



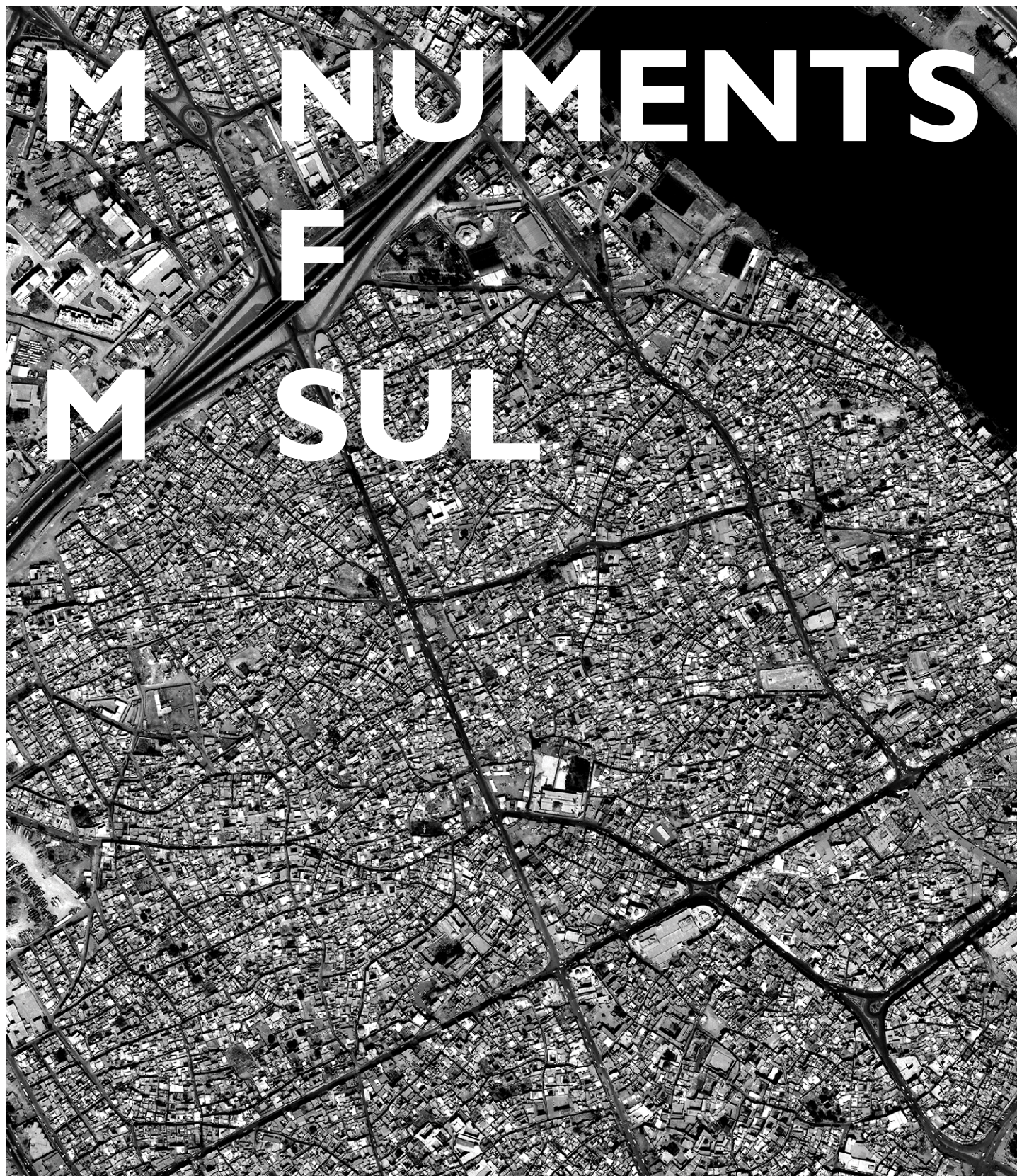
Umělý člověk

Syntetické náhrady budoucnosti

Co se odehrává
v blízkosti černých děr

Zakázková a komerční
tvorba Josefa Sudka

Houby a plísně mohou být
užitečné i nebezpečné



Ohrožená architektura města Mosulu



Galerie Věda a umění
Akademie věd ČR
Národní 3, Praha 1



8. února–31. března 2017
Po–Pá 10:00–18:00
Vstupné zdarma

www.monumentsofmosul.com
www.avcr.cz

Editorial



Vážení čtenáři,

časopis, který otevíráte, nese název *A / Věda a výzkum*. „Áčko“ je prvním písmenem abecedy a zároveň symbolem počátku. Jako chemický inženýr vím, že naše doba je novými počátky, a tím i možností nového, či vyjádřeno moderněji, inovativního, přímo posedlá. Často přitom zapomínáme, že inovacím se nelze naučit, ani se k nim vycvičit, jak připomíná můj oblíbený autor, rakouský literární vědec a filozof Konrád P. Liessmann.

Kdyby se totiž inovace daly naplánovat, nešlo by o nové, ale o pokračování všedního. Nechvalně proslulým příkladem je v tomto ohledu dnes již legendární inovační počín, jehož výstupem bylo „Zařízení pro usnadnění detekce osob za překážkou“. V roce 2009 získalo zlatý Bludný balvan od Českého klubu skeptiků SISYFOS.

Tvůrcům „Áčka“ tedy přeji, aby se jim dařilo vést čtenáře cestou rozumu, aby jim byli nápomocni při odhalování a odstraňování pomyslných bludných balvanů na jejich pouti za poznáním, aby je přiváděli k zamyšlení, kam až jsme vlastně jako lidé dospěli a zda vážně neohrožujeme vlastní bytí na planetě Zemi. Především jim ale přeji tvůrčího ducha, pevné nervy a vytrvalost, protože jako člověk, který zasvětil život vědě, dobře vím, že jde o práci vskutku sisyfovskou.

Čtenářům přeji vzrušující okamžiky při objevování světa vědy. Zahlédnou-li alespoň úlomek jeho nevšednosti a krásy, utvoří s redakčním týmem tandem – prostě proto, že ve dvou se to lépe táhne. Přeji jim, aby se co nejdříve s redakčním týmem sžili a přispívali svými podněty k pestrému tematickému zaměření „Áčka“.

A nakonec přeji nám všem, abychom se povznegli nad všudypřítomný hluk a mediální klipovitost současného světa a našli si chvílku na přečtení či alespoň prolistování nového „Áčka“.

Jiří Drahoš
předseda Akademie věd ČR

Obsah

Editorial	3
Obsah	4–5

V obraze

Tasemnice v lososech	6–7
----------------------	-----

Ze světa

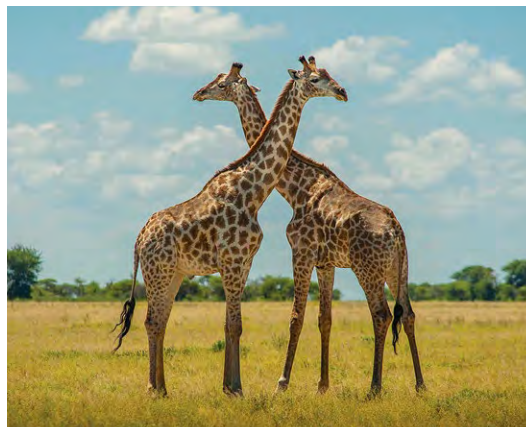
Neživá příroda	8–9
Živá příroda a chemické vědy	10–11
Humanitní a společenské vědy	12–13

Biologie a medicína

Rostou? Rostou?	14–19
-----------------	-------

Téma

Umělý člověk	20–29
--------------	-------



11

Žirafa je jediným savcem, jehož status zaznamenal na Červeném seznamu ohrožených druhů vydávaném Mezinárodním svazem ochrany přírody (IUCN) v loňském roce změnu, a to k horšímu. Proč?

14

Lanýže – nejdražší houby kulinářského světa. Lze je vypěstovat i u nás? Jaké mají požadavky na prostředí, s jakými rostlinami žijí v symbióze, jaká půda je pro jejich růst vhodná?



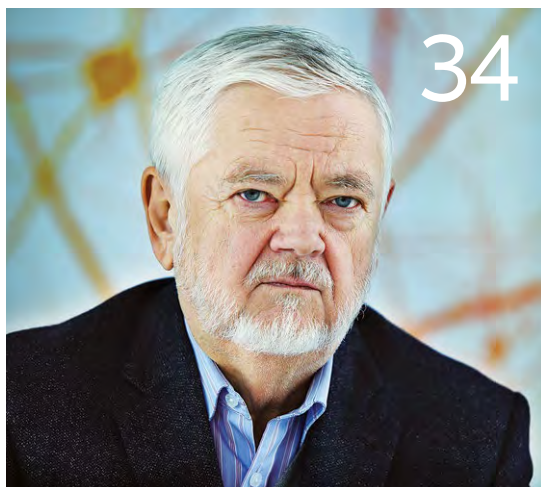
20

Co všechno dokáže medicína v lidském těle nahradit dnes a co bude možné v horizontu několika let? Na čem úspěšně pracují čeští vědci? Které syntetické náhrady jsou problematické a proč?



■ Historie

Josef Sudek jako komerční
fotograf 30–33



■ Rozhovor

Česká hlava za výzkum vzniku
nových biologických druhů
(Jiří Forejt) 34–39

■ Matematika, fyzika, informatika

Až na okraj černé díry 40–45

■ Biologie a medicína

Jak starý je virus HIV? 46–49

■ Strategie AV21

Energie – Kde ji vzít
a jak skladovat 50–53

■ Téma pro...

Centrum pro výzkum
veřejného mínění 54–57

■ Matematika, fyzika, informatika

Tornáda, víry a kvantová turbulence 58–61

Krátce z Akademie 62–65

Příště 66



50

Nároky lidstva na spotřebu energie stále rostou.
Nové cesty, jak ji získat a skladovat, hledá
program Strategie AV21.

V obraze

Tasemnice v lososech

Stále populárnější konzumace syrových ryb, například tolik oblíbeného sushi, není bez rizika. Nejčastějším parazitem, který se touto cestou dostane do našeho trávicího traktu, je škulovec široký (*Diphyllbothrium latum*), patřící mezi tasemnice. Ve střevě naroste do délky i přes deset metrů a je tak nejdelším parazitem napadajícím člověka. Odhaduje se, že lidských hostitelů je na světě až 20 milionů. Na asijském pobřeží Tichého oceánu, zejména v Japonsku a Rusku, se vyskytuje blízký příbuzný škulovce širokého, parazitický červ *Diphyllbothrium nihonkaiense* (české jméno nemá).

Parazitologové z českobudějovického Biologického centra AV ČR jej jako první na světě objevili také na druhé straně Pacifiku, v lososech gorbůša (*Oncorhynchus gorboscha*; viz foto) na Aljašce. Ukazuje se tak, že mnoho infekcí připisovaných běžnějšímu *D. latum* je ve skutečnosti *D. nihonkaiense*. „Škulovci v dospělosti žijí v trávicím traktu člověka a způsobují onemocnění difyllobothriózu, ale v drtivé většině případů neškodí nebo způsobují jen trávicí potíže jako bolesti břicha či průjem,“ vysvětluje autor objevu, parazitolog Roman Kuchta.

Běžnějším škulovcem širokým se mohou nakazit i Evropané – vyskytuje se ve Skandinávii, v Pobaltí či alpských jezerech. V Česku oblíbený losos obecný, nazývaný také losos atlantský (*Salmo salar*), tuto tasemnici nepřenáší.

Škulovci mají zajímavý životní cyklus. Z vajíčka se ve vodním prostředí po dvou týdnech vylíhne larva, která žije jen asi 20 hodin. Pokud se ale stane kořistí buchanky (malý planktonní korýš), změní se v boubel, tzv. procerkoid. Buchanku pozře ryba, v jejímž mase se procerkoid změní na až dva centimetry dlouhý plerocerkoid, a teprve savec, který rybu posléze uloví, se stává definitivním hostitelem. Většinou jde o medvěda hnědého, ale třeba také tuleně či vlky.



Ze světa

Jak vznikl Měsíc?

Tato otázka nebyla kupodivu ještě zcela přesvědčivě zodpovězena, hypotéz je několik, z nichž každá má své přednosti i nedostatky. Odborníci se v současnosti nejčastěji přiklání k teorii o ničivé srážce Země s tělesem velikosti zhruba Marsu, při níž se ze zemské kůry a pláště vymrštilo obrovské množství hmoty. Z ní a z části materiálu cizího tělesa se vytvořil kolem Země prstenec, jenž se postupně soustřeďoval, až touto akumulací vznikl Měsíc. Danému scénáři sice dobře odpovídá izotopové složení Země a Měsíce, přesto má své slabiny. Tým izraelských vědců podle časopisu *Nature Geoscience* představil model, jenž zmíněné problémy řeší. Počítačové simulace ukazují, že Měsíc může být výsledkem nikoli jedné obrovské srážky, ale mnoha kolizí rané Země s menšími tělesy. Při každé takové malé srážce se kolem naší mladé planety utvořil tenký disk hmoty, která se postupně shlukovala do mnoha malých měsíčků. Ty se vlivem slapových sil vzdalovaly a nakonec mohly splynout v dnešní Měsíc. Model zahrnující mnohačetné impakty může podle izraelských badatelů objasnit vznik systému Země-Měsíc s jeho současnými vlastnostmi, včetně podobného chemického složení.

Odborníci se v současnosti shodují, že Měsíc vznikl nárazem jednoho či více těles na zárodečnou Zemi, která měla v té době pouze 90 % soudobé hmotnosti. Jak se zdá, nelze přitom jednoduše skloubit skutečnost, že Země má zřejmě následkem impaktu dostatečně hmotného nebo rychlého objektu poměrně vysoký sklon rotační osy vůči rovině oběžné dráhy Země kolem Slunce (66,6°), ale chemické složení Měsíce je až na deficit železa podobné plášti Země. Kromě toho má soustava Země-Měsíc proti jiným planetám Sluneční soustavy podstatně vyšší moment hybnosti. Podle mého soudu je proto zatím nejúspěšnější model Robin Canupové z roku 2012, podle



něhož se v blízkosti Země srazily dva zárodky planet o hmotnostech srovnatelných s hmotností Marsu. Spojené hmotné těleso narazilo na Zemi, takže se vypařilo a s ním i část pláště Země. Tento materiál vytvořil v rovině rovníku Země nejprve plynný a později kapalný prstenec, jehož kapky nakonec ztuhly v tuhé částice a nabalily se na dnešní Měsíc. Tímto modelem lze dobře vysvětlit zmíněný sklon zemské rotační osy, ale i podobné chemické složení Země a současného Měsíce, jakož i vysoký moment hybnosti soustavy Země-Měsíc. Modelové výpočty izraelských astronomů však předpokládají, že Země se srazila postupně s desítkami velkých zárodků planet (planetesimál), čímž lze zatím nejlépe vysvětlit příbuzné chemické složení kůry Měsíce a pláště Země, zato hůře vysoký moment hybnosti této soustavy – a už vůbec nevysvětluje zmíněný vysoký sklon rotační osy Země. Definitivní verdikt o vzniku Měsíce bude proto vyžadovat jak úsilí teoretiků, tak i obsáhlejší a přesnější měření geologických parametrů Měsíce.

Jiří Grygar, Fyzikální ústav AV ČR



Vysvětlení bostonské melasové tragédie

V lednu 1919 praskl ve čtvrti North End v Bostonu obrovský kontejner obsahující téměř devět milionů litrů melasy a lepka – tekutina se prohnala ulicemi rychlostí přesahující 50 km/h. Několik ulic bylo zaplaveno do výšky 60 až 90 cm, lidé do melasy zapadali až po pás – 21 jich přišlo o život, dalších 150 bylo zraněno. Američtí odborníci podle týdeníku *New Scientist* využili data z historických záznamů i z experimentů zkoumajících tok melasy za různých podmínek a vypracovali počítačové modely simulující celou tragickou událost. Zjistili, že hlavní roli hrálo gravitační neboli samotížné proudění melasy, která se šířila jako sladká tsunami dosahující zpočátku výšky osmi metrů, a příčinou počáteční vysoké rychlosti byla její vlastní hustota. Smrtící roli sehrála podle citovaného časopisu teplota: chladnutím se melasa stávala stále více vazkou a čím více sebou lidé zmítali, tím hlouběji do ní zapadali.

Obecně snad nejstandardnější veličinou charakterizující tokové vlastnosti kapalin je tzv. smyková viskozita. Viskozita představuje odpor kapaliny proti tečení a přídomek smyková udává, že tento odpor se týká smýkání „jednotlivých vrstev“ kapaliny po sobě. Viskozita každé kapaliny je závislá na dvou základních faktorech: tlaku a teplotě. Empirickým vztahům popisujícím tyto závislosti byla věnována velká pozornost již na sklonku 19. století, kdy se speciálně na popisu tlakové závislosti podílel i Wilhelm C. Röntgen. Obě dodnes hojně používané závislosti jsou exponenciálního charakteru – Barusova popisující závislost na tlaku a Arrheniova popisující závislost na teplotě. A právě Arrheniův empirický vztah udávající míru nárůstu smykové viskozity s klesající teplotou zachycuje neblahý osud nešťastníků v Bostonu. Zatímco u šálku čaje při míchání lžičkou vůbec nevnímáme, zda teplota poklesla z 80 °C na 20 °C (přičemž smyková viskozita mezitím stoupla trojnásobně), neboť v tomto případě je kladený odpor minimální, u melasy je odpor řádově vyšší a jeho nárůst s klesající teplotou pak může vést k fyzickému vyčerpání zachraňujících se lidí i v relativně krátkém časovém úseku. Pro srovnání: viskozita (odpor) vzduchu je přibližně 500× menší než u vody, u melasy (podobně jako např. u medu) oproti vodě však nárůst činí celé čtyři řády (tj. 10 000× větší)!

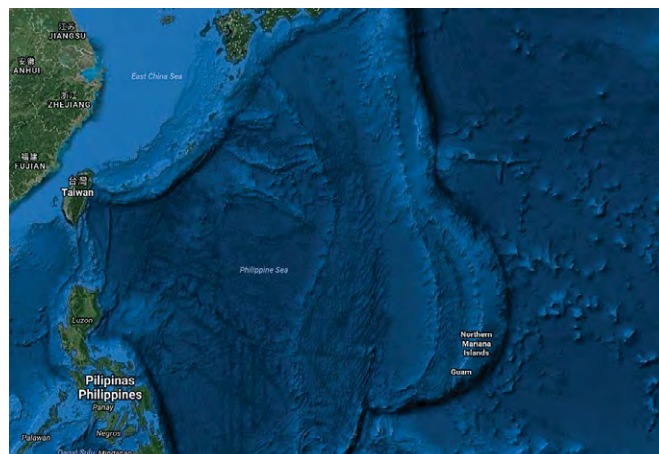
Petr Filip, Ústav pro hydrodynamiku AV ČR

Seizmologové prozkoumají Mariánský příkop

Čínsko-americký vědecký tým umístil koncem loňského roku soustavu speciálních seizmometrů na svahy Mariánského příkopu – 2550 km dlouhé a 70 km široké údolí hluboko pod hladinou Tichého oceánu, východně od souostroví Mariany. Příkop je předmětem zájmu vědců i laiků mj. proto, že jeho dno je nejhlubším místem na Zemi. Podle posledních měření se nachází 10 994 m pod mořskou hladinou. Tlak je tam zhruba tisíckrát vyšší než na hladině – a přesto zde byly k obrovskému překvapení odborníků objeveny živé organismy včetně garnátů. Pětiletý projekt se podle vědeckého týdeníku *Science* bude zabývat především geologickými rysy tohoto hlubokomořského útvaru, který vznikl subdukcí Pacifické tektonické desky pod desku Filipínskou.

Existují minimálně dvě dosud nezodpovězené otázky. První je, proč se Pacifická deska během podsouvání pod desku Filipínskou ohýbá stále strměji až do svislé polohy. Druhá, proč jsme pod Mariánským příkopem dosud nezaznamenali velmi silná zemětřesení, která na některých jiných subdukčních zónách (Chile, Japonsko, Aljaška, Indonésie) vyvolala silné vlny tsunami. Je to tím, že Pacifická a Filipínská deska jsou dlouhodobě zaklesnuty, na jejich rozhraní se pod Mariánským příkopem hromadí napětí a dříve nebo později tak k silnému zemětřesení následovanému ničivými tsunami dojde? Nebo absenci silných zemětřesení způsobuje, že tektonické desky v této oblasti jedna podél druhé poměrně hladce kloužou, jako by byl jejich kontakt „namazaný“? Tuto druhou, pro společnost příznivou variantu naznačují výsledky seizmických měření amerických seizmologů v roce 2012. Měření ukázala, že až do hloubek kolem 20 km je na kontaktu tektonických desek hojně přítomen serpentinit – velmi měkký minerál snižující hodnotu tření. Nový čínsko-americký výzkumný záměr by měl na výše uvedené otázky odpovědět.

Aleš Špičák, Geofyzikální ústav AV ČR



Spí stromy v noci?

I stromy po západu slunce odpočívají. Prokázali to finští, rakouští a maďarští vědci, když zkoumali pravidelné cirkadiánny (tj. zhruba 24hodinové) změny u břízy bělokoré ve Finsku a Rakousku. Jak vyplývá ze studie uveřejněné ve *Frontiers in Plant Science*, laserová měření ukázala, že bříza od soumraku do ranních hodin svěšuje větve až o 10 cm. Krátce před úsvitem jsou nejníž a ráno se během několika hodin vracejí do vzpřímené polohy. Vědci si zatím nejsou zcela jisti, jestli tak stromy reagují přímo na přítomnost nebo absenci slunečního světla, nebo jsou tyto pochody výsledkem působení vlastních vnitřních biologických hodin.

Vnitřní hodiny určují rytmicitu metabolických a růstových dějů u rostlin i živočichů a jejich mechanismus je poměrně složitý, působí na sebe dvojice a skupiny genů vzájemně se potlačujících či

aktivujících. Podle hladiny určitých proteinů buňka „pozná“, kolik je hodin. Tak např. jeden protein je maximálně produkován ve dvě odpoledne, jiný ve čtyři atd. Rostliny díky nim „vědí“, že se blíží úsvit, a po půlnoci se začínou připravovat na nový den zvýšenou syntézou stovek enzymů a bílkovin, které budou po rozednění potřebovat k fotosyntéze a růstu. Neinvasivní metoda laserového měření stromů v terénu je velmi slibná a může v budoucnu pomoci vyřešit, zda bříza sklání a zvedá své větvičky v souladu se svými vnitřními hodinami. Stávající publikace nemohla dát jednoznačnou odpověď. Vědci měřili tvar koruny a větvičky za dne a noci, takže nebylo zřejmé, zda větší roli nehraje fakt, že za tmy neprobíhá fotosyntéza a mění se vodní hospodaření stromu. K důkazu vlivu vnitřních hodin by bylo třeba sledovat pohyb větví za stálého světla, tedy osvětlit strom i v noci a potvrdit periodické změny tvaru a polohy v průběhu několika dnů. Vzhledem k tomu, že chod vnitřních hodin řídí metabolismus a život rostliny zásadním způsobem, domnívám se, že jeho vliv je značný i v případě pohybu březových větví.

Helena Štorchová, Ústav experimentální botaniky AV ČR

Sviňuchy dokážou ovládat tepovou frekvenci

Mořští savci se dokonale adaptovali na lov pod vodou, ať už v mělkých nebo hlubokých vodách. Dokážou na různě dlouhou dobu zdržovat dech, což je doprovázeno poklesem koncentrace kyslíku v krvi, zpomalením srdeční frekvence a stažením periferních cév. Dlouho se soudilo, že jde o automatickou – nikoli vědomě ovládanou – reakci na délku, hloubku a náročnost ponoru. Výzkumy však už dříve ukázaly, že ploutvonožci mají tyto reakce pod vědomou kontrolou. Nyní dánsko-britský vědecký tým zjistil, že totéž platí i pro kytovce – přinejmenším pro sviňuchu obecnou (*Phocoena phocoena*). Podle studie v odborném časopise *Current Biology* experimenty prokázaly, že sviňuchy aktivně a vědomě ovládají svou srdeční frekvenci – počet tepů za minutu řídí podle předpoklá-

dané délky ponoření. Současně s tím kontrolují nejen příjem kyslíku, ale brání i hromadění dusíku v těle.

V této souvislosti se mi vybavila kniha profesora Johna Lillyho popisující experimenty s delfíny z 60. let minulého století, kdy se snažili – z pohnutek v jádru etických – zavést anestezii u delfínů, aby při experimentech netrpěli. Nakonec metodou pokusů a omylů dospěli k tomu, že delfína uspat nelze, protože jakmile ztratí vědomí, okamžitě se udusí. Bylo by jistě zajímavé vědět něco víc o tom, zda třeba schopnost ovládat fyziologické děje nemohla být hnacím motorem pro rozvoj mozku a inteligence u kytovců. Ale to je v této fázi spekulace.

Tomáš Petrásek, Fyziologický ústav AV ČR

Žirafy i gepardi vymírají!

Žirafa je jediným savcem, jehož status zaznamenal na Červeném seznamu ohrožených druhů vydávaném Mezinárodním svazem ochrany přírody (IUCN) v loňském roce změnu – a to k horšímu. Žirafy se posunuly ze stupně „téměř ohrožený“ na stupeň „zranitelný“. Populace těchto afrických sudokopytníků klesla během posledních 30 let o téměř 40 % na necelých 100 000 jedinců. Příčinu tichého vymírání vidí biologové v ubývání přirozeného habitatu. Do oblastí dříve obývaných žirafami se stěhují lidé, na vině je však také pytláctví, choroby či boje v afrických zemích.

Ještě o stupeň hůře je na tom další rekordman v říši savců – gepard. Celosvětově zůstává pouhých 7100 jedinců, především v jižní Africe. Autoři studie o kritickém ohrožení gepardů publikované Zoological Society of London, organizací na ochranu divokých koček Panthera a Wildlife Conservation Society, volají po zařazení nejrychlejšího suchozemského savce do kategorie „ohrožený druh“. Vzhledem k plaché povaze této nepolapitelné šelmy bylo velmi složité získat o vymírání tohoto živočišného druhu konkrétní data. Kvůli rozsáhlým nárokům na životní prostor a dalším hrozbám, kterým ve volné přírodě čelí, jsou gepardi mnohem blíže vyhynutí, než se dosud myslelo. Populaci gepardů ohrožuje především ilegální obchod se živými zvířaty a kožešinami, pytláctví či ztráta přirozeného životního prostředí spojená se změnami ve využívání půdy.

Žijeme v době rychlého ubývání původních typů prostředí a s tím souvisejícím zmenšováním řady populací živočichů a rostlin. IUCN kategorizuje druhy podle jejich ohroženosti eventuálním vymřením, přičemž jedním z hlavních kritérií je, jak je druh vzácný, tedy jak početná je jeho populace a na jak velkém území se vyskytuje. Často se stane, že některý organismus přeskočí do ohroženější kategorie jen kvůli poznatku, že nejde o jediný druh, ale hned o několik, z nichž je tedy každý nutně vzácnější než ten původní. To se stalo i žirafám, když se zjistilo, že jde ve skutečnosti o čtyři druhy, z nichž každý žije jen na omezeném území. Míra ohroženosti podle IUCN zkrátka v některých případech odráží především naši znalost (nebo neznalost) reálné struktury příslušných taxonů. To ale není celý příběh. I kdybychom brali všechny žirafy dohromady, jejich celkový počet se skutečně snižuje. V rezervacích jich žije pořád ještě docela dost, takže návštěvník, který si vyrazí na safari, může mít pocit, že je vše v pořádku. Jenže na rozdíl třeba od slonů se žirafy jen výjimečně vyskytují mimo rezervace. Nejsou sice běžným terčem pytláků jako sloni nebo nosorožci, ale přece jen vyžadují neporušenou přírodu, které ubývá v souvislosti s prudce rostoucí lidskou populací v celé Africe.

Podobně je to s gepardy. Jako vrcholoví predátoři byli vždy vzácnější než většina kopytníků nebo ostatní šelmy, poněvadž jsou relativně slabší než třeba lvi či levharti, takže se před nimi musí skrývat (dospělí gepardi utečou, ale mláďata ne). Vidět v Africe geparda (na rozdíl od lvů, slonů nebo právě žiraf) je tak pro návštěvníka africké savany vzácný zážitek.

David Storch, Centrum pro teoretická studia UK a AV ČR





Evoluce názvů barev

Pojmenování barev je již dlouho předmětem zájmu studia lidské kultury a poznání. Odhaluje spojení mezi vnímáním, jazykem a kategorizací našeho světa. Otázkou zůstává, proč tolik světových jazyků vykazuje opakující se podobnosti v označení barev. Aby našli odpověď, sledovali lingvisté z univerzity v Yale vývoj jejich názvů v rámci rozsáhlé jazykové rodiny Pama-Nyungan v Austrálii. Analyzovali barevné systémy 189 jazyků této jazykové rodiny, kterou vybrali s ohledem na historii (až 6000 let) a velikost (zabírá asi 90 % australské pevniny). Podle výzkumníků má evoluční proces pojmenování barev sedm fází. V první fázi vznikají označení černé a bílé. V další se přidávají výrazy pro červenou, následuje žlutá nebo zelená, pak modrá a hnědá. Poslední fáze zahrnuje označení pro růžovou, fialovou, oranžovou a/nebo šedou barvu. Výsledky studie nastiňují detailní historii pojmenování barev v rámci velkého vzorku jazyka. Navazují na teorii základních označení barev Brenta Berlina a Paula Kaye, kteří tvrdí, že jazyky světa sdílejí společné skupiny názvů barev a že se tyto názvy vyvíjejí ve stejném, univerzálně daném pořadí.

Výzkum yaleských lingvistů potvrzuje, že již téměř padesát let stará teorie Brenta Berlina a Paula Kaye o univerzální hierarchii označení barev v jazycích světa je stále platná. Hierarchie označení barev reflektuje historický vývoj označení barev v jednotlivých jazycích, ovšem do určité míry se ve specifických sférách slovní zásoby může odrážet i v jazycích současných, například ve vlastních jménech. Je pozoruhodné, že v českých zeměpisných jménech jsou výrazně nejčastější černá, bílá a červená barva, jejichž názvy vznikaly v prvních fázích vývoje systému označení barev. Naopak některé barvy zde nenajdeme vůbec. Jako nejpřekvapivější se může jevit absence hnědé barvy v českých, ale i jiných slovanských zeměpisných jménech, neexistuje ani příjmení Hnědý. V germánských jazycích jsou příjmení Brown nebo Braun naopak velmi častá a označení hnědé barvy v nich nezřídka vstupuje i do zeměpisných jmen. Ve slovanských jazycích se však univerzální označení hnědé barvy vyvinulo až velmi pozdě; ještě Josef Jungmann považuje hnědou barvu za odstín barvy červené.

