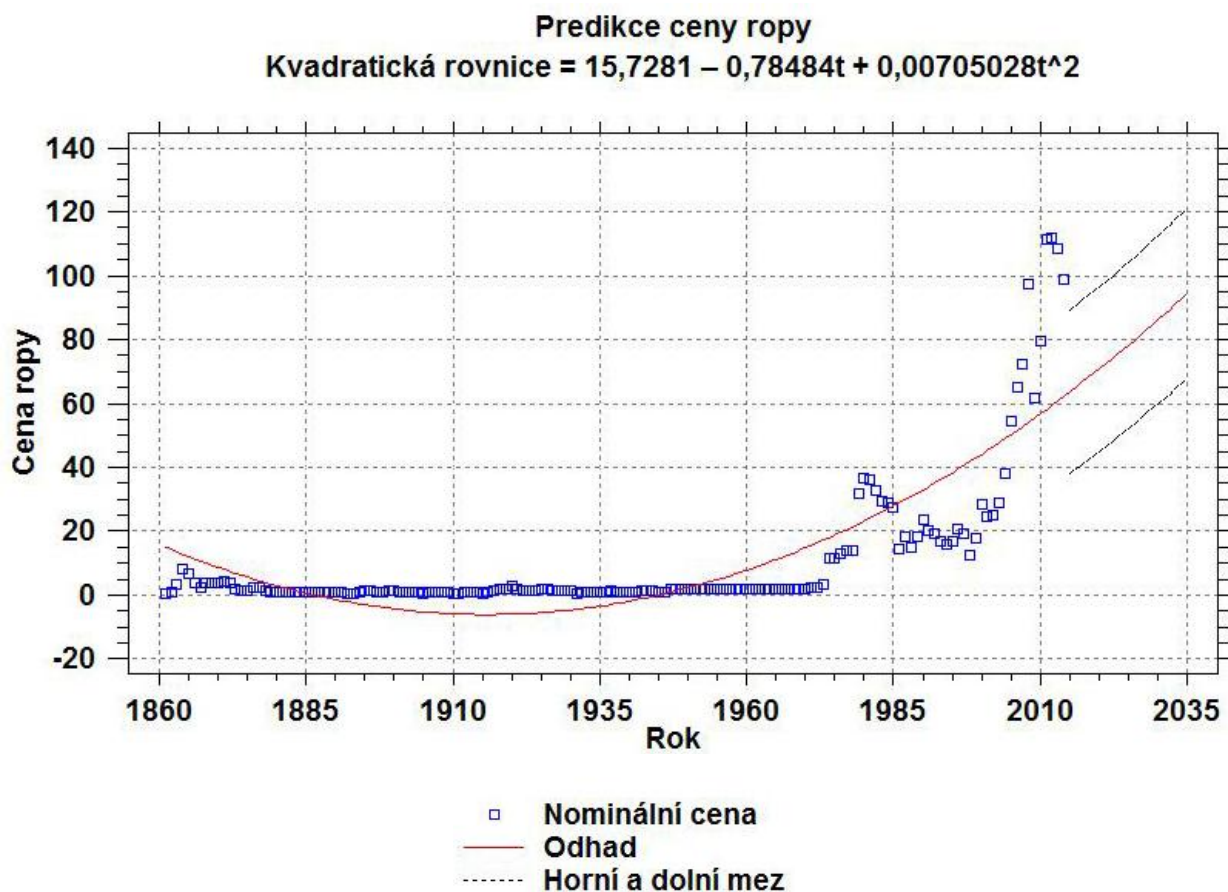
Nejvhodnějším modelem pro predikci ceny ropy byla vybrána hyperbola. Tento model má hodnotu P – value statisticky významnou u všech třech parametrů a je nižší než u přímky a exponenciály. Model má k tomu ještě navíc nejnižší chybu statistického odhadu. Z tohoto důvodu byla vybrána pro předpověď budoucích hodnot ceny ropy hyperbola. Predikci ceny ropy pro následujících dvacet let, která je vypočtena pomocí trendové analýzy udává následující tabulka.

