



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

*Zdeněk Říha*

# **Automobilismus, ceny ropy a její možné alternativy**

Metodická příručka

Ing. Zdeněk Říha, Ph.D.

Automobilismus, ceny ropy a její možné alternativy  
Metodická příručka

Vydalo  
Centrum pro studium vysokého školství, v.v.i. , Praha, 2015

Návrh obálky  
Radka Šebková

Číslo projektu  
CZ.1.07/2.3.00/45.00 29

Publikace vznikla jako výsledek projektu Věda pro život, život pro vědu (VĚŽ).  
Projekt byl řešen v rámci programu Vzdělávání pro konkurenceschopnost, prioritní osa Terciární vzdělávání, výzkum a vývoj, v období březen 2014 až červen 2015.



ISBN 978-80-86302-63-8

## 1. Vznik automobilismu

Lidé ve své historii chtěli vždy spotřebovávat více energie, než kterou byli schopni sami disponovat. V pravěkých dobách tak využívali nejvíce lodě a tedy energii vodního toku, případně větrnou, postupně k nim přidávali zvířata, především koně, osly nebo velbloudy. Tento stav dlouho přetrvával a výrazně se začal měnit až s průmyslovou revolucí. Dopravní prostředky začala pohánět pára, resp. elektřina a vodní dopravu začala postupně nahrazovat do té doby druhořadá doprava pozemní. Vznikala silniční a železniční infrastruktura, díky níž lidstvo přestalo být ve vedení dopravních cest determinováno přírodou a vedením vodních toků a rozložením moří a oceánů. Druhým aspektem byla možnost zapojení vnitrozemských států bez přístupu k řekám a mořím do mezinárodního obchodu.

Celé 19. století je tak hledáním optimálního energetického zdroje pro pohon dopravních prostředků. Výsledkem je prosazení elektřiny pro tzv. závislou trakci (trolejbusy a kolejová doprava) a ropných produktů pro silniční dopravu, které nabídl velký obsah energie v malém objemu hmoty. Průmyslová revoluce fatálně změnila uspořádání lidské společnosti a využití jiných zdrojů energie v různých oborech lidské činnosti v tom sehrálo klíčovou roli. Nejdříve se samozřejmě využívala pára, a to přes svou velkou nevýhodu, tj. nutnost velkého zásobníku pro energetickou surovinu, tedy uhlí. Z toho důvodu se pára uplatnila v lodní a železniční dopravě, kde dopravní prostředky tímto místem disponovaly.

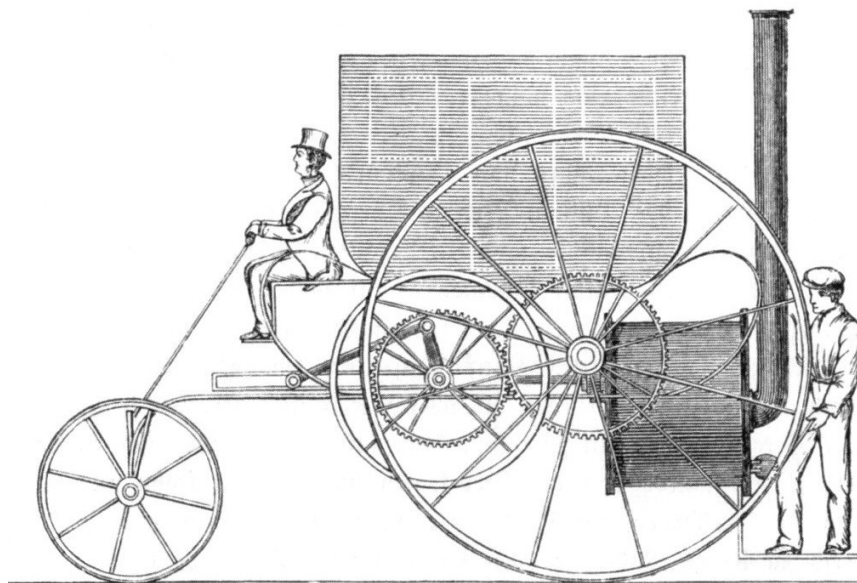
Objev elektřiny pochází z přelomu 18. a 19. století a největší měrou se o něj zasloužili Luigi Galvani, který zkoumal tzv. živočišnou elektřinu v žábách stehýnkách. Na jeho pokusy navázal posléze Alessandro Volta, který v roce 1800 sestavil první elektrickou baterii. Kromě nich formulovali další zákony v tomto oboru velikáni jako Ampère, Ohm nebo Faraday. Nás však zajímá spíše využití těchto objevů v praxi, resp. v dopravě. Na počátku měla samozřejmě hlavní slovo pára. Mezi první paromobily se zařadily dva pokusy, první byl dílem francouzského vynálezce Josepha Cugnota z roku 1769. Tento vůz se však neukázal příliš praktický. O několik let později ho později napodobili podobné vozy, např. Richarda Trevithicka.