Pavel Štěpán, Ústav pro jazyk český AV ČR

Evropa plýtvá potravinami

V Evropské unii se podle nejnovějších výzkumů každoročně vyhodí až 88 milionů tun jídla. Vyčísleno penězi, jde téměř o 150 miliard eur. Vědci z Chalmers University of Technology ve švédském Göteborgu se rozhodli tento nešvar řešit a nabídnout potravinovým řetězcům účinné nástroje, které by omezily nejen samo plýtvání, ale i dopady dopravy zboží na životní prostředí. Studie Kristiny Liljestrandové zdůrazňuje, že většina vyhozených potravin pochází od spotřebitelů, ale v těsném závěsu jsou ztráty plynoucí z nevyhovujících logistických systémů. Jejich úpravou lze zabezpečit, aby si potraviny udržely dobrou kvalitu a cesta zboží do obchodu se zkrátila. Zásadní je zefektivnění spolupráce všech, kteří se procesu účastní, od výrobců přes dopravce až po prodejce. Ve druhé části výzkumu se Kristina Liljestrandová věnuje možnostem zmírnění vlivu dopravy potravin na životní prostředí a snižování emisí. Sledovala např. faktory, jako je vytiženost nákladních automobilů nebo kombinace různých druhů dopravy – silniční, železniční či námořní, a identifikovala, jaké způsoby přepravy jsou neúčinnější.

V současnosti se v souvislosti s distribucí potravin diskutuje o problému, jímž je vyhazování plodin kvůli estetickým standardům, neboli prodej tzv. křivé zeleniny. Příčiny plýtvání tkví především v normách, které odběratelé (převážně velké obchodní řetězce) kladou na zemědělce. Selektace má za následek, že se nejen značná část vypěstovaných plodin vyhodí nebo zaorá přímo na poli, ale zároveň nutí zemědělce produkovat mnohem více plodin, než by museli. Odhaduje se, že se při selekci z důvodů, jako je váha, vzhled a velikost, vyhodí přibližně 20–30 % vypěstovaných plodin. Pokud jde o vnímání naléhavosti tohoto problému českou veřejností, z výzkumu CVVM vyplývá, že většina dotazovaných (82 %) považuje plýtvání potravinami za naléhavé či srovnatelně naléhavé jako ostatní celospolečenské problémy. Česká veřejnost plýtvání vnímá, nicméně si jeho rozměry uvědomuje především na osobní úrovni, méně pak jako možný globální problém.

Jarmila Pilecká, CVVM, Sociologický ústav AV ČR



Žena jako módní doplněk

Jak zareagují ženy, když zjistí, že modelky v bikinách propagující sportovní auta či polonahé herečky v televizi degradují ženy na pouhé sexuální objekty? Většina z nich se rozhořčí a rozhodne se protestovat, říkají autorky studie o sexuální objektivizaci žen v médiích z italské univerzity v Padově. Věří, že osvětové kampaň zaměřené na ženy se mohou stát mocným nástrojem k podnícení boje proti takovému vnímání žen. V západních zemích jsou lidé na zobrazování odhalených těl využívaných jako nástroj pro upoutání pozornosti případného zákazníka zvyklí. Mnohem častěji jsou to však ženy než muži, upozorňuje jedna z autorek Francesca Guizzová. Taková sexuální objektivizace ženy degraduje, ovlivňuje způsob, jak se s nimi zachází, a má vliv na jejich psychiku a vnímání sebe samých. Studie mj. ukázala, že čím více jsou lidé vystaveni sexualizovaným obrazům z médií, tím se pro ně stávají běžnější. Vede to k nebezpečnému předpokladu, že zobrazování žen jako sexuálních objektů je vlastně normální. Autorky studie věří, že osvěta zvýší motivaci žen veřejně vystoupit k tomuto tématu a zlepší jejich mediální obraz.

Výše zmíněná problematika zcela jistě souvisí se zacházením se ženami ve všech sférách společnosti. Má negativní vliv na vnímání žen a jejich významu ve společnosti jako samostatných subjektů a ne pouze jako objektů vizuální pozornosti. Potvrzuje stereotypy o tom, že u žen jde především o zevnějšek, a snižuje tím význam snahy žen uspět v pracovním, veřejném i soukromém životě v jiných rolích, než jak jsou zobrazovány. Důležitá je i souvislost takto prezentovaných „ideálů krásy“ a zásadních sociálních a zdravotních rizik, jako jsou poruchy příjmu potravy i násilí na ženách.

Alena Křížková, Sociologický ústav AV ČR

Jeden z vizuálů nominovaných na anticenu „Sexistické prasátko roku 2016“. Porotcům vadilo, že stojí na principu „sex sells“, tj. k propagaci výrobku využívá sexuální prvky nemající žádnou souvislost s výrobkem. Nehledě na dvojsmyslné slogany bez souvislosti s produktem. (Zdroj: www.prasatecko.cz)



Oheň, dobrý sluha...

Pravěcí obyvatelé jižní Afriky používali během výroby kamenných artefaktů tepelnou úpravu kamenné suroviny. Mezinárodní tým archeologů uveřejnil studii, podle které v období středního paleolitu, před 65 tisíci lety, využívali anatomicky moderní lidé na lokalitě Klipdrift Shelter v Africe během výroby kamenných nástrojů oheň. Záměrné užití ohně v procesu štípání přineslo mnohé výhody. Zlepšily se štěpné vlastnosti kamene, k odrazení čepelí od jádra byla zapotřebí menší síla, což mělo za následek i lepší kontrolu a přesnost v celém procesu výroby. Čepelové polotovary lidé dále upravovali do tvaru půlměsíce a vkládali do hrotů šípů či oštěpů. Podle jednoho z autorů studie Christophera Henshilwooda (Univerzita v Bergenu, Norsko) se tak může jednat o zatím nejstarší doložené užití luku a šípu. Nová technologie opracování kamene a s ní související nové metody lovu zvěře tak výrazně pomohly zlepšit životní podmínky našich předků.

Tepelná úprava kamenné suroviny ve smyslu úmyslného a kontrolovaného zahřívání pomocí ohně se stala významným inovativním prvkem v technologii výroby štípané kamenné industrie. Jde o jeden z nejstarších dokladů transformační technologie za účelem změnit fyzikálně-chemické vlastnosti materiálu, a tím zjednodušit celý proces výroby a zlepšit celkovou kvalitu vyrobených předmětů. Tento technologický postup byl znám v různých oblastech Eurasie od mladého paleolitu a využíval se zejména při štípání tlakem, aby se získaly specifické artefakty, např. mikrolity nebo tenké listovité hroty. Na základě současných etnoarcheologických pozorování (Indie, Jemen) a experimentálních studií víme, že jde o komplexní a poměrně komplikovaný proces postupného zahřívání a ochlazování kamenné suroviny za přísného sledování teploty a intenzity ohřevu.

Nové objevy v jižní Africe ukazují, že se tato technologie využívala již mnohem dříve, v období středního paleolitu (cca 70 tisíc let př. n. l.). U lokality Klipdrift Shelter se uplatnil trochu jednodušší, ne až tak komplexní postup, jeho využití je však prvním přímým důkazem, že se oheň používal během celého procesu štípání. Usnadnil výrobu artefaktů i z méně kvalitních surovin, a představuje tak inovativní adaptaci na využívání místních zdrojů, která nemá ve středním paleolitu obdoby.

Martin Novák, Archeologický ústav AV ČR, Brno

ROSTOU? ROSTOU?

Komu z nás by se při této otázce neobjevily před očima voňavé kloboučky hříbků, elegantní bedly či rezavé lišky – nebo je libo drahocenné lanýže? **Sotva si zároveň vybavíme doma nevítané houby dřevokazné nebo mikroskopické, laicky běžně označované jako plísně, které mohou jak zabíjet, tak zachraňovat životy.** Biologové se je učí znát a využívat k našemu prospěchu stále důkladněji.



Houby všeho druhu mají na talíři – tedy lépe řečeno v laboratorní misce nebo ve zkumavce – v Mikrobiologickém ústavu AV ČR dennodenně. Ochutnat bychom z nich ale chtěli asi pouze už zmíněné lanýže, které patří mezi nejvyhledávanější, zároveň ovšem převzácné, a proto patřičně drahé pochoutky. Mohli bychom přitom dokonce sáhnout do domácích, českých zdrojů. Lanýže se totiž u nás kupodivu vyskytují, třebaže sporadicky, dokonce jich v Česku můžeme najít 16 druhů, mezi nimi i přísně zákonem chráněný lanýž letní.

Milan Gryndler z laboratoře biologie hub Mikrobiologického ústavu AV ČR a jeho kolegové se proto pustili do výzkumů, jak podpořit růst lanýžů a případně jejich cílené pěstování. Nejdříve museli najít způsob, jak zjistit, jestli se vůbec lanýž – respektive jeho DNA – v určitém půdním vzorku vyskytuje. Pomohly jim moderní metody molekulární genetiky. „Genetické metody umožňují zjistit, jestli je lanýž přítomen, aniž bychom museli najít jeho plodnice.“ Ty jsou totiž schované pod zemí, často je odhalí pouze zvěř. Lanýž je navíc chráněný. Výzkumy však ukazují, že se u nás opravdu vyskytuje a jeho cílené pěstování by nemuselo být vyloučené.

Labužníci se teď možná začali těšit, že budou kupovat lanýže v supermarketu tak

samozřejmě jako dnes žampiony. Zatím je to však jen toužebné přání. Abychom se k jeho splnění mohli jednou alespoň přiblížit, potřebujeme podrobně znát, jaké má lanýž požadavky na prostředí, s jakými rostlinami či mikroorganismy žije v symbióze, jaká půda je pro jeho růst vhodná nebo nevhodná. Přesně takový byl cíl pětiletého projektu mikrobiologů.

Nahrávat komerčnímu pěstování lanýžů by mohla podle Milana Gryndlera i skutečnost, že se změnou klimatu a postupně rostoucí teplotou se naše území zdá pro tyto účely čím dál příznivější: „Lanýž letní potřebuje teplo, vlhko a vápník v půdě. Má rád půdy neutrální až mírně zásadité – a těch je u nás poměrně dost. Jde o ektomykorhizní houbu, takže je vázán na řadu dřevin. Nejvíce se u nás vyskytuje tam, kde rostou habry, ale najdeme ho třeba pod duby, lípami i pod lís-kami.“ Určitá doporučení, kde a jak lanýže pěstovat, už tedy mohou odborníci dát – přesto některé problémy stále zůstávají otevřené. „Lanýž se pěstuje tak, že se jím naočkuje kořenový systém hostitelského stromu – právě procedura očkování je ale zatím do určité míry nedořešená.“

Vědci však pokračují ve výzkumech a zajímá je především, jak se lanýže chovají v půdě. „Podařilo se tak poprvé zachytit diferenciaci podhoubí lanýže letního, tedy nestejnorodost jeho vlastností, která možná souvisí s tím,

že některé jeho části se specializují na výživu a jiné na rozmnožování, tedy produkci plodnic,“ říká Milan Gryndler a připouští, že rozmnožování lanýžů zatím zůstává velice tajemné; výsledky skupiny z Mikrobiologického ústavu AV ČR nicméně naznačují směr, jímž by se mohl výzkum ubírat. Záhadu k vyluštění pro ně představuje i lanýž Borchiiův: ačkoli totiž lze laboratorními postupy poměrně často zjistit jeho mycelia neboli podhoubí, plodnice tohoto druhu se na našem území našly zcela výjimečně. Paradoxní je podle jeho slov i skutečnost, že jakkoli vzácné lanýže obecně jsou, v přírodě dovedou být velmi aktivní, možná až agresivní. Dokážou produkovat různé jedovaté látky (alelopatika), jimiž dokonce ničí kořeny většiny druhů rostlin, které se v jejich okolí vyskytují a které nejsou jejich hostiteli. Ukázalo se, že lanýž letní si tímto způsobem také vybírá své mikrobiální sousedy v půdě. „V Mikrobiologickém ústavu se nám podařilo identifikovat několik takovýchto soupeřníků lanýže letního, kteří jsou pravděpodobně na soužití s ním specializováni a museli se proto adaptovat na přítomnost jedovatých látek, které lanýž produkuje. Jsou tudíž potenciálně zdrojem enzymů, které by mohly být využity při odstraňování škodlivin ze znečištěných půd.“ >>

Řez plodnicí lanýže letního (*Tuber aestivum* Vittad.). Plodnice této zákonem chráněné houby se nacházejí i na našem území a ve zralém stavu obsahují spory, pomocí nichž se houba může v přírodě šířit. Pro kulinářské využití lze houbu pěstovat na kořenech vhodných hostitelských dřevin.





Podhoubí velkého množství druhů hub (včetně lanýžů) lze molekulárně genetickými metodami nalézt v půdě. K tomu je třeba nejprve extrahovat z půdy DNA, vysvětluje Milan Gryndler.

Houby nikoli na smažení, ale do injekce

Ve zkumavkách, baňkách a Petriho miskách Mikrobiologického ústavu AV ČR (MBÚ) najdeme lanýže jen okrajově, výrazně v nich převažují mikroskopické houby, jichž bychom si my, neodborníci, nejen sotva povšimli, ale které bychom mezi houby zřejmě vůbec nezařadili, protože jim obvykle říkáme plísně. Platí to kupříkladu o štětičkovcích z rodu *Penicillium*, z nichž se vyrábí penicilin, mohou se přidávat do půdy pro zvýšení její úrodnosti nebo jim vděčíme za chutné plísňové sýry. Říše hub skrývá i sněti či mikrosporidie, o jejichž schopnostech přiléhavě vypovídá jejich český název „hmyzomorky“, a mnoho podobných zástupců často nevábneho vzhledu i jména. Vědci studují jak jejich škodlivé působení na rostliny, živočichy i lidi, tak i jejich diverzitu, evoluci a genetiku, především však určují a analyzují nepřeberné množství tzv. sekundárních metabolitů, což jsou chemické látky, které houby produkují buď mimobuněčně,

nebo vnitrobuněčně. Každý druh jich může vytvářet i desítky a mohou mít nejrozumnější účinky: mohou odpuzovat hmyz, zvyšovat odolnost rostlin proti stresům, a – co je nadmíru důležité pro člověka – často mají antibiotické nebo protinádorové účinky.

Podle vedoucího laboratoře genetiky a metabolismu hub Mikrobiologického ústavu AV ČR Miroslava Kolaříka je to logické: houba tyto látky produkuje proto, aby si vyklidila prostředí od bakterií nebo rostlinných buněk, některé nadto způsobují buněčnou smrt neboli apoptózu rakovinných buněk. Na vědcích je, aby účinné sloučeniny našli, popsal jejich působení a případně otevřeli cestu k jejich využití v medicíně, při ochraně rostlin apod. Například u jasanů nebo ořešáků studovali, jakým způsobem je houba zabíjí, aby pak bylo možné vyšlechtit odolnější stromy.

V uvedené laboratoři mají mimo jiné největší světovou sbírku parazitů travin z rodu paličkovice (*Claviceps*), kam patří např. paličkovice nachová (*Clavi-*

ceps purpurea), jež tvoří známý námel, obsahující alkaloidy, z nichž se vyrábějí léčiva – i tyto houby a jejich produkty jsou předmětem intenzivního výzkumu. Vědci dále popsali řadu látek s antibiotickými účinky izolovaných z jedné houby nalezené na jilmu.

Od kůrovce k antibiotikům a protinádorovým látkám

Možná překvapí, že v Mikrobiologickém ústavu AV ČR studují i kůrovce. Přirozeně jim nejde o jeho vyhubení, nýbrž o houby, s nimiž kůrvec žije v symbióze: „Má je třeba v žaludku, nemohou mu jakkoli škodit, ale zároveň disponují obrovskou baterií metabolitů, které zabíjejí roztoče, hádátka, bakterie, dokážou selektivně zabíjet jiné druhy hub a podobně. To znamená, že musí produkovat biologicky aktivní látky směřující na nějakou dráhu, která je unikátní pro daný genom, není univerzální,“

Mikroskopická houba *Pseudogymnoascus destructans* na Petriho misce. Tato houba napadá kůži netopýrů a působí tzv. nemoc bílého nosu.



Nárost mikroskopických hub z lidské stolice. Dominantu tvoří slizovité kolonie kvasinek, které stejně jako plísně či třeba lanýže patří mezi houby.



Mikroskopické plísně tvoří okem viditelné struktury. Každou ze zelenavých paliček druhu *Penicillium vulpinum* tvoří až stovky milionů spor.



Rod *Penicillium* je nápadný zelenavým zbarvením kolonií. Patří sem vůbec nejčastěji izolované plísně běžné v půdě či na rostlinném materiálu.



Rod *Aspergillus* zahrnuje řadu živě zbarvených hub. Patří sem mnohé patogeny, ale i producenti biotechnologicky významných látek.

*Aktivita týmu
v laboratorii genetiky
a metabolismu hub
MBÚ zahrnuje
studium diverzity,
ekologie, taxonomie,
evoluce, genetiky,
fyziologie, biochemie
a produkce
sekundárních
metabolitů.*



objasňuje Miroslav Kolařík. A protože brouk a člověk se od sebe z tohoto hlediska zase tolik neliší, je podle jeho slov naděje, že by látky z hub na kůrovcích bylo možné použít jako léčiva. Sloučeniny zabíjející některé houby, aniž by ublížily člověku, mohou být potenciálním lékem na mykózy. Jiné, likvidující třeba rakovinné buňky a ponechávající současně nedotčené buňky zdravé, by mohly sloužit v boji proti nádorům atp.

Přes kůrovce se mikrobiologové dostali také k endofytním houbám z listnatých stromů. (Endofytní houby žijí uvnitř rostlin, berou si od nich některé látky a na oplátku je mohou chránit před různými patogeny či býložravci.) Izolovali z listnáčů několik kmenů a hledali v nich látky zajímavé pro medicínu. „Jeden měl extrémně velkou schopnost odolávat jistě houbě, která nám napadla laboratoř a všechny ostatní houby v ní zlikvidovala. Zato náš kmen přežil – proto jsme se dále zaměřili na jeho sekundární metabolity a identifikovali řadu látek málo známých nebo pro vědu nových,“ konstatuje s potěšením Miroslav Kolařík. Dotyčná houba má poněkud krkolomný název *Quambalaria cyanescens* – a výsledkem jejích chemických analýz je objev nejen sady antibiotických látek, ale – což je obrovský úspěch – dokonce i patentování nové látky s protinádorovými účinky. Vědci ji nazvali quambalarin B a pustili se do projektu, jehož cílem je hlouběji prozkoumat účinky objevených látek a posunout je blíž k terapeutickému využití.

Extrémní prostředí podněcuje extrémní schopnosti

Hledání nových potenciálních léčiv vede mikrobiology i do neobvyklých míst, kde houby musí bojovat s krajně nepříznivými přírodními podmínkami nebo se silnou konkurencí, a proto se u nich dá předpokládat velká biologická aktivita, včetně antibiotické. Mohou to být kupodivu i extrémně kyselé půdy, za nimiž se vědci vydali do rezervace Soos u Mariánských lázní. Dlouho se předpokládalo, že tam dokážou přežít pouze

bakterie. Ukázalo se však, že významnou část tamní biomasy tvoří právě houby, které mají řadu mechanismů, jimiž bojují jak s výrazně kyselým prostředím, tak s konkurencí. „Je tam obrovské množství bakterií a houby s nimi musí soupeřit svými výraznými antibakteriálními vlastnostmi,“ říká Miroslav Kolařík. „V první řadě u těchto hub zjišťujeme, jestli zabíjejí bakterie nebo jiné modelové houby a modelové bakterie,“ vysvětluje dál, „a také v rámci projektu s kolegy z Přírodovědecké fakulty UK testujeme příslušné látky na různých liniích nádorových buněk, u nichž se potom dá určit, jestli konkrétní houba zabíjí rakovinové buňky a neškodí zdravým atd.“

Houby pro biotechnologie

Mikrobiologové nově nalezené extrémofilní houby samozřejmě popsali i pojmenovali, a tak se objevily nové druhy a rody, jako *Acidiella bohémica* nebo *Soosiella minima*, *Acidothrix acidophilus* a další, od nichž si odborníci slibují nejen nové bioaktivní látky, ale též využitelnost např. v biotechnologiích. Mnohé mikroorganismy – bakterie i houby včetně kvasinek – totiž dokážou vyrábět různé me-

tabolity či enzymy v podstatě nepřetržitě a v neomezeném množství. Například houby z rodu *Aspergillus* jsou zdrojem enzymů používaných v pekařství.

Jedinečným fenoménem jsou houby nalezené při výzkumu jeskyně Movile v Rumunsku, která byla v důsledku tektonických posuvů uzavřena více než pět milionů let, takže v ní docházelo v podstatě k nezávislé evoluci. Vyskytuje se v ní mnoho unikátních mikroorganismů a endemických druhů hmyzu a bezobratlých, přičemž nejextrémnější část jeskyně je tzv. chemolitotrofní. „Po miliony let do ní nepřišla žádná organická hmota zvenku a bakterie, které ji obývají, získávají energii mechanismy založenými na využívání anorganických látek. Na bakteriích pak rostou různé houby a bezobratlí. Následkem zmíněných procesů se tam vytvořila atmosféra obsahující 20 % oxidu uhličitého, další velkou část tvoří sirovodík a metan. A v tomto prostředí jsou houby schopné žít – stačí jim nesmírně málo kyslíku,“ podotýká Miroslav Kolařík. Doplňuje, že takovéto mikroaerofilní houby rostoucí v prostředí s minimem kyslíku lze použít v bioreaktorech kupříkladu na výrobu biolihu. Při jeho výrobě je totiž nutné nejprve degradovat rostlinný odpad,



Petriho misky v rukách Miroslava Kolaříka. Čistá houbová kultura je prvním krokem při poznání identity a potenciálního využití dané houby.

třeba slámu, pomocí mikroorganismů dodávajících enzymy, které štěpí složité polymery celulózy nebo ligninu. Jenže stejné mikroorganismy už nedokážou vzniklou hmotu přeměnit na líh. Tuto práci musí v následném kroku odvést kvasinky právě v prostředí, kde je málo

**Zaměřujeme se na
komplexní poznání
biologie několika skupin
hub s velkým významem
pro člověka.**

–Miroslav Kolařík–

kyslíku. Pokud by existovaly houby, které dokážou rozštěpit celulózu a ze vzniklých jednodušších fragmentů posléze udělat líh, mohl by se přirozeně celý proces v bioreaktorech zjednodušit. Hub se zajímavými vlastnostmi a biotechnologickým potenciálem je v moravské jeskyni dost. „Moc pěkný je však i čistě základní výzkum, který se na nich dá dělat – může vygenerovat základní poznatky třeba o rychlosti evoluce hub.“

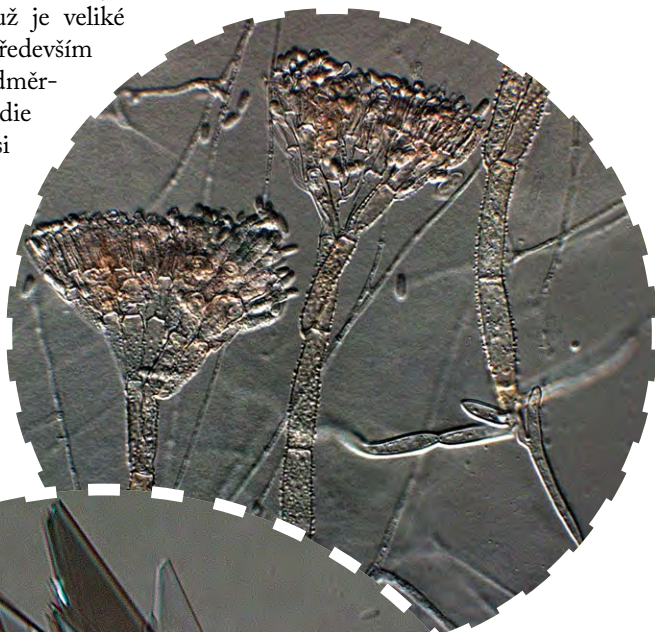
Houby navíc pomáhají různým živým organismům štěpit nebo strávit potravu, kterou by jinak nestrávily, nebo vyrobit látky, jež by si jinak samy vytvořit nedovedly, včetně některých sterolů, vitamínů nebo esenciálních aminokyselin a mastných kyselin. Výzkumy MBÚ mohou dokonce pomoci každému z nás i v kuchyni, protože výzkumníci poznávají přednosti i slabiny hub, které dokážou přežít sterilizaci či pasterizaci a napadají zavařeniny nebo způsobují plesnivění jogurtů a jiných potravin.

Proč houby tolik voní

Jak už bylo řečeno, houby nejsou jen to, co hodíme v létě do košíku a posléze na talíř – přesto pro většinu z nás zůstane jejich symbolem specifická vůně, kterou ucítíme, jakmile vstoupíme do lesa. I ona je ovšem součástí strategie přežití a rozmnožování. Jedná se o celkem jednoduché chemické sloučeniny, které v přírodě fungují jako feromony. Rozpoznávají je nejen jiné organismy, třeba

hmyz, ale slouží též jako určitá informace i houbám samým. Když je „houbových feromonů“ příliš, pak spory hub neboli konidie neklíčí, vysvětluje Miroslav Kolařík: „Představte si plesnivý podrost; padanka je krásně prorostlá, vystupují z ní příslušné tékavé alkoholy, my je cítíme. Houba vytvoří miliony konidií, a když dopadnou na místo, kde už je velké množství nejen jiných, ale především vlastních konidií, tudíž i nadměrně moc zmíněné vůně, konidie prostě neklíčí. Cílem je, aby si nekonkurovaly. Je popsáno,

Mikroskopický snímek houby *Geosmithia rufescens*. Tento symbiont kůrovců je jedním z více než šedesáti nových druhů hub popsanych v MBÚ.

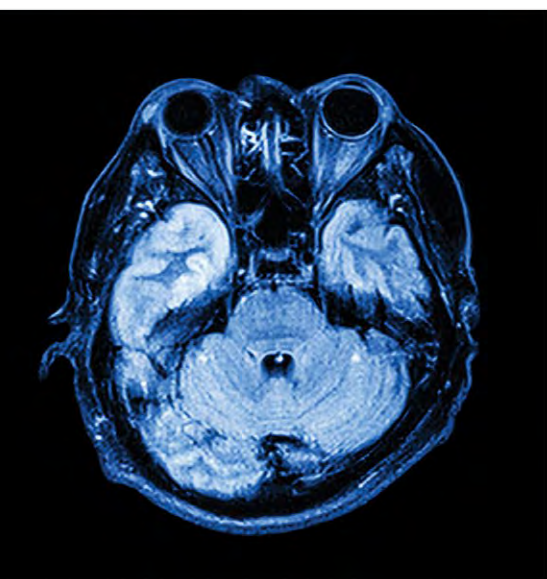


Mikroskopický snímek výkalů houbožravého kůrovce. Výkal tvoří zbytky požřených hub. Patrné jsou i velké krystaly močoviny.

že tyto látky fungují jakoby antifungálně, představují jakousi zpětnou vazbu. Jejich přítomnost do určité koncentrace znamená: „Jsme tady.“ Po překročení jistě míry už ovšem signalizují: „Je nás tady moc, už ostatní nechodte.“ Podobně fungují i hmyzí feromony.“



Umělý člověk

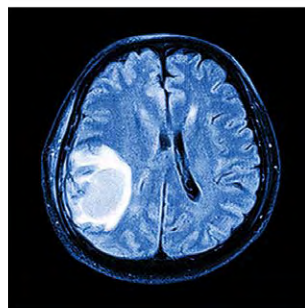


Ještěrky dokážou v nouzi odhodit svůj ocas a ten jim doroste. Axolotl mexický je schopen regenerovat i celé orgány. Přeborníky jsou však ploštěnci – nejen že libovolné části jejich těl dorůstají, ale z odděleného kousku jejich organismu dokáže vyrůst celý nový jedinec. **Takové regenerační schopnosti lidský organismus nemá.** Věda a medicína ale umí nahradit, či dokonce vylepšit stále více a více...



Nahrazování částí lidského těla není módou posledních desetiletí. Již ve starověké Indii a Číně se používaly pro odstranění tělních defektů různá lepidla, tmely i vlastní tkáňe a na egyptských mumiích se našly umělé uši, nosy, zuby i oči. Teprve v současnosti ale lékařská věda a moderní technologie dokážou vytvářet náhrady skutečně funkční. Jednoduché to však není. Zubní implantáty, kloubní náhrady, či dokonce bionické protézy končetin – to vše je schopna medicína vyrobit velmi dobře a hranice možného posouvá takřka denně.

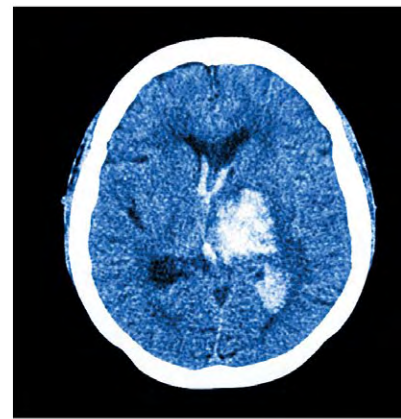
Nejkomplikovanější je to s mozkem a míchou, které mají jen velmi omezenou regenerační schopnost. Přesto i v tomto směru se snaží věda najít nějakou cestičku. Například Ústav experimentální medicíny AV ČR se pokouší alespoň částečně regenerovat míchu po úrazu pomocí kmenových buněk. Případný úspěch takových terapií je ale stále





v nedohlednu. Stejně je na tom náš nejsložitější orgán, mozek. Ten dnes nahradit žádným způsobem neumíme. A podle odborníků to jinak než zase mozkovou tkání asi nepůjde nikdy. Vše ostatní buď vyměnit do jisté míry lze, nebo je jen otázkou času, kdy se to medicíně podaří.

S rozvojem technologií si klademe stále větší nároky. Výzkumníkům už nestačí, aby tkáňové náhrady obsahovaly sice biokompatibilní, ale víceméně pouze syntetický materiál jako u cévních protéz, náhrad srdečních chlopní či umělých kloubů. Moderní materiály by v ideálním případě měly obsahovat i přirozené



buněčné složky konkrétní tkáně, takže by sloužily též jako náhrada mezibuněčné hmoty a plnily její funkce. A samozřejmě by podporovaly růst buněk nahrazované tkáně. Navíc se musí ve správnou chvíli vstřebat a regeneraci tak dotáhnout k dokonalosti. Jako nejslibnější se jeví nanomateriály.