*Tabulka 6: Predikce ceny ropy pro následujících dvacet let (v amerických dolarech za barel)*

<b>Rok</b>	<b>Odhad</b>	<b>Dolní mez (95 %)</b>	<b>Horní mez (95 %)</b>
2015	63,46	37,93	88,98
2016	64,86	39,30	90,42
2017	66,29	40,68	91,89
2018	67,72	42,08	93,36
2019	69,17	43,49	94,86
2020	70,64	44,90	96,37
2021	72,11	46,34	97,89
2022	73,61	47,78	99,43
2023	75,11	49,24	100,99
2024	76,63	50,70	102,56
2025	78,17	52,18	104,15
2026	79,72	53,68	105,76
2027	81,28	55,18	107,38
2028	82,86	56,70	109,02
2029	84,45	58,22	110,67
2030	86,05	59,76	112,34
2031	87,67	61,32	114,03
2032	89,31	62,88	115,73
2033	90,95	64,46	117,45
2034	92,62	66,04	119,19
2035	94,29	67,64	120,94

*Zdroj: vlastní výpočet pomocí programu Statgraphics*

Hodnoty z tabulky se dají interpretovat tak, že například v roce 2016 lze očekávat, že s 95% spolehlivostí se cena ropy bude pohybovat mezi 39,30 až 90,42 dolary za barel.



*Graf 10: Predikce ceny ropy pro následujících dvacet let (v amerických dolarech za barel)*

*Zdroj: vlastní zpracování pomocí programu Statgraphics*

## 6.2 Těžba ropy

Při predikci těžby ropy se vycházelo z údajů v tabulce číslo 3 (Těžba ropy v tisících barelů denně).

- Test číslo 1:

Na hladině významnosti 5 % je testována přímka jako možný vhodný model pro predikci těžby ropy pomocí ukazatele P – value a RMSE.

$H_0$ : přímka není vhodným modelem

$H_1$ : non  $H_0$  (= přímka je vhodným modelem)

Lineární rovnice =  $42\,252 + 910,166t$

Těžba ropy vzrostla v průměru o 910,166.

P – value parametru a =  $0,00000 < 0,05$

P – value parametru b =  $0,00000 < 0,05$

Oba parametry přímky jsou přínosné.

$H_0$  zamítáme a  $H_1$  přijímáme na hladině významnosti 5 %.

Přímka je vhodným modelem pro predikci těžby ropy.

RMSE = 4 372,6

- Test číslo 2:

Na hladině významnosti 5 % je testována exponenciála jako možný vhodný model pro predikci těžby ropy pomocí ukazatele P – value a RMSE.

$H_0$ : exponenciála není vhodným modelem

$H_1$ : non  $H_0$  (= exponenciála je vhodným modelem)

Exponenciální rovnice =  $\exp(10,6846 + 0,0148665t)$

P – value parametru a =  $0,00000 < 0,05$

P – value parametru b =  $0,00000 < 0,05$

Oba parametry exponenciály jsou přínosné.

$H_0$  zamítáme a  $H_1$  přijímáme na hladině významnosti 5 %.

Exponenciála je vhodným modelem pro predikci těžby ropy.

RMSE = 4 848,16

- Test číslo 3:

Na hladině významnosti 5 % je testována hyperbola jako možný vhodný model pro predikci těžby ropy pomocí ukazatele P – value a RMSE.

$H_0$ : hyperbola není vhodným modelem

$H_1$ : non  $H_0$  (= hyperbola je vhodným modelem)

Kvadratická rovnice =  $40\,239,1 + 1\,142,42t - 4,55393t^2$

P – value parametru a =  $0,000000 < 0,05$

P – value parametru b =  $0,000001 < 0,05$

P – value parametru c =  $0,172929 > 0,05$

Všechny parametry hyperboly nejsou přínosné.

