

# A

# VĚDA A VÝZKUM



Akademie věd  
České republiky

magazín AV ČR | 4/2018



# Etika

## Řešení dilemat budoucnosti

Výzkum odhalí,  
proč je svět zelený

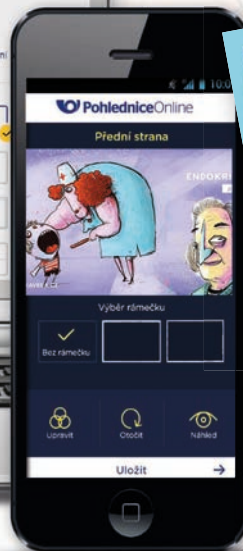
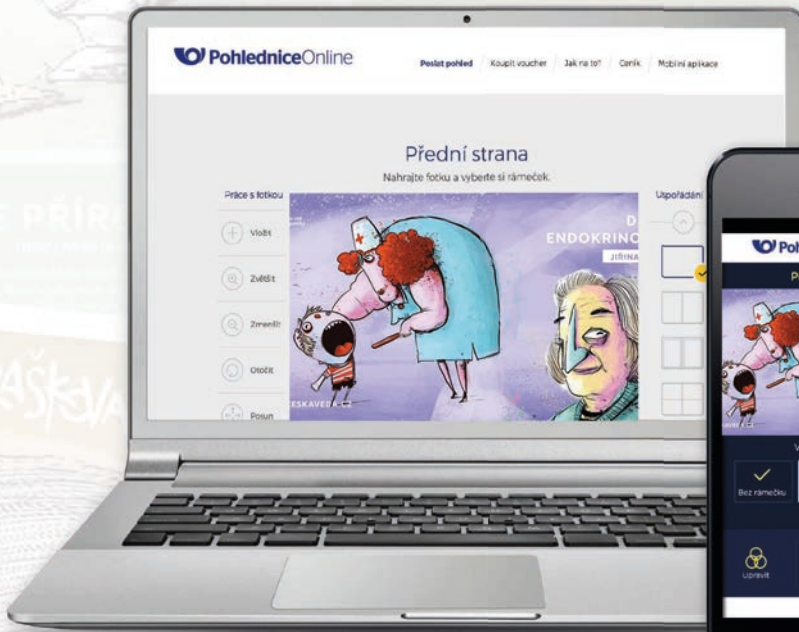
Nanotechnologie  
inspirované přírodou

Tajfuny se  
přesouvají na sever

# POŠLETE POHLEDNICI ONLINE S MOTIVEM ČESKÉ VĚDY

Pohlednice Online představuje významné osobnosti a vynálezy v rámci projektu Akademie věd ČR „Česká věda“

[www.pohledniceonline.cz](http://www.pohledniceonline.cz)



[www.ceskaveda.cz](http://www.ceskaveda.cz)



# EDITORIAL



## Vážení čtenáři,

také se někdy sami sebe ptáte, co je správné a pravdivé v dnešním chaotickém světě? Jak se máme chovat a jednat, abychom žili v souladu s morálními hodnotami, které jsme přijali za své a jichž si vážíme? Nejsou to vůbec jednoduché úvahy a při každodenním shonu nám na ně možná ani nezbyvá dostatek času a potřebného soustředění.

Zkoumáním mravní dimenze skutečnosti se již tradičně zabývá filozofická disciplína – etika. V aktuálním čísle časopisu *A / Věda a výzkum* jsme se zaměřili na to, zda a jak současná etika reaguje na novodobé výzvy měnícího se světa.

Naše životy stále více a častěji ovlivňují nové technologie, velkou výzvou jsou zejména stroje s umělou inteligencí. Hovoří se o samoříditelných vozidlech, pečovatelských robotech v domovech pro seniory, nebo dokonce autonomních zbraňových systémech. Diskutuje se také o genetických úpravách lidských bytostí, vylepšování těl a mozků nebo využívání kmenových buněk. Všechny tyto ještě před pár desítkami let nemyslitelné záležitosti vyžadují novou filozofickou reflexi, zejména v oblasti etiky.

Jak se přesvědčíte na následujících stranách časopisu, trendy v oboru bedlivě sledujeme také na pracovištích Akademie věd ČR, zejména ve Filosofickém ústavu a v Ústavu státu a práva. Nedávno jsme zahájili činnost platformy pro studium hodnot ve vědě a technice, která vznikla pod názvem Centrum Karla Čapka. Byl to právě Karel Čapek, kdo ve své literární tvorbě upozorňoval na rizika vědy a techniky, pokud nejdou ruku v ruce s kultivací hodnot a idejí. Hlavním cílem nově ustavené platformy je detailně zkoumat filozofické aspekty současného, technologiemi výrazně ovlivněného světa.

Jakkoli mohou být některé eticky sporné otázky související s novými technologiemi znepokojující, věřím, že nejlépe čelit jim můžeme právě promyšlenou reflexí, hledáním souvislostí a argumentací dobře podloženou znalostmi.

Přeji vám, ať si v předvánočním i novoročním shonu najdete pár chviliek jen pro sebe, na nerušené čtení i klidné a inspirativní přemítání o hodnotách a ideálech.

*Eva Zažímalová*  
předsedkyně Akademie věd ČR



# 14 ETIKA pro budoucnost

Robotické milenky, autonomní vozidla, vylepšování lidí. Technologický rozvoj s sebou přináší etické otázky, které ještě před lety nikoho nenapadly. Jaká nová pravidla potřebuje lidská společnost a jak k nim dospět?

# OBSAH

## V OBRAZE

6 Týden vědy a techniky dosáhl plnoletosti

## ZE SVĚTA

8 Komentáře expertů Akademie věd ČR

12 Nobelovy ceny 2018

## TÉMA

14 Etika pro budoucnost

## EKOLOGIE, BIOLOGIE A MEDICÍNA

24 Tajfuny se stěhují na sever

## GEOLOGIE A CHEMIE

28 Inspirace pro nanotechnologie

## ROZHOVOR

32 Jak voní zelený svět  
(Kateřina Sam)

## ASTRONOMIE, FYZIKA A MATEMATIKA

38 Pro lepší život ve městech

## AKADEMICKÁ PRÉMIE

42 Finanční podpora pro nerušený výzkum

44 Matematika jako nástroj k poznávání světa

48 Genetika odkrývá paradoxy

52 Literatura mezi minulostí a přítomností

## ASTRONOMIE, FYZIKA A MATEMATIKA

56 Materiály pro bezpečné využití jádra

## GEOLOGIE A CHEMIE

62 Jak zbořit továrnu na viry

## STRATEGIE AV21

66 Hledání ideálního státu

## TÉMA PRO...

72 Radiouhlíkové datování

## KRÁTCE Z AKADEMIE

76 Zprávy z dění v Akademii věd ČR



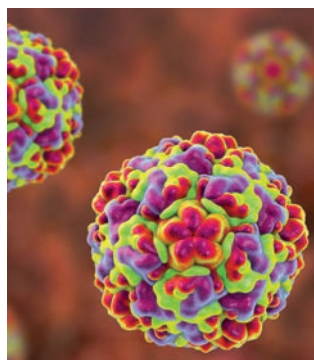
## 28 Inspirace pro nanotechnologie

U mnoha nových nanomateriálů se vědci při jejich navrhování inspirovali přírodou. Jsou však pro člověka dostatečně bezpečné?



## 32 Jak voní zelený svět

Lesy pokrývají skoro třetinu povrchu zemské souše. Jakou roli v jejich skladbě hrají hmyzožraví predátoři, jako jsou ptáci, netopýři nebo mravenci?



## 62 Jak zbořit továrnu na viry

Pikornaviry mohou v lidském těle napáchat velké škody. Způsobují rýmu i závažná onemocnění srdce. Existuje proti nim lék?



## 72 Radiouhlíkové datování

Radiouhlíkové datování slouží především k určování stáří archeologických nálezů. Využití nalezne i v dalších, možná překvapivých oblastech.

# V OBRAZE

V obraze | A / Věda a výzkum 4/2018





## TÝDEN VĚDY A TECHNIKY DOSÁHL PLNOLETOSTI

Festival zahájili předsedkyně Eva Zažímalová a premiér Andrej Babiš

V prvním listopadovém týdnu se na mnoha místech České republiky konal 18. ročník Týdne vědy a techniky AV ČR. Slavnostního zahájení největšího vědeckého festivalu u nás se ujala předsedkyně Akademie věd ČR Eva Zažímalová s předsedou vlády ČR Andrejem Babišem. Pokřtili rovněž knihu *Republika československá 1918–1939* Dagmar Hájkové a Pavla Horáka. V doprovodu místo-

předsedy Rady vlády pro výzkum, vývoj a inovace Karla Havlíčka a čelných představitelů Akademie věd si prohlédli exponáty v budově na Národní třídě v Praze. Zaujala je stavebnice experimentálního zařízení tokamak či expozice věnovaná mezinárodním vesmírným misím s českou stopou. „Nechápu, jak se Vladimír Remek mohl vtěsnat do tak malého skafandru,“ žertoval premiér při pohledu na kosmo-

nautovu vesmírnou výbavu. Ústřední téma letošního ročníku znělo Století české vědy 1918–2018. Návštěvníci tak společně s odborníky z akademických pracovišť objevovali, jak věda vypadala před 100 lety při vzniku Československa a jak se od té doby rozvíjela. Organizátoři připravili přednášky, prohlídky laboratoří, filmová promítání, divadelní představení, výstavy, science show a mnoho dalšího.

# ZE SVĚTA

## TERMITI SE MNOŽÍ I BEZ SAMCŮ

Pokud se živočichové chtějí rozmnožovat, jsou obvykle zapotřebí dvě pohlaví – samčí a samičí. Nedávné výzkumy japonských a australských biologů publikované v časopise *BMC Biology* však ukázaly, že se tomuto pravidlu vzepřeli japonští termiti druhu *Glyptotermes nakajimai*. Při studiu 10 různých populací žijících v Japonsku našli biologové šestici z nich tvořenou koloniemi, v nichž nebyli žádní samci. Ukázalo se, že se zcela asexuální linie mohla vyvinout z pohlavně smíšených společenstev, což dokazuje, že samečci nejsou nezbytně potřební ani pro rozmnožování, ani pro samotné fungování kolonií, v nichž dříve hráli aktivní roli. Termiti se tak zařadili k jiným zástupcům společenského hmyzu – některým druhům mravenců a populacím kapské včely medonosné – které si vystačí zcela bez samců.

### KOMENTUJE ROBERT HANUS

Ústav organické chemie a biochemie AV ČR

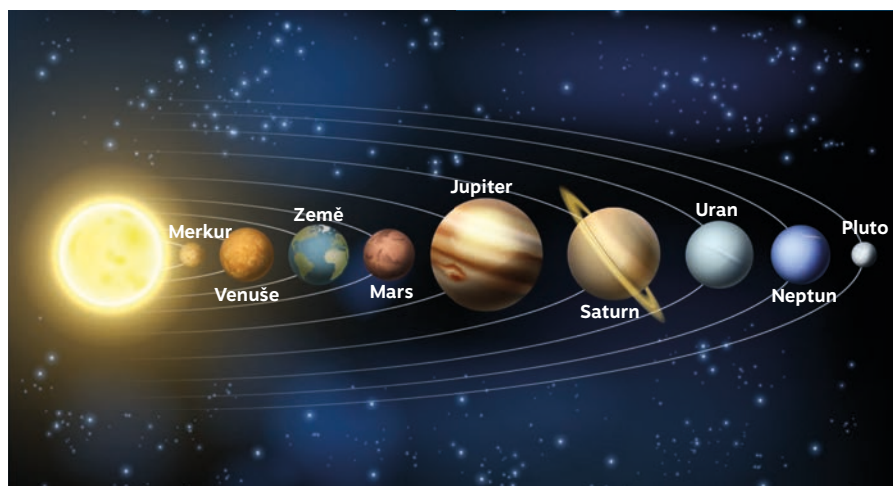
Dominantní úlohu pohlavního rozmnožování mnohobuněčných organismů sem tam zpochybní některá skupina, která si vystačí s rozmnožováním nepohlavním, případně oba principy v různé míře kombinuje. V celkovém pohledu však, zejména u živočichů, nejde o více než výjimky potvrzující pravidlo.

Objev japonských kolegů je tak další z mnoha těchto výjimečných situací, kdy u některého živočišného druhu pohlavní proces zcela zmizí a s ním mizí také samci, kteří již logicky nejsou potřeba. Jedinečnost tohoto pozorování u termitů spočívá v tom, že právě termiti byli vždy považováni za společenský hmyz, který naopak dovedl k dokonalosti rozmnožování pohlavní, a pokročilé druhy termitů okupují stránky učebnic jako příklady dlouhodobé a doživotní manželské věrnosti (monogamie) krále a královny. Že mají některé druhy termitů ke ztrátě samců a pohlavního rozmnožování nakročeno, začalo být zřejmé až v posledních deseti letech, právě díky výzkumu japonských kolegů pod vedením Kenji Matsuury z Kjótské univerzity. Objevili tři druhy, u nichž se sice samci v koloniích vyskytují a králové jsou zapotřebí pro tvorbu dělníků a vojáků a budoucích okřídlených králů a královen, zůstávají nicméně mimo hru při vzniku královen náhradních, jež nahrazují matku zakladatelku. Ty totiž vznikají z neoplozených vajíček, tedy partenogeneticky. Naše výzkumy z tropů Jižní Ameriky ukázaly, že takových druhů bude mnohem více, dnes jich známe již deset. Schopnost královen produkovat potomstvo bez přispění krále naznačovala, že by to mohlo jít úplně bez samců. Nynější objev to potvrzuje.



