

3
2016



TŘÍPÓL

www.tretipol.cz

Časopis pro studenty o vědě a technice / Zdarma



**ČESKÝ PODÍL NA PRVNÍM
FÚZNÍM REAKTORU**

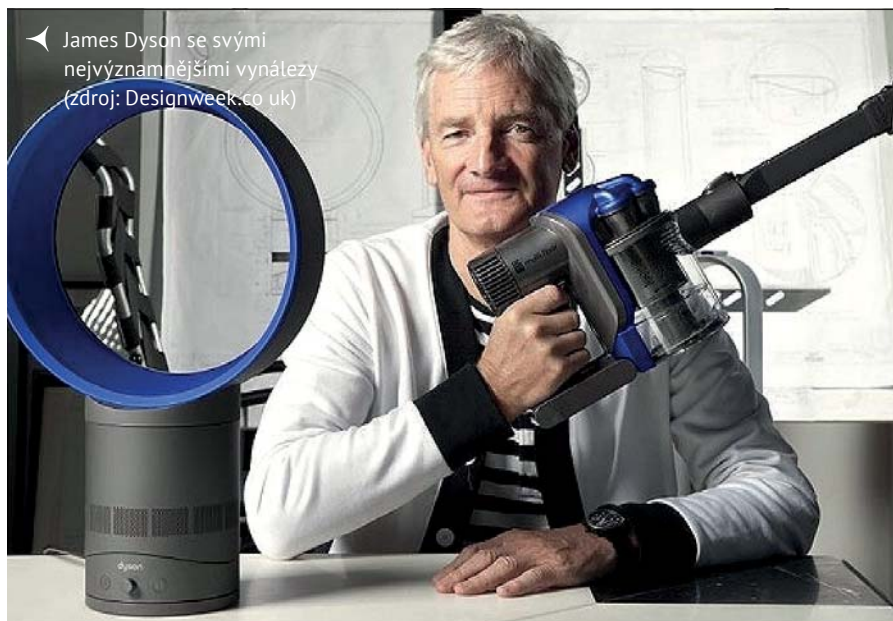
**NEJÚSPĚŠNĚJŠÍ VYNÁLEZCE
SOUČASNOSTI**

JAK SE LÉTÁ HLAVOU DOLŮ

**OSTROV ODKUD PŘIŠEL
TYCHO BRAHE**



NADACE ČEZ



Ti, co něco dokázali

Slovo úvodem

„Já jsem nikdy nepracoval,“ řekl nedávno Reinhold Messner. „Já jsem celý život dělal jen to, co mne bavilo.“ Pokud vás výrok pana Messnera pohoršil, asi nevíte, kdo to je. Je to možná nejslavnější žijící horolezec – zdolal jako první všech 14 osmitisícovek, jako první zdolal Mount Everest bez použití kyslíkového přístroje a jako první provedl na Mount Everestu kompletní sólový výstup bez lan. Prošel napříč Antarktidou, Grónskem, pouštěmi Taklamakan a Gobi, napsal mnoho desítek knih, založil 6 muzeí věnovaných horám. Pracoval jako učitel matematiky, horský vůdce, poslanec Evropského parlamentu. Ano, pracoval, a vždy dělal to, co ho baví. V podzimním čísle Třípólu si čtete o těch, kteří dosáhli úspěchu v různých oblastech – tvrdou prací, která je nesmírně bavila či baví. A v tom je klíč k úspěchu – protože to, co nás baví, děláme dobře.

Marie Magdaléna Dufková
šéfredaktorka

Soutěž

Na naši minulou soutěžní otázku po počtu jaderných reaktorů v České republice odpověděla správně Věra Koudelková z Prahy. Je jich devět: čtyři v EDU, dva v ETE, dva v Řeži a jeden na JFJI v Praze. Historicky jich bylo dokonce deset – v Plzni ve Vochově býval také jeden experimentální reaktor ŠR-0, ale jen od roku 1970 do roku 1989. Výherkyni gratulujeme a posíláme slíbenou odměnu.

Nová soutěžní otázka: Zkuste odhadnout, při jaké činnosti jsme nejvíce vystaveni ionizujícímu záření. Je to roční pobyt v blízkosti jaderné elektrárny za normálního provozu, roční pobyt v budovách postavených z betonu, jednorázové rentgenové vyšetření plic, nebo pětihodinový let letadlem ve výšce 10 000 m?

Odpovědi posílejte na tretipol@volny.cz. Na autora správné odpovědi, který nám napíše jako první, čeká jako vždy odměna.

(red)

Obsah

- 3 Za vaše letní opálení se nezasloužilo jen Slunce
- 3 Nebe je hustý!
- 4 „Karma“ Karla Macháčka
- 5 Cikorka Františka Vydry
- 6 James Dyson, nejúspěšnější vynálezce současnosti
- 8 Ostrov, odkud přišel Tycho Brahe
- 10 Jak se létá hlavou dolů?
- 12 Český podíl na prvním fúzním reaktoru
- 14 Jak dostat lidi na Mars a jak jim pěstovat jídlo
- 16 Svět energie
- 17 Jak v Číčově funguje bioplynka
- 18 Cena Nadace ČEZ: Jak optimalizovat energetickou bilanci bioplynové stanice; Rodinný dům jako uzel ve Smart Grid
- 20 Superbublifik

3/2016

TŘÍPÓL Časopis pro studenty o vědě a technice. Součást vzdělávacího programu Svět energie pro ČEZ, a. s. Vydává: Simopt, s.r.o., Tábor.

ISSN 2464-7888

Redakční rada: Šárka Beránková, Doc. Jan Obdržálek, Marina Hužvárová, Jan Píšala, Edita Bromová, Ing. Michael Sovadina, Šéfredaktorka: Marie Magdaléna Dufková

Redaktor: Michael Pompe

Grafická úprava a sazba: Simopt, s.r.o.

Kopírování a šíření pro účely vzdělávání dovoleno. Za správnost příspěvků ručí autoři. Kontakt: tretipol@volny.cz, +420 602 769 802, www.tretipol.cz



Za vaše letní opálení se nezasloužilo jen Slunce

Každou sekundu bombarduje každý čtvereční metr na Zemi 10 miliard fotonů, které nepocházejí ze Slunce, ale z extragalaktických hlubin vesmíru. Pokud jste se v létě do hněda opálili, vězte, že z 0,000000001 % vás opálily zdroje ležící mimo Mléčnou dráhu. Těchto deset miliard fotonů představuje jen deset triliontin celkového množství částic, které zasáhnou za vteřinu čtvereční metr planety. Většina, samozřejmě, pochází ze Slunce.

(Foto zdroj Shutterstock)

Nebe je hustý!

Marie Dufková

Když zvedneme hlavu a podíváme se na nebe, uvidíme Slunce, mraky, měsíc, hvězdy – a téměř vždy také nějaké letadlo. V silniční zácpě si mnohdy stěžujeme, jak ta doprava neúnosně houstne, a jak to je nebezpečné. Zamysleli jsme se někdy nad tím, jak houstne doprava nad našimi hlavami? Ti, co rádi brousí internetem a všelijakými chytrými aplikacemi, si to mohou vychutnat na www.flightradar24.com a Flightradar24 apps. S vybraným letem dokonce můžete „letět on-line“ a vychutnávat si simulovaný pohled z pilotní kabiny nebo pohled na letadlo posouvající se nad krajinou (volba 3D).

Flightradar24 je sledovač živé letecké dopravy po celém světě. Kombinuje data z různých zdrojů spolu s daty letových řádů, letišť a leteckých společností a vytváří tak unikátní pohled na letecký provoz. Jak funguje?

ADS-B

Základní technologie, pomocí které Flightradar24 získává informace o letech, se jmenuje automatic dependent surveillance-broadcast (ADS-B). Funguje takto:

1. Letadlo získá informaci o své poloze z GPS (ze satelitu).
2. Palubní ADS-B transpondér, zařízení pro přijímání radiových signálů a automatické vysílání jiných signálů, vyšle signál o svém umístění (plus další informace).
3. ADS-B signál zachytí přijímač připojený k systému Flightradar24.
4. Přijímač uloží data do Flightradar24.
5. Data se zobrazí na www.flightradar24.com a v aplikaci Flightradar24 apps.

Flightradar24 má po celém světě síť více než 8 000 ADS-B přijímačů. Používá vyso-

kou frekvenci (1 090 MHz), takže pokrytí jednoho přijímače je limitováno na okruh (bublinu) 250–450 km (150–250 mil). Čím dále je letadlo od přijímače, tím výše musí být, aby jej přijímač zachytil.

Odhady

Když se letadlo dostane z dosahu užívaných systémů, udržuje Flightradar24 odhadovanou pozici letadla dvě hodiny, pokud je známa jeho destinace. Pro letadlo s neznámou destinací odhaduje polohu jen 10 minut. Poloha se vypočítává podle mnoha parametrů a většinou je docela přesná. V případě dlouhých letů však může být chyba odhadu až 100 km. V nastaveních programu na webstránce si můžete nastavit, jak dlouho chcete mít odhadovanou polohu letadla na mapě.

Z bezpečnostních nebo soukromých důvodů jsou informace o některých letech či letadlech zablokovány. Mapa by tedy byla ve skutečnosti daleko hustší!

Flightradar24 závisí na práci dobrovolníků po celém světě. Máte-li i vy zájem se podílet, informace jak získat přijímací zařízení a jak spolupracovat najdete zde: www.flightradar24.com. ■

➤ Budovy firmy Karma tak, jak vypadaly ve 40. letech 20. století a Karel Macháček (zdroj firma Karma Český Brod a.s.)



„Karma“ Karla Macháčka

Bohumil Tesařík



Při vyslovení jména Karel Macháček se snad jen zasvěceným plynárenským odborníkům vybaví logo Karma a s ním spojená osobnost úspěšného podnikatele a vynálezce první poloviny minulého století. Zato mnozí si dodnes pamatují, že do koupelen českých domácností jsme si desítky let pořizovali i v éře reálného socialismu právě karmy. Pojem „karma“ je dnes již jen zobecněným hovorovým označením průtokového plynového ohřívače vody a název znovuzrozené akciové společnosti Karma, tradičního českého výrobce širokého sortimentu kuchyňských spotřebičů, plynového vytápění, klimatizací a ohřevu vody. Víme, kdo byl nositelem názvu, který přežil až do dnešních dnů?