$H_0$  přijímáme a  $H_1$  zamítáme na hladině významnosti 5 %.

Hyperbola není vhodným modelem pro predikci těžby ropy.

RMSE = 4 331,51

Nejvhodnějším modelem pro predikci těžby ropy byla vybrána přímka. Tento model má hodnotu P – value statisticky významnou u obou parametrů stejně jako exponenciála. Na rozdíl od exponenciály má však přímka menší hodnotu statistické chyby odhadu. Z tohoto důvodu byla vybrána pro předpověď budoucích hodnot těžby ropy přímka. Predikci celosvětové těžby ropy pro následujících dvacet let, která je vypočtena pomocí trendové analýzy udává následující tabulka.

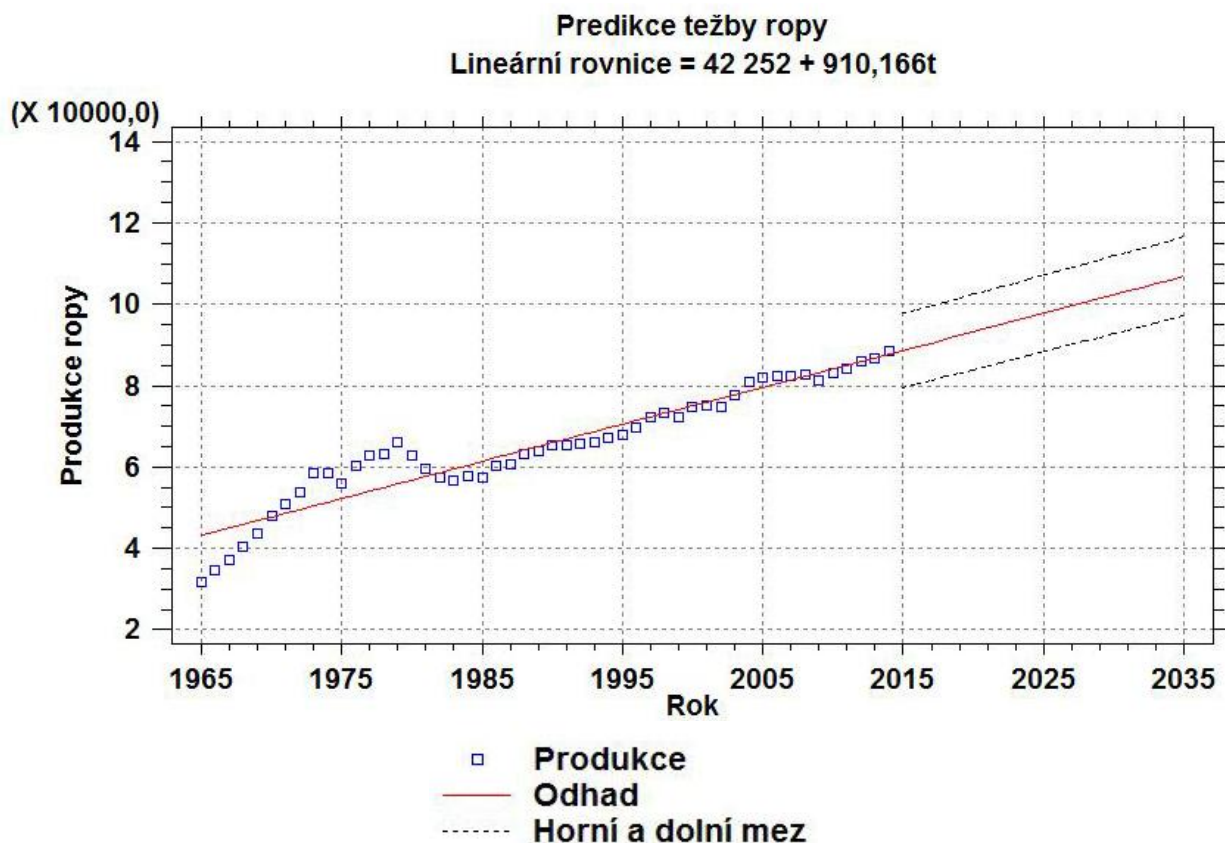
*Tabulka 7: Predikce celosvětové těžby ropy pro následujících dvacet let (v tisících barelů denně)*