Se záchranou života, zlepšováním jeho kvality nebo chcete-li vylepšováním lidských těl, pomáhají i mnohá pracoviště AV ČR ať už základním, nebo aplikovaným výzkumem. Vybrali jsme ty nejzajímavější výsledky z poslední doby. >>



Kosti

Lidská kost je v podstatě jedním z nejdokonalějších kompozitních materiálů, který existuje. Navíc plní řadu zdánlivě nesouvisejících funkcí – je oporou lidského těla, chrání vnitřní orgány, umožňuje pohyb, vytváří červené a bílé krvinky, krevní destičky a slouží také jako zásoba fosforu, vápníku a energie. Nepřekvapí proto, že najít materiál pro její náhradu není jednoduché.

Kost má dobrou schopnost vlastní regenerace, ale pokud je poškozená např. v důsledku úrazu rozsáhlejší, přichází na řadu štěp nebo umělá náhrada. Nejvhodnější se zdá použití vlastního kostního štěpu z jiného místa. To však znamená další operativní zákrok, zvýšení rizika infekce a samozřejmě je zde velké omezení – štěp odebraný z jiné kosti nemůže být příliš velký. Dárcovská kost nebo tzv. xenogenní štěpy (z prasečích či telecích kostí) nejsou vhodné vzhledem k možnosti, že je organismus pacienta odmítne, ale také s ohledem na riziko přenosu nemocí. Ideální řešení představují umělé kostní náhrady. Pro jejich konstrukci se používají kovové, keramické a polymerní materiály. Jenže každý z nich má své nevýhody. Kovové materiály nejsou dost pružné, a způsobují tak nevhodný přenos zatížení, který může vést ke snížení hustoty kosti a změnám v její architektuře. Po vyjmutí implantátu se tak může kost zlomit znovu. Slitiny navíc v tělním prostředí často podléhají různým formám koroze. Keramické materiály jsou velmi pevné a mají výborné vlastnosti při biologickém hodnocení, jenže jsou příliš křehké. A polymerní náhrady sice vykazují vhodnou biokompatibilitu, ale současně nízkou tuhost a také poměrně malou pevnost.

Řešením mohou být polymery vyztužené vlákny, resp. polymerní kompozity. Ty jsou pružné a přitom pevné. Při přípravě materiálu mohou odborníci volit množství (podíl) vláken, lokální i globální uspořádání vyztužující složky a hledat tak ideální složení kompozitu. Tyto materiály nekorodují, neuvolňují se z nich alergeny jako z kovů (nikl, chrom) a mají vyšší únavovou pevnost.

Nároky na materiál nejsou zrovna malé. „Musí podporovat vrůstání okolních kostních buněk z nepoškozené tkáně do implantátu, a zároveň být biodegradabilní, což znamená, že současně s vrůstáním a tvorbou nových buněk je implantát organismem resorbován,“ vysvětlují Karel Balík a Tomáš Suchý z oddělení kompozitních a uhlíkových materiálů Ústavu struktury a mechaniky hornin AV ČR v publikaci *Nakladatelství Academia Biokompozitní náhrady kostní tkáně* (zdarma ke stažení na www.vedakolemnas.cz). Právě v tomto pracovišti Akademie věd se výzkumu kostních náhrad s úspěchem věnují. Používají výztuž tvořenou nanovláknem kyseliny polyglutidové, které se v těle během 6–12 měsíců rozloží. Matrice je na bázi kolagenu a obsahuje nanočástice kalcium fosfátu. Není bez zajímavosti, že kolagenová matrice se získává z ploutví a kůže ryb a nanočástice kalcium fosfátu se připravují z telecích kostí. Když vše dobře dopadne, může jimi připravený materiál sloužit jako náhrada kostní tkáně již za několik let.

V novém projektu podpořeném grantem ministerstva zdravotnictví navíc vyvíjejí a testují ve spolupráci s 1. lékařskou fakultou UK a Ústavem živočišné fyziologie a genetiky AV ČR nanokompozitní nosiče také pro osazování kmenovými buňkami. Výsledky získané pomocí testů *in vitro* vědci využijí v testech *in vivo* na modelu miniaturních prasat. Výzkum by měl být dokončen v roce 2018.



*Krev rozpozná
každý materiál,
který není
přirozeným
povrchem cévy,
a začne se srážet.
Vědci ji tedy musí
nějak oklamat.*

Krev

■ Umělé zuby, umělé klouby, umělá srdce – dobrá. Ale umělá krev? Červená tekutina plní mnoho funkcí. Bílé krvinky se starají o obranu proti patogenům, červené krvinky zajišťují přísun kyslíku do všech orgánů a krevní destičky se starají o to, aby člověk nevykrvácel při drobném poranění. Všechno nahradit neumíme, přesto vědci přišli s něčím, co se lidově nazývá bílá krev.

Jde o vodnou emulzi perfluorovaných uhlovodíků, což jsou jednoduché organické sloučeniny, ve kterých ve všech vazbách s uhlíkem (C–H) nahradil vodíkové atomy fluor (C–F). Tyto látky mají úžasnou schopnost vázat kyslík, a jsou proto ideální náhradou hemoglobinu, který se v krvi stará o distribuci kyslíku. Syntetická bílá kapalina zdaleka není plnohodnotnou náhradou, ale při velkých ztrátách krve se v traumatologii používá, není-li po ruce krev pro transfuzi. Nás ale v souvislosti s krví bude zajímat něco jiného: jak reaguje na umělé náhrady, například cév pro tzv. bypass.

Krev se na vzduchu sráží, to poznal každý, kdo se někdy řízl. Už méně se ví, že krev se sráží i uvnitř těla, a to při kontaktu s jiným povrchem než vnitřní stěnou cév a srdce.

Čím je cévní stěna tak výjimečná, že zabraňuje krvi ve srážení? Pokrývá ji vrstva buněk zvaná endotel, která mimo jiné zajišťuje transport látek přes cévní stěnu. Jakmile se krev dostane do styku s jiným povrchem, krevní destičky shlukující se na povrchu vytvoří spolu se vznikající sítí fibrinových vláken krevní sraženinu – trombus.

Při poranění cévy trombus zastavuje vnitřní krvácení. Jenže pokud chceme zavést do organismu třeba kardiovaskulární implantát, musí se s tím lékařem vypořádat. Ani po půl století výzkumu zaměřeného na vývoj materiálů snášenlivých s krví žádný materiál nedokáže nahradit funkci endotelu.

Protéza umístěná do krevního oběhu nemůže dlouhodobě fungovat, aniž by její povrch alespoň částečně přerostl přirozeným endotelem. Jedním z moderních přístupů je vývoj bioarteficiálních protéz, které se před implantací pokryjí vrstvou endoteliálních buněk. Takový proces by obnášel odebrání buněk od pacienta asi dva týdny před plánovanou operací, jejich laboratorní množení a vysazení na povrch protézy a kultivaci v bioreaktoru.

Tým Eduarda Bryndy z Ústavu makromolekulární chemie AV ČR a centra BIOCEV (společné pracoviště Akademie věd a Univerzity Karlovy) spolu s pracovníky Fyziologického ústavu AV ČR vyvíjí povrchové úpravy materiálů, které by při tomto postupu podporovaly vytvoření umělého endotelu. A úspěšně.

Výzkumnému týmu se podařilo vypěstovat z endoteliálních buněk na vnitřní stěně umělé (polymerní) cévy vrstvu odpovídající přirozenému povrchu nepoškozené cévy. Analogické povlaky vyvíjí i pro náhrady chlopní a opravy srdeční stěny. Je ale zřejmé, že mnohem výhodnější by bylo, kdyby náhrada sama podpořila vytvoření nového endotelu až v těle pacienta po implantaci a popsany komplikovaný předoperační postup by odpadl.

Týmy proto vyvíjejí povlaky, které by po voperování protézy do krevního oběhu lákaly endoteliální buňky z okolní krve, podporovaly jejich uchycení a množení na povrchu protézy a současně bránily srážení krve, dokud na povrchu nevyroste přirozený endotel.

>>



*Kochleární implantát
usnadňuje život tisícovce
neslyšících v České republice.*

Ucho

Přibližně od dvacátého roku věku ztrácíme sluch. Výzkum Ústavu experimentální medicíny AV ČR v roce 2014 potvrdil, že se to týká především vysokých tónů. Vyšší frekvence jsou starší lidé schopni zaznamenat teprve při zvýšené intenzitě. Jinými slovy, vyšší tóny slyšíme, až když jsou hlasitější. Mladý člověk je slyší i mnohem tišší. Výsledky výzkumu ukazují, že na zhoršení sluchu s věkem se podílejí i změny v mozkové kůře. „Cílem naší studie bylo vytvořit nový standard pro audiologická vyšetření, ve kterých se bude testovat sluch až do 16 kHz místo dosavadních 8 kHz. Studie se účastnilo bezmála 500 lidí všech věkových skupin a práce byla publikována v prestižním časopise *Journal of Acoustical Society of America*,“ upřesňuje Josef Syka z oddělení neurofyzologie sluchu Ústavu experimentální medicíny AV ČR, přední český expert v oblasti neurověd.

Zhruba od věku 60 let už mnoho pacientů slyší velmi omezeně a potřebuje k dorozumívání sluchadla. To jsou vlast-

ně malé zesilovače, sluchová funkce pacienta tedy musí být stále do značné míry zachována, jinak by přístroj neplnil účel. Jakýmsi umělým uchem jsou až kochleární implantáty. Řečový procesor umístěný za uchem pacienta obsahuje kromě mikrofону, elektronického frekvenčního filtru a dalších obvodů i vysílací cívkou, která přenáší signály v digitální podobě na vhojenou cívkou pod kůží. Z implantovaného přijímacího obvodu vychází svazek několika desítek miniaturních elektrod – drátků, které se zakončují v různých částech hlemýždě. Proud dráždí vždy jen malou oblast hlemýždě a podle místa zakončení drátku vzniká vjem nízkého nebo vysokého tónu. „V osmdesátých letech jsme se podíleli na vývoji prvního kochleárního implantátu. To je zařízení, které dnes umožňuje prožít kvalitní život mnoha neslyšícím. A považuje se za standardní metodu léčby ztráty sluchu. Samotný implantát má ve světě odhadem 400 tisíc lidí, v České republice kolem tisícovky pacientů. Implantuje se i u nejmenších dětí, často už

oboustranně, a využívá se i tam, kde jsou zachovány zbytky sluchu,“ vysvětluje Josef Syka, jehož výzkum se samozřejmě netýká pouze stimulace vnitřního ucha.

„V pokusech na potkanech jsme zjistili, že nervové buňky s věkem neubývají plošně, ale jen některé jejich specifické typy. Projevuje se to především v narušeném vnímání časových parametrů zvuku. Naši snahou je proto zavést do audiologie některé testy pro vnímání časových parametrů zvuku, například test minimálního trvání pauzy v kontinuálně přítomném zvuku, které jsme ještě schopni zaregistrovat,“ říká Josef Syka. Mladí lidé rozeznávají mnohem kratší pauzu v šumu než starší. Rozdíl může být i trojnásobný. Výsledkem je horší rozlišování řeči. „Řeč je totiž velmi složitý akustický signál, v němž jsou časové intervaly jednotlivých zvuků velmi krátké, takže starší člověk je všechny nevnímá. Sluchový systém nedokáže tyto rychlé podněty zpracovat. Proto sice slyší, ale špatně rozlišuje, co mu druhý člověk říká.“

Hlasivky

■ Lidské hlasivky jsou sice menší než dva centimetry, avšak nadmíru výkonné. Kromě toho, že umí vytvořit velmi silný zvuk, vykonají denně přes milion kmitů. U moderátorů, zpěváků nebo třeba učitelů to může být i pět- až desetkrát tolik. Když se hlasivky otevírají a zavírají, naráží na sebe, nejde tedy jen o kmitání, ale také o četné kolize způsobující rázové namáhání hlasivkové tkáně. Navíc vzduch, který jimi proudí, může mít rychlost až 200 km/hod.

Pacientům, kteří onemocní rakovinou hlasivek nebo hrtanu, musejí často lékaři celý hrtan včetně hlasivek odoperovat. Jen v České republice se to týká přibližně 100 pacientů ročně. Jediným řešením jsou pro ně hlasivky vnější (např. tzv. slavík), jejichž zvuk je ale nepřírozený, a především se mnoho lidí ani s jejich pomocí nenaučí mluvit vůbec.

Čeští vědci úspěšně hledají nové způsoby, jak vyrobit hlasivky umělé. Problém je především v materiálu. Najít takový, který vydrží extrémní zátěž a navíc dokáže vydávat zvuk alespoň příbližných vlastností, jako má lidský hlas, se dosud nedařilo. „Lidský hlas potřebuje zhruba frekvenční rozsah od 100–120 Hz u mužů a do 200–250 Hz u žen. Zatím nejsme schopni docílit takového rozsahu a počtu cyklů, aby to vůbec materiál po delší dobu vydržel,“ vysvětluje Jaromír Horáček z Ústavu termomechaniky AV ČR.

Jako úspěšná se ukázala spolupráce s Ústavem makromolekulární chemie AV ČR, kde navrhli

vhodné materiály. „V současnosti provádíme všechna nezbytná měření našich umělých hlasivek a ověřujeme, zda fyziologické parametry odpovídají lidskému hlasu. Povrch prototypu je na bázi silikonu a dovnitř se dávají různé náplně,“ dodává Jaromír Horáček. Oba zmíněné ústavy Akademie věd se podílí na projektu vývoje hlasivek s dalšími dvěma pracovišti. Tomáš Vampola z Fakulty strojní ČVUT získal dokonce za výzkum individuální hlasivkové náhrady Cenu předsedy Grantové agentury České republiky 2016. Jediný přístup spočívá v tom, že hlasivková náhrada je podle českého patentu individuální. Než by tedy pacient podstoupil operaci, při níž by mu lékaři hlasivky odstranili, tým odborníků by je analyzoval a podle toho naladil individuální náhradu. V ideálním případě by měla původní hlas nositele napodobit k nerozeznání.

Na speciálně zkonstruované měřicí trati simulující plíce a vokální trakt člověka pro různé samohlásky ověřují v Ústavu termomechaniky AV ČR aerodynamické, akustické a vibrační vlastnosti prototypů umělých hlasivek. Zda je vůbec reálné, aby takové hlasivkové náhrady mohli chirurgové voperovat pacientovi do těla, studovali s pozitivním výsledkem na 1. lékařské fakultě UK v Praze. Výsledky projektu vyústí v evropský patent. Hlasivkovou náhradu bude ještě třeba otestovat na zvířatech a poté se ukáže, zda tato cesta povede ke klinickému testování na člověku.

Hlasivky

Oko

Povrch lidského oka chrání rohovka, která zároveň umožňuje přenos světelných paprsků na sítnici. Pokud se rohovka poškodí ať už důsledkem zranění či nemoci, dochází ke zhoršení zraku nebo k úplné slepotě. Často je pro pacienty jediným řešením transplantace rohovky od mrtvého dárce. Nejde o novou metodu, první úspěšnou transplantaci oční rohovky na světě provedli lékaři už v roce 1905 ve fakultní nemocnici v Olomouci. Vhodných dárců však není dostatek.

Zdá se, že moderní metody dokážou rohovku brzy nahradit. Existují již dokonce zcela umělé rohovky, jenže ty jsou zatím řešením na pouhé měsíce, nejvýše roky. Trvalým řešením mohou být kmenové buňky, fenomén současného výzkumu v oblasti experimentální medicíny. „Nemohou se ale dát přímo na oko, protože by je odstranilo například mrknutí nebo slzení. A tak se vkládají třeba do umělé kontaktní čočky,“ popisuje Vladimír Holář z Ústavu experimentální medicíny AV ČR. Právě jeho tým dokázal v rámci výzkumu významně vylepšit hojení poškozeného povrchu oka.

Kmenové buňky se získávají buď z pacientova druhého oka, nebo z jeho kostní dřeně či tukové tkáně, anebo dokonce od jiného dárce. Pro jejich růst a přenos na oko využil tým Vladimíra Holáře speciální nanovlákná vyvinutá Technickou univerzitou v Liberci. Právě díky nim zůstávají kmenové buňky na oku na správném místě. „V některých státech se už v současné době léčba onemocnění oka pomocí

kmenových buněk v klinické praxi používá. U nás ale zatím ne. A přitom česká metoda s nanovláknem jako materiálem pro růst a přenos buněk nabízí celosvětově unikátní řešení,“ říká Vladimír Holář. Zatím se ale nanovláknenné lešení pro buňky testovalo pouze na myších a králících. Teprve po schválení klinických studií příslušnými státními orgány může začít testování na lidech.

Kmenové buňky by mohly pomáhat nejen s regenerací rohovky. Zrak mohou zdokonalit i při onemocněních sítnice. Především při takzvané diabetické retinopatii, což je nezáánlivé onemocnění sítnice, při kterém dochází k poškození krevních cév vyživujících sítnici a jež může skončit i slepotou. Účinná léčba v současnosti neexistuje. V těchto případech je však třeba zajistit přenos kmenové buňky až k sítnici do zadní části oka, což není jednoduché.

U zánětlivých onemocnění ale vědci z oddělení transplantční imunologie Ústavu experimentální medicíny AV ČR právě na modelu oka prokázali, že intravenózně podané kmenové buňky dokážou cíleně putovat do místa poškození a tam uvolňovat protizánětlivé molekuly. Potlačují tak rozvoj nežádoucí místní zánětlivé reakce. Migrační a terapeutické vlastnosti kmenových buněk lze navíc zesílit vybranými cytokiny (což je skupina malých signálních proteinů účastnících se významně v regulaci imunitní odpovědi). Kmenové buňky určitě nejsou řešením každého zdravotního problému, ale naděje pro lidi s poškozením zraku není planá.

Oko



Perspektivou pro léčbu vrozených nebo získaných onemocnění oka jsou kmenové buňky.



Klouby

Klouby

■ V lidském těle jsou nejvíce namáhány nosné klouby – kyčle a kolena. Proto se opotřebení chrupavky projevuje především u nich a pacienti trpí přinejmenším bolestmi a omezením pohybu. Nežádka je třeba sáhnout k totální endoprotéze, tedy k náhradě celého kloubu za umělý. U nás se ročně uskuteční asi 25 tisíc takových operací (14 tisíc náhrad kyčelních a 11 tisíc kolenních kloubů a v malé míře také náhrady lokte či ramene). Jejich životnost se pohybuje v průměru nad deset let.

U kloubních náhrad hrají zásadní roli materiály. Dnes se používají materiály s trvanlivostí i 30 let (většinou však méně), ale cílem je najít takové, aby ani mladí pacienti nemuseli na reoperace a jejich kloub vydržel do konce života. Problém délky životnosti přitom spočívá především v otírání částí kloubu o sebe, což má za příčinu uvolňování mikročástic. Ty pak způsobují v organismu záněty a odbourávání kostí. Výsledkem jsou nejen bolestivé stavy, ale i postupné uvolňování implantátu. Odborníci se proto snaží připravit takový materiál, který by se při tření obrušoval co možná nejméně, a přitom neztrácel potřebné vlastnosti. Základem je ultravysokomolekulární polyethylen (UHMWPE), který se používá pro klouby se spoji kov-plast. Ty jsou nejméně poruchové a v Česku nejpoužívanější.

Vědci z Ústavu makromolekulární chemie AV ČR ve spolupráci se společností Beznoska a pracovníky 1. lékařské fakulty UK vyvinuli způsob modifikace UHMWPE pro prodloužení životnosti kloubních náhrad pomocí ionizovaného záření. „Náhrady z nově vyvíjeného materiálu by mohly

vydržet v těle pacienta 50 a více let,“ věří David Pokorný z Ortopedické kliniky 1. LF UK a FN Motol, spoluřešitel grantu Optimalizace vlastností UHMWPE, který získal na podzim 2016 cenu Technologické agentury za aplikovaný výzkum.

„Pro zvýšení oteruvzdornosti UHMWPE a tím i prodloužení životnosti kloubních náhrad se v současnosti využívá ozařování gama paprsky. Tato úprava však v sobě nese významné riziko oxidačního poškození materiálu vystaveného dlouhodobému účinku prostředí tělních tekutin,“ vysvětluje Zdeněk Kruliš z Ústavu makromolekulární chemie AV ČR, další z řešitelů úspěšného projektu. Oxidace polyethylenu má za následek zkrěhnutí materiálu, a tím pádem náchylnost k mechanickému poškození. V průběhu řešení zmíněného grantu vyvinul tým Ústavu makromolekulární chemie AV ČR nový postup modifikace polyethylenu pro kloubní náhrady se zvýšenou životností. Modifikace UHMWPE spočívá v jeho radiačním sesíťení a zároveň stabilizaci vůči oxidační degradaci v prostředí živých tkání lidského těla. „Chemická podstata stabilizátoru je shodná s vitamínem E a stabilizovaný materiál je tedy plně biokompatibilní,“ dodává Zdeněk Kruliš.

Kdy se čeští pacienti dočkají vylepšených kloubních náhrad? „Předpokládáme, že zavedení modifikace do klinické praxe bude možné postupně, v průběhu jednoho roku až tří let,“ odpovídá Jaroslav Fencel z firmy Beznoska, hlavní řešitel oceněného projektu. „Na konzervativním českém trhu však očekáváme zavedení novinky až v horizontu pěti a více let.“

»

Chrupavka

Chrupavka

Již od asi 12 let věku neumí lidské tělo množit chondrocyty – buňky tvořící chrupavku. Její poškození je pro medicínu v současné době obtížně řešitelné a například artróza je jednou z nejrozšířenějších chorob lidstva. Jedním ze slibných řešení, které přináší tkáňové inženýrství, je odebrání chondrocytů z tkáně pacienta a jejich mimotělní namnožení. To lze aplikovat zatím jen u pacientů do přibližně 45 let, u starších pacientů se totiž bezpečně namnožení v potřebné koncentraci zatím nedaří. V takových případech možná pomohou kmenové buňky nebo regenerativní medicína, která využije vlastních přirozených reparačních schopností organismu. V případě využití mimotělně namnožených

buněk je tu ale závažný problém. Jak navrátit buňky zpět do organismu tak, aby byly ve svém přirozeném trojrozměrném (3D) prostředí, které v tkáních mají? Jen tak mohou začít fungovat a vyrábět extracelulární hmotu – tedy kolagen, elastin a další proteiny, které chrupavku tvoří. Odborníci proto hledají způsoby, jak pro chondrocyty vytvořit jakési lešení, z něhož by mohly stavět novou chrupavčitou tkáň. A podobně jako u jiných aplikací je i v tomto případě zapotřebí, aby se toto lešení postupně v těle vstřebalo. Vědci zkoušeli 3D tisk, jenže 3D tiskárny nejsou zatím tak přesné, aby dokázaly vytvořit nosič s potřebnou nanostrukturou pro tkáň. Do hry tak vstupují již několikrát zmíněná nanovlákná. Ta s úspě-

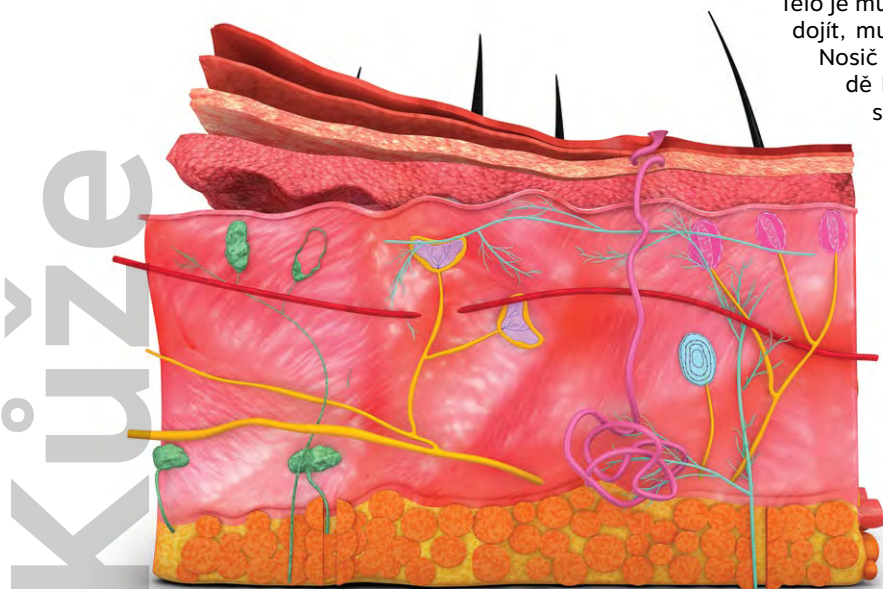
chem studují čeští vědci z oddělení tkáňového inženýrství Ústavu experimentální medicíny AV ČR pod vedením Evžena Amlera. Využívají je nejen jako systémy pro mimotělní proliferaci (množení) buněk, ale i jako prostředky pro řízenou stimulaci endogenních (vnitřních) reparačních systémů pacienta. Už v roce 2013 například dokázali tzv. alfa granule (zdroj přirozených růstových faktorů získaný z krve pacienta) zapouzdřit do nanovláken typu jádro/plášť bez narušení jejich biologické aktivity, a tak vytvořit tělu vlastní zdroj stimulačních faktorů pro regeneraci tkání přímo v těle pacienta. Prokázali takovou stimulaci buněčné proliferace pro řadu buněčných typů, včetně mezenchymálních kmenových buněk.

Kůže

Pokožka – vrstva zvaná epidermis – má skvělou schopnost regenerace. To nejspíše všichni známe, drobná poranění a odřeniny se zpravidla dobře zhojí. Pod vrstvou epidermis se nachází vrstva dermis (škára). Ta už má schopnosti regenerace jen v omezené míře a v případě poškození tkáň nahradí jizvou, která postrádá původní elasticitu a pevnost. Mezi oběma vrstvami se nachází membrána. Medicína většinou řeší rozsáhlejší poranění či poškození (např. popáleniny)

léčbou pomocí kožních štěpů z jiného místa téhož pacienta, náhrad dárčovských, anebo dokonce z jiných živočichů. To s sebou přirozeně nese řadu rizik. Kožní tkáňové inženýrství se proto snaží najít jinou cestu. Umělé náhrady se zaměřují na zakrytí rány a stimulaci regenerace dermis. Materiály, které by měly sloužit jako nosiče kožních fibroblastů (hlavního buněčného typu dermis) a keratinocytů (hlavního buněčného typu epidermis), musí být v těle odbouratelné, ale ne příliš rychle. Tělo je musí stihnout nahradit novou tkání. Aby k tomu mohlo dojít, musí buňky na materiály dobře přilnout a množit se.

Nosič samozřejmě nesmí být toxický a v ideálním případě by měl uvolňovat růstové faktory a antimikrobiální substance. Konstrukce vrstvy lidských keratinocytů a lidských fibroblastů na nanovláknenných membránách z polylaktidu se podařila výzkumníkům z Fyziologického ústavu AV ČR. Pro zlepšení růstu buněk však bylo nutné membrány dále upravit, například nanesením dalších nanostrukturovaných vrstev proteinů zúčastněných v regeneraci tkání, jako je fibrin či kolagen. Fibrin, jakožto hlavní protein účastnící se hojení ran, přednostně podporuje růst fibroblastů. Kolagen, který se přirozeně nachází v kožní dermis v podobě vláken, podporuje růst keratinocytů. Výzkumníci proto v současné době pracují na konstrukci dvojvrstvy keratinocytů a fibroblastů na nanovláknenných membránách po nanesení fibrinu či kolagenu na protilehlé strany membrány.



Hranice

Hranice vylepšování

Medicína posouvá meze možností syntetických náhrad velmi rychle. Někteří odborníci soudí, že nahradit, resp. nechat dorůst podstatnou část třeba amputované ruky bude možné za pět deset let. Klíčová slova? Nanotechnologie a kmenové buňky. Rychlé pokroky zaznamenáváme také ve výpočetní technice a robotice – umělé paže řízené nervovými impulzy jsou již relativně běžným, byť velmi drahým řešením pro lidi po amputaci části končetiny. „Přichází doba, kdy budeme moci lidi nejen léčit, tedy obnovit přirozený výkon jejich schopností, případně umožnit jim činnosti, kterých nebyli schopni, ale které jsou přirozené pro většinu ostatních. Současná biomedicína a jiné obory slibují, že dokážou lidi dokonce vylepšit, tedy přinést jim schopnosti, které dosud žádný člověk neměl,“ říká Tomáš Hříbek z Filosofického ústavu AV ČR.

Budoucí dostupnost různých technologických vylepšení člověka by mohla vést k tomu, že vzniknou bytosti, které již nebudou tak úplně lidské. Alespoň ne z dnešního úhlu pohledu. Budou silnější, rychlejší, inteligentnější, dlouhověké, případně prakticky nesmrtelné. „V této souvislosti se hovoří o transhumanismu jakožto reálném

hnutí i filozofii, která má za cíl taková vylepšení lidstva. Někteří autoři hovoří dokonce i o posthumanismu, čímž mají na mysli, že radikálně vylepšené bytosti se obyčejným smrtelníkům mohou časem tak vzdálit, že to už vlastně nebudou příslušníci našeho druhu,“ vysvětluje Tomáš Hříbek.

Klíčovou otázkou pro nejbližší období asi bude: Kde končí terapie a kde začíná vylepšování? Filozofové navíc zkoumají, zda je vylepšování člověka vůbec morálně přípustné, nebo naopak zda je dokonce naší povinností. „Řada anglosaských autorů má za to, že vylepšování je přinejmenším morálně přípustné a žádoucí,“ tvrdí Tomáš Hříbek. „Francouzští filozofové se spíše obecněji zamýšlejí nad budoucností lidstva a nad podstatou lidskosti. Jsou také na rozdíl od mnoha Angloameričanů výrazně skeptičtější ohledně politických dopadů vylepšování. Akcentují obavu, že v neoliberálním světě povede vylepšování k nové nerovnosti a rozdělení společnosti.“

Diskuse o genetických modifikacích člověka, humanoidních robotech, ale třeba i surogátním mateřství či právech zvířat jsou především otázkami o samé podstatě lidství. Jak máme stanovit jeho hranice? Kdo je stanovu-

je a za jakým účelem? To jsou otázky, které řeší výzkumný projekt Hranice lidství pod vedením Tomáše Doležala z Ústavu státu a práva AV ČR.

