

Jak je možné, že se kytovci potápějí do obrovských hloubek, a přesto netrpí při vynoření kesonovou nemocí?

David Vilímek, maky@seznam.cz

TRPÍ KYTOVCI KESONOVOU NEMOCÍ?

Kesonová (dekompresní) nemoc vzniká při prudkém poklesu okolního tlaku, při němž se ve tkáních tvoří bubliny plynů, především dusíku. Plyny rozpuštěné v těle během pobytu v přetlaku se v podobě bublin uvolňují při rychlém vynoření či přesunu do menších hloubek. Bubliny tkáně trhají nebo omezují jejich cévní zásobení, popsáno je však množství dalších nežádoucích příznaků. Řada kytovců se do větších hloubek nepotápí (i když občas se jim nevyhnou), jiní je přímo vyhledávají, např. vorvaňovci a vorvaň.

Dekompresní nemoci čelí kytovci řadou přizpůsobení. Například jejich plíce jsou velmi elastické a při potápění do

větších hloubek se z nich veškerý vzduch vytlačí do zpevněných dýchacích trubíc (průdušek, průdušnice a nosní dutiny, kde navíc část dusíku vyvazuje zvláštní olejovitá pěna). Lepší potápěči z řad kytovců mají poměrově menší plicní kapacitu, což při nadechování snižuje relativní přísun vzduchu, hlavně dusíku.

Srovnáme ještě průběh dýchání lidského potápěče s dýcháním kytovců. Potápěč dýchá průběžně vzduch z plynové bomby, kdežto kytovec musí při potápění vystačit s jedním nádechem, což opět poměrově snižuje množství dusíku coby zdroje nebezpečných bublin. Kytovci navíc díky řadě dílčích přizpůsobení (např. nezvykle velkému množství kyslíku vázaného ve svalech) vydrží ve vodě na jedno nadechnutí velmi dlouho (viz Vesmír 84, 604, 2005/10), a tedy ani jejich výstup k hladině nemusí být nijak zvlášť urychlen. Tělo pak má více času na postupné vyrovnávání tlaků (viz knihu V. Mazáka: Kytovci, SZN, Praha 1988).

V posledních letech se ale množí zprávy o kytovcích uhynulých na dekompresní nemoc, ať už jde o potápěče vynikající (např. vorvaňovce) nebo horší (jako jsou delfíni či sviňuchy). Vzniká podezření, že úhyny způsobené dekompresí mají souvislost se zkouškami účinnějšího sonarového systému ve službách vojenského námořnictva USA. Předpokládá se, že kytovce nový sonarový systém natolik stresuje ultrazvukem, že plavou k hladině příliš rychle, nebo že dokonce bubliny vznikají při průchodu zvukových vln tělem zvířete. Některé dílčí výzkumy naznačují spíše druhou možnost. Přes varování vědců a ochránářů se však plánuje, že bude nový sonarový systém užíván ve velkém (viz Nature 425, 575–576, 2003 a 439, 376–377, 2006).

Jan Robovský

ODPOVĚĎ NA KAŽDOU OTÁZKU

CD28 – pád slibné protilátky

Z velké naděje symbol velkého „průšvihů“

Koncem minulého roku jsem psal o objevu, který mohl mít velký význam pro léčbu autoimunitních nemocí (viz Vesmír 84, 645, 2005/11). Skupina Thomase Hübniga z Würzburgu zjistila, že některé monoklonální protilátky namířené proti pomocnému receptoru T-lymfocytů CD28 mohou za určitých okolností povzbuzovat pomnožení těch lymfocytů T, které potlačují přílišné a nežádoucí imunitní reakce jiných lymfocytů T. Netrvalo dlouho a jedna z těchto slibných protilátek, pojmenovaná TGN1412, byla použita v první fázi klinického testování.

Test však dopadl katastrofálně. Všech šest dobrovolníků, kteří dostali první dávku, začalo zvracet, silně otekli a upadli do bezvědomí. Na jednotce intenzivní péče je sice zachránili, ale jeden z nich byl ještě po třech týdnech v komatu. S tím mladí dobrovolníci, kteří za svou účast v pokusu dostali několik tisíc liber, určitě nepočítali.

Něco takového se dosud při klinickém testování léčiv nepříhodilo. Kde se stala chyba? První podezření, že preparát byl znečištěn nějakou toxickou látkou, bylo brzy vyvráceno. Testovaná látka byla vyrobena standardním způsobem, kvalitu přísně kontrovala osvědčená farmaceutická firma. Preparát úspěšně prošel testováním na zvířatech (myších a opicích) a pokusné osoby dostaly pro jistotu mnohonásobně (asi 500krát) nižší množství ve srovnání s dávkou, která je bezpečná pro makaky. Obdobné protilátky namířené proti myším pomocnému receptoru

báječně fungovaly a potlačovaly experimentální autoimunitní choroby. V čem tedy byl problém?