<b>Rok</b>	<b>Odhad</b>	<b>Dolní mez (95 %)</b>	<b>Horní mez (95 %)</b>
<b>2015</b>	88 670	79 523	97 817
<b>2016</b>	89 580	80 412	98 748
<b>2017</b>	90 490	81 300	99 680
<b>2018</b>	91 401	82 188	100 613
<b>2019</b>	92 311	83 075	101 547
<b>2020</b>	93 221	83 961	102 481
<b>2021</b>	94 131	84 846	103 416
<b>2022</b>	95 041	85 731	104 352
<b>2023</b>	95 951	86 615	105 288
<b>2024</b>	96 862	87 498	106 225
<b>2025</b>	97 772	88 380	107 163
<b>2026</b>	98 682	89 262	108 102
<b>2027</b>	99 592	90 143	109 041
<b>2028</b>	100 503	91 024	109 981
<b>2029</b>	101 413	91 903	110 922
<b>2030</b>	102 323	92 782	111 863
<b>2031</b>	103 233	93 661	112 805
<b>2032</b>	104 143	94 538	113 748
<b>2033</b>	105 053	95 415	114 691
<b>2034</b>	105 964	96 292	115 635
<b>2035</b>	106 874	97 167	116 580

*Zdroj: vlastní výpočet pomocí programu Statgraphics*



Hodnoty z tabulky se dají interpretovat tak, že například v roce 2016 lze očekávat, že s 95% spolehlivostí se těžba ropy bude pohybovat mezi 80 412 až 98 748 barelů denně.



*Graf 11: Predikce celosvětové těžby ropy pro následujících dvacet let (v tisících barelů denně)*

*Zdroj: vlastní zpracování pomocí programu Statgraphics*

### 6.3 Spotřeba ropy

Při predikci spotřeby ropy se vycházelo z údajů v tabulce číslo 4 (Spotřeba ropy v tisících barelů denně).

- Test číslo 1:

Na hladině významnosti 5 % je testována přímka jako možný vhodný model pro predikci spotřeby ropy pomocí ukazatele P – value a RMSE.

$H_0$ : přímka není vhodným modelem

$H_1$ : non  $H_0$  (= přímka je vhodným modelem)

Lineární rovnice =  $39\,294,8 + 1\,062,81t$

Spotřeba ropy vzrostla v průměru o 1 062,81.

P – value parametru a = 0,00000 < 0,05

P – value parametru b = 0,00000 < 0,05

Oba parametry přímky jsou přínosné.

$H_0$  zamítáme a  $H_1$  přijímáme na hladině významnosti 5 %.

Přímka je vhodným modelem pro predikci spotřeby ropy.

RMSE = 3 662,8

- Test číslo 2:

Na hladině významnosti 5 % je testována exponenciála jako možný vhodný model pro predikci spotřeby ropy pomocí ukazatele P – value a RMSE.

$H_0$ : exponenciála není vhodným modelem

$H_1$ : non  $H_0$  (= exponenciála je vhodným modelem)

Exponenciální rovnice =  $\exp(10,6333 + 0,0171749t)$

P – value parametru a = 0,00000 < 0,05

P – value parametru b = 0,00000 < 0,05

Oba parametry exponenciály jsou přínosné.

$H_0$  zamítáme a  $H_1$  přijímáme na hladině významnosti 5 %.

Exponenciála je vhodným modelem pro predikci spotřeby ropy.

RMSE = 4 526,08

- Test číslo 3:

Na hladině významnosti 5 % je testována hyperbola jako možný vhodný model pro predikci spotřeby ropy pomocí ukazatele P – value a RMSE.

