

Matt Ridley

JAK FUNGUJÍ INOVACE

**A proč se jim nejvíc daří
ve svobodné společnosti**



argo / dokořán

Matt Ridley

JAK FUNGUJÍ INOVACE

**A proč se jim nejvíc daří
ve svobodné společnosti**

ARGO / DOKOŘÁN

Matt Ridley

JAK FUNGUJÍ INOVACE

A proč se jim nejvíc daří ve svobodné společnosti

Copyright © 2020 by Matt Ridley

Translation © Pavel Pecháček, 2022

Všechna práva vyhrazena. Žádná část této publikace nesmí být rozmnožována a rozšiřována jakýmkoli způsobem bez předchozího písemného svolení nakladatele.

Druhé vydání v českém jazyce (první elektronické).

Z anglického originálu *How Innovation Works:*

And Why It Flourishes in Freedom

přeložil Pavel Pecháček.

Odpovědný redaktor Zdeněk Kárník.

Redakce Marie Černá.

Obálka a sazba podle návrhu Pavla Růta

a konverze do elektronické verze Michal Puhač.

Vydalo v roce 2025 nakladatelství Dokořán, s. r. o.,

Holečkova 9, Praha 5,

dokoran@dokoran.cz, www.dokoran.cz,

jako svou 1 329. publikaci (460. elektronická).

ISBN 978-80-7675-239-9

Věnováno Felicity Bryanové

OBSAH

Předmluva	Pohon na principu nekonečné nepravděpodobnosti	9
Kapitola 1.	Energie	17
Kapitola 2.	Veřejné zdraví	39
Kapitola 3.	Doprava	57
Kapitola 4.	Jídlo	77
Kapitola 5.	Inovace jednoduchých technologií	99
Kapitola 6.	Komunikace a výpočetní technika	117
Kapitola 7.	Prehistorické inovace	141
Kapitola 8.	Základy inovace	157
Kapitola 9.	Ekonomie inovace	177
Kapitola 10.	Podvrhy, podvody, módní výstřelky a nezdary	195
Kapitola 11.	Odpor vůči inovaci	211
Kapitola 12.	Inovační hladomor	233
Doslov		243
	<i>Poděkování</i>	253
	<i>Zdroje a další literatura</i>	255
	<i>Zdroje citátů</i>	264
	<i>Rejstřík</i>	265

PŘEDMLUVA

POHON NA PRINCIPU NEKONEČNÉ NEPRAVDĚPODOBNOСТИ

Inovace nabízí velkolepou sladkou odměnu, ale také bič chudoby.

Joseph Schumpeter

Kráčím po stezce na ostrově Inner Farne u pobřeží severovýchodní Anglie. Vedle cesty sedí na hnízdě uprostřed silenek přímořských tmavě hnědá samice kajky a zahřívá snůšku vajec. Zastavím se, abych si ji ze vzdálenosti několika stop vyfotil svým iPhonem. Je na to zvyklá: v létě sem každý den chodí stovky návštěvníků a mnozí si ji fotografují. Z nějakého důvodu se mi při zmáčknutí spouště vynoří v hlavě myšlenka, jakási obdoba druhého termodynamického zákona založená na poznámce mého přítele Johna Constabla. A sice že elektřina v baterii iPhoneu a teplo v těle kajky dělají přibližně totéž: vynakládáním či přeměnou energie vytvářejí nepravděpodobný řád (fotografie, kachňata). A hned nato si pomyslim, že i samotný můj nápad je podobně jako kajka a iPhone nepravděpodobným uspořádáním, v tomto případě synaptické aktivity v mém mozku. Tato aktivita je samozřejmě poháněná energií z potravy, kterou jsem nedávno snědl, ale uskutečnitelná je díky základnímu uspořádání mozku, jež je výsledkem tisíců let působení přírodního výběru na jedince, jejichž vlastní nepravděpodobnost se zachovávala díky přeměně energie. Život i technologie představují v první řadě nepravděpodobná uspořádání světa, vykrystalizované výsledky transformace energie.

Ve *Stopařově průvodci Galaxií* Douglase Adamse pohání vesmírnou loď *Srdce ze zlata* – metafora bohatství – Zafoda Biblbroxe fiktivní hnací síla založená na principu „nekonečné nepravděpodobnosti“. Téměř nepravděpodobný pohon skutečně existuje, ale najdeme ho zde na Zemi v podobě procesu zvaného inovace. Inovace mohou mít mnoho podob, ale jednu věc mají všechny společnou a sdílejí ji i s biologickými inovacemi vytvořenými evolucí: jsou to nápadné formy nepravděpodobnosti. To znamená, že inovace, ať už jde o iPhone, myšlenky nebo mláďata kajky, jsou nepravděpodobnými kombinacemi atomů a digitálních bitů informací. Je extrémně nepravděpodobné, že by se atomy

v iPhonu náhodou uspořádaly do milionů tranzistorů a tekutých krystalů, že by se atomy v kajčích mláďatech uspořádaly do podoby cév a prachového peří nebo že by se aktivita neuronů v mém mozku uspořádala do vzoru, který může a někdy skutečně reprezentuje koncept „druhého termodynamického zákona“. Podobně jako evoluce je inovace proces nepřetržitého objevování způsobů, jak přeuspořádat svět do forem, jejichž náhodný vznik je nepravděpodobný. A je to proces, který se stejně jako evoluce ukázal být užitečným. Výsledné entity jsou opakem entropie: jsou uspořádanější, respektive méně nahodilé, než byly jejich součásti předtím. Inovace je navíc teoreticky neomezená, protože i když už nedokáže vytvořit nic nového, vždycky najde cestu, jak to staré dělat rychleji nebo s menší spotřebou energie.

V našem vesmíru je kvůli druhému termodynamickému zákonu nevyhnutelné, že není-li k dispozici zdroj energie, je růst entropie lokálně nevratný: a s dodáváním energie se nezbytně pojí zvyšování neuspořádanosti něčeho jiného někde jinde, takže entropie celého systému roste. Síla nepravděpodobnostního pohonu je tedy omezená pouze přísunem energie. Pokud lidé aplikují energii na své okolí opatrně, mohou vytvářet ještě důmyslnější a nepravděpodobnější struktury. Středověký hrad Dunstanburgh, na nějž z ostrova dohlédnu, je nepravděpodobnou strukturou a jeho částečně zchátralá podoba po 700 letech je pravděpodobnější, má vyšší entropii. Ve svých nejlepších letech byl hrad přímým výsledkem vynaložení velkého množství energie, jež v tomto případě pocházela zejména ze svalů kameníků krmených chlebem a sýrem vzniklých z pšenice a z trávy, která rostla na slunci a kterou zkonzumovaly krávy. Jak říká John Constable, jenž dříve působil na univerzitách v Cambridgi a v Kjótu, věci, na něž při zajišťování prosperujícího života spoléháme, se všechny bez výjimky nacházejí ve fyzikálním stavu vzdáleném od termodynamické rovnováhy. Svět se do těchto příhodných konfigurací dostával, někdy na dlouhá období, přeměnou energie, jejíž využití snížilo entropii v jednom koutě vesmíru, v tom našem, a někde jinde ji ještě výrazněji zvýšilo. Čím uspořádanější a nepravděpodobnější náš svět je, tím jsme bohatší, a tím neuspořádanějším se stává celý vesmír.

Inovace tedy znamená hledání nových způsobů využití energie k vytváření nepravděpodobných věcí a sledování, jak se ujmou. Znamená to mnohem víc než vynalézání, neboť slovo inovace implikuje vyvíjení vynálezu do bodu, kdy se uchytlí, protože je dostatečně praktický, cenově dostupný, spolehlivý a všudypřítomný, aby se vyplatilo ho používat. Nositel Nobelovy ceny a ekonom Edmund Phelps definuje inovaci jako „novou metodu nebo nový produkt, který se začne používat někde na světě“.

Na následujících stránkách budeme sledovat cestu myšlenek od vynálezu k inovaci skrze usilovnou snahu, aby se myšlenka uchytila, obvykle kombinováním s jinými myšlenkami.

Vydeme z tohoto bodu: inovace je tou nejdůležitější věcí v současném světě, ale také jednou z těch, kterým nejméně rozumíme. Díky ní dnes většina lidí žije – ve srovnání se svými předky – v blahobytu a moudrosti. Je nezpochybnitelným důvodem, proč jsme během posledních několika století kolektivně zbohatli, a nabízí jednoduché vysvětlení, proč poprvé v historii celosvětově prudce klesá výskyt extrémní chudoby: během mého života z 50 procent světové populace na 9 procent.

Proč je většina z nás, nikoli jen lidé na Západě, ale i v Číně nebo Brazílii, tak nebyvale bohatá, to podle odbornice na hospodářské dějiny Deirdre McCloskeyové vysvětluje „inovatismus“: zvyk využívat nové myšlenky ke zvyšování životní úrovně. Žádné jiné vysvětlení kolektivního zbohatnutí v posledních staletích nedává smysl. Obchod se rozrůstal stovky let a s ním i koloniální vykořisťování, ale tyto dvě věci samy o sobě nedokázaly zvýšit příjmy o několik řádů. Nedochovalo k dostatečnému hromadění kapitálu, který by takový rozdíl umožnil, k žádnému „přidávání cihly k cihle nebo bakalářského titulu k bakalářskému titulu“, slovy McCloskeyové. Nevyskytl se dostatečně velký nárůst dostupnosti práce. Zodpovědnost nenesla ani Galileova a Newtonova vědecká revoluce, neboť většina inovací, jež změnily život lidí, přinejmenším zpočátku příliš nezávisela na nových vědeckých znalostech a jen málo inovátorů, kteří za změnami stáli, byli školení vědci. Mnozí, například vynálezce parního stroje Thomas Newcomen nebo Richard Arkwright, jenž vyvolal revoluci v textilním průmyslu, či stavitel železnic George Stephenson, ve skutečnosti byli nepříliš vzdělaní muži prostého původu. Většina inovací předcházela vědě, z níž vycházela. Podle Phelpse tedy průmyslová revoluce v zásadě představovala zrození nového ekonomického systému, který vytvářel endogenní inovace jako produkt sám o sobě. Prozkoumáme tvrzení, že to přímo umožnily některé stroje. „Autokatalytickou“ schopností se vyznačoval například parní stroj: odvodňoval doly, což snížilo cenu uhlí, díky čemuž byl další stroj levnější a snadněji vyrobitelný. To už ovšem předbíháme.