Oponenti transhumanistů, někdy též označovaní jako biokonzervativci, varují, že biologický enhancement (vylepšování) může vést k vážným problémům. První je již zmíněné prohloubení nerovnosti a nespravedlnosti ve světě. Další výhrada biokonzervativců spočívá v tom, že využitím technologií může dojít k proměně a v konečném důsledku ke ztrátě lidské přirozenosti, právě podstaty a esence člověka. Obávají se ztráty lidské důstojnosti a lidské jedinečnosti, ke které dojde výraznými umělými zásahy. „Jednou ze složek enhancementu je totiž i rozhodování o modifikaci vlastností vlastních potomků – nemohla by touha po dokonalosti vést k sjednocení typu lidí? Oponenti transhumanistů se rovněž obávají, že naše znalosti o budoucích následcích jsou příliš malé a nedokážeme dohlédnout všechny následky, zejména v případě genetické modifikace. Role práva v enhancementu pak je vyvažovat rizika enhancementu s pozitivními výsledky a nastolit vyhovující regulační principy,“ uzavírá Tomáš Doležal.





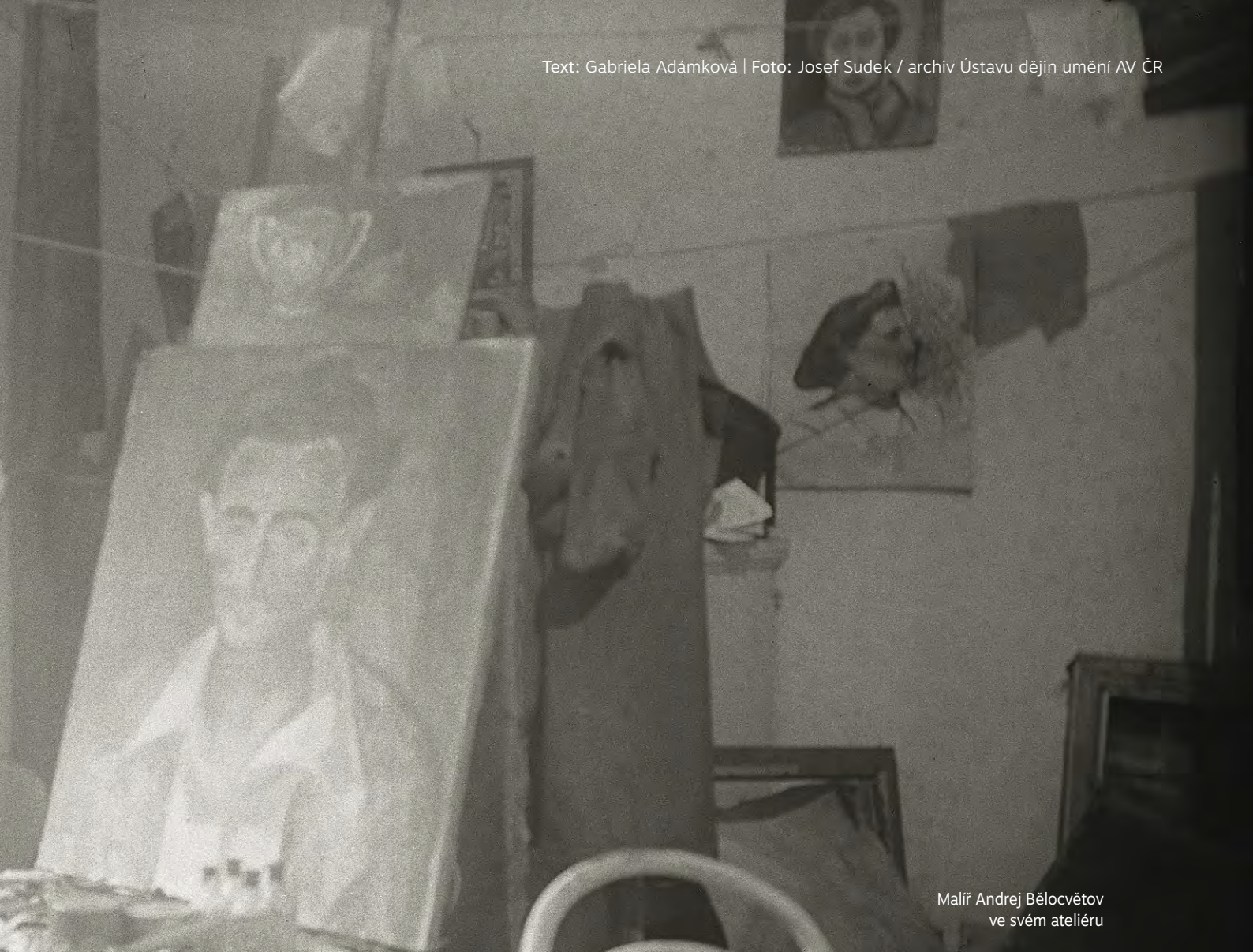
Josef Sudek jako

Poezie světla, mystičnost i melancholie – slova, která si patrně všichni spojujeme s jedním z nejvýznamnějších českých fotografů, Josefem Sudkem (1896–1976).

Jeho práce se světlem, absolutní smysl pro kompozici a talent zobrazit obyčejný předmět neobyčejně, poutavě až magicky dodává fotografiím nenapodobitelný náboj.

Je obdivuhodné, že to platí i pro jím vyhotovené komerční zakázky.

Proslulý fotograf Josef Sudek, který přišel během první světové války o pravou paži, dodnes poutá pozornost badatelů nejen u nás, ale i ve světě. Kromě geniální umělecké tvorby se nevyhýbal ani dokumentárním a komerčním zakázkám. Byl jedním z mála fotografů, kteří se v meziválečném Československu věnovali po delší časové období reklamní fotografii. Od roku 1928 pracoval pro nakladatelství a prodejny Družstevní práce. Ve třicátých letech 20. století fotografoval například výrobky čokoládovny Orion, automobily značky Tatra a spolupracoval s časopisem *Volné směry*, pro který zobrazoval díla známých malířů a výtvarníků. Umělecké zkušenosti z volné tvorby aplikoval do zakázkových fotografií, a velkou část reklamních snímků proto prezentoval jako nedílnou součást své volné tvorby.



Malíř Andrej Bělocvětov
ve svém ateliéru

komerční fotograf

Dar Ústavu dějin umění

Velikána české fotografie objevila česko-francouzská, mezinárodně uznávaná historička a teoretička fotografie Anna Fárová, která po Sudkově smrti dvanáct let uspořádávala jeho pozůstalost. „Byla to nadlidská práce. Všichni se tehdy o Sudkovi bavili jako o velkém zjevu české kultury, ale nikdo nechtěl dělat, a tak mi pomáhali studenti i moje dcery... Probírali jsme všechno po papírcích, žádnou poznámku jsem nevyhodila, pak jsem to třídila podle roků a tím přede mnou vystával celek té tvůrčí osobnosti,“ zmínila v rozhovoru pro *Týdeník Rozhlas* (č. 3/2007). Sudkova sestra Božena před smrtí odkázala své – a tedy i Sudkovo – dědictví právě Anně Fárové, která z rozsáhlé pozůstalosti vyčlenila asi 13 500 negativů dokumentárních snímků uměleckých děl a darovala je Ústavu dějin

umění AV ČR (tehdy ČSAV). Stejný postup následoval při třídění pozitivů – 1. listopadu 1989 převzal ústav také soubor 4574 originálních fotografií uměleckých děl.

Přidaná hodnota Sudkovy zakázkové tvorby

Josefa Sudka výrazně ovlivňovalo výtvarné umění. S umělci se stýkal, některé i podporoval a vytvořil si rozsáhlou sbírku děl tehdy žijících malířů a sochařů, v současnosti uloženou v Národní galerii v Praze a Galerii moderního umění v Roudnici nad Labem. Láska k umění je u něj patrná zejména na fotografiích uměleckých děl zahrnujících intimní pohledy do ateliérů či portréty samotných umělců pohroužených do práce. ➤



Zakázková tvorba Josefa Sudka. Vlevo fotografická reprodukce obrazu Emila Filly Zátiší s mlýnkem, konvicí a zeleninou. Vpravo Nápojové soupravy.

Nebyla to však jen záliba v umění, která se odrážela ve výjimečné kvalitě Sudkových fotografií. V pozadí stálo osudové setkání s kubistickým malířem Emilem Fillou během zakázky pro reprodukční fotografii sochy Augusta Rodina. Tehdy započala komplexní spolupráce dvou výrazných osobností. Sudek se stal Fillovým dvorním fotografem. „Fila nezadával Sudkovi jen zakázky reprodukcí uměleckých děl různých autorů, ani ho nenechal fotit jen vlastní obrazy, kresby a plastiky pro osobní archiv, ale současně jej zasvěcoval do některých aspektů dějin umění. V tomto smyslu Sudek považoval Fillu za guru, který mu umožnil nalézt přístup k tajemství obrazu,“ odhaluje pozadí spolupráce Vojtěch Lahoda, ředitel Ústavu dějin umění AV ČR a současně vedoucí projektu Josef Sudek a fotografická dokumentace uměleckých děl: od soukromého archivu umění k reprezentaci kulturního dědictví.

Obraz, sochu či architektonické dílo vnímáme každý subjektivně. Nemáme-li možnost stát přímo před konkrétní tvorbou v muzeu či na ulici před architektonickým skvostem, získáváme dojem z díla pouze zprostředkovaně. Fotografická reprodukce je tedy zcela zásadní pro to, jak budeme dílo vnímat, o to více pokud je fotografie černobílá.

„Existuje spousta indiferentních standardizovaných reprodukcí umění, kde žádnou osobitost fotografa nenajdeme,

protože jde o mechanickou reprodukci z rukou autorů, kteří se tím živí a nemudrují o tom, co fotí. U Sudka je to něco jiného. Potřeboval si najít k fotografické zakázce nějaký vztah,“ vysvětluje Vojtěch Lahoda. Filla kupříkladu Sudka instruoval, že obraz musí nafoťit tak, aby bylo i z černobílé fotografie zřejmé, jak bohaté je dílo barevné. Proto Sudek pracoval s kontaktními kopiemi, což jsou obrazy ve velikosti 1 : 1 vzniklé prosvícením negativu, který je v přímém kontaktu s pozitivem.

U obrazu je rovněž důležité nasvícení, tedy zdroj světla, jeho měkkost či tvrdost, úhel dopadu na plátno... Pokud si necháme jeden obraz vyfotografovat třemi různými profesionály, dostaneme rozdílné výsledky. Fotografie může výrazně proměnit čtení díla. „Například když impresionistický obraz vyfotí fotograf v razantním nasvícení příliš kontrastně, můžeme mít dojem, že jde o obraz expresionistický. Ještě výraznější je to u sochařství, které má blíže k volné fotografii než k čistě reprodukčnímu umění, a pochopitelně u architektury. Dokonalá technika je nezbytným předpokladem, ale přidaná hodnota spočívá v tom, že vím, co fotím, rozumím tomu a vím, co to vyžaduje. Neznamená to, že by se fotograf měl stát historikem umění, ale přinejmenším by jej měl konzultovat,“ vysvětluje Vojtěch Lahoda.

Sudek „milostnost“ vyvažoval optikou, která směřovala ke zdůraznění nezachytitelné, nejasně a záhadné podstaty věcí a prostorů, ať už ve městě, v interiéru nebo v krajině. Sudkovo pojetí bylo komplikovaným procesem problematizování jasněho, znejištění jistého či hledání neklidné a tajemné duchovní aury věcí.

—Vojtěch Lahoda—

Ateliér jako alchymická kuchyně

Od počátku čtyřicátých let můžeme sledovat změnu vizuálního kódu Sudkových fotografií. Zvolna narůstající cyklus Okno mého ateliéru doplňoval linií bizarních zátiší. Snově působící výraz dostávaly též snímky z pražských zahrad a parků. Za alchymickou kuchyni Sudkovy volné tvorby lze označit jeho vlastní ateliér ukrytý na zahrádce mezi činžovními domy na Újezdě. Josef Sudek



Socha Údiv Hany Wichterlové je považována za jeden z vrcholů meziválečné figurální tvorby.

nejspíše věřil, že tajemství umělce je zakleto v jeho ateliéru. Jako by v něm hledal klíč k tvorbě autora nebo alespoň vyzýval diváka, aby jej našel. Jen pár metrů od něj využívala prostory zahrádky kolem svého obydleného ateliéru jeho sousedka, akademická sochařka Hana Wichterlová, sestra vynálezce měkkých kontaktních čoček a prvního polistopadového předsedy Československé akademie věd Otto Wichterleho. Ve své tvorbě těžila z úzkého sepětí s přírodou, studia východních duchovních nauk a meditace. Josef Sudek ji rád navštěvoval, zpočátku jí zakázkově fotografoval sochy, později, v padesátých letech u ní našel autonomní námět pro cyklus Zahrádka paní sochařové.

To, že Sudkovy snímky poutají oko laika, nepochybně dokládá zájem nejen české, ale i zahraniční veřejnosti. Originální rukopis jednoho z nejvýznamnějších fotografů naší planety je nezměnitelný. Jak jej vnímá oko odborníka Vojtěcha Lahody?

„Myslím, že co tak na Sudkovi přitahuje, je způsob vidění reality a její transformace ve fotografický obraz. Byl schopen se na okolní realitu podívat nově a jinak, s pomocí různých pohledů, ale především s rafinovaným využitím světla, šera a tmy. V realitě nalézá skryté, tajemné odlesky čehosi nereálného. Tato strategie připomíná surrealismus. Když se taková fotografie povede, pak Sudek řekl „něco tam je“ nebo že vidí „za roh“.“

Projekt na záchranu Sudkova díla

Projekt Ústavu dějin umění AV ČR „Josef Sudek a fotografická dokumentace uměleckých děl: od soukromého archivu umění k reprezentaci kulturního dědictví“ se zabývá výzkumem a prezentací v našem prostředí dosud opomíjené problematiky fotografické dokumentace uměleckých děl, a to na příkladu jednoho z nejdůležitějších souborů tohoto zaměření u nás, jehož autorem je Josef Sudek. Ten v této části své tvorby vědomě překonával standardy doby a i při běžné řemeslné dokumentaci projevoval svůj ojedinělý autorský pohled.

Cílem projektu, který podpořilo Ministerstvo kultury, je komplexní záchrana, fyzické i digitální uchování,

odborné zpracování, zhodnocení a představení široké veřejnosti souboru téměř 20 tisíc negativů a pozitivů Josefa Sudka, pocházejících převážně ze druhé třetiny 20. století a uložených ve fototéce Ústavu dějin umění AV ČR. Tato část tvorby autora nebyla dosud až na výjimky odborně zhodnocena ani veřejně představena. Na konci loňského roku zorganizoval ústav v rámci projektu mezinárodní sympozium ke 120. výročí narození Josefa Sudka o fotografiích uměleckých děl. Uspořádal mj. také výstavu „Josef Sudek: V ateliéru/In the Studio“, jež představila fotografie ateliérů pražských umělců formou autorských newprintů z originálních negativů. Více informací na www.sudekproject.cz.

Česká hlava

za výzkum vzniku nových biologických druhů

Proč se nekříží kočka se psem? Proč se sice může zkřížit kuň s oslem, ale jejich potomci – mulové či mezci – jsou neplodní? Z jakého důvodu jsou někdy sterilní i kříženci dvou blízce příbuzných poddruhů, třeba myší, a souvisí to nějak se vznikem nových živočišných druhů? **Jeden z nejdůležitějších článků této záhady odhalil Jiří Forejt z Ústavu molekulární genetiky Akademie věd ČR, který identifikoval první gen u savců zodpovědný za samčí neplodnost mezidruhových kříženců, přečetl ho a ukázal, jak je regulován.**

■ Ke svým výzkumům používáte myši, studujete jejich genom. Proč právě myš tak často slouží jako modelový organismus? Nakolik je myší genom podobný lidskému?

Je velice podobný – v kódující části genomu se shoduje s lidským asi z 98 % a celá řada fyziologických a biochemických pochodů je prakticky identická. To ale samozřejmě neznamená, že myš je člověk. Když chceme studovat třeba otázky přeměny normální buňky na nádorovou nebo vznik diabetu, je myš velmi dobrou volbou. Jakmile však budete chtít studovat například deprese nebo nějaké velmi komplexní fenotypy, tedy soubory vlastností a znaků, rozdíly mohou být samozřejmě velké. Obecně myš používáme z několika zřejmých důvodů: genetik potřebuje především pokusná zvířata křížit a sledovat, jak nějaký znak přechází z jedné generace na druhou. U myší můžeme získat tři až čtyři generace během jediného roku, protože myš má velmi krátký generační čas. Ovšem, kdybychom chtěli tytéž výzkumy provádět na králících nebo na psech, sice by to šlo, ale čekali bychom příliš dlouho. Dalším praktickým důvodem je, že myš je malá, takže v jedné klimatizované místnosti lze chovat třeba 300 myší a ony se tam cítí dobře. Nemůžeme tam mít 300 ovcí nebo 300 králíků. Z uvedených praktických příčin se myš stala nejprostudovanějším savcím modelem člověka.

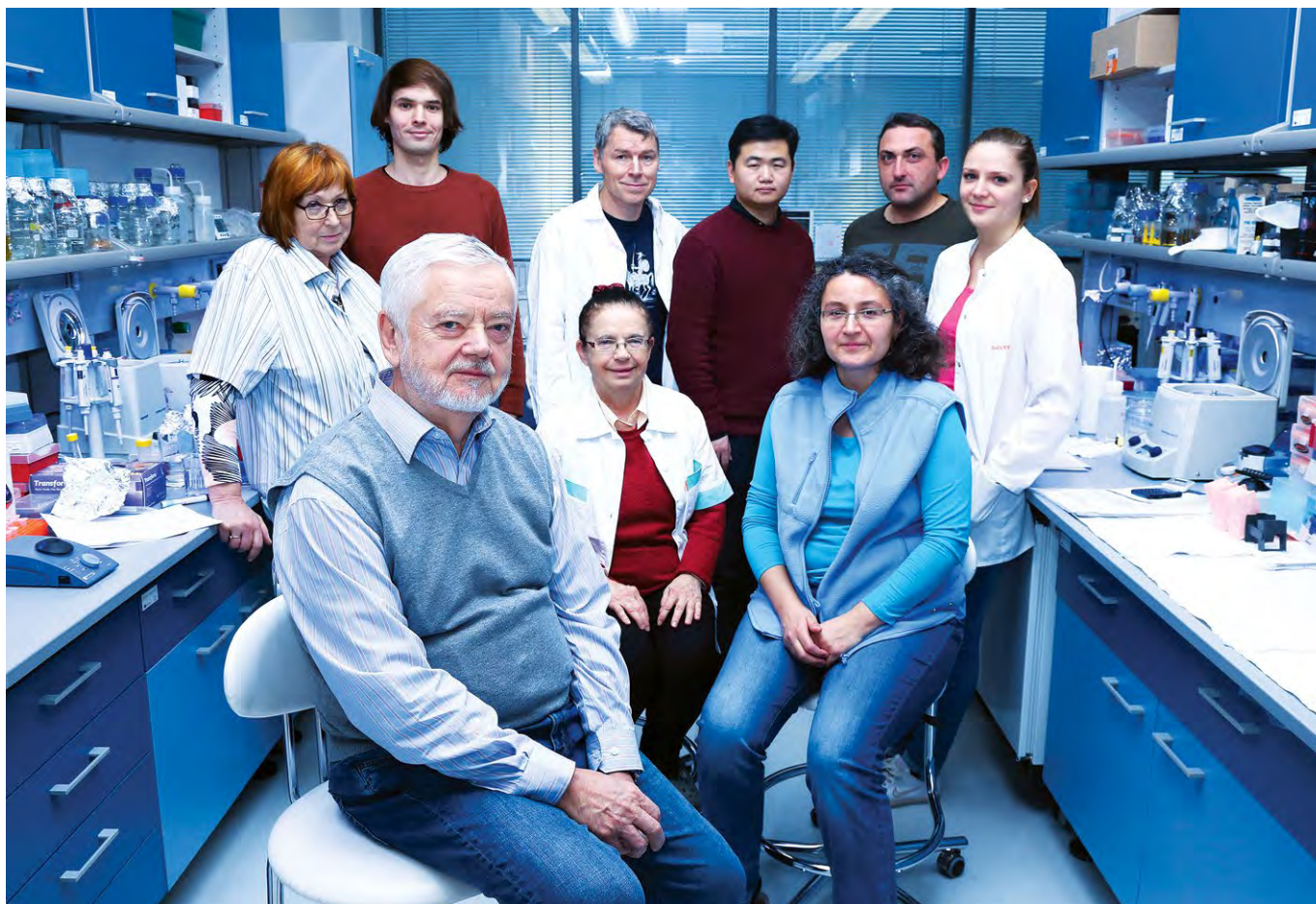
■ Zaměřili jste se na studium reprodukce, neplodnosti a tzv. hybridní sterility savců. Jste autorem objevu vůbec prvního genu hybridní sterility u savců. Proč se právě tato problematika stala hlavním tématem vašeho výzkumu?

Na začátku byl v podstatě řetězec náhod, protože imunogenetická laboratoř, kde jsem začínal, studovala v šedesátých letech transplantační antigeny a geny, které za ně odpovídají. Můj školitel Pavol Iványi chtěl ke zkoumání více forem genů, než kolik jich mají laboratorní myši, a tak dostal nápad, že nacytáme myši někde v přírodě a budeme hledat nějaké nové formy transplantačních antigenů, než jsou běžné u laboratorních myší. To se sice podařilo, ale přitom jsme zjistili, že někteří kříženci – hybridy – nacytaných divokých a našich laboratorních myší byli neplodní, takže náš pokus nemohl pokračovat dál. A tak jsem dostal úkol podívat se na důvody, proč jsou ty myši neplodné. Asi dva roky jsem tápal a hledal a zásadní roli pak sehrálo, že se mi dostala do ruky kniha jednoho skvělého evolučního genetika. Když jsem ji přečetl, uvědomil jsem si, že to, co vidíme, je vlastně mezidruhová neplodnost: myši, které chytáme, jsou z myšího poddruhu zvaného *Mus musculus musculus*, kdežto většina laboratorních myší je z jiného poddruhu, *Mus musculus domesticus*. Na první pohled jsou skoro nerozlišitelné >>



Jak jsem se stal genetikem

Asi jako v řadě jiných věcí v životě šlo o sérii náhod. Při studiích na lékařské fakultě jsem pracoval jako pomocná vědecká síla na katedře biologie. Tam jsme však o genetiku takřka nezaváděli, věnovali jsme se cytologii. Jsem z generace, která se sice už neučila stalinskou mičurinsko-lepešinskou pseudogenetiku, ale tehdy se ještě nevyučovala skutečná genetika. Takže jsem si za studií říkal – proboha jenom ne genetiku! Protože jsem ale už jako student vypracoval nějaké malé publikace, dostal jsem nabídku, abych šel pracovat do tehdejšího Ústavu experimentální biologie a genetiky a dosáhl tam vědecké hodnosti. Dostal jsem se do skupiny Pavla Iványiho, která byla zaměřená na imunogenetiku. Trochu jsem se vyděsil, nicméně jsem si řekl, že se s tím musím nějak vypořádat, proto jsem se přihlásil na Přírodovědeckou fakultu UK a absolvoval dva semestry genetiky. A protože jsem to bral velice vážně, rázem jsem se v naší skupině stal „expertem na genetiku“.



Oddělení myší molekulární genetiky Jiřího Forejta v Biotechnologickém a biomedicinském centru Akademie věd ČR a Univerzity Karlovy ve Vestci (BIOCEV), kde v rámci výzkumného programu Funkční genomika pracuje na projektu Geneticky definované myší modely jako nástroj pro studium lidských chorob.

a v podstatě spolu i komunikují, páří se a mají potomky, ovšem v některých případech se stane, že tito potomci, speciálně samci, jsou neplodní. Když jsem tato fakta srovnal s výsledky, které byly už dříve publikovány na drozofile, ovocné mušce, což byl modelový organismus pro studium právě izolace mezi druhy, uvědomil jsem si, že u myší se vlastně úplně přesně opakuje situace pozorovaná u drozofil.

■ Jaké závěry jste z toho pro vaši práci vyvodil? Jakým směrem jste se vydal dál?

V tomto okamžiku se z projektu imunogenetického stal projekt hledající odpověď na otázku, jakým způsobem dojde k tomu, že se ony dva myší poddruhy od sebe reprodukčně izolují. Pochopitelně, když jsou dva živočišné druhy od sebe už více vzdálené, neplodné potomky spolu nemají, protože žádní hybridi jednoduše nevznikají: kočka se psem se křížít nebudou. Funguje to ale na samém začátku vzniku nového druhu. Když si představíte, že máte dvě populace, které se oddělily kupříkladu z nějakých geografických důvodů – jedna zůstala třeba na ostrově a druhá na pevnině – a vyvíjejí se

izolovaně řekněme 300 tisíc let, hodně se změní, protože žijí v jiných podmínkách a působí na ně jiné mutační tlaky. Když se posléze k sobě nějakým způsobem dostanou, existují dvě možnosti: buď se začnou křížít, není mezi nimi žádná reprodukční bariéra a velice rychle se rozdíl promíchávají. Výhodně zůstane, něco zmizí, ale stále se jedná o jediný druh. Nebo nastane druhá možnost: jakmile obě populace přestanou být schopné si volně předávat geny – jejich kříženci přitom nemusí být úplně neplodní, stačí, když jich neplodná bude jen polovina, třeba všichni samci –, už to představuje veliký zásah do struktury obou populací a začíná jejich nevratná speciace. Jinými slovy, jakmile si daní jedinci nejsou schopni předávat geny, protože jsou buď neplodní a potomci se vůbec nenarodí, nebo už se mezi sebou dokonce ani nekříží, nastal první nezvratný okamžik vzniku nového druhu. My jsme skutečně úplně náhodou měli obrovské štěstí, protože námi zkoumané dva myší poddruhy ještě nejsou od sebe zcela oddělené – proto se jim také říká poddruhy, protože se mezi sebou i v přírodě kříží a míchají se tím jejich geny, ovšem pouze do určité míry. Zřejmě je ale to míchání už nevýhodné.

■ Co přesně se stane z genetického hlediska, že se dva poddruhy buď už přestanou křížit, nebo se sice ještě kříží, ale vznikají neplodní potomci? Zjistili jste, k jakým změnám a procesům v genomu dochází?

O tom se spekuluje nesmírně dlouho, už Aristoteles se zamýšlel, proč jsou mulové – tedy kříženci mezi koněm a oslem – neplodní. I pro Darwina to byl velký oříšek, protože podle něho každý nový fenotyp vznikne selekcí, výběrem toho, co je pro daný organismus výhodné. Být neplodný ale určitě výhodné není. Čili Darwin sám konstatoval, že svou teorií nemůže vysvětlit neplodnost mezidruhových hybridů. První, čistě teoretické vysvětlení přinesl Theodosius Dobzhansky ve třicátých letech minulého století. Předpověděl, že jde o nekompatibilitu, která vzniká úplně náhodně nezávislým vývojem daných dvou populací. Představme si řekněme zámek a klíč – ovšem jako něco živého – kdy se zámek i klíč v jedné i v druhé populaci postupně mění. Uvnitř každé z obou populací jsou změny stále v pořádku, klíč se zámkem funguje. Když se ale třeba po půl milionu let obě populace potkají, tak příslušné dvě molekuly, jež jsem označil jako zámek a klíč a které spolu mají komunikovat a plnit nějakou konkrétní funkci, najednou už spolu komunikovat nedokážou, protože se vyvíjely nezávisle příliš dlouho. Tato představa neslučitelnosti mezi genovými produkty vznikajícími čistě náhodně v důsledku nezávislé evoluce příslušných dvou populací platí v podstatě dodnes. A my jsme ji dokázali potvrdit na našem myším modelu.

■ Konkrétně jste identifikovali, vyklonovali a popsali první gen, který u obratlovců zajišťuje uvedenou reprodukční bariéru mezi příbuznými druhy, jinými slovy brání předávání dědičných informací mezi příbuznými druhy. Vy jste

tento gen poprvé objevil u myši už před třiceti lety, ovšem tehdejšími metodami nebylo možné definovat, jak funguje. To se vám před několika lety podařilo. Vaše výzkumy však šly ještě dál a ukázaly, že zmíněný gen hybridní sterility není jediným genem nebo jediným mechanismem, který rozhoduje o genetické nekompatibilitě druhů. Jaký je ten další?