$H_0$ : hyperbola není vhodným modelem

$H_1$ : non  $H_0$  (= hyperbola je vhodným modelem)

Kvadratická rovnice =  $37 117,8 + 1 314t - 4,92542t^2$

P – value parametru a = 0,000000 < 0,05

P – value parametru b = 0,000000 < 0,05

P – value parametru c = 0,076436 > 0,05

Všechny parametry hyperboly nejsou přínosné.

$H_0$  přijímáme a  $H_1$  zamítáme na hladině významnosti 5 %.

Hyperbola není vhodným modelem pro predikci spotřeby ropy.

RMSE = 3 578,72

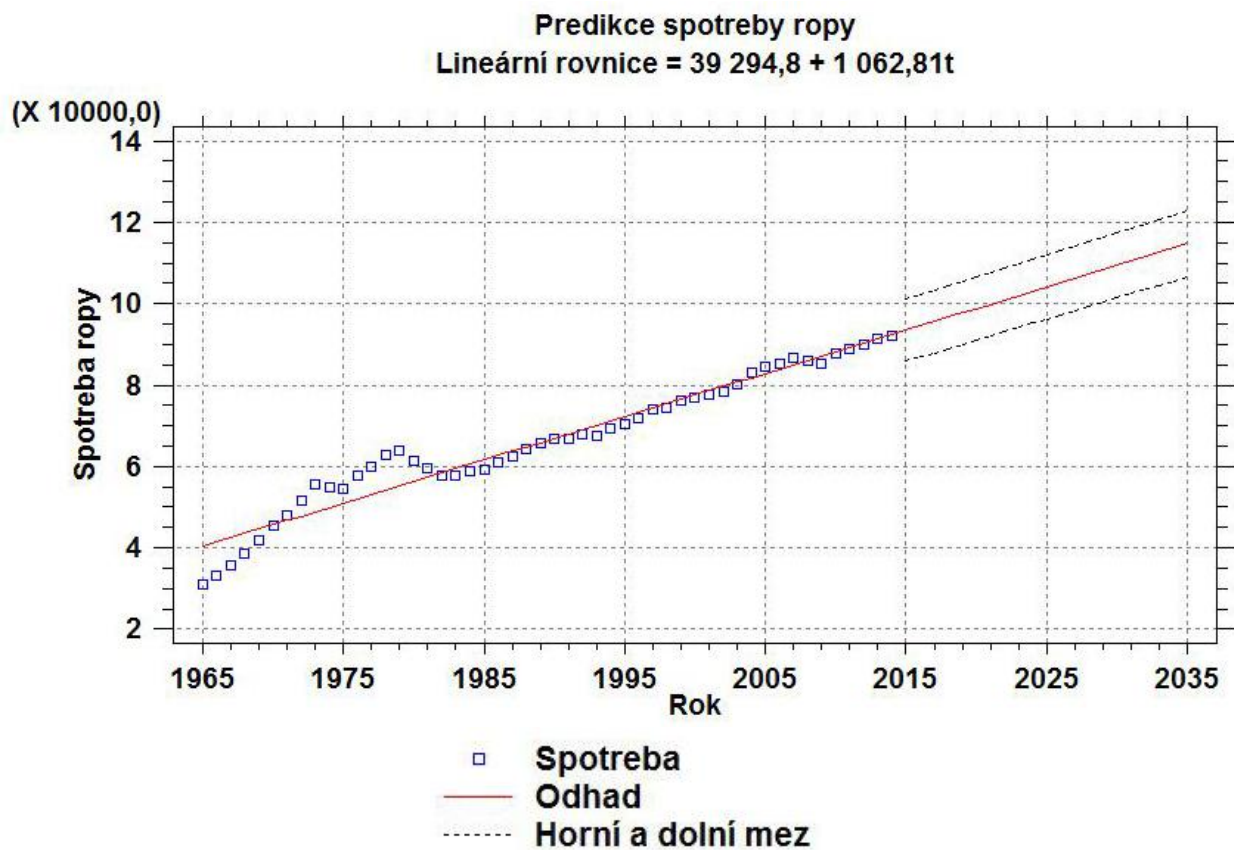
Nejvhodnějším modelem pro predikci spotřeby ropy byla vybrána přímka. Tento model má hodnotu P – value statisticky významnou u obou parametrů stejně jako exponenciála. Na rozdíl od exponenciály má však přímka menší hodnotu statistické chyby odhadu. Z tohoto důvodu byla vybrána pro předpověď budoucích hodnot spotřeby ropy přímka. Predikci celosvětové spotřeby ropy pro následujících dvacet let, která je vypočtena pomocí trendové analýzy udává následující tabulka.