Zdá se, že byly podceňeny rozdíly mezi opičím a lidským receptorem CD28 a snad i rozdíly v reaktivitě lidského a opičího imunitního systému. Je totiž možné, že se protilátka váže na buňky makaků slaběji. Jejich receptor se sice od lidského liší jen v několika aminokyselinových zbytcích, ale některý z nich může být kritický. Dalším faktorem může být vyšší reaktivita lidských lymfocytů T, které nemají některé tlumivé receptory, u ostatních primátů běžné. Problém může být také v tom, že u lidí se molekuly CD28 vyskytují nejen na lymfocytech T, ale i na jiných bílých krvinkách (eozinofilech a neutrofilech). Další příčinou může být, že různé druhy bílýchrvinek mají odlišné Fc-receptory, na něž se mohou protilátkové molekuly vázat svým „druhým koncem“, a takto „obalené“ buňky pak napadají lymfocyty T rozeznané vazebnými místy protilátky. Je tedy možné, že se protilátka vázala lépe na lidské než na opičí Fc-receptory, a proto byly nepříznivé účinky u lidí mnohem silnější.

Ať již byly příčiny neúspěchu klinického testu jakékoli, jejich důsledky pro další testy jiných nadějných léčebných monoklonálních protilátek budou značné. Zpřísní se podmínky preklinických testů a nejspíš se změní postup při jejich první fázi – testovaná látka se nebude podávat všem dobrovolníkům najednou, ale nejprve jednomu, po několika hodi-

VÁCLAV HOŘEJŠÍ

Prof. RNDr. Václav Hořejší, CSc., (*1949) vystudoval Přírodovědeckou fakultu UK v Praze. V Ústavu molekulární genetiky AV ČR se zabývá povrchovými molekulami buněk imunitního systému. Je členem Učené společnosti ČR.

nách či dnech druhému atd. V současné době je pro klinické použití schváleno 15 monoklonálních protilátek a 3 další jejich deriváty, v různých fázích testování je zhruba 100 dalších. Pro biotechnologické firmy, které vyvíjejí léky založené na monoklonálních pro-

tilátkách, je tato situace určitě nemilá. Na druhé straně je dobře, že se nyní udělá vše pro to, aby se něco podobného nestalo znovu. Rozhodně se nezastaví vývoj v tomto oboru – vždyť jde o skutečně účinné léky, a v sázce je mnohamiliardový trh s nimi.

Elektrochemie ve starověku

Vysvědčení našich předků

VLADIMÍR
KARPENKO

Ti, kdo používali postupy, jež popíšeme, neměli sebemenší tušení o jejich podstatě. Jde o oxidačně-redukční reakce, při kterých se kationty jednoho kovu vylučují z roztoku na tuhém povrchu jiného kovu. V tomto ohledu je neznámější vylučování mědi z roztoku síranu měďnatého (modré skalice) na povrchu železa – prostý školní pokus se železným hřebíkem ponořeným do modré skalice. Téměř okamžitě se povrch železa začne pokrývat vrstvičkou mědi.

Základem této reakce je jednoduchý elektrochemický proces, kde klíčový je rozdíl elektrochemických potenciálů systémů Fe^{2+}/Fe (-0,44 V; tato i další hodnoty jsou v tzv. standardní škále při 25 °C) a Cu^{2+}/Cu (+0,34 V). Přitom platí, že kov se zápornější hodnotou potenciálu bude vytěsňovat z roztoku jiný, s kladnějším potenciálem. Sám se v průběhu procesu oxiduje a přechází do roztoku. Rozdíl hodnot těchto potenciálů pro oba právě uvedené systémy je velký, což prakticky zaručuje, že reakce proběhne.¹

Jak železo, tak měď a jejich sloučeniny patří mezi kovy známé od starověku, už v minulosti se tedy lidé mohli s touto reakcí seznámit. Poměrně bohatá jsou písemná svědectví z Číny z prvních staletí našeho letopočtu, kde tato reakce nejprve zajímala alchymisty. Často ji považovali za transmutaci železa v měď, někdy však o tom pochybovali, což je zajímavé. Pokud se totiž neprovede kvantifikace (a to se nestalo), je těžké prokázat, zda to může, nebo nemůže být transmutace. Ve 12. století, kdy byl nedostatek mědi na výrobu mincí, se dokonce tato reakce využívala v Číně pro průmyslové získávání mědi. Na haldy hlušiny po těžbě měděných rud se lila voda, v níž se při prosakování rozpouštěly měďnaté sole, především síran. Získaný roztok se napouštěl do velkých nádob, kam se ponořovaly železné desky. Měď, jež se na nich vyloučila, stačilo oškrábat a rafinovat.