## BUDE PLUTO OPĚT PLANETOU?

Když v roce 2006 zasedalo v Praze valné shromáždění Mezinárodní astronomické unie (IAU), odborníci, ale i veřejnost vedli bouřlivé debaty o budoucnosti Pluta. Rezoluce, která definovala, jaké těleso je v naší sluneční soustavě možné považovat za planetu, byla jednoznačná: Pluto ztratilo status planety a bylo přesunuto do kategorie „trpasličí planeta“. S rozhodnutím se ovšem všichni nesmířili a na obhajobu Pluta (a dalších těles) vystoupila skupina astronomů ze Spojených států amerických a své stanovisko podpořila i výzkumem publikovaným v novém čísle časopisu *Icarus*. Podle názoru vedoucího studie Philipa Metzgera bylo rozhodnutí IAU chybné a nekoresponduje ani s klasifikací planet podle odborné literatury, jejíž revizi za posledních 200 let Metzgerův tým provedl. Zpochyb-





ňují především kritérium, které stanoví, že si planeta musí gravitací vyčistit okolí své oběžné dráhy od ostatních těles.

#### KOMENTUJE PETR SCHEIRICH

Astronomický ústav AV ČR

Při debatě o definici planety je vždy třeba mít na paměti, že vůbec nejde o Pluto. Není možné používat vlastnosti jednoho tělesa jako argument proto, že je definice planety špatná. Měla by se opírat o obecné fyzikální vlastnosti všech vyšetřovaných těles, a přesně o to se IAU na zasedání v Praze pokusila. Metzgerův tým dospěl k závěru, že současná definice planety nekoresponduje s dřívějším užíváním pojmu planeta. To je pochopitelné, a dokonce očekávaný výsledek. Pramení z toho, že neexistovala exaktní definice pojmu planeta, a jeho užívání bylo proto zcela volné. Výtka je částečně oprávněná u kritéria vyčištění dráhy. Podíváme-li se, kolik malých těles se pohybuje v blízkosti drah velkých planet, musíme dojít k závěru, že ani ony nevyčistily okolí své dráhy. Tato formulace v definici planety je tedy poněkud nešťastná a vyžaduje vždy bližší vysvětlení, jakýsi „prováděcí předpis“. Ve skutečnosti říká, že planeta musí být ve svém okolí gravitačně dominantním tělesem. Otázka zní: změnily by se kvalitativně dráhy ostatních menších těles v okolí, pokud by vyšetřované těleso zmizelo? V případě všech současných planet je odpověď ano, významně. V případě Pluta a dalších trpasličích planet to neplatí. Zmizení Pluta by další podobně velká tělesa za drahou Neptunu prakticky nezaregistrovala.



## JAK LÉPE NAKLÁDAT S RADIOAKTIVNÍM ODPADEM

Příroda nám nabízí recept na bezpečnější ukládání vyhořelého jaderného paliva. Sama ho využívá už miliony let. V některých místech zemské kůry totiž bývalo tak velké množství radioaktivního uranu, že se tam dokonce samovolně spustily řetězové jaderné reakce – stejně, jaké dnes využíváme v jaderných elektrárnách. Výzkumem vzorků z jednoho z takových míst – konkrétně z „přírodního reaktoru“ v Oklo v Gabunu – vědci z americké Naval Research Laboratory v New Yorku odhalili přirozený mechanismus, jímž se produkty štěpení (k němuž v tomto případě došlo před téměř dvěma miliony let) ukládají v zemi a neunikají do životního prostředí. Jejich analýzy uveřejněné v časopise *Proceedings of the National Academy of Sciences* naznačily, že když při dávném štěpení uranu vznikalo baryum, cesium a ruthenium, první dva prvky (tedy baryum a cesium) se zachytily v horninách obsahujících ruthenium. Zvláště důležité je, že krystalové mřížky ruthenia zadržely i vysoce radioaktivní izotopy cesia včetně

jednoho z nejnebezpečnějších –  $^{137}\text{Cs}$ . Vědci doufají, že by se tento přirozený proces pohlcování produktů štěpné reakce dal napodobit i v nových technologiích pro ukládání vyhořelého jaderného paliva z elektráren.

#### KOMENTUJE MATĚJ MACHEK

Geofyzikální ústav AV ČR

Využitím unikátního přístroje NAUTILUS (NAval Ultra-Trace Isotope Laboratory's Universal Spectrometer) mohli autoři studovat místa a procesy, jejichž vlivem byly zachyceny některé z nebezpečných produktů štěpné reakce v přírodním reaktoru Oklo. Tato studie dokládá, že pochopení bariér účinných pro zachytávání nebezpečných produktů štěpných reakcí je možné jen za využití nejmodernějších analytických technik. Proto výzkum a vývoj bezpečného obalového souboru společně s nároky na případné hlubinné úložiště radioaktivního odpadu nelze považovat za vyřešené.

## DISKRIMINACE ETNICKÝCH MENŠIN NA TRHU S NEMOVITOSTMI

Zajistí vám „správně“ přijetí vyšší šanci na nalezení pronájmu nemovitosti? Podle výsledků sedmi desítek empirických studií publikovaných v posledních 40 letech tomu tak opravdu je. Na trhu s nemovitostmi panuje poměrně vysoká míra diskriminace osob, u kterých jejich přijetí naznačuje, že mohou patřit k etnické menšině. Metaanalýzu studií z USA, Kanady a evropských zemí provedl tým socioložky Katrin Auspurgové z Mnichovské univerzity. Dospěl k závěru, že diskriminace skutečně existuje, avšak za sledované období její míra poklesla. Celkově je v literatuře nadhodnocena, protože studie dokládající vyšší míru diskriminace mají větší šanci, že budou publikovány! Vědci dále zjistili, že lidé s „nevhodným“ příjmením musí průměrně odpovědět na šest nabídek pronájmů, než získají dvě pozvání na prohlídku nemovitosti, zatímco lidem se „správným“ příjmením stačí pět odpovědí. Rozdíly jsou i mezi jednotlivými etnickými menšinami, nejčastěji se s diskriminací setkávají muslimové/Arabové následovaní lidmi černé pleti, o něco méně jsou znevýhodněni Hispánci, lidé z východní Evropy a Asiaté.



### KOMENTUJE MICHAL BAUER

CERGE-EI / Národohospodářský ústav AV ČR

Výsledky zmiňovaných studií jsou důležité, protože pomocí rigorózních empirických metod kvantifikují, že najít si bydlení je pro etnické minority těžší. Obdobné studie také ukazují, že minority nečelí diskriminaci pouze na trhu s nemovitostmi, ale i na trhu práce. Pokud má kandidát jméno, které signalizuje, že patří k etnické menšině, výrazně to snižuje jeho šance na pozvání k pracovnímu pohovoru. Tyto formy diskriminace potom mohou

příspěvat k ekonomické nerovnosti a segregaci. Podobnou studii, z níž vychází ve svém přehledu Katrin Auspurgová, jsme s kolegy z CERGE-EI a Fakulty sociálních věd UK před několika lety rovněž vypracovali. Můžeme tedy porovnat, jak velká je diskriminace v České republice. Zjistili jsme, že na trhu s bydlením je pozváno k prohlídce bytu 78 % žadatelů s česky znějícími jmény a pouze 42 % uchazečů s vietnamsky nebo romsky znějícími jmény. Aby si příslušníci etnických menšin mohli prohlédnout stejné množství bytů jako čeští zájemci, musí poslat dvakrát

tolik žádostí. Žadatelé s romsky a vietnamsky znějícími jmény čelí podobné míře diskriminace. Na trhu práce je situace obdobná. Žadatelé s česky znějícím jménem mají dvakrát větší šanci, že budou pozváni k pohovoru, než žadatelé s vietnamsky či romsky znějícími jmény. Tento vztah platí i přesto, že jsou životopisy všech uchazečů identické. Ukázalo se, že míra diskriminace je v České republice velmi vysoká, a to k oběma sledovaným menšinám. Tím bych tedy chtěl v našich podmínkách tlumit optimismus ohledně klesající důležitosti tohoto problému.

## KONDOŘI SE KRMÍ NA SKLÁDKÁCH

Organický odpad představuje pro různé živočišné druhy jednu z nejvýznamnějších složek potravy. Přitom o zdravotních dopadech tohoto „nepřirozeného“ zdroje potravy, který produkují skládky odpadu, máme nedostatek vědecky potvrzených informací. Velký černý kondor havranovitý (*Coragyps atratus*), který žije v hejnech v oblastech od jihu

Spojených států amerických až po jižní cíp Jižní Ameriky, se naučil nacházet hojnost potravy v odpadcích na skládkách. Ovšem ke své vlastní újmě – jak ukázaly nejnovější výzkumy argentinských biologů z Universidad Nacional Del Comahue. Vědci odebrali vzorky krve 94 dospělým kondorům ze dvou míst v severozápadní Patagonii, přičemž polo-

vina z nich se živila kuchyňskými zbytky na skládce, druhá polovina přirozenou potravou ve volné stepi. Ptáci z první skupiny byli těžší, ale v důsledku konzumace výrazně většího množství bílkovin, obilovin z pečiva i cukru ze sladkostí měli v krvi více kyseliny močové a fosfátů i vyšší hladinu cukru. Podle argentinských badatelů to v konečném důsledku

může pro kondory znamenat metabolická onemocnění a choroby ledvin. Ve skupině, která žila volně ve stepi, bylo zase mnohem více kondorů dehydrovaných. Studie, kterou uveřejnil časopis *PeerJ – the Journal of Life and Environmental Sciences*, upozorňuje, že konzumace odpadků z lidské stravy může mít nepříznivý vliv i na další druhy ptáků včetně ohrožených, jako je kondor kalifornský, kondor andský či sup mrchožravý.

#### KOMENTUJE MARTIN ŠÁLEK

##### Ústav biologie obratlovců AV ČR

Antropogenní zdroje (tedy pocházející z lidské činnosti) představují důležitou složku potravy pro mnoho zvířat. Ať již pro druhy synantropní, obývající městské prostředí téměř výhradně, nebo druhy, které se adaptovaly na život v kulturní krajině. Využívání odpadu a skládek jako potravního zdroje má pro volně žijící živočichy jak pozitivní, tak negativní důsledky. Vysoce kalorická potrava, její snadná dostupnost a relativní nadbytek může do okolí lidských sídel přitahovat různé obratlovce včetně druhů stojících na vrcholu potravní pyramidy, jako jsou šelmy. Živočiškové živíci se antropogenními zdroji potravy jsou často v lepší kondici a jsou úspěšnější v přežívání i reprodukci. Jejich populační hustota roste a zmenšují se domovské okrsky. Například mnozí evropští čápi již objevili, že na zimu nemusí migrovat až na jih Afriky, ale přezimují na skládkách odpadu na Pyrenejském poloostrově, čímž ušetří energii spojenou s dlouhou cestou a na hnízdiště se vrací dříve. Na druhé straně sběr potravy na skládkách může negativně ovlivňovat jedince i celé populace, ať již zvýšeným rizikem infekcí a přenosu patogenů (z potravy i z důvodu velké koncentrace zvířat na malé ploše) či otravou celou škálou toxických látek. Zmiňovaná studie argentinských vědců popisuje zajímavé, i když ne překvapivé zjištění, že ačkoli kondoři živíci se na skládkách měli vyšší hmotnost, některé další ukazatele (např. zmíněné vyšší koncentrace kyseliny močové, fosfátů a cukru v krvi) indikují, že aktuálně lepší kondice ptáků může maskovat problémy, které mohou ohrozit jedince v budoucnosti.



# NOBELOVY CENY 2018

## NOBELOVA CENA ZA FYZIKU

Nejvyšší vědecké ocenění letos vyzdvihuje „světelné paprsky přeměněné v nástroje“ a dělí se o ně tři vědci: Arthur Ashkin, Gérard Mourou a Donna Stricklandová. Jejich objevy přinesly revoluci v oblasti laserové fyziky a laserových technologií a nacházejí široké využití jak v průmyslu či medicíně, tak v základním vědeckém výzkumu, kde otevírají dveře do dosud neprozkoumaných oblastí. Arthur Ashkin z USA objevil tzv. optickou pinzetu, která využívá mechanického účinku fokusovaného neboli zaostřeného, soustředěného laserového svazku k zachycení a přemísťování mikro- a nanoobjektů. Umožňuje tak manipulaci s jednotlivými atomy, viry nebo buňkami a slouží zejména ke studiu biologických systémů. Francouz Gérard Mourou a Kanaďanka Donna Stricklandová vynalezli techniku CPA (z anglického chirped pulse amplification), která se používá k zesílení ultrakrátkých laserových pulzů a jež povede ke stále kratším a intenzivnějším laserovým pulzům. Jejich vědecké poznatky nacházejí

široké využití v základním výzkumu, průmyslu nebo např. v očním lékařství při operacích dioptrických vad.