O soukromém životě osvětleného průmyslníka, úzce spjatého s historií plynárenství, topenářství a energetiky u nás, toho bohužel víme až neuvěřitelně málo. Narodil se 27. ledna 1874 ve východočeské obci Bědovice a zemřel neznámo kde a kdy. Mimo zjištění z publikace spisovatelky S. Jarolímkové o životě ve staré Praze, že náš protagonista údajně nejraději pojídal zapečené štouchané brambory, musíme vzít za vděk poznatkům z profilu firmy Karma Český Brod a.s.

Podnikavý mladík

Na počátku 20. století nebyl u nás žádný tuzemský výrobce plynových spotřebičů pro domácnosti. Toto zboží k nám dodávaly zahraniční firmy – především Siemens a Junkers. Zatímco ve Vídni a Budapešti bylo již používání plynu pro vaření

a přípravu teplé vody poměrně rozšířené a plynárenství bylo na vzestupu, v Praze nastal v této oblasti útlum. Způsobil jej především nástup elektřiny, která začala vytlačovat plyn z osvětlení ulic a bytů. Zároveň však začala v té době v Praze probíhat nebývalá stavební aktivita. Celé ulice a bloky nových domů v předměstských obcích na obou březích Vltavy rostly jako houby po dešti. V bytech se plynovody zřizovaly ne již ke svícení, nýbrž k vaření a pečení, k ohřevu vody a postupně také k vytápění. Tyto změny správně vystihl a pochopil mladý podnikavý muž, který věděl, že půlmilionová Praha nemůže bez výroby a opravy plynových spotřebičů dlouho existovat. Založil proto v roce 1910 ve Vysočanech továrnu, první svého druhu v Čechách, ve které začal tento sortiment vyrábět.

Učil se u Siemense

Tímto mladíkem nebyl nikdo jiný než právě Karel Macháček. Měl na svou dobu velmi dobré teoretické znalosti z oblasti konstrukce plynových spotřebičů. Po absolvování odborné průmyslové školy v Drážďanech nabyl svých dalších technických a hlavně praktických zkušeností ve výrobních plynových spotřebičů v cizině, zejména u berlínské firmy Siemens. Ve své továrně, kterou v roce 1915 přenesl do Libně, začal vyrábět kvalitní spotřebiče. Postupoval od vařidel a žehliček k plynovým sporákům, reflektorovým kamnům a k plechovým a litinovým radiátorům, od stojatých válcových koupelňových ohřívačů ke známým nástěnným plochým průtokovým ohřívačům nazývaným i v dnešní době „karma“. Vytvořil řadu dalších různých druhů plynových spotřebičů jako pražiče kávy, opékače topinek, ožehovače chlupů a peří, rozžehovače koksu a uhlí pro kotle ústředního topení, plynové rožně, udírenské rošty, cukrářské pece, opékače oplatek a jiné.

Vynalézal

Přihlásil celou řadu patentů, kterými vylepšil řešení plynových hořáků, uzavíracích kohoutů apod. Pravděpodobně nejvýznamnější patentovou přihláškou byla ta z 31. května 1929 č. P 3889-29, která přinesla řešení automatického otevírání přívodu plynu do hořáku průtokového ohřívače po otevření výtokového vodního uzávěru. Jedná se o známý, dodnes používaný princip využívající rozdílu tlaku vody vznikajícího před a za škrticím orgánem při průtoku vody a působícího pod a nad membránu automatického membránového ventilu.

Znovuzrození Karmy

V roce 1952 byla firma znárodněna. V období socialismu se jmenovala Okresní podnik místního průmyslu (OPMP) Český Brod. Po roce 1989 prožila továrna KARMA cosi jako znovuzrození a vrací se jí nyní vše dobré, co v minulosti vykonala. V roce 1991 byla založena akciová společnost Karma Český Brod, která má široký sortiment v oblasti kuchyňských spotřebičů, plynového vytápění, klimatizací a ohřevu vody. V sortimentu konvenčních plynových kamen je jedničkou na českém trhu a odbytiště jejich produktů se stále rozrůstá i v zahraničí. V poslední době se firma více specializuje na plynové krby – jak vestavné, tak volně stojící.

Karel Macháček by měl ze svých následovníků radost. ■

Čekanka obecná (*Cichorium intybus*) byla známá jako kulturní rostlina již ve starém Egyptě. Její blankytně modré květy (květní úbory se otevírají od července do září pouze ve slunečných dnech dopoledne) lidé v minulosti přirovnávali k očím dívky, která čeká příchod svého milého z vojny; tak pravděpodobně vznikl český název této byliny.

Čekankový kořen obsahuje mimo jiné také polysacharid inulin, který má léčivé účinky při mnoha zdravotních potížích spojených se zánětem močových cest, tvorbou žlučových kamenů, zácpou nebo nechutenstvím. Chuťově je sladký, ale živočišný organismus jej neumí využívat a ve střevě se chová jako rozpustná vláknina. Má tzv. prebiotický efekt, takže pozitivně podporuje tvorbu střevní mikroflóry. ■



✦ Dnešní kávovinové náhražky nebo směsi obvykle stále obsahují cikorku (foto Marie Dufková)

Cikorka Františka Vydry

Bohumil Tesařík

Překotný zrod podnikatelské vrstvy ve druhé polovině 19. století byl obdobím, kdy se lidé obdaření nezbytnou dravostí a příslušnou dávkou štěstí mohli vypracovat od nuly na boháče snadněji než kdy jindy. Mezi úspěšné podnikatele patří český výzkumník František Vydra, který v roce 1895 zavedl v Dobrovízi u Prahy výrobu cikorky.



✦ Podnikatel František Vydra (zdroj Wikimedia Commons)

Cikorka bez kofeinu

Cikorka je pražený drcený kořen čekanky obecné, používaný obvykle s několika dalšími přísadami jako náhražka pravé kávy. Na rozdíl od ní však neobsahuje kofein, a tudíž je vhodná i pro děti a kojící matky. Barva i aroma jsou kávové. Cikorka byla velmi oblíbená v dobách kávových krizí, především během napoleonských válek počátkem 19. století a obou světových válek ve 20. století. V Evropě ji známe již od konce 17. století, kdy ji začali připravovat Holanďané (1690).

První česká továrna na zpracování kořene čekanky byla založena v roce 1804 v Mochtině na Klatovsku. Zakladatelem továrny byl bývalý pruský rotmistr Vilém Gunter z Hildesheimu. Kromě čekankového kořene používal k výrobě umělé kávoviny také cukrovku a obilí. Všechny přírodní ingredience nejprve upražil (čekanku a řepu při teplotě nad 100 °C a obilniny nad 200 °C) a poté rozemlel. S velkým úspěchem se setkala i mo-

chtínská fíková káva, oceněná v letech 1874–1875 na tuzemských i zahraničních výstavách.

Popularita cikorky v českých zemích

Vlastní nápoj se připravuje vespáním směsí do vroucí vody a přecezením. Libovolně jej bylo možné dochutit, nejčastěji mlékem a cukrem, ale také šlehačkou, mletou skořicí, kostičkou čokolády apod. Oslazená cikorka s mlékem se stala základem tradiční snídaně našich předků.

Od piva k Vydrově cikorce

V oblasti výroby cikorky se u nás proslavil dnes již téměř zapomenutý podnikatel František Vydra. Pocházel z rolnické rodiny ve Vráži v jižních Čechách, kde se narodil 20. dubna 1869. Vystudoval pražskou vyšší školu pivovarskou a v roce 1893 získal pivovar ve vesnici Dobrovízi u Prahy. Výrobu piva však ukončil, podnik v roce 1895 přestavěl a zavedl zde perspektivní výrobu cikorky.

V časech největší prosperity v rozmezí let 1909 až 1912 zaměstnávala Vydrova továrna na poživatiny 250 i 300 dělníků, obsluhujících stroje o výkonu až 100 hp. Provoz výrazně omezila první světová válka z důvodu nedostatku surovin. Zpočátku vyráběl činnorodý podnikatel pouze kávovinu (náhražku kávy, nejčastěji připravovanou pražením různých obilných zrn), později rozšířil sortiment i na další produkty: šumicí bonbóny, polévkové konzervy, ovocné šťávy, oplatky, prášky do pečiva, dětskou moučku aj.

V průběhu války a po ní prováděl pokusy s karamelizací sladu k výrobě tmavých pív. Snažil se odstranit hořké a trpké látky. Výsledkem jeho úsilí byl sladový preparát Maltorin, který prošel testováním v laboratorním měřítku i v pivovarské praxi. Patentován doma i v zahraničí však byl až po předčasné Vydrově smrti. Zemřel ve věku pouhých 52 let 29. září 1921. ■

- Třicet let trvalo Dysonovi a jeho spolupracovníkům než dotáhli vývoj bezsáčkových vysavačů k technologii Cinetic™ s 54 nejmenšími a nejvýkonnějšími cyklony s vibrujícími špičkami (zdroj: Dyson Inc.)



James Dyson, nejúspěšnější vynálezce současnosti

Jan Tůma

V Třípólu jsme už představili dlouhou řadu objevitelů a vynálezců z nejrůznějších oborů vědy a techniky, jejichž jména nacházíme v historických encyklopediích. Jedním z těch, kteří do nich ale teprve vstupují, je britský vynálezce a průmyslník, Sir James Dyson (nar. 1947). Na jeho jméno a na jeho firmy je zatím registrováno 1600 patentů na téměř 400 vynálezech, z nichž některé každodenně používáme. Vděčíme mu například za bezsáčkové vysavače, hygienické osušovače rukou na toaletách a nejnověji i za tiché bezlopatkové ventilátory. Dyson v nich využil fyzikální principy objevené svými předchůdci, na rozdíl od nich je ale dokázal sám prosadit do výroby, kterou rozběhl v globálním měřítku.



- Průhled koule Dyson Ball™, umožňující vysavačům této značky snadné manévrování (zdroj: Dyson Inc.)

Od zahradního kolečka k revolučním vysavačům

James Dyson se proslavil už jako student techniky na britské Royal College of Art, když roku 1970 v televizi BBC předvedl kutilsky zhotovené zahradní kolečko, jehož přední kolo nahradil dutou koulí skrývající uvnitř bateriový elektropohon. Prakticky se ale tento vynález uplatnil až u jeho dnešních podlahových vysavačů s pojezdovou koulí „Dyson Ball“, díky které se s přístroji snadněji manévruje. Svůj pravděpodobně nejvýznamnější revoluční vynález – bezsáčkový vysavač G-Force – představil světu roku 1983. Deset let ale musel bojovat s výrobcí klasických vysavačů a zejména náhradních sáčků, než vysavače s cyklonovými odlučovači prachu prosadil nejprve doma v Británii, potom v USA a Japonsku, a dnes už po celém světě. S vypůjčenými penězi v roce 1993 vybudoval v britském Malbury moderní továrnu a vlastní výzkumné a vývojové středisko, v němž dnes zaměstnává 1 600 inženýrů a techniků.