*Tabulka 8: Predikce celosvětové spotřeby ropy pro následujících dvacet let (v tisících barelů denně)*

<b>Rok</b>	<b>Odhad</b>	<b>Dolní mez (95 %)</b>	<b>Horní mez (95 %)</b>
<b>2015</b>	93 498	85 835	101 160
<b>2016</b>	94 560	86 881	102 241
<b>2017</b>	95 623	87 925	103 322
<b>2018</b>	96 686	88 969	104 403
<b>2019</b>	97 749	90 012	105 486
<b>2020</b>	98 812	91 055	106 569
<b>2021</b>	99 874	92 097	107 652
<b>2022</b>	100 938	93 138	108 737
<b>2023</b>	102 000	94 179	109 821
<b>2024</b>	103 063	95 219	110 907
<b>2025</b>	104 126	96 259	111 993
<b>2026</b>	105 189	97 298	113 079
<b>2027</b>	106 252	98 336	114 167
<b>2028</b>	107 314	99 374	115 254
<b>2029</b>	108 377	100 412	116 343
<b>2030</b>	109 440	101 448	117 432
<b>2031</b>	110 503	102 485	118 521
<b>2032</b>	111 566	103 520	119 611
<b>2033</b>	112 628	104 555	120 702
<b>2034</b>	113 691	105 590	121 793
<b>2035</b>	114 754	106 624	122 885

*Zdroj: vlastní výpočet pomocí programu Statgraphics*

Hodnoty z tabulky se dají interpretovat tak, že například v roce 2016 lze očekávat, že s 95% spolehlivostí se spotřeba ropy bude pohybovat mezi 86 881 až 102 241 barelů denně.



*Graf 12: Predikce celosvětové spotřeby ropy pro následujících dvacet let (v tisících barelů denně)*

*Zdroj: vlastní zpracování pomocí programu Statgraphics*

## Závěr

Tato bakalářská práce není o tom, zda ropa brzy dojde, či jestli hrozí drastická redukce<sup>37</sup> lidské populace, ale o tom, že kolem roku 2035 můžeme očekávat vážné globální problémy spjaté s relativním nedostatkem ropy a jejími rostoucími a chaoticky fluktujícími cenami. Domnívám se, že v měřítku příštího desetiletí budeme jako společnost stát před zcela zásadními problémy, jako je zdražování dopravy a většiny surovin, rostoucí mezinárodní napětí a s tím související otázka kontroly ropných ložisek. Drahá energie znamená drahé potraviny a podstatně větší náklady na získávání vody pro zavlažování i vody pitné. Za této situace se může stát, že většina světové populace bude moci dosáhnout – stejně jako za všech krizových situací předcházejících staletí – právě jenom na vodu, jídlo a nějakou střechu nad hlavou. Tato krize může znamenat ekonomický kolaps chudých států, avšak v bohatých státech může mít za příznivých společenských podmínek sociálně terapeutický<sup>38</sup> efekt přechodu k promyšlenější a zodpovědnější postindustriální<sup>39</sup> společnosti. Nevíme to a budoucnost je nejistá.