### KOMENTUJE ZBYNĚK HUBKA

Fyzikální ústav AV ČR, ELI Beamlines

Právě na této technice jsou založeny lasery v mezinárodním centru s nejmodernějšími laserovými systémy ELI Beamlines v Dolních Břežanech u Prahy. Intenzivní ultrakrátké laserové pulzy umožní vytvořit experimentálně zatím těžce dosažitelné intenzity polí pro hledání odpovědí na mnohé zásadní teoretické otázky, které se dosavadními prostředky nedají

řešit. Přispějí například k pokroku v zobrazování mikrosvěta, v urychlování nabitých částic, umožní zachytit chemické reakce nebo posunout kupředu studium základních kvantově elektrodynamických jevů a procesů. Očekává se proto, že toto laserové centrum otevře cestu k průlomovým objevům v nanotechnologiích, materiálových vědách, biologii, chemii či astrofyzice, medicíně, ve vývoji nových léků nebo léčbě rakovinných nádorů v rámci hadronové terapie.



## NOBELOVA CENA ZA CHEMIÍ



Frances Arnoldová a George Smith z USA a sir Gregory Winter z Velké Británie byli oceněni za objevy v chemické biologii a proteinovém inženýrství – konkrétně za techniky řízené evoluce a fágové selekce. Inspirovali se chemickými procesy, které používá příroda, ovládli je a využili stejných principů jako evoluce – genetických změn a selekce – k vývoji a výběru užitečných peptidů, enzymů a protilátek. Frances Arnoldová otevřela cestu

vypracoval laboratorní techniku – fágovou selekci – jež využívá bakteriofágy (viry napadající bakteriální buňky) k vývoji a výběru nových peptidů a bílkovin. Gregory Winter pak metodu použil k řízené evoluci protilátek (imunoglobulinů) schopných určit a zničit cizí bakterie a viry v organismu. Lék vytvořený pomocí této metody se používá například k léčbě revmatické artritidy, lupenky nebo zánětlivých onemocnění střev.

k rychlé syntéze „na míru šitých“ enzymů ke specifickým účelům – od nových typů biopaliiv nebo pracích prášků a čistících prostředků šetrnějších k životnímu prostředí až po výrobu léků. George Smith

### KOMENTUJE MICHAL HOCEK

Ústav organické chemie a biochemie AV ČR

Principy takzvané *in vitro* evoluce, při které se vybírají z milionů náhodných kombinací mutace, jež mají žádoucí funkci, vedly k vývoji mnoha dalších variant selekčních metod a daly vzniknout novým funkčním peptidům a bílkovinám i řadě umělých bioanalogických systémů. Nové enzymy, vytvořené na míru, znamenaly opravdovou revoluci v katalýze, protože umožnily efektivně katalyzovat reakce, které byly do té doby obtížné, či dokonce nerealizovatelné, a nacházejí použití i v chemické a farmaceutické výrobě. Biologicky aktivní proteiny a protilátky objevené pomocí fágové selekce zase znamenaly revoluci ve farmacii a postupně vedly k vývoji takzvaných biologik, což jsou léčiva na bázi biomakromolekul, která se využívají k přesně cílené léčbě bez vedlejších účinků.

## NOBELOVA CENA ZA EKONOMII

O nejvyšší vědecké ocenění se letos dělí dva američtí makroekonomové: William D. Nordhaus a Paul M. Romer. Získali je za výzkumy vedoucí k lepšímu pochopení a dlouhodobě udržitelnému hospodářskému růstu v souvislosti s klimatickými změnami a technologickým pokrokem a za začlenění těchto vlivů do dlouhodobých makroekonomických analýz a modelů. Podle Královské švédské akademie věd významně rozšířili záběr ekonomických analýz vytvořením modelů, které vysvětlují,

jak je tržní ekonomika propojena s přírodou a našimi znalostmi a vzájemně se ovlivňují.

### KOMENTUJE MICHAL KEJAK

CERGE-EI / Národohospodářský ústav AV ČR

Paul Romer získal Nobelovu cenu za makroekonomickou teorii technologických inovací, která umožňuje vysvětlit mechanismus dlouhodobého růstu i to, proč některé země dlouhodobě rostou a jiné stagnují. Revolučně opustil do té doby standardní makroekonomický model dokonalé konkurence a zavedl do makroekonomické teorie model konkurence tzv. monopolistické. Hlavním zdrojem pokroku jsou podle něj nové myšlenky a technologické postupy, které může používat více uživatelů zároveň, aniž by ztrácely hodnotu. Příkladem může být nový algoritmus internetového vyhledávání. Takové technologie musí být chrá-

něny alespoň částečně patenty, aby poskytl inovátorům určitou monopolní sílu, která jim umožní pokrýt náklad inovací. William Nordhaus se ve svém globálním dynamickém modelu klimatu a ekonomiky věnoval zachycení interakcí mezi průmyslovým vývojem ekonomik, životním prostředím a jejich vlivem na vývoj klimatu. Oba oceněné přístupy posuzují problémy globálně a staví dlouhodobě na existenci externalit; v případě Paula Romera pozitivních ve formě přelivů znalostí, v případě Williama Nordhause negativních ve formě znečištění životního prostředí při výrobě zboží. Existence zmíněných externalit vytváří prostor pro vlády, které mohou promyšlenými politikami motivovat výrobce a spotřebitele v tržních ekonomikách tak, aby se dosáhlo dlouhodobého udržitelného růstu při zachování klimatické rovnováhy. Jakoli takové „selhání trhu“ vytváří prostor pro vládní zásahy, je třeba se vyvarovat „vládního selhání“, kdy navržené politiky tržní výkonnost nelepšují.



## NOBELOVA CENA ZA FYZIOLOGII A LÉKAŘSTVÍ

James P. Allison z USA a Tasuku Honđzó z Japonska se zasloužili o převratné objevy v oblasti imunoterapie nádorů. Otevřeli cestu k novému způsobu léčby nádorových onemocnění, jenž využívá vlastní imunitní systém. Nezávisle na sobě našli klíčové molekuly, které – každá jiným mechanismem – regulují imunitní odpověď organismu. Zablokování jejich aktivity může v mnoha případech vést k odhojení vlastního nádoru. Objevy obou vědců a léčebné postupy na nich založené podle Nobelova výboru výrazně změnily prognózu u pacientů s některými typy rakoviny – a to i v pokročilém stadiu, třebaže zatím se závažnými vedlejšími účinky způsobenými nadměrnou aktivací imunitního systému.

šleně a správně. Zavedení terapie nádorů založené na objevech obou oceněných vědců se skutečně dá považovat za velký kvalitativní krok vpřed v oboru nádorové imunoterapie.

Byl sice navržen nespočet dalších přístupů k využití imunitního systému pacienta pro zlikvidování jeho nádorových buněk a pracovaly na nich tisíce vědců po celém světě, do rutinní klinické praxe a k širokému použití se ale dosud žádný nedostal, třebaže některé z nich skutečně vykazovaly výbornou protinádorovou účinnost u experimentálních modelů, hlavně myších. V současné době už známe mnohem více molekul, které hrají v imunitním systému podobnou roli jako ty, za něž byla udělena Nobelova cena.

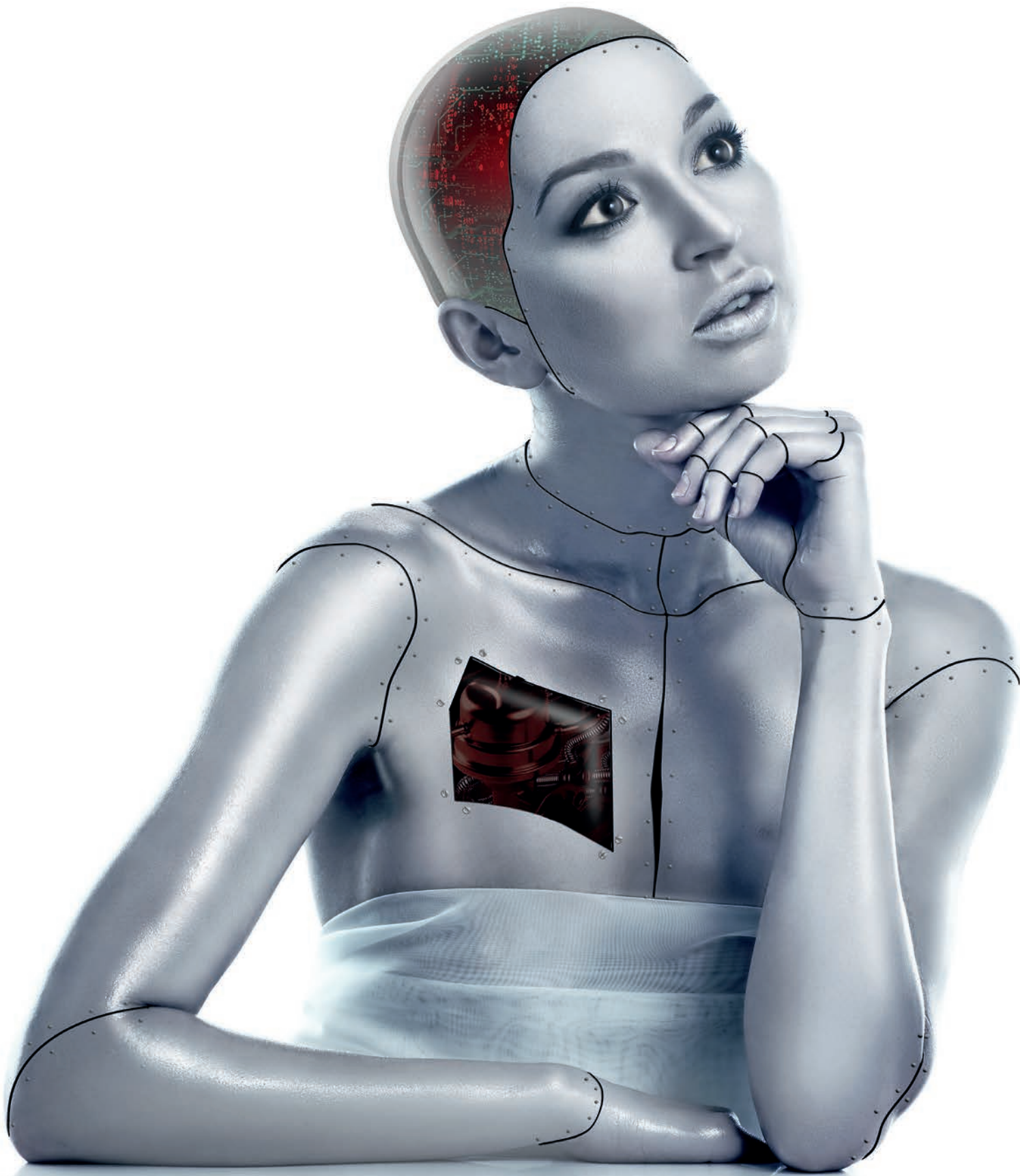


V naší laboratoři se rovněž zabýváme jedním z možných přístupů k imunoterapii nádorů: je založený na molekule, která velmi účinně podporuje buněčné dělení a přežívání T a NK lymfocytů (což jsou buňky, které mají velmi důležitou úlohu v regulaci imunitní odpovědi) a navozuje u nich funkce potřebné ke splnění úkolů v rámci imunitní odpovědi.

### KOMENTUJE MAREK KOVÁŘ

Mikrobiologický ústav AV ČR

Letošní Nobelova cena za fyziologii a medicínu byla podle mého názoru udělena promy-



# ETIKA

## pro budoucnost

Jak se má chovat autonomní vozidlo? Jaký bude lidský vztah s roboty? Bude nás medicína vylepšovat a dělat z nás kyborgy? Povolíme eutanazii? Zakážeme cirkusy a zoologické zahrady? **Etika už dávno není jen akademickým bádáním nad teoretickými úvahami. Postmoderní svět si žádá nové odpovědi a před etiku staví velké úkoly.**

Jedete ulicí ve vozidle s autonomním řízením. Najednou do silnice nečekaně vstoupí starší paní, která blížící se auto přehlédla, zatímco z druhé strany vozovky se malé dítě vysmeklo rodiči z ruky a běží vstříc babičce. S největší pravděpodobností přijde náraz a takřka jistá smrt chodce. Když auto udrží původní směr jízdy a bude pouze brzdit, narazí do ženy i dítěte. Když na poslední chvíli stočí řízení na jednu, nebo druhou stranu, narazí pouze do jednoho z nich. Kterou stranu si má vybrat? Koho nechat žít?

Podobně sporných příběhů s otazníkem lze vymyslet mnoho, najít na ně odpovědi přitom není vůbec snadné. V případě čím dál složitějších scénářů se lidé jen těžko shodnou na tom, jak by auto mělo v konkrétní situaci reagovat.

„Je to zajímavý, ale vlastně umělý problém. Ze statistik vyplývá, že takto eticky sporných nehod je naprosté minimum,“ uvádí Jiří Wiedermann z Ústavu informatiky AV ČR. Navíc se dá očekávat, že

provoz autonomních vozidel bude dost odlišný od dnešního. Až všechna osobní auta nahradí ta s umělou inteligencí, smysl pozbydou semaforey, vymizí kolony a zcela odpadnou případy nehod, za které může mikrospánek a nepozornost či nezkušenost řidiče. Odborníci odhadují, že by se mohl počet smrtelných nehod snížit o více než 90 %. Šlo by o obrovskou pozitivní změnu, vždyť jenom než dočtete tento článek, zemře na celém světě vlivem dopravních nehod přes 30 lidí.