Převratná konstrukce praček neuspěla, rychlosušič rukou ano

Neúnavný vynálezce se krátce předtím pokusil prosadit nový typ praček ContraRotator, vybavený nikoliv jedním, ale dvěma bubny otáčejícími se proti sobě, což mělo zrychlit praní prádla. Vzhledem k silné konkurenci na trhu však o poměrně drahou exkluzivní pračku nebyl zájem, a výrobu musel zastavit. Ztrátu rychle v roce 2006 nahradil patentem hygienického rychlosušiče rukou Dyson Airblade pro hotely nebo restaurace po celém světě. Vložené ruce pokropí a osuší proudem vzduchu o rychlosti 700 km/h, což umožňuje dmychadlo, poháněné miniaturním reluktančním elektromotorem bez měděného vinutí. Ten dokáže až 110 000 otáček za minutu, a patří k nejdůležitějším Dysonovým vynálezům vůbec. ➤



Čtyři modely bezlopatkových ventilátorů Dyson Air Multiplier na výstavě CES 2016 v Las Vegas (zdroj: CES 2016)

James Dyson se svými nejvýznamnějšími vynálezy – vlevo bezlopatkový ventilátor Air Multiplier, vpravo s ručním vysavačem s technologií Radial Roof (zdroj: Designweek.co.uk)

Ventilátory bez vrtulí a lopatek

Nejmladším přírůstkem do rodiny vynálezů z dílny Jamese Dysona jsou domácí ventilátory Air Multiplier, které se obejdou, ač to laikům připadá neuvěřitelné, bez otáčejícího se lopatkového kola nebo vrtule. V podstavci ventilátoru s tvarem prstence nebo elipsy je skryt mikromotorem poháněný rotor velikosti tenisového míčku, který pláštěm stojanu nasává vzduch přes tlumič zvuku pracující na principu Helmholtzova dutinového rezonátoru, a poté ho vytlačuje úzkou mezerou po obvodu prstence nebo oválu tak, aby využitím Coandova jevu strhával až patnáctinásobek okolního vzduchu do nasměrovaného proudu. Do obchodů právě přichází již osmý model těchto téměř bezhlučných ventilátorů, které mohou běžet i v domácnostech se zvědavými dětmi bez dohledu rodičů...

Dysonovy vysavače

Poslední modely podlahových, ručních i robotických bezsáčkových vysavačů od Dysona jsou vybaveny sadou až 54 malíčkových, nicméně mimořádně výkonných cyklonových odlučovačů s oscilujícími koncovkami. Na zrnka prachu ve vzdušném cyklonovém víru působí až stotisícnásobné přetížení, takže i nejmenší částice se bezpečně oddělují a vysavače se obejdou bez filtrů, které bylo u klasických vysavačů nutné práť nebo vyměňovat.



„Dyson Award“ pro nejnadanější

James Dyson je členem Britské královské inženýrské akademie, rytířem Britského Impéria a děkanem Britské královské akademie umění. Finančně podporuje vědecké, umělecké a vzdělávací i charitativní akce. Nadace Jamese Dysona pomáhá zejména absolventům oborů průmyslového návrhářství a inženýrství. Každoročně udílený „Dyson Award“ získávají nadaní jednotlivci i kolektivy v několika kategoriích nejen z Británie, ale z ce-

lého světa. K zájmu o technické obory mají přivést mladé lidi i tzv. vzdělávací balíčky s pomůckami a rozebíracími modely, které Dysonova nadace zapůjčuje nebo bezplatně rozdává školám. ■



- Historická mapa ostrova z doby, kdy na něm žil Tycho Brahe. Zvýrazněn je systém vodních nádrží a jejich zdrojů a umístění mlýna, papírny a tiskárny na břehu průlivu Ōresund (modře) a lokality se dvěma observatořemi ve středu ostrova (červeně). (zdroj Tycho Brahe museum, Ven, z free nabídky pro tisk www.tychobrahe.com)



- Replika observatoře Stjernberg (foto Bretislav Koč)

Ostrov, odkud přišel Tycho Brahe

Břetislav Koč

O tom, že Tycho Brahe (původním jménem Tyge Ottesen Brahe) přišel do Prahy pokračovat ve svých astronomických pozorováních na dvoře císaře Rudolfa II., se v Česku víceméně ví. I když – ruku na srdce – má na tom nejspíš velký podíl pamětnický a diváky znovu a znovu vděčně přijímaný film Císařův pekař a pekařův císař s nezapomenutelnou dvojrolí Jana Wericha. Díky za něj!

Tycho Brahe se narodil 14. prosince 1546 v jižním Švédsku, které tehdy bylo součástí Dánského království. V jeho životopisech se uvádí, že během prvních třiceti let života pozoroval částečné zatmění Slunce (1560), zatmění Měsíce (1566) i výbuch supernovy (1572). Studia absolvoval v Dánsku, Švédsku a Německu. Roku 1576 mu dánský král Frederik II. daroval ostrov Hven, kde Tycho Brahe postavil své observatoře a dvacet let tam prováděl svá pozorování. Roku 1577 pozoroval na Hvenu i kometu. Po smrti Frederika II. (1597) už Brahe ztratil podporu královského dvora (a pokladny) a své bádání i přístroje přesunul do Německa a pak do Čech.

V Praze na pozvání císaře

Do Prahy přijel Tycho Brahe na pozvání císaře Rudolfa II. a na zámku v Benátkách nad Jizerou začal v roce 1599 stavět

observatoř. V Praze postupně pobýval na Pohořelci a na Novém Světě. Roku 1601 Tycho Brahe umírá. Spekuluje se o otravě rtutí, o které svědčí zkoumání jeho ostatků, uložených v Týnském chrámu v Praze. Zda šlo o úmyslnou otravu nebo následek pobytu mezi alchymisty, kteří právě se rtutí často zacházeli, popř. o důsledek účinku některých dobových léčivých mastí, lze jen spekulovat. Svě pozorovací deníky předal Brahe Keplerovi, kterému záznamy pomohly při formulaci zákonů o pohybu planet.

Za památkami na astronoma:

lodi, pěšky, na kole, elektrovozíkem...

Místo, odkud Tycho Brahe do Prahy přišel, už tak známé není. Tycho Brahe byl Dán a jeho domácí observatoř ležela na malém ostrůvku Ven v průlivu Ōresund mezi Dánskem a Švédskem. Tehdy ještě ostrov (i celé jižní Švédsko) patřil Dánsku a jeho



- Expozice muzea v bývalém kostele (foto Bretislav Koč)

jméno bylo Hven. Rozměry ostrůvku jsou skromné – nejvzdálenější body dělí 4,5 km, šířka je menší než 3 km, pobřeží je dlouhé 11,7 km a nejvyšší bod leží v nadmořské výšce 45 metrů. Celková rozloha ostrova je 7,6 km². Ostrůvek má méně než 400 trvalých obyvatel. Díky památkám na slavného hvězdáře je však turisticky velmi frekventovaným cílem. Na ostrůvek je možné připlout malými trajekty. Delší trasa vede přímo z Kodaně, kratší několikrát denně pendlující linka spojuje Ven se švédským městem Landskrona. ■

Kde vládnu žlutá kola

Auta tu nejsou vítána, a vlastně jsou tu zbytečná. Z přístavu stoupá mírnou serpentinou silnička k „náhorní plošině“ ve výšce kolem čtyřiceti metrů nad mořem. Nad zlomem stoupání je půjčovna kol. Stovky jasné žlutých kol mají svá očíslovaná stanoviště, jsou tu obyčejná kola v dámském i pánském provedení, dvojkola, tříkolky, dětská kola, kola s dětskou sedačkou nebo přívěsným vozíkem, všechna pěkně očíslovaná a každé má své místo.

Na ostrůvku jsou dvě silničky s jednou křižovatkou, dohromady kolem 10 km. A k tomu okružní cyklostezka, takže celkem asi 30 km sjízdných pro kola. Kdyby jich v sezóně byla v akci jen polovina, musí tu vzniknout cyklokalamita. Lze si půjčit i elektrokola, nebo golfové elektrovozíky; těch využívají především senioři. V turistické sezóně obstarává linku mezi přístavem a středem ostrůvku i povoz tažený párem koní. Před několika roky tu místní dopravě sloužil i traktor Zetor s vlečkou, upravenou pro osobní dopravu. A mírný terén láká i k pěším túrám, nebo spíš pohodovým vycházkám.

Hádka Koperníka s Brahem v jedné ze dvou observatoří

Památky vztahující se na pobyt nejslavnějšího ostrovana jsou soustředěny v centru ostrova Ven, na místě, kde měl Tycho Brahe své pozorovatelný. Areál muzea má tři části: expozici o hvězdářově životě a díle v bývalém kostele, kde jsou kromě jiného vystaveny i repliky jeho astronomických přístrojů, repliku badatelný Stjernborg a mezi nimi venkovní expozici v podobě středověké zahrady. V ní stojí i sám astronom, vytesaný z kamene, s hlavou zakloněnou a pohledem zaměřeným ke hvězdám. Možná se směr pohledu občas protne i s dráhou Měsíce, na němž nese jeden z kráterů jeho jméno – Tycho.

Tycho Brahe postavil na ostrově dvě badatelný. Začínal v mohutném objektu, pojmenovaném Uraniborg. Tam však byla jeho pozorování ovlivňována chvěním stavby. Proto postavil novou, o něco skromnější, ale zčásti podzemní a na pevném podloží založenou stavbu. Její replika postavená podle kresby původního objektu je nyní místem atraktivního asi dvacetiminutového představení. To začíná v úplné tmě, nad hlavami návštěvníků se pak rozsvítí kruhová obrazovka s noční oblohou, posetou hvězdami, a odněkud z hlubin historie se začne ozývat dialog. Místy spíš hádka, občas i náznaky výsměchu. Jejimi aktéry jsou Tycho Brahe a Mikuláš Koperník. Jejich fiktivní hádka (Brahe se s Koperníkem setkat nemohl, Koperník zemřel tři roky před narozením Tycha Brahe) vychází z rozdílných názorů



Tycho Brahe v Čechách

Základní data o pobytu Tycho Brahe v Čechách jsou obsažena v jeho životopisu. V Čechách má nejen hrob, ale zájemce o jeho osobnost lákají i některé další památky na jeho pobyt a činnost u nás. V Týnském chrámu v Praze je často reprodukován náhrobek, před gymnáziem J. Keplera v Praze-Pohořelci společný pomník se spolupracovníkem a následníkem Johannem Keplerem. V Benátkách nad Jizerou je stálou součástí prohlídkového okruhu zámku samostatná expozice věhlasného hvězdáře. V Praze na Hradčanech je na domě č. 76 v ulici Nový Svět umístěna pamětní deska připomínající zdejší pobyt astronoma s tímto textem:

„Léta Páně MDCCCCI zasazena jest na tomto domě zvaném od starodávna „U zlatého noha“ nákladem obce Pražské pamětní deska ku počtě slavného Dána Tychona Braheho, císařského matematika a hvězdáře, který léta MDC v tomto domě přebýval a XXIV. října MDCI v nedalekém odtud domě, jenž stával druhdy na místě nynějšího paláce Černínského, zemřel a byl pochován v chrámu Matky Boží před Týnem“.

