

Komentář

ke knize [David J. C. MacKay: Obnovitelné zdroje energie - s chladnou hlavou.](#)

(Koncept ze září 2011, původně myšlený jako předmluva, ve slovenském vydání knihy http://www.siea.sk/vzdelavania_a_skusky_aktuality/c-1456/obnovitelne-zdroje-energie-s-chladnou-hlavou/ nebyl použitý. Nyní byl doplněn závěrečnou kapitolkou o dvou podobách velkých zdrojů – nukleárních a tepelných solárních. Komentář se věnuje hlavně tomu, co ona skvělá knížka, která má v elektronické podobě pouhých 11 MB, opomíjí.

Letmé čtení vytištěné knížky, korekturu jejíž sazby jsem již bohužel nedostal, mě zarmoutilo vlastně jen zmateným pokusem o definici příkonu a výkonu. Jinak mi připadá měsíc práce strávený nad korekturami rukopisu překladu a jeho doplňováním jako skvěle investovaný.

Jan Hollan, [Centrum výzkumu Globální změny AV ČR, v.v.i.](#))

Prof. David MacKay napsal velmi užitečnou knihu. *Sustainable Energy – without the hot air*, slovensky nazvaná *Obnovitelné zdroje energie – s chladnou hlavou*, by měla být samozřejmě četbou přinejmenším pro všechny učitele fyziky. Je totiž skvělým příkladem „občanské fyziky“, použití jednoduchého fyzikálního uvažování v běžném životě. Při rozvažování o věcech důležitých pro každého, od dětí až po premiéry a prezidenty, královny a krále. Je patrné, že prof. MacKay fyziku zná dobře a její aplikace umí popsat srozumitelně, správně a čtivě.

A to je právě v oboru hospodaření s energií potřeba. Bez důkladného porozumění, opřené o základní fyzikální poznatky a úvahy, jsou diskuse o této stále důležitější oblasti lidského konání jalové, nevedou k průlomu, který je nutně potřeba: přestat co nejdříve užívat fosilní paliva.

Porozumění lze dobře cvičit na britském příkladu, i když je jasné, že slovenské realie jsou jiné. Procestujeme méně kilometrů, máme nižší hustotu osídlení, tedy i více biomasy na osobu. Interiéry jsme si zvykli vytápět na tak vysoké teploty, které jsou v Británii neslýchané, návratem k rozumným teplotám můžeme díky tomu ušetřit i v našich podmínkách podobně mnoho. To si snadno s pomocí této knihy už dopočteme sami. Aby ale kniha mohla sloužit jako dobrá učebnice, stojí za to ji doplnit několika poznámkami.

Trochu fyziky na úvod

Autor zachází s pojmem energie dosti volně. To ale může pochopení i ztěžovat. Překlad se proto snaží různé veličiny, měřené ve stejných jednotkách jako energie, co možná rozlišovat. Energie, slovo ze staré řečtiny, se do dnešního jazyka dostalo coby název „stavové veličiny“. *Energie je tedy veličina vyjadřující stav nějakého systému.* Může jít třeba o kinetickou energii předmětu ve zvolené vztažné soustavě, o konfigurační energii soustavy Zem-předmět (méně vhodně se mluví o potenciální energii „toho předmětu v tíhovém poli Země“), vnitřní energii soustavy (jejím měřítkem je její absolutní teplota; před sto lety se oné energii říkalo „tepelná energie“, ale dnešní fyzika takový pojem nezná) nebo jindy její entalpii (to je užitečnější veličina tehdy, nemění-li se tlak v soustavě). Pro soustavu zcela izolovanou od okolního světa platí, že se její energie nemění – to je základní přírodní zákon zachování energie. Je-li soustava oddělená méně, jen tak, že z ní a do ní z okolí nepronikají žádné hmotné částice, ale jejím rozhraní může energie „odtékat“ nebo „přitékat“, pak ji označujeme jako uzavřenou. Některé takové úhrny přetoku energie, charakterizující ne stav, ale proces, lze vyjádřit jednoduchým součinem měřitelných veličin, např. tlakové síly a posunutí v jejím směru, nebo elektrického napětí, proudu a času. Pak je označujeme jako *práci*, mechanickou nebo *elektrickou* (zkráceně elektrinu). Jiné úhrny toku energie tak vyjádřit nejdou, pak je označujeme jako *teplo*. Tepelný tok se přitom může realizovat jako nesčíslné množství „mikroprací“ (srážek molekul)

i jako vyzařování či pohlcování fotonů. Např. osluněná černá plocha velká jeden metr čtvereční získá za hodinu až 1 kWh tepla ze slunečního záření, čili hlavně ze světla a krátkovlnného infračerveného záření. Stejně velké teplo může poslat dále do vzduchu či vody nebo případně část, desetinu až pětinu dodaného tepla, přeměnit na elektrickou práci, jde-li o vhodnou polovodičovou strukturu.

Tempo, kterým je energie soustavě dodávána, nazýváme *příkon*. Tempo, kterým soustava energii vydává do okolí, pak *výkon*. Angličtina to tak nerozlišuje, pro obojí má jen označení *power*. Přitom nás leckdy zajímá jen část toku energie ze soustavy, např. elektrický výkon zařízení, který poměrujeme s tepelným příkonem do něj. Podíl těchto dvou veličin pak nazýváme účinnost. Úhrnem elektrického příkonu či výkonu je elektrická práce čili elektřina.

V textu se občas vyskytuje poněkud zavádějící sousloví „spotřeba energie“. Energii samozřejmě spotřebovat nelze, na rozdíl např. od paliva. Doopravdy se tím souslovím rozumí úhrn příkonu (chemického, práce, tepla) za nějaký čas. Ten je buď stejný jako teplo a práce předané zase dále do okolí, nebo vede ke změně vnitřní energie soustavy, zpravidla krátkodobé, např. ohřátí domu na vyšší teplotu nebo nabití elektrického akumulátoru. V ročním úhrnu bývá ale energie do soustavy dodaná a z ní zase odešla stejně velká. Energie se v soustavě nespotřebuje, jenom jí proteče.

Jiné ošemetné sousloví je „šedá energie“. To není žádná stavová veličina, ale jsou to energetické náklady *na* produkt: kolik energie se muselo přeměnit, aby se produkt dostal k uživateli. Produkt tak *nemá* šedou energii, jen na něj nějaká *připadá* – jaká, to nemusí být snadné zjistit. Více viz <http://amper.ped.muni.cz/pasiv/pojmy/>.

Z překladu jsme se snažili odstranit nesprávné značení, kdy se k jednotce, např. wattu, přidává nějaké označení „čeho je to watt“. Nejsou ale různé watty, stejně jako nejsou různé kilogramy (i když v padesátých letech se ještě bylo možné setkat s „kilogramem síly“; šlo o kilopond, pro nás je to dnes necelých 10 N).

Technologie, které knížka opomíjí

Kniha se důkladně věnuje zdrojům energie, které jsme si zvykli označovat jako obnovitelné. A to i přesto, že mnohé z nich obnovovat nemusíme, jde o trvale probíhající přírodní toky energie, které jen pošleme takovou cestou, na níž nám lépe poslouží. O téměř všech z nich se mluví už léta a autor dobře vysvětluje, jaká jsou jejich omezení, kolik si z nich vůbec můžeme odvést pro svou potřebu. Podrobně rozebírá spotřebu v dopravě. Méně se již věnuje možnostem snížení spotřeby, která lze docílit zásadním zlepšením vlastností budov.

Pasivní domy

Je zřejmé, že v době, kdy knihu psal, v Anglii nebyl dobře znám *pasivní stavební standard*. Ten splňují již desetitisíce budov zejména v německy mluvících zemích. Je to standard vědecky prozkoumaný a dokonale prověřený praxí posledních dvaceti let. Přibývá i budov takto dobře rekonstruovaných – třípatrové a vyšší budovy lze na pasivní standard opravit prakticky vždy. Příklady jsou už i na Slovensku, i když novostavby převažují. Opravou na pasivní standard klesne měrná spotřeba na topení (tj. spotřeba tepla, paliv nebo elektřiny) obvykle desetkrát. Přitom se radikálnělepší i tepelný komfort pro uživatele budovy a kvalita vzduchu v interiéru. Ze všech odvětví, v nichž lze snížit spotřebu paliv, má stavebnictví největší potenciál. Jen je nutno opravovat vždy alespoň takto kvalitně, každá jen trochu horší oprava znamená zbytečně vysokou spotřebu na další desítky let. A to není přijatelné, víme-li, že nejpozději do poloviny století musíme přestat používat fosilní paliva. Snížit spotřebu je levnější a rychlejší než vybudovat nové obrovské zdroje. Evropská unie formulovala onen cíl ještě jinak, totiž jako snahu stavět již jen budovy, které spolu se svým nejbližším okolím získají a dodají do energetických sítí za rok z přírodních toků energie tolik, jako

samy ze sítě spotřebují. To kromě splnění pasivního standardu vyžaduje, aby osluněné plochy budovy, nejde-li o okna, aktivně využívaly sluneční záření.

Nejvyšší přípustné měrné hodnoty pro pasivní dům	
topný příkon (-12 °C venku)	10 W/m ²
roční spotřeba na topení	15 kWh/m ² a
roční dodávka do domu	42 kWh/m ² a
energie kvůli tomu uvolněná	120 kWh/m ² a

Pro dodržení těchto parametrů je potřeba:

Opatřit dům výbornou tepelnou izolací nepřerušovanou tepelnými mosty	$U \leq 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$
Používat nejlepší trojitě zasklení začleněné do okolní izolační vrstvy	$U \leq 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$
Docílit výborné vzduchotěsnosti domu, opakovaně testované	$n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$
Užívat mechanické větrání, které vrací valnou většinu tepla,	$\geq 0,8$
přičemž získané teplo je mnohonásobkem vložené elektřiny	≥ 10
Užívat nejšetrnější technologie pro všechny ostatní spotřebiče	

Vztažné plochy ve výše uvedené tabulce se týkají podlah vytápěných prostor budov. Pasivní standard je ve stavebnictví jediný, který stanovuje i limit pro tzv. primární energii, tedy tu, která se někde musela uvolnit, aby dům mohl fungovat tak, jak má. V případě elektřiny dodané do domu to znamená zhruba trojnásobek až čtyřnásobek tepla uvolněného v elektrárnách spalováním uhlí nebo plynu – odtud též poměr hraničních měrných spotřeb koncové a primární 42/120. Více viz např. www.iepd.sk.

Malá tepelná čerpadla

Za zmínku stojí, že u pasivních budov se skutečně běžně používají tepelná čerpadla, pro něž autor v knize horuje, ale zpravidla jde o zařízení malá, čerpající teplo z odpadního vzduchu. Často obsahují i tlakovou nádržku s teplou vodou a poskytují tak všechno teplo pro ohřev. K čerpadlům, které jako zdroj tepla užívají venkovní vzduch, je potřeba podotknout, že jsou pro kontinentální klima s delšími obdobími silných mrazů mnohem méně vhodná než v oceánském klimatu anglickém. V praxi se u nás doplňují přímým elektrickým ohřevem, což je velmi nežádoucí.

Než budou obnovitelné zdroje stačit: mikrokogenerace

Jedna důležitá technologie, vhodná dokud budeme užívat zemní plyn, je kogenerace v malém, tedy používání plynových motorů místo kotlů. Může mít celkovou účinnost podobnou, jako mají kondenzační plynové kotle, tj. pouštět do okolí bez užitku nejvýše 5 % spalného tepla, ale, co je důležité, až třetinu spalného tepla přeměnit na elektřinu. Není důvodu, aby se obrovská kvanta motorů vyráběla jen pro automobily a ne také pro užití v domech. Na rozdíl od aut lze u takových malých kondenzačních kogeneračních jednotek vychladit jejich spaliny vratnou vodou topného okruhu a pak ještě přiváděným vzduchem až téměř na teplotu venkovního vzduchu. Jde o technologii na trhu již dostupnou pro elektrické výkony kolem 20 kW (a tepelné dvakrát větší). Elektřinu i teplo z mikrokogenerace využije budova sama, případně spolu s nejbližšími okolními budovami, odpadají tedy ztráty dlouhým vedením tepla a elektřiny.

Výkon malých kogeneračních jednotek lze měnit během sekund, je to tedy *ideální zdroj elektřiny* doplňující obnovitelné zdroje a poskytující rychlý nárůst výroby, pakliže stoupne poptávka po elektřině. V provozu mohou být jen v takových chvílích, protože dobře izolované budovy není potřeba vytápět po celý den. Jednotku lze doplnit tepelným zásobníkem, dobře zaizolovanou vodní nádrží s objemem několika krychlových metrů, která umožní topit nezávisle na potřebě elektřiny a kterou lze vyhřívat i solárními kolektory. Kondenzační mikrokogenerace byla autorovi asi víceméně neznámá, jinak by si všiml, že i z hlediska účinnosti je lepší než kombinace plynových elektráren a (velkých) tepelných čerpadel. Pístové motory mohou být samozřejmě poháněny i bioplynem, v jiné úpravě pak rostlinným olejem, takže je bude leckde možné používat i v budoucnu.

Nukleární nebo solární?

Knihy se nevěnuje jen tomu, jak pokrýt budoucí spotřebu v Británii, EU a na světě výhradně zdroji obnovitelnými. Hledá všechny cesty, jak eliminovat emise oxidu uhličitého z fosilních paliv a zmiňuje i některé myslitelné technologie, jak oxid uhličitý z ovzduší někdy v budoucnu odebírat, pokud se to ukáže jako nezbytné. Diskutuje proto z technického hlediska i využití jaderných reaktorů pro elektrárny a připomíná jejich možnou roli pro pohon velkých lodí.

Více důrazu ale klade na potenciál výstavby velkých solárních tepelných elektráren v pouštích a jejich propojení s hustě obydlenými oblastmi pomocí stejnosměrných vedení velmi vysokého napětí, například ze Severní Afriky do Evropy, ale i v rámci Spojených států, uvnitř Číny a také odtud do Japonska. Ten je totiž opravdu gigantický. Gigantické jsou i investice, které jeho rychlý rozvoj vyžaduje.

Pokud by takové peníze šly místo toho do rychlé výstavby jaderných elektráren, bylo by to pro budoucnost světa zhoubné. Nejen proto, že velké jaderné elektrárny s málo regulovatelným výkonem se neshodují dobře s proměnlivými zdroji, jako jsou větrné a fotovoltaické, zatímco solární tepelné elektrárny s tepelnými zásobníky jsou naopak jejich skvělým doplňkem. Ale také proto, že solární tepelné elektrárny jsou reálnou, bezpečnou možností pro celý svět, poskytující pracovní příležitosti a příjmy pro desítky milionů lidí v chudých zemích. A také cestou, jak místo konfliktů mezi národy a kulturami docílit jejich spolupráce. Cestou, jak se budou moci lidé uživit i tam, kde jim dřívější zdroje obživy zničí nebývalá sucha, která s sebou klimatická změna přináší.

Místní obnovitelné zdroje musejí mít v budoucnu všude důležitou, většinou i hlavní roli. Ale elektřina z pouští je bude muset vydatně doplňovat. Je nejvyšší čas, aby už záhy začala. Arabské jaro 2011 k tomu dalo dobrou šanci. Více o tom např. video o startujícím projektu TUNUR na <http://www.desertec.org> a další informace na téže stránce.