Přesto má smysl se podobnými – byť výjimečnými – etickými otázkami zabývat. Je jisté, že na autonomní vozidla budeme klást mnohem vyšší nároky než na řidiče. Člověk není stroj a v kritické situaci nezvládá přemýšlet nad tím, koho ušetřit a koho obětovat. V námi nastolené mezní situaci by řidič nejspíše strhl instinktivně řízení na opačnou stranu od toho chodce, kterého by si všiml jako prvního. Připraví tak o život druhou lidskou bytost a bude si svůj čin vyčítat do konce života (třebaže na něm nenese vinu). Umělá inteligence

”  
Etika vědy a techniky a výzvy, jež přináší umělá inteligence, bioetika... transhumanismus i posthumanismus, to všechno nás zajímá.

David Černý

### PRAVIDLA PRO STROJE

Jaká pravidla vtisknout robotům? Aplikace přímočarých předpisů typu „nesmíš dopustit, aby bylo člověku ublíženo“, nemusí v praxi fungovat. Alan Winfield z UWE Bristol naprogramoval jednoduchého robota, který měl chránit robota-člověka před pádem do (virtuální) díry. Zachránce byl v experimentu úspěšný, dokud výzkumníci nepřidali na stolec ještě jednoho „člověka“. Robot často zachránil jen jednoho z dvojice. Překvapivě však bylo, že ve 14 případech ze 33 robot-zachránce strávil tolik času rozhodováním, komu pomoci, že nestihl zachránit vůbec nikoho.

se však nebude řídit emocemi ani instinktem a bude mít v takovém okamžiku skutečnou možnost racionální volby. U člověka tudíž půjde o reakci, zatímco u autonomního auta o rozhodnutí.

„Právě proto je jednání autonomního vozidla eticky hodnotitelné,“ říká David Černý z Ústavu státu a práva AV ČR. Je nejen legitimní ptát se, jak auto pro takové situace naprogramovat, ale i naléhavě nutné najít odpovědi, které budou ▶

souznít s našimi morálními intuicemi a normami. Pokud by se auta nechovala v souladu s přijatelnými etickými principy, do provozu se nejspíš nikdy nedostanou.

Jak přesně by auto v eticky sporné situaci mělo zareagovat, není zatím jasné. Ve výše uvedeném příkladu by nejspíše většina lidí v myšlenkovém experimentu dala přednost životu dítěte před babičkou. Je to logické, má velmi pravděpodobně větší kus kvalitního života před sebou a jeho smrt by byla větší újmou. Mělo by se tedy auto naprogramovat tak, aby ušetřilo život dítěte na úkor seniora? „To by ale znamenalo, že autonomní vozidla budou systematicky diskriminovat člověka na základě věku. Máme tu dvě etické úvahy – obětovat i neobětovat babičku – jdoucí proti sobě. Upřímně, ani etici zatím nevědí, co s tím,“ říká David Černý.

V případech, kdy musíme určit eticky korektní distribuci újmy, prosazuje se v úvahách o tom, jak auta naprogramovat, etika utilitarismu. Jde o asi 200 let starou teorii, podle níž je podstatné minimalizovat újmu – zaměřuje se tedy pouze na důsledky našeho jednání.

## TRAMVAJOVÉ DILEMA

Příkladem myšlenkového experimentu, kde se často prosazuje právě utilitarismus, je slavné tramvajové dilema. Přišla s ním filozofka Philippa Footová v roce 1967, ovšem v poněkud jiném kontextu a s jiným řešením. Od té doby má mnoho variací. Základní zní ale zhruba takto: na kolejích pracují dělníci. Mají na uších chrániče sluchu a jsou otočení tak, že nevidí, co se děje za nimi. Pět dělníků pracuje na jedné koleji, jeden na druhé. Po koleji se blíží tramvaj z kopce a má rozbité brzdy. Čirou náhodou se nacházíte u výhybky. Není šance dělníky zachránit, nestačíte za nimi doběhnout, váš křik neuslyší, tragédie

je neodvratitelná. Když neuděláte nic, tramvaj pojedje stále rovně a usmrtí pět dělníků. Když výhybku přehodíte, změní směr a zabije jen jednoho člověka. Co uděláte? Přehodíte výhybku a necháte zmařit život člověka, kterému by ale bez vašeho zásahu tramvaj nijak neublížila?

Naprostá většina lidí v tomto myšlenkovém experimentu řekne, že by výhybku přehodila. Jednou z možných interpretací jejich úvah může být utilitarismus – pět lidských životů je cennějších než jeden. Přehozením výhybky jsme sice zasáhli do situace, změnili jsme „osud“, ale minimalizovali újmu. Právě dodržování takových pravidel bychom asi očekávali i od autonomního vozidla. Jenže situace není vždy tak jednoznačná. Alternativní tramvajové dilema zní následovně. Tramvaj se řítí po koleji. Na jejím konci opět pracuje pět dělníků. Přecházíte zrovna nad tratí přes most, na kterém stojí velice tlustý člověk. Když ho shodíte dolů, spadne na koleje a tramvaj zastaví. Obětujete jeden život, abyste zachránili pět. V této situaci už ovšem většina lidí řekne, že by člověka z mostu neshodila, zřejmě tedy neuvážují ve shodě s utilitarismem. Lidé se jim neřídí. Pokud ano, půjde o rozhodnutí eticky sporné, či dokonce nesprávné. Koneckonců v prvním případě byste byli nejspíše za hrdinu, který rychlou

akcí (přehozením výhybky) zachránil pět životů, v druhém případě byste se stali vrahy.

Jsou to imaginární situace: lidé si představí daný případ a zapřemýšlí, jak by asi reagovali, a odpověď zapíše do dotazníku. Jak by ale takový experiment dopadl ve skutečnosti? Samozřejmě, vědci nemohou nechat testovat dobrovolníky u reálných výhybek a obětovat desítky lidských životů.

V prvním dílu dokumentu *Mind Filed* z roku 2017 se psycholog a popularizátor vědy Michael Stevens pokusil za pomoci odborníků o „reálný“ tramvajový test. Nic netušící objekty experimentu vystavil situaci, kdy v malém řídicím centru skutečně mohli přehodit výhybku vlaku, který sledovali na monitoru, jak se blíží k dělníkům. Vše bylo předem natočené na video a nikomu žádné nebezpečí nehrozilo, ale pokusné osoby o tom nemohly vědět. Výsledek? Jen dva lidé ze sedmi skutečně přehodili výhybku. Přestože v dotaznících kolem 90 % lidí uvádí, že by výhybku přehodilo. (Je ovšem třeba mj. vzít v potaz, že pokusných osob bylo jen sedm a nešlo o reprezentativní vzorek.) Skutečné chování se každopádně od toho na papíře liší. A někdy dost podstatně.

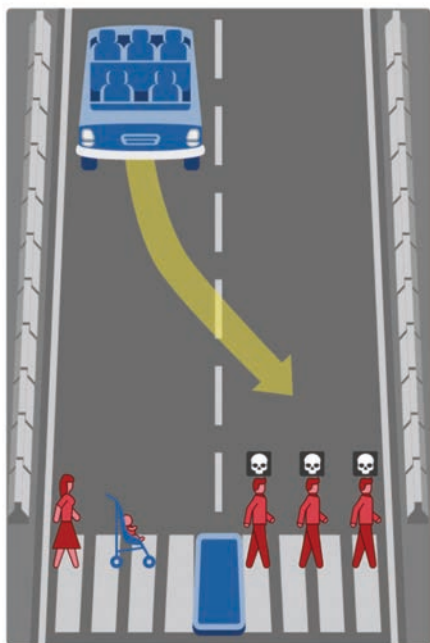
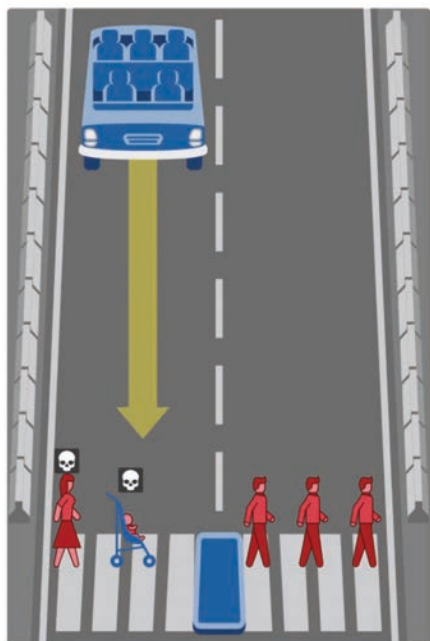
## PRINCIP DVOJÍHO ÚČINKU

Rozhodování lidí v těchto myšlenkových situacích dobře vysvětluje, popisuje (a také předkládá nové odpovědi) tzv. princip dvojího účinku. Vychází z idejí Tomáše Akvinského a v průběhu dějin mírně měnil svou podobu. Filozof David Černý o něm sepsal v roce 2016 monografii *Princip dvojího účinku. Zabíjení v mezích morálky*.

Jde o metodu, která v eticky sporných otázkách může vést odpovědného člověka k morálnímu rozhodnutí. Uplatňuje se například v medicíně. Posuzuje se, za jakých podmínek můžeme nějaký čin vykonat, pokud víme, že jeho důsledky budou mít negativní i pozitivní dopad... Když máme volit mezi dvěma zly, kterému dáme přednost? Kritéria jsou podle Davida Černého čtyři.







Odborníci z MIT (Massachusettský technologický institut) sestavili scénáře, jako je ten na obrázcích výše. Sledovali, jak se lidé rozhodují v těchto hypotetických situacích přes online aplikaci Moral Machine. Zjistili, že v obecných otázkách se lidé na celém světě spíše shodnou, při podrobnějším zkoumání se ovšem jejich odpovědi a motivace značně odlišují. Odpovědi získali přes 40 milionů z více než 200 zemí světa. Kritici nicméně oprávněně upozorňují, že vzorek je sice obrovský, ale nereprezentativní (dovoluje zadat odpovědi opakovaně, nezajišťuje odpovědi lidí ze všech sociálních skupin apod.).

## PRINCIP DVOJÍHO ÚČINKU

- **Povaha aktu:** akt musí být dobrý nebo alespoň morálně indiferentní. (V případě tramvajového dilematu: přehození výhybky považujeme za neutrální.)
- **Intence aktéra:** aktér zamýšlí pouze dobrý účinek. Špatný účinek může být předvídan a tolerován, ale nesmí být zamýšlen. (V tramvajovém dilematu: jsme si vědomi, že přehozením výhybky dojde k smrti člověka, ale nezamýšlíme ji – ani nespustíme tramvaj z kopce, ani na kolej nenastrčíme nepřítel.)
- **Špatný účinek:** nesmí být prostředkem k dosažení dobrého. (Neboli nesmíme použít „účel světlí prostředky“ – dobrý účinek musí plynout z aktu samotného, ne z jeho negativního účinku. Proto také neshodíme tlustocha z mostu, nebo nezabijeme zdravého pacienta, abychom získali deset kvalitních orgánů pro transplantace, přestože bychom tím zachránili deset životů.)
- **Dobry účinek:** musí převážit účinek špatný. (Neboli pro jednání musí být dostatečné důvody – lidé se většinou shodnou, že by nepřehodili výhybkou tramvaj na pět dělníků, aby zachránili kupříkladu vzácného brouka.)

Jedním z nich je, že akt sám nesmí být zlý (přesněji řečeno musí být dobrý nebo aspoň morálně indiferentní, neutrální). To přesně vysvětluje, proč lidé v první verzi tramvajového dilematu volí smrt jednoho dělníka (přehození výhybky samo o sobě není zlým činem, je morálně indiferentní), zatímco se zdráhají shodit z mostu tlustého muže (akt shoení člověka z mostu je zabitím nevinného).

Jak to bude v případě autonomního vozu? Pokud mu do jeho pruhu na silnici nečekaně vstoupí dva chodci a z druhé strany jeden, lidé se shodnou, že auto by mělo změnit směr a narazit jen do jednoho, ne do dvou. (Přestože jde o aktivní zásah do předem určené trajektorie a vůz tak „dobrovolně“ mění směr, aby připravil o život člověka, který mu do cesty vlastně nevstoupil.) Podobně asi budou lidé souhlasit s tím, že když před vůz vběhne skupinka předškoláků, mělo by auto strhnout řízení a narazit do zdi, aby zachránilo více dětí, přestože obětuje posádku vozu.

Co když ale rozhodování nebude tak jednoznačné? Co kdyby auto muselo volit mezi usmrcením dvou dětí na přechodu pro chodce a dvou dětí sedících v autě? Nebo si bude muset vybrat mezi bezdomovcem a zlodějem? Mezi těhotnou ženou a maminkou s kočárkem? Mezi dvěma na první pohled stejnými lidmi? Nutně tak dojde k poměrování kvality a hodnoty jednotlivých lidských životů.