◀ Dvojportrét slavného astronoma vítá návštěvníky muzea na ostrově Ven (zdroj Tycho Brahe museum, Ven, z free nabídky pro tisk www.tychobrahe.com)

obou astronomů na princip sluneční soustavy a pohyby jejích objektů. Koperník definoval principy heliocentrické soustavy s oběhem planet kolem Slunce, Brahe zastával „kompromisní“ teorii, že sice všechny planety obíhají kolem Slunce, avšak Slunce samo obíhá kolem Země, která je středem vesmíru. Představení je provázáno nasvěčováním replik astronomických přístrojů. Instalace přechází ze tří rozměrů do „2D“ podoby na temnou plochu pozadí.

Sám si tiskl

Na ostrově Ven se Tycho Brahe dokonce zabydlel. Sestrojil několik přístrojů k pozorování noční oblohy. Aby svá bádání dotáhl až ke kýženému a dodnes ve vědeckém světě platnému přikázání „Publikuj!“, nechal své knihy přímo na ostrově i tisknout. K tomu potřeboval papír, a tak k tiskařské manufaktuře přidal ruční výrobu papíru. Pro výrobu nezbytné drti k výrobě papíru postavil mlýn. K pohonu mlýna vybudoval v jižní části ostrova sou-

stavu malých i tří větších nádrží a rybníků pod dvěma prameništi. Po těchto industriálních objektech ležících na západním pobřeží však nic nezbylo.

Do přístavu naučnou hvězdnou stezkou

Trasa od muzea zpět k přístavu je současně cestou napříč celou sluneční soustavou. Zastávky této vesmírné naučné stezky tvoří informační objekty, vzdálené od sebe úměrně vzdálenostem příslušných planet od Slunce; to symbolizuje kovová instalace v centru ostrova u muzea a objektů, kde stávaly observatoře slavného hvězdáře. A proč stezka do hlubin naší sluneční soustavy končí Saturnem? Důvod je prostý – ty nejvzdálenější planety se na ostrůvku právě pro své vzdálenosti od Slunce už nevešly. Uran a Neptun by měly v tomto měřítku své místo někde na dně průlivu mezi ostrovem a švédskou Landskronou, bývalá planeta Pluto (nyní jen planetka) má svou pozici vyznačenou až na pevnině, u osady Borstahausen, severně od Landskrony. ■



◀ Takhle to vidí David při letu hlavou dolů
(foto archiv Davida Beneše)

Jak se létá hlavou dolů?

(red)

Jaké je to být pilotem akrobatického speciálu nám přiblíží dvojnásobný mistr České republiky v akrobacii, air-show pilot, člen národního týmu reprezentace v bezmotorové akrobacii Aeroklubu České republiky, letecký akrobat David Beneš. Jeho život vzhůru nohama za kniplem kluzáku mu v kategorii akrobacie kluzáků v roce 2015 přinesl stříbrnou medaili v týmových výsledcích a ve světové špičce dvanácté místo.

◀ Svět vzhůru nohama
(foto archiv Davida Beneše)



Co obnáší letecká akrobacie?

Je to extrémní sport, kdy se piloti snaží o velmi přesné pohyby v trojrozměrném prostoru při rychlostech kolem 300 km/hod., a to současně za působení velkých a měnících se přetížení.

Letecká akrobacie patří mezi sportovní disciplíny, které vyžadují dokonalou souhru fyzických a psychických vlastností pilota. Pilot akrobatického kluzáku navíc musí kalkulovat s výškou i prostorem, nemá možnost opravovat své chyby přidáním tahu motoru. O to je létání s akrobatickým kluzákem těžší.

Jak probíhá let na akrobatické soutěži?

Bezmotorová akrobacie je druh sportovní disciplíny, při níž akrobatický pilot s akrobatickým letadlem provádí předem stanovené obraty za účelem dosažení co nejvyššího počtu bodů za přesnost jejich provedení.

Akrobatické závody probíhají v několika kategoriích, mezi čtyři hlavní patří – sportsman, intermediate, advanced a unlimited.

Na soutěžích se létají sestavy složené z akrobatických prvků. Jsou to sestavy povinné, tajné a volné. Piloti poměřují

své síly v pomyslném akrobatickém boxu, který je dán čtvercem o rozměru kilometr krát kilometr. Během soutěžního letu rozhodčí hodnotí např. dodržení směru letu, přesnost a čistotu provedení jednotlivých prvků, dodržení spodního výškového limitu, harmonie, elegantnost a mnoho dalších kritérií.

Letecká akrobacie patří mezi nebezpečné sporty, čeho se při letu nejvíce obáváte?

Akrobacie se právem považuje za královnu leteckých sportů a tento krásný a náročný sport s sebou samozřejmě nese i jistá rizika. A to zejména proto, že na pilota působí velké přetížení a je velmi zatěžována i samotná konstrukce letadla. Proto se akrobatická letadla konstruují z vysoce kvalitních materiálů a jejich akrobatický život je spočítán na určitý nálet hodin, po jehož dosažení akrobatická životnost končí a letadlo již nesmí létat.

Během akrobatického letu se pilot musí stoprocentně koncentrovat na řízení letadla, a proto na strach není čas. Tím nechci říct, že nemám respekt, ten mám každopádně velký.

■

- ✦ Akrobatický kluzák typu ASK-21
(foto archiv Davida Beneše)



- ✦ Cestou k zemi
(foto archiv Davida Beneše)



Více se o Davidovi můžete dozvědět na jeho stránkách www.benesdavid.cz

Jaké meteorologické podmínky musí být splněny pro létání akrobacie?

Akrobatický let na soutěži začíná ve výšce 1 250 m nad zemí, proto je nutné, aby spodní vertikální hranice oblačnosti byla vyšší, než je výška zahájení akrobacie. Dále je nutné dodržovat další meteorologická minima, která jsou dána leteckými předpisy, jako je například viditelnost. Další faktory, které let významně ovlivňují, jsou vítr a případné turbulence.

Jaké je základní řízení letadla?

U většiny sportovních a akrobatických letadel se k řízení letadla využívá mechanický systém ovládání kormidel. Pilot ovládá letadlo vychylováním řídicí páky a pedálů nožního řízení. Výchyly řídicí páky a pedálů se přes táhla nebo lanovým převodem přenášejí na samotná kormidla. Řídicí pákou se ovládá výškové kormidlo a křídélka. Výškové kormidlo je pohyblivá součást řídicích prvků letadla; je umístěno na zadní hraně vodorovných ocasních ploch.

Pomocí výškového kormidla ovládá pilot stoupání a klesání letadla (klopení), pomocí křidélek pak klonění letadla (náklon). Pedály směrového řízení ovládají

směrové kormidlo, které se používá při zatáčení. Řízení letadla při akrobacii je velice specifické zejména díky složité koordinaci kormidel, která dělá z akrobacie umění.

Jaká je cesta ke sportovnímu létání a jaká byla ta Vaše?

Možností je několik. Je možné začít létat v aeroklubu anebo v letecké škole, která nabízí pilotní výcvik. Letecký výcvik je možné zahájit s větroněm, s klasickým motorovým letadlem např. řady Cessna, Zlín pro získání osvědčení způsobilosti soukromého pilota letounů, s ultralehkým letadlem anebo se třeba stát pilotem vrtulníku. Zahájení výcviku vždy začíná teoretickou částí a až poté přijde praktický výcvik.

Mě osobně létání lákalo již v dětství. Mé letecké začátky začaly stavbou a létáním s modely letadel. Ve čtrnácti letech jsem zahájil svůj pilotní výcvik na větroních a později se stal sportovním plachtařem. Letecká akrobacie mě vždy lákala, proto jsem v roce 2012 začal s jejím výcvikem v leteckém klubu GAC (Glider Acrobatic Club) Benešov pod vedením Miloše Ramerta.

Jaké znalosti by měl mít sportovní pilot?

Měl by ovládat princip a mechaniku letu, leteckou meteorologii, navigaci, základy elektrotechniky a radiotechniky, letecké přístroje, letadla – konstrukce křídla, trupu, podvozků atd., letecké pohonné jednotky, základy letecké psychologie.

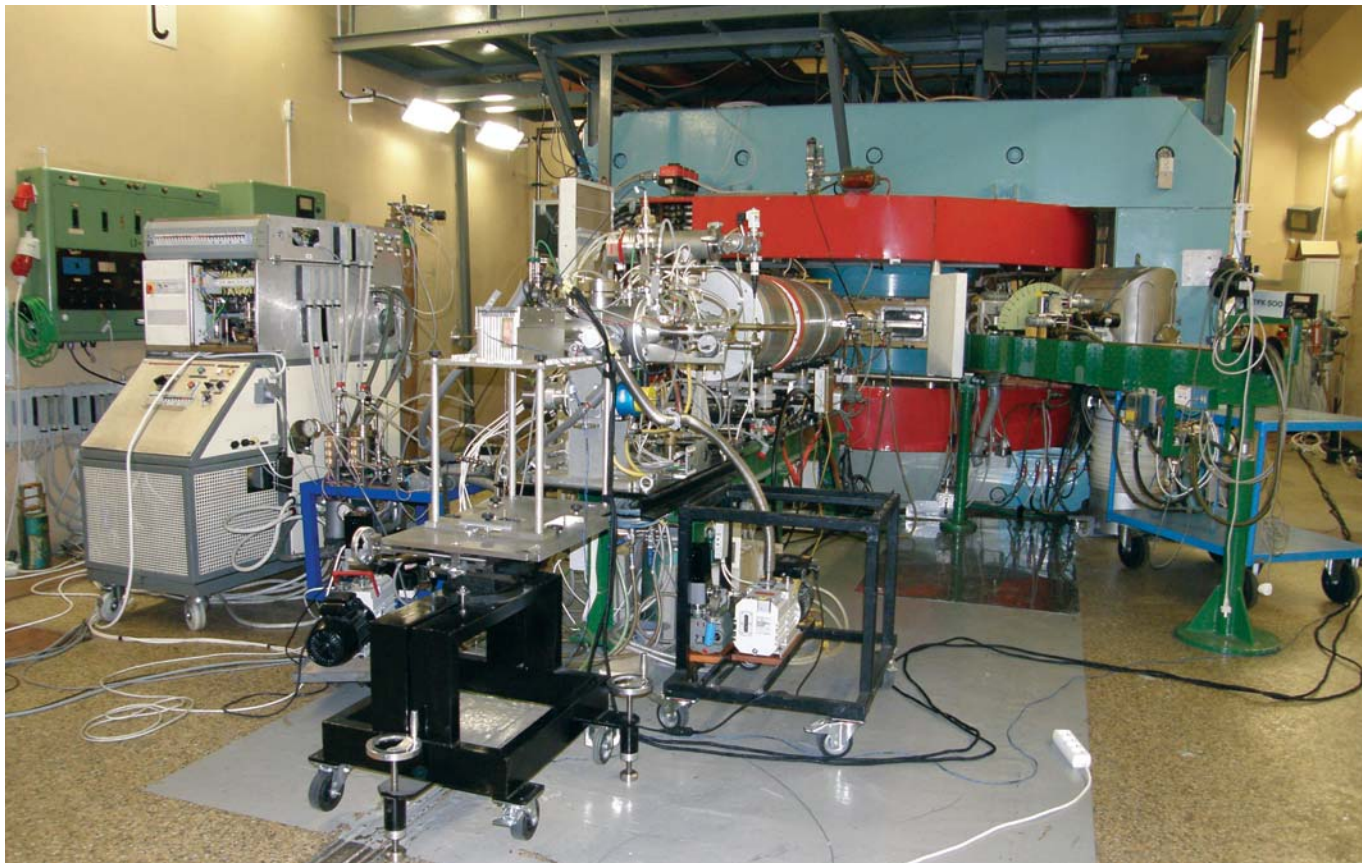
Pilotujete pouze kluzáky nebo i jiná letadla?

Létám i s motorovými letadly a rád bych se věnoval i motorové soutěžní akrobacii. Je to pro mne další milník, kterého bych časem rád dosáhl. Ale z finančních důvodů pro mě zatím není možné skloubit soutěžní bezmotorovou akrobacii s akrobacií motorovou.

Chtěl byste se živit létáním?

Uvidím, co život přinese. V současné době ještě studuji na vysoké škole se zaměřením na letectví a pracuji jako stážista Aero Vodochody AEROSPACE a.s., které je i mým partnerem.

Děkujeme za krásné přiblížení nejen fyzikálních aspektů akrobatického létání a přejeme mnoho dalších úspěchů! ■



Český podíl na prvním fúzním reaktoru

Milan Řípa

Česká republika se umí zviditelňovat důvtipem českých mozků a umem českých rukou. A zdaleka ne jen v souvislosti s tvarůžky a pivem: um a vyspělost společnosti se měří účastí na mezinárodních vědecko-technických projektech. Několik českých strojírenských a technologických firem se podílí i na největším pozemském projektu pro budoucnost energetiky – na stavbě mezinárodního termojaderného experimentálního reaktoru ITER v jižní Francii v Cadarache.

Centrum výzkumu Řež s.r.o., převzalo od mateřského ÚJV Řež, a. s., koordinaci činností českých firem v rámci skupiny Czech Industry for ITER: testování materiálů primární stěny obalu tokamaku ITER a vývojově-výzkumné práce na modulu TBM (Test Blanket Modul – testovací modul obalu).

Neutronové experimenty v Řeži

V roce 2004 byla zahájena konstrukce aktivní vnitroreaktorové sondy TW3 pro testování vzorků první stěny reaktoru ITER. Skupině vědců a techniků se pod vedením Tomáše Klabíka podařilo vyvinout reaktorovou sondu, která překonala

všechna ostatní podobná zařízení na světě. Sonda umožnila v aktivní zóně řežského jaderného reaktoru LVR-15 cyklicky ohřívat a ochlazovat vzorky první stěny reaktoru ITER a v letech 2010–2012 v rámci testů dosahovala při souběžném radiačním a neutronovém ozařování rekordních 17 000 teplotních cyklů. Jiná podobná zařízení nedosáhla ani poloviny.

Další řežský specialista, Ing. J. Kysela, prosadil do projektu experimentálního zařízení pro testování komponent fúzního reaktoru vysokým tepelným tokem výstavbu makety testovacího modulu blanketu (TBM) v měřítku 1 : 1 pro nácvik a testování dálkové manipu-

✦ Zdroj rychlých neutronů spojitého spektra s producentní reakcí $p+D_2O$ na cyklotronu Ústavu jaderné fyziky AV ČR, v. v. i. (zdroj Ústav jaderné fyziky AV ČR, v. v. i.)

lace s komponentami TBM a vybudování nové neutronové laboratoře se zdrojem fúzních neutronů 14 MeV. Neutronový zdroj generuje fúzní neutrony o energii 14 MeV vhodné pro měření smíšených polí neutronů a gama záření, typických pro fúzní reaktory, validaci, verifikaci a testování počítačových kódů a doplnění knihoven jaderných dat pro jadernou fúzi. S využitím cyklotronu Ústavu jaderné fyziky Akademie věd ČR, v. v. i., vznikly vysoce výkonné zdroje rychlých neutronů, které – jako jediné zařízení v rámci zemí EU – umožňují simulovat neutronová pole v budoucím testovacím zařízení. Fúzní neutrony se generují bombardováním tritiového terče jádru deuteria, které se urychlují v kompaktním lineárním urychlovači.

Ústav aplikované mechaniky Brno, s.r.o.

Tento brněnský ústav vyvíjí a zlepšuje metodiky pro predikci deformací velkých a složitých svařovaných konstrukčních celků. Především se jedná o svařování va-



➤ Dva quench-tanky pro kryohospodářství tokamaku ITER vyrobené firmou Chart Ferox Děčín (zdroj Chart Ferox, Děčín)

➤ Turbocirkulátor helia TC EFDA No.01 HeFUS (zdroj ATEKO a.s. Hradec Králové)

kuové nádoby reaktoru. Všechny metody se ověřují pomocí experimentálních měření. V souvislosti se stanovením napětí a deformací segmentů vakuové nádoby ITER provedl již ÚAM Brno v posledních osmi letech pro zahraniční zákazníky řadu zakázek.

Heliové turbocirkulátory z Hradce Králové

V letech 2009 až 2013 vyvinula, vyrobila a dodala firma ATEKO Hradec Králové pět souborů turbocirkulátorů, které jsou součástí okruhů pro transport tepla z fúzního zařízení ITER tlakovým heliem. Turbocirkulátory jsou i součástí testovacích okruhů pro řešení obdobných problémů štěpných reaktorů. Na pracovištích ENEA v Brasimone, KIT Karlsruhe a CEA Cadarache se úspěšně dlouhodobě testují jejich technické parametry a spolehlivost.

Turbocirkulátory umějí čerpat helium, které bude chladit některé ze šesti verzí TBM (Test Blanket Moduls – Zkušebních modulů obalu). TBM naplněné lithiem budou zavěšeny na vnitřní stěně vakuové komory ITER a budou studovat plození tritia ostřelováním lithia fúzními neutrony. Reakce lithia s neutrony je exotermická, teplota TBM bude nejméně 500 °C. Teplo se bude odvádět cirkulujícím tlakovým heliem uváděným do pohybu právě turbocirkulátory Ateka. Pracují při zkušebním tlaku 20 MPa a jejich lopatková kola se točí rychlostí až 78 000 otáček za minutu!

Obří kryptanky z Děčína

O bezesporu největší dodávku pro ITER, která překročila hranice České republiky, se postarala firma Chart Ferox z Děčína. Vyrobita dva z největších tanků, které tvoří část kryohospodářství tokamaku ITER; to je samo o sobě největší kryohospodářství na světě. Na výrobu obrovských kryoválců podepsala s Domácí evropskou agenturou (Domestic Agency F4E (Fusion for Europe)) smlouvu společnost Air Liquide. Každý válec má rozměry 35 × 4,5 m. Ze středomořského nákladního přístavu Fos-sur-Mer, který je součástí Marseille, ho poveze po upravených silnicích cca 100 km na stavební plochu tokamaku ITER v Cadarache zvláštní konvoj. Jednotlivé části největšího kryohospodářství na světě se rychlým tempem shromažďují v Cadarache poblíž trojice budov zvané Tokamak complex.

Kryptanky – „úschovna“ helia

Na výrobu obou nádrží, kterou v Děčíně zahájili v srpnu minulého roku a dokončili letos na jaře, dohlížely F4E a ITER International Organization. Zařízení ITER použije výkonné supravodivé magnety pro izolaci horkého plazmatu, jehož teplota dosáhne 150 miliónů stupňů. Nízkoteplotní supravodič funguje až při teplotě –269 °C. Může se stát, že supravodivé magnety mohou z nejrůznějších příčin náhle lokálně pozbyť supravodivosti. Nevyžádaný jev – skoková ztráta supravodivosti – se nazývá „quench“. Po ztrátě supravodivosti oka-

mžitě vzroste elektrický odpor a teplota vyskočí o 50 °C. Slabší magnetické pole pak nedokáže udržet plazma. Rostoucí teplota supravodiče ohřívá helium cirkulující v supravodičích. To zvětšuje svůj objem a je ho třeba ze systému odstranit. V tom okamžiku se role ujímají dva gigantické quench-tanky. Pokud se tekuté helium začne v důsledku zvýšené teploty vypařovat, plyn se směřuje do tanků, kde se skladuje při teplotě –196 °C.

Dvě nádrže jsou pro činnost kryogenického systému největšího fúzního zařízení a jeho zprovoznění klíčové. Jsou výsledkem hladké spolupráce mezi F4E a Air Liquide. A Češi jsou zase u toho!

Jaký je mezi českými firmami zájem o prestižní projekt ITER, je vidět i z toho, že 14. dubna 2016 se tradičního „Průmyslového dne (Industry Day, ID)“, pořádaného Ústavem fyziky plazmatu AV ČR, v. v. i., zúčastnilo na 30 účastníků z různých společností, včetně Centra výzkumu Řež, NUVIA a.s., Škody JS a.s., DEL a.s., Project-Soft HK a.s., SVÚM a.s. a MICO, spol. s r.o.

Fúzní výzkum v členských zemích koordinuje a spolufinancuje pomocí evropského grantu konsorcium EUROfusion. Členem konsorcia za Českou republiku je Ústav fyziky plazmatu AV ČR, v. v. i., CV Řež, vysoké školy Universita Karlova (MFF) a České vysoké učení technické (FJFI) se činnosti konsorcia účastní jako přidružené třetí strany. Tyto čtyři instituce také založily společnost Česká fúze (Czech Fusion Society). ■



➤ Mars Desert Research Station v Utahu, observatoř, laboratoř a skleník
(zdroj Creative Commons, Bandgirl807)

Jak dostat lidi na Mars a jak jim pěstovat jídlo

Marie Dufková

Americká NASA podpořila natočení filmu *Marťan*, který se objevil v kinech právě před rokem. Důvod: využít ho pro publicitu svého záměru poslat k Marsu po roce 2030 skutečnou lidskou posádku. Vysadit lidi na rudé planetě je jedním z dlouhodobých cílů NASA. Předchází mu robotické operace s rovery Opportunity a Curiosity a orbiter Mars Odyssey, Mars Reconnaissance Orbiter (MRO) a MAVEN (Mars Atmosphere and Volatile Evolution).

„Vývoj záměru lidské výpravy k Marsu začíná sbíráním vědeckých dat prostřednictvím těchto automatických výprav a bude pokračovat až k výpravě řízené lidmi,“ řekl Jim Green, ředitel divize planetární vědy NASA.

Příprava na ISS

NASA systematicky pracuje na několika souvisejících projektech, jejichž výsledky využije pro misi na Mars. Jedním z nich je celoroční pobyt na palubě stanice ISS. Obvykle tam posádka zůstává nejdéle pět až šest měsíců. Tentokrát astronauti Scott Kelly a Michail Korněnkov ověřovali od března 2015 do března 2016 fyziologickou a psychologickou odezvu lidského organismu na dlouhodobé odloučení od

Země. Navíc pěstovali na palubě ISS salát – a také ho jedli – jako součást experimentu nazvaného Vegetarián (Veggie). Cílem podobných projektů je učinit astronauty méně závislými na Zemi.

Orion a SLS

NASA dále vyvíjí modul Orion (podobný modulům mise Apollo) a megaraketu SLS (Space Launch System) pro dopravu astronautů do vzdálených destinací a zpět. Orion již v prosinci absolvoval, zatím bez posádky, první testovací let, SLS se chystá na první cestu v roce 2018.

Iontový motor

Technologický vývoj postupuje i v dalších oblastech. Je to např. vylepšování solárního

elektrického pohonného systému. Ten užívá sluneční energii na odtržení elektronů z molekul plynů tak, aby vypuzením takto vyrobených iontů ze zadní části kosmické lodi generoval tah reaktivní silou. „Obrovské iontové motory nám umožní dopravovat desítky tun materiálu na Mars a zpátky,“ řekl Green. Na povrch Marsu bude totiž nutno dopravit těžká zařízení – moduly pro lidská stanoviště a další infrastruktury.

Nafukovací zpomalovače

NASA vyvíjí také novou technologii – „nafukovací tlumiče“ a obrovské nadzvukové padáky, které mají pomoci dostat užitečné zatížení bezpečně a jemně z orbity na povrch rudé planety. NASA již dvakrát testovala prototyp tohoto systému během balónových letů na Havaji; zpomalovač fungoval perfektně, ale padák se pokaždé roztrhl.

Robotičtí výzkumníci

Data a snímky získané robotickými misemi pomohly vědcům určit, že tmavé cestičky objevující se na strmých marťanských svazích, způsobuje tekutá voda – zdroj, který by budoucí pionýři mohli využít. Příští marťanské vozítko (rover), jehož start je naplánován na rok 2020, bude pokračovat ve sběru dat. Jedním z jeho vědeckých plánů je příprava kyslíku z oxidu uhličitého v marťanské atmosféře. Další z jeho instrumentů, zemní radar,



bude schopen odhalit v podzemí případné vodonosné vrstvy či tekutou vodu, pokud se v místě přistání bude vyskytovat.

Cesta na Mars

NASA neplánuje udělat výpravu přímo z orbity Země, kde krouží ISS. Místo toho nejprve testuje technologie v prostoru mezi Zemí a Měsícem. Jednou z nich je projekt „přesměrování asteroidu“ (Asteroid Redirect Mission), což bude zachycení malého asteroidu robotickou sondou a jeho přetažení na obežnou dráhu kolem Měsíce pro další výzkum astronauty. Cílem je do roku 2025 uskutečnit obě části plánu – robotickou i lidskou; projekty Orion i SLS se na tom budou podílet. První pilotovaná cesta k Marsu nemusí skončit přímo na planetě, ale na jednom z jejích měsíců Phobos nebo Deimos. Tato strategie by vyzkoušela technologie k dosažení marťanské orbity.

Ještě je třeba vyřešit mnoho kroků, ale záměr vkročit na Mars je podle NASA definitivní: „Otisknout podrážku na Marsu je asi nejvíc vzrušující záměr, který kdy lidstvo mělo,“ říká šéf NASA Charles Bolden. „Snažíme se, aby se cesta na Mars stala skutečností už za nějakých 40 let,“ dodal. „Nepochybuji, že toho dosáhneme.“

Marťanské zemědělství

NASA neočekává, že by návštěvníci Marsu ihned osázeli skalnatou planetu čerstvou zeleninou, jako je tomu ve filmu Marťan.

Když ve filmu herec Matt Damon na planetě osíří, pěstuje si brambory ve skleníku s použitím marťanské půdy hnojené svými „metabolickými odpady“. A funguje to: přežívá rok na bramborách. Do jisté míry je to reálné, ale ve skutečnosti by to asi probíhalo poněkud jinak. A přizpůsobit pěstování rostlin na Marsu tak, aby se obešlo bez skleníku, by trvalo asi stovky let. Marťanská půda neobsahuje živiny (humus) jako pozemská, navíc je velmi jemná. To znamená, že voda by skrz ni pravděpodobně prosakovala mnohem rychleji, než je tomu na Zemi. Použití lidských exkrementů nebo jiných hnojiv by mohlo poskytnout rychlé obohacení živinami jako je dusík, a mohlo by také změnit strukturu půdy tak, že by v ní voda zůstávala déle.

Na Zemi se dusík dostává do půdy z atmosféry. Atmosférický není ve formě vstřebatelné rostlinami, proto jsou nezbytné bakterie, které ho v půdě zafixují. Bakterie žijí na kořenech různých rostlin, například luštěnin. V dlouhodobém horizontu by i toto byl způsob, jak dopravit dusík do půdy i na Marsu. Půda na Marsu navíc obsahuje nevhodné látky zvané chloristany (perchloráty), které by nejprve musely být chemicky odstraněny, aby v ní rostliny mohly růst.

Otázkou je gravitace

Mars má ve srovnání se Zemí asi třetinou gravitaci. Experimenty prováděné na

mezinárodní vesmírné stanici ISS ukázaly, že některé rostliny mohou růst relativně normálně i v podmínkách tak slabé gravitace. Rostliny používají gravitaci jako způsob orientace.

Například sazenice vrby na ISS vzrostla zkroucená, protože v podmínkách mikrogravitace si nebyla schopna vyvinout orientaci „kořen – vrchol“. Studie provedená v roce 2014 dokázala, že rajčata, pšenice, řepka a hořčice rostly velmi dobře, dokonce kvetly a produkovaly semena v simulované marťanské půdě po dobu 50 dnů i bez jakýchkoli hnojiv. Ve skutečnosti tyto odolné rostliny rostly v marťanské půdě „regolitu“ ještě lépe než v některých chudých pozemských půdách.

Co vzít s sebou

Chtějí-li vědci zjistit, jaké potraviny stojí skutečně za to přinést na Mars, musí zvážovat kompromis mezi nutriční hodnotou rostlin, prostředky potřebnými k dosažení cílů a dobou klíčení a růstu. Vědci mohou pěstovat salát na ISS jako demonstraci, že to jde, ale člověk nemůže žít jenom ze salátu. Jako lepší plodiny se pro Mars jeví ředkvičky a jahody. Ukazuje se, že by ve skutečnosti bylo lehčí a spotřebovalo by méně paliva jednoduše přivést hotové potraviny, než všechny potřebné ingredience pro zemědělství. Alespoň pro počáteční krátkodobé návštěvy.





✦ Salát vypěstovaný na ISS (Credit NASA)

Simulace podmínek Marsu

Než by se na Marsu rozjelo opravdové zemědělství, musejí lidé dopředu vědět mnohem více o tom, jak by zde rostliny rostly. Proto se budují simulační stanice, jako je například Mars Desert Research Station. Stanice byla vybudována v jižním Utahu po roce 2000 tzv. Marsovskou společností (Mars Society). Nepočtená posádka navštěvuje místo v krátkých časových periodách a provádí zde vědecký výzkum v laboratoři, skleníku i na volných plochách. Vědci zde v simulované marťanské půdě pěstují všechno možné od místních pouštních plevelů až po ječmen a chmel. Půda se připravuje z pozemských hornin a snaží se co nejlépe napodobit složení půdních vzorků z Marsu tak, jak byly získány a určeny v sedmdesátých letech v éře Viking Landers. Podobné výzkumné stanice jsou již tři a čtvrtá se plánuje v Austrálii. I jinde se věnují přípravě marťanského zemědělství – např. výzkumníci z University of Guelph v Kanadě pěstují rostliny v nízkotlakých, hypobarických komorách a napodobují tak podmínky řídké atmosféry Marsu. Vystavují je celé řadě dalších náročných podmínek, včetně různých úrovní oxidu uhličitého, různých teplot a osvětlení, výživy a vlhkosti. Jen tak se zjistí, které rostliny jsou dostatečně odolné pro přežití podmínek na Marsu mimo zavzdušněný skleník.

Ozelenění rudé planety?