Ze starověké Evropy se kupodivu zachovaly jen vágní zmínky, které lze těžko vyhodnotit. Plinius Starší (23–79 n. l.) sice napsal, že železo „jestliže je potíráno octem nebo kamecem, získává vzhled mědi“, ale toto tvrzení se mohlo stejně tak týkat rezivění. Ani

Dioskuridův (2. pol. 1. stol. n. l.) popis metody, která měla sloužit jako primitivní analytická technika rozlišení dvou sloučenin mědi, není přesvědčivý. Podle něj lze prokázat, že ios (zásaditý síran měďnatý) je znečištěn chalcantionem (síranem měďnatým neboli modrou skalicí), jestliže se sporná substance zahřívá na železné lžici. Pokud je v látce přítomen chalcantion, lžice zčervená. Dnes se soudí, že text je zkomolený. Sice to asi opravdu je zmínka o vylučování mědi na železe, ale uvedené sloučeniny se takto nerozliší.

O to zajímavější poznatky přináší práce skupiny italských vědců,² kteří zkoumali řecké mince z nálezů učiněného roku 1948 u italské Parabity. Tehdy bylo v zapečetěné hliněné nádobě, zřejmě netknuté, nalezeno více než tisíc mincí datovaných do 3. stol. př. n. l. Ukázalo se, že některé z nich jsou padělkem stříbrných dvoudrachim vyrobených z olova. Mince byly ovšem postříbřeny, aby budily dojem pravých. Provedené analýzy, především rentgenová, ukázaly, že pod vnější vrstvou stříbra jsou zbytky mědi, a teprve pod ní je olověný korpus mince. Autoři studie usoudili, že dávní padělatelé provedli dvoustupňové elektrochemické pokovení analogickým postupem, jaký jsme právě naznačili u železa a mědi. Z elektrochemických potenciálů systémů Pb^{2+}/Pb (-0,126 V) a Ag^+/Ag (+0,799 V) plyne, že se stříbro může vylučovat z roztoku stříbrných iontů na povrchu kovového olova, ale takový postup se nepoužívá ani v dnešní době. Olovo ponořené do roztoku stříbrných iontů se pokrývá téměř černou práškovitou vrstvou stříbra, což by se pro padělání mince jistě nehodilo.

Italští vědci soudí, že s největší pravděpodobností provedli padělatelé dvoustupňový proces, kdy olovo nejprve pokryli mědí (rozdíl elektrochemických potenciálů je dostačující) a v dalším kroku nechali tuto měď reagovat se stříbrnými ionty v roztoku. Přitom se měď rozpouštěla, proto je jí na povrchu mince málo, a na její místo se vylučovalo stříbro. Experimenty provedené v laboratoři poskytl na vzorcích olova vrstvy téměř identických fyzikálních i optických parametrů, jaké jsou na padělaných mincích, což činí tuto hypotézu pravděpodobnou.

Prof. RNDr. Vladimír Karpenko, CSc., (*1942) vystudoval Přírodovědeckou fakultu UK v Praze. Na této fakultě se zabývá biofyzikální chemií a dějinami chemie. Je autorem nebo spoluautorem knih *Alchymie – dcera omylu* (1988), *Tajemství magických čtverců* (1997), *Biofyzikální chemie* (2000).



Od roku 2004 Libri vydává dosud největší původní encyklopedický projekt od dob Otto-va slovníku naučného, a to Biografický slovník českých zemí (BSČZ). Projekt, zahrnující na 25 000 biogramů, má dosáhnout 50 sešitů. Nad projektem BSČZ převzal záštitu prezident republiky prof. Václav Klaus. / Základní biografické dílo moderní doby vzniká ve specializovaném oddělení Historického ústavu AV ČR za autorské a lektorské účasti více než 100 předních badatelů už více než desetiletí (k dispozici je kompletní heslář). Slovník zahrnuje osobnosti ze všech oborů lidské činnosti a bude vycházet postupně v jednotlivých sešitech velkého formátu A4. Všechny osobnosti spojuje skutečnost, že pocházejí z Čech, Moravy či Slezska nebo významně či dlouhodobě působily na našem území, a všechny jsou podle významu rozděleny do čtyř kategorií, podle nichž se řídí i délka a podrobnost zpracování hesla. Každé heslo je signováno autorem a doplněno o případné dílo a odkazy na literaturu a prameny. / **Dosud vyšlo: 1. sešit (písmeno A)**, P. Vošahlíková a kol. / 1. vyd., brož., velký formát, 158 str., 240 Kč, ISBN 80-7277-215-5 / **2. sešit (B-Bař)**, P. Vošahlíková a kol. / 1. vyd., brož., velký formát, 132 str., 220 Kč, ISBN 80-7277-252-X / **3. sešit (Bas-Bend)**, P. Vošahlíková a kol. / 1. vyd., brož., velký formát, 132 str., 220 Kč, ISBN 80-7277-287-2 / **4. sešit (Bene-Bez)**, P. Vošahlíková a kol. / 1. vyd., brož., velký formát, 124 str., 200 Kč, ISBN 80-7277-299-6 / **5. sešit (Bi-Bog)**, P. Vošahlíková a kol. / 1. vyd., brož., velký formát, 128 str., 200 Kč, ISBN 80-7277-309-7

LIBRI, s. r. o., Na Hutmance 7, 158 00 Praha 5, tel.: 251 613 113, fax: +420 251 611 013, libri@libri.cz, www.libri.cz



Zbývá otázka, zda padělatelé mohli mít pro tuto techniku chemikálie. Odpověď je kladná. Pokud šlo o sloučeniny mědi, již ze 4. stol. př. n. l. pochází popis výroby zásaditého octanu mědnatého. Stačilo v uzavřené nádobě pověsit nad hladinu octa měděné plíšky a vždy po čase seškrábat vrstvu vzniklé soli. Větší problém je s rozpustnou solí stříbra. Snadné to je pomocí kyseliny dusičné, v níž se stříbro rozpouští na dobře rozpustný dusičnan, ale tato kyselina byla objevena v Evropě přibližně ve 13. až 14. století. Italští odborníci však soudí, že se dal použít také téměř nerozpustný chlorid stříbrný (při 10 °C asi 0,089 mg na 100 g vody), který byl znám jednak jako minerál, jednak jako produkt při oddělování zlata a stříbra. Tato sloučenina se totiž dobře rozpouští, jestliže se přidá zředěný amoniak. Ten se dal v minulosti nahradit rozloženou močůvkou.

Dále je podstatné, že stříbro vyloučené tímto dvoustupňovým procesem tvoří kvalitní povrch, sice matný, ale dá se snadno vyleštit, takže mince vypadá důvěryhodně. Pokud byl pro padělání mince skutečně použit tento proces, je to výborné vysvědčení pro naše předky a zároveň to vyplňuje mezeru v písemných pramenech antické proveniencí. Navíc podobné dělení kovů z roztoku, například solí vzniklých čištěním zlata kyselinou dusičnou, která rozpustí všechny kovy právě s výjimkou zlata, se objevuje v Evropě přibližně až v 16. století. Rozpuštěné stříbro se vylučovalo na měděný plech, jenž se při tom zčásti rozpouštěl na mědnaté ionty, které se poté vychytávaly na železe. Podstatu těchto reakcí vysvětlila až elektrochemie, ony samy sloužily často alchymistům jako argument ve prospěch transmutace. γ

- 1) V sumární podobě ji lze zapsat: $\text{Fe(s)} + \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) \rightarrow \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + \text{Cu(s)}$.
- 2) J. Appl. Electrochemistry 36, 951, 2006.

Očekáváme renesanci jaderné energetiky?

Není místo ani čas pro předsudky

Na počátku nového tisíciletí se náš svět prudce mění. Žijeme v době pozoruhodného a chvílemi až omračujícího technického pokroku, ne vždy zcela srozumitelného současníkům. Zaznamenali jsme obrovské zlepšení mnoha aspektů kvality našeho života. Žijeme déle než kdykoli v historii lidstva, máme lepší zdravotní péči, naše práce je stále méně fyzicky namáhavá a vyčerpávající, věci, které nám slouží, jsou bezpečnější a spolehlivější. Zároveň s tím, jak se stále více propojují ekonomiky jednotlivých zemí, ovšem sílí globalizace a roste pocit odcizení mezi občany a institucemi.

Udržitelný svět není sice nedosažitelným snem, avšak všechny kritické analýzy souběžného stavu a předpovědi dalšího možného vývoje životního prostředí, společnosti a ekonomiky přinášejí především vážné otázky

ve vztahu k našemu současnému směřování, mnohdy i katastrofické scénáře tohoto světa. Pokrok je přijímán víceméně jako samozřejmost, paradoxně je však stále intenzivněji provázen očekáváním, že nebudeme vystavováni téměř žádným nedobrovolným rizikům.

V zemích, jako je naše, nebyla energie v posledních letech předmětem velkého zájmu. Koneckonců jsme nezažívali žádné významnější výpadky nebo přerušení dodávek. To se ale dost rychle a výrazně mění. V souvislosti s prudkým nárůstem spotřeby ropy a plynu v zemích s rychle rostoucí ekonomikou, jako jsou Čína a Indie, se v posledních dvou letech ceny ropy a plynu drží na vysoké úrovni a dále rostou. Silným negativním faktorem je také nedostatečná stabilita v mnoha klíčových dodavatelských regionech: na Blízkém východě, ve Venezuele, v Nigérii. Zvláště zranitelné vy-

DANA DRÁBOVÁ

Ing. Dana Drábová, Ph.D., (*1961) absolvovala Fakultu jadernou a fyzikálně-inženýrskou v Praze. Působila v Centru hygieny záření Státního zdravotního ústavu, v Ústředí radiační monitorovací sítě České republiky, ve Státním ústavu radiační ochrany. Od 1. listopadu 1999 je předsedkyní Státního úřadu pro jadernou bezpečnost České republiky.