Parní vůz Josepha Cugnota a první silniční nehoda v dějinách lidstva

Došlo k obrovskému rozvoji parní železnice především pod vlivem úspěchu lokomotivy The Rocket, kterou sestrojil George Stephenson v roce 1829. Železnice se začala rozvíjet a spojovat města, což mělo velký dopad na další aspekt, poptávku po hromadné dopravě ve městech. Ta - již se základním prvkem MHD, tedy provozovaná dle jízdního řádu bez ohledu okamžitou poptávku – byla nejdříve zajišťována omnibusy, až po nich se začíná uplatňovat kolejová doprava, kde nejdříve slouží jako tažná síla kůň.

V té době se už ale plně prosazovala elektřina, která se uplatňovala v mnoha odvětvích. Tím nejviditelnějším bylo pouliční osvětlení, které na území naší republiky poprvé očarovalo obyvatele v Praze v roce 1881 – byť to bylo jen na ukázkou v Hyberské ulici. Využití elektřiny jako napájení nejrůznějších statických zařízení nebylo až tak velkým problémem, otázkou bylo, jak ji (nebo obecně jakoukoli energii) dostat do mobilních prostředků. A přiznejme si, že tato otázka trápí lidstvo dodnes a pravděpodobně bude aktuální ještě delší dobu.



Parní vůz Richarda Trevithicka

Pro pohon dopravních prostředků elektřinou se našly dvě možnosti – jednak použití akumulátorů, druhou pak zavádění závislé trakce. Ale nepředbíhejme. První elektromobil byl zkonstruován již v roce 1835 holandským chemikem Sibrandusem Stratinghem (ten spolu se svým kolegou Beckerem rok předtím sestrojil i paromobil), ale již v této době trpěl nedostatky, které v jisté míře známe i dnes, tj. nedostatečné jízdní vlastnosti, krátký dojezd a dlouhá doba nabíjení. Při plném dobití pak takové vozidlo neujelo větší vzdálenost než 70 km. Dalším problémem byly těžké baterie. To vše dohromady elektromobil zdražovalo a jeho využití nebylo ekonomicky efektivní.

Přesto se elektromobil blýsknul jedním rekordem, v roce 1899 belgický konstruktér Camille Jenatzy jako první překonal rychlost 100 km/h – se svým elektromobilem dosáhl tzv. rychlosti století – 105,798 km/h. Na druhou stranu je nutné objektivně přiznat, že to byl i jeden z posledních úspěchů elektromobilů v té době.

Ale nepředbíhejme, k samotnému vynálezu automobilu a jeho sériové výrobě (příp. ke vzniku automobilismu) bylo ještě na počátku druhé poloviny 19. století hodně daleko. Jako vynálezci automobilu jsou uváděni Christian Daimler a Carl Benz. Je ovšem nutné podotknout, že oba měli řadu předchůdců – ve Francii to byl např. Etienne Lenoir, který sestrojil vůz s pohonem na plyn již v roce

1863 a podnikl s ním jízdu kolem Paříže, kdy za 3 hodiny ujel 18 km. Dalším vynálezcem byl např. Siegfried Marcus, ani u něj se ale nedá mluvit o tom, co dokázal Benz – zahájení sériové výroby.

Carl Benz se narodil v roce 1844. Pokud jde o jeho základní životopisná data, v roce 1871 otevřel svou první továrnu na výrobu strojů a v roce 1884 sestrojil první čtyřdobý motor. Jeho první automobil z roku 1885 byla tříkolka s Benzovým motorem – zpočátku ale tento typ Benz Valo neměl komerční úspěch – lidé nevěřili jeho schopnostem. Až nejrůznější propagační jízdy vnímání veřejnosti změnily – tou nejznámější asi byla 100 km dlouhá jízda z Mannheimu do Pforzheimu, kterou podnikla Benzova manželka Bertha.



Propagační jízda Berthy Benz

Jen pro zajímavost, prvním vlastníkem automobilu na území dnešní České republiky byl liberecký podnikatel jak jinak než německého původu Theodor von Liebieg. I on podnikl dlouhou jízdu s Benzovým automobilem, na trase Liberec – Jena – Mannheim – Gondorf a zpět ujel okolo 2 500 km. Tomuto pokusu původně nevěřil ani sám Carl Benz. Pokud srovnáme tyto první vozy s těmi dnešními, asi by nás kvalitativními faktory jízdy neuspokojily. Průměrná rychlost při Liebiegově cestě byla 13,5 km/h, maximální okolo 20 km/h. Spotřeba byla z dnešního pohledu astronomická – 21 l/100 km, navíc neexistovaly benzinové pumpy a benzin museli automobilisté kupovat v lékárnách. Každopádně teprve poté došlo v továrně Carla Benze k úspěšné sériové výrobě a díky tomu mluvíme o Benzovi jako o vynálezci automobilu.

Na jedné straně mluvíme o vynálezu automobilu, na straně druhé ale existuje něco, co bychom mohli nazývat nadneseně „vynálezem automobilismu“. O to se rozhodující měrou zasloužil Henry Ford, který dokázal promyšlenými manažerskými metodami snížit náklady na výrobu jednoho vozu a tím i cenu, což umožnilo mnoha lidem si jeho vozy koupit. To ostatně vystihovalo jeho podnikatelské motto: „*Postavím svět na kola*“. Ford sám byl klasickým představitelem tzv. vědeckého managementu, tedy směru, který předpokládal, že zaměstnanec je stroj, který je nutné správně úkolovat, řídit, motivovat a kontrolovat.

Fordova cesta k úspěchu nebyla ale až tak přímočará. Narodil se v rodině farmáře v roce 1863, ale již od mládí ho přitahovala technika. V roce 1896 sestrojil první automobil, ale jeho první podnik Detroit Automobile Company záhy zkrachoval a on se navíc v nedobrému rozešel s ostatními akcionáři. V roce 1903 tedy založil firmu Ford Motor Company, kde ale zpočátku vyráběl drahá auta. Až inspirace v provozu na jatkách jej přivedla k zavedení pásové výroby. Čistě statisticky tak výroba jednoho vozu

z původních 12 hodin klesla na 90 minut a cena modelu T se snížila z původních 875 \$ na pouhých 300 \$. A jen pro zajímavost dodejme drobnou, ale hodně vypovídající poznámku k elektromobilům. Jestliže na konci 19. století měly tyto vozy navrch nad benzinovými, po příchodu Fordova modelu T se karta zcela obrátila. Jestliže známá firma Detroit Electric na výrobu elektromobilů vyrobila do roku 1937 řádově tisíce kusů, u modelu T to byly řádově milióny. Výrobu samozřejmě provázely problémy. Jedním z nich byla častá fluktuace dělníků (plynoucí především z jednotvárné práce) a s ní spojené náklady na zaškolování nových pracovníků. To Ford vyřešil po svém – dělníkům výrazně zvýšil platy.



Detroit Electric a jeho vůz při dobíjení baterií

Rozkvět automobilismu měl pochopitelně své společenské důsledky. Jedním z nich bylo to, že lidé začali opouštět města a bydleli na vesnicích, odkud mohli do práce dojíždět. Zároveň se výrazně zvýšil provoz ve městech a s ním spojené environmentální dopady. Ty si ale ještě lidé tolik neuvědomovali. V počátcích automobilismu si dokonce pochvalovali úbytek koňských výkalů ve městech. Ve třicátých letech dokonce Fiat propagoval svůj vůz sloganem „Všichni mají auta, chodci zmizely, zrušme chodníky“. A v neposlední řadě vzrostl zájem o do té doby poněkud opomíjenou surovinu – ropu.



Ford T v klasické černé barvě, která nejrychleji uschla

## 2. Ceny ropy – historie a současnost

Průmyslové využití ropy začíná až ve druhé polovině devatenáctého století – první komerční vrt byl proveden roku 1861 v Pensylvánii. Samozřejmě zlatý věk ropy potom nastává se zdokonalením benzínových automobilů a začátkem jejich masové výroby. To má dva předpoklady – prvním je vlastnost ropy, která ve velmi malém objemu dokáže soustředit velké množství energie. Pro pohon dopravních prostředků je to klíčová vlastnost, odpadá nutnost převážení uhlí, případně zabudování těžkých akumulátorů do dopravních prostředků.

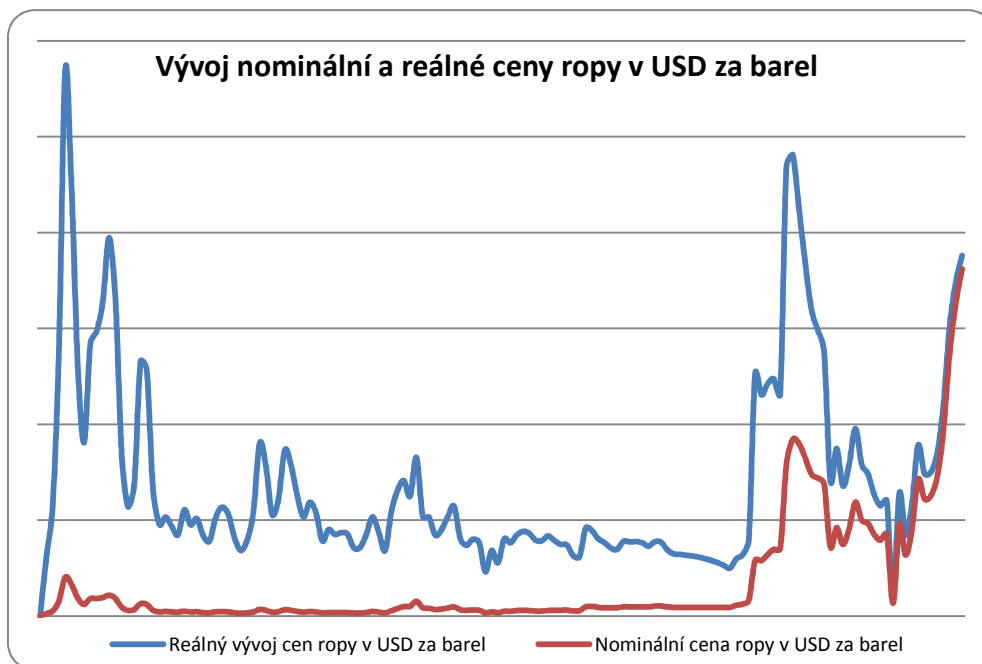
Druhý předpoklad pak lze zjednodušeně nazvat Henry Ford – zdokonalil auto na benzínový pohon a dokázal ho díky pásové výrobě vyrábět tak levně, že najednou bylo dostupnou záležitostí pro střední vrstvy. O pohonu automobilů na nejbližších sto až sto padesát let tak bylo rozhodnuto. Je ale nutné doplnit, že devatenácté století bylo obdobím intenzivního hledání vhodného energetického zdroje pro pohon dopravních prostředků. Samozřejmě zpočátku se prosazovalo uhlí – ať už ve formě parního pohonu (především v železniční a lodní dopravě našel uplatnění – dopravní prostředky byly dostatečně velké a umožňovaly skladovat dostatečné množství této energetické suroviny). Druhou možností pak byl elektrický pohon, elektromobily ale pro své nedostatečné jízdní vlastnosti nebyly úspěšné a elektřina v dopravě našla své uplatnění pouze v závislé trakci především u kolejové dopravy.

### Vývoj cen ropy

Cenu ropy můžeme sledovat od roku 1862. Tři roky poté, co se uskutečnil první ropný vrt za účelem získat naftu v Pensylvánii monopolem Johna D. Rockefellera Standard Oil. V té době byl barel, tedy 159 litrů ropy, prodáván za cenu 75 centů. Konec 19. století byl pak bojem mezi třemi největšími těžařskými firmami, které vznikly podle místa těžby. Těžbu z Kaspického moře zahájil Ludwig Nobel, ale v Rusku nebyl odbyt, tak se spojil s evropskými trhy, francouzskou větví Rotschildů a propojili Baku s černomořským přístavem Batumi, odkud byla ropa dovážena do rafinérií v Rjece. Rotschildové se pak spojili ve Velké Británii s pobočkou Standard Oilu.

Ceny ropy se vcelku idylicky vyvíjely do šedesátých let minulého století, kdy do hry razantně vstoupila organizace zemí vyvážející ropu OPEC. Za posledních 50 let pak můžeme mluvit o čtyřech ropných šocích, které jsou vždy na počátku vyvolány válečným konfliktem. Prvním ropným šokem byl prudký nárůst ceny ropy v roce 1973, kdy začala Egyptsko – Izraelská válka (Jom – Kipurská). Státy OPECu uvalily embargo na vývoz do států, které podpořil Izrael. Ke druhému ropnému šoku došlo v roce 1979 po tzv. islámské revoluci, kdy islámský režim začal vyvážet méně ropy, aby mohl mít vliv nad světovým obchodem. Do situace se vložil Saddám Hussain, který napadl Írán. USA na straně Iráku získaly ze strany Íránu opatření, že nebudou prodávat ropu americkým společnostem. Ostatní země OPECu navýšily těžbu ropy, aby zabránily kolapsu, a tak nebyl nárůst ceny takový, jako při prvním ropném šoku.

Třetí ropný šok nastal v roce 1990 během Války v Zálivu (invaze Iráku do Kuvajtu). Tento konflikt měl za následek přerušování dodávek od těchto dvou strategických zemí. Cena ropy vzrostla dvojnásobně. Počátkem roku 2008 ceny ropy poprvé překonaly hranici 100 USD, v polovině roku dokonce 150 USD. Tento výkyv netrval dlouho, již v prosinci byla cena na 40 USD za barel. Vývoj ceny ropy je znázorněn v grafu č. 1. Zachycuje reálnou a nominální cenu ropy. Reálnou hodnotu vyjadřuje násobek nominální v daném období a poměru indexů spotřebitelských cen v období výchozím k období danému.



Vývoj nominální a reálné ceny ropy v USD za barel, zdroj: Cílek, Kašík (2008)

Dále se budeme soustředit na faktory kvantifikovatelné, nicméně mluvíme-li o roku 2008, nemůžeme pominout teroristický útok z 11. září 2001, po kterém následovalo uvolnění měnové politiky v USA. Levné úvěry v kombinaci se státní podporou vlastního bydlení následně způsobily hypoteční krizi, která se v okamžiku, kdy se spekulanti začali zbavovat rizikových úvěrů a investovali do „jistých“ komodit, přenesla do razantního zvýšení jejich cen. Ropa byla typickým příkladem a v roce 2008 se vyšplhala na úroveň 144 dolarů za barel.

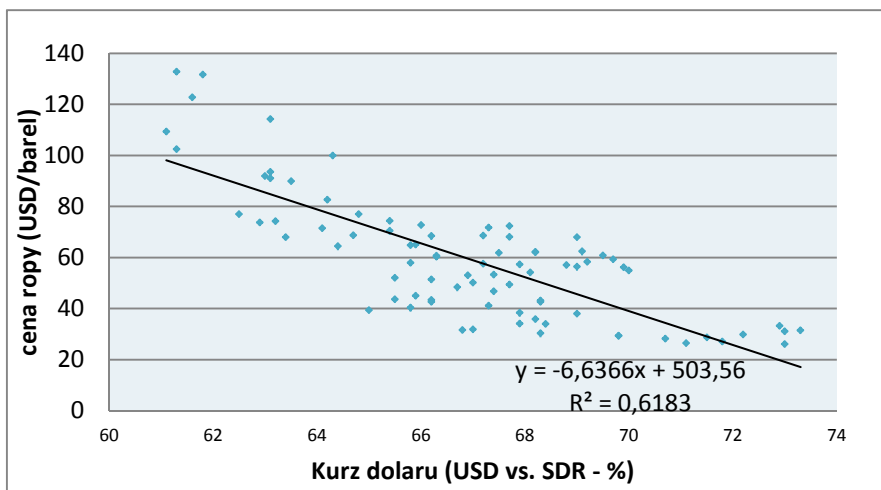
### Závislost ceny ropy a hodnoty amerického dolaru

Nejdůležitějšími vyčíslitelnými faktory, které mají na cenu ropy vliv, jsou HDP poptávajících států a hodnota amerického dolaru, ve které je cena ropy vyjádřena. Závislost cen ropy na kurzu dolaru zároveň objasňuje, proč byly ceny PHM v roce 2008 menší než v roce 2011, přestože cena ropy byla v roce 2008 na vyšší úrovni. Zatímco v roce 2008 byl pokles amerického dolaru jednou z hlavních příčin růstu cen ropy, do cen pohonných hmot v jednotlivých zemích se tento efekt (právě kvůli nízkému kurzu dolaru, který zlevňoval dovoz) nepromítl. V roce 2011 je už situace jiná a hlavní příčinou růstu cen ropy jsou válečné konflikty v oblasti Severní Afriky.

Těsnost závislosti ceny ropy a těchto faktorů vyjadřuje korelační koeficient a graficky znázorňuje regresní přímka. Na grafu č. 2 je znázorněna závislost ceny ropy vyjádřená v USD a kurzu dolaru. Hodnota dolaru je vyjádřena kurzem amerického dolaru vůči koši měn (SDR).<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Koš měn diverzifikuje kolísavost hodnot jednotlivých měn. Cena ropy ani hodnota dolaru není očištěna o inflaci, jsou tedy vyjádřeny reálně.

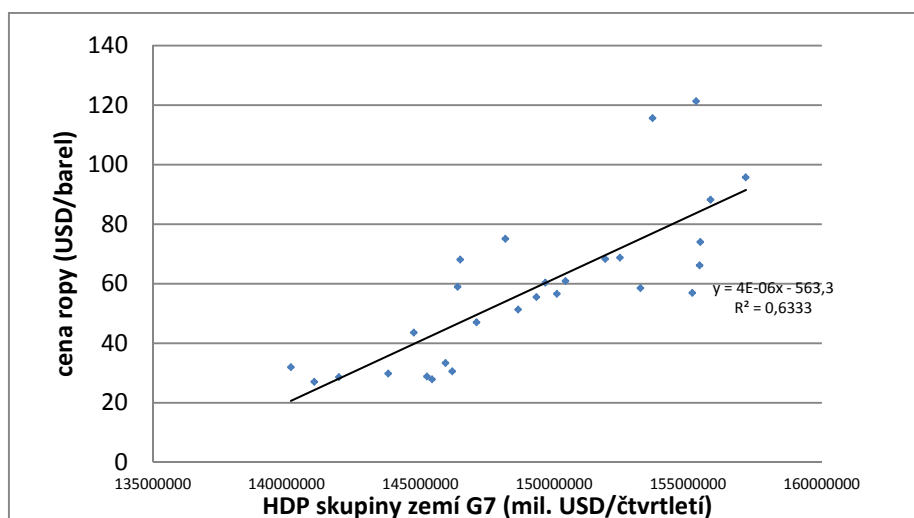




Závislost ceny ropy na kurzu dolaru; zdroj: [www.opec.org](http://www.opec.org), [www.kurzy.cz](http://www.kurzy.cz), [www.imf.org](http://www.imf.org)

### Závislost ceny ropy a HDP G7

Pro výpočet závislosti ceny ropy a HDP poptávajících států jsme jako poptávající státy vybrali země G7, tedy nejsilnější světové ekonomiky. Samozřejmě ale s vědomím toho, že do pohybu cen ropy se významně promítá růst HDP a s ním vyšší stupeň motorizace v Číně. Propad HDP v roce 2009 pak zcela logicky způsobil i pokles cen ropy až na úroveň okolo 37 dolarů za barel. Koeficient korelace v tomto případě vyšel 0,79, což znamená těsnou lineární přímou závislost. Graf č. 3 pak znázorňuje tuto závislost pomocí regresní přímky.



Závislost ceny ropy na HDP G7; zdroj: [www.consensuseconomics.org](http://www.consensuseconomics.org), [www.econstats.com](http://www.econstats.com)

Zajímavý je aktuální vývoj cen ropy, který ukazuje na jejich nepředvídatelnost. Ceny ropy se delší dobu pohybovaly kolem 100 dolarů za barel, na podzim roku 2014 však rázem začal jejich pád až někam k hranici 40 dolarů za barel. Zvýšená těžba v Saudské Arábii byla hlavní příčinou tohoto procesu a pochopitelně vyvolala v zemích, které ropu exportují, vážné potíže. Mezi nejvíce postižené země lze řadit Rusko a Venezuelu. Zatímco v arabském světě se náklady na těžbu jednoho barelu pohybují okolo 5 dolarů, v USA je to ale u břidlicové ropy něco málo přes 40 dolarů. Nízké ceny ropy tak ohrožovaly i tyto producenty, kteří by museli těžbu ukončit. Související problém potom je, že téměř všichni komentátoři a ekonomičtí specialisté se vzácně shodli – nikdo z nich tak náhlý a prudký propad cen ropy nečekal.

Z následujícího obrázku můžeme vidět, že dnes už ceny ropy opět stoupají a to někam do rozmezí 60 – 70 dolarů za barel. Jaká bude budoucnost černého zlata a jeho ceny však dnes se zárukou nikdo neřekne.



Ceny ropy Brent v letech 2012 - 2015

### 3. Alternativní zdroje energie pro dopravu

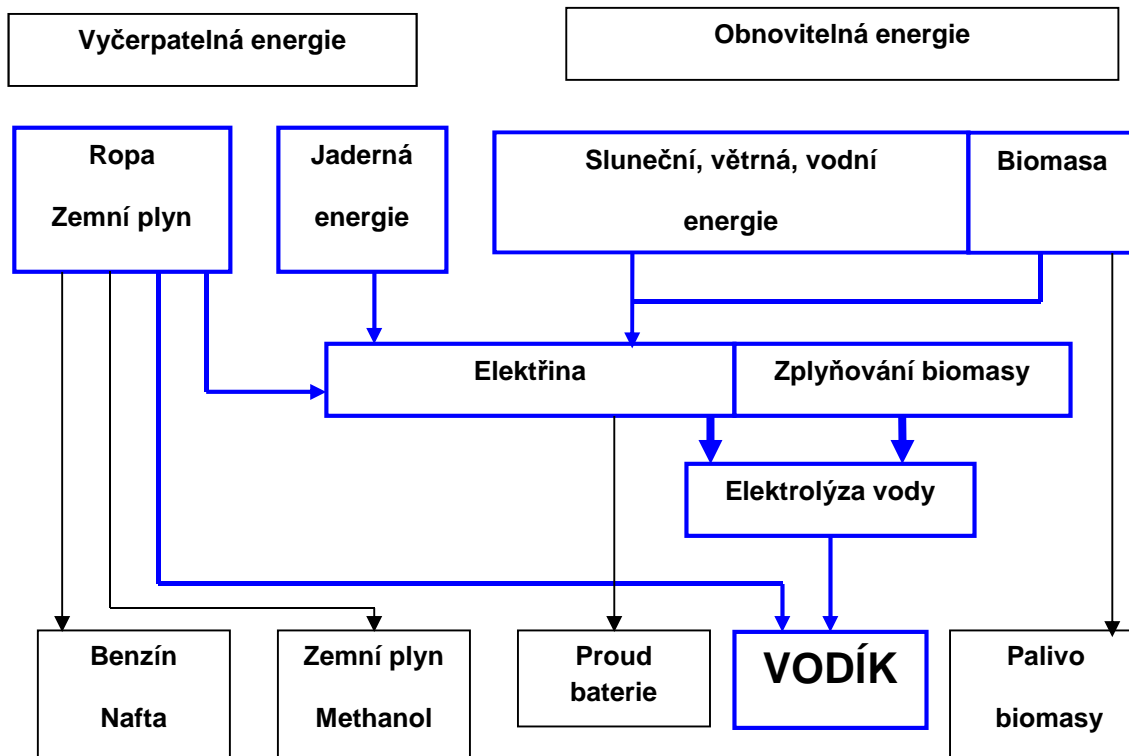
Ropa přesto, že ji lidstvo zná už stovky let, nebyla nikdy vyhledávaným energetickým zdrojem. Lidstvo ji používalo nejrůznějšími způsoby – ve stavebnictví, ve starém Římě dokonce jako lék při zažívacích potížích. V devatenáctém století nejdříve nahradila velrybí tuk a teprve na přelomu století devatenáctého a dvacátého našla ropa své osudové uplatnění jako zdroj pohonu automobilů. Z přírodního zdroje se tak stal zdroj ekonomický, lidstvo o ropě dlouho vědělo, nicméně až technologický rozvoj způsobený průmyslovou revolucí umožnil ropu opravdu masivním způsobem využít. V této souvislosti se tak můžeme ptát, zda nejsme v podobné situaci i my při hledání nového energetického zdroje pro budoucnost, možná až další dosud neznámé technologie umožní jako palivo v dopravě využít to, co nyní máme před očima, ale nevidíme to.

Z možných alternativ k ropě zatím nic není dostatečně konkurenceschopné, budeme-li na taková alternativní paliva klást čtyři základní požadavky – tj. technologickou, energetickou, ekologickou a ekonomickou srovnatelnost s konvenčními palivy. Z technologického hlediska nejde jen o samotné dopravní prostředky, ale také o vybudování infrastruktury čerpacích (v případě elektromobilů dobíjecích) stanic. Dále je u paliv problémem jejich energetická charakteristika – tedy poměr energie získané a vložené. Podle následující tabulky tento poměr postupně klesá u ropy a nejhorší je u biopaliv, která pravděpodobně nemají kromě pomoci zemědělskému sektoru jiný smysluplnější úkol.

Palivo	ERoEI
<b>Ropa v počátcích těžby</b>	<b>100</b>
<b>Ropa v Texasu kolem roku 1930</b>	<b>60</b>
<b>Ropa na Blízkém východě</b>	<b>30</b>
<b>Ostatní ropa</b>	<b>10 až 35</b>
<b>Přírodní plyn</b>	<b>20</b>
<b>Kvalitní uhlí</b>	<b>10 až 320</b>
<b>Nekvalitní uhlí</b>	<b>4 až 10</b>
<b>Vodní elektrárny</b>	<b>10 až 40</b>
<b>Větrná energie</b>	<b>5 až 10</b>
<b>Solární energie</b>	<b>2 až 5</b>
<b>Jaderná energetika</b>	<b>4 až 5</b>
<b>Ropné písky</b>	<b>max. 3</b>
<b>Biopaliva</b>	<b>0,9 až 4</b>

Energetická náročnost různých energetických zdrojů

Energetické hledisko má i svůj další rozměr, energii, použitelnou v dopravních prostředcích, je nutné vyrobit a „následně dopravit“ do dopravních prostředků dodat. K tomu ale neexistuje dostatečný zdroj ani potřebná infrastruktura. Zdrojem v budoucnu mohou být jaderné elektrárny, v současnosti však nemají dostatečnou politickou podporu (téměř nepochopitelně na rozdíl např. od fotovoltaiky). Hezky je toto vidět na příkladu vodíku, který je pouze nositelem energie, nikoli jejím zdrojem. Výrobu vodíku pak ukazuje následující schéma:



Různé druhy energií pro pohon dopravních prostředků, modře vyznačený je schematicky naznačený proces získávání vodíku

Ekonomická teorie říká, že nedostatek statku vede k razantnímu zvyšování jeho ceny. To můžeme očekávat u ropy v okamžiku, kdy opravdu začnou její zásoby docházet. Zatím tomu tak není a výkyvy ceny ropy jsou způsobené především neustálým pohybem poptávky a nabídky této suroviny. Důvody je nutné hledat zejména někdy v neklidné geopolitické situaci, jindy v problémech ekonomické recese. To ovšem neznamená, že by lidstvo nemělo řešit budoucí náhradu. A zatímco dnes jsou tyto alternativy (vodíkový pohon nebo elektromobily) ekonomicky nedostupné, masovější rozšíření, bude-li technologicky možné, je zlevní a zpřístupní i širším vrstvám obyvatel. Do té doby – a budou to zřejmě nejbližší desítky let – nelze očekávat výraznější změny.

Dobrou alternativou, o které se ale příliš nemluví, je vyvíjení motorů se stále nižší spotřebou paliva (buď konvenčního benzínu nebo nafty). A vedle toho vylepšování dnes známých alternativních pohonů, z nichž asi nejnadějnější budou elektromobily. To vše umožní být lépe připraven na okamžik, kdy lidstvo bude muset přistoupit k další „energetické revoluci“.