Pěstování rostlin mimo skleníky bude znamenat mnohem větší výzvu. Někdo si myslí, že by bylo možné přeměnit Mars na zelenou planetu, kde by rostliny vyráběly kyslík, jako tomu bylo v počátcích planety Země. To je ale spíše science-fiction. Pro vytvoření atmosféry by se musel povrch Marsu zaplavit cyanobakteriemi, lišejníky a mikroby. Vlivem nízké gravitace atmosféra neustále uniká do kosmického prostoru, odvíjí ji „sluneční vítr“. Vlivem neexistence ochranné magnetosféry na povrch planety stále dopadá ničivé kosmické záření. Při marťanské zimě klesají teploty povrchu nezděka k minus 133 °C. Můžeme uvažovat i o řízení obohacování atmosféry skleníkovými plyny, které by zachycovaly teplo a zimy zmírňovaly. Mars je prostě dál od Slunce než Země. Ale i kdyby se to povedlo, trvalo by tisíce let, než by se marsovská atmosféra začala podobat na kyslík bohaté kolébce života. Co to je však tisíc let ve srovnání se stovkami milionů, po které probíhalo počáteční ozeleňování Země? ■

Zdroj: www.livescience.com

Nový vzdělávací portál ČEZ

SVĚT ENERGIE
VZDĚLÁVACÍ PORTÁL ČEZ



Centrální vzdělávací portál

„Svět energie“ je komplexní nabídka informací, tematicky zaměřených na podporu technického vzdělávání a popularizaci energetiky. Moderně a atraktivně zpracované informace jsou selektivně předkládány všem věkovým skupinám žáků a studentů i širší veřejnosti. Portál poskytuje efektivní přístup k materiálům vzdělávacího programu ČEZ, seznamuje se základními principy a parametry jednotlivých energetických zdrojů nebo zprostředkuje aktuality i zajímavosti z vědy a techniky. Informační stránku portálu doplňují různé testy a soutěže o ceny, rozcestníky a fyzikální poradna.

Součástí vzdělávacího portálu „Svět energie“ je i tabletová verze aplikace „Fyzika a energetika“, která umožňuje ve 3D realitě nahlédnout do různých typů elektráren a prostřednictvím názorných 3D modelů prozkoumat jejich nejvýznamnější technologická zařízení, včetně jejich konstrukce, fyzikálních principů a parametrů. V aktuální verzi jsou zpracované technologie uhelných a vodních elektráren na příkladech Nového zdroje v Ledvicích a vodních elektráren ve Štěchovicích.

Najděte si na svém Světu energie to, co vás zajímá.

www.svetenergie.cz



➤ Portrét bioplynky v zemědělské krajině

Jak v Číčově funguje bioplynka

Marie Dufková / foto ČEZ

Na úpatí Brd poblíž Spáleného Poříčí leží obec Číčov. Hostí jednu z našich prvních bioplynových stanic. Kogenerační jednotka o instalovaném výkonu 526 kW umožní celoroční produkci elektřiny pro více než 1 000 domácností. V krajině se poblíž zemědělských farem postupně zabydlují charakteristické polokulovité stavby, aby zpracovaly a energeticky využily zbytky rostlin nebo exkrementy hospodářských zvířat.

Ve fermentačních nádobách o celkovém objemu 2 800 m³ se zpracovávají organické materiály – nechávají se fermentovat bez přístupu vzduchu. V Číčově mohou být „palivem“ energetické plodiny i hovězí kejda. Při fermentaci vzniká bioplyn s vysokým obsahem metanu, který slouží pro výrobu elektřiny a tepla (horké vody). Bioplynová stanice denně zpracuje 55 tun surovin, tedy asi 20 000 tun ročně. Plynojem na metan má objem 1 000 m³ a nádrže na kal přes 2 000 m³. Celá bioplynová elektrárna zaujímá plochu 10 000 m². Předpokládá se 7 750 provozních hodin ročně, elektrická účinnost je 40,4 %.

Prohlédněme si jednotlivé části

Už z dálky jsou vidět velké betonové nádrže na biomasu a její fermentaci i na zbytky, které po tomto procesu zůstanou – digestát. Přivezenou hmotu – např. stvolky od kukuřice – nakládá traktor do nádrže na přípravu biomasy a dávkování. Nádrž z velmi odolného materiálu (pozinkovaná ocel) je vysoká 5 m s objemem 50 m³. Biomasu posouvá šnekový doprav-

ník na elektromotor, dva míchací šrouby s ostrými okraji se starají o drcení a homogenizaci materiálu. Dávkování probíhá automaticky v pravidelných intervalech po celý den, minimální dávkovací kapacita je tuna materiálu každých pět minut. Biomasa putuje do fermentační nádrže.

Fermentační nádrž

Fermentační nádrž je kruhová stavba z vyztuženého betonu vysoká 5,8 m, s vnitřním průměrem 13,9 m a objemem 870 m³. Je tepelně izolovaná, protože teplota uvnitř může být až 50 °C a tlak do 10 mbar. Na vnitřním centrálním sloupu se točí ocelový pádlový mixer s 1,4 m dlouhými lopatkami. V závislosti na druhu biomasy může pracovat rychlostí od 8 do 16 otáček za minutu.

Post-fermentační nádrž s integrovaným plynojemem

Jde o největší z kruhových nádrží. Má vnitřní průměr 21,4 m, výšku vnější stěny 5,8 m a objem 2 088 m³. Míchací mechanismus v post-fermentačním tanku je obdobný jako ve fermentačním. Strop

tvoří dvouplášťová membrána z materiálu odolávajícího teplotám od -30 °C do +70 °C a tlaku pod plynovou membránou ±2,0 mbar. Objem plynojemu je 1 020 m³. Biomasa fermentuje, kvasí a vyvíjí se metan, který se shromažďuje nahoře pod membránou, která trochu připomíná padák.

Zásobník na digestát

Digestát je biomasa, která zbyde po fermentaci. Z post-fermentační nádrže se do další kruhové nádrže přečerpává materiál, který už ze sebe vydal kýžený metan. Nádrž z vyztuženého betonu zajišťuje kapacitu digestátu na 180 dní. Digestát téměř nepáchne a používá se na poli jako hnojivo.



➤ Traktor sype biomasu do nádrže, kde ji zpracovává drtič a šnek

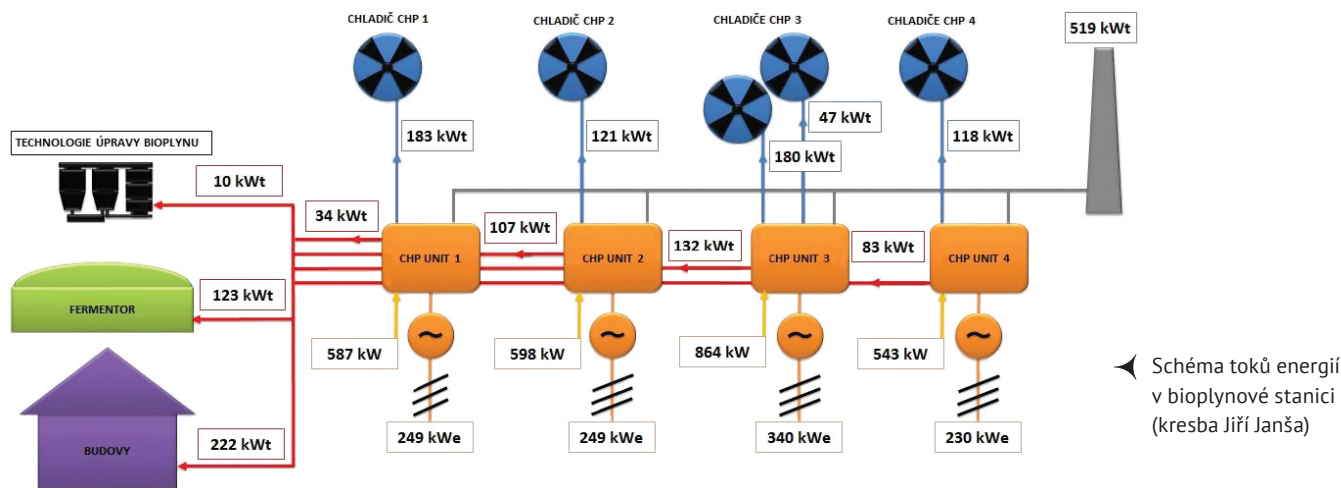
Kogenerační jednotka

Metan se vede do kogenerační jednotky s plynovým motorem, kde se vyrábí elektřina a teplo. Obsahuje 12válcový motor Jenbacher s elektrickým výkonem 526 kW. Jeho elektrická účinnost je 40,4 %, tepelná účinnost 42,5 %. Vstupující plyn je třeba nejprve vysušit.

Flare

Ve výjimečných situacích je třeba zlikvidovat přebytek plynu vyvíjeného ve fermentoru. K tomu slouží tzv. Flare – tryska z nerez oceli pro bezpečnostní spalování přebytečného plynu vysoká 4,8 m. Za hodinu spaluje 150 až 250 m³ plynu.

Bioplynová stanice je opatřena ještě mnoha dalšími technologiemi, např. čerpadly kejdy a substrátů, kabely vnějších instalací, systémem ochrany proti přepětí, proti blesku, krátkým spojením v elektrických částech, uzemněním, protipožární ochranou a signalizací, detekcí a vážením vstupů, měřením hladin, teplot a tlaků, měřením výšky pěny ve fermentační nádrži atd. ■



Cena Nadace ČEZ

Na konci června se uskutečnilo finále soutěže vysokoškolských odborných prací Cena Nadace ČEZ 2016. Letos proběhl již 17. ročník, do finále se kvalifikovalo 17 vysokoškolských projektů. Třípól přináší rozhovory s dvěma vítězi: v kategorii Klasická elektroenergetika a tepelně energetická zařízení zvítězil Jiří Janša z VŠB TU Ostrava, v kategorii Ekonomika provozu energetických zařízení, strategie a řízení energetiky zvítězil Michail Titenko z fakulty elektrotechnické ČVUT v Praze.

Jak optimalizovat energetickou bilanci bioplynové stanice

Jiří Janša

Jak jste vybral téma pro Vaši práci?

Problematika bioplynových stanic mne zaujala, už když jsem o nich slyšel poprvé. Tato zařízení přeměňují chemickou energii obsaženou v biomase na elektrickou a tepelnou energii. V České republice jich je dnes asi 500 a jejich celkový instalovaný výkon činí více než 350 MW.

Všechny bioplynové stanice (BPS) jsou kombinovaným zdrojem tepelné a elektrické energie. Díky dotační politice ČR však většina našich stanic využívá tepelnou energii především pro vlastní spotřebu (ohřev fermentorů, cca 10 % pro vytápění). To bylo i podmínkou pro získání dotace. Zvýšení využití tepla by mohlo být možností zvyšování účinnosti. Provozovatel bioplynové stanice, na které jsem prováděl měření pro svůj projekt, například neměl tušení, jaký podíl energie sám spotřebovává, ani kolik se vypouští do okolí. To mě přivedlo k myšlence vytvořit model, který by toto rozložení energie vypočítával.