TO GAIN, OR NOT TO GAIN
- THAT IS THE QUESTION



Kresba
© František Mizera.

padají v této souvislosti regiony a země, jež jsou téměř plně závislé na stabilním dovozu nosičů energie. Jde především o země EU a Japonsko. Důsledky tohoto prostředí přímo pociťuje každý z nás. Existují přinejmenším tři velmi dobré důvody k tomu, aby se politické reprezentace touto problematikou vážně zabývaly. Udržitelná, konkurenceschopná a bezpečná energie je jedním ze základních pilířů našeho každodenního života. Těžba i zpracování primárních surovin a využívání energií jsou spojeny s vážnými dopady na životní prostředí od lokální po globální úroveň. Na občany působí vyšší ceny, potenciálně ohrožení dodávek energie a změny klimatu. Významné změny v dodávce i spotřebě energie vyžadují dlouhodobou promyšlenou přípravu. V odvětví energetiky trvá mnoho let, než se inovace začnou používat, řešení nelze hledat až ve chvíli, kdy se objeví problémy. Stále zřetelněji se ukazuje, že jsou nezbytné silné politické osobnosti, které budou mít vůli zabývat se energetikou jako jednou z priorit vládních programů. Budou muset mít energetickou vizi a schopnost předvídat problémy daleko dříve, než je zachytí běžné analýzy. Bude to vyžadovat odvahu přijmout a prosadit obtížná rozhodnutí, zejména ta, která jsou zaměřena na vyváženost blahobytu současné generace i generací příštích.

Na kterou ze známých forem energie se v několika příštích desetiletích soustředíme při uspokojování svých potřeb? Jednoduchá odpověď. Na všechny. Jinak to nepůjde. Energie totiž hraje v našem životě stále důležitější roli. I když to už skoro nevnímáme, bez ní by nebylo dostupné téměř nic, co dnes považujeme za součást každodenního života, například pitná voda, potraviny, teplo v bytě, doprava, zdravotnictví. Energii však neumíme získat lacině a snadno. Každý z dnes dostupných zdrojů má své přednosti i nevýhody, zvláště pokud jde o oblast ochrany životního prostředí. Každý nový zdroj je drahý, vysoké náklady vyžaduje i údržba a modernizace přenosových i distribučních soustav. Ne

tu místo pro předsudky, pro zavržení jednoho zdroje či pro glorifikaci jiného. Stále více se sice učíme využívat obnovitelné zdroje energie jako vítr, slunce, biomasu, přesto současná světová energetika stojí především na spalování fosilních paliv. Ropa, uhlí a zemní plyn pokrývají téměř čtyři pětiny spotřeby primárních energetických zdrojů, výroba elektřiny na nich závisí ze dvou třetin. Rozumné využívání obnovitelných zdrojů i výzkum a vývoj v této oblasti je bezesporu třeba podporovat promyšlenými zásahy státu. I kdybychom však využili všechny možnosti, které v současné době máme a které přicházejí v úvahu, nedokážeme zřejmě z obnovitelných zdrojů v příštích padesáti letech pokrýt více než čtvrtinu našich současných energetických potřeb. V průběhu 21. století nevyhnutelně dojde k zásadním proměnám struktury energetiky. Je nutno omezit spotřebu fosilních paliv kvůli riziku globálních změn podnebí a vyčerpávání geologických zásob. Všechny dostupné studie a prognózy však očekávají během tohoto století výrazný nárůst energetických potřeb lidstva, zejména v doposud méně rozvinutých zemích.

Role elektřiny z jádra v energetickém hlavolamu

Debata o roli a budoucnosti jaderné energetiky je dosud spolehlivou rozbuškou výbuchu vášni mezi jejími příznivci a oponenty, přesto se toto téma začíná stále častěji objevovat na stole při jednáních vrcholných politiků, kteří zvažují možnosti a přístupy k zajištění energetické bezpečnosti. Ne že by tím byli příliš nadšeni. Budoucí role jaderné energetiky je předmětem řady vzrušených diskusí, které jsou přesyceny mýty, zkomoleninami a vyloučenými nepravdami. Zastánci jaderné energetiky věří, že elektřina z jádra bude dlouhodobým důležitým hráčem globálního scénáře rozvoje energetiky. Odpůrci stejně ohnivě věří, že její dny jsou sečteny, ježto vznikla jenom jako politický fíkový list pro jaderné zbrojní programy. Obě strany označují své protivníky za naprosto tendenční a zaujaté, to v lepším případě, či za zaslepené a omezené. Konstruktivní debaty se téměř nekonají. Probíhají ovšem zuřivě hádky nad problémy, jako jsou nakládání s radioaktivním odpadem, ekonomické a bezpečnostní parametry jaderných elektráren ve srovnání s jinými zdroji elektrické energie či možné vazby na zbrojní programy, a obecně nad postojem veřejnosti k tomuto průmyslovému odvětví. V nich často (naštěstí ne vždy) vítězí a ovlivňuje politické rozhodování ten, kdo křičí hlasitěji. Vlády, průmysl a finanční sektor v poslední době shledávají, že v tomto odvětví je vzhledem k nepřehledné a neracionální situaci čím dál obtížnější vytvořit a formulovat jakoukoliv politiku.

Jaderná energetika se postupně stala kartou v politickém boji, a je tedy vystavena cíleným, dobře organizovaným kampaním nátlakových skupin a médií. V nich se často využívá zvláštní způsob, jímž veřejnost vnímá riziko provozu jaderných elektráren. Jde totiž

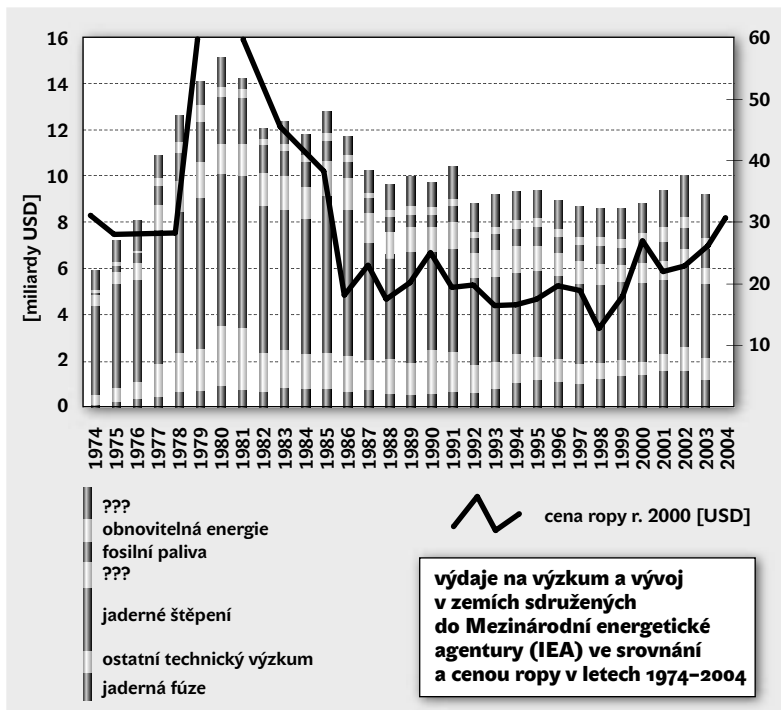
o riziko málo poznané a chybně pochopené, nedobrovolné a potenciálně (i když s velmi malou pravděpodobností) ohrožující mnoho lidí. Je třeba zmínit i obecné rozčarování a nedůvěru k využití výsledků vědy a techniky pro rozhodování politiků a vlád.

Přesto neexistují přesvědčivé důkazy toho, že většina obyvatel rozvinutých zemí je zapřísáhle protijaderná. Přes ostrou a často jízlivou diskusi mezi těmi, kdo jsou této problematice ochotni věnovat svůj čas, zaujímá většina účastníků mnohem vyváženější pozice, než by se na první pohled zdálo. Naopak se zdá, že politická reprezentace v řadě zemí má tendenci zaměřovat emocionalitu diskuse se znepokojením velké části veřejnosti. Nedávné průzkumy v USA a Velké Británii ukazují, že politici odpor veřejného mínění k jaderné energetice přeceňují.

V současné době můžeme ve světě pozorovat několik trendů. Jedním z nich je absolutní zavržení jaderné energetiky některými skupinami ochránců životního prostředí. Setkáváme se i se zavržením programovým, kdy některé politické strany mají ve svém obecném programu likvidaci existujících jaderných elektráren. Pokud je jim svěřena vládní odpovědnost, většinou svůj odpor zmírní a zastavení jaderných elektráren odsunou do sice viditelného, ale dostatečně vzdáleného časového horizontu.

Vláda USA reprezentuje přístup pragmatik. Jadernými elektrárnami není nijak nadšena, ale pokládá za nevyhnutelné udržet co nejdéle bezpečný provoz těch existujících a uchovávat znalosti vědecké obce i schopnost průmyslu, aby bylo možno stavět další, kdyby to bylo třeba. Vlády řady asijských zemí, zejména Japonska, Číny, Indie a Korey, aktivně jadernou energetiku podporují, protože v ní vidí reálné východisko jak uspokojit energetické potřeby vlastní země ekologicky, ekonomicky i politicky přijatelným způsobem.

Cílem politiky EU v oblasti energetiky je zajistit dodávku energie všem spotřebitelům za dostupnou cenu při respektování životního prostředí. Zároveň se energetická politika EU zaměřuje na další snižování závislosti EU na dovozu energie nebo energetických zdrojů především prostřednictvím efektivnějšího využívání zdrojů vlastních. Je naprosto zřejmé, že dosažení těchto cílů závisí i na pragmatickém přístupu k jaderné energetice. EU totiž za ni nemá pro dalších zhruba 50 let rozumnou náhradu. Současný přístup EU je však značně rozporuplný a výrazně se liší od postojů, které její členské státy zaujímaly zhruba před čtvrtstoletím. Tento posun odráží politické priority v jednotlivých členských zemích. Vyplývá z významné změny ve vnímání jaderného průmyslu v očích veřejnosti a ze skutečnosti, že členské země s jaderným průmyslem obecně nejeví ochotu předat kontrolu nad touto citlivou oblastí „Bruselu“. Černobylská jaderná havárie v dubnu 1986 podnítila zájem občanů Evropy o jadernou energetiku. Tato katastrofa soustředila obavy veřejnosti na rizika vyvolaná