O slovo „inovace“ se znepokojivě často opírají společnosti, jež se snaží vypadat pokrokově, ale mají jen malou či žádnou systematickou představu o tom, jak inovace funguje. Překvapivou pravdou je, že nikdo doopravdy neví, proč k inovaci dochází a jak (natož pak kdy a kde) přijde další. Ekonomický historik Angus Maddison napsal, že „technický pokrok je nejpodstatnější charakteristikou současného růstu, ale zároveň i tou nejobtížnější na kvantifikaci nebo vysvětlení“. Joel Mokyr zase prohlásil, že odborníci „toho vědí pozoruhodně málo o institucích, jež pomáhají rozvoji a stimulují technologický pokrok“.

Vezměme si například krájený chléb. Úžasná věc. Zpětně je zřejmé, že někdo vynalezne automatické rozkrájení chleba na uniformní plátky. Je také celkem zřejmé, že se to pravděpodobně stane v první polovině 20. století, kdy poprvé

přišly do módy elektrické spotřebiče. Ale proč rok 1928? A proč v malém městě Chillicothe uprostřed Missouri? Vyrobit stroj na krájení chleba se pokoušelo hodně lidí, ale buď fungoval špatně, nebo chléb kvůli nedokonalému zabalení tvrdnul. Funkční stroj vyrobil až Otto Frederick Rohwedder, jenž se narodil v Iowě, v Chicagu získal vzdělání jako optik a ve městě St Joseph v Missouri si zřídil klenotnictví, načež se přestěhoval zpět do Iowy, z nějakého důvodu pevně odhodlaný vynalézt kráječ chleba. O první prototyp přišel v roce 1917 při požáru a musel začít zcela od začátku. Klíčové bylo, že si uvědomil nutnost vynalézt stroj, který bude chléb zároveň automaticky balit, aby plátky netvrdly. Většina pekáren neměla o vynález zájem, avšak chillicothská pekárna vlastněná Frankem Benchem ano – a zbytek už je historie. Co bylo na Missouri tak zvláštního? Kromě všeobecné náklonnosti Američanů dvacátých let k inovacím a způsobům, jak je zavést, je nejpravděpodobnější odpovědí, že šlo o dílo štěstěny. Štěstí hraje v procesu inovace důležitou roli, což je důvod, proč se liberálním ekonomikám s jejich příležitostmi k volnému experimentování tak daří. Dávají totiž štěstí a náhodě šanci.

K inovaci dochází, když máte čas přemýšlet, experimentovat a spekulovat. Dochází k ní, když spolu mohou lidé obchodovat. Dochází k ní tam, kde jsou obyvatelé relativně bohatí, nikoli tam, kde jsou zoufalí. Je to něco nakažlivého. Jsou k ní potřeba investice. Inovace obvykle probíhá ve městech. A tak dále. Dá se ale říct, že jí skutečně rozumíme? Jak nejlépe podpořit inovaci? Stanovením cílů, přímým výzkumem, dotováním vědy a sepisováním pravidel a zásad? Nebo je lepší od toho všeho ustoupit, deregulovat a ponechat lidem volnost? Anebo snad vytvořit vlastnická práva na myšlenky, nabízet patenty, rozdávat ceny a udělovat medaile? Obávat se budoucnosti? Anebo překypovat nadějí? Lze najít zastánce všech těchto i dalších přístupů, kteří svůj názor vášnivě obhajují. Nejpozoruhodnější na inovaci ovšem je, jak záhadnou stále zůstává. Žádný ekonom ani sociolog neumí dobře vysvětlit, proč se inovace děje, natož pak kdy a kde.

V této knize se s touto velkou záhadou pokusíme vypořádat. Nebudeme tak činit pouze abstraktním teoretizováním či argumentováním, ačkoli od každého zde trochu bude, ale především vyprávěním příběhů. Necháme inovátory, kteří své vynálezy (nebo vynálezy jiných lidí) přeměnili v užitečné inovace, aby nám na příkladu svých úspěchů a selhání ukázali, jak se vše událo. Budeme si vyprávět příběhy o parních motorech i webových vyhledávačích, o očkování a elektrických cigaretách, o přepravních kontejnerech a křemíkových čipech, o kufrech na kolečkách i editaci genů, o číslech i splachovacích záchodech. Poslechneme si Thomase Edisona, Guglielma Marconiho, Thomase Newcomena, Gordona Moorea, Mary Wortleyovou Montaguovou, Pearla Kendricka, Al-Chorezmího, Grace Hopperovou, Jamese Dysona i Jeffa Bezose.

Bohužel není možné zdokumentovat každou významnou inovaci. Bez konkrétního důvodu vynecháme některé velmi důležité a dobře známé: například automatizaci textilního průmyslu nebo vznik společností s ručením omezeným, vynecháme také většinu inovací v umění, hudbě a literatuře. Nejdůležitější příklady budou z oblasti energetiky, veřejného zdraví, dopravy, potravinářství, jednoduchých technologií, počítačů a komunikačních prostředků.

Ne všichni, jejichž příběhy si budeme vyprávět, jsou hrdinové. Někteří z nich jsou podvodníci, padělatelé a smolaři. Jen málo jich pracovalo samostatně, jelikož inovace je týmový sport, kolektivní počin, a to v mnohem větší míře, než se obecně připouští. Zásluhy a autorství jsou přiznávány zmatečně a nejasně, někdy dokonce vyloženě nespravedlivě. Přesto inovace na rozdíl od týmových sportů obvykle postrádá choreografické přípravy, plánování či řízení. Jak už zjistil ne jeden brunátný prognostik, nedá se snadno předvídat. Většinou se odehrává na bázi pokusu a omylu, což je lidská obdoba přírodního výběru. A o zásadní průlom člověk obvykle zakopne, když hledá něco jiného: inovace značně závisí na štěstí.

Vypravíme se zpátky do minulosti až k samotným kořenům lidské kultury a pokusíme se pochopit, co na počátku odstartovalo proces inovace a proč zrovna u lidí, a ne třeba u červenek. Šimpanzi a vrány inovují vývojem a šířením nových kulturních návyků, avšak jen velmi vzácně a poměrně pomalu. Většina ostatních zvířat neinovuje vůbec.

Za deset let od vydání *Racionálního optimisty*, kde jsem tvrdil, že svět byl, je a bude stále lepším, nikoli horším místem, životní úroveň takřka všech lidí rapidně vzrostla. Knihu jsem dokončil, když se svět propadl do hlubin těžké recese, ale následující roky přinesly většině chudých z celého světa rychlejší ekonomický růst než kdykoli předtím. Příjem průměrného Etiopana se během deseti let zdvojnásobil. Počet lidí žijících v extrémní chudobě poprvé v historii klesl pod deset procent. Prudce se snížil počet úmrtí v důsledku malárie, na celé západní polokouli ustaly války a vzácnějšími se staly i ve Starém světě. Šetrná LED světla nahradila klasické žárovky i zářivky a telefonické hovory přes Wi-Fi jsou dnes v podstatě zdarma. Některé věci se samozřejmě zhoršily, ale trend je pozitivní. Za to všechno vděčíme inovacím.

Nejdůležitější způsobem, jak inovace mění naše životy, je skutečnost, že lidem umožňují pracovat jeden pro druhého. Jak jsem prohlásil už dříve, hlavním motivem lidské historie je rostoucí specializace naší produkce a rozrůžňování toho, co konzumujeme: míříme od nejisté soběstačnosti k bezpečnější vzájemné závislosti. Díky tomu, že se čtyřicet hodin týdně soustředíme na poskytování služeb druhým – takzvané zaměstnání – můžeme strávit zbylých sedmdesát dva hodin (nepočítám padesát šest hodin strávených v posteli) čerpáním služeb, jež nám poskytují ostatní. Inovace nám umožnily vydělat si na hodinu svícení

elektrickou lampou několika vteřinami práce. Stejné množství světla by dříve vyžadovalo celodenní práci, pokud byste si museli sami shromažďovat a přečišťovat sezamový olej nebo jehněčí tuk na pálení v jednoduché lampě, jak se to ne zas tak dávno dělávalo.

Inovace je většinou postupný proces. Moderní posedlost disruptivní inovací, což je termín, který v roce 1995 zavedl profesor Clayton Christensen na Harvardu, je scestná. I když nová technologie překoná tu starou, jak to například digitální média udělala s papírovými novinami, začíná jen velice pozvolna, postupně nabírá na tempu a probíhá setrvalým nárůstem, nikoli skokově. Ve svých počátcích inovace mnohdy přináší rozčarování, načež překoná očekávání, když začne fungovat, čemuž se říká Amarův hype cyklus podle Roye Amary, který jako první prohlásil, že podceňujeme dlouhodobý dopad inovace, ale přeceňujeme její význam z hlediska krátkodobého.

Patrně nejzáhadnějším aspektem inovace je, jak málo je oblíbená navzdory vší slovní podpoře, kterou jí vyjadřujeme. I přes nespočet důkazů, že skoro všem změnila v mnoha směrech život k lepšímu, bývá reflexivní reakcí většiny lidí na něco nového obava, a někdy dokonce i znechucení. Pokud nám nepřináší zjevný užitek, máme sklon představovat si spíše špatné než příznivé důsledky, jež by z ní mohly plynout. Inovátorům pak házíme klacky pod nohy ve jménu těch, kdo mají zvláštní zájem na zachování statu quo: investorů, manažerů i zaměstnanců. Historie ukazuje, že inovace je choulostivou a zranitelnou květinou, již můžeme snadno zašlápnout, která ale znovu rychle vyroste, pokud to podmínky dovolí.

Podivný fenomén inovace a odporu vůči ní před více než třemi stoletími, ještě než započalo kolektivní bohatnutí, výmluvně připomněl jeden inovátor, ačkoli on sám by se za něj neoznačil. William Petty začínal jako nezletilý plavčík na lodi. Se zlomenou nohou ho nechali na cizím pobřeží, načež získal jezuitské vzdělání a stal se osobním tajemníkem filozofa Thomase Hobbesa. Po krátkém pobytu v Nizozemsku nastoupil kariéru lékaře a vědce a poté se stal obchodníkem, spekulantem s irskými nemovitostmi, členem parlamentu a nakonec bohatým a politicky vlivným průkopníkem studia ekonomiky. Byl lepším inovátorem než vynálezcem. Na počátku své kariéry, když v roce 1647 působil jako profesor anatomie v Oxfordu, Petty vynalezl a nechal si patentovat nástroj pro dvojité psaní, díky němuž mohl naráz během patnácti minut vytvořit dvě kopie první kapitoly epištoly *List Židům*, dále navrhl i most, jenž neměl pilíře v korytu řeky, a stroj na setí kukuřice. Žádný z jeho vynálezů se podle všeho neujal. Později, v roce 1662, Petty v silném pohnutí napsal elegii o údělu vynálezce:

Jen málo nových vynálezů bylo někdy odměněno monopolem. Ačkoli se totiž vynálezce často opájí přesvědčením o svém významu a myslí si, že se o něj celý svět

popere, všiml jsem si, že většina lidí jen málokdy začne používat nové substance, jež sami důkladně neozkoušeli a které ani čas nezprostil skrytých obav, takže když je představen nový vynález, mají všichni námitky a nebohý vynálezce se musí potýkat s nedůtklivou kritikou, neboť každý nachází chyby a nikdo vynález neuzná, dokud nebude vylepšen v souladu s jeho vlastním postupem. Tuto torturu přežije ani ne jeden ze sta vynálezů a ty, které ano, jsou nakonec tak ovlivněné rozličnými výmysly ostatních, že není možné, aby si jeden jediný člověk nárokoval celý vynález, a nelze se ani dobrat shody, jaký má kdo podíl na jednotlivých částech. Navíc se tento proces obvykle táhne tak dlouho, že nebohý vynálezce mezitím buď zemře, nebo ho ochromí dluhy, jež ve snaze návrh rozvíjet nadělal. A k tomu všemu mu ti, kdož jeho důvtip podpořili vlastními penězi, ještě spílají do spekulantů, nebo i něčeho horšího. Vynálezce a jeho nároky tak zcela zaniknou.

ENERGIE

Kdykoli narazíte na úspěšný podnik, znamená to, že někdo kdysi udělal odvážné rozhodnutí.

Peter Drucker

O TEPLU, PRÁCI A SVĚTLE

Možná nejvýznamnějšího úspěchu v dějinách lidstva bylo dosaženo pravděpodobně někde v severozápadní Evropě kolem roku 1700 a zasloužilo se o něj jeden či více lidí (byli to pravděpodobně Francouzi nebo Angličané), ale možná se nikdy nedozvíme kdo. Proč to říkáme tak neurčitě? Protože tuto událost tehdy nikdo nezaznamenal ani si neuvědomil její význam, inovace se tehdy nepokládala za něco zvlášť hodnotného. Není ani jasné, který z kandidátů k ní přispěl nejvýznamněji. Šlo navíc o postupnou, škobrtavou změnu, bez okamžiku, kdy by někdo vykřikl „heuréka“. Tyto znaky jsou pro inovaci typické.

Řeč je o první řízené přeměně tepla na práci, kterýžto průlom umožnil průmyslovou revoluci, pokud ji neučinil přímo nevyhnutelnou, a vedl tudíž k prosperitě moderního světa a současnému úžasnému technologickému rozkvětu. (Slovo „práce“ zde používáme v jeho hovorovějším smyslu, tedy jako řízený a aktivní pohyb, nikoli v širším významu, jak jej definují fyzikové.) Tyto věty píšu na laptopu napájeném elektřinou, zatímco jedu vlakem, který je rovněž poháněný elektřinou, a k dispozici mám elektrické světlo. Většina té elektřiny přichází dráty z elektrárny, v níž jsou obrovské turbíny roztáčené na vysokou rychlost párou, která vzniká spalováním plynu nebo přiváděním vody k varu teplem z jaderného štěpení. Účelem elektrárny je přeměnit teplo hoření na tlak vody expandující v podobě páry a roztočit lopatky turbíny pohybující se uvnitř elektromagnetu, aby rozpohybovaly elektrony v drátech. Něco podobného se děje i v motoru auta nebo letadla: spalování vytváří tlak, který způsobuje pohyb. V podstatě všechno to ohromné množství energie, jež naše životy provází, pochází z přeměny tepla na práci.

Před rokem 1700 existovaly dva hlavní druhy energie používané lidmi: teplo a práce. (Světlo pochází především z tepla.) Lidé spalovali dřevo nebo uhlí, aby se zahřáli a uvařili si jídlo. K přesunování věcí, tedy k vykonávání práce, používali své svaly, popřípadě svaly koní a volů, vzácněji pak vodní kola či mlýny.

Tyto dva druhy energie byly oddělené: dřevo a uhlí nevykonávaly mechanickou práci a vítr, voda ani volí nevytvářeli teplo.

O několik let později, třebaže zprvu jen v malém měřítku, začala pára měnit teplo na práci – a svět se navždy změnil. Prvním funkčním přístrojem, který to zvládl, byl Newcomenův parní stroj, a Thomas Newcomen je proto naším prvním a nejslibnějším kandidátem na inovátora přeměny tepla na práci. Povšimněte si, že jej nenazýváme vynálezcem. Ten rozdíl je zásadní.

Nemáme k dispozici žádnou Newcomenovu podobiznu. Je pohřben v neoznačeném hrobě někde v Islingtonu na severu Londýna, kde v roce 1729 zemřel. Nedaleko, leč opět nevíme kde, se nachází neoznačený hrob jednoho z jeho rivalů a možného inspiračního zdroje, Denise Papina, z nějž se stal žebrák a po kterém se roku 1712 v Londýně jednoduše slehla zem. Jen o malinko příznivěji naložilo okolí s Thomasem Saverym, jenž zemřel roku 1715 nedaleko Westminsteru. Tito tři muži, několik let blízcí sousedé a skoro současníci (Papin se narodil v roce 1647, Savery pravděpodobně kolem roku 1650 a Newcomen v roce 1663), sehráli v přeměně tepla na práci zásadní roli. Možná se však nikdy nesetkali.

Nebyli samozřejmě první, kdo si všiml, že pára má sílu pohybovat věcmi. Hračky na této bázi se používaly už ve starém Řecku a Římě a čas od času v průběhu staletí budovali zruční technici zařízení využívající páru k přivádění vody do fontán nebo k něčemu podobnému. Avšak teprve Papin začal jako první snít o využití této síly pro praktické účely, nikoli pro zábavu. Savery proměnil podobný sen ve stroj, byť se ukázal jako nepoužitelný, a Newcomen postavil praktický stroj, který přinesl skutečnou změnu.

Tak nějak zní klasický příběh. Když se do něj ale ponoříme hlouběji, přestane být tak jasný. Byl Papin jedním či oběma Brity okraden? Odcizili Savery či Newcomen své poznatky někomu jinému? Inspiroval se snad Papin u Saveryho, nebo to bylo spíš naopak? A znal vůbec Newcomen práci zbylých dvou?

Ačkoli Denis Papin zemřel v takřka úplném zapomnění, za života byl z hlediska intelektu i slávy hvězdou. Pracoval s mnoha nejvýznamnějšími vědci své doby. Narodil se ve francouzském Blois a studoval lékařství na univerzitě. V roce 1672 si ho jako asistenta najal vynikající nizozemský přírodovědec a předseda pařížské Akademie věd Christiaan Huygens a spolu s ním přijal do služby i dalšího bystrého mladíka, předurčeného k ještě větší slávě: Gottfrieda Leibnize. O tři roky později se Papin ocitl v londýnském exilu, kam utekl před perzekucí protestantů ve Francii za vlády Ludvíka XIV.

V Londýně se, pravděpodobně díky doporučení od Huygense, stal asistentem Roberta Boylea a pracoval na vývěvě. Poté si jej najal Robert Hooke a krátce nato Papin odjel do Benátek, kde strávil tři roky jako kurátor vědecké společnosti. V roce 1684 se pak vrátil do Londýna, aby tutéž práci dělal pro Královskou společnost. Někdy během té doby vynalezl tlakový hrnec ke změkčování

ností. V roce 1688 již působil jako profesor matematiky na Marburské univerzitě a v roce 1695 se přestěhoval do Kasselu. Tyto časté přesuny dávají tušit, že buď byl poněkud nestálý, nebo jeho společnost nikdo nesnesl příliš dlouho.

Huygens Papina najal, aby prozkoumal ideu stroje poháněného vakuem (podtlakem) vznikajícím vybuchováním střelného prachu ve válci (tedy myšlenku, která je vzdáleným předchůdcem spalovacího motoru). Papin si ale brzy uvědomil, že lépe by mohla fungovat kondenzující pára. Někdy mezi lety 1690 až 1695 dokonce vyrobil jednoduchý píst a válec, v němž pára při ochlazení kondenzovala, což vyvolalo pokles pístu a zdvihnutí břemena pomocí kladky. Objevil princip atmosférického motoru, v němž práci po vytvoření vakua pod pístem vykovává atmosférický tlak.

V létě roku 1698 si Leibniz a Papin krátce dopisovali ohledně pozdějšího designu strojů, jež by mohly čerpat vodu s využitím ohně. Hlavní problém, který bylo potřeba vyřešit, představovalo pumpování vody z dolů, kde byla hojnost paliva, ale koně se tam využívali jen obtížně. Vlhké doly sice byly bezpečnější než suché, neboť v nich panovalo nižší riziko požáru, horníkům ale ztrpčovalo život riziko jejich zaplavení.

Papin však snil i o parním lodním pohonu: „Věřím, že tento vynález lze kromě čerpání vody využít i k mnoha jiným věcem,“ napsal Leibnizovi. „Co se týče cestování po vodě, dovoluji si prohlásit, že bych tohoto cíle dosáhl poměrně rychle, pakliže bych měl větší podporu.“ Představoval si to tak, že pára z kotle vytlačí píst a ten vypudí vodu trubkou k lopatkovému kolesu. Poté se píst díky další vodě vstříknuté do válce a kondenzaci páry vrátí zpátky. V roce 1707 Papin skutečně postavil loď s lopatkovým kolesem, aby demonstroval jeho přednosti oproti veslům, podle všeho ji ale nepoháněla pára, nýbrž lidská síla. Na lodi se pomaličku vydal po řece Vezeře do Anglie. Profesionální lodníky ale konkurence rozhořčila a plavidlo zničili: luddité ještě před Luddem.