## ZABÍT PODLE POČTU PŘÁTEL NA FACEBOOKU?

Jak ale auta poznají, kdo je kdo? Budou napojena na sociální síť a na základě roz-

poznání tváře ve zlomku sekundy zjistí, kdo na nich má více přátel nebo kdo má širší rodinu, případně kdo je prospěšnější společnosti? Poměří si tak auto, která smrt způsobí menší újmu? Cítíme, že už se v promyšlení scénářů ocitáme na hraně jejich snesitelnosti. Současná etika na podobné otázky hledá odpovědi jen velmi těžko, dříve nebo později se jim ale nevyhne.

Představme si další spornou situaci. Autonomní vozidlo zprava předjíždí motocyklista v čepici, zleva motocyklista s přilbou. Ke komu se má v případě zúžení vozovky přiblížit, k tomu bez přilby, protože porušil předpisy, nebo k tomu s přilbou, který má v případě kolize větší šanci na přežití? „Podobně sporných případů můžeme vymyslet mnoho. Zrovna k takovému by ale nemuselo vůbec dojít, protože se dá očekávat, že autonomní vozidla se budou pohybovat na předem vymezených koridorech. Motorkáři a motoristé, které baví řízení, budou mít vyhrazené jiné cesty. Nastane podobná situace, jako když se před desítkami let určilo, že na dálnice nesmějí vjíždět koňské povozy a pomalá auta,“ miní Tomáš Hříbek z Filozofického ústavu AV ČR.

Odborníci v oboru etiky rozvádějí podobné úvahy už dnes, přestože dobře vědí, že jimi řešené otázky zatím nejsou aktuální. Po počátečním optimismu se dokonce zdá, že potenciální výrobci autonomních vozidel ve vývoji poněkud přibrzdili. Mohou za to i medializované případy dvou smrtelných nehod samořidi-  
 telných aut. Jednu z nich nepřežil „řidič“ vozidla, které se srazilo s odbočujícím ▶

kamionem s lesklým návěsem, jenž automobil nezaznamenal. Druhou obětí byla osoba s jízdním kolem, která v naprosté tmě nečekaně vstoupila autonomnímu vozu do cesty. Přestože přinejmenším v druhém případě bylo zjevné, že srážce s tragickým koncem by nezabránil ani řidič-člověk, pro vývoj samořiditelných aut havárie znamenaly významný krok zpět.

„Nehody jasně ukázaly, že současný stav vývoje autonomních vozidel nespĺňuje naše nároky ohledně jejich bezpečnosti. Taková vozidla budou muset řešit etická dilemata v běžně se vyskytujících, ale nepředvídatelných situacích na křižovatkách, přechodech pro chodce, při odbočování, předjíždění a podobně. To zatím dobře nezvládají,“ upozorňuje Jiří Wiedermann.

Slibné testování autonomních vozidel v reálném provozu bylo omezeno. V současné době se uvažuje o jejich nasazení pouze v areálech, kde je výskyt mezních situací výrazně menší, třeba v uzavřených univerzitních kampusech nebo na letišti mezi terminály.

## ETICKÉ HOVORY S KARLEM ČAPKEM

Všichni tři jmenovaní odborníci, Jiří Wiedermann z Ústavu informatiky AV ČR, David Černý z Ústavu státu a práva AV ČR i Tomáš Hříbek z Filosofického

ústavu AV ČR patří k „otcům zakladatelů“ nové odborné platformy nazvané Centrum Karla Čapka pro studium hodnot ve vědě a technice. Spolu s nimi se na práci centra podíli také Robin Kopecký z Přírodovědecké fakulty UK a další kolegové včetně významných zahraničních expertů.

V popisu práce mají komplikovaná témata, která se objevují s nástupem současných a plánovaných technologií. Kromě autonomních vozidel se zaměřli na etické otázky kolem vojenských systémů, genetických modifikací rostlin a živočichů, robotických ošetřovatelů nebo aplikace kmenových buněk. Uvědomují

si, že je potřeba dohnat určité zpoždění, které za překotným vývojem technologií v některých oblastech máme, a také proto v ustavujícím prohlášení napsali: „Morální myšlení a praxe i současná právní regulace bohužel nedrží s vědeckotechnickým rozvojem krok.“

Na platformě centra se budou zkoumat nejruznější etické otázky, počítá se s vydáváním publikací i organizací mezinárodních konferencí a seminářů. Nejde přitom o spolupráci postavenou na zelené louce, jisté úspěchy už vzniku centra předcházely. Ústav státu a práva AV ČR ve spolupráci s Přírodovědeckou fakultou UK například uskutečnil výzkum morálních intuicí. A zjistil, jak přimět lidi chovat se morálněji.

## ” O etických aspektech chování vůči strojům máme zatím mlhavé představy.

Jiří Wiedermann

## PRO SEBE CHCEME SOBECKÉ AUTO

U autonomních vozidel se v hypotetických scénářích mj. uvažuje o dvou typech. Auto typu „tank“ by bylo naprogramované, aby vždy ochránilo svou posádku, druhé by se chovalo podle zásady „zachraň co nejvíce životů“. Lidé v dotaznicích většinou uvádějí, že pokud by auto mělo volit mezi smrtí jednoho člena posádky a více chodců, mělo by raději obětovat posádku. Když se jich ale zeptáte, zda by takové auto koupili svým dětem, řeknou, že ne. Pro sebe chtějí „sobecké“ auto, které bude chránit posádku za každou cenu, přestože po jiných by chtěli opak.

Tento rozpor by se dal podle Davida Černého a jeho kolegů částečně ovlivnit jednoduchou úpravou. Kdyby musela být auta typu „tank“ zřetelně označena, ochota pořídit si takové vozidlo by výrazně klesla – lidé by se styděli před svými soudesy přiznat, že mají méně etický vůz než ostatní.

Jestli si souseď koupí „tank“ anebo „správnácké auto“, si ještě počkáme, protože autonomní vozidla zatím nelze volně vypustit do provozu. Otázek je zatím více než odpovědí a neexistuje řešení, které by uspokojilo všechny. Dokonce i samy firmy vyvíjející taková auta jsou opatrnější než před lety. Už neuvádí přesná data, kdy se dostanou do provozu, nýbrž mluví jen o „dohledné době“. Nicméně takový čas dříve či později nastane. Vývoj umělé inteligence je nevyhnutelný, například Čína do tohoto odvětví investuje ohromné sumy peněz a zbytek světa nechce zůstat

## CENTRUM KARLA ČAPKA

Český spisovatel Karel Čapek prostřednictvím své úspěšné divadelní hry *R.U.R.* z roku 1920 proslavil po celém světě slovo „robot“. I ve svém dalším díle se věnoval závažným medicínským, biologickým a technologickým výzvám lidstvu. Tato témata zkoumal skrze literární imaginaci a neskrýval přitom svůj skeptický názor na technologické novinky své doby. „Ačkoli nesdílime Čapkovo médium, ani jeho postoj, rádi bychom vzdali poctu klasikovi přijetím jeho jména do názvu našeho centra,“ uvádějí zakladatelé platformy. Její vznik stvrdili 12. října 2018 svým podpisem ředitelé tří pracovišť Akademie věd ČR (Ondřej Ševeček z Filosofického ústavu, Ján Matejka z Ústavu státu a práva a Emil Pelikán z Ústavu informatiky) a děkan Přírodovědecké fakulty UK Jiří Zima.



pozadu. Umělá inteligence se však zdaleka neomezuje jen na dění na silnicích, je také samozřejmě ústředním tématem robotiky a kybernetiky.

## MILOSTNÉ HRÁTKY S ROBOTY

Budou se roboti řídit podle zákonů a pravidel, která jim implementujeme, podobně jako v románech a povídkách Isaaca Asimova? Strojů se zatím obávat nemusíme. Než bude umělá inteligence natolik vyspělá, aby vůbec hypoteticky mohla způsobit katastrofu, potrvá to ještě několik desetiletí, někteří odborníci se dokonce domnívají, že se obecnou umělou inteligenci nepodaří sestrojít nikdy. Přesto se o souvisejících etických problémech začíná intenzivně uvažovat.

Může mít jednu superinteligentní robot v jistém smyslu vědomí nebo svobodnou vůli? Bude vnímat bolest a cítit emoce? „O etických aspektech chování vůči takovým strojům máme zatím jenom mlhavé představy, jisté ale je, že na ně nelze aplikovat naše dosavadní zkušenosti například se zvířaty. Proto si myslím, že uvažovat o takových otázkách je zatím předčasné. Reálným se to stane, až budou naše představy o možnostech a limitech takových zařízení přesnější, podobně, jako se to děje v současné době v oblasti autonomních vozidel,“ říká Jiří Wiedermann.

Co ale předčasné určitě není, je etické promýšlení vztahů lidí k robotickým zvířecím mazlíčkům nebo humanoidním robotům, s nimiž se setkáváme na čím dál více místech. Například v letištních halách, v pečovatelských domech nebo v nočních klubech a domech pro pány...

**Bezsporu jde o téma citlivé a kontroverzní. Už teď se objevují argumenty proti robotickým milenkám a milencům. Budou se muži dopouštět na robotkách násilí a svou agresivitu pak přenesou do reálného života? Dají ženy přednost před svými muži robotům s nevyčerpatelnou energií?**

Ano skutečně, první nevěstinec na světě s robotickými prostitutkami vznikl v roce 2017 ve Španělsku. Podobné zařízení se mělo objevit i ve Spojených státech, ale úřady jej nepovolily.

Za průkopníka přemýšlení o vztazích lidí a robotů je považován britský špičkový šachista a odborník na umělou inteligenci David Levy, autor provokativní knihy *Láska a sex s roboty*. Podle jeho mínění bude už v polovině tohoto století láska k robotům tak běžná jako láska člověka k člověku a stejně to bude v případě sexuálních kontaktů. Kromě Levyho knihy vyšel v loňském roce k tématu sborník v Massachusettském technologickém institutu (MIT), jinak ale hlubší studie včetně empirických výzkumů nejsou v této oblasti zatím početné.

Bezsporu jde o téma citlivé a kontroverzní. Už teď se objevují silné argumenty proti robotickým milenkám a milencům. Někteří například tvrdí, že se muži budou na robotkách dopouštět násilí a své agresivní chování pak přenesou do reálného života. Odpůrci tohoto názoru zase říkají, že násilí vůči robotkám je v pořádku, že se násilníci vybijí na strojích a pak nebudou ubližovat skutečným ženám nebo třeba v případě pedofilů dětem.

I na tuto zatím málo probádanou oblast se chtějí podívat čeští badatelé v Centru Karla Čapka. „Plánujeme testovat morální intuice lidí v oblasti vnímání sexuality ve vztazích včetně hypotetických vztahů s roboty,“ prozrazuje David Černý. Formou dotazníků budou například zjišťovat, jestli by lidé sex svého partnera s umělou bytostí považovali za nevěru, případně jestli je v pořádku uzavírat manželství ▶





## EUTANAZIE ANO, ČI NE? NEBO KDY?

Zákop první světové války. Smrtelně zraněný kamarád úpí bolestí, prosí, ať ho zastřelíte. S taktó vyhrocenou situací se asi mnozí z nás setkali ve válečných filmech. Jak bychom se k ní ale postavili ve skutečnosti? Zmáčkli bychom spoušť? Slovo eutanazie pochází z řečtiny a v překladu znamená „dobrá smrt“. O jejím zavedení se u nás čas od času debatuje na politické úrovni a v médiích. Otevřená diskuse napříč obory ale chybí. Myslí si to David Černý z Ústavu státu a práva AV ČR s Tomášem Hříbkem z Filosofického ústavu AV ČR, kteří se snaží situaci změnit.

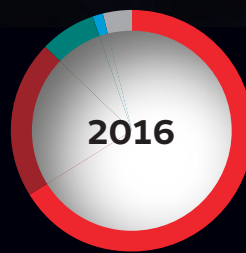
„Téměř nikdo už dnes neumírá přirozeně, většinou končíme v nemocnici napojeni na přístroje. Už nyní lékaři do velké míry ovlivňují, kdy život ukončí, a dochází k tomu asi častěji, než bychom si byli ochotni připustit,“ zmiňuje Tomáš Hříbek, který se přiklání k legalizaci eutanazie, byť připouští, že na ni dosud nejsme připraveni. „Chybí u nás rozvinutý systém paliativní péče, který má Belgie nebo Nizozemí. Lidé by měli mít alternativu, zda chtějí strávit poslední dny života na zvýšených dávkách opioidů, v podstatě v bezvědomí, nebo mít možnost nechat si aplikovat látku, která takový život zkrátí. Pacient by měl mít širší rejstřík možností, jak se rozhodnout,“ dodává Tomáš Hříbek.

„Současná bioetika je ve většině případů příznivě nakloněná etické oprávněnosti eutanazie a její legalizaci; argumenty v neprospěch eutanazie jsou zastoupeny v menší míře a jsou často teoreticky poměrně náročné,“ říká David Černý. Jedním z nich je tzv. argument kluzkým svahem, který se však nezaměřuje na etickou nepřijatelnost eutanazie, upozorňuje spíše na problematické důsledky její legalizace. Pokud přijmeme určitou praxi  $P$ , předpokládají se důsledky  $D_1, \dots, D_n$ . Tyto důsledky jsou stále méně přijatelné, až nakonec usoudíme, že poslední z nich jsou zcela nepřijatelné, a proto odmítneme samotnou praxi  $P$ . Jinak řečeno, argumentuje se tím, že po zavedení eutanazie by se mohlo stát, že o ni budou usilovat i lidé, kteří na ni nemají mít (podle některých názorů) nárok, třeba pacienti, kteří nejsou smrtelně nemocní, děti, lidé v depresi a podobně, případně že bude docházet k eutanazii pacientů, kteří si ji nezvolili.

O paliativní léčbě se u nás hovoří čím dál častěji. Přibývá hospiců a zlepšuje se i hrazení ze strany zdravotních pojišťoven. Jelikož společnost dramaticky stárne a po důstojnějším umírání bude stále větší poptávka, dá se očekávat, že se podíl podobných forem lékařské péče v terminálních stadiích života bude zvyšovat. Právním a etickým otázkám kolem zavádění paliativní péče do praxe se v Ústavu státu a práva AV ČR také zabývají. „Chceme vypracovat metodiky, podle kterých by bylo jasné, kdy má lékař zanechat kauzální léčby a začít člověku pomáhat, aby netrpěl,“ objasňuje David Černý. „Je prokázáno, že když se přestane s medicínsky neadekvátní léčbou – třeba chemoterapií – která už nezabírá, pacienti dostávají jen léky na bolest a psychologickou pomoc, tak žijí někdy i delší, ale určitě kvalitnější zbytek života.“

### KDE ČEŠI UMÍRAJÍ NEJČASTĚJI?

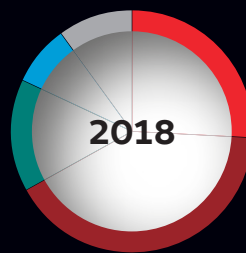
Obyvatelé ČR nejčastěji (dvě třetiny) umírají v nemocnicích a léčebných ústavech, přes sedm procent lidí v zařízeních sociální péče a pouze zhruba pětina lidí doma. Vyplývá to z dat Ústavu zdravotnických informací a statistiky ČR.



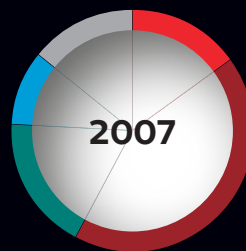
|                           |        |
|---------------------------|--------|
| Ve zdravot. zařízení      | 65,6 % |
| Doma                      | 20,9 % |
| V zařízení sociál. služeb | 7,3 %  |
| Na veřejném místě         | 1,4 %  |
| Jinde                     | 3,7 %  |

### NÁZORY NA EUTANAZII

S uzákoněním eutanazie souhlasí podle nejnovějšího šetření Centra pro výzkum veřejného mínění z května 2018 dvě třetiny české veřejnosti (67 %). Celkový podíl veřejnosti vyjadřující souhlas s legalizací eutanazie oproti předchozímu roku mírně vzrostl. Od roku 2011 však zůstává víceméně stabilní.



|                     |      |
|---------------------|------|
| Rozhodně souhlasí   | 26 % |
| Spíše souhlasí      | 41 % |
| Spíše nesouhlasí    | 15 % |
| Rozhodně nesouhlasí | 8 %  |
| Neví                | 10 % |



|                     |      |
|---------------------|------|
| Rozhodně souhlasí   | 15 % |
| Spíše souhlasí      | 43 % |
| Spíše nesouhlasí    | 18 % |
| Rozhodně nesouhlasí | 10 % |
| Neví                | 14 % |

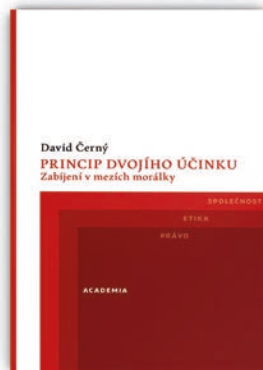
se strojem. Vztahy k robotům i etická dilemata autonomních vozidel jsou trendem, který se zřejmě bude nadále vyvíjet spolu s neustále se zrychlujícím technologickým pokrokem. Současná aplikovaná etika se však věnuje především otázkám, které jsou už aktuální. Týkají se mj. medicíny: vylepšování lidských těl, využívání kmenových buněk, interrupce, eutanazie a dalších sporných témat.

## DOKONALÝ ČLOVĚK A ČERNÝ TRH S ORGÁNY A EMBRYI

Muž přijde při úrazu o ruku. Lékaři mu ji amputují a nahradí bionickou s mnohem větší silou, než měla ta původní. Jiný muž naopak požádá lékaře, aby mu ruku amputoval, protože si chce nechat voperovat umělou superkončetinu. Asi se shodneme, že v prvním případě jde o nezbytnou lékařskou pomoc, zatímco ve druhém případě o nemístné vylepšování lidského těla. Jenže v čem vlastně spočívá rozdíl, proč nám jednání druhého muže připadá nemorální? „Za podstatné se pro etické hodnocení jeví účel užití, nikoli sama technologie,“ upozorňuje Adam Doležal z Ústavu státu a práva AV ČR, který se dlouhodobě věnuje bioetice a medicínskému právu.

Zdokonalování lidského těla se říká enhancement. Jeho kritici namítají, že vylepšování člověka, aniž by bylo nutné ze zdravotních důvodů, je neetické, protože povede k radikalizaci nerovností ve světě. Zlepšování těl nebo genetickou úpravu vlastních dětí si budou moci dovolit pouze bohatí a mocní, kteří tak budou ještě více úspěšní na úkor ostatních. Zdokonalení lidé pak budou považovat „přirozené“ lidi za podřadné vhodné k vykořisťování, otroctví či dokonce vyhubení. Oproti tomu zastánci transhumanismu tvrdí, že vylep-

**Realita nebude shodná s hypotetickými mezními situacemi, ale o to nejde. Myšlenkové experimenty jsou tu proto, aby odhalily naše intuice v etice, tak jako laboratorní experimenty ve fyzice vypovídají o reálném světě.**



V edici *Právo – etika – společnost* vydalo Nakladatelství Academia již několik titulů autorů z Akademie věd ČR. Připravují se knihy *Eutanazie a dobrý život* (David Černý) a *Obrana asistované smrti* (Tomáš Hříbek).

šování těl je povinností lidstva a jeho neodvratitelnou budoucností.

Dosud se v oblasti práva mohli tvůrci zákonů odkázat na morální shodu – například, že vražda je špatná.

„Po nástupu moderních technologií však prostá morální intuice nestačí a ohledně řady nových technologií napanuje názorová shoda – pro příklad stačí uvést problematiku pokusů na embryonálních kmenových buňkách, neonatálních rozhodnutí, eutanazie, klonování a právě enhancement,“ vypočítává Adam Doležal.

Pokud se bavíme o zdokonalování člověka, můžeme konstatovat, že celý náš život bývá veden touhou po větší dokonalosti. Proto se učíme, trénujeme, žijeme zdravě a sportujeme. Prostředky k tomuto typu sebezdokonalování ale bývají považovány za „tradiční“ a morálně nekontroverzní.

Pak zde ale máme záležitosti jako transplantace a dárce orgánů nebo asistovanou reprodukci. I tyto dnes běžně využívané metody mohou být za určitých okolností eticky na hraně.

Vezměme si příklad ženy a muže, kteří jsou schopni zplodit „ve zkumavce“ embryo, ale žena nemůže z fyziologických důvodů odnosit a porodit dítě. Seženou si proto dobrovolnici, která jim potomka odnese a přivede na svět. Geneticky bude dítě ženy a muže, právně vzato však je jeho matkou dobrovolnice. S tím se pojí několik problémů. Rodička teoreticky nemusí svo-

lit k adopci a může si dítě nechat, právo by bylo na její straně. Může dokonce zažalovat „dárce spermií“ o otcovství a žádat po něm výživné. I kdyby ale dodržela své slovo a dítě předala biologickým rodičům, má mít nárok dostat za svou službu zaplacen? Je to etické?

Podle české právní úpravy ne. Odnošení a porod cizího dítěte za úplatu nejsou možné, třebaže k těmto případům načerno dochází, a to i za státní částky. Přitom v některých zemích institut tzv. surrogátní, neboli náhradní matky za úplatu právní řád uznává.

Proč máme tendenci považovat náhradní mateřství za neetické? A jak s ním souvisí fenomén prostituce, rovněž označovaný za morálně problematický?

Jak těhotenství a porod za úplatu, tak sex se zákazníkem dělá ze ženy pouhý nástroj, domnívají se kritici. Jejich argument se zakládá na principu důstojnosti lidské bytosti, který je odvozený od myšlení Immanuela Kanta. V podstatě říká, že nesmíme na člověka pohlížet jako na prostředek. Když chápeme ženu v tomto případě jako pouhý nástroj k dosažení cíle, jde o instrumentalizaci lidské bytosti, její sexuality a tělesné integrity. Taková odpověď ale není pro mnohé dostačující. Základní problém spočívá v samotném pojmu „důstojnost“.

„Třeba zastánci eutanazie říkají, že nemožnost rozhodovat o svém konečném osudu je v rozporu s lidskou důstojností. ▶

” **Za podstatné se pro etické hodnocení jeví účel užití, ne technologie.**

Adam Doležal

## Zorientování se v eticko-technologickém prostoru nyní umožní lidstvu manévrovat ve světě etiky a technologie v budoucnu a pomůže nám bezpečněji projet budoucností.

Jenže odpůrci eutanazie zase tvrdí, že v rozporu s lidskou důstojností naopak je, aby nás lékař usmrtil. Oba používají pojem důstojnosti pro svůj argument, přitom ale nedefinují, co důstojnost je a jaká pravidla z ní skutečně vyplývají,“ dodává David Černý. Na podobné problémy narážíme, když se pustíme do eticky sporného tématu prodeje, resp. dárcovství orgánů.

### JE ETICKÉ PRODAT VLASTNÍ LEDVINU?

Představme si rolníka z Anatólie, který zoufale hledá prostředky na operaci dcerky. Nabízí se mu možnost prodat vlastní ledvinu, a zajistit tak budoucnost svému dítěti. Ledvinu ale legálně nabídnout nesmí, leda na černém trhu, s rizikem zdravotních komplikací a kriminalizace.

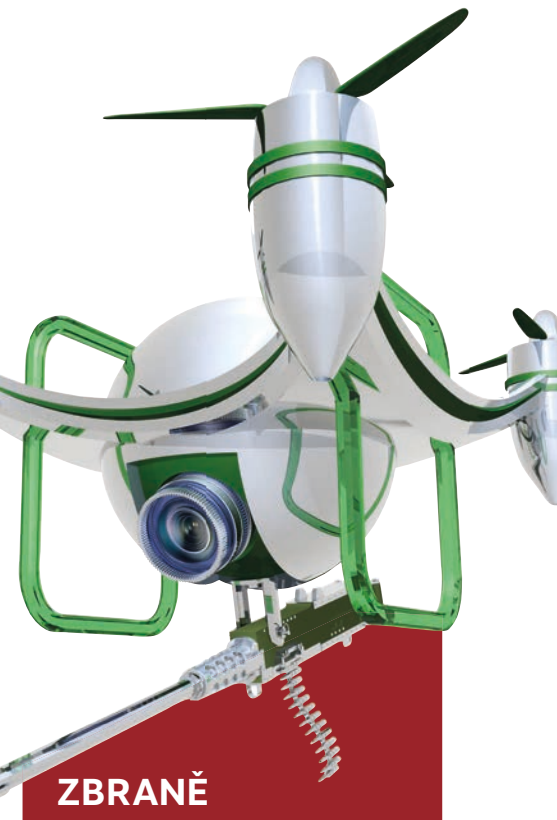
Britská filozofka Janet Radcliffe Richardsová, autorka knihy *Etika transplantací*, možnost prodat vlastní orgán hájí. „Jestliže považujeme obchod s orgány za odporný, protože způsobuje újmu prodávajícímu, jeho zhoršenou

životní situaci způsobenou zákazem obchodu musíme považovat za ještě mnohem odpornější,“ píše Janet Richardsová.

Samozřejmě by byl lepší svět bez podobných dilemat. „Připadá mi ale, že by bylo paternalismem omezovat možnosti a práva aktéra, zakazovat mu, že má být takto drastickou cestou řešit svou situaci. On je aktérem svého života a je nepřístojným řízením zvnějšku, když rozhodujeme o jeho tělu,“ dodává Tomáš Hříbek.

Lidstvo možná k legalizaci obchodu s orgány přece jen bude muset přistoupit. Obzvláště v případě, že se do provozu prosadí autonomní vozidla, a tím pádem významně poklesne nehodovost. Většina orgánů pro transplantace totiž pochází od obětí dopravních nehod. Pokud nebudou, kde medicína vezme vhodné orgány?

Etika se stává v dnešním překotně se měnícím světě čím dál důležitějším oborem. Rozhodně ji můžeme považovat za perspektivní a zajímavou disciplínu blízké budoucnosti. Kdo by to byl řekl, před desítkami let si lidé filozofa-etika představovali jako badatele zavřeného kdesi mezi knihami, listujícího Aristo-



### ZBRANĚ

Technologie umožní vznik autonomních zbraňových systémů, například dronu, který sám ze seznamu teroristů jednoho vyhledá, podle rozpoznání tváře jej identifikuje a zlikviduje. Vzbudí to jistě nesouhlasné reakce a etické otázky. „Na druhou stranu dosud bylo při likvidaci teroristů nutné riskovat životy vojáků i civilistů,“ říká Tomáš Hříbek.

telem nebo Tomášem Akvinským. Dnes se odborníci na etiku začínají podílet na novém nastavení světa. Třeba na tom, jestli jednou autonomní vůz přejezdí dvojicí nepozorných opilců, nebo kvůli nim obětuje posádku. □

### Etika ve státní správě

„Neber úplatky, neber úplatky, nebo se z toho zblázníš,“ tak zní jedna z nejoblíbenějších českých filmových hlášek. O nemorálnosti korupčního jednání asi nikdo z nás (teoreticky) nepochybuje. Jak bychom ale sami obstáli v případě velmi lákavé nabídky? A co asi náš kolega nebo šéf? Můžeme vůbec věřit ostatním lidem na pracovišti? Podle výzkumů může korupce souviset právě s nedůvěrou v chování druhých, častěji k ní dochází v tuhém systému příkazů, zákazů, kontroly a trestů spíše než v atmosféře důvěry a otevřenosti (neboli v prostředí tzv. veřejné integrity). Právě na posílení veřejné integrity se zaměří tříletý projekt Filosofického ústavu AV ČR nazvaný Nástroje rozvíjení etické kultury v české státní správě. Jeho součástí jsou podle vedoucího týmu Petra Urbana například konference na téma korupce a integrity, ale skutečně stěžejní částí budou praktické workshopy s úředníky – v tomto případě konkrétně z ministerstva dopravy. Jedním z výstupů projektu bude výzkumná zpráva s návrhem doporučených etických opatření pro resort a jeho zaměstnance. Projekt podpořila agentura TA ČR v programu ÉTA.

## ETIKA V ŘÍŠI ZVÍŘAT

Bachyně se selaty způsobily smrt pětiletému chlapci, stanuly proto před soudem, který rozhodl o vině samice. Mláďata si majitel převzal zpět, protože soud neshledal dostatek důkazů, že by při zabití dítěte napomáhala. Absurdní? Ano. Přesto jde o skutečný příběh z jedné evropské země z roku 1457. V době vrcholného středověku byly soudní procesy se zvířaty běžné. Zejména pokud zabila člověka. Ve většině případů byla zvěř shledána vinnou a popravena. Soudy probíhaly podle předem daných procesních pravidel, mnohdy dokonce zvířata vystupovala v lidském oblečení, samozřejmě byl advokát. Lidé vrcholného středověku považovali zločin krve za narušení řádu, jako vstup ďábelského chaosu do božsky uspořádaného jsoučna. Soudní proces měl odstranit narušení tohoto řádu. V jistém smyslu se tehdy zacházelo se zvířaty jako s lidmi.

Změna nastala v době renesance a zejména v osvícenství. Francouzský filozof René Descartes považoval zvířata za bezmyšlenkovitá stvoření srovnatelná se stroji. „Zvířata podle něj nejsou schopna cítit bolest, utrpení, ale ani horko či zimu, a pokud na tyto stimuly reagují, neprokazuje to jejich vědomou reakci, ale spíše reakci mechanickou; tento názor v té době umožnil ospravedlnit počátky pokusů na zvířatech, které musely být velmi kruté, bez utišujících prostředků,“ popisuje Hana Müllerová z Ústavu státu a práva AV ČR, která se zabývá otázkou práv zvířat. Zatímco ještě v minulém století jasně převažoval názor, že zvířata hodnotíme podle jejich užitku (jestli jsou vhodná na maso, kůži, ozdobu atp.), v posledních letech jsou stále častěji uznávána jako cítící bytosti, mnohem bližší člověku, než se kdy vnímalo. Některé myšlenkové směry dokonce považují zvířata za rovná lidem.

Na tlak veřejnosti se mění legislativní předpisy určující podmínky, ve kterých se zvířata mohou chovat, třeba velikost klecí slepic, zakazují se kožešinové farmy, vede se debata o zákazu zvířat v cirkusech. „Domnívám se, že tento trend bude určitě pokračovat. Mezi dalšími omezeními a zákazy pravděpodobně může přijít na řadu vše, kde jsou zvířata pro člověka ‚zábavou‘, a to včetně myslivosti nebo přísnějších podmínek chovu domácích mazlíčků,“ míní Hana Müllerová.

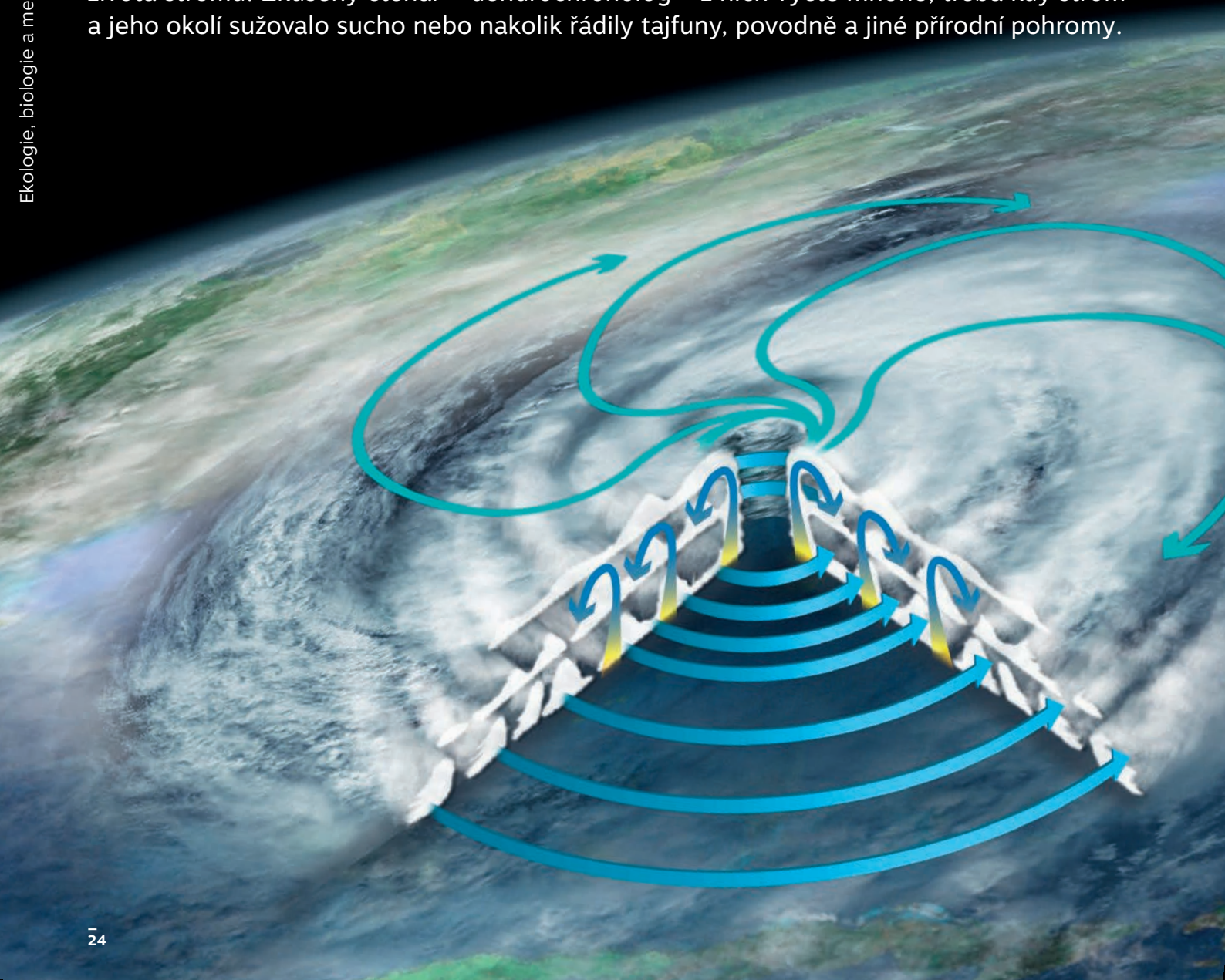
**Když mluvíme o právech zvířat, máme většinou na mysli jejich ochranu proti týrání. Právníci definují „práva zvířat“ jinak – ve smyslu subjektivních práv je neuznává žádný právní řád na světě.**

Změny se týkají též vztahu k využívání hospodářských zvířat. V době změn klimatu přibývá názorů, že je neetické jíst ve velké míře maso, protože živočišná výroba spotřebovává příliš mnoho přírodních zdrojů a značně se podílí na emisích skleníkových plynů. Kam až se lidské chápání podstaty zvířete posune? Bude člověk budoucnosti vnímat zvíře jako sobě rovnou bytost, třeba v protikladu k robotům s umělou inteligencí? Jak by se v tom případě řešil etický problém tramvajového dilematu? Představme si mezní hypotetickou situaci, kdy je autonomní vozidlo postaveno před rozhodnutí, zda narazit do stáda čtyř ušlechtilých koňů, které se nedopatřením vřítí do vozovky, nebo do osamělého opilce vrávoraajícího u krajnice. Koho má vůz obětovat? „Každý živočišný druh dává přirozeně přednost svému vlastnímu druhu. Nedokážu ale odhadnout, jestli se lidská společnost někdy dostane do bodu, že by tomu tak nebylo,“ říká k tomu Hana Müllerová, spoluautorka knihy *Kapitoly o právech zvířat. My a oni z pohledu filosofie, etiky, biologie a práva*, kterou v roce 2017 vydalo Nakladatelství Academia.



# TAJFUNY se stěhují na sever

Silné vichry tajfunů pustoší pravidelně oblast východní Asie. Jejich ničivá intenzita se zvyšuje a areál výskytu se posunuje k severu. **Detailní analýzou letokruhů stovek stromů na území Jižní Koreje a Dálného východu Ruska to zjistil mezinárodní tým Jana Altmana z Botanického ústavu AV ČR.** Letokruhy slouží vědcům jako mnohastránkové kroniky ze života stromů. Zkušený čtenář – dendrochronolog – z nich vyčte mnohé, třeba kdy strom a jeho okolí sužovalo sucho nebo nakolik řádily tajfuny, povodně a jiné přírodní pohromy.







Tajfuny vznikají zpravidla v létě a počátkem podzimu v západním Pacifiku (zhruba mezi Filipínami a ostrovem Guam) severně od rovníkového pásma tišin, vymezeného přibližně 10. stupněm severní zeměpisné šířky.

Nejčastěji postupují k severozápadu na Vietnam, Filipíny, Tchaj-wan a čínskou pevninu. Pokud nedosáhne pevniny, stáčí se trasa tajfunu na úrovni 20. až 25. stupně zeměpisné šířky severovýchodním směrem ke Koreji a Japonsku.

V oslabené podobě pak tajfun může zasáhnout i Sachalin a Kurilské ostrovy.

**T**ajfun Mangkhut dosahoval v nárazech rychlosti až 330 km/h, než v půlce září 2018 dorazil nad filipínskou pevninu, kde zeslábl. I tak za sebou zanechal oběti na životech, zřícené domy, silnice zničené sesuvy půdy a krajinu zasaženou povodněmi nejen na Filipínách, ale i v jihovýchodní Číně. Právě kolem Jihočínského moře bývají tajfuny nejničivější, zdá se však, že oblast jejich řádění se postupně rozšiřuje i severním směrem. Údaje o posunu areálu se podařilo vyčíst ze studia letokruhů stovek stromů z Jižní Koreje a ruského Dálného východu.

O dlouhodobých trendech řádění tajfunů se příliš neví i proto, že věrohodná data o aktivitě tropických cyklón existují teprve od osmdesátých let 20. století. „Dosud nebylo jisté, jestli je nárůst ničivých tajfunů nově pozorovaný v oblastech, kde se v minulosti vyskytovaly velmi vzácně, součástí přirozené fluktuace, nebo se jedná o vybočení z dlouhodobého trendu vlivem globálních změn,“ uvádí Jan Altman z Botanického ústavu AV ČR. Spolu s kolegy se tedy rozhodli otázkou zodpovědět pomocí dendrochronologického výzkumu.

Mladý český vědec se na Dálný východ vrací opakovaně už více než 10 let. „Prvně



Na vzorku dřeva odebraného na Dálném východě jsou po levé straně vidět velmi úzké letokruhy z doby, kdy strom rostl v zástínu větších sousedů. Širší letokruhy na pravé straně pak značí, že strom získal (vlivem bouře, která polámala větve stínícího korunového patra) lepší přístup ke světlu, a mohl tak více růst.

jsem jel do Jižní Koreje v roce 2006, na začátku bakalářského studia, od té doby tam jezdím téměř každý rok, vždy přibližně na měsíc. V posledních dvou letech jsem navíc strávil v rámci výzkumu měsíc a půl v Japonsku a stejnou dobu v Rusku,“ říká Jan Altman.

## JAK OTEVŘÍT STRÁNKY LETOKRUHOVÉ KRONIKY

Tým Jana Altmana vybíral kandidáty k výzkumu z několika tisíc stromů ve třech lokalitách Jižní Koreje a ve třech oblastech v Rusku. Podmínkou bylo, aby dosahovaly do korunového patra a měly letokruhový záznam až ke svému středu. Těmto kritériím nakonec vyhovělo 1207 pokusných stromů.

K přístupu k záznamům letokruhové kroniky není nutné strom pokácet. Stačí vyvrtat vzorky dřeva o průměru pěti milimetrů takzvaným Presslerovým nebozozem. „Odběr vzorků je velice šetrný, ač to tak možná na první pohled nevypadá. Strom ‚ránu‘ rychle zacelí a při další návštěvě plochy za pár let už je prakticky nemožné místo vrtání odhalit,“ vysvětluje Jan Altman.

Aby vědci zjistili, zda se musel strom v minulosti vypořádat s tajfunem, potřebovali změřit šířku jednotlivých letokruhů a provést jejich mikroskopickou analýzu. Setkání s tajfunem se do letokruhů

nesmazatelně zapíše. Pokud silný víchř zláme větve stromu a poraní jej, bude letokruh velice úzký a může obsahovat množství pryskyřičných kanálek na zacelení ran. V extrémním případě se letokruh nevytvoří vůbec, ale i toto lze pomocí metod využívaných v letokruhové analýze odhalit. Naopak stromy, které jsou v době tajfunu menší a krčí se v podrostu, ze situace mohou profitovat. Vítr totiž může výrazně poničit, vyvrátit či zlomit jejich stínící sousedy, a tím menší stromy získají prostor k růstu.

„V takovém případě budou mít po několik let mnohem širší letokruhy, jelikož mají dostatek světla a možnost dostat se do korunového patra. Speciální analýza nám umožňuje zjistit, kdy je výrazně větší růst způsoben právě narušením korunového patra sousedních jedinců,“ dodává Jan Altman.

## ZMĚNY KLIMATU A POSUN TAJFUNŮ

Podle klimatických studií není v poslední době tajfunů více než dříve, mění se ale jejich intenzita, jsou ničivější a posunuje se oblast jejich výskytu. Konkrétně dosahují více na sever, kde v minulosti tajfuny už jen doznávaly a nezpůsobovaly větší škody.

Dá se ale udělat jasné rovnítko mezi změnami klimatu a posunem oblasti

**Studii týmu Jana Altmana z Botanického ústavu AV ČR, která na výzkumu letokruhů dokumentuje posun tajfunových oblastí na sever, otiskl uznávaný časopis PNAS, vydávaný Národní akademií věd Spojených států amerických. Na studii se podílelo 16 výzkumníků ze čtyř zemí – České republiky, Ruska, Jižní Koreje a Švýcarska.**

## HNĚV BOHA VĚTRU

Rychlost ničivého větru, kterému v Asii říkají tajfun a v Americe hurikán, dosahuje v nárazech rychlosti přibližně 300 km/h. Výraz hurikán pochází údajně z mayské mytologie, kde byl Huracan bohem větru. Slovo tajfun pak pochází z čínského výrazu pro „velký vítr“, tvrdí se ale také, že může mít původ ve starořeckém označení nestvůry Týfóna. Souhrnně se pak tento atmosférický úkaz označuje výrazem tropická cyklóna. Jedná se o rozsáhlý rotující bouřkový systém s velmi nízkým tlakem. Tropická cyklóna může dosáhnout velikosti od 100 do 2000 km v průměru.

výskytu tajfunů? „V současnosti neznáme uspokojivé vysvětlení těchto jevů. Jako nejpravděpodobnější se jeví oteplování oceánu způsobené klimatickou změnou. Nicméně je to téma, které mohou letokruhy pomoci objasnit, a tedy námět k budoucímu výzkumu,“ upozorňuje Jan Altman.

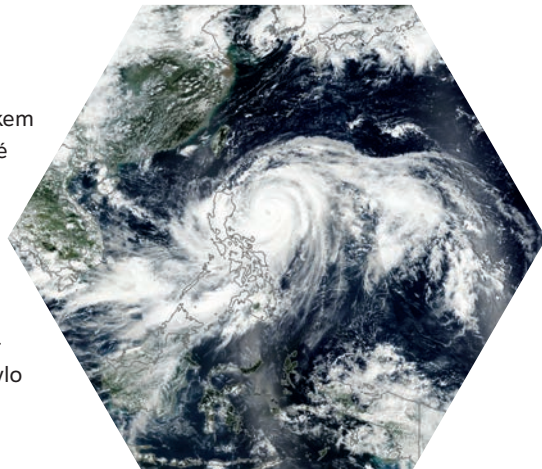
Podle něj by bylo zajímavé, kdyby se podobně prozkoumaly i oblasti zasahované hurikány, které vznikají nad Atlantským oceánem a směřují většinou ke Karibiku a severoamerické pevnině. „Letokruhové studie zkoumající vliv hurikánů sice existují, jsou však založené většinou jen na jedné lokalitě a výzkumná otázka byla odlišná od naší, tím pádem se lišily i použité metody.“

Dendrochronologický výzkum stromů z Dálného východu prokázal, že se areál ničivých tajfunů skutečně posouvá směrem na sever. S jejich řádním tak musejí lidé žijící v územích dříve zasažených jen vzácně zřejmě i do budoucna počítat. Pro oblasti, které se dosud nacházely na okraji výskytu, jsou to zjištění klíčová. Na jejich základě by se totiž mohly odpovědné úřady lépe na silné tajfuny připravit a přijmout taková opatření, která případné ničivé následky přírodního živlu pomohou zmírnit. □

# NEJSILNĚJŠÍ TROPICKÉ CYKLÓNY ROKU 2018

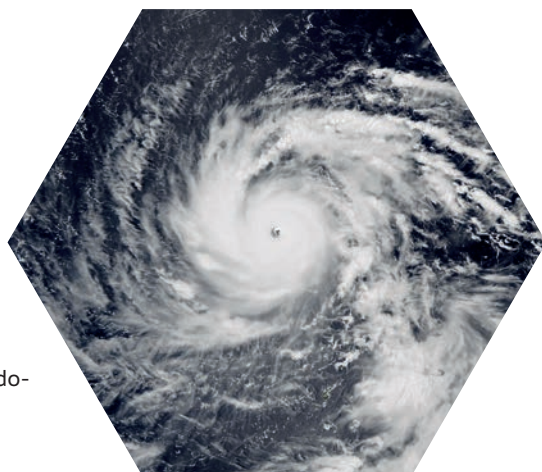
## TAJFUN MANGKHUT

Mangkhut řádil v Tichém oceánu začátkem podzimu. Podle Světové meteorologické organizace šlo o nejsilnější tropickou cyklónu roku, označovanou jako „supertajfun“. V nárazech víchr dosahoval rychlosti až 330 km/h. Bouře zasáhla v půlce září severní filipínskou pevninu, Hongkong a jihovýchodní Čínu. Z provincie Kuang-tung bylo evakuováno 2,4 milionu obyvatel.



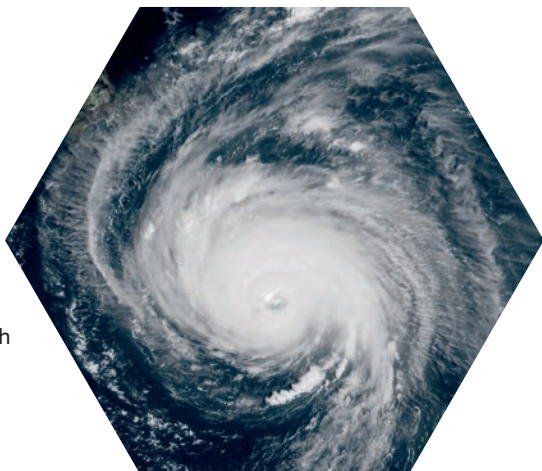
## TAJFUN JEBI

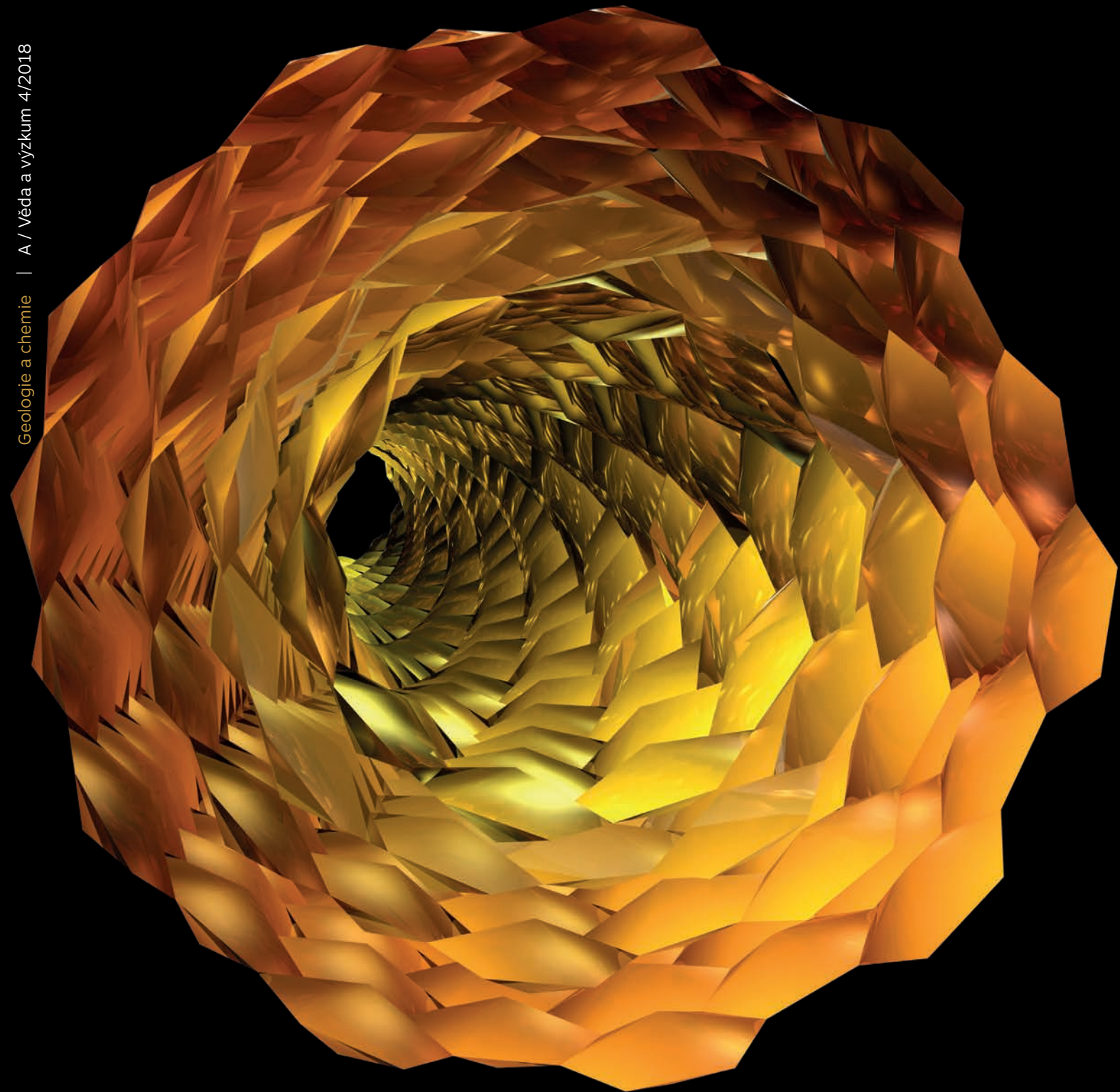
Zasáhl v září Japonsko a stal se v dané oblasti nejsilnější bouří za posledních 25 let. Na ostrově Honšú dosáhla cyklóna v nárazech rychlosti 206 km/h, náleží do druhé nejsilnější kategorie škály japonského meteorologického úřadu. V oslabené podobě dorazila bouře až do Ruska, do Chabarovského kraje, rozptýlila se pak nad Severním ledovým oceánem.



## HURIKÁN FLORENCE

Hurikán se začal vyvíjet 30. srpna ze silné tlakové níže postupující směrem k Atlantiku. Nejsilnější vítr této tropické cyklóny dosáhl rychlosti zhruba 220 km/h a jeho důsledky ohrozily zejména Spojené státy americké. Velké škody na majetku a životech po sobě bouře zanechala například v Severní Karolině.





Vícestěnná uhlíková nanotruba

# INSPIRACE

## pro nanotechnologie

Co není „nano“, není „in“. Tak by se dal s trochou nadsázky popsat trend ve vývoji nových vláken, plastů, kompozitních směsí, ale i léčebných prostředků, polovodičů či senzorů. Některé jejich složky měří jen miliardtiny metru, což jim dává naprosto jedinečné vlastnosti. Nanomateriály a nanotechnologie jsou vysoce moderní – jsou ale také bezpečné?

Představte si, že žijete v jedné z nejsušších oblastí světa – v nepopsatelně nehostinné Namibské poušti v jihozápadní Africe, kde je kapka vody vzácnější než zlato. Pro člověka smrtící prostředí. Kdybychom ale byli jako brouk *Stenocara gracilipes*, stačilo by nastavit krovky proti větru. Evoluce ho totiž vybavila složitě strukturovaným povrchem, který dokáže sbírat ranní mlhu. Část jeho krovek je hydrofilní – přitahuje vlhkost a slouží ke shromažďování mlhy, která se na nich sráží a vytváří kapky. Ty se pