

ÚVAHA NAD EKONOMICKO-EKOLOGICKOU KNIHOU VÁCLAVA KLAUSE O OTEPLOVÁNÍ NAŠÍ PLANETY A NEVYČERPATELNOSTI ENERGETICKÝCH ZDROJŮ

JAROSLAV ŠESTÁK

*Fyzikální ústav Akademie věd České republiky, v.v.i,
Cukrovarnická 10, 162 53 Praha 6
sestak@fzu.cz*

Kniha Václava Klause¹ vzbudila nebývalé množství kontroverzních (a to zejména negativních) reakcí, vyčítajících autorovi, že knihu napsal ve funkci prezidenta, který k tomu nemá odborné oprávnění, ačkoliv se nikdo nepozastavuje nad tím, že bývalý kandidát na amerického prezidenta Al Gore se tímto problémem už dlouho živil². Pokud připustíme, že knihu napsal odborník v oblasti ekonomie (profesor) a když se oprostíme od zaujatosti související se jménem „politik Klaus“, můžeme si útlou knížku v klidu přečíst a zamyslet se nad některými výroky, se kterými můžeme a nemusíme souhlasit, které mohou být diskutabilní, ale knihu nemůžeme apriori odmítnout. Kniha opravdu stojí za přečtení, protože vnáší do problematiky nezbytnou interdisciplinaritu, která dnes zdobí i fyziku, která se tak snaží řešit některé problémy z oblasti ekonomie (název ekonofyzika³) v rámci aplikace termodynamických principů⁴.

Z knihy je především patrné¹, že autor spíše cituje než by nabízel originální vědecky orientovaný přístup zasvěceného ekologa, což je sympatické (a badatelsky i kompetentní) a čtenář si tak může z textu vybrat ty pasáže, které uzná za vhodné, třeba proto, že neaspirují na nic jiného než na laické znalosti přírodních věd, aplikace jistých pravidel běžných v ekonomii a i zapojení selského rozumu do nabídnuté diskuse.

Kniha¹ se snaží dát důraz na možné střety technického vědomí s pocitem lidské svobody a s možnostmi svobodného podnikání a odsuzuje boj o životní prostředí v rámci environmentalismu, který by se sice chtěl pohybovat v oblasti přírodních věd, bohužel nemusí jim vždy zcela rozumět, může je špatně interpretovat a dokonce je může i cíleně zneužívat. Autor vtipně připodobňuje přístup environmentalistů k přírodě k tomu, jak marxisté kdysi přistupovali k ekonomickým zákonitostem, kde svobodný a spontánní vývoj byl nahrazován centrálním plánováním (dnes nazývaným globálním) a zdůrazňuje, že řada ekologických témat se stává jakousi rozepří soudobé společnosti v boji o svoji lidskou svobodu a nikoliv o své životní prostředí.

Když se postupně pokusíme odkrýt jednotlivé pasáže a myšlenky obsažené v textu¹, můžeme zhruba uvést následující pohledy a podrobit je následně diskusi v rámci níže uvedené literatury^{5–19}:

Míra bohatství je úměrná stupni technického pokroku. Zásoba zdrojů se zvětšuje s lidskou zásobou vědomostí.

Nejsou žádné zdroje, které existují bez člověka.

Hodnota zdroje má výlučně subjektivní charakter.

Původcem a konečným uživatelem zdrojů je člověk.

Odlišme působení člověka od působení nárůstu lidstva.

Ekonomický rozmach nevede ke zhoršování klimatu, naopak.

Fenomén globálního oteplování není průkazně zaviněn jen člověkem.

Ekologie zbytečně zastává princip předběžné opatrnosti.

Základní Klausův princip¹ je pozitivní funkce neviditelné ruky volného trhu, tj. tržně-cenový mechanismus, který by se měl sám o sobě pokaždé dopracovat k jakémusi optimálnímu řešení. Laik by ale řekl, že toto řešení zaručuje zhruba jen to, že v tržní rovnováze vždy nastane taková kombinace zdrojů, kde jeden z konkurentů je na tom fakticky lépe (umí, má, prodá, třeba i zmanipuluje) a druhý hůře (neumí, nemá) a že takové kritérium ekonomické „optimality“ neříká nic o spravedlnosti (ta zřejmě neexistuje – nedefinovatelná) ani o společenské a přírodní přijatelnosti (kterou ale nedovedeme vymezit, např. kdo vlastní práva na čistý vzduch, chodec, který ho dýchá nebo automobilista, který ho znečišťuje?).