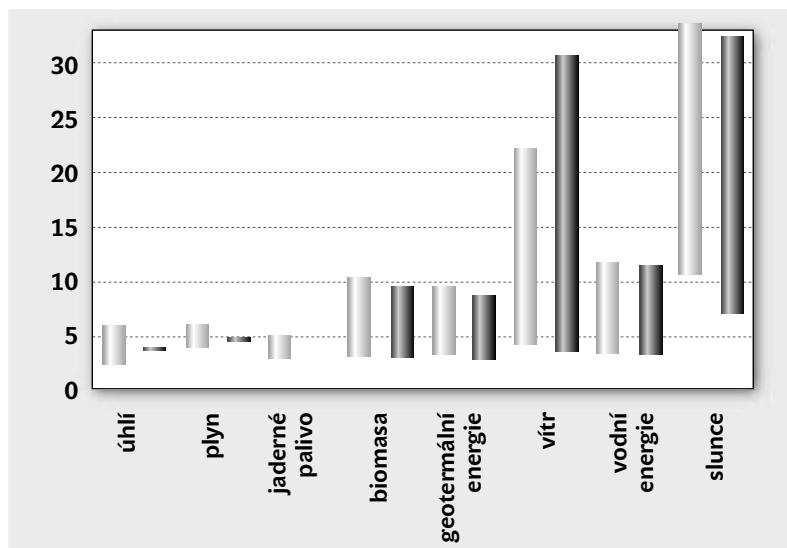


stárnoucími jadernými elektrárnami v tehdejších sovětských republikách i jejich spojenských zemích a také na otázku, zda je jaderná energetika nezbytná uvnitř samotné EU. Dochází k sporům, které výrazně ovlivňují postoj politických reprezentací a odrážejí se v národních přístupech, jako je např. postupné ukončování provozu jaderných elektráren ve Švédsku a Německu či moratorium na nový jaderný rozvoj ve Španělsku, Nizozemsku a Belgii. Dvanáct členských států EU nevyužívá jadernou energetiku vůbec.

Kresba
 © František Mizera.

*MŮJ MANŽEL TAK DLOUHO
 ZAUJATĚ BÁDAL NAD TRVALE UDRŽITELNÝM
 ROZVOJEM SVĚTA, ...
 ... AŽ SE NÁŠ VZTAH
 STAL DÁLE NEUDRŽITELNÝM*





Současnost jaderné energetiky

Výroba elektrické energie z energie jaderné má své kořeny ve vědeckých objevech jaderné fyziky mezi dvěma světovými válkami. V šedesátých letech vyhlásily jaderné velmoci prestižní plány rozvoje jaderné energetiky. Dalších deset let se budovaly jaderné elektrárny jako drahé unikáty se samozřejmými nedostatky prototypů. V polovině šedesátých let vyšly z mnoha možných typů reaktorů jako jasný vítěz bloky s tlakovodními a varnými reaktory chlazenými a moderovanými lehkou vodou.

V roce 2005 bylo v 31 zemích provozováno 443 energetických reaktorů s výkonem 370 GWe. Ve výstavbě bylo dalších 24 energetických reaktorů. Podíl jaderné energetiky na celkové výrobě elektrické energie ve světě činí zhruba 17 %. V některých zemích, např. ve Francii, v Belgii aj., se jaderná energetika podílí na celkové výrobě elektrické energie více než 60 %. V rozšířené Evropské unii (EU-25) je v provozu 148 jaderných bloků ve 13 zemích. V roce 2004 vyrobily členské země EU 34 % veškeré elektřiny v jaderných elektrárnách. EU-25 je největší „jaderná velmoc“ v mírovém využívání, produkuje o 8 % více elektřiny z jádra než Severní Amerika, skoro trojnásobek produkce Japonska a sedminásobek produkce Ruské federace. Pouze 4 státy světa pokrývají více než z 50 % své spotřeby elektřiny z jádra, všechny jsou v EU-25.

Současná situace odvětví není jednoduchá ani přímočará. Tržní prostředí prodělává změny vyžadující zvyšování efektivity a snižování nákladů i v odvětví, které na to dříve nebylo zvyklé. Přitom efektivita v žádném případě nesmí být na úkor bezpečnosti. Personál a zařízení elektráren postupně stárne a vzhledem k celosvětovému poklesu zájmu studentů o technické obory hrozí nedostatek specialistů. Některé jaderné elektrárny jsou předčasně odstaveny v důsledku politických rozhodnutí, veřejnost projevuje nedůvěru a nepochopení, které jsou často podporovány přezíravým postojem energetických společností. I adekvátnost reakcí má vliv na to, zda zůstane jaderná energetika význam-

nou možností jak zajistit naše energetické potřeby.

A budoucnost?

Budoucnost libovolného zdroje energie, tedy i energie jaderné, v demokratickém světě závisí na tom, jak se bude vyvíjet poptávka po energii a ovlivňovat se navzájem, jaká bude na otevřeném trhu cenová konkurenceschopnost v soutěži s ostatními zdroji, co bude vyžadovat ochrana životního prostředí a jaký postoj k tomu všemu zaujme veřejnost. Scénáře, které vypracovala řada mezinárodních institucí, bez významných rozdílů předpokládají, že podíl jaderné energetiky v rozvinutých zemích bude do roku 2050 buď zhruba stejný jako dnes, nebo dokonce začne mírně klesat (pozn. red.: protože celková potřeba elektrické energie poroste rychleji než její produkce v jaderných zařízeních). Otevřenou otázkou zůstává uplatnění jaderné energetiky v dnešních rozvojových zemích.

Po relativně dlouhé době, kdy výstavba jaderných elektráren stagnovala, se vzhledem k vyčerpávání fosilních paliv a také vzhledem k dosažení konkurenceschopnosti a přijatelné bezpečnosti jaderných elektráren očekává výstavba jaderných elektráren se zdokonalenými typy reaktorů moderovaných a chlazených lehkou vodou. Předpokládá se, že budou sloužit spíše jako náhrada postupně dosluhujících bloků než pro zvyšování podílu jaderné energetiky na energetickém mixu. Je ale patrné, že i přes současnou „stagnaci“ výstavby nových bloků výroba elektrické energie z jaderných elektráren roste. V důsledku toho, že se zvyšuje výkon nad původní projektovou mez (například ve Finsku až o 23 %), vzrůstá spolehlivost provozu (modernizace a rekonstrukce), optimalizuje se údržba a ubývá neplánovaných odstávek bloků, stoupá koeficient ročního využití výkonu (ze 71 % v r. 1990 na 84 % v r. 2002).

Typově má jaderná technika připraveny pro první polovinu 21. století v podstatě jen modifikované tlakovodní a varné reaktory. Tedy žádné převratné novinky, pouze zdokonalení toho, co už se osvědčilo. Technologický vývoj ale musí hledat nová řešení v udržitelnosti, ekonomice, bezpečnosti a spolehlivosti i ochraně jaderných materiálů před zneužitím k válečným či teroristickým účelům. Příští jaderné elektrárny musí mít delší projektovou životnost, hospodařit efektivněji s jaderným palivem, nesmějí přispívat k znečištění ovzduší a musí mít přijatelně dořešený konec palivového cyklu. Nové jaderné reaktory musí být vyprojektovány tak, aby mohly bezpečně a spolehlivě pracovat nejméně 60 let.

Na zprávy o renesanci jaderné energetiky v USA a v Evropě, které se začínají objevovat, je třeba nahlížet opatrně. Rozvoj jaderné energetiky ovlivňují tři principiální, vzájemně více či méně provázané aspekty: politický, ekonomický a legislativní. Stále více se ukazuje, že hlavní důvod stagnace jaderné energetiky USA v osmdesátých a devadesátých letech nebyl politický (negativní veřejné mínění), ale finanční – příliš vysoké úrokové mí-

ry odradily investory od investičně velmi náročné stavby nových jaderných elektráren, na něž by si jistě museli od nějaké banky půjčit peníze (a pak splácet vzniklé vysoké úroky). Za obdobně důležitý jako finanční lze považovat aspekt legislativní, tedy rámec a rozsah státní regulace odvětví. Stabilita, jednoznačnost a účinnost požadavků státního dozoru mohou budoucnost jaderné energetiky významně ovlivnit. Úkolem dozorného úřadu není rozvoj jaderné energetiky omezovat, ale legislativně upravovat tak, aby umožnil bezpečné mírové využití jaderné energie. V Evropě nás tedy pravděpodobně nečeká v následujících patnácti až dvaceti letech žádný boom výstavby jaderných elektráren. Současné odhady hovoří o nově instalovaném výkonu zhruba 5 GW (pět bloků Temelína) do roku 2015 a 11 GW do roku 2020. Země, které o výstavbě nových bloků vážně uvažují nebo ji už zahájily, jsou Finsko, Francie, Slovensko, Rumunsko a Bulharsko. Posun v postoji k jaderným elektrárnám naznačují například Itálie, poněkud překvapivě i Polsko a Portugalsko.

Přiláká jaderná energetika investory?

Přes rostoucí vědomí, že vyspělé země provozující jadernou energetiku za ni nemají v krátkém časovém horizontu odpovídající náhradu, zatím politické a ekonomické prostředí nevytváří (až na výjimky) dostatečnou jistotu ani přitažlivost, která by přilákala investory. To se ostatně týká nejen jaderné energetiky, ale výstavby téměř jakéhokoliv nového většího energetického zdroje. Jaderný průmysl je sice přesvědčen o tom, že prokáže výhody a konkurenceschopnost nových jaderných bloků, ale jestli uspěje, to teprve uvidíme. ∞