Historik L. T. C. Rolt usuzuje, že Papin by toho býval mohl dokázat více: „Když měl geniální Papin na dosah praktický úspěch, kupodivu ho odmítl.“ K páře se vrátil, když mu Leibniz řekl o patentu Thomase Saveryho na využití ohně pro čerpání vody. Patent byl udělen roku 1698 v tentýž den, kdy se Papin pochlubil Leibnizovi, že ví, jak takový stroj vyrobit. Papin následně postavil odlišný parní stroj, jenž byl, dle jím vytvořeného nákresu, bezpochyby upravenou verzí Saveryho stroje. Přesto je dost dobře možné, že se Savery o Papinových návrzích doslechl z různých dopisů, jež Francouz posílal bývalým kolegům z Královské společnosti, i když se Saveryho stroj od Papinova celkem lišil. Kdo koho okopíroval?

Tato shoda v načasování působí zvláště, ale pro vynálezce je celkem charakteristická. Technologický vývoj opakovaně provází simultánní vznik různých vynálezů, jako by v daném okamžiku něco uzrálo. Neukazuje to nutně

na plagiátorství. V tomto případě se v severozápadní Evropě propojilo dokonalejší zpracovávání kovů se zvýšeným zájmem o důlní těžbu a vědeckou fascinací vakuem, v důsledku čehož byl vznik primitivního parního stroje takřka nevyhnutelný.

Možná, že byl „kapitán“ Savery vojenským inženýrem a možná ta hodnota měla jen čestný charakter, každopádně se však jednalo o skoro stejně záhadnou postavu, jako byl Newcomen: nemáme žádný portrét a neznáme ani jeho datum narození. Stejně jako Newcomen pocházel i Savery z Devonu. Víme nicméně, že 25. července 1698, ve stejný den, kdy Papin napsal Leibnizovi o svém návrhu parní lodi, byl Saverymu na čtrnáct let udělen patent na „čerpání vody hnací silou ohně“. Následujícího roku byl patent prodloužen o jednadvacet let až do roku 1733: jak se ukázalo, byl to štědrý dar pro Saveryho nehodné dědice.

Saveryho stroj fungoval následovně. Pára z měděného kotle umístěného nad ohněm putovala do nádrže naplněné vodou, odkud vodu vypudila mosaznou trubkou skrze jednosměrný (zpětný) ventil. Jakmile se nádrž naplnila párou, přívod z kotle se zastavil a nádrž se pokropila studenou vodou, což vyvolalo kondenzaci páry a podtlak. Ten způsobil, že jinou trubkou se zespodu nasála další voda, a cyklus začal nanovo. V roce 1699 Savery představil Královské společnosti verzi stroje se dvěma nádržemi, a zdá se, že v určitém okamžiku částečně zautomatizoval mechanismus kombinovaného ventilu, který mohl plnit jednu či druhou nádrž, takže stroj pracoval nepřetržitě.

Inzerát z roku 1702 ohlašoval, že Saveryho předváděcí model si lze prohlédnout „v jeho dílně v londýnském Salisbury Court naproti Starému divadlu, kde je možné jej vidět v chodu každý týden ve středu a v sobotu od 3 do 6 hodin odpoledne“. Několik kusů určitě prodal šlechtě a jeden instaloval ve společnosti York Buildings, na místě, jež se dnes nachází nedaleko ulice Strand. Tehdy však leželo na břehu Temže, právě tam, odkud Londýn získával říční vodu. Projekt ale skončil neúspěchem. Majitelé dolů neprojevíli zájem. Stroj vodu dopravoval jen na krátkou vzdálenost, k pohonu potřeboval obrovské množství uhlí, spoje netěsnily a velice snadno docházelo k výbuchu. Selhání je v inovaci často základem úspěchu.

V roce 1708 se už Papin nalézal v Londýně, byť Lamanšský průliv pravděpodobně překonal na obyčejné plachetnici, nikoli na svém kolesovém plavidle. Doufal, že získá prostředky na stavbu své parolodi. Zda se setkal se Saverym, nevíme. Jeho naděje, že se v Anglii dočká uznání jako génius páry, vzaly brzy zasně. Stále zoufalejší prosby v dopisech zasílaných Hansi Sloaneovi, Newtonu tajemníkovi v Královské společnosti, zůstaly nevyslyšeny. Papinovi ani moc nepomohlo, že byl Leibnizovým přítelem. Newtonův zuřivý spor s Leibnizem ohledně toho, kdo vynalezl kalkulus neboli infinitezimální počet (oba, ale Leibnizova verze byla úhlednější), zuřil tehdy v plné síle a tato známost pověst nebohého Papina u Královské společnosti nepochybně pošramotila. „Existuje

přínejmenším šest mých článků, jež byly čteny na setkáních Královské společnosti a nejsou zmíněny v zápisu. Pane, jsem bezpochyby smutný případ,“ napsal Papin Sloaneovi v lednu 1712.

Poté už o něm nemáme žádné zprávy. Prostě zmizel a historikové se domnívají, že téhož roku musel zemřít, příliš chudý, než aby zanechal poslední vůli nebo aby se zachoval záznam o jeho pohřbu. Savery zemřel o tři roky později, ne sice za neznámých okolností, ale stěží jako národní hrdina. Nechal po sobě jeden důležitý odkaz: patent na používání ohně k čerpání vody, který přiměl Newcomena mnoho let spolupracovat se Saveryho dědici.

Takže se ani jednomu z učenců v dlouhých parukách a s dobrými kontakty ve vyšších kruzích nepodařilo změnit svět. To svedl teprve prostý kovář z Dartmouthu v Devonu, Thomas Newcomen. Působil jako obchodník se železářským zbožím, což tehdy znamenalo spíš něco jako technik nebo kovář, a v roce 1685 navázal spolupráci se sklářem či instalatérem Johnem Calleym. Jinak ovšem o tom, jak dospěl k plnohodnotnému konceptu parního stroje z roku 1712, kdy zemřel Papin, nevíme téměř nic.

Mnoho historiků se zdráhalo uvěřit, že by obyčejný kovář uspěl tam, kde bystří profesoři selhali, a tak v průběhu staletí nastínili různé způsoby, jak se mohly Papinovy a Saveryho myšlenky dostat k Newcomenovi. Patřila k nim i konspirační teorie, která byla kdysi populární ve Francii, a sice že Newcomenovi někdo předal Papinovy dopisy zaslané Sloaneovi. Vynořila se také spekulace, že Newcomen viděl Saveryho stroj v cornwallském cínovém dole. Nic z toho ale neobstálo před pečlivým šetřením, a je tedy stále možné, že o práci londýnských učenců nic nevěděl. Jeden zdroj dokonce tvrdí, že na svých prvních návrzích pracoval už před rokem 1698, kdy byl Saverymu udělen patent a Papin poslal dopis Leibnizovi.

Tím zdrojem, jediným, kdo Newcomena doopravdy znal, byl Švéd Mårten Triewald. Pracoval s Newcomenem a Calleym a poté v Newcastlu postavil několik strojů, načež technologii odvezl zpět do Švédska. Líčí, že Newcomen experimentoval s párou dlouho před tím, než vyrobil fungující stroj, a identifikuje zlomový okamžik, kdy byla náhodou objevena technika vstříknutí studené vody do válce:

Deset let pan Newcomen bez ustání pracoval na tomto ohnivém stroji, který nikdy neprojevil požadovaný účinek, dokud se zásahem Všemohoucího neudála šťastná náhoda. Při posledním pokusu přimět model fungovat přinesla vytoužený účinek následující podivuhodná událost. Chladná voda se nechala proudit do olověného pouzdra obepínajícího válec, to však mělo netěsnost vyspravenou cínovou pájkou. Teplo páry způsobilo roztavení cínové pájky, čímž se otevřela cesta pro chladnou vodu, která začala kvapem proudit do válce. Pára okamžitě zkondenzovala, čímž vznikl tak velký podtlak, že závaží, jež bylo připojené k malému táhlu a mělo

představovat hmotnost vody v čerpadlech, se ukázalo být nedostačující, takže vzduch, který ohromnou silou tlačil na píst, způsobil přetržení upínacího řetězu a píst rozdrtil dno válce i víko malého kotle. Díky horké vodě, která se řinula všude kolem, se přihlížející na vlastní kůži přesvědčili, že objevili nesmírně mocnou sílu, která byla až dosud v přírodě neznámá.

Stroj navržený Newcomenem vyvolával ve válci kondenzaci páry vstříknutím chladné vody. Energii vakua kolabujícího pod tíhou atmosféry přenášel pomocí pístu a táhla na čerpadlo, což byla bezpečnější a výkonnější konstrukce než ta Saveryho. Je pravděpodobné, že několik verzí stroje bylo v plné velikosti postaveno v cornwalských cínových dolech, nedaleko místa, kde Newcomen pracoval, ale žádné spolehlivé důkazy se nedochovaly. První funkční Newcomenův stroj na světě, o němž s jistotou víme, byl postaven roku 1712 poblíž zříceniny Dudley Castle ve Warwickshiru. Podle Triewalda dokázal vypumpovat deset galonů (asi 45,5 litru) vody dvanáctkrát za minutu a čerpat vodu ze 45 metrů hlubokého uhelného dolu. Rytina stroje od Thomase Barneyho z roku 1719 zachycuje nádhernou složitost stroje, který dle Rolta ostře kontrastuje se „Saveryho nepropracovaným čerpadlem či Papinovými vědeckými hračkami“. A pokračuje: „V dějinách techniky se jen zřídka kdy vidí, že by jeden člověk vyvinul natolik zásadní vynález tak rychle a v tak propracované podobě.“

Přesto to zpočátku bylo neobyčejně neefektivní zařízení. Newcomenův stroj je podle dnešních standardů monstrum. Byl velký jako malý dům, dýmal, rachotil a syčel, byl těžkopádný a promrhal asi 99 procent energie uvolňované spalovaným uhlím. Trvalo desetiletí, než jej samostatný kondenzátor Jamese Watta, setrvačnick, hnací hřídel a další vylepšení změnila na něco, co se dalo použít i jinde než v uhelných dolech s levným palivem.

K tomuto příběhu mám určitý osobní vztah. Můj předek Nicholas Ridley se někdy koncem 17. století pustil do těžářského byznysu. Opustil statek v údolí Jižního Tynu, stal se partnerem v podniku zaměřeném na těžbu olova a zkoušel vytavovat stříbro z olovené rudy. Poté se přestěhoval do Newcastleu a nějak se stalo, že se pustil do těžby uhlí. Když v roce 1711 zemřel, byl zámožným obchodníkem s uhlím, majitelem dolu na severním břehu řeky Tyne a starostou města, jež bylo tehdy třetím největším v Anglii. Jeho syn Richard řídil doly dravě a jeho sklon dostávat se do potýček a porušovat kartelové cenové dohody – dokonce se jednou pokusil zabít rivala – mu vynesl pověst „bouřliváka uhelného průmyslu“. Druhý syn, Nicholas, jenž se podle všeho zdržoval převážně v Londýně, uhlí pravděpodobně odebíral a obchodoval s ním. Již v roce 1700 bylo uhlí v Anglii zdrojem poloviny veškeré energie.

Mladší Nicholas patrně v roce 1715 nebo 1716 najal teenagera Sama Calleyho, syna Newcomenova partnera Johna, a pověřil ho vydat se na sever a postavit

stroj v Bykeru. Pokud můžeme věřit inženýrovi Johnu Smeatonovi, byl to asi třetí nebo čtvrtý stroj svého druhu na světě. Ridleyovi za povolení tento design používat vypláceli Saveryho dědicům ohromných 400 liber ročně a na konstrukci prvního stroje vynaložili kolem 1 000 liber. Stroj byl určený k čerpání vody z dolu, jehož zaplavení zruinovalo dva předchozí majitele.

Víme to, protože Nicholas (mladší syn) přesvědčil Newcomenova přítele Mårtena Triewalda vypravit se na sever a dohlédnout na mladého Calleyho. Švéd o svém jednání s bratry Ridleyovými zanechal zprávu. Po úspěchu s prvním strojem si Ridleyovi objednali stavbu dalších a v roce 1733, kdy vypršel Saveryho patent, se dva stroje nalézaly v Bykeru, tři v Heatonu, jeden v Jesmondu a jeden v South Gosforthu. Rád bych věřil, že není možné, aby se Richard a Nicholas Ridleyovi s Newcomenem nesetkali.

Newcomenův parní stroj byl matkou moderního světa a předznamenal éru, v níž technologie umožnila úžasně zvyšovat produktivitu lidské práce a osvobozovat stále více lidí od otrocké dřiny na polích, v kuchyních a chudobincích. Byla to klíčová inovace, ale přesto je průběh jejího vzniku podivně nejasný. Byl za ni zodpovědný vědecký pokrok v Británii a ve Francii ztělesněný Denisem Papinem? Trochu snad ano, ale Newcomen o něm zjevně nic nevěděl. Mohlo za stroj zdokonalení metalurgie v pozdním 17. století, což umožnilo vyrábět velké mosazné válce a písty? Částečně. Byla za něj zodpovědná dramatická expanze těžby uhlí hnaná růstem ceny dřeva, zaviněným ubýváním britských lesů, a s ní spojená poptávka po čerpacích strojích? Do určité míry. Nesl odpovědnost rozmach obchodu v severozápadní Evropě započatý Holanďany, který vyústil ve vznik kapitálu, investování a podnikání? Zčásti určitě ano. Proč si však tyto podmínky nepodaly ruku v Číně, Benátkách, Egyptě, Bengálsku, Amsterdamu nebo jiném obchodním centru? A proč k tomu došlo v roce 1712, a ne třeba v roce 1612 nebo 1812? Zpětně se inovace jeví jako zcela zjevná, ale v daném okamžiku ji nebylo možné předvídat.

CO ZPŮSOBIL WATT?

V roce 1763 byl zručný a zkušený skotský výrobce nástrojů James Watt požádán, aby opravil model Newcomenova stroje, jenž patřil Glasgowské univerzitě a sotva fungoval. Když se Watt snažil pochopit, co se pokazilo, uvědomil si o Newcomenových strojích něco, co mělo být odhaleno daleko dřív: tři čtvrtiny parní energie se během každého cyklu promrhají na opětovné ohřívání válce, poté co se kvůli kondenzaci páry ochladí vstříknutím studené vody. Watta napadlo jednoduché řešení: využít samostatný kondenzátor. Válec tak zůstával horký, zatímco pára se odčerpala a zkondenzovala v chladnější nádrži. Vmžiku zvýšil účinnost parního stroje, ačkoli úprava kovových součástí, nutná k tomu, aby se

jeho nápad přetvořil v použitelné zařízení, zabrala jako obvykle několik měsíců.

Po názorném předvedení principu na malém testovacím stroji navázal Watt nejprve spolupráci s Johnem Roebuckem, aby získal patent, a poté s podnikatelem Matthewem Boultonem, aby postavil stroje v plné velikosti. Stroj odhalil 8. března 1776, den před vydáním knihy *Bohatství národů* od Adama Smithe, dalšího Skota. Boulton po Wattovi chtěl, aby vyvinul metodu, jak převést pohyb pístu nahoru a dolů do kruhového pohybu schopného otáčet hřídeli a využitelného v mlýnech a továrnách. Kliku a setrvačnick si nechal patentovat James Pickard, což Watta na chvíli zdrželo a přimělo vyvinout alternativní systém, známý jako planetové soukolí. Nápad na kliku získal Pickard od opilého neloajálníhoho zaměstnance Boultonovy továrny v Soho, takže původ tohoto jednoduchého zařízení zůstává poněkud nejasný.

Navzdory tomuto příkladu, jakou překážku patenty pro pokrok představují, například ten Saveryho pro Newcomena, Watt vlastní patenty energicky střežil a Boulton zdatně využíval své politické kontakty k získávání dlouhodobých a rozsáhlých patentů na nejrůznější Wattovy vynálezy. Otázka, nakolik Wattovo sudičství pozdržela rozmach páry coby zdroje energie v továrnách, je stále předmětem ostrých debat, je však jisté, že současně s koncem hlavního patentu v roce 1800 prudce přibýlo experimentů s párou a jejich aplikací. Jedním ze zdrojů setrvalého a pravidelného zvyšování účinnosti a šíření parních motorů byl časopis *Lean's Engine Reporter*, jež založil cornwallský důlní inženýr John Lean a který fungoval stejně jako hnutí za otevřený software, neboť rozšířil zdokonalovací návrhy mezi mnoho inženýrů. Závěr je jednoduchý: Wattovi, nepochybně vynikajícímu vynálezci, se nejspíš přiznává příliš mnoho zásluh, kdežto společnému úsilí mnoha různých lidí příliš málo.

Pět let po Wattově smrti v roce 1819 bylo rozhodnuto, že mu bude postaven památník, což bylo neobvyklé, neboť tehdy se památníky stavěly především válečným vítězům. Poměrně lichotivě to vyjádřili redaktoři časopisu *The Chemist*: „Od ostatních veřejných dobrodinců se odlišuje tím, že neusiloval o veřejný prospěch a ani to nepředstíral... Tento skromný muž ve skutečnosti přinesl světu více užitku než všichni ti, kdo si po staletí kladli za cíl pečovat o veřejné blaho.“

THOMAS EDISON A VYNALÉZÁNÍ JAKO BYZNYS

O nějaký čas později přišla energetická inovace, která symbolizuje celou oblast vynalézání: žárovka. Jako patriotický obyvatel severovýchodní Anglie musím upozornit, že jeden z inovátorů žárovky žil několik kilometrů od řeky Tyne v Gatesheadu. Jmenoval se Joseph Wilson Swan. Třetího února 1879 na setkání Literární a filozofické společnosti v Newcastleu před zrak 700 lidí poprvé demonstroval, že dokáže přednáškovou místnost nasvítit skleněnou žárovkou

vyplněnou vakuem a s uhlíkovým vláknem, kterým prochází elektrický proud.

V podobě obloukových lamp poskytovala elektřina světlo už předtím. Potíž spočívala v tom, že bylo příliš jasné. Problémem, který se Swan snažil vyřešit, bylo „rozložení“ světla, rozdělení proudu do malých toků, aby vzniklo mnoho zdrojů mírnějšího světla. Rozhodující bylo zjištění, že žhnoucí drát či vlákno ve vakuu neshoří, když se do něj pustí elektřina. Zásadní bylo vytvořit uvnitř foukaného skla dostatečně velké vakuum a najít materiál, který by mohl spolehlivě sloužit jako vlákno. Za dvacet let, jež uplynuly od vzniku prvního prototypu z roku 1850, Swan moc nepokročil.

Ale počkat, nevynalezl žárovku Thomas Edison? Ano, vynalezl. Totéž ale učinil i Marcellin Jobard v Belgii a William Grove, Fredrick de Moleyns a Warren de la Rue (a Swan) v Anglii. Dále pak Alexander Lodygin v Rusku, Heinrich Göbel v Německu, Jean-Eugène Robert-Houdin ve Francii, Henry Woodward a Matthew Evans v Kanadě, Hiram Maxim a John Starr ve Spojených státech a několik dalších. Každý z nich vytvořil, publikoval nebo si patentoval myšlenku žhavého vlákna ve skleněné baňce, někdy vyplněné vakuem, jindy dusíkem, a všichni to udělali před Thomasem Edisonem.

Pravdou je, že do konce 70. let 19. století se objevilo jednadvacet lidí, kteří si mohou nárokovat návrh nebo zásadní zdokonalení žárovky, přičemž tak většinou učinili nezávisle na sobě. A to nepočítáme ty, kteří vynalezli stěžejní technologie využívané při výrobě žárovek, například Sprengelovu rtuťovou vývěvu. Swan byl jediný, jehož práce byla dostatečně důkladná a jeho patenty dost dobré na to, aby Edisona přiměly pustit se s ním do podnikání. Skutečnost je taková, že historie žárovky ani zdaleka nedokládá význam hrdinského vynálezce, ale vypráví příběh docela opačný: inovaci líčí jako postupný, inkrementální, kolektivní, přesto nevyhnutelný proces. Žárovka se nezadržitelně zrodila z kombinace tehdejších technologií. Vzhledem k pokrokům ostatních technologií se v době svého objevu objevit musela.

Buďme však upřímní. Edison si svou reputaci zaslouží, protože i když možná většinu součástí žárovky nevynalezl jako první a i když se příběh náhlého průlomů 22. října 1879 do značné míry zakládá na retrospektivním vytváření mýtů, byl přece jen prvním, kdo to všechno dal dohromady a spojil se systémem výroby a distribuce elektřiny, čímž přišel s funkční alternativou k používaným olejovým a plynovým lampám. To je obecně vzato mnohem působivější než náhlý záblesk inspirace, ale je to marné: lidé jsou raději pokládáni za geniální než jen za pracovitě. Edison byl rovněž tím, kdo žárovku učinil (téměř) spolehlivou. Poté, co namyšleně prohlásil, že vyrobil žárovku, která bude spolehlivě svítit velmi dlouho, než selže, pustil se do zběsilého pátrání, aby potvrdil, že se nevychloubá bezdůvodně. V Silicon Valley se dnes tomuto přístupu říká „fake it till you make it“, tedy „předstírej, dokud to nedokážeš“. Ve snaze nalézt ideální

surovinu pro výrobu uhlíkového vlákna otestoval přes 6 000 rostlinných materiálů. „Někde v dílně Všemohoucího,“ prohlásil Edison, „je rostlina s geometricky silnými vlákny vhodnými pro naše účely.“ Vítězem se nakonec 2. srpna 1880 stal japonský bambus (konkrétně druh *Phyllostachys bambusoides*), jehož vlákna vydržela více než 1 000 hodin.

Thomas Edison chápal lépe než kdokoli jiný před ním i mnozí po něm, že inovace je sama o sobě produktem, jehož výroba je týmovým výkonem a vyžaduje metodu pokusu a omylu. Kariéru zahájil v telegrafním průmyslu a své působení rozšířil i na burzovní telegrafy. Poté si v roce 1876 zřídil laboratoř v Menlo Parku v New Jersey a začal se věnovat tomu, co nazýval „vynálezecký byznys“. Nakonec se přestěhoval do větší laboratoře ve West Orange. Dal dohromady tým 200 zdatných řemeslníků a vědců a nutil je nesmírně tvrdě pracovat. Vedl dlouhou válku proti vynálezu střídavého proudu, o nějž se zasloužil jeho bývalý zaměstnanec Nikola Tesla, a to jen proto, že jej vynalezl Tesla, nikoli on sám. Edisonův přístup fungoval: během šesti let si zaregistroval 400 patentů. Stále neúnavně hledal, co svět potřebuje, a poté vymýšlel, jak tyto potřeby naplnit, nikoli naopak. Metoda vynalézání vždy stála na pokusu a omylu. Při vývoji nikl-železné baterie jeho zaměstnanci provedli 50 000 pokusů. Své dílny zásoboval všemi možnými materiály, náradím a knihami. Vynález, jak slavně prohlásil, je 1 procento inspirace a 99 procent potu. V důsledku nicméně nešlo o vynalézání, ale spíš o inovaci: přetváření myšlenek v praktickou, spolehlivou a cenově dostupnou realitu.

Avšak i přes svoji postupnou povahu vedla inovace žárovky k razantní a transformační změně způsobu, jakým lidé žili. Umělé osvětlení je jedním z největších darů civilizace, a právě díky žárovce je levné. V roce 1880 by vám minuta práce za průměrnou mzdu vydělala na čtyři minuty svícení petrolejkou. V roce 1950 se dalo minutou práce vydělat na více než sedm hodin svícení žárovkou. V roce 2000 už to bylo 120 hodin. Poprvé v historii se stalo umělé světlo snadno dostupným pro běžné lidi, zapudilo zimní šero a zvýšilo množství času, který se dá věnovat čtení nebo učení. A to nemluvě o snížení rizika požáru. Tato inovace nepřinesla žádná významná negativa.

Žárovka neohroženě dominovala více než století a přinejmenším v domácnostech zůstala převládajícím zdrojem osvětlení až do prvního desetiletí 21. století. Když uvolnila místo nové technologii, učinila tak pod nátlakem. Lépe řečeno, byla zakázána, neboť její náhrada byla uživateli velice neoblíbená. Rozhodnutí, jež kolem roku 2010 udělaly státy po celém světě a za něž lobboli výrobci kompaktních zářivek, totiž nařízení „postupného upouštění od používání“ žárovek v zájmu snížení emisí oxidu uhličitého, se ukázalo jako pošetilé. Kompaktním zářivkám trvalo příliš dlouho, než se zahrály, nevydržely tolik hodin, kolik se uvádělo, a jejich likvidace byla nebezpečná. Byly taktéž daleko dražší.

Energetická úspornost tyto nevýhody v očích většiny spotřebitelů nedokázala vyvážit, a tak musely být na trh protlačeny. Jenom Británii tento nedobrovolný přechod a dotace s ním spojené vyšly na přibližně 2,75 miliardy liber.

Nejhorší ze všeho je, že kdyby se ještě pár let počkalo, sama by se objevila mnohem lepší náhrada, která je energeticky šetrnější a nemá žádné z uvedených nevýhod: elektroluminiscenční dioda neboli LED. Kralování kompaktních zářivek trvalo jen šest let, než se od nich rychle ustoupilo a výrobci zastavili jejich produkci kvůli klesající ceně a rostoucí kvalitě LED. Je to, jako kdyby vláda v roce 1900 nutila lidi, aby si místo čekání na lepší vozy se spalovacím motorem kupovali parní automobily. Celá epizoda s kompaktními zářivkami je názorným příkladem chybné inovace shora. Jak řekl ekonom Don Boudreaux: „Jakýkoli zákon nutící Američany, aby místo jedné žárovky začali používat jinou, je nevyhnutelně produktem ohavné kombinace politiky zájmových skupin a nezodpovědného symbolismu určeného k uklidnění voličů, kteří stále více věří tomu, že se všechno hroutí.“

LED osvětlení na vhodnou příležitost ve skutečnosti čekalo už dlouho. Jev, na němž stojí – totiž že polovodiče při vedení elektřiny někdy vydávají světlo – byl pozorován již roku 1907 v Británii a poprvé byl prozkoumán roku 1927 v Rusku. Když se v roce 1962 Nick Holonyak, vědec z General Electric, snažil vyvinout nový druh laseru, zjistil, jak vyrobit jasné červené LED světlo z fosfidu-arsenu gallia. Brzy následovalo žluté světlo, které přišlo z laboratoře společnosti Monsanto, a v 80. letech už byly LED diody v hodinkách, semaforech a v deskách s plošnými spoji. Avšak dokud Šúdži Nakamura, který tehdy pracoval pro japonskou společnost Nichia, v roce 1993 za použití nitridu gallia nevyvinul modrou LED diodu, nebylo možné vytvořit bílé světlo, což znemožňovalo větší rozšíření LED osvětlení.

I poté uplynulo dvacet let, než cena tohoto polovodičového osvětlení klesla na rozumnou úroveň. Nyní se to však stalo a plynou z toho pozoruhodné důsledky. LED diody spotřebovávají tak málo energie, že dům lze dobře osvětlit, aniž by musel být připojený k síti, tedy například jen s využitím solárních panelů, což je cenná příležitost pro odlehlé budovy v chudých zemích. LED diody slouží také k výrobě svítlen do chytrých telefonů. Vyzařují navíc tak málo tepla, že je díky nim možné ve vnitřních prostorách velkokapacitně „vertikálně“ pěstovat saláty a byliny, zejména když se použijí nastavitelné LED diody, které vyzařují vlnové délky mimořádně vhodné pro fotosyntézu.

VŠUDYPŘÍTOMNÁ TURBÍNA

Viděli jsme, že Newcomen pocházel ze skromných poměrů, v mládí byl chudý a nezískal žádné vyšší vzdělání. Totéž však nelze říct o další zásadní postavě

v příběhu páry. Charles Parsons byl šestým synem zámožného irského aristokrata, hraběte z Rosse. Narodil se a byl vychováván na hradě Birr v irském hrabství Offaly, a než odešel na Cambridgeskou univerzitu studovat matematiku, nechodil do školy, ale měl soukromou výuku.

Nežil však v typické šlechtické domácnosti. Hrabě byl astronom a inženýr. Své syny povzbuzoval, aby trávili více času v jeho dílnách než v knihovnách. Charles a jeho bratr zkonstruovali parní stroj a využili jeho energii k vybroušení zrcadla do otcova teleskopu. Když Charles odešel z univerzity, nebylo to kvůli pohodlné pozici v soudnictví, politice nebo financích, nýbrž proto, aby nastoupil do učení ve strojírenské firmě na řece Tyne. Osvědčil se jako vynikající inženýr a v roce 1884 sestrojil a nechal si patentovat parní turbínu, z níž se po několika drobných úpravách nakonec stal nepostradatelný stroj, který světu dodával elektrickou energii a poháněl válečné lodě, parníky, a později i stíhačky. Tím, co udržuje světla rozsvícená, lodě na hladině a dopravní letadla ve vzduchu, je v zásadě dodnes Parsonsův design.

Turbína je zařízení, které se otáčí kolem své osy. Existují dva způsoby, jak pomocí páry (nebo vody) něco roztočit: impulzně nebo reakčně. Když namíříme páru z pevných trysek na lopatky kola, kolo se roztočí. A roztočí se také, když je pára vystřikována pod úhlem z trysek umístěných na vnější straně samotného kola. Otáčející se kouli poháněnou párou proudící ze dvou zahnutých trysek zkonstruoval jako hračku už v prvním století našeho letopočtu Hérón Alexandrijský. Parsons brzy dospěl k závěru, že impulzní turbíny jsou neefektivní a nešetrné ke kovu. Uvědomil si také, že řada turbín, každá roztáčená určitým množstvím páry, shromáždí více energie a efektivněji. Přestavěl dynamo tak, aby generovala elektřinu z turbín. Během několika let se začaly vyrábět první elektrické generátory se stále většími a většími Parsonsovými turbínami.

Parsons si založil vlastní společnost, musel se však vzdát duševního vlastnictví k původním návrhům a pět let se pokoušel zkonstruovat radiální turbínu, než se mohl vrátit k paralelně-axiálním turbínám. Snažil se zařízení nabídnout námořnictvu jako lodní pohon, ale neuspěl. V roce 1897 proto připravil Královskému námořnictvu troufalé překvapení.

Parsons, jenž miloval lodě a jachting, vyrobil elegantní malou loď jménem *Turbinia*, poháněnou lodním šroubem, který roztáčela parní turbína. První výsledky nebyly uspokojivé, a to zejména kvůli šroubu, který ve vodě způsoboval „kavitaci“: vznik malých bublin za lopatkami šroubu, což vedlo k plýtvání energií. Parsons a Christopher Leyland se vrátili do laboratoře a vyzkoušeli mnoho různých konstrukčních možností, aby našli nějakou, která by problémem s kavitací vyřešila. Pracovali metodou pokusu a omylu. Tu a tam zůstávali celou noc vzhůru, a když ráno dorazily služebné, našly je, jak pořád stojí u nádrže s vodou. Byla to frustrující práce, ale v roce 1897 Parsons nahradil jednu radiální

turbínu třemi axiálními a jednu hnací hřídel třemi, přičemž každá byla opatřená třemi šrouby. Z pokusů na moři už věděl, že toto malé plavidlo s devíti šrouby zvládne plout rychlostí 34 uzlů, tedy mnohem rychleji než jakákoli jiná loď té doby. V dubnu 1897 o tom dokonce mluvil na veřejné přednášce, o níž informoval deník *Times*, který pohrdlivě napsal, že turbínová technologie je „čistě experimentální a téměř v zárodečném stavu“, co se lodí týče. Jak jen se autor mýlil.

Na 26. června, kdy se k příležitosti šedesátého výročí panování královny Viktorie shromáždilo ve Spitheadu za přítomnosti prince z Walesu hlavní loďstvo britského Královského námořnictva, si Parsons připravil odvážný kousek. Ve čtyřech řadách o délce přes čtyřicet kilometrů bylo seřazeno více než 140 lodí. Mezi nimi proploovalo královské procesí parních plavidel: *Victoria and Albert*, na níž se plavil princ z Walesu, parník společnosti P&O *Carthage*, na jehož palubě byli další královští hosté, *Enchantress* s lordy admirality, *Danube* s členy Sněmovny lordů, *Wildfire* s koloniálními předsedy vlád, parník *Campania* společnosti Cunard, na němž pluli členové Dolní sněmovny, a nakonec *Eldorado* vezoucí zahraniční velvyslance. K řadě pozvaných zahraničních bitevních lodí patřil i *König Wilhelm*, na jehož palubě byl princ Jindřich Pruský.

Parsons se vyhnul rychlým parním plavidlům, která držela hlídku, a s *Turbinií* se navzdory nařízením velkou rychlostí prosmýkl mezi bitevními loděmi, načež proplooval sem a tam před pohlaváry, marně pronásledován plavidly Královského námořnictva. Jedno z nich se dokonce málem srazilo s malým plejtvákem. Byla to senzace. Námořnictvo narážku s pozoruhodně malým dotčením pochopilo – pomohlo, že svědky události byli Němci a že se princ Jindřich Pruský postaral o to, aby Parsons dostal blahopřejný dopis – a v roce 1905 rozhodlo, že všechny budoucí válečné lodě budou poháněny turbínami. Tou první byla HMS *Dreadnought*. V roce 1907 byl po boku svého malého předchůdce, *Turbinie*, vyfotografován obří parník *Mauretania*, poháněný Parsonsovy turbínami.

Příběh ze Spitheadu je v některých ohledech zavádějící. Historie turbín a elektřiny je striktně graduálním procesem bez jakýchkoli skokových změn. Parsons byl jen jedním z mnoha, kdo postupně navrhovali a vylepšovali stroje vyrábějící elektřinu a sloužící jako pohon. Byla to evoluce, nikoli sled revolucí. Každý klíčový vynález stavěl na tom předchozím a umožnil ten následující. V roce 1800 vyrobil Alessandro Volta první baterii. V roce 1808 sestrojil Humphry Davy první obloukovou lampu. Vztah mezi elektřinou a magnetismem odhalil v roce 1820 Hans Christian Oersted. Michael Faraday a Joseph Henry v roce 1820 zkonstruovali první elektrický motor a v roce 1831 jeho protějšek, první generátor. První dynamo vyrobil roku 1832 Hippolyte Pixii. Roku 1867 představili Samuel Varley, Werner von Siemens a Charles Wheatstone dynamoelektrický generátor, který Zénobe Gramme roku 1870 přeměnil na generátor stejnosměrného proudu.

Účinnost Parsonsovy turbíny při přeměně energie uhlí na energii elektrickou činila asi 2 procenta. Účinnost moderních plynových turbín s kombinovaným cyklem je kolem 60 procent. Grafické znázornění pokroku od jedné turbíny ke druhé vykazuje setrvalý vzestup bez skokových změn. Využíváním odpadního tepla k přehřívání vody a vzduchu inženýři v roce 1910 zvýšili účinnost na 15 procent. V roce 1940 se díky práškovému uhlí, přehřívání páry a vyšší teplotě blížila účinnost 30 procentům. Znovu se potenciální účinnost téměř zdvojnásobila v 60. letech, kdy idea generátoru s kombinovaným cyklem v podstatě souběžně s účinnější parní turbínou přinesla i lepší typ proudového motoru. Vypichovat některé inteligentní jedince, kteří na této cestě dosáhli zásadních zdomácnění, není jen obtížné, ale i zavádějící. Šlo o společné úsilí mnoha mozků. Inovace pokračovala dlouho po „vynálezu“ stěžejních technologií.

JADERNÁ ENERGIE A FENOMÉN DEZINOVACE

Bez ohledu na měřítko bylo 20. století svědkem vzniku pouze jednoho inovačního zdroje energie: energie jaderné. (Víte a slunce, i přes výrazně zlepšení a slibnou budoucnost, zatím pokryjí méně než 2 procenta celosvětové spotřeby energie.) Z hlediska energetické hustoty nemá jádro sobě rovného: náležitě nainstalovaný objekt o velikosti kufru může téměř neomezeně dlouho zásobovat elektřinou město či letadlo. Vývoj civilního využití jaderné energie byl triumfem aplikované vědy, cestou vedoucí od objevu jaderného štěpení a řetězové reakce přes projekt Manhattan, který přeměnil teorii v bombu, po postupné projektování kontrolovaného jaderného štěpení a jeho využití pro přivedení vody k varu. V tomto příběhu nevyčnívá žádný jednotlivec, leda snad Leo Szilard, který si v roce 1933 jako první uvědomil potenciál řetězové reakce, generálporučík Leslie Groves, jenž ve 40. letech řídil projekt Manhattan, nebo admirál Hyman Rickover, který se v 50. letech postaral o vývoj prvních jaderných reaktorů a jejich úpravu pro ponorky a letadlové lodě. Jak však tato jména dokládají, jednalo se o týmové úsilí armády a státních podniků, jež doplňovali soukromí dodavatelé. V 60. letech to vyvrcholilo rozsáhlým programem konstrukce elektráren, které využívaly malé množství obohaceného uranu k tomu, aby po celém světě spolehlivě, nepřetržitě a bezpečně přiváděly k varu obrovské množství vody.

Přesto je dnes jaderná energetika na ústupu a její elektrický výkon se snižuje, protože staré elektrárny se zavírají rychleji, než se nové stačí otvírat. Sledujeme obrázek inovace, jejíž čas pominul, či technologie, která se zastavila. Není to kvůli nedostatku nápadů, ale ze zcela odlišného důvodu: kvůli nedostatku příležitosti k experimentům. Příběh jaderné energie je varovným příkladem toho, jak inovace skomírá, ba dokonce upadá, pokud se nemůže vyvíjet.

Problémem je nákladová inflace. Náklady spojené s jadernými elektrárnami desítky let bez přestání rostly, a to zejména kvůli zvyšujícím se obavám ohledně bezpečnosti. Jaderná energetika navíc zůstala téměř zcela odříznuta od jediného lidského procesu, který náklady spolehlivě snižuje: pokusu a omylu. Protože chyby mohou mít v případě jaderné energie katastrofální následky a protože pokusy jsou enormně drahé, nemůže se jaderná energetika k metodě pokusu a omylu vrátit. Skončili jsme tedy s nedovyvinutou a neefektivní verzí technologie, tlakovodním reaktorem, kterou stále více dusí požadavky regulačních orgánů jednajících jménem znepokojených lidí povzbuzovaných protijadernými aktivisty. Technologie, které vlády vnucují světu předtím, než jsou doopravdy připravené, navíc občas selžou tam, kde by třeba jinak obstály, kdyby se jim umožnil trochu pomalejší vývoj. Transkontinentální železnice ve Spojených státech skončily nezdarem a všechny zkrachovaly, kromě jediné, jež byla financována ze soukromých zdrojů. Člověk se nemůže zbavit představy, že kdyby se jaderná energie bývala vyvíjela méně úspěchaně a méně jako vedlejší produkt vojenských aktivit, možná by si vedla lépe.

V knize *The Nuclear Energy Option* (Možnost jaderné energie) z roku 1990 tvrdí jaderný fyzik Bernard Cohen, že důvodem, proč se v 80. letech ve většině západních zemí přestaly stavět jaderné elektrárny, nebyly obavy z nehod, úniků nebo šíření jaderného odpadu, nýbrž nezadržitelné zvyšování nákladů v důsledku regulací. Od té doby se jeho diagnóza ukázala ještě pravdivější.

Není to způsobeno nouzí o nápady na nové druhy jaderné energie. V inženýrských powerpointových prezentacích najdete stovky různých konstrukcí štěpných reaktorů, přičemž některé z nich se v minulosti dostaly až do fáze fungujících prototypů, a zašly by ještě dál, kdyby se jim podařilo získat stejnou finanční podporu, jakou mají konvenční lehkovodní reaktory. Dvěma rozsáhlými kategoriemi jsou reaktory chlazené tekutým kovem a reaktory založené na roztavených solích. Ty druhé využívají soli thoria nebo fluoridy uranu, pravděpodobně doplněné o další prvky, jako je lithium, beryllium, zirkonium nebo sodík. Hlavní výhodou takového postupu je, že palivo přichází v tekuté podobě, nikoli jako pevná tyč, takže chlazení je rovnoměrnější a odstraňování odpadu snazší. Není potřeba udržovat vysoký tlak, čímž se snižuje riziko. Roztavené soli nejsou jen chladicím médiem, nýbrž i palivem, a mají tu výhodnou vlastnost, že se reakce při vyšší teplotě zpomaluje, takže roztavení jádra není možné. Kromě toho je součástí konstrukce zátka, která se při překročení určité teploty roztaví, a palivo se odčerpá do komory, kde se štěpení zastaví, což představuje druhý bezpečnostní systém. Ve srovnání s takovým Černobylem je to nesrovnatelně bezpečnější.