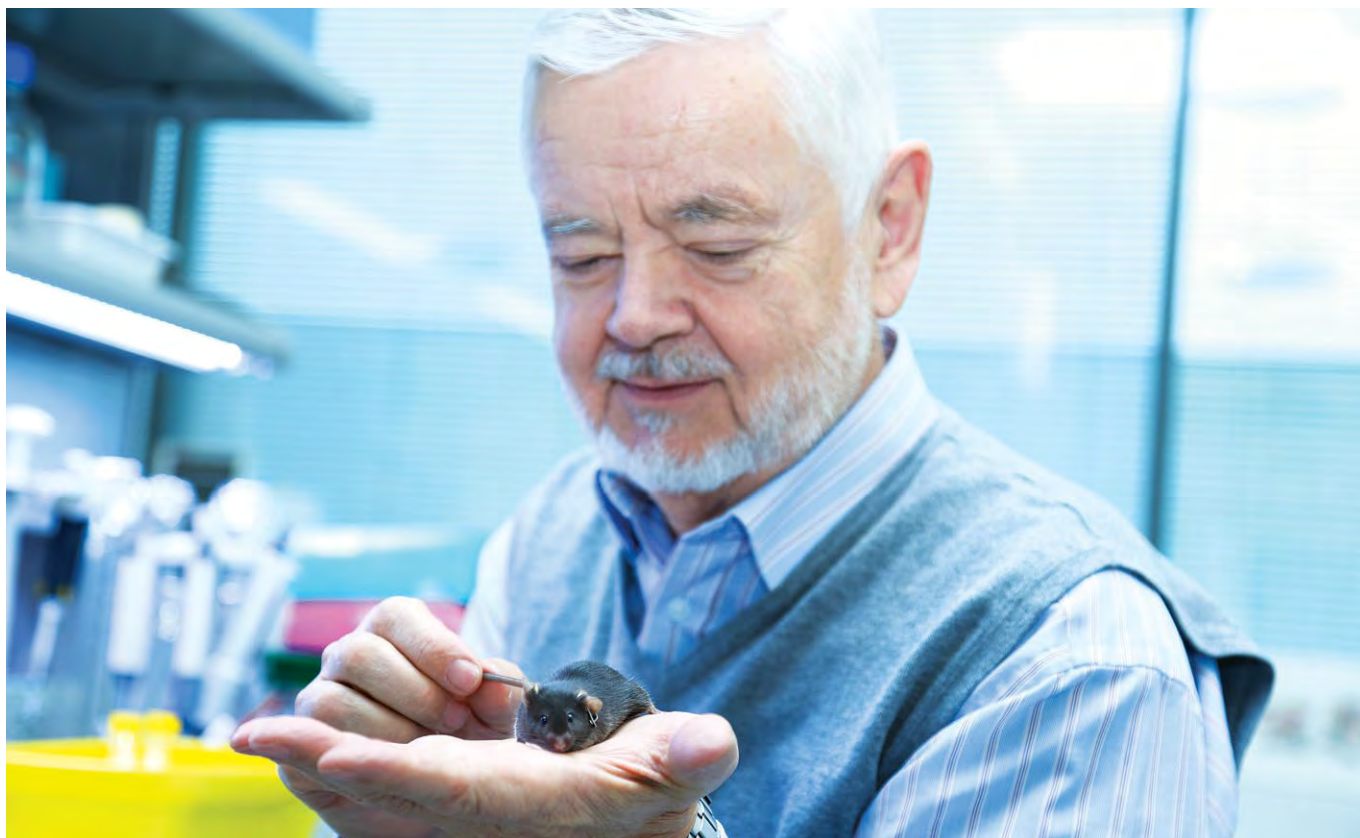
Od začátku jsme věděli, že dědičnost je komplexní. Na první pohled se zdálo, že ve hře je množina různých nekompatibilních genů a že to nepůjde vůbec analyzovat. Nicméně v našem studovaném modelu existují dva hlavní geny pro hybridní sterilitu. Jeden se označuje jako Prdm9 – ten jsme vyklonovali a už o něm hodně víme. Pak je zde ještě gen na chromozomu X, který se nám povedlo zaměřit do pěti megabází, což je v genomu poměrně malý úsek obsahující asi šest známých genů. Ještě ale nevíme, který z nich je ten hledaný. Oba dva geny musí mít určité alely, aby podmiňovaly hybridní sterilitu. Ani to však stále nestačí, ještě je nutné přidat heterozygotnost genomu.

■ Jakou ta přesně hraje roli?

Jedná se o nový aspekt, jež nyní analyzujeme, ale který ještě vědecká komunita úplně neakceptovala. My se totiž domníváme, že s tím, jak se poddruhy rozrůžňují, diverzifikují nejen geny kódující bílkoviny, které ovšem tvoří jen asi dvě procenta genomu, ale vyvíjí se a také diverzifikuje i těch zbývajících 98 % genomu, který buď kóduje ncRNA, nebo nekóduje vůbec nic. Při vzniku gamet (pohlavních buněk) přitom existuje určitý kritický moment – na samém začátku se musí otcovské a mateřské chromozomy vzájemně najít a jednotlivé chromozomy otce a matky se spolu musí spárovat – a my jsme zjistili, že právě toto párování je u neplodných hybridů výrazně poškozeno. Vysvětlujeme si to tím, že příslušné chromozomy >>

Myš nejužívanějšího inbredního kmene C57BL/6J má rodokmen sahající do roku 1921 do laboratoře Clarence Cooka Littla z Harvardovy univerzity v USA. V laboratoři Jiřího Forejta slouží jako geneticky definovaný model myšního poddruhu *Mus musculus domesticus*.





Myši pomáhají Jiřímu Forejtovi odhalit mnohé záhady neplodnosti – a získané poznatky možná jednou pomohou i lidem trpícím reprodukčními poruchami.

se už nerozpoznávají. Celková sekvence daného chromozomu, kde jen malinkou část představují geny, ale většina je nekódující, se již natolik rozrůžnila, že příslušné chromozomy mají problém se poznat. Potíže mají proto, že mechanismy umožňující hledání jsou velice přísné. Jinak by se mohlo stát, že by se určitý úsek například chromozomu 1 mohl párovat třeba s podobným úsekem na chromozomu 3. Výsledkem by ovšem byl absolutní chaos a daná buňka by zahynula. Z toho důvodu je mechanismus hlídající párování nesmírně vybíravý, a jakmile najde nějaké chyby, kdy si sekvence navzájem neodpovídají, celý proces zastaví. Tudíž chromozomy jednoho a druhého poddruhu se jakž takž najdou, ale zmíněný hlídací mechanismus spustí poplach, že je něco v nepořádku, protože najde spoustu rozdílů, které by zde neměly být. My jsme přesvědčeni, že námi objevené výše zmíněné dva geny plus uvedený proces, který hlídá párování chromozomů, dávají dohromady celý mechanismus hybridní sterility, a tedy vůbec princip vzniku či oddělení živočišných druhů. Tuto poslední část ale ještě musíme dopracovat, dokázat a přesvědčit ostatní, že opravdu odpovídá skutečnosti. Tím se teď zabýváme a právě na toto téma píšeme jednu docela zásadní práci.

■ Genetika se v posledních několika málo desetiletích rozvíjela bouřlivým tempem a vy jste byl nejen svědkem, ale i aktivním účastníkem tohoto obrovsky rychlého pokroku.

Kde vidíte hlavní, stěžejní mezníky v tom nevídaném vývoji, co k němu nejvíc přispělo?

Já si myslím, že moje generace zažila skutečnou revoluci v genetice s příchodem molekulárních metod a tzv. molekulárního klonování. Jakmile bylo možné klonovat DNA, a dokonce i přečíst její sekvenci, znamenalo to obrovský skok kupředu. Takže já jsem vlastně začínal ještě jako klasický genetik, používali jsme klasické Mendelovy zákony a dokázali jsme na myších mapovat geny; jednalo se ale vlastně o takříkajíc virtuální jednotky dědičnosti. Existovaly vazebné skupiny, kde byly geny u sebe – ale byl to opět čistě myšlenkový konstrukt, nešlo o nic hmatatelného, co bych našel v buňce. Už za mých studií se to však začalo měnit a zažil jsem dobu, kdy bylo poprvé možné virtuální geny přenášet z virtuálních vazebných skupin na skutečné chromozomy. Pak přišla éra zmíněného molekulárního klonování a další obrovský krok představovalo sekvenování genomu – nejprve lidského a hned potom myšního, čímž se práce úplně od základu změnila. To považuji za hlavní, skutečně revoluční skoky v genetice, které jsem osobně zažil.

■ Získal jste nejvyšší možné vědecké ocenění v ČR – Národní cenu vlády Česká hlava. Je ještě něco, čeho byste ve svém výzkumu chtěl dosáhnout?

Uvedená cena je za celoživotní dílo, ale já ještě nechci končit, dokud moje laboratoř dobře funguje, dokud máme dobré výstupy

a lidé tam chtějí pracovat. Díky objevu genu Prdm9 a dalším publikacím, které máme ve velice kvalitních časopisech, teď dostáváme pozitivní zpětnou vazbu ze zahraničí. Spolu pracujeme s jednou laboratoří ve Wellcome Trust Centre for Human Genetics ve Velké Británii a s jednou laboratoří v Ústavu Maxe Plancka v Německu, kde provádějí výzkumy s využitím našeho modelu, což je pro nás fantastické. Jistě by tedy byla škoda v tomto okamžiku odejít. A co bych opravdu chtěl ještě stihnout? Chtěli bychom model, o němž jsem mluvil, dotáhnout do konce a říct: ano, teď známe s určitostí všechny komponenty a důvody procesu, jakým se od sebe oddělují dva zkoumané myší poddruhy. Pokud se nám to povede a vědecká komunita to uzná, šlo by vlastně o vůbec první takový příklad v živé přírodě. Uvědomme si totiž, že hybridní sterilita je nesmírně široký fenomén pevně spojený s vývojem nejrozličnějších forem života na Zemi. Najdeme ji nejen u živočichů, ale i u rostlin, a dokonce u kvasinek. Po desetiletí byla hlavním modelem vědeckých výzkumů muška drozofila, ale nikdy se nepodařilo celý systém definovat. Takže kdyby se nám to podařilo na myši, pak by to byl můj splněný sen, ve který jsem ani nedoufal. ■

SLOVNÍČEK

Gen: základní jednotka dědičnosti, úsek DNA nesoucí genetickou informaci

Alela: konkrétní varianta či forma genu

Genom: kompletní sekvence DNA daného organismu nesoucí soubor všech jeho genů

Fenotyp: soubor všech znaků a charakteristik konkrétního jedince

Heterozygot: jedinec, který má dvě odlišné formy (alely) pro určitý gen, přičemž jednu zdědil od otce a druhou od matky

Hybrid: kříženec, organismus vzniklý křížením zástupců geneticky rozdílných, ale blízkých druhů, poddruhů či rodů rostlin nebo živočichů

Hybridní sterilita: jeden z principů reprodukční izolace mezi dvěma populacemi v průběhu vzniku nového biologického druhu

Gen hybridní sterility: gen způsobující neplodnost mezdruhových kříženců, součást mechanismu umožňujícího vznik nových biologických druhů

prof. MUDr. Jiří Forejt, DrSc.

Světově uznávaný odborník v genetice a genomice myši, dlouhodobě se věnuje studiu genetické a molekulární podstaty neplodnosti mezdruhových kříženců myši.

- Narozen v roce 1944.
- Vystudoval Lékařskou fakultu Univerzity Karlovy v Hradci Králové a genetiku na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy v Praze.
- Od roku 1968 působí v Ústavu molekulární genetiky Akademie věd ČR (původně Ústav experimentální biologie a genetiky ČSAV), od roku 1980 vede oddělení myší molekulární genetiky.
- V roce 2006 získal na Přírodovědecké fakultě UK profesuru v oboru molekulární biologie a genetiky.
- V letech 1992–1993 a 1995–1996 působil jako hostující profesor na oddělení molekulární biologie Princetonské univerzity v USA.
- Jako vědecký pracovník krátkodobě působil v Pasteurově ústavu v Paříži či v laboratořích pro výzkum rakoviny Imperial Cancer Research Fund Laboratories v Londýně.
- Získal řadu významných ocenění, včetně Ceny Československé akademie věd (1984), Ceny Akademie věd ČR (1999, 2009), Čestné oborové medaile Gregora Johanna Mendela za zásluhy v biologických vědách (2004), Praemium Academiae neboli Akademické prémie AV ČR na léta 2007–2013, Ceny Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy (2009) a Národní ceny vlády Česká hlava (2016).
- Byl či je členem rady domácích i mezinárodních odborných organizací a vědeckých panelů: např. od r. 1999 je volným členem Evropské molekulárně biologické organizace (European Molecular Biology Organization), v r. 2008 byl členem Vědecké poradní rady Konsorcia pro integrovaný výzkum genomu Ústavu Maxe Plancka pro molekulární genetiku v Berlíně.
- Od roku 1999 je členem Učené společnosti ČR.
- Pracoval či pracuje v edičních radách řady prestižních vědeckých časopisů, včetně *Cytogenetics and Cell Genetics*, *Mouse Genome*, *Mammalian Genome* či *Folia Biologica*.
- Je autorem nebo spoluautorem více než 110 odborných publikací citovaných více než 3000x.

Až na okraj černé díry

Otevřených otázek kolem těchto pozoruhodných vesmírných objektů spíše neustále přibývá, než ubývá – a to je historie jejich poznávání už notně dlouhá. Vlastnosti, které první teoretikové černým dírám připisovali, byly tak neuvěřitelné, že širší vědecká obec dlouho odmítala uvěřit, že tyto objekty nejsou pouze výplodem bujné fantazie. Vždyť ani sám Albert Einstein paradoxně nevěřil, že černé díry jsou reálné, navzdory tomu, že jejich existence přímo vyplývala z jeho teorie relativity. Postupně však astrofyzikové začali poznávat i procesy, jimiž mohou černé díry vznikat, jak mohou ovlivňovat své okolí a jak se mohou vyvíjet. Co je však nejdůležitější, pozorovatelé začali přinášet první nepřímé důkazy podporující hypotézy teoretiků.

V současnosti se černá díra definuje jako objekt, který se zhroutil vlastní gravitací. V oblasti ohraničené pomysl-

nou plochou zvanou horizont událostí je jeho gravitační pole natolik silné, že z jeho dosahu nemůže uniknout žádná částice ani elektromagnetické záření, jinak by jejich úniková rychlost musela být nadsvětelná. Dnes se černé díry dělí do několika kategorií: od miniaturních přes stelární, což jsou objekty hvězdných hmotností, masivní černé díry až po obří veledíry označované také termínem supermasivní – vždyť jejich hmotnost je milionkrát až desetimiliardkrát

větší než hmotnost Slunce! Měnily se i názory na četnost černých děr ve vesmíru – nyní už se vědci shodují, že supermasivní černá díra se nachází v jádrech všech nebo téměř všech velkých galaxií a kvasarů. Jedna je i v centru naší Galaxie, z našeho pohledu v souhvězdí Střelce (Sagittarius); není zrovna z největších, má hmotnost „pouze“ zhruba čtyř milionů Sluncí a v současnosti na ni dopadá jen málo hmoty.



Monstrózní, obří, tajemné,
vražedné, vymykající se
známým fyzikálním zákonům,
přímo nepozorovatelné,
brány do jiných vesmírů...

**Jen málokteré objekty v kosmu
se honosí tak barvitými**

**a rozporuplnými označeními
jako černé díry.** A současně
málokteré tolik dráždí zvědavost
nejen veřejnosti, ale také
astronomů, kosmologů
a (astro)fyziků, kteří se snaží
kousek po kousku odhrnout
roušku jejich tajemství. Černé
díry se však nehodlají vzdát
a vzdorovitě připravují jedno
překvapení za druhým.

Svízelné hledání černých děr

Jak už bylo řečeno, důkazy o existenci
černých děr jsou (nebo až do loňského
roku byly) pouze nepřímé, protože tyto
mnoha tajemstvími zahalené objekty
nesvítí, neunikne z nich žádné záření.
Přesto vědci našli několik způsobů, jak
je odkrýt – například na základě toho,
že některé černé díry ohýbají světlo
vzdálených hvězd a fungují jako tzv.
gravitační čočka, jiné svou přítomnost

zase prozrazují gravitačním působením
na pohyb hvězd ve svém okolí. Často
se odhalí i přítomností tzv. akrečního
disku. Tvoří ho hmota, která padá k čer-
né díře, nabaluje se kolem ní a vytváří
velmi horký, rotující útvar toroidální-
ho tvaru. Přitom se vzájemným třením
a působením velmi silné gravitace černé
díry zahřívá na miliony stupňů Celsia.
V důsledku toho se uvolňuje obrovské
množství energie, takže akreční disk vy-
dává charakteristické záření na různých »

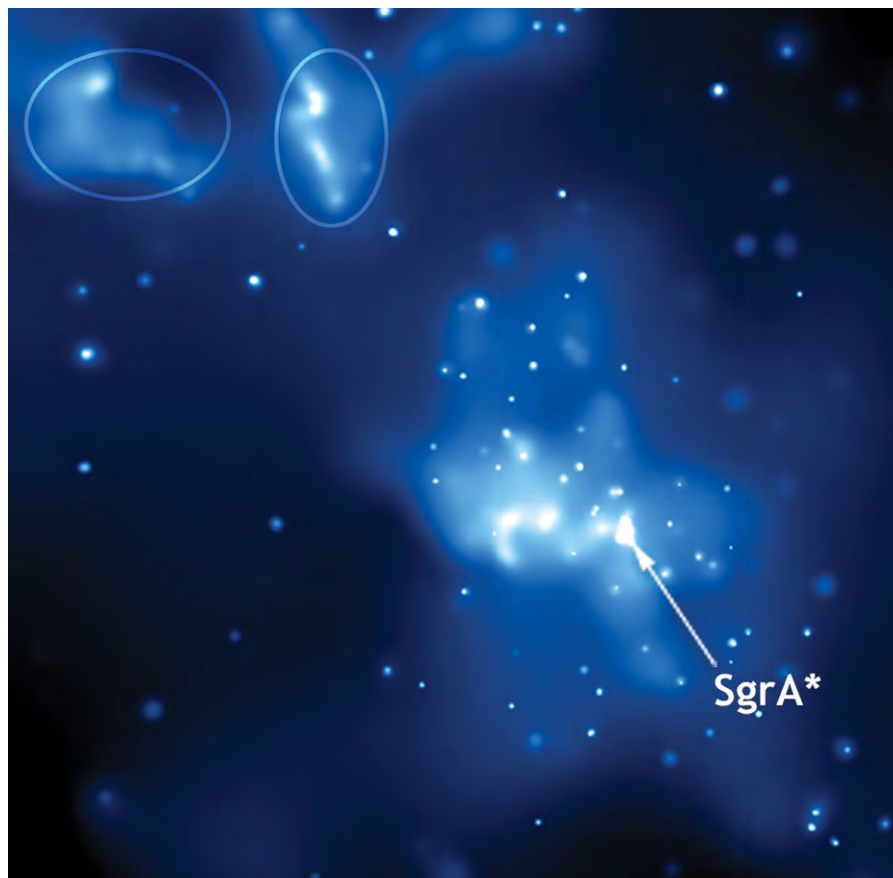
Ve dvojhvězdném
systému vysává
černá díra látku
z druhé složky,
která pak vytváří
akreční disk kolem
jinak neviditelného
soutníka. Procesy
v akrečním disku
jsou zdrojem
rentgenového záření.

vlnových délkách. Jeho proměnlivost v čase a spektrální vlastnosti vypovídají nejen o podmínkách panujících v okolí černých děr, ale dají se z nich odvodit i některé parametry těchto záhadných objektů. Vědce například zajímá, jak blízko k horizontu události se hmota může dostat, protože jestliže černá díra velmi rychle rotuje, dovoluje materiálu v akrečním disku dosahovat blíž. Pokud se tudíž podaří změřit jeho vnitřní okraj, nepřímo se změří i rotace černé díry, což je vedle hmotnosti druhý základní astrofyzikální parametr těchto objektů.

Češi nestojí stranou

Právě problematika akrečních disků neobyčejně zajímá i české odborníky, kteří se zabývají jak teorií, tak pozorováním a analýzou dat. Například Jiří Svoboda z Astronomického ústavu AV ČR získal v roce 2014 za modelování a výzkum záření akrečního disku Prémii Otto Wichterleho AV ČR.

Další podnětné poznatky o mezihvězdném materiálu v akrečním disku,



Rentgenový snímek centra naší Galaxie z kosmické družice Chandra. Šipkou je naznačena pozice černé veledíry v samotném centru hvězdného ostrova, které je cílem intenzivního výzkumu českých astronomů. Elipsami jsou vyznačeny mlhoviny, na nichž lze studovat odlesky minulé aktivity černé veledíry.

Poznávání černých děr

Teoreticky je předpověděl už v roce 1783 anglický geolog John Mitchell, který vypočítal, že gravitace dostatečně hmotného tělesa může být natolik silná, že by uniková rychlost z jeho povrchu přesahovala rychlost světla a žádné hmotné těleso, ba ani samo světlo by z jejího povrchu nedokázalo uniknout. O dva roky později nastínil stejnou myšlenku známý francouzský astronom a matematik Pierre Laplace. Na vážný zájem vědců však musela tato – tehdy ještě pouze hypotetická – tělesa počkat až na Alberta Einsteina, a to nejen na

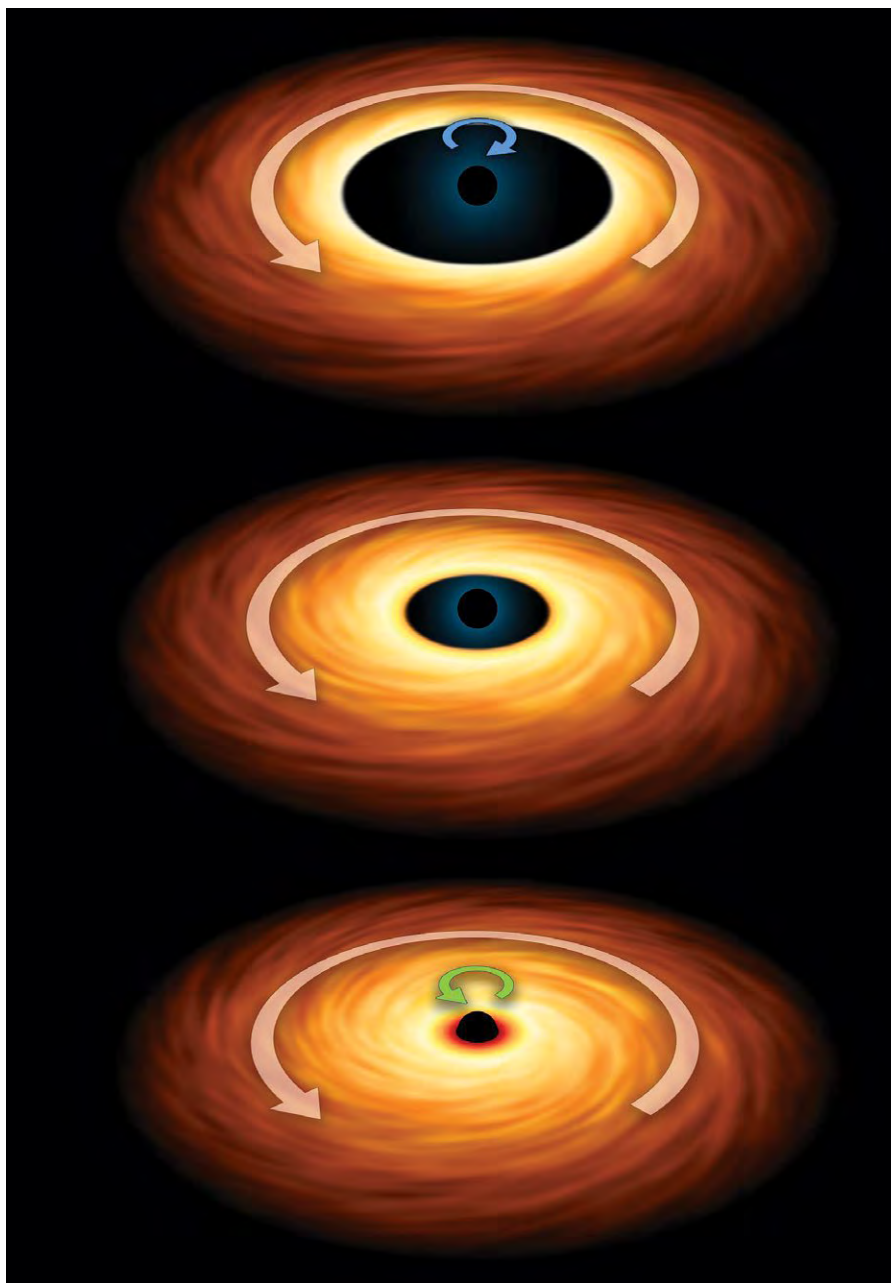
jeho důkaz, že a jakým způsobem gravitace hmotného tělesa ovlivňuje šíření světla, ale především na jeho obecnou teorii relativity. Jednu z jejích rovnic využil v roce 1916 německý astrofyzik Karl Schwarzschild k výpočtu jednoduché černé díry charakterizované pouze svou hmotností, ale nerotující a s nulovým elektrickým nábojem. Téměř půl století trvalo, než v roce 1963 novozélandský fyzik a matematik Roy Kerr představil, zjednodušeně řečeno, řešení Einsteinových rovnic pro rotující černé díry. Mezitím pokročilo studium vývoje hvězd,

včetně závěrečných etap života a zhroutil se velmi hmotných hvězd na černou díru. Další pokrok v jejich teoretickém popisu je spojen se jmény tak věhlasných fyziků, astrofyziků a matematiků, jako jsou John Wheeler (právě on v roce 1968 poprvé použil označení „černá díra“), Roger Penrose, Stephen Hawking nebo Kip Thorne. Roku 1972 byla konečně objevena první černá díra v souhvězdí Labutě (Cygnus X1) a v roce 2004 byl oznámen objev první černé díry v naší Galaxii. Nová kapitola se může začít psát díky loňskému objevu gravitačních vln.

který černá díra gravitačně přitahuje a pohlcuje, publikovali čeští astronomové a astrofyzikové v loňském roce. Vyšli z faktu, že akreční disky mají rozmanité formy, které však nelze popsat pouze na základě působení gravitace v těsné blízkosti černých děr, jakkoli enormních hodnot dosahuje. Je nutno doplnit další parametry. Audrey Trova a Vladimír Karas z Astronomického ústavu AV ČR se spolupracovníky ze Slezské univerzity v Opavě studovali fyzikální vlastnosti akrečních disků obsahujících elektricky nabitě částice. Zaměřili se konkrétně na černé díry vnořené do velkorozměrového magnetického pole a nově do svých výzkumů zahrnuli též vliv vlastní gravitace akrečního disku. (Pro úplnost je třeba zmínit, že černé díry své vlastní

magnetické pole nemají, může být však indukováno elektrickými proudy tekoucími v jejich blízkosti.) Právě vzájemná souhra elektromagnetické a gravitační interakce má být tím chybějícím článkem důležitým pro kompletní popis pozorovaných akrečních útvarů. Autoři práce publikované v prestižním americkém časopise *The Astrophysical Journal* (Supplement Series) si dali za cíl odpovědět na otázku, jak spolu soupeří gravitační a elektromagnetické vlivy v kosmickém prostředí, kde se obě uvedené interakce navzájem vyrovnávají a přitom dosahují obrovských intenzit. Z výše řečeného vyplývá, že pohyb jednotlivých částíček akrečního disku se řídí v první řadě gravitací černé díry. Může být tak mocná, že k popisu oběžného pohybu nepostačují rovnice klasické newtonovské mechaniky, ale je třeba se uchýlit k obecné teorii relativity. Nezanedbatelný vliv má i vzájemné gravitační působení jednotlivých částíček disku, které nabývá na důležitosti s rostoucí vzdáleností od černé díry – takové systémy označují odborníci jako samogravituující.

Samogravituující akreční disky pozorují astronomové především v jádrech aktivních galaxií, avšak již po desetiletí přetrvávají rozpaky nad tím, jak vlastně vysvětlit jejich dlouhodobou existenci. Musí v nich působit jistá poměrně účinná síla, která je udržuje dlouhou dobu stabilní, jinak by vlivem všemocné gravitace zkolabovaly. Audrey Tropa, francouzská astronomka, která přišla do Astronomického ústavu AV ČR po absolvování doktorského studia na univerzitě v Bordeaux, a její spolupracovníci vzali v úvahu dříve nezkoumaný faktor – elektromagnetické působení mezi elektricky nabitými částicemi kroužící hmoty a okolním magnetickým polem centrálního kompaktního objektu. Uvědomili si totiž, že ačkoli jsou hvězdy i černé díry zpravidla elektricky neutrální, totéž nelze jednoznačně tvrdit o hmotě tvořící vlastní akreční disk, v němž probíhá velké množství zajímavých fyzikálních procesů. Jako příklad lze uvést intenzivní ohřev zejména vnitřní části disku, kde teploty často přesahují ionizační teplotu vodíku. A protože vodík je jejich domi-



Na směr rotace černé díry závisí vzdálenost akrečního disku od horizontu událostí. Pokud černá díra rotuje v opačném směru než akreční disk, vzdálenost je větší než v případě, že se otáčí ve stejném směru. Situaci, kdy černá díra sama nerotuje, zobrazuje ilustrace uprostřed.

nantním prvkem, z elektricky neutrálního plynu se tím stává plyn ionizovaný, s velkým podílem nabitých částic. Horká látka je pak zdrojem rentgenového záření, které nabíjí elektrickým nábojem prachové částice přítomné v disku a jež také registrují přístroje v okolí Země coby důkaz probíhající akrece neboli nabalování hmoty.

Zmiňovaná práce je originální ze dvou hledisek. Především spojuje do jednotného modelu vliv elektromagnetických sil a samogravitačního působení. Zároveň se však autorům povedlo vytvořit zjednodušený model, na němž je možné snáz vysledovat význam jednotlivých členů v matematických rovnicích. >>

Základní nezodpovězené otázky

Černé díry mají řadu zvláštních vlastností, které vědci zatím nedovedou přesně vysvětlit.

Jakou roli hrají
ve vývoji galaxií
a celého vesmíru?

Je v samém centru černých děr „něco“, co vědci nazývají singularita? Tedy místo s nekonečně zakřiveným časoprostorem, s nekonečně velkou hustotou a nekonečně intenzivním gravitačním polem? Vždyť právě kvůli matematickým singularitám nepříjal Albert Einstein koncepci reálné existence černých děr.

Jak vůbec mohou černé veledíry
nabýt svých ohromujících
hmotností? Vznikly už jako obří,
nebo do své velikosti narostly až
postupně pohlcením hmoty ve
svém okolí?

Z černé díry nemůže
uniknout ani částice
hmoty, ani světlo –
může z ní ale uniknout
informace?

Zůstane nitro černých
děr vědeckému poznání
navždy nedostupné?

Může singularita, pokud existuje,
představovat spojnici s jiným vesmírem?

Jak tyto
objekty
interagují se
svým okolím?

Takový pohled – porušený gravitačním ohybem světla – bychom měli na naši Galaxii (Mléčnou dráhu), kdyby se před ní nacházela ve vzdálenosti 600 km černá díra desetkrát hmotnější než Slunce.

Ze studie vyplývá, že elektromagnetická interakce je důležitá pro celkovou strukturu akrečního disku, protože významnou měrou působí proti jeho vlastní gravitaci. Elektricky nabitě a zmagnetizované disky proto mohou být geometricky tlustší, což ukazují i pozorování.