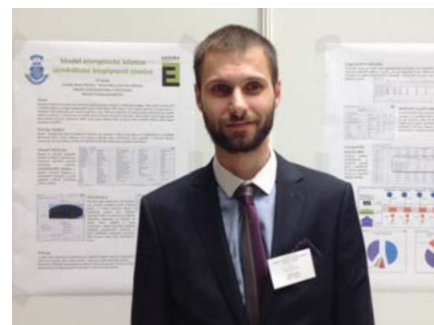
Co bylo cílem práce?

Abychom zjistili, kolik tepla můžeme dále využít, je nejdříve třeba dobře znát vlastní spotřebu tepla BPS. Mým cílem

bylo vytvořit komplexní model energetických toků bioplynové stanice, který vychází z množství vstupní suroviny pro výrobu bioplynu. Navržený model simuluje varianty bioplynové elektrárny od velikosti fermentačních nádrží přes počet plynových kogeneračních jednotek až po využití přebytečného tepla pro vytápění obytných objektů, sušení zemědělských komodit, využití technologie ORC apod. (Pozn: ORC je organický Rankinův cyklus, elektrárenský kondenzační cyklus, který namísto vody, resp. vodní páry používá jako pracovní látku v primárním okruhu směs organických sloučenin, jež jsou svými termodynamickými vlastnostmi vhodné k použití v tepelném oběhu.)

Pracoval jste u počítače nebo i v „poli“ na reálné bioplynce?

Obojí. Nejdříve jsem porovnal bioplynové stanice s ostatními obnovitelnými zdroji elektrické energie, hlavně s větrnými a fotovoltaickými elektrárnami. Zaměřil jsem se na elektrickou část, jejíž parametry jsem mohl sledovat a měřit na skutečné fungující bioplynce. Do hlavního rozvaděče jsem umístil analyzátor elektrických sítí a sledoval napětí, proud,



Jiří Janša u svého soutěžního posteru (foto Amavet)

výkony (činný, jalový, zdánlivý účinník atd.). Bioplynová stanice si vedla velmi dobře, jelikož se jedná o stabilní zdroj nezávislý na počasí a nezpůsobující v elektrické síti žádné problémy typu harmonických frekvencí vyšších řádů. Poté jsem se zaměřil na část tepelnou, tentokrát za pomoci příloženého ultrazvukového průtokoměru a termočládku. Změřil jsem a vyhodnotil toky tepelné energie mezi jednotlivými částmi bioplynové stanice: pro vytápění fermentorů, pro úpravu bioplynu atd. Měřil jsem také energii vypouštěnou do okolí přes chladiče.

Jak Váš model funguje?

Model bioplynové stanice funguje na základě zadání ročního množství jednotlivých vstupních surovin. Suroviny mají přiřazenou výtěžnost bioplynu z tuny vstupního materiálu. Jako vstupní



✦ Slavnostní zahájení Ceny Nadace ČEZ 2016 v budově společnosti (foto Amavet)

podklady sloužily katalogy výrobců a dodavatelů technologií bioplynových stanic. Model poté ze zadaného množství vypočítá v MWh energii dodanou palivem za jeden rok. Podle parametrů jednotlivých kogeneračních jednotek následuje výpočet vyrobené elektrické energie, tepelné energie, vlastní spotřeby elektrické energie i tepla, množství využitelné elektrické energie (dodávka do sítě) a využitelného tepla. Tato roční energie pak určuje přibližný výkon bioplynové stanice. Model dále hodnotí, jak by se dalo využít zatím nevyužité teplo z kogeneračních jednotek, které se vypouští do okolního prostředí.

A jaký je závěr?

Zkoumaná BPS využívala pouze 21 % z celkového možného množství tepelné energie. To znamená, že obrovský podíl tepelné energie se bez užítu vypouští do okolí, v daném případě až 9 277 MWh za rok. Pokud jsou na tom ostatní BPS podobně, pak při počtu 500 BPS v ČR a při instalovaném celkovém výkonu více než 350 MW představuje nevyužitá tepelná energie ročně až 272 GWh, tedy například celoroční vytápění pro 2000 rodinných domů!

Děkujeme za rozhovor a gratulujeme! ■

Rodinný dům jako uzel ve Smart Grid

Michail Titenko

Jaký problém řeší Vaše práce?

Současná tendence prosazovat výrobu elektřiny z obnovitelných zdrojů vede v energetickém sektoru k tlaku na neustálé navyšování nároků na stabilitu elektrizační soustavy. Nárazové dodávky elektřiny z OZE a obtížnost regulace spolehlivost dodávek ohrožují. Do budoucna budeme potřebovat pružnou energetiku, v úvahu připadá technologie „Smart Grids“ (SG), která vychází zejména z možností decentralizované výroby elektřiny z malých zdrojů poblíž míst spotřeby a aktivního zapojení uživatelů. Takový systém musí propojovat jednotlivé subjekty, zajišťovat jejich komunikaci a na základě průběžně vyhodnocovaných dat reagovat na požadavky v reálném čase. Nesmírně důležitou podmínkou je pro to ekonomické zhodnocení efektivity nasazení prvků SG.

Počítal jste ekonomiku na nějakém reálném domě?

V mé práci jde o celkové porovnání nákladů v hypotetickém domě, který je vybaven výrobním a akumulacním zařízením, oproti témuž domu, který má navíc zapojené prvky SG. Ke snížení nákladů na elektrickou energii ve druhé variantě dochází chytrým řízením ukládání a využití vyrobené energie. Jde o akumulaci elektrické energie během nízkého tarifu, kterou je možné využít v době vysokého tarifu a tím snížit nákup energie v době,



✦ Michail Titenko u svého soutěžního posteru (foto Amavet)

kdy je nejdražší. V zájmu maximální spolehlivosti závěrů studie jsem použil několika statistických souborů, které jsou v daném případě reprezentované jednotlivými tarifními sazbami příslušejícími různým způsobům vytápění v domě. Každý ze souboru se lišil celkovými energetickými potřebami a volbami období nízkého a vysokého tarifu.

Jak byste zhodnotil výsledek?

Domnívám se, že bez státní podpory, která by pomohla tuto technologii financovat, není možné uvažovat o takových technologických řešeních na trhu s elektřinou. Motivem řady zákazníků určitého typu k zapojení prvků této technologie by také mohlo být snížení cen za akumulační prvky. Technologie Smart Grid má určitě budoucnost, jelikož řeší řadu technických problémů, jako například vyrovnání špiček a decentralizaci výroby elektřiny. Musí ale přinést takové změny, které by představovaly i přínos ekonomický.

Děkujeme za rozhovor a blahopřejeme! ■



Superbublifik

Jaroslav Kusala

Z běžného života víme, že hladina vody se chová, jako by byla pokryta tenkou pružnou blánou. Z hodin fyziky víme, že molekuly na hladině kapalin se navzájem přitahují nesouměrně – dole hustá voda, nahoře řídký vzduch – takže výsledná síla směřuje dovnitř, do vody. Dáme-li to dohromady, je zřejmé, že zdánlivou blánu na hladině vody tvoří tato povrchová vrstva molekul. Veličina, která charakterizuje tento jev, se nazývá povrchové napětí.

Výroba superbublifuku

Ke zhotovení superbublifuku můžeme použít malou PET láhev s uříznutým dnem nebo plastovou nádobku s vyvrtaným otvorem, např. od vitamínových tablet. Dále budeme potřebovat odstřížek z vyřazeného froté ručníku, provázek a tavnou pistoli (**obrázky 1 až 4**). Postup při výrobě obou variant je zřejmý ze seriálu fotografií. Tavné lepidlo a omotání provázkem zajistí vzduchotěsné upevnění textilu kolem obvodu (**obrázky 5 až 7**). Roztok vyrobíme smícháním dvou skleniček převařené vody, půl skleničky saponátu, lžičky bílého cukru a lžičky glycerinu. Suroviny opatrně promícháme a před použitím necháme několik hodin „odstát“. Látku necháme nasáknout roztokem a foukáním vytvoříme stále se prodlužujícího bublinkového „hada“. Jistě vás překvapí, že i z malého množství saponátového roztoku se nám podaří naplnit bublinkovou pěnou třeba i koupací vanu (**obrázky 8 až 9**). Nabízí se jasné ekologické poučení – nepoužíváte při mytí nádobí nebo při praní zbytečně moc saponátu?

Od dětské hry k nejmodernější technologii

Co má bublinkový had společného s aerogelem? Pod pojmem gel rozumíme materiál, který se při malém zatížení chová jako pružná látka, ale současně má i vlastnosti kapalin. S gely se běžně setkáváme – mohou to být potraviny (rosol, tavený sýr, džem), kosmetika (masti, pasty), barvy, lepidla atd. Na internetu si snadno najdeme definici: „Aerogel je porézní ultralehký materiál vyráběný odstraněním kapalné části z gelu. Nejčastějším typem je aerogel, vyráběný z oxidu křemičitého (tzv. silica aerogel). Obsahuje 99,98 % vzduchu, zbytek připadá na strukturu z molekul oxidu křemičitého. Aerogel má hustotu jen třikrát větší, než je hustota vzduchu.“ Zatímco obyčejný gel si můžeme snadno připravit i na kuchyňském stole, výroba aerogelu je technicky velmi náročná. Výchozí surovinou je gel tvořený oxidem křemičitým SiO_2 (pevná složka), vodou a kapalným oxidem uhličitým CO_2 . Za velmi vysokého tlaku a teploty se z gelu odstraní kapalná složka a zůstane jen vzduchem vyplněná nesmírně pevná křemíková „sít“.

Testujeme vlastnosti aerogelu

Vraťme se k našemu bublinkovému „hadu“. S trochou fantazie si můžeme představit, že tenoučké stěny bublinek nejsou tvořeny vodou a saponátem, ale sítí molekul SiO_2 . V tom případě budeme mít před sebou model aerogelu a můžeme si ověřit dvě jeho vlastnosti – malou hustotu a velkou pevnost: Bublinková pěna je skutečně velice lehounká – zkuste ji převážít na nějakých velice přesných laboratorních vahách; struktura pěny je pevná, takže unese například malé kousky kartonu. Zkuste jiné materiály – dřevíčko, špendlík, malou minci...

Námět na závěr

Připravte si různobarevné koncentrované roztoky potravinářského barviva. Namočte látku do saponátového roztoku, kápněte na ni několik barevných skvrn a foukejte. Ale raději někde venku na dlažbě!... ■