Thorium je hojnější než uran, fakticky jej lze téměř donekonečna množit v cyklu využívajícím uran ^{233}U a ze stejného množství paliva dokáže vyprodukovat

skoro stonásobně víc energie, nezpůsobuje vznik štěpného plutonia a vytváří méně odpadu s kratším poločasem rozpadu. Nicméně i přesto, že v 50. letech byly vypuštěny dvě ponorky se sodíkem jako chladicím médiem a po roce 1960 byly ve Spojených státech postaveny dva reaktory na bázi roztavených solí thoria, projekt nakonec odumřel, když se veškeré finance, školení a zájem zaměřily na lehkovodní uranové reaktory. Řada zemí přemýšlí, jak toto rozhodnutí zvrátit, ale nikdo se k tomu zatím neodhodlal.

A i kdyby k tomu nakonec došlo, nevypadá pravděpodobně, že by se podařilo naplnit proslulý slib učiněný v 60. letech, že jaderná energie jednoho dne bude „příliš levná, než aby stálo za to měřit její spotřebu“. Problém spočívá jednoduše v tom, že jaderná energie je technologie nevhodná pro ten vůbec nejvýznamnější z inovačních postupů: učení se praxí. Jelikož je každá jaderná elektrárna velká a drahá, ukázalo se, že nepůjde snižovat náklady pomocí experimentů. Z důvodu obrovské regulační houštiny, kterou se musí každý návrh před výstavbou prokázat, je nemožná i změna designu po zahájení konstrukce. Musíte buď všechno naprojektovat předem a projektu se držet, nebo začít znovu od začátku. S tímto přístupem nelze srazit náklady a zvýšit výkon u žádné technologie. Počítačové čipy by při jeho použití zůstaly ve stavu, v jakém byly v roce 1960. Stavíme jaderné elektrárny jako Egyptané pyramidy, každou jako zcela ojedinělý projekt, od něhož se nelze odchýlit.

Po havárii elektrárny Three Mile Island v roce 1979 a Černobyli v roce 1986 požadovali aktivisté i veřejnost přísnější bezpečnostní standardy. Dostali je. Podle jednoho odhadu zabije uhlí na jednotku výkonu téměř 2 000krát více lidí než jádro, bioenergie padesátkrát víc, plyn čtyřicetkrát víc, vodní energie patnáctkrát víc, solární energie pětkrát víc (lidé při instalaci panelů padají ze střech), a dokonce i větrná energie usmrtí skoro dvakrát více lidí než jaderná. Tato čísla zahrnují nehody v Černobyli a Fukušimě. Dodatečné bezpečnostní požadavky jadernou energii jednoduše změnily z velmi, velmi bezpečného systému na velmi, velmi, velmi bezpečný systém.

Nebo ji možná učinily méně bezpečnou. Podívejme se na katastrofu ve Fukušimě z roku 2011. Konstrukce Fukušimy měla zásadní bezpečnostní nedostatky. Čerpadla umístěná v suterénu snadno zaplavila přílivová vlna, což je konstrukční chyba, která se u modernějších provedení pravděpodobně nebude opakovat. Jednalo se o starý reaktor, který by byl dávno odstavený, kdyby Japonsko stavělo nové jaderné reaktory. Kvůli potlačování expanze jaderné energetiky a její inovace způsobenému nákladnou a nadměrnou regulací zůstala Fukušima otevřená i po „datu spotřeby“, což snížilo bezpečnost systému.

Dodatečná bezpečnostní opatření vyžadovaná regulačními orgány jsou nákladná. Množství práce vynaložené na stavbu jaderné elektrárny výrazně vzrostlo, převážně však na úřednických a administrativních pozicích. Podle jedné studie

jen v 70. letech zvýšily regulace spotřebu oceli na megawatt výkonu o 41 procent, betonu o 27 procent, potrubí o 50 procent a elektrického vedení o 36 procent. Když se rozjela spirála regulací, začaly se dokonce do projektů přidávat prvky předjímající změny pravidel, k nimž někdy ani nedošlo. Rozhodující bylo, že regulatorní prostředí přimělo stavitele jaderných elektráren upustit od praxe řešit nečekané problémy inovacemi prováděnými na místě, ze strachu, že by to vedlo k regulačnímu restartu, což by dále zvyšovalo náklady.

Řešením by evidentně bylo přetvořit jadernou energetiku v modulární systém s malými reaktory, jež se budou produkovat ve velkém na výrobních linkách, a v každé elektrárně je instalovat podobně, jako se ukládají vajíčka do krabičky. Takto by se daly snížit náklady, stejně jako se to podařilo Fordu u Modelu T. Problém je, že získat osvědčení pro nový typ konstrukce reaktoru trvá tři roky. V případě malého reaktoru neexistuje žádný způsob, jak to urychlit, snad jen minimálně, takže náklady na certifikaci dopadají na malý reaktor tvrději.

Kromě toho je nyní pravděpodobnější, že svůj příslib možná konečně naplní jaderná fúze, tedy proces uvolňování energie slučováním vodíkových atomů za vzniku atomů helia, který by za pár desítek let mohl začít poskytovat takřka neomezené množství energie. Objev vysokoteplotních supravodičů a zkonstruování sférických tokamaků pravděpodobně nakonec vyvrátily starý vtíp, že fúzní energie bude dostupná za třicet let – a že to platí už třicet let. Fúze nyní možná v podobě poměrně malých reaktorů generujících elektrickou energii, snad 400 megawattů každý, dojde svého komerčního naplnění. Je to technologie, s níž se nepojí téměř žádné riziko výbuchu nebo roztavení, velmi malé, co se týče radioaktivního odpadu, a nehrozí u ní, že by poskytla materiál pro výrobu jaderných zbraní. Jejím palivem je především vodík, který si vlastní elektrickou energii může vyrábět z vody, takže i její ekologická stopa bude malá. Hlavním problémem, který bude muset fúze stejně jako u štěpení vyřešit, je nutnost snížit náklady masovou výrobou reaktorů a schopnost průběžně měnit projekt na základě zkušeností, čímž se náklady budou dále optimalizovat.

BŘIDLICOVÉ PŘEKVAPENÍ

Jedním z nejpřekvapivějších příběhů 21. století byl vzestup zemního plynu, o němž jsme si pouhých deset let předtím mysleli, že je na pokraji vyčerpání, a který je dnes hojným i levným palivem. Do značné míry jde o příběh inovace, která vedla k produkci plynu z břidlic. Zhruba do roku 2008 panovalo mezi odborníky na energetiku všeobecné přesvědčení, že zásoby levného zemního plynu budou prakticky vyčerpány poměrně brzy ve 21. století a že ropa a uhlí vydrží déle. Tato předpověď se opakovaně objevovala už dříve. Americká uhelná komise zřízená prezidentem Warrenem Hardingem v roce 1922 během jedenácti

měsíců oslovila 500 lidí z energetického průmyslu a dospěla k závěru, že „těžba zemního plynu již začala klesat“. V roce 1956 odborník na ropu M. King Hubbert předpověděl, že produkce zemního plynu dosáhne ve Spojených státech vrcholu o přibližně 1 miliardě metrů krychlových v roce 1970 a poté bude klesat. Ve skutečnosti v roce 1970 dosáhla 1,64 miliardy m³ denně a dál rostla. Dnes činí přes 2,26 miliardy m³ denně.

Tyto predikce se ukázaly být velmi mylné, a to ze dvou důvodů. Zaprvé, přísná cenová regulace plynu v Americe v 70. letech, vycházející z teorie vzácnosti plynu, v podstatě zastavila průzkum. Společnosti plyn v zásadě odstavily jako něco, čím nemá cenu se zabývat, a místo toho se začaly věnovat ropě. Kvůli tomuto kroku začala produkce plynu klesat, což mnozí zaměnili za vrchol a počátek vyčerpávání zásob. Ač je to k nevíře, vláda Spojených států schválila v 70. letech několik opatření zakazujících výrobu elektřiny z ropy či plynu všem veřejným službám, jež měly přístup k uhlí, a zakázala stavbu elektráren, jež by nemohly využívat uhlí. Deregulace plynového průmyslu za prezidenta Reagana vedla k prudkému nárůstu produkce.

Druhým důvodem nadbytku plynu v druhém desetiletí 21. století byla inovace. Společnosti z celých Spojených států zabývající se průzkumem plynu a ropy začaly hledat možnosti, jak z každého ložiska vytěžit více surovin a jak plyn a ropu vyždímat z „neprosakujících“ hornin, z kterých přirozeně neunikají. Výsledkem byl šťastný objev hydraulického štěpení (frakování) „kluzkou vodou“ v 90. letech v Texasu, které v kombinaci s novou schopností vrtat do strany, a horizontálně tak ložiskem procházet na kilometry daleko, vytvořila z nepropustných břidlic, v nichž je uložena většina uhlovodíků, vydatný zdroj plynu a ropy. Když k tomu připočteme podmořská ložiska a možnost zkapalňovat plyn a transportovat ho po moři, je hned jasné, proč má dnes svět víc než dostatečný přísun plynu, nejčistšího, nejbezpečnějšího a uhlíkově nejšetrnějšího fosilního paliva.

Nejdůležitějším místem z hlediska průlomu frakování kluzkou vodou byla barnettská břidlice nedaleko Fort Worth v Texasu, kde podnikatel George Mitchell, jehož otcem byl řecký pasák koz, zbohatl na zásobování Chicaga zemním plynem. Měl výhodnou smlouvu s pevně danou cenou. Kdyby se přestěhoval kamkoli jinam, musel by cenu snížit. Zoufale proto chtěl vyždímat víc z barnettské břidlice, jelikož disponoval rozsáhlými právy k vrtání. Na konci 90. let objem těžby klesal a s ním i ceny akcií Mitchell Energy, což Mitchellovi způsobilo osobní potíže kvůli jeho filantropickým závazkům, které financoval půjčkami, jež kryl svými akciemi. Jeho žena trpěla Alzheimerovou chorobou a on sám měl problémy s prostatou. Osmasedmdesátiletý multimilionář se po právu mohl zachovat rozumně a stejně jako jiní velcí hráči ropného průmyslu Ameriku opustit, aby snížil ztráty. Budoucnost plynu spočívala v hlubokomořské těžbě

Vážení čtenáři, právě jste dočetli ukázkou z knihy ***Jak fungují inovace.***
Pokud se Vám ukázka líbila, na našem webu si můžete zakoupit celou knihu.