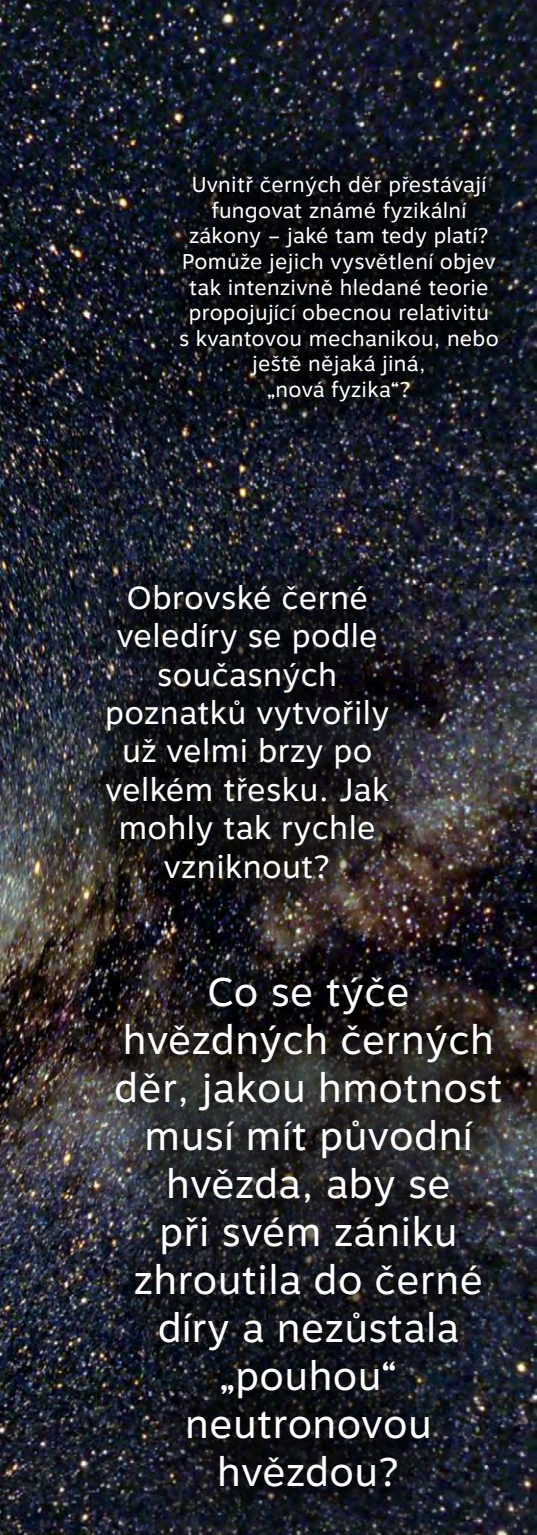
Výpočty a modely českých odborníků nejen z této studie nepochybně po-

mohou bližšímu poznání těchto podivných vesmírných objektů.

Co černé díry spolknou, opravdu už nevydají?

Teoretikové po celém světě se neúnavně snaží o vysvětlení alespoň některých jejich vlastností. Už téměř půl století

se například dohadují, jestli poté, co do černé díry spadne nějaký objekt, se o něm zcela a nenávratně ztratí veškerá informace, nebo zda nějaká může přece jen uniknout ven. Nemylme se, není to vůbec jen akademická otázka, v její podstatě se totiž skrývá jeden z největších problémů současné fyziky. Je jím nesoulad, ba přímo hluboký konflikt



Uvnitř černých děr přestávají fungovat známé fyzikální zákony – jaké tam tedy platí? Pomůže jejich vysvětlení objev tak intenzivně hledané teorie propojující obecnou relativitu s kvantovou mechanikou, nebo ještě nějaká jiná, „nová fyzika“?

Obrovské černé veledíry se podle současných poznatků vytvořily už velmi brzy po velkém třesku. Jak mohly tak rychle vzniknout?

Co se týče hvězdných černých děr, jakou hmotnost musí mít původní hvězda, aby se při svém zániku zhroutila do černé díry a nezůstala „pouhou“ neutronovou hvězdou?

mezi dvěma jejími základními pilíři: obecnou teorií relativity a kvantovou mechanikou. Obecná relativita tvrdí, že jakmile jednou černá díra něco spolkne (ať už to bylo záření či plyn, prach, planety, hvězdy, či dokonce celé galaxie), už z ní nikdy neunikne ven vůbec nic – tedy ani informace o tom, co pohltila. Podle zákonů kvantové

mechaniky ovšem tato informace nemůže být zničena. Začalo se proto mluvit o tzv. informačním paradoxu černých děr.

Informační paradox

Vraťme se nejprve do sedmdesátých let minulého století, kdy slavný britský teoretický fyzik Stephen Hawking prohlásil, že černé díry nemusí pohlcovat úplně všechno. Kvantověmechanické procesy v těsné blízkosti horizontu událostí totiž umožňují únik částic, které s sebou odnášejí část energie černé díry (tento efekt dostal později jméno Hawkingovo záření). Tím se černé díry mohou postupně zmenšovat, až se po nesmírně dlouhé době „vypaří“, samozřejmě pokud se pilně nekrmí další hmotou ze svého okolí. Tento poznatek nicméně informačnímu paradoxu neučinil přítrž, a sice proto, že zmíněné záření vycházející z černé díry je tepelné, tudíž nenese žádnou informaci o tom, co je v jejím nitru, pod horizontem událostí. O téměř tři desetiletí později však Stephen Hawking toto své tvrzení sám přehodnotil a přišel s tezí, že – velice zjednodušeně – v důsledku určitých kvantových jevů na horizontu událostí by černé díry přece jen mohly vydávat určité informace o tom, co pohlcují. Ani tentokrát to však neznamenalo konec informačního paradoxu černých děr...

Odpovědi na tuto fundamentální záhadu hledali i jiní, včetně skupiny vědců pod vedením Josepha Polchinského ze slavného Kavliho ústavu pro teoretickou fyziku při Kalifornské univerzitě v Santa Barbaře. Zkoumali okolí černých děr a došli k závěru, že pokud platí současně relativita a kvantová fyzika (potažmo nemožnost ztráty informace), pak by na horizontu událostí musela být intenzivní ohňová stěna Hawkingova záření.

Stephen Hawking opět zčeřil hladinu teoretických astrofyzikálních debat, když před necelými dvěma lety předložil novou koncepci, která ve svém důsledku znamená, že černé díry v dosavadním nazírání vlastně vůbec neexistují; vzdává se klasické představy

horizontu událostí, zavádí „zdanlivý horizont“ a – aniž bychom zabíhali do složitých podrobností – předkládá na tomto základě řešení úniku informace z černé díry, které by nebylo v rozporu ani s obecnou teorií relativity, ani s kvantovou mechanikou. Teoretičtí fyzikové však zatím zůstávají k těmto – z hlediska některých až příliš spekulativním – hypotézám velmi opatrní.

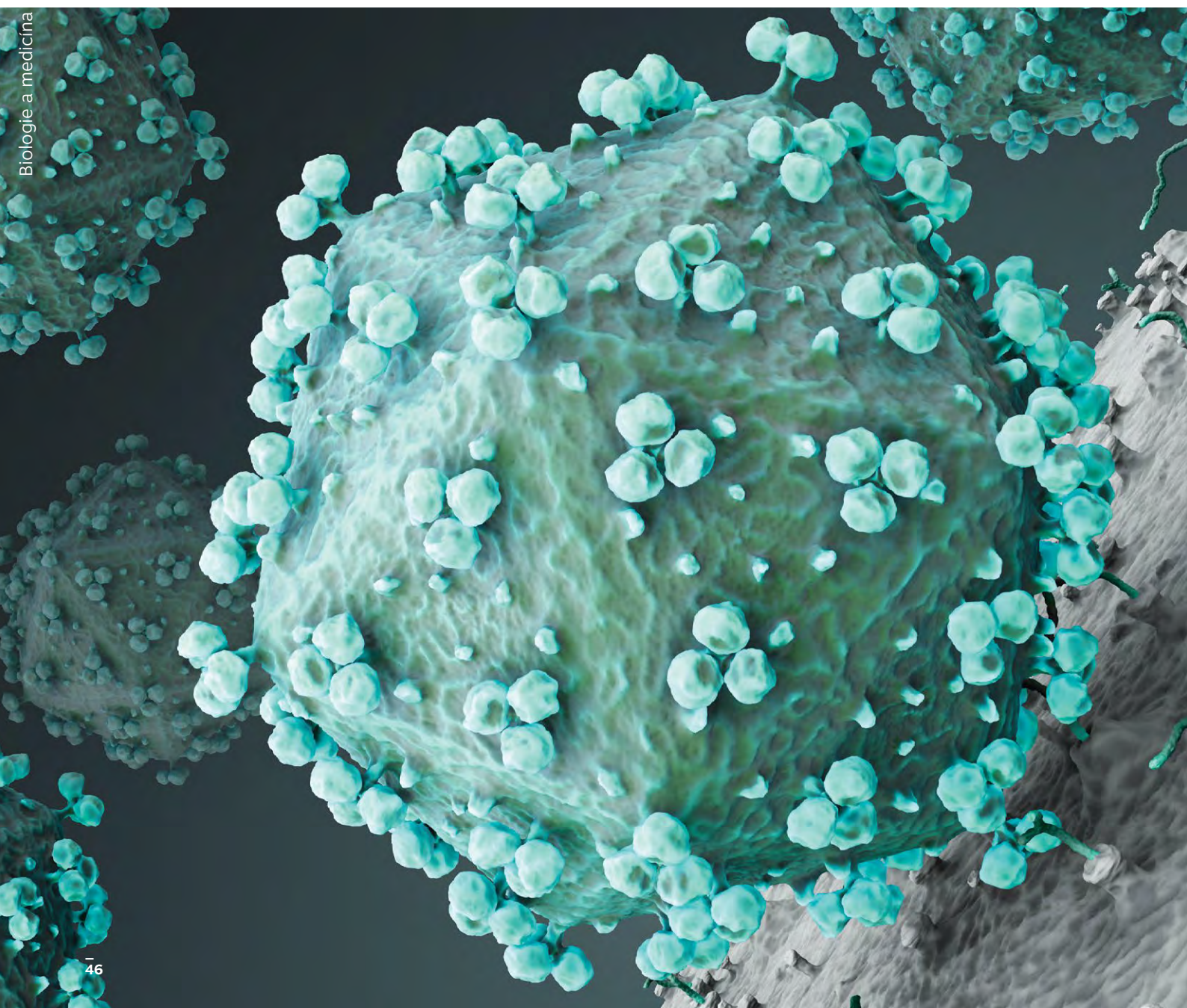
A tak černé díry dál dráždí obrazovost astronomů, kosmologů, fyziků, astrofyziků i matematiků.

Někteří soudí, že nenáviděné singularity v jádře černých děr vůbec nejsou. Další obcházejí potíže s horizontem událostí, singularitami i informačním paradoxem tím, že vykreslují černé díry jako obrovský zašmodraný shluk superstrun. Laura Mersini-Houghtonová ze Severokarolínské univerzity v Chapel Hill dokonce své tvrzení, že černé díry ve skutečnosti neexistují, dokázala matematicky.

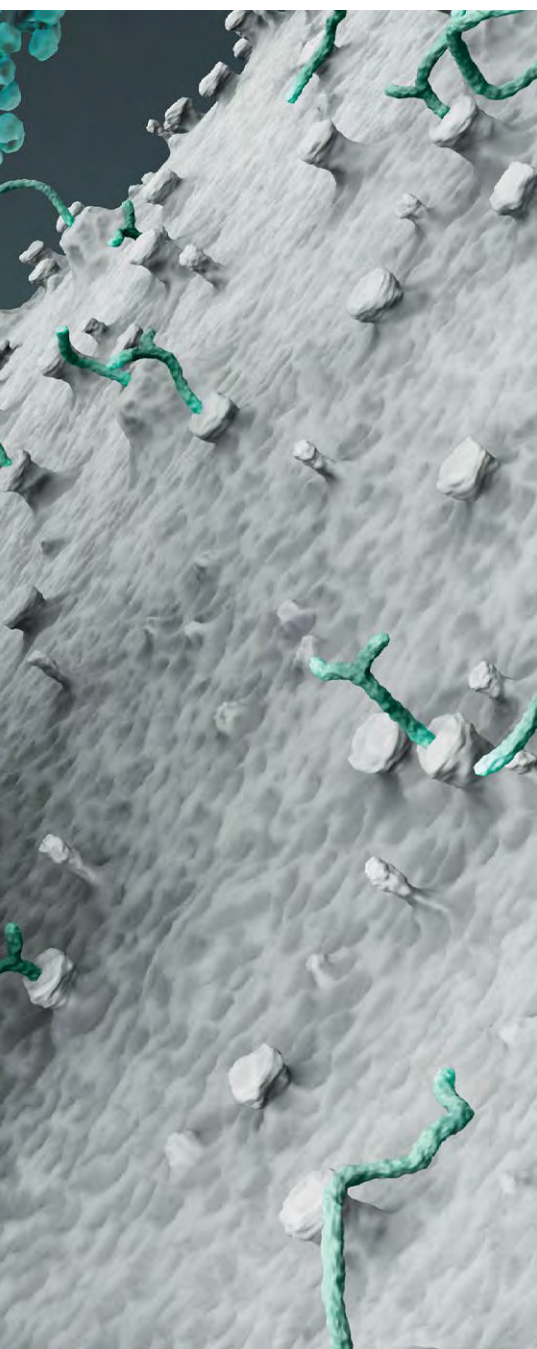
Hypotéza je tedy mnoho – od více uvěřitelných až po poněkud ztřeštěné. Ve vědě ale platí, že vše se musí dokázat a ověřit reálnými pozorováními. Půjde to u černých děr? Ještě nedávno by odborníci museli připustit, že jen obtížně. V loňském roce se jim však do rukou dostal nový nástroj, jenž by mohl přinést opravdový pokrok v poznávání objektů, které patří ve vesmíru k nejexotičtějším. Stal se jím doslova revoluční objev gravitačních vln, které vznikly při srážce a následném splynutí dvou černých děr v dalekých hlubinách vesmíru. Detektory observatoře LIGO v USA zachytily gravitační vlny – a jejich měřením se vlastně potvrdila existence černých děr. Vědci doufají, že letos budou pozorovat další. Pokud se ještě připojí měření italského detektoru VIRGO, případně dalšího zařízení v Japonsku, umožní to vědcům hledat více srážek černých děr a určit i jejich rozložení ve vesmíru (což se jinak prakticky nedá dělat), podrobně analyzovat získaná data a na jejich základě potvrzovat, či vyvracet své předpoklady. Snad se podaří najít odpovědi alespoň na některé palčivé otázky o těchto stále tolik záhadných objektech. ■

Jméno dostal teprve v roce 1986, takže tu s námi zdánlivě není dlouho. Nevzal se ale jen tak odnikud, na člověka se přenesl ze šimpanzů na přelomu 19. a 20. století. HIV řadíme mezi lentiviry, které jsou – v širším slova smyslu – mnohem starší. V roce 2008 odvodil tým ze Stanfordovy univerzity stáří jejich předchůdců na 14 milionů let. **Expertí z Ústavu molekulární genetiky AV ČR je však nejnovějším výzkumem datují ještě mnohem hlouběji do minulosti.** Mohl být vzdálený předchůdce viru HIV současníkem dinosaurů? Nebo je dokonce napadat?

Virová částice HIV obsahuje dvě molekuly jednořetězcové RNA a enzymy zajišťující její přepis do DNA a začlenění do genetické informace buňky. To vše je uloženo v kapsidě, která je obalena v membráně z původní infikované buňky.



Jak starý je virus HIV?



O nemocnění, jehož si lidé všimli až v sedmdesátých letech 20. století, má zajímavou historii. Podle teorie, kterou vědci považují za nejpravděpodobnější, se zhruba před 100 lety nakazilo v Africe několik lovců opic od zvířat infikovaných SIV, virem napadajícím primáty, příbuzným dnešnímu HIV. Není tajemstvím, že HIV se přenáší především krví, a lze si snadno představit, že lovci často utrpěli při práci rány, jimiž se virus s infikovanou šimpanzí krví dostal do jejich organismů. Patogen se v lidském těle uchytil, přizpůsobil, zmutoval a HIV byl na světě. Konec konců již předtím absolvoval obdobný proces, když přesedlal z jiných opic právě na šimpanze, kde se adaptoval a vyvinul si mechanismy, jak překonat přirozenou imunitu člověka, která je podobná té šimpanzí. Běžné kmeny viru SIV totiž člověka nikterak neohrožují.

Ve dvacátých letech byla nejspíše ohniskem šíření nové nemoci africká Kinshasa (tehdy Léopoldville). Žilo tam dvakrát více mužů než žen, prostitucí se živilo až 45 % dívek a virus se mohl snadno uchytil. Možná by z toho všeho byl jen lokální problém, kdyby se v šedesátých letech masivní očkovací kampaně v Africe nepodepsaly na větším rozšíření HIV. Jehly se tehdy dostatečně nesterilizovaly. První lékařsky zdokumentovaný případ ale pochází až z roku 1959, a než vědci odhalili novou nemoc (AIDS), psala se už léta osmdesátá.

Česká stopa

Česká republika je sice jednou ze zemí s nízkým výskytem HIV, ale přesto dokázala v oblasti jeho výzkumu zaznamenat světové úspěchy. Jméno Antonína Holého z Ústavu organické chemie a biochemie AV ČR (ÚOCHB) asi netřeba zdůrazňovat. Jím vynalezené účinné látky se používají jako antivirotika po celém světě. Paradoxně tak země, v níž v době uvedení na trh prvního přípravku k léčbě AIDS z Holého patentů bylo jen pět stovek HIV pozitivních, pomohla uvést na trh lék, který pomáhá bez nadsázky milionům.

Výzkum spojený s HIV se u nás nezastavil jen u Antonína Holého. Čeští vědci například nedávno přispěli k možnostem zkoumání viru. Chcete-li studovat jeho životní cyklus, potřebujete synchronizovat virovou kulturu. Co to znamená? Představte si kapku roztoku, ve které se nalézá mnoho virů-jednotlivců. Logicky budou v různých fázích vývoje – některé na začátku svého života (pro ilustraci považujeme virus za živý organismus), některé ve středním věku a jiné na sklonku života. Zařídít, aby v dané kapce roztoku byly všechny viry stejně staré, se dosud nedařilo. Tým vědců z Ústavu organické chemie a biochemie AV ČR ve spolupráci s kolegy z Univerzity v Heidelbergu to však v roce 2015 dokázal. „Tento nástroj poprvé umožní pozorovat vznik zralé, infekční virové částice HIV v reálném čase,“ vysvětlil objev Jan Konvalinka z ÚOCHB, mj. také prorektor Univerzity Karlovy. >>

Vědci připravili fotolabilní inhibitor virového enzymu, který HIV potřebuje pro dokončení svého životního cyklu. Po ozáření laserovým paprskem se inhibitor rozpadne a enzym začne pracovat, čímž spustí zrání viru. Je to, jako byste měli v místnosti množství myši, které se díky speciálnímu krmení zastaví ve vývoji ve věku třeba dvou měsíců. Jakmile dosáhnou této mety, dále nestárnou, dokud nerozsvítíte světlo. Poté se růst zase rozběhne. Tak docílíte stavu, kdy jsou všechny myši v místnosti stejně staré a můžete sledovat jejich další životní fáze. U živočichů je to samozřejmě nerealizovatelné, u virů se to ale českým expertům podařilo.

Potřeba sledování vzniku zralé virové částice HIV v reálném čase není samoučelná. Některé velmi účinné léky totiž působí v konečné fázi zrání životního cyklu viru a vědci chtějí vědět, jak přesně fungují a jak vzniká rezistence vůči léčbě.

S kým máme tu čest

Veškeré buněčné organismy potřebují k životu DNA. Pouze některé viry a jim podobné nebuněčné struktury (viroidy, virusoidy) se obejdou bez ní a využívají

jednodušší nukleovou kyselinu – RNA. Ve světě buněčných organismů mají DNA i RNA nezastupitelnou úlohu. DNA jako stabilnější z obou molekul má za úkol uchovávat genetickou informaci a slouží jako předloha pro stavbu proteinů (bílkovin). K tomu, aby potřebný protein buňka vyrobila, používá organismus tzv. mediátorovou RNA (mRNA). Zjednodušeně řečeno, z velké knihy receptů (DNA) buňka vytvoří kopii jednoho z nich (mRNA) a teprve tato kopie slouží jako šablona pro stavbu potřebné molekuly.

Jenže existuje skupina virů, které dokážou udělat cosi nečekaného. Místo, aby RNA sloužila jako kopírovací materiál, dokáže vnutit svou genetickou informaci do DNA buňky. Jinými slovy, svůj vlastní recept zapíše do velké knihy místo naopak. Přesně tak fungují retroviry, mezi které HIV a ostatní lentiviry patří. HIV nejprve v krvi napadá CD4+ buňky, tedy typ bílých krvinek řídících imunitní reakce organismu. Částice viru se na buňku musí navázat, aby mohla proniknout dovnitř. Pak do buňky vsune svoji RNA, která se přepíše do DNA a začlení do hostitelovy genetické informace v jádře bílé krvinky. Pokud se to

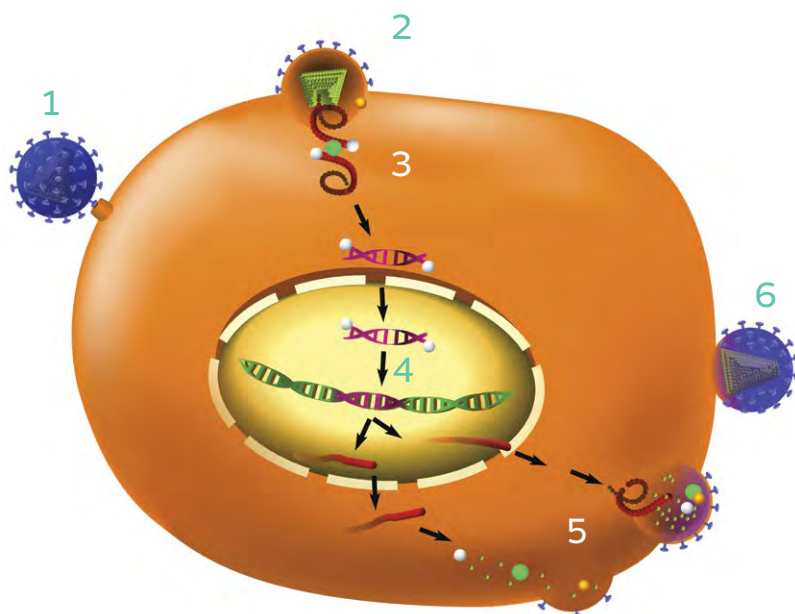
podaří, začne buňka produkovat další viry HIV, a ty se tak v těle množí.

Jednou z cest, jak zabránit jakémukoli viru, aby byl nebezpečný, je zamezit jeho navázání na buňku. Někteří lidé nemají kvůli genetické mutaci funkční receptory, na které by se virus HIV mohl vázat, a jsou tak vůči němu imunní. Bílkovinné molekuly na povrchu buněk, které retroviry využívají pro invazi, zkoumají také čeští experti v oddělení virové a buněčné genetiky Ústavu molekulární genetiky AV ČR. Právě jim se podařil objev světového významu, když prokázali, že předchůdci dnešních lentivirů (mezi něž patří nejen HIV, ale i viry způsobující podobná onemocnění u jiných savců, například králíků či kočkovitých šelem) jsou mnohem starší, než se dosud myslelo.

Nebyl to ale jejich první úspěch v oblasti zkoumání retrovirů. Dlouhodobě se úspěšně zabývají také latencí HIV. Virus se po infekci v lidském těle usídí mj. v paměťových buňkách imunitního systému, v němž přežívá v latentním stavu a víceméně neškodí, dokud jej něco neaktivuje. Po různých podnětech, například jiné infekci, která člověka napadne, se spící HIV aktivuje a začne v těle šířit. Pokud sebelépe zaléčený HIV pozitivní pacient vysadí léky, virus se v krevním oběhu obnoví většinou do několika týdnů. Čeští vědci zkoumají, co jej inaktivuje a čím ho lze naopak aktivovat, aby takřikajíc vylezl z úkrytu. Poté jej lze relativně snadno zabít virostatiky. Právě to zkoumá skupina Jiřího Hejnara, vedoucího oddělení virové a buněčné genetiky Ústavu molekulární genetiky AV ČR. „Mohl by to být jeden z přístupů k úplné léčbě, nebo alespoň k prodloužení latence viru,“ vysvětluje. Některé aktivátory HIV jsou již ve třetí fázi klinických testů, někdy lze také využít již existujících léků vyvinutých pro jiné účely.

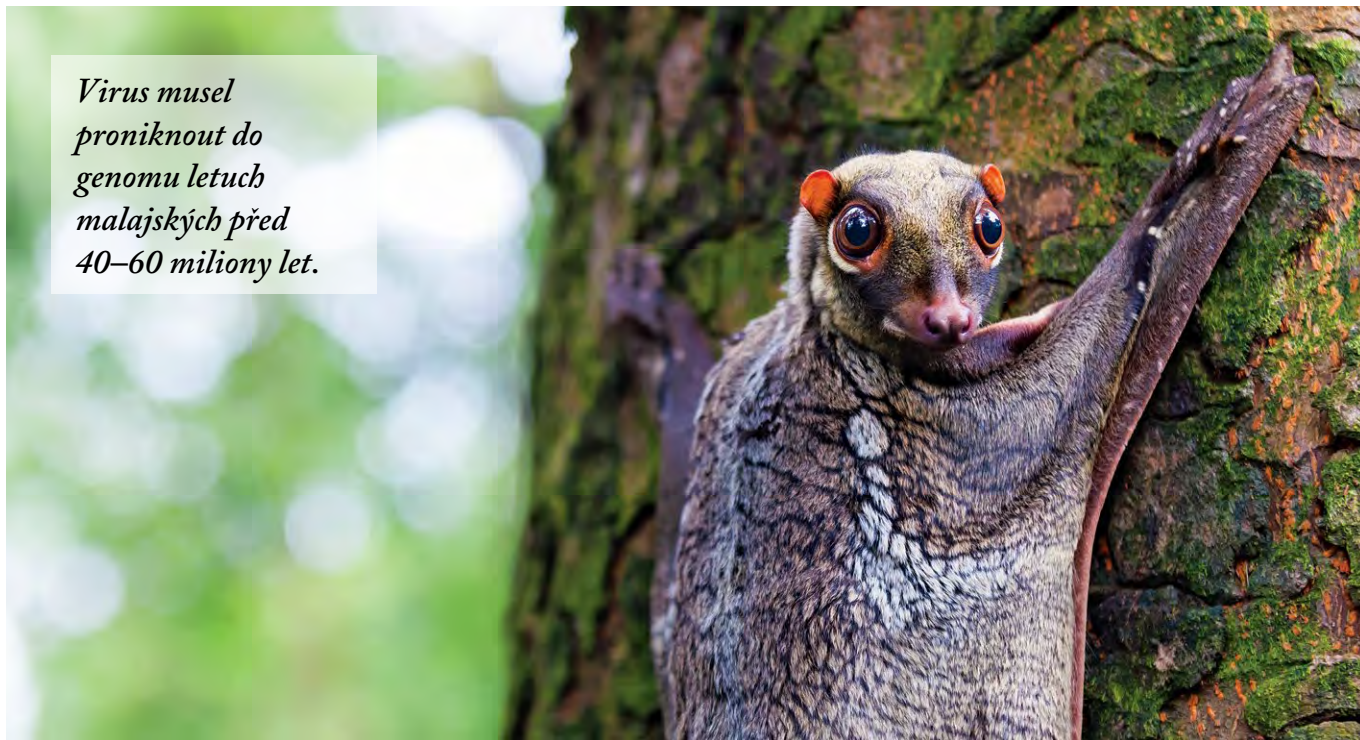
Posouvání hranic věku

Retroviry se vyvíjejí velmi rychle, kvůli častým chybám při přepisu z RNA do DNA hromadí četné mutace. Vědci jsou kupříkladu schopni odlišit vzorky HIV z šedesátých let od vzorků z let osmdesátých. Sotva by tak mohli zjistit, jak



Virus se nejdříve naváže na buňku (1) a pronikne skrz membránu (2). Poté se jeho RNA přepíše do podoby DNA (3) a integruje do původní genetické informace buňky (4). Podle tohoto „receptu“ pak buňka vytváří materiál pro nové částice viru HIV (5), které dokončí cyklus tím, že se zabalí do membrány hostitelské buňky (6).

*Virus musel
proniknout do
genomu letuch
malajských před
40–60 miliony let.*



Letucha malajská (*Cynocephalus variegatus*) je nevelký noční savec. Na těle dlouhém asi 40 cm má osrstěný kožní lem (*patagium*), od krku až po ocas. Pomocí něj dokáže plachtit při skoku mezi stromy a překonat tak vzdálenost až 130 m se ztrátou výšky pouhých 10 m. Jde o byložravce vývojově blízkého primátům. Právě u něj prokázali čeští vědci, že lentiviry jsou mnohem starší, než se dosud myslelo.

předchůdce viru vypadal před miliony let. Za normálních okolností patogen napadenou buňku časem poškodí nebo zabije svým množením a pučením ven. „Nemusí k tomu ale dojít, pokud se retrovirus množí jen mírně nebo pokud je zcela inaktivován, například na úrovni transkripce,“ vysvětluje Jiří Hejnar. Pokud se začlení do genomu nejen bílých krvinek, ale i vajíček nebo spermií, může vzniknout tzv. endogenní retrovirus, který se posléze šíří přenosem genetické informace na potomstvo.

Endogenní retroviry nejsou zdaleka tolik náchylné k mutacím a právě díky nim mohou vědci rekonstruovat minulost. Tým Daniela Elledera z téhož oddělení objevil už v roce 2014 lentivirovou sekvenci označovanou jako ELVgv v genetické informaci letuch malajských. Tým pak hledal stejné sekvence také v DNA ostatních (pod)druhů letuch. Jelikož je skutečně našel, vyvodil závěr, že tito stromoví plachtící savci museli být infikováni již před rozdělením na jednotlivé druhy. Vzhledem k tomu, že ELVgv

se u jiných savců nenachází, musel virus proniknout do jejich genomu před 40–60 miliony let. „Nelze ovšem vyloučit, že budou objeveny jiné endogenní lentiviry ještě starší,“ říká Jiří Hejnar.

Možná se tedy předchůdce HIV potkal i s dinosaury, kteří vyhynuli před 65 miliony let. Mohl snad přispět k jejich vyhynutí? Jiří Hejnar to považuje prakticky za vyloučené. „Dosud známé lentiviry byly nalezeny pouze u savců

a je otázkou, zda bychom dokázali rozpoznat eventuální příbuzné retroviry u jiných skupin obratlovců, např. u plazů nebo ptáků. Jejich evoluční souvislost by musela být velmi stará (přes 200 milionů let), takže bychom je ani nemuseli klasifikovat jako lentiviry. Možnost horizontálního přenosu sice nelze vyloučit, současné infekční lentiviry jsou ovšem dost specializované, takže takový přenos je nepravděpodobný.“

Statistiky ČR vs. svět

HIV si dosud vybral celosvětově přes 35 milionů obětí, počet žijících nakažených se odhaduje na 40 milionů. Podle vyjádření Světové zdravotnické organizace (WHO) však o své nákaze ví pouze 60 % infikovaných. V České republice má roční přírůstek počtu HIV pozitivních neustále vzrůstající tendenci. Přesto zůstáváme málo zasaženou zemí. V poměru infikovaných pacientů na počet obyvatel jsme na tom více než patnáctkrát lépe než USA. Absolutní čísla nevznávají v porovnání se světem tak hrozivě – od zahájení sledování infekcí HIV v Česku v říjnu roku 1985 lékaři diagnostikovali 2877 případů, z nichž 359 pacientů již zemřelo (data k 31. říjnu 2016).