Ropný zlom není v českém prostředí, na rozdíl třeba od USA, hlouběji reflektován,<sup>40</sup> a o to nás může zasáhnout nečekaněji a bolestivěji. Hlavním motivem mého psaní je minimalizovat bolest, která možná nepřijde. Nechci děsit ani vytvářet katastrofické scénáře, to za mě udělají jiní. Víme, že ropu bude naše civilizace těžit možná celé další století a uhlí pravděpodobně ještě déle. Již v roce 1919 jsme si mohli přečíst v časopise *Scientific American* zprávu, že ropa brzy dojde. Zajímají nás věcné a kritické informace, kolik ropy vlastně máme, jak dalece se dá věřit odhadům světových zásob, proč řada zasvěcených odborníků, zejména vysloužilých ropných geologů, věří v existenci ropného zlomu, a co to může znamenat. Snažíme se nepodlehnout ani povinně optimistické ideologii ekonomů, ani katastrofickým scénářům typu „velké vymírání lidstva“. V tomto pojetí je ropa víc než nějaký nezbytný a nudný kapalný uhlovodík – ropa je hlubokou a zneklidňující metaforou současné civilizace.

---

<sup>37</sup> redukce znamená snížení nebo zmenšení

<sup>38</sup> terapeutický znamená léčebný

<sup>39</sup> postindustrializmus je teorie vývoje společnosti po průmyslové éře

<sup>40</sup> reflektovat znamená brát v úvahu

## Seznam použité literatury

1. BLAŽEK, Josef a Vratislav RÁBL. *Základy zpracování a využití ropy*. 2., přepr. vyd. Praha: VŠCHT, 2006, 254 s. ISBN 80-708-0619-2.
2. *Bp* [online]. ©1996-2015 [cit. 2015-10-06]. Dostupné z: <http://www.bp.com/en/global/corporate.html>
3. CAVALLO, Alfred J. 2004. Hubbert's petroleum production model: an evaluation and implications for World Oil Production Forecasts. *Natural Resources Research*. 13(4): 211-221. DOI: 10.1007/s11053-004-0129-2. ISSN 1520-7439. Dostupné také z: <http://link.springer.com/10.1007/s11053-004-0129-2>.
4. CÍLEK, Václav a Martin KAŠÍK. *Nejistý plamen: Průvodce ropným světem*. 1. vyd. Praha: Dokořán, 2007, 191 s. ISBN 978-80-7363-122-2.
5. DRAHOKOUPIL, Jan. *Ropný zlom*. Brno: Trast pro ekonomiku a společnost, 2007. č. 1. ISBN 978-802-5404-829.
6. *E+M. Ekonomie a Management: Economics and Management*. Liberec: Hospodářská fakulta Technická Univerzita, 2009, roč. 12, č. 1-4. ISSN 1212-3609.
7. HAMPL, Mojmir. 2004. *Vyčerpání zdrojů: skvěle prodejný mýtus*. Vyd. 1. V Praze: CEP - Centrum pro ekonomiku a politiku, 65 s. ISBN 80-865-4728-0.
8. LOMBORG, Bjørn. 2006. *Skeptický ekolog: jaký je skutečný stav světa?*. 1. vyd. v českém jazyce. Praha: Dokořán, 587 s. ISBN 80-736-3059-1.
9. *Organization of the Petroleum Exporting Countries* [online]. ©2015 [cit. 2015-10-06]. Dostupné z: [http://www.opec.org/opec\\_web/en/index.htm](http://www.opec.org/opec_web/en/index.htm)
10. PAŠEK, Josef. *Uhlíkaté suroviny*. 2., přeprac. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 1996, 116 s. ISBN 80-708-0249-9.

11. *Petroleum.cz* [online]. ©2007-2015 [cit. 2015-10-06]. Dostupné z: <http://www.petroleum.cz/index.aspx>

12. *Ropa.cz* [online]. ©2013-2015 [cit. 2015-10-06]. Dostupné z: <http://www.ropa.cz/>