Úvaha, že bez člověka neexistují žádné energetické zdroje a že bez cen neexistuje ani definovaná spotřeba těchto zdrojů, je zřejmě ekonomicky kompetentní^{1,9}, zajímavé jsou ale důsledky. Podívejme se na praktický příklad ethanolu, vyráběného z kukuřice nebo bionafty, vyráběné ze sóji, které by chtěly (ale zatím nemohou) nahradit naftu, aniž by měly destruktivní dopad na distribuci potravin, produkovaných z místních zdrojů. Neviditelná ruka trhu nejen vytvoří mamutí sójové/řepkové plantáže, ale nasměruje k vyhnání i tisíce drobných rolníků z jejich políček (na kterých po generace pěstovali stejné plodiny ke své obživě jako historický a možná i zastaralý produkt lidské činnosti) a povede i ke zničení dalších lesů, což je doprovodný důsledek svobody podnikání, který můžeme nazvat jak nevyhnutelným doprovodným efektem neodvratného vývoje, tak z jiného pohledu třeba i škodou. Poptávka po energetických alternativách stále stoupá a jejich cena současně roste – kdo by nechtěl na současném trendu vydělat? Na druhé straně musíme připustit, že jsme nejen svědky, ale i původci takového procesu v minulosti, který můžeme dokonce přirovnat k ekologické „katastrofě“, která změnila a měnila původní biotopy v „kulturní“ krajinu¹, která už dříve zavedla zemědělské a lesní monokultury, dokonce tak způsobila klimatické změny a ne poprvé způsobila vymýcení lesů (hospodářství, výroba kovů a skla) a je otázkou, jestli to bylo dobře nebo špatně (a pro koho). Případné oteplení může sice způsobit lepší kolonizaci (hospodářskou obdělátnost) některých, dnes skoro neobyvatelných, zeměpisných pásem (Sibiř), ale také může narušit dlouhodobou rovnováhu ve „věčně zamrzlé

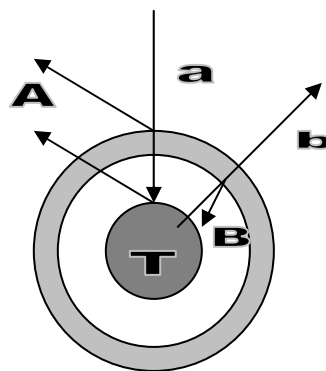
zemi“ a následnou nadměrnou emanaci teplem uvolněných plynů (methan), což zatím nelze přesněji odhadnout.

Každá mince má dvě strany a i ekologicky uvědomělý automobilista jezdící na biolích by si měl uvědomit svoji osobní zodpovědnost na tom, že se tak vlastně zúčastňuje ničení zbytků pralesa a jeho přetvorbu na cukrové plantáže, na možném nárůstu cen životně důležitých potravin a tak i chudoby v některých regionech světa. Dovedeme si představit, že není nic horšího než dělat efektivněji to, co bychom neměli dělat vůbec, ale rozlišit do budoucna, co je co, většinou nedovedeme.

Klaus¹ vznáší zásadu, že jakýkoliv „lidský zdroj“ má mít pro svoji seberealizaci naprostou svobodu (a to zejména od environmentalistů), protože jakýkoliv zdroj je poplatný své ceně (konkurenceschopnosti) a technologii výroby a že nejsou žádné zdroje, které by mohly existovat bez člověka a jeho potřeby. Člověk a lidská společnost má zřejmě nejen výjimečné nároky, ale i schopnosti adaptace a dovede se přizpůsobit vývoji situace nalezením nové cesty, pomocí levnější nebo progresivnější technologie. Toho jsme byli svědky v historii a v tomto ohledu musíme připustit i nějakou ještě neznámou šanci na masivní výrobu paliv, jako je třeba kontrolované pěstování vodních řas (výroba biopaliv, dříve zdroj olejů) s využitím jejich ekologicky příznivé technologie výroby, která může zároveň i zkonsumovat masivní množství nevitáného oxidu uhličitého. Co je dnes v oblasti sci-fi a má k praktickému použití velmi daleko, může se stát hitem budoucnosti, i když razantní řešení potřeb energetiky by spíše potřebovalo zásadní vědecký objev v oblasti produkce, konverze či akumulace energie než jen zefektivnění stávajících způsobů.

Základním problémem současné civilizace je nadměrné rozšiřování jistého druhu – „homo sapiens sapiens“, který se díky svému intelektu naučil využívat a dokonce i vykořisťovat přírodu a tak jí uzpůsobovat pro svoji druhovou expanzi. Až do technické revoluce v roce 1850 využíval člověk přirozené zdroje energie, většinou obnovitelné, jako je vítr, voda, dřevo a síla tažných zvířat. Tento stav koexistence je zhruba srovnatelný s obdobím žití dinosaurů, kteří přezili ve zdraví období milionu let, aniž by se sami zjevně podepsali na svém okolí a životním prostředí²⁰. Anomálie klimatu byly způsobeny změnami intenzity slunečního záření, nepatrnými (naštěstí) nepravidelnostmi Minlankovičových cyklů pohybu zemské osy a téměř kruhové rotace Země vzhledem ke Slunci, sopečnými erupcemi, masivními požáry vegetace, dopady meteoritů a vývojem ve složení atmosféry (CO₂, ozon, methan, atd.). Je nutné si stále připomínat, že bez tzv. skleníkového efektu by Země byla těžko obyvatelná v důsledku snížení teplot až blízko k bodu mrazu a s tím souvisejícího nebezpečí jejího stálého zalednění, (orientační výpočet teplot²¹, viz obr. 1.).

Po roce 1850 započala masivní těžba, využití a hlavně spalování fosilních paliv jako neobnovitelného (a přírodou dlouhodobě vytvářeného) zdroje a tuto činnost lze jistě považovat za vývojovou fluktuaci. Je otázkou, jestli tato „jen 160tiletá“ činnost lidstva natolik zesílila skleníkový efekt svými nejruznějšími emisemi, že vyprodukovala



Obr. 1. Energetická bilance Země se započtením albeda (odrazu, A) a skleníkového efektu (zpětného odrazu, B), převzato z cit.²¹; a – přicházející záření od Slunce ($T_s \cong 6100$ K, $\lambda_{\max} = 475$ nm), b – odcházející záření ze Země ($T \cong 330$ K, $\lambda_{\max} = 8,7$ mm), A – celkové albedo Země zprůměrované přes různé úhly a výšky (současná hodnota 35 %), závisí na stavu povrchu (např. mokry povrch výrazně zvyšuje albedo) a B – ta část radiace, která se vrací zpět na Zem odrazem od zemské atmosféry (závisí na složení atmosféry a způsobuje skleníkový efekt, současná hodnota 45 %). Lze odvodit vzorec pro aktuální teplotu Země, $T = T_{\text{ct}} \{ (1-A)/(1-B) \}^{1/4}$, kde T_{ct} je teplota Země jako černé těleso, tj., $278,6$ K $\cong (S/4\sigma)^{1/4}$ a kde S je solární konstanta neboli tok záření ve vzdálenosti Země od Slunce ($1,365 \times 10^3$ [W m⁻²]) a σ je Stefanova-Boltzmanova konstanta (energie jednotkovou plochou černého tělesa, $5,67 \times 10^{-8}$ [W m⁻²K⁻⁴]). Potom (přepočteno na °C):

pro $A=0,35$, $B=0,45 \Rightarrow T \cong 17$ °C (současnost),

pro $A=0$, $B=0 \Rightarrow T \cong 5,4$ °C (Země jako černé těleso, bez atmosféry a albeda),

pro $A=0,35$, $B=0 \Rightarrow T \cong -23$ °C (Země bez skleníkového efektu atmosféry),

pro $A=0$, $B=0,45 \Rightarrow T \cong 50$ °C (jen skleníkový efekt, bez albeda).

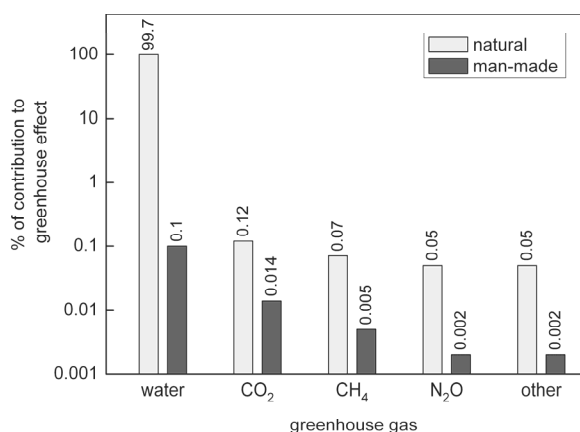
Výjimečnost (a obyvatelnost) Země je závislá na existenci poměrně malého rozdílu teplot (73 °C) mezi možnou maximální (+50 °C) a minimální teplotou (–23 °C), nicméně teplota T je velmi citlivou záležitostí změn A a B . Např. změna albeda A (mraky, sopečný popel v ovzduší, atd.) o jednu setinu (0,35 \rightarrow 0,36) sníží teplotu T o 1 °C zatímco změna složení skleníkových plynů ovlivňující nárůst B o jednu setinu (0,45 \rightarrow 0,46) zvýší teplotu T o 1,3 °C. Aktuální teplota T není však jen funkcí A a B , ale citlivě závisí i na hodnotě λ_{\max} , která se mění v závislosti na sluneční aktivitě (platí tzv. Wienův zákon T_s [K] $\cong 2,884 \times 10^{-3} / \lambda_{\max}$).

klimatické změny srovnatelné s fluktuacemi zaviněnými samotnou přírodou, jako je třeba zmiňované^{1,22} systematické zvyšování teploty ovzduší po roce 1850 (připomeňme si, že podobný 300-letý jev byl indikován i na začátku prvního tisíciletí). Pro ověření této hypotézy je potřeba dlouhodobého měření teploty²³, které seriózně dokáže

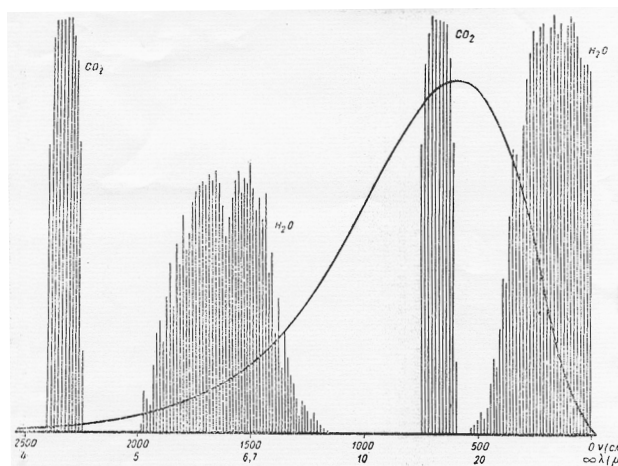
a umožní analyzovat výsledky vzhledem k možným fluktuacím klimatu způsobených nejrůznějšími lidskými (a zejména přírodními) vlivy okamžitého či dlouhodobého charakteru. Pokud ano, naskytá se otázka, jestli je nutné zakročit, jakou to bude mít cenu a jaký a jak velký bude konečný výsledek a za jak dlouho nabude zásah měřitelné účinnosti, samozřejmě s přihlédnutím ke všem i těžko vyhodnotitelným faktorům setrvačnosti systému (teplota moří, atd.). Je zřejmé, že určení věrohodné hodnoty této fluktuace je nadmíru problematické, zejména pokud jde o změnu pozvolnou, jakou je právě dlouhodobá produkce škodlivin v tepelných procesech, na kterých se definitivně podepsal a podepisuje člověk. Neméně odpovědná je i sociologická otázka a s tím související nebezpečí efektu jisté „vybydlenosti“ (bytu-Země), kterou za sebou nechává nešetrně se chovající společnost.

Nejdiskutovanější je otázka vlivu oxidu uhličitého. Podle některých údajů^{1,22} se zdá, že produkce CO₂ na jednoho obyvatele stagnuje někdy od roku 1980, což je příznivá zpráva. Pokud si ale uvědomíme, že počet obyvatel stále narůstá, celková produkce CO₂ se zvyšuje a je otázkou, kdy se stane vyhodnotitelnou fluktuací stejně jako narůstající počet lidí. Tisícileté koncentrace CO₂ v ovzduší (částic per milion) oscilovaly zhruba každých 100 000 let mezi hodnotami cca 200 (minimum v době ledové) a ≈ 280 (maximum v době meziledové), stejně jako hladina oceánů (výkyvy přesahující i desítky metrů). Je jisté alarmující, že se v současné době hodnota CO₂ téměř zdvojnásobila (≤ 400), ale je otázkou, jestli tato fluktuace už přesáhla krátkodobé (přírodní) fluktuace, které nastaly např. v důsledku sopečných erupcí nebo rozsáhlých požárů. Na druhé straně (politicky) nadhodnocená úloha CO₂ při hodnocení skleníkového efektu často spočívá v nesprávném výkladu jeho relativní účinnosti, protože řada ekologických expertů (dokonce i stínových ministrů) ho považuje za hlavního strůjce a nepřítele. Např. i odborně-populární kniha²⁴ (str. 278) udává v přehledu skleníkových plynů jako hlavní CO₂, avšak v tabulce zcela chybí vodní pára, takže udávaný podíl CO₂ na skleníkovém jevu je uveden plných 64%! Ve skutečnosti to je vodní pára^{10,16,25}, která má hlavní podíl na skleníkovém efektu, z čehož lidská činnost má na svědomí pouhé desetiny procenta²⁵ viz obr. 2. Už na základní škole se učí, že příroda je velmi chytře uzpůsobená a voda se pod vlivem slunečních paprsků vypařuje do té míry, až pára začne kondenzovat v oblaka, která dopad slunečních paprsků zastíní a odpar vody následně potlačí. To ovšem neznamená, že zvyšující se koncentrace CO₂ nemůže mít zatím neurčené vedlejší vlivy (změna rozpustnosti, tenze par vody, absorpce²⁶ atd., viz obr. 3), ale obdobné úvahy lze také předložit pro narůstající množství prachových a aerosolových částic, atd. a pokud si uvědomíme šokující počet automobilů, továren, ale i kvantum drobných ohniček v rozvojových zemích, nelze vliv činnosti člověka přehlédnout či úmyslně opomenout.

Klausova kniha¹ podporuje tvrzení, že zásoba zdrojů se zvětšuje spolu s naší zásobou vědomostí a o vyčerpatel-



Obr. 2. Rozdělení účinku jednotlivých plynů na míru skleníkového efektu (převzato z cit.²⁵); povšimněte si, že levá osa procentní velikosti skleníkového efektu je logaritmická (od 10⁻³ do 10²), levý (světlý) sloupec ukazuje stav spontánního vlivu přírody a pravý (tmavší) sloupec ukazuje část zapříčiněnou činností člověka. Jmenovitě to je (v %) vodní pára 99,7 vs 0,1, oxid uhličitý 0,12 vs 0,014, methan 0,07 vs 0,005, ostatní 0,1 vs 0,004. Uvedený vliv nárůstu CO₂ v důsledku lidské činnosti by podle předchozího výpočtu (obr. 1) mohl být srovnáván se změnou teploty řádově v desetinách °C, což ani nepotvrzuje ani nevyvrací možnost oteplování naší planety. Zatím nejsme schopni kompetentně určit rozsah a jednotlivé vlivy skleníkového efektu, k tomu je potřeba řada dalších odborných analýz



Obr. 3. Schématické znázornění infračerveného spektra pohlcení plynů H₂O a CO₂ (převzato a upraveno z cit.²⁶); plná čára je spektrální rozdělení hustoty energetického vyzařování Země s maximem vlnočtu v kolem 650 cm⁻¹ (vzhledem k vlnovým délkám nastává maximum při λ_{max} ≈ 8,7 mm). Země funguje jako energetický transformátor dopadající sluneční energie s λ_{max} = 475 nm. Ačkoliv absorpční pásy vodní páry jsou rozsáhlejší, absorpční pás CO₂ leží poblíž maxima emisní křivky a tudíž může vykazovat značný specifický vliv

nost zdrojů se zatím nemusíme obávat⁹ – dokonce cituje ekonom J. Simona²⁷, který říká, že energie bude napořád dostupnější a hodnotově méně vzácná. Jako nepřímý důkaz uvádí¹ dlouhodobý pokles cen většiny komodit (zanalyzováno a potvrzeno na cenách 5 kovů: mědi, chromu, niklu, cínu a wolframu). Podívejme se ale z blízka na cenu nafty: 1 barel (159 litrů) se cení zhruba 110 USD (včetně zisku), energetický obsah 1 barelu lze velmi zhruba přirovnat k roční práci asi 10 otroků, přičemž ani ve starodávné době nebylo asi možné uživit jednoho otroka za tehdy odpovídající hodnotu pouhých 110 USD/rok. Z tohoto energetického hlediska je cena nafty spíše podhodnocená (i když dnešní život disponuje jinými hodnotami), ale i tak někde poskytuje zdroj pohodlného bohatství a jinde zase přináší ekonomickou bídu. Nicméně by ale jakékoliv razantní zvýšení cen nafty znamenalo vážné ekonomické důsledky ve světovém hospodářství.

Co tedy můžeme očekávat, když současná produkce nafty se čerpá zejména z vrtů otevřených v 60. letech a když v časové křivce těžby jsme evidentně za jejím maximem²⁸? Může to být třeba zvýšení dnešní vytěžitelnosti vrtů nad 60 % evidovaných zásob²⁸, nalezení nových zdrojů v méně přístupných oblastech, nahrazení jinými syntetickými zdroji, což ale nezbytně ovlivní jak cenu těžby, tak nafty, která je závislá na tom, kolik barelů nafty (x) se vytěží za energii dodanou jedním vytěženým barelem (x:1). Od hodnot platných pro klasické vrty na počátku minulého století (60:1) jsme postoupili k dnešním 30:1, u těžby z moře už jen 12:1, přičemž těžba z asfaltových písků/břidlic už poskytne pouhých 3:1 (ve srovnání s bionaftou, kde je poměr cca 1,1:1). Samozřejmě člověk hledá a nachází nové zdroje a nesmírné energetické zásoby leží na dně moří ve formě velmi nestabilních sloučenin hydrátů methanu. Tato sloučenina existuje jen v podmínkách velkého hydrostatického tlaku vody a nízké (stabilní) teploty okolo 2 °C, což nesmírně komplikuje technologii těžby a přináší zvýšené riziko ekologické katastrofy v případě necitlivého porušení stability úložiště a následné porušení rovnováhy plynného methanu v atmosféře²⁰.

Je samozřejmě nesoriozní uvažovat dnes o situaci za 50 nebo dokonce 500 let v rámci současných odborných znalostí, technologických možností a uznaného rámce přírodních zásob (bohatství). Vědecké znalosti se závratně rozvíjejí a jak kniha Klause ukazuje, za posledních 100 let přibývalo v našem slovníku neskonale nových pojmů, v těch dvaceti uvedených v jeho knize¹ se ale pouze dva pojí s energií (atomová bomba, nukleární energie); všechny ostatní souvisejí se světem informací, což poukazuje, v které sféře došlo k zásadnímu pokroku. Je zřejmé, že se objeví nové možnosti energetických zdrojů ať už jako následek standardního vědeckého vývoje, nebo v důsledku (možného) zápasu o sebezáchovu (přežití) lidstva. Jednou mohou být vyřešeny projekty využití termojaderné fúze nebo nalezeny nové zdroje dnes ležící v oblasti sci-fi, jako je využití energie elektromagnetického pozadí prostoru (vakua), rozdíl v teplotě, hustotě či rychlosti expanze v různých místech naší planety, případně našeho planetár-

ního okolí či celého Vesmíru, a mohou se otevřít dnes nepředvídatelné „vesmírné doly na energii“ (gravitace, dokonce mrtvé hvězdy, vypařování černých děr nebo rozpad elementárních částic)²⁹, všechny však čeká standardní problém všech energetických zdrojů, včetně dnešních klasických dolů na uhlí, že dobývání energetického paliva si může vyžádat vyšší náklady než bude samotný energetický zisk.

Podívejme se na energetickou potřebu lidstva v historickém vývoji^{10,16,30} a to v takových jednotkách (Q), které jsou dostatečně velké ($1Q = 10^{14}$ kWh, což zhruba odpovídá přivedení cca 5000 km³ vody amerického jezera Michigan ohřevem k bodu varu). Dosavadní energetickou spotřebu lidstva můžeme pak charakterizovat hodnotou $Q \approx 22$. Roční historická spotřeba moderního věku se drasticky změnila, od cca $Q \approx 0,05$ v roce 1850 $k \approx 0,25$ v padesátých letech minulého století až k dnešnímu $Q \approx 0,5$. Ve stejných relacích se můžeme pokusit odhadnout světové energetické zásoby: těžitelná nafta (vrty) $\approx 15 Q$, rezervy (např. v pískách a břidlicích) $\approx 15 Q$, uhlí $\approx 35 Q$, přírodní plyn $\approx 25 Q$, což dohromady odpovídá asi čtyřnásobku lidstvem dosud využitě energie, tj. asi 90 Q. K tomu můžeme připočítat nějakých 60 Q pro geotermální zásoby energie (současné využití jen asi 0,0005 Q/rok), $\approx 50 Q$ pro štěpné procesy v nukleárních reaktorech a další desetinásobek předpokládaný pro množivé reaktory, celkově asi 700 Q. Podívejme se na spotřebu v relaci současnosti a možných extrémů: pokud bychom se omezili na předchozí, velmi úsporný režim ekonomiky počátku technické revoluce 1850, vystačily by zásoby fosilních paliv na takových 2000 let a celkové energetické zásoby v rámci současné populace na dobrých 20 tisíc let. K tomuto scénáři návratu do minulosti se ale někdo těžko vrátí, neb úspora by byla spojena s převraty a politickou nestabilitou, jak trefně naznačil ve své sci-fi knize O. Neff³¹. Pokud ale uvážíme současnou roční spotřebu energie, tj. cca 0,5 Q, smrsknou se předchozí roky využitelnosti desetkrát, a to na pouhých 200 a 2000 let a při započtení 50% nárůstu spotřeby energie a obyvatelstva je to už jen cca 20 a 200 let – jistě alarmující! Samozřejmě, každé posouzení má svoji chybu a za dalších deset, dvacet let se odhady zásob bezpochyby zvýší, nicméně i 100% odchylka znamená jen zdvojnásobení odhadu, tj. jen trvání neobnovitelných zdrojů v rozmezí stále ohromujících 40 až 400 let. I když to může být jen nedůležitý časový interval v rámci několika tisícileté existence civilizace, je důležitý v tom, že ukazuje, že někdy určitě dojdeme na konec vyčerpání rezerv zemského přírodního bohatství (i když bychom připustili zásadní vnos termojaderné fúze).

Samozřejmě jsme nezapočetli obnovitelné zdroje^{10,16,30,32}. V dnešním měřítku nám voda může ročně poskytnout asi 0,05 Q, biotechnologie $\approx 0,02 Q$, teplotní difference (vítr) $\approx 0,07 Q$ a využití solární energie asi 0,09 Q, dohromady cca 0,25 Q, což v současné energetické řízni může pokrýt až 50 % dnešní spotřeby. V tomto případě se ale mění otázka, od „jak dlouho to vydrží“ na „kolik země s tím pokryjeme“ (nebo kolik jí případně znehodnotíme).

Předpokládejme elektrárnu spalující biomasu, hospodářská půda pro výrobu 1 MW bude asi 500 000 m². V případě fotovoltaických článků^{10,25,26} musíme pokrýt plochu asi 50 000 m²/1 MW (účinnost ≈ 20 %, intenzita světla ≈ 0,25 kW m⁻²) a pro větrnou elektrárnu zabereme plochu asi 5000 m²/1 MW (jednotlivý výkon 2 MW s účinností cca 20 %, cit.¹), pro klasickou uhelnou elektrárnu asi 500 m²/1 MW (standardní výkon 500 MW, nezapočítána plocha zdevastovaná těžbou uhlí, stejně jako plocha pokrytá odpadem neutralizace SO₂ a popela/škváry, případně i související doprava) a konečně nukleární elektrárna s cca 80 m²/1 MW (opět nezapočítána devastace půdy těžbou, doprava a úložiště radioaktivních odpadů). Několik milionů m² půdy je v rámci tradičního hospodaření plocha obdělátná, ale představa statisíců m² plochy pokryté fotočlánky je něco, co se zatím vymyká lidským představám. Můžeme sice pokrýt Saharu, ale kdo bude fotopanely denně čistit, když na každých zhruba 250 m² bude potřeba jeden uklízeč, tj. na 1 MW zhruba 200 lidí, na významnou produkci 500 MW, srovnatelných s uhelnou elektrárnou, už to je ohromujících sto tisíc pracovníků – ubytování, doprava, atd. V těchto odhadech chybí mnoho dalších výdajů, kolik stojí výstavba 1 MW elektrárny, kolik materiálu se spotřebuje na výstavbu 1 MW, kdy (a jestli) se vložené investice vrátí, rizika oprav a revitalizace, účinek (újm) na životním prostředí, atd. V tomto ohledu bychom neměli zatracovat využití nukleární energie, ať už z hlediska jejich zásob, vývojovému příslibu do budoucna a relativně šetrnému dopadu na životní prostředí (i když se to environmentalistům jakkoliv nelíbí).

Jak už bylo řečeno, fluktuace v přirozeném vývoji světa nastala v důsledku nastolení věku techniky v roce 1850, který přinesl světu vynalezení parního stroje včetně vybudování teoretického popisu zvaného termodynamika^{4,10,11}. Tento popis se ve svém základě nezměnil ani pro další vývojové stupně strojů, která používají jako energetický převodník teplo (spalovací motory, letecké turbíny, atd.) a průměrná efektivita (využitelnost) těchto tepelných strojů se dnes pohybuje kolem 32 %, přičemž maximum, které nemohou principiálně přesáhnout, je téměř 40 % (dané teoretickým Carnotovým cyklem). Z toho vyplývá drastické ponaučení, že více než 60 % dnešní energetické výroby tvoří tepelný odpad do ovzduší, což platí i pro nukleární reaktory, kde je to opět teplo, které zprostředkovává energetickou konverzi. Stupeň využitelnosti provází i všechny ostatní novodobé procesy konverze energie v rámci obnovitelných zdrojů, větrné elektrárny (mechanická účinnost max. 45 % síly větru, sám vítr je přírodou darovaný tepelný stroj) nebo solární články^{30,32} (od 13 % u levného amorfního křemíku až po 30 % u vícevrstevných polovodičů). Vědecký vývoj lze podpořit vhodnými dotacemi, ale subvencemi pokřivená ekonomika³³ (dotovaný výkup energie z alternativních zdrojů) povede bohužel jen ke „kšeftaření“.

Je zřejmé, že východisko šetření s energií bude spíše v omezení lidské tendence k jejímu plýtvání a v souvisejícím hledání energetických úspor, než ve složitém vyprodukování efektivnějších technologií nové

generace tepelných strojů, protože ekologický koncept „udržitelného“ pokroku je z termodynamického hlediska těžko definovatelný, protože naše „nadprodukce“ tepla nemůže být nekonečně absorbována biosférou, to je v přírodě možné jen lokálně a to ještě na účet „entropického“ odkladiště (chaosu, nepořádku, odpadů) někde jinde, kde to už nevidíme (nebo nechceme vidět). Ve světě přírody není nic zadarmo, víme, že za vysoký výtěžek zaplatíme pomalostí (reverzibilitou) a naopak, že za zvýšenou rychlost výroby platíme nárůstem neefektivnosti, že za práci zaplatíme nejen penězi, ale i časem, znalostmi (informacemi) a zejména využitelnou energií¹⁶. Musíme si uvědomit, že příroda stanovila své neměnné zákony, do kterých člověk nemůže vstupovat ani do nich zasahovat. Je to tepelná účinnost, která je pouze úměrná podílu výstupní a vstupní teploty, nikoliv média, které to zprostředkovávají, je to existence energie kolem nás, které je nekonečně mnoho, ale jenom některá její část je prakticky využitelná (proto se často setkáváme s termínem „exergie“, kterým se definuje ta část energie^{4,6,8,11}, která je využitelná k práci u reálných nevratných procesů). Víme, že nikdy nedospějeme ke stavu naprostého nedostatku energie. To, co nás čeká, je jen nedostatek levně dosažitelné energie. Je třeba pochopit, že jsme kontinuálně konfrontováni hazardem vyplývajícím z našeho luxusního způsobu života a využívání moderních, energeticky náročných technologií, a to zejména při rozšiřování svých teritorií a velikosti populace. Zmíňme se, že v teorii „Gaia“ je Země⁷ představována jako jakýsi „živoucí organismus“, který má schopnost seberegulace, který je v okamžiku nebezpečí schopný podnítit samodestrukci (pandemii) Zemi-ohrožujícího druhu (lidstva).

Ekologové nás varují nejíst geneticky upravené potraviny a bojkotovat nukleární úložiště, ale přitom si rádi ponechávají své nezdravé návyky (kouření, pití alkoholu, jízda autem). Stejně jako se zasazujeme o snížení produkce CO₂ o 20 % omezením průmyslu, můžeme se snažit o stejný efekt naordinovaným snížením množství lidí na zemi o 20 %. Stejně jako ve středověku můžeme problém „zpolitizovat“ a prodávat „očisťovací odpustky“, třeba pro nadprodukcí CO₂ a používat je pro „kšeft“ v rámci zlepšování ekologie – po uplynutí několika desetiletí je pak nahradíme odpustky za nadprodukcí H₂, jako nového přenašeče energie¹⁹, ale i nového „polutantu“, jehož neodstranitelný únik bude ohrožovat svrchní hranici atmosféry a který bude spalováním sice produkovat vodní páru, ale masivně v místech, kde se normálně neprodukuje (dokonce možnost ovlivnění počasí).

Klausova ekonomicky laděná kniha¹ zdůrazňuje významnou roli diskontní míry, tj., že cena peněz se stále snižuje a veškeré budoucí výdaje budou mít u lidského hodnotitele menší význam než výdaje současné, jinými slovy, co dnes děláme, je relativně dražší než kdybychom to udělali v budoucnu. Nepatrná společenská diskontní míra by tak vedla k tomu, že budoucnost se nám zdá stejně dobrá jako naše přítomnost, zatímco budoucnost by měla být ekonomicky méně významná než přítomnost už proto, že měření zítřka dnešními očima může být našim potom-

kům k smíchu. Vystává však otázka, jestli se bude diskontní mírou také řídit hodnota energie a zejména cena půdy, tj. pozemků, které musíme v honbě za dostatkem energie zabrat pro energetickou výrobu, jaká bude skutečná cena lidské práce a energetických zdrojů a jak se diskontní ekonomika zachová v krizových situacích nedostatku (doufejme, že se jich nedožijeme) a jak máme honorovat vědecké projekty, které dají (možná) základ (úspěšným) projektům budoucím a konečně jestli přísloví „co můžeš udělat dnes, neodkládej na zítřek“ platí i v tomto kontextu.

Naskýtá se zde řada nezodpovězených otázek, které bychom měli řešit v rámci mezioborového^{4,10} porozumění problému soužití s přírodou^{3–19} a ekonomická hlediska a úvahy³ považujeme za neméně důležitá jako přírodovědná. V tomto ohledu musíme poděkovat Václavu Klausovi, že měl odvahu rozvířít diskusi a vnést na ekologii svůj, dosud u nás nestandardní pohled ekonomů¹.

Podpořeno grantem GA AV ČR č. A100100639 a výzkumným záměrem FzÚ č. AV0210100521.

LITERATURA

- Klaus V.: *Modrá, nikoliv zelená planeta – co je ohroženo: klima nebo svoboda?* Dokořán, Praha 2007.
- Gore A.: *An Inconvenient Truth*. Bloomsbery 2006. Český překlad *Nepříjemná pravda*. Argo, Praha 2007.
- Mantegna R. N., Stanley H. E.: *Introduction to Econophysics: correlation and complexity in finance*. Cambridge Univ. Press, Cambridge 2000.
- Šesták J.: *Thermodynamics, econophysics, ecosystems and societal behavior*, v knize: *Science of Heat and Thermophysical Studies*. Str. 230, Elsevier, Amsterdam 2005.
- Duvigneaud P.: *La synthèse écologique*. Doin, Paris 1980. Český překlad *Ekologická syntéza*. Academia, Praha 1988.
- Odum H. T.: *Environment, Power and Society*. Wiley, New York 1971; *Environmental Accounting: energy and decision making*. Wiley, New York 1996.
- Lovelock J.: *GAIA: a new look at a life on Earth*. University Press, Oxford 1979.
- Kauffmann S. A.: *Investigations*. Oxford Press, New York 2000.
- Hámpel M.: *Výčerpání zdrojů – skvěle prodejný mýtus*. CEP, Praha 2004.
- Šesták J.: *Society, Science and Ecology: progress against survival*, v knize: *Heat, Thermal Analysis and Society*. Str. 277, Nucleus, Hradec Králové 2004.
- Jørgenson S. E., Svirezhev Y. M.: *Towards a Thermodynamic Theory for Ecological Systems*. Elsevier, Amsterdam 2004.
- Crichton M.: *State of Fear*. HarperCollins 2004. Český překlad *Říše strachu*, Knížní klub, Praha 2006.
- Neubauer T., Škrdlant T.: *Skrytá pravda země: živly jako archetypy ekologického myšlení*. Mladá fronta, Praha 2005.
- Steger U.: *Sustainable Development and Innovation in Energy Sector*. Springer, Berlin 2005.
- Mrzčícký V.: *Environmentální politika a udržitelný rozvoj*. Portál, Praha 2005.
- Šesták J., v knize: *Promises of Science*. (Knut E., Pliska V., Folkers G., ed.), str. 69. Collegium Helveticum, Zurich 2006.
- Lomborg B.: *The Sceptical Environmentalist: measuring the real state of the world*. Cambridge University Press 2001. Český překlad *Skeptický ekolog*. Dokořán, Praha 2006.
- Kadmoška J.: *Energie a globální oteplování země: země v proměnách při opatřování energie*. VUT, Brno 2006.
- Šesták J.: *Energy Views and Crisis: would hydrogen solve it?* Texty vyžádaných přednášek, Taiwan National University in Taipei, October 2006.
- Pozn. autora*: Jistě jsou pochybnosti o množství vyprodukovaného methanu těmito obrovskými býložravci, plynu který je silným zdrojem skleníkového efektu, plynu kterému se jednou přičítala vina na oteplování vlivem jeho nadměrné produkce v období enormního nárůstu chovu domácího zvířectva (skotu) někdy na začátku tisíciletí. Jaké katastrofické dopady pak můžeme očekávat v případě intenzivního využívání enormních energetických zásob hydrátů methanu uložených na dně moří a s tím spojeného nebezpečí explozivního úniku plynného methanu do ovzduší.
- Mareš J. J.: *Scientific World*. Texty přednášek, New York University, Praha 2006.
- Assex C., McKittrick R.: *Taken by Storm: the troubled science, policy and politics of global warming*. Key Porter Books, Toronto 2002; *Independent Summary for Policymakers*. IPCC 4th Assessment Report (January), Fraser Institute, Vancouver 2007.
- Pozn. autora*: Měření teploty je otázkou zvoleného okna (filtru) měření, takže výsledek nabývá fraktální charakteristiky, stejně jako volba velikosti měřítka při určování délky obrysu pobřeží. Průměrná teplota musí být určena statisticky významnou metodou, kde odchylka určení průměrné teploty je nejen statisticky významnou hodnotou, ale zahrnuje i lokální okolnosti měření (což samozřejmě není záležitost při určování průměrného telefonního čísla).
- Bratrych V. (ed): *Živel oheň – energie*. Agentura Koniklec, Praha 2004.
- Singer S. F.: Wall Street Journal, Sept. 10, 2001 (data z US Weather Satellite Service).
- Těřežko P. N. (ed.): *Kurz meteorologii – fyzika atmosféry*. Hydrometeorolog. Izdatelstvo, Leningrad 1951.
- Simon J. L.: *The Ultimate Resources*. University Press, Princeton 1981. Český překlad *Největší bohatství*. Centrum pro studium demokracie a kultury, Brno 2006.
- Cílek V., Kašík M.: *Nejistý plamen: průvodce ropným světem*. Dokořán, Praha 2007.

29. Barrow J. D.: *The Constants of Nature*. Cape, London 2002. Český překlad *Konstanty přírody*. Paseka, Praha 2005; *Impossibility – limits of science and science of limits*. Vintage, New York 1999
30. Neville R. C.: *Solar Energy Conversion*. Elsevier, Amsterdam 1995.
31. Neff O.: *Tma 2.00*. Milenium, Praha 2003.
32. Svoboda P. (ed.): *Zdroje a výroba elektrické energie*. Speciální číslo Československého časopisu pro fyziku A2 (2002), Vol. 52.
33. *Pozn. autora*: Představa, že elektrická energie vyprodukovaná větrnou elektrárnou se vykupuje 4x draž než je její standardní cena, evokuje myšlenku postavit alternativní „větrnou“ elektrárnu, jejíž vrtule bude místo větru pohánět standardní elektrický motor poháněný levnější energií – kdo by na této disproporcii nechtěl vydělat (?~„ekotrafo“).