ENERGIE

Kde ji vzít a jak skladovat

Energetická soběstačnost patří podle Světové obchodní organizace mezi desítku výzev, jimž budeme čelit v následujících desetiletích. **Současné dominantní zdroje energie nejsou trvalým řešením, a tak musíme nejen hledat zdroje nové, ale přitom i zdokonalovat její přeměnu a vyřešit skladování.** Právě to je jedním z úkolů Strategie AV21.

Aerodynamická laboratoř Ústavu termomechaniky AV ČR v městečku Nový Knín neda-leko Dobříše je důkazem, že špičkové výsledky nepocházejí pouze z české metropole. Vznikla v roce 1966, avšak historie dolů ve vrchu Chvojná sahá až do středověku, kdy se zde začalo těžit zlato. Dvě průzkumné štolý z 19. století se v současnosti využívají k pohonu podtlakových aerodynamických tunelů. Obě štolý – vyčištěné, utěsněné kovovými přepážkami a vyztužené betonovým nástřikem – tvoří páteř současného vědeckého areálu. „Objem mají přibližně šest a půl tisíce kubíků a mohou se odsát až na hodnotu přibližně desetiny atmosférického tlaku. Poměr tlaku, který vznikne odsátím ve štolách, a barometrického tlaku, jež nasáváme z atmosféry, umožňuje docílit dvojnásobku rychlosti zvuku [pozn. red. – proudícího vzduchu v tunelu], což je oblast rychlosti, jež se dosahuje i ve velkých strojích, jako jsou parní turbíny, letecké motory či kompresory,“ vysvětluje Martin Luxa, vedoucí oddělení dynamiky tekutin a laboratoře vnitřních proudění Ústavu termomechaniky AV ČR.

Vysokorychlostní aerodynamický výzkum má v České republice tradici nejen v základním, ale i aplikovaném výzkumu.

Úspěšné práce v laboratořích vybavených aerodynamickými tunely vznikaly nejprve od roku 1947 ve Výzkumném a zkušebním leteckém ústavu a poté právě v Novém Kníně, kde byly vytvořeny důležité práce v oboru proudění transsonického (rychlosti zvuku) a supersonického (nadzvukového) a ve vnitřní aerodynamice, teorii turbulence a mezních vrstev či z oblasti větrného inženýrství.

V oboru transsonického proudění lze kupříkladu pozorovat – oproti čistě podzvukovému proudění – odlišné chování proudící tekutiny. V proudovém poli se vyskytuje současně nejen oblast podzvukových, ale i nadzvukových rychlostí. „Obvykle zde vznikají rázové vlny. Pozorujeme jejich interakci s mezními vrstvami na površích zkoumaných obtékaných těles a sledujeme nárůst ztrát kinetické energie,“ doplňuje Martin Luxa. A právě výsledky výzkumu transsonických turbínových a kompresorových lopatkových mříží jsou důležité především pro energetiku.

Z tunelu do vrtule

Elektrárny spalující uhlí, zemní plyn, ale třeba také biomasu a rovněž jaderné elektrárny pracují na totožném principu. Palivo generuje teplo, jež se využije k ohřevu vody. Vzniká vodní pára,

Strategie AV21

„Účinná přeměna a skladování energie“

„Na cestě k energetické soběstačnosti a bezpečnosti české společnosti propojujeme poznatky mnoha vědních oborů,“ vysvětluje ředitel Ústavu termomechaniky Jirí Plešek, který koordinuje spolupráci 17 pracovišť AV ČR a mnoha partnerů z vysokých škol a průmyslu. „Zabýváme se účinným fungováním elektráren, což jde ruku v ruce s vývojem dokonalejších turbín, lopatek i s posouváním hranic v jednotlivých vědeckých oborech – ať již mechaniky tekutin, termodynamiky či materiálového inženýrství. Věnujeme se palivům s čistším spalováním, vyvíjíme baterie nové generace a samozřejmě sledujeme obnovitelné zdroje, abychom přispěli k jejich efektivnímu využití.“

pohánějící turbínu. Teprve zde nastává přeměna tepelné energie v kinetickou (mechanickou), která se převádí na elektrickou. Přeměna je to poměrně nedokonalá. Celkově vzato se z paliva získá nanejvýš 50 % energie. Sebemenší zvýšení účinnosti je proto velmi žádoucí.

Parní turbíny velkých elektráren mají vskutku impozantní rozměry. V průtočných částech mohou lopatky dosahovat rychlosti přesahující rychlost zvuku (ve vodní páře). O účinnosti turbíny rozhodují zejména poslední, koncové stupně, kde se nachází nejdelsí lopatky, ovlivňující i velikost turbíny. Při návrhu jejich tvaru, materiálu a konstrukce >>



Technik Antonín Zajíček přenáší model měřených lopatek. Právě se nachází u potrubí, které spojuje podtlakové aerodynamické tunely s podtlakovou nádrží. Nalézá se v přístupné části průzkumné štoly č. I ve vrchu Chvojná v katastru královského zlatohorního města Nový Knín, kde sídlí aerodynamická laboratoř Ústavu termomechaniky AV ČR.

spolupracuje český výrobce Doosan Škoda Power právě s Ústavem termomechaniky AV ČR, který se mj. úspěšně podílel na vývoji posledního stupně turbíny pro Jadernou elektrárnu Temelín. Tamní oběžná lopatka má délku pracovního listu 1220 mm, takže nejdelší lopatky dosahují na svém konci rychlosti téměř dvakrát větší, než je rychlost zvuku (2215 km/h). Výkon přenášený jednou oběžnou lopatkou posledního stupně nízkotlakého dílu je 720 kW. Blok temelínské elektrárny, který původně pracoval s výkonem 1000 MW, je tak po modernizaci turbíny při stejné spotřebě jaderného paliva schopen docílit 1050 MW.

Ačkoli se to na první pohled nemusí jevit jako ohromující změna, jde o efekt velmi výrazný. Kdyby blok pracoval nepřetržitě 24 hodin denně po celý rok, při průměrné ceně za kWh by úspora činila přes 1,6 miliardy korun. A takové výrobní bloky jsou v Temelíně dva!

Návrhem 1220 mm dlouhé lopatky pro turbínu v Temelíně však spolupráce neskončila. V současnosti je ve vývoji

ještě delší oběžná lopatka – s délkou listu 1375 mm, jež bude patřit k nejdelším na světě.

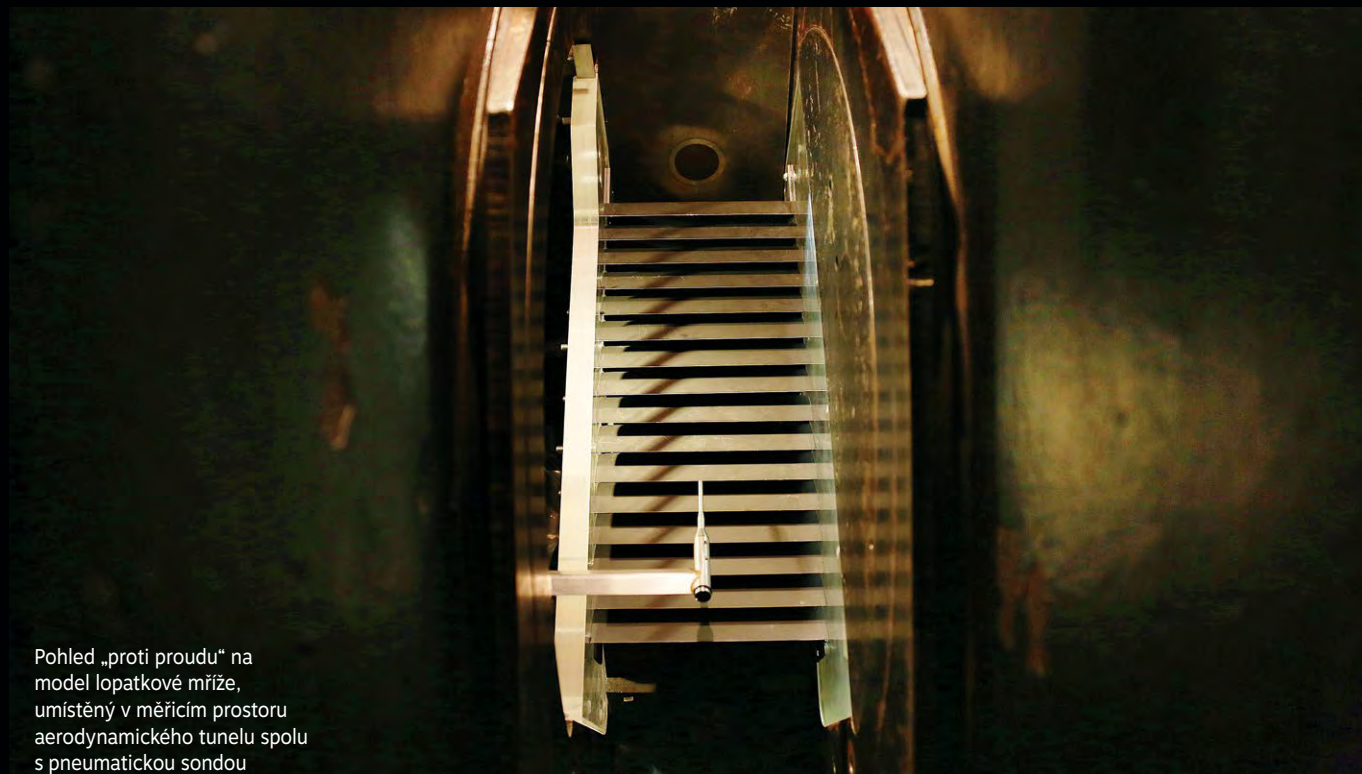
Kam s přebytky energie?

Emise skleníkových plynů a dlouhodobá neudržitelnost stavu závislosti na fosilních palivech vedou k přirozenému trendu využívat obnovitelné zdroje energie. Jejich výkon je ale zpravidla závislý na vnějších podmínkách. Například fotovoltaické panely dokážou fungovat pouze za slunečných dnů a pochopitelně v noci nikoli; větrné elektrárny mají poměrně malý výkon a jsou extrémně závislé na přízní počasí. Důsledkem rozmachu těchto zdrojů kupříkladu v sousedním Německu je výroba nadměrného množství elektrické energie za větrného slunečného dne a tím i přetížení sítě, a naopak nedostatek energie v zimě, kdy je Slunce na obloze kratší dobu, a za bezvětří. Jadernou či uhelnou elektrárnu přitom nelze vypínat a zapínat jako žárovku, takže celková soustava je poměrně nevyrovnaná. Řešením by

bylo efektivní skladování energie. Za příznivých podmínek by ekologické elektrárny dodaly výkon, který bychom použili v dobách nouze. Efektivní řešení však dosud neexistuje.

Vědci v Ústavu chemických procesů AV ČR se zabývají materiály, které by šlo ke skladování tepelné energie využít. Jednou z možností jsou termální kapaliny (třeba voda v radiátoru nebo v chladiči auta), jinou skladování tepla při výkyvech teploty (například chemické látky, jež budou součástí stavebních materiálů a do sebe pohltí teplo slunečních paprsků, které se uvolní ve chvíli, kdy se ochladí). Aby se daly tyto materiály využívat, je potřeba znát jejich fyzikální vlastnosti. Experti je měří ve společné laboratoři skladování energie, kterou založil Ústav termomechaniky AV ČR s Ústavem chemických procesů AV ČR.

Výzkum, jímž se ve zmíněné laboratoři vědci zabývají, patří do kategorie základního výzkumu. „Nelze asi říci, že v brzké době přispějeme k návrhu konkrétního řešení, které umožní ušetřit náklady a uspořít energii. Na druhou



Pohled „proti proudu“ na model lopatkové mříže, umístěný v měřicím prostoru aerodynamického tunelu spolu s pneumatickou sondou

stranu ale každá, i zdánlivě nevýznamná znalost vlastností materiálů, které lze ve skladování energie použít, je důležitým kamínkem do celkové mozaiky," objasňuje Magdalena Bendová z Ústavu chemických procesů AV ČR.

V současnosti nejvyužívanějším způsobem skladování energie jsou Li-ion baterie (viz také box Na-ion technologie). Kromě běžného využití v elektronických zařízeních, jako jsou mobilní telefony či elektromobily, je budeme stále častěji využívat ke skladování elektrické energie vyrobené pomocí fotovoltaických panelů. Narůstá ale také zájem o materiály pro skladování tepelné energie například ve stavebnictví a pasivních/úsporných domech anebo pro úsporu nákladů v energeticky náročných výrobcích.

Virtuální elektrárny a chytré sítě

Podobně jako v případě skladování jsou neméně důležité i spolehlivé dodávky elektrické energie. Jednou z vizí Evropské komise je proto v souvislosti s liberalizací trhu s elektrickými energiemi rozvoj decentralizovaných elektrických sítí, které energii čerpají z různých, převážně obnovitelných zdrojů. Jde tedy o představu jakési vzájemné symbiózy tradičních výrobců (například Jaderná elektrárna Temelín) a „virtuálních“ jednotek, jež lze propojit do elektroenergetické sítě.

Příklad? Virtuální elektrárny soustředíme dohromady tak, že seskupíme elektrárny sluneční, větrné, vodní a také plynové či bioplynové a integrujeme je do elektrické soustavy prostřednictvím inteligentních sítí. Při výpadku některé z nich (například když nebude svítit slunce či foukat vítr) pokryjí výrobu zbylé jednotky. Zajistíme tak rovnováhu mezi výrobou a spotřebou, v důsledku čehož zlepšíme ochranu životního prostředí. Inteligentní přenos energie v elektroenergetických soustavách je nutně spojen s inovativními technologiemi „smart grids“ (v doslovném překladu chytré sítě), které umožní řídit výrobu a spotřebu elektrické energie v reálném čase.

Integrace decentralizovaných zdrojů do energetických soustav však s sebou

nese technické problémy, na nichž pracují například odborníci v Ústavu informatiky AV ČR a Ústavu fyziky atmosféry AV ČR.

Energie z biomasy

V roce 2006 stanovila Evropská agentura pro životní prostředí tzv. evropský potenciál biomasy, který by zachovával ochranu biologické rozmanitosti a minimalizoval nepříznivé dopady. Rostlinná biomasa, již lze využít pro energetické účely a výrobu biopaliv, má vskutku výrazný potenciál. V roce 2030 by totiž mohla až 15 % poptávky pokrývat energie ze zemědělských, lesnických a odpadních produktů.

Přestože největší podíl na výrobě elektrické energie z obnovitelných zdrojů mají v zemích EU vodní elektrárny (43,9 % v roce 2014), podíl biomasy a větrných či solárních zdrojů v posledních letech narůstá. Množství elektrické energie vyráběné z biomasy včetně obnovitelného odpadu vzrostlo v EU mezi lety 2004 a 2014 o 80 % a podíl biomasy na výrobě elektřiny z obnovitelných zdrojů (2014) dosáhl 18 %.

Tento trend je patrný i v České republice. Například ČEZ v roce 2016 meziročně navýšil objem elektrické energie vyrobené z biomasy v tuzemských elektrárnách o 35 %. Celkem 500 000 MWh

by vystačilo pro pokrytí roční spotřeby 200 000 českých domácností.

Ačkoli je v současnosti nejvyužívanějším druhem biomasy dřevo, vědci se vydávají i cestou tzv. mikrobiální biomasy (kvasinky, bakterie a řasy). Tímto výzkumem se zabývají experti Centra ALGATECH Mikrobiologického ústavu AV ČR v Třeboni či Ústavu přístrojové techniky AV ČR v Brně. V jejich případě jde například o perspektivní produkci energetických řas, kvasinek produkujících lipidy nebo bioethanol. Jak vyzdvihuje Ota Samek, experti z brněnského pracoviště AV ČR chtějí využít speciální analytické metody, které umožní rychlou a přesnou detekci složení jednotlivých substancí, a to bezprostředně během kultivace. Právě tak lze zajistit jejich maximální produkci a výtěžnost.

Chceme-li dodržet závazky ke snížení emisí skleníkových plynů přijaté na klimatických konferencích v Paříži (2015) a Maroku (2016), bude nezbytné dále zefektivňovat tepelné elektrárny, ale také přeměnu a skladování elektrické energie z obnovitelných zdrojů. V roce 2015 se v Evropě instalovalo 29 gigawattů (GW) nových výrobních kapacit, z nichž přes dvě třetiny tvořily obnovitelné zdroje. Ty současné ale v dlouhodobém horizontu stačit nebudou. Nezbytné tedy bude hledání nových zdrojů, které nahradí fosilní.

Na-ion technologie

Převratný význam pro rozvoj baterií, akumulátorů a pro skladování energie může mít technologie Na-ion. Sodík (Na) je levnější a lépe dostupný než lithium (Li). Baterie Na-ion ale zatím nemohou technologii Li-ion konkurovat kvůli své specifické kapacitě. Tento handicap je zásadní pro některé praktické aplikace, například pro spotřební elektroniku (počítače, mobilní telefony) či elektromobily. Baterie Na-ion by se ale mohly uplatnit tam, kde hmotnost a objem nehrají takovou roli (stabilizace elektrické sítě a pro zálohování solárních či větrných elektráren). První komerční prototypy Na-ion baterií se objevily na přelomu let 2014 a 2015 – o dvě dekády později než baterie Li-ion (Sony, 1991) a čtyřicet let od pionýrských studií v sedmdesátých letech minulého století. „Časovou perspektivu rozvoje Na-ion lze obtížně prognózovat. Desítky let, které byly nutné pro výzkum v oblasti Li-ion baterií, však asi nelze radikálně zkrátit,“ mírní optimismus Ladislav Kavan z Ústavu fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR.



CVVM

Centrum pro výzkum veřejného mínění

Název Centrum pro výzkum veřejného mínění nebo jeho zkratku CVVM zná asi každý. Přinejmenším z televizního zpravodajství týkajícího se stranických preferencí, volebních modelů či předvolebních průzkumů. **Málokdo však ví, že jde o pracoviště Sociologického ústavu AV ČR.** Ještě překvapivější bude asi zjištění, že v CVVM pracuje pouhých 15 lidí.

Specializace odborníků z CVVM pokrývají kompletní sociologický výzkum. Většinu klientů CVVM tvoří akademické a veřejné instituce (univerzity, ministerstva, veřejnoprávní média), zatímco soukromé subjekty spíše výjimečně. CVVM neprovádí průzkumy pro politické subjekty.



Mgr. et Mgr. Paulína Tabery

Pracuje v Centru pro výzkum veřejného mínění Sociologického ústavu AV ČR od listopadu 2007, od prosince 2015 jako jeho vedoucí. V letech 2005–2007 pracovala ve společnosti STEM. Celou profesní kariéru se věnuje kvantitativnímu dotazování a sběru dat, v základním výzkumu se zajímá o otázky formování veřejného mínění, názorové vůdcovství a šíření vlivu a idejí.



Jen hrstka výzkumných pracovníků by samozřejmě sotva mohla vydávat několikrát týdně podrobné průzkumy, zprávy a detailně zpracované statistické údaje, které hojně využívají média. Data pro vědecké zpracování sbírají tzv. tazatelé, kterých je asi 350 po celé republice.

Jak takové dotazování vypadá? Nejčastěji se používá standardizovaný dotazník metodou *face-to-face*. Tazatelé zaznamenávají odpovědi do dotazníku vytištěného na papír (tzv. PAPI metoda) nebo na tablet (tzv. CAPI metoda). PAPI metoda umožňuje zaznamenat pozorování a schopný tazatel také dokáže vyvolat zájem odpovídat, vysvětlí i náročnější otázky a zapíše otevřené odpovědi. CAPI metoda má výhodu v rychlosti. Svižnější je interview a ušetří se čas i se zasíláním nasbíraných dat výzkumníkům.

Proškolení tazatelé

CVVM si udržuje síť spolupracovníků, které pravidelně školí a poskytuje jim zpětnou vazbu k již uskutečněným výzkumům. „Zpětně zkontrolujeme pětinu každého souboru. Oslovíme respondenty a ptáme se na průběh rozhovoru. U počítačového dotazování můžeme se souhlasem respondentů použít zvukové nahrávky,“ vysvětluje vedoucí centra Paulína Tabery. Zájemci o spolupráci se mohou přihlásit například přes webové stránky CVVM. Ne každý ale uspěje. Potenciální tazatelé procházejí výběrem a teprve po proškolení a zvládnutí zkušebních dotazníků se mohou účastnit prvního výzkumu.

A jak je to s respondenty? Každý tazatel dostane takzvaný kvótní předpis s kvótními znaky, kterými jsou mimo jiné pohlaví, věk

CVVM

a vzdělání. Podle tohoto zadání vyhledá ve veřejném prostoru vhodné respondenty. Platí přitom, že to nesmějí být jeho příbuzní ani blízcí.

Kam míří naše společnost?

Páteří činnosti CVVM je projekt kontinuálního šetření veřejného mínění Naše společnost. Tvorí ho deset pravidelných vícetematických výzkumů, pro které se data sbírají každý druhý týden v měsíci po celý rok kromě letních prázdnin. Unikátní je nejen délkou svého trvání (některé časové řady sahají až do začátku devadesátých let 20. století), ale i šíří témat, která pokrývá. Mezi dlouhodobě sledovaná témata patří důvěra v ústavní instituce, postoje k politickému systému, občanská participace, ale i názory na ochranu životního prostředí nebo Evropskou unii.

Pivo a hospody...

Dobrá zpráva úvodem. I když spotřeba pěnivého moku v posledních letech mírně klesá, stále si držíme světové prvenství ve spotřebě (147 litrů za rok na hlavu – 2016, nejvíce v roce 2005 – 163,5 litru). Tedy, dobrou zprávou je to pro třetinu mužů a desetinu žen – právě ti jsou na toto české prvenství hrdí. Naopak stud nad tímto faktem vyjadřuje čtvrtina žen a desetina mužů. Pivní kultura má u nás zkrátka hluboké kořeny a i jejímu výzkumu se odborníci v Sociologickém ústavu AV ČR věnují již od roku 2004. Naposledy vyrazili s dotazníky do terénu v září 2016. Z dlouhodobého sledování vyplývá, že se postupně snižuje konzumace mezi muži, a naopak narůstá obliba piva u žen, zejména ve starším a mladším středním věku. „K výběru přistupujeme znalecky a vybíráme podle chuti, vliv reklamy si nepřipouštíme,“ doplňuje Jiří Vinopal z CVVM.

Zdravotnictví...

Spokojenost se zdravotnictvím v České republice v CVVM sledují od roku 2002. Na tomto tématu lze ilustrovat, jak se pohled společnosti proměňuje. Podle posledního výzkumu z prosince 2016 vyjadřuje spokojenost se zdravotním systémem 45 % dotázaných, což je méně než polovina, ale stále platí, že spokojených je zhruba dvojnásobek oproti nespokojeným (24 %). Nejhorší výsledek zaznamenali v CVVM na sklonku roku 2008 (tedy v době zavedení regulačních poplatků) – tehdy kladné hodnocení vyjádřilo jen 27 % a negativní 44 %. Od roku 2012 se míra pozitivního postoje zvyšovala až do roku 2015 (nejlepší výsledek). Loni nastal statisticky významný pokles spokojenosti. Teprve další výzkum ale může prokázat, zda jde o sestupný trend nebo dočasnou záležitost.

Stejná data, odlišné interpretace?

Agentur výzkumů veřejného mínění u nás působí několik a jejich výsledky se pochopitelně ne vždy shodují. Vysvětlení je podle Paulíny Tabery více. Někdy hraje roli čas, tedy odlišná doba sběru dat. Zejména u událostí, které se překotně vyvíjejí, jako byla třeba uprchlická krize. Roli ale může hrát i různé znění otázky položené v jiném kontextu. „V zásadě ale sběr dat ve stejném čase, s totožnou metodologií, s touž otázkou v téže kontextu významné rozdíly neprodukuje,“ upozorňuje Paulína Tabery.

Kritika úrovně některých výzkumů veřejného mínění zaznívala v poslední době v médiích zejména v souvislosti s překvapivým zvolením Donalda

Trumpa americkým prezidentem a neočekávaným výsledkem referenda o vystoupení Velké Británie z EU. Agenturám se vyčítá, že skutečnost vůbec neodpovídá výsledkům, které naznačovaly průzkumy.

Problém ovšem v tomto případě může být spíše v interpretaci dat než v datech samotných. „Ve veřejném prostoru se čísla tak často stávají podstatou argumentace, že postupem času mohou ztratit na váze. V současnosti máme k dispozici velké množství dat a datových zdrojů a je dost možné, že jejich inflace vede k částečné imunitě vůči nim. Ovšem právě proto, že je k dispozici velké množství různých informací, je nutné naučit se s nimi pracovat a interpretovat je,“ dodává Paulína Tabery.

Strach...

Průzkum CVVM Naše společnost z prosince 2016 ukázal, že nadpoloviční většina Čechů (58 %) pociťuje nějaké obavy, zatímco 42 % dotázaných se ničeho neobává. Zajímavé je, že přes napjatou mezinárodněpolitickou situaci je dnes míra obav nejnižší od počátku šetření v roce 2002. Ti, kteří v současnosti pociťují strach, nejčastěji jako zdroj svých obav zmiňují migraci a uprchlíky (15,5 %), terorismus (11 %) a vlastní nemoc (10 %). Následují nezaměstnanost, snížení životní úrovně a válka (vždy přibližně 6 %). Naopak nejméně se obáváme politického vývoje jak v ČR, tak ve světě, přírodních katastrof či dokonce smrti (vše 1 %). Ze zjištění CVVM rovněž vyplývá, že obavy vyjadřují častěji ženy než muži a že míra strachu zřetelně narůstá s věkem.

Tornáda, víry a kvantová turbulence



aneb

Když pevná látka teče a víry se točí donekonečna

Mikrosvět elementárních částic, atomů a procesů odehrávajících se mezi nimi je plný podivností. Částice může projít naráz dvěma různými štěrbinami, fotony mohou být navzájem provázané na obrovské vzdálenosti, kočka (alespoň ona pověstná Schrödingerova) může být zároveň živá i mrtvá... **Může pozoruhodný kvantový svět dovolit i stav, kdy by nějaká látka byla současně pevná a supratekutá?** A mohou kvantové supratekuté systémy pomoci osvětlit jeden z posledních nevyřešených problémů klasické fyziky – turbulenci? Vědci, včetně českých, intenzivně hledají odpovědi.

Hmotu známe v běžném životě (a z pohledu klasické fyziky) buď jako pevnou látku, nebo jako kapalinu, či jako plyn, přičemž se tyto formy mohou fázovým přechodem měnit jedna ve druhou, jako led ve vodu a voda ve vodní páru. V mikrosvětě, typicky při teplotách blízkých absolutní nule však může hmota vykazovat zvláštní a často velmi překvapivé vlastnosti. Třeba vymizí elektrický odpor a z látky se stane supravodič nebo viskozita v kapalině dosáhne nulové hodnoty a ona se změní

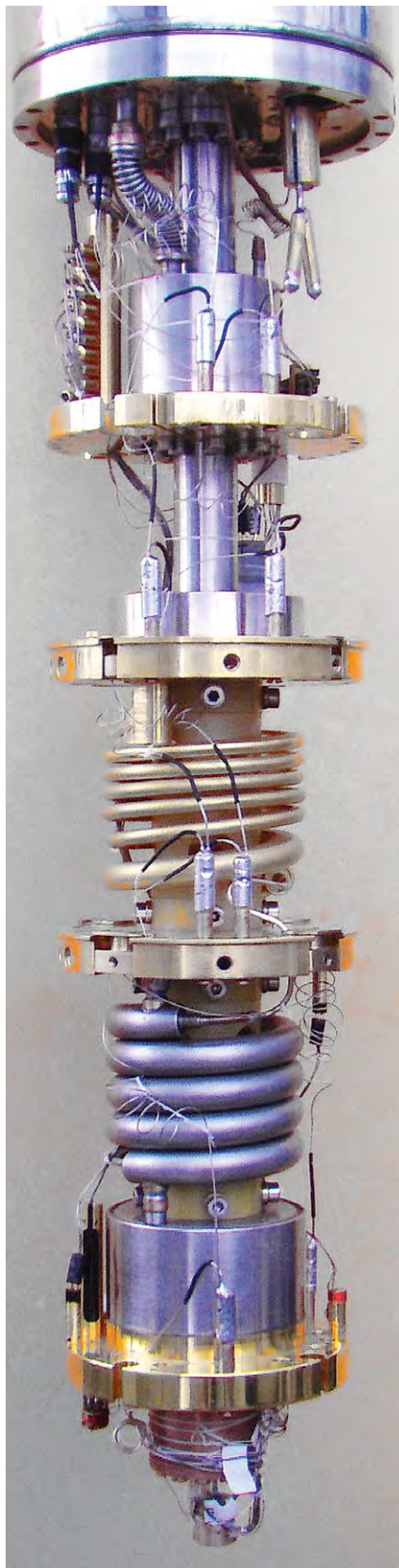
v supratekutinu. Klíčovou roli v těchto zvláštních jevech hrají právě kvantové efekty. Jejich zkoumání je nadmíru složité – nejen kvůli nutnosti dosáhnout nepředstavitelně nízkých teplot.

Navzdory záludnostem kvantového světa postupují vědci v jeho poznávání dál a dál – české badatele nevyjímaje. Vždyť už počátkem osmdesátých let minulého století vznikla společná laborator fyziky nízkých teplot Fyzikálního ústavu AV ČR (tehdy ČSAV) a Matematicko-fyzikální fakulty Univerzity Karlovy (MFF UK), kde působí i Ladislav Skrbek, průkopník ve výzkumu pozoruhodných kvantových jevů, konkrétně supratekutosti a turbulentních stavů kryogenního helia. Kvantové tekutiny podle jeho slov vykazují celou řadu neuvěřitelně zajímavých vlastností. Jednou z hlavních, stále nezodpovězených otázek je, jak vypadá v kvantových supratekutých systémech turbulence, jejíž různé formy vidíme v makrosvětě všude kolem sebe. Nakolik (pokud vůbec) jsou víry studované třeba v supratekutém heliu podobné tornádům v atmosféře či vírům v řekách a oceánech?

Nové poznatky o proudění v kvantových kapalinách, tzv. kvantové turbulenci, si loni v srpnu vyměňovali účastníci mezinárodní konference Quantum Fluids and Solids 2016 (tedy Kvantové tekutiny a pevné látky – QFS 2016), jejíž samo pořádání v Praze je nepochybně výrazem uznání českým vědeckým pracovníkům v oboru.

„Kvantové kapaliny nebo obecněji kvantové tekutiny se vyznačují tím, že jejich vlastnosti nemůžeme popsat pomocí klasické fyziky, ale musíme k jejich popisu používat kvantovou fyziku,“ vysvětluje Ladislav Skrbek, předseda organizačního výboru zmíněné konference. „Typickými představiteli jsou dva typy helia – supratekuté ^4He a supratekuté fáze ^3He . V přírodě jich existuje mnoho, pouze se s nimi dá obtížně experimentovat: například se má za to, že nitro neutronových hvězd tvoří supratekutá neutronová a protonová tekutina.“

Neuvěřitelně zajímavé vlastnosti kvantových tekutin a fundamentální jevy kondenzovaných látek jsou



Výkonný rozpouštěcí refrigerátor pracující se směsí ^3He a ^4He

předmětem výzkumů už téměř století. Zkoumá je i špičkový světový expert v tomto oboru John Saunders z londýnské Royal Holloway University. Jak potvrdil na konferenci QFS 2016, využívá kapalně helium o teplotě blízké absolutní nule: „Helium je pro výzkum značně atraktivní materiál, jelikož je velice čisté a relativně jednoduché. Můžeme jeho pomocí vytvořit modelové systémy a zkoumat problémy, které mají daleko širší dopad. Navíc pracujeme převážně při velmi nízkých teplotách, hluboko pod jedním stupněm Kelvina, v režimu mikrokelfinů, což je technicky velice náročné. Z toho důvodu vyvíjíme také techniky chlazení materiálů a jejich měření, které jsou využitelné i mimo náš vlastní obor.“

Tornádo milionkrát tenčí než lidský vlas

Supratekuté látky neboli supratekutiny se významně odlišují od běžných kapalin mimo jiné charakterem turbulencí či vírů, které se v nich objevují. Zkoumá je Carlo F. Barengi, expert na aplikovanou matematiku z univerzity v britském Newcastle. Fascinují ho víry na všech rozměrových škálách, od vodních toků přes oceány a atmosféru až po Slunce a mezihvězdné prostředí. Sám za nejlepší příklad turbulence považuje tornádo jakožto silně rotující vír se zhruba vertikální osou. Podobně vypadá vír i v supratekutině, ovšem s tím rozdílem, že poměr jeho délky a šířky je nesrovnatelně větší. Zatímco v supratekutém heliu je jádro takového tornáda široké asi jednu desetinu nanometru, jeho délka se rovná délce přístroje, pohybuje se obvykle v řádech milimetrů až centimetrů. „Vír je tudíž asi milionkrát delší, než je široký, vypadá jako tenoučká strunka. Jde ve skutečnosti o jakési superidealizované tornádo, které se matematikům snadněji formálně popisuje. Právě proto jsou kvantové turbulence tak zajímavé: v limitě absolutní nuly teploty jsou vlastně nejjednodušší možnou formou turbulentního proudění tekutin. Pozoruhodné je, že experimenty >>

v posledních několika letech ukazují, že tato superjednoduchá a lokalizovaná turbulence má – alespoň v některých režimech – velmi podobné vlastnosti jako turbulence, s nimiž se normálně setkáváme kolem sebe a které potrápí třeba letadlo, jímž odsud poletím domů,” uvedl Carlo Barenghi na zmíněné pražské konferenci.

Na rozdíl od tornáda, které se po určité době v důsledku třecích sil v atmosféře zpomalí a odezní, v supratekutinách s nulovou viskozitou se vír může točit navždy – je v určitém smyslu ideální. Ovšem aby mohli vědci pozorovat průměrný efekt, musí pracovat s velkým počtem kvantovaných vírů. Podle Carla Barenghiho nestačí popsat, jak vypadá každý jednotlivý vír sám o sobě, ale je nutno zkoumat i jejich vzájemné působení neboli interakce, což je nesmírně obtížné: „Veliké množství kvantovaných vírů se spojuje, vytváří rychlostní pole, fluktuace a další jevy typické pro klasické víry běžné známé

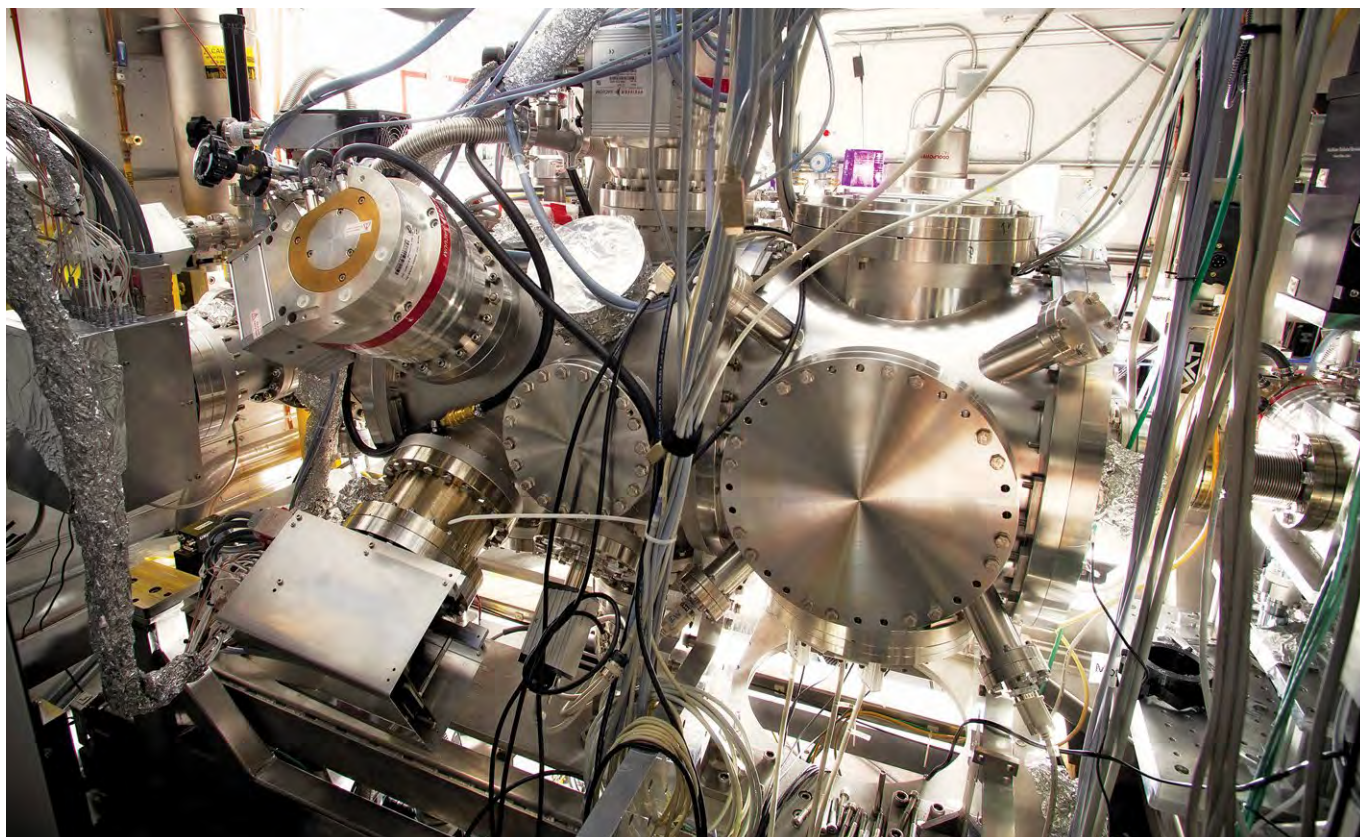
z makrosvěta. V experimentech ale vidíme i jevy naprosto okouzlující: třeba jak se k sobě blíží dva víry, rozštěpí se a zase spojí a změni přitom topologii. Je to jako provázek, který svážeme, rozstříháme a svážeme jinak. Tyto události – označované jako rekonexe vírů – považuji za velice důležité, poněvadž jsou klíčem k poznání, jak se víry mísí, interagují a vytvářejí chaos.“

Carlo Barenghi se svým kolegou navíc pozoroval dvojnásobnou rekonexi, při níž se kvantové „provázky“ samy rozstříhnou, znovu zauzlují, znovu rozstříhnou a znovu spojí – a to v nesmírně krátkém čase. Dokonce poprvé pozorovali překvapivý jev, kdy mezi víry nedojde k rekonexi, ale odrazí se od sebe. Bez rekonexí se přitom neobejde žádné proudění v přírodě. „Jelikož jsou jevy v tekutinách obecné, jejich poznání je důležité nejen pro fyziky, ale také pro konstruktéry, aby mohli vyrábět dobře fungující motory pro automobily, lodě a letadla. Mají velký význam pro oceánografie, astrofyziku. Dynamika te-

kutin je velice široké pole, ve všech proudech dochází k rekonexím – a když se dostanete až k samé podstatě, jde o rekonexe kvantové.“

Ve víru kvantových turbulencí

Aby co nejlépe pochopili podstatu vírů, tornád a jiných projevů turbulence, snaží se ji vědci zachytit jak matematicky, tak experimentálně. Mohlo by se zdát paradoxní a zbytečně komplikované zkoumat jevy běžné v makrosvětě prostřednictvím poznávání dějů v mikrosvětě, navíc za teplot blížících se absolutní nule, tj. $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Je to nicméně nejlepší cesta. Podstatnou roli totiž hraje fakt, že kvantované víry se lépe matematicky definují než ty velké ve vodě či vzduchu, kde je jejich pohyb velice složitý mimo jiné kvůli tření, v jehož důsledku se zpomalují, rozptýlují a mizí. Z podobných důvodů zkoumá kvantovou turbulenci i Ladislav Skrbek



Přístroj CAMP použitý při pokusech s nanokapíčkami helia

a jeho kolegové ve společné laboratoři MFF UK a Fyzikálního ústavu AV ČR, a to pomocí helia ochlazeného na teploty od zhruba dvou kelvinů až na deset milikelvinů, tedy velmi těsně nad absolutní nulu. „Za těchto podmínek se totiž ^4He chová, jako kdyby bylo směsí dvou složek – normální a supratekuté. Představme si, že máme směs dvou tekutin, z nichž jedna se chová jako obyčejná voda a druhá je bezviskózní. Když překročíme určité kritické parametry, kupříkladu rychlost proudění je vyšší než kritická, vzniknou v supratekutém ^4He kvantované víry. Turbulence ale může vzniknout v obou přítomných složkách, což situaci obecně velice komplikuje. Pokud však budeme dále snižovat teplotu, bude „normální“ složky ubývat a blízko absolutní nuly už zcela vymizí a vznikne čistě supratekutá látka. Kvantová turbulence v ní pak není nic jiného než jakési klubko kvantovaných vírů, které na sebe vzájemně působí, jeho dynamika a rychlostní pole, které vytváří. A protože jde o víry kvantované, jsou všechny přesně stejné, takže je jednodušší je matematicky popsat než běžné makroskopické víry pozorované v přírodě.“

Díky tomu mohou kvantové turbulence studované v nepatrných rozměrech mikrosvěta sloužit jako určitý prototyp k popisu těchto jevů v nám známém makrosvětě a pomoci prohloubit poznání jejich základních vlastností. Nejedná se přitom o zanedbatelný problém, neboť právě turbulence je podle Ladislava Skrbka často označována za poslední nevyřešený problém klasické fyziky.

Hmota jako ze sci-fi

Kvantový svět nepřestává vědce překvapovat různými exotickými stavy a vlastnostmi, jichž může hmota nabývat. Již citovaný John Saunders studuje ^3He , jehož supratekuté fáze vznikají na jiném principu než u ^4He , konkrétně na principu podobném vzniku supravodivosti. S nadsázkou tak lze říci, že ^3He se stalo prvním objeveným nekonvenčním „supravodičem“. Slibný je i výzkum směřující k tzv. topologickým supravodičům, jež by byly supravodivé všude kromě svého povrchu.

Spíš do říše science fiction než do reálného světa bychom asi zařadili jev zvaný supratekutost v pevné látce. V češtině se někdy označuje i termínem suprapevnost, ten však nesprávně evokuje představu látky pevnější než obvykle. Jenže v tomto případě se jedná o pravý opak: hmota v tomto exotickém stavu si sice zachovává vlastnosti pevného tělesa, tedy pevně daný tvar, ale přitom má i vlastnosti supratekutiny. Dokáže tudíž téct, a to navíc s nulovým odporem, skrze běžné pevné látky. Jako bychom třeba my, lidé, svým tělem dokázali protéct například sítím, či dokonce zdí.

Kvantové turbulence odehrávající se v nepatrných rozměrech mikrosvěta mohou pomoci lépe poznat víry v řekách a oceánech či obrovská tornáda v atmosféře.

Zdá se to z principu nemožné, ale přesto začátkem tohoto století Moses Chan z Penn State University v USA a jeho kolegové představili světu výsledky experimentu, který tomu nasvědčoval: pevné helium ^4He v novém stavu, které, jak se zdálo, dokázalo za zvýšeného tlaku 26 až 66 atmosfér procházet bez jakéhokoli odporu porézním materiálem.

„Když se zeptáte teoretických fyziků, jestli je možné dosáhnout supratekutosti v pevné látce, kupodivu jsou v tomto případě velice opatrní a říkají, že to není nemožné. Tím se pro nás, experimentátory, stává tato problematika ještě zajímavější, protože je sice skvělé provádět experimenty, které potvrzují slova teoretických fyziků, ale ještě napínavější je dělat pokusy, na něž neznáme předem odpověď,“ říká Moses Chan, další z významných účastníků konference QFS 2016 v Praze.

Náročnost a technické detaily jeho pokusu zde samozřejmě nelze zachytit,

důležité však je, že nikomu dalšímu z jiných světových laboratoří se pokus nepodařilo opakovat s jednoznačným výsledkem. Experimentátoři docházeli k rozdílným číslům, takže sám Moses Chan a jeho kolegové začali o svých dřívějších závěrech pochybovat a posléze i na základě dalších vlastních výzkumů usoudili, že jevy pozorované v původních pracích interpretovali nesprávně jako projevy supratekutosti v pevné látce. „V posledních několika letech jsme ale zjistili, že to ještě není uzavřená kapitola; možná že správně není říkat, že nevidíme důkazy, ale že jde o efekt příliš jemný, než bychom ho dokázali pozorovat.“

Není tedy vyloučeno, že existenci tohoto fantastického stavu či vlastnosti hmoty prokážou, nebo naopak definitivně vyvrátí až výrazně citlivější přístroje, než máme dnes. Skupina Mosese Chana a výzkumníci z Massachusettské univerzity ovšem už navrhli další experimenty se supratekutým a pevným heliem a pozorují prý velmi zajímavé jevy. Jsou však teprve na začátku a tentokrát jsou navíc se svým hodnocením opatrnější, takže si ještě budeme muset počkat, než se definitivně dozvíme, zda supratekutost v pevné látce může existovat, nebo ne. Avšak i kdyby ano – sotva se můžeme těšit, že by efekt fungoval i v našem makrosvětě a že bychom jednou díky ní dokázali procházet třeba onou pověstnou zdí.

O tom, jakou důležitost výzkumu exotických forem a chování hmoty vědci přikládají, nicméně svědčí i skutečnost, že Nobelovu cenu za fyziku za rok 2016 získali tři Britové působící v USA – David Thouless, Duncan Haldane a Michael Kosterlitz – za výzkum topologických vlastností hmoty a jejich změn. Jak ve svém prohlášení uvedla Královská švédská akademie věd, „otevřeli dveře do neznámého světa, kde se hmota může vyskytovat ve zvláštním stavu. Využili pokročilé matematické metody ke studiu neobvyklých fází či stavů hmoty, jako jsou supravodiče či supratekutiny. Díky jejich průkopnické práci se nyní hledají nové exotické fáze hmoty. Mnoho lidí doufá v budoucí využití (těchto objevů) ve vědě o materiálech a v elektronice“.



prof. RNDr. Eva Zažímalová, CSc.

Patří k nejrespektovanějším českým vědkyním. Věnuje se molekulárnímu mechanismu účinku rostlinných hormonů. Její výzkumná práce se zaměřením na auxiny může nalézt využití například v zemědělství. Od roku 1983 působí v Ústavu experimentální botaniky AV ČR (ÚEB), v letech 2003–2007 byla zástupkyní ředitele, do roku 2012 stála v čele ústavu. Od roku 2004 vede v ÚEB laboratoř hormonálních regulací u rostlin. Dlouhodobě spolupracuje také s Biologickým centrem AV ČR. V roce 2013 byla jmenována profesorkou v oboru rostlinné anatomie a fyziologie. V témže roce se stala členkou Akademické rady AV ČR a úspěšně vedla tým pro Hodnocení výzkumné a odborné činnosti pracovišť AV ČR za léta 2010–2014. Jako hodnotitelka zasedá i v panelech Evropské výzkumné rady (European Research Council – ERC). Je autorkou desítek vědeckých článků s několika tisíci citací.

Eva Zažímalová předsedkyní Akademie věd

Takřka jednomyslně navrhli delegáti Akademického sněmu 15. prosince 2016 Evu Zažímalovou na jmenování do funkce předsedkyně Akademie věd pro funkční období 2017–2021. Jedinou uchazečku o nejvyšší post v AV ČR, jež získala před volbou podporu 40 pracovišť, zvolilo 195 delegátů z 209 (93 %).

Po Heleně Illnerové, která vedla AV ČR v letech 2001–2005, bude Eva Zažímalová teprve druhou ženou v čele nejvýznamnější vědecké instituce v České republice. „Udělám vše, aby byla Akademie věd ve stále lepší kondici – jelikož nejde o práci pro jednoho člověka, již se těším na spolupráci se členy Akademické i Vědecké rady a s řediteli jednotlivých ústavů,“ uvedla bezprostředně po svém navržení. Během čtyřletého mandátu se chce mj. zaměřit na podporu růstu financování AV ČR a špičkového výzkumu v kontextu Strategie AV21.

Jak na Sněmu uvedl končící předseda AV ČR Jiří Drahoš, v osobě Evy Zažímalové se pojí vědecká kvalita s respektem akademické obce: „Nepochyboval jsem, že získá silný mandát, protože její působení v Akademické radě bylo v posledních čtyřech letech úspěšné – jedním z dominantních úkolů, které měla v gesci, bylo mezinárodní hodnocení našich pracovišť. Akademie věd bude zkrátka v dobrých rukou.“

Kandidaturu uvítali rovněž představitelé politické sféry a vláda na svém zasedání 16. ledna 2017 vzala na vědomí návrh na jmenování Evy Zažímalové do čela Akademie věd. „Profesorku Zažímalovou čeká množství obtížných úkolů spojených s chystanými změnami ve vědecko-výzkumném prostředí. Jsem přesvědčen, že úspěšně naváže na práci profesora Drahoše, kterému bych chtěl poděkovat za velmi konstruktivní spolupráci,“ řekl místopředseda vlády pro vědu, výzkum a inovace Pavel Bělobrádek.

emnie

Tři nové programy Strategie AV21

Strategie AV21, jejímž cílem je profilovat Akademii věd ČR jako instituci, která pomáhá řešit výzvy současné společnosti, se rozšířila o tři nové výzkumné programy. K dosavadní patnáctce přibýly oblasti vesmírného výzkumu, laserových technologií a preklinického testování léčiv.

Program Vesmír pro lidstvo posílí spolupráci mezi vědeckou komunitou a technickými týmy při vývoji a testování technologií kosmického výzkumu. Pracoviště AV ČR se v rámci programu zapojí do vesmírných misí ATHENA (výzkum vesmíru vysokých teplot a energií), JUICE (studium měsíců Jupiteru) nebo Solar Orbiter (mise ke Slunci).

Program Světlo ve službách společnosti podpoří využití laserů pro vývoj nových technologií a materiálů, například 3D tisku nebo medicínské diagnostiky. Velkou roli při tom sehraje špičková laserová centra HiLASE a ELI Beamlines v Dolních Břežanech.

Cílem programu Preklinické testování potenciálních léčiv je usnadnit vývoj nových léčiv a přenos výsledků základního výzkumu do praxe.



Jiří Drahoš převzal medaili Slovenské akademie věd

Jiří Drahoš v lednu převzal Zlatou medaili Slovenské akademie věd (SAV). Nejvyšší slovenské akademické ocenění mu udělil předseda SAV Pavol Šajgalík. Medaile se uděluje vynikajícím osobnostem za mimořádné zásluhy o rozvoj vědy a kultury na Slovensku. Jiří Drahoš se podle Pavla Šajgalíka výraznou měrou zasloužil o podnětnou spolupráci AV ČR a SAV.

Akademii věd ČR navštívil předseda Polské akademie věd



Předseda Polské akademie věd Jerzy Duszynski, biochemik a odborník v oblasti bioenergetiky, navštívil začátkem roku Akademii věd ČR. Při této příležitosti jej Jiří Drahoš vyznamenal čestnou oborovou medailí Jana Evangelisty Purkyně za zásluhy v biomedicínských vědách. Jerzy Duszynski se zabývá rolí mitochondrií ve fungování buňky, mitochondriálními a neurodegenerativními onemocněními a stárnutím. Jeho výzkumný tým aktivně spolupracuje s Fyziologickým ústavem AV ČR. Polskou akademii věd a AV ČR pojí dohoda o vědecké spolupráci z roku 2016.

Grant pomůže ke studiu nemocí způsobených špatnou funkcí řasinek

Dědičná onemocnění, která plynou z nesprávné funkce řasinek, se označují jako ciliopatie. Na jejich detailní výzkum se zaměřuje tým Vladimíra Vargy z Ústavu molekulární genetiky AV ČR (na snímku vlevo), který obdržel prestižní grant od European Molecular Biology Organization (EMBO). Rozmanitost řasinek způsobuje různorodé projevy jejich poruch, které zahrnují neplodnost, chronická onemocnění dýchacích cest, poruchy vývoje mozku a kostí, obezitu, cystické onemocnění ledvin, ztrátu čichu i degeneraci oční sítnice. Léčba ciliopatií se v současnosti většinou omezuje na zmírnění příznaků. Základní strukturou bičíků a řasinek je cytoskeletální kostra axonema skládající se z více než 1000 druhů proteinů uspořádaných do různých struktur. „V naší laboratoři studujeme procesy, které vedou ke vzniku takto komplikovaných organizovaných struktur,“ vysvětluje Vladimír Varga. Vědci při tom využívají bičíkatého prvoka *Trypanosoma brucei*, původce spavé nemoci. Ten totiž umožňuje použít širší škálu molekulárně biologických a biochemických metod než jiné buněčné typy.

EMBO Installation grant každoročně podporuje odborníky, kteří se vrací ze zahraničního pobytu – v případě Vladimíra Vargy z postdoktorálního pobytu na Oxfordské univerzitě. Grant slouží k ustavení výzkumného týmu v ČR.



Superlaser Bivoj dosáhl výkonu 1000 W



Diodově čerpaný pevnolátkový laser DiPOLE 100 pojmenovaný Bivoj navrhli a zkonstruovali experti v Central Laser Facility ve Velké Británii a do České republiky se dostal na základě smlouvy s centrem HiLASE. V polovině prosince 2016 dosáhl laser plných parametrů, pro které byl navržen – magické hranice 1000 W. Déle než hodinu a kompletně bez vnějšího zásahu generoval stabilní laserové pulzy s výstupní energií 100 J na opakovací frekvenci 10 Hz. Výsledek je zásadním milníkem, který posunuje lasery s velmi vysokým špičkovým výkonem za hranice běžných laserů čerpaných výbojkami. Otevírá tak cestu k novým významným aplikacím laserů pro zpracování materiálů, pokročilé zobrazování a základní výzkum. Po získání dalších zkušeností s provozem systému a jeho detailními charakteristikami bude laser zpřístupněn uživatelům z celého světa.

Vedoucí centra HiLASE, které je součástí Fyzikálního ústavu AV ČR, Tomáš Mocek uvedl: „Je to poprvé, kdy vysokoenergetický DPSSL systém překonal hranici 1000 W. Tento výsledek je opravdu na absolutní světové špičce a dokazuje, že naše sázka na DPSSL, jakožto technologie vhodné pro aplikačně zaměřený výzkum, bylo dobré rozhodnutí.“

Naše řeč slaví sté výročí

Redakce časopisu *Naše řeč* ve spolupráci s oddělením jazykové kultury Ústavu pro jazyk český AV ČR uspořádala v sídle Akademie věd ve dnech 9. až 11. ledna 2017 konferenci 100 let Naší řeči. Stoletou historií časopisu shrnula jeho současná vedoucí redaktorka Markéta Pravdová. Připomněla přitom sepětí časopisu s Kanceláří Slovníku jazyka českého, nejstaršího akademického pracoviště, založeného v roce 1911, z něhož v roce 1946 vznikl Ústav pro jazyk český. Časopis *Naše řeč* je dodnes ceněným odborným periodikem se zaměřením na bohemistická témata. Práci redakce vyzdvihl také ředitel Ústavu pro jazyk český Martin Prošek.



Češi podporují opatření k ochraně klimatu

Češi by byli ochotni připlatit si zhruba 400 korun měsíčně za opatření, která by vedla k ochraně klimatu. Je to méně, než by zaplatili Britové, ale více než Poláci. Vyplývá to z výzkumu think-tanku IDEA při Národohospodářském ústavu AV ČR. Výzkum srovnával postoje obyvatel České republiky, Velké Británie a Polska k politice týkající se klimatu a odhalil mezi zeměmi rozdíly v ochotě přispět na ochranu klimatu i ve znalostech problematiky. Překvapivě právě Češi se ukázali jako nejlépe poučení. „Češi mají povědomí, co jsou klimatické změny i že představují problém,“ uvádí Iva Zvěřinová z think-tanku IDEA. České domácnosti by byly ochotné platit mezi 360 a 460 korunami měsíčně (za snížení emisí skleníkových plynů o 40 % do roku 2030, respektive o 80 % do roku 2050). Britové by si připlatili zhruba 1200 korun, oproti tomu ochota Poláků platit za opatření ke snížení emisí skleníkových plynů se statisticky blížila nule. Názory Poláků jsou podle expertů ovlivněny tím, že Polsko je závislé na domácím uhlí.

V listopadu 2016 podepsalo téměř 200 zemí světa v Maroku dohodu COP22, podle které se původní záměry chránit

zemské klima proměnily v konkrétní závazky. Opatření, k nimž se politici zavázali, mohou mít dopad na život lidí, i když nebudou příliš populární. Právě proto se studie zaměřila na to, nakolik jsou Češi, Poláci a Britové ochotni se podílet na politikách ochrany klimatu.



Příště

Sucho

Extrémní klimatické změny se dotýkají i České republiky. Opakovaný výskyt povodní a extrémního sucha a jeho důsledky pro zemědělství, lesní a vodní hospodářství způsobují čím dál více problémů. Jak se na řešení podílejí odborníci z Akademie věd, se dočtete v příštím čísle časopisu *A / Věda a výzkum*.



Vydává

Středisko společných činností AV ČR, v. v. i.,
Národní 1009/3, 110 00 Praha 1
IČO 60457856

Adresa redakce

Odbor akademických médií DVV SSČ,
Národní 1009/3, 110 00 Praha 1
tel.: 221 403 513
e-mail: wernerova@ssc.cas.cz

Šéfredaktor

Viktor Černoch
tel.: 221 403 531
e-mail: cernoch@ssc.cas.cz

Redakce

Gabriela Adámková (redaktorka)
tel.: 221 403 247
e-mail: adamkova@ssc.cas.cz

Leona Matušková Heczková (redaktorka)
tel.: 221 403 247
e-mail: matuskova@ssc.cas.cz

Jana Olivová (redaktorka)
tel.: 221 403 408
e-mail: olivova@ssc.cas.cz

Luděk Svoboda (redaktor)
tel.: 221 403 375
e-mail: svobodaludek@ssc.cas.cz

Stanislava Kyselová (fotografka)
tel.: 221 403 332
e-mail: kyselova@ssc.cas.cz

Markéta Wernerová (produkční)
tel.: 221 403 513
e-mail: wernerova@ssc.cas.cz

Irena Vítková (korektorka)
tel.: 221 403 289
e-mail: vitkova@ssc.cas.cz

Grafické zpracování

Karol L' Huillier

Redakční rada

předseda – Pavel Janoušek;
členové – Petr Borovský, Eva Doležalová,
Jiří Gabriel, Jiří Chýla, Pavol Ihnát,
Jiří Ludvík, Jan Martinek, Markéta Pravdová,
Kateřina Sobotková, Eva Zažímalová

Tisk

Serífa, s. r. o., Praha

Distribuce

SEND Předplatné, spol. s r. o.

Číslo 1/2017, vychází čtvrtletně, ročník 1

Vyšlo 1. března 2017.

ISSN 2533-784X

Evidenční číslo MK ČR E 22759

Jakékoliv šíření části či celku v libovolné podobě je bez písemného souhlasu vydavatele výslovně zakázáno. Nevyžádané materiály se nevracejí. Za obsah inzercí redakce neodpovídá. Změny vyhrazeny.



Akademie věd
České republiky

NECHTE SE **VTÁHNOUT** DO TAJŮ VĚDY!

PVA EXPO PRAHA
V LETŇANECH

VSTUP ZDARMA
OTEVÍRACÍ DOBA
10-18 HODIN

WWW.VELETRHVEDY.CZ

VELETRH
VĚDY 2017

8.-10. 6. 2017



Akademie věd
České republiky

A VĚDA A VÝZKUM

biologie	humanitní vědy	medicína	sociologie	
chemie	ekonomie	fyzika	ekologie	matematika
historie	vědy o Zemi	informatika	filologie	
aplikovaná fyzika				



www.avcr.cz



[https://cs-cz.facebook.com/
akademieved/](https://cs-cz.facebook.com/akademieved/)



[https://www.instagram.com/
akademievedcr/](https://www.instagram.com/akademievedcr/)



[https://twitter.com/
akademie_ved_cr](https://twitter.com/akademie_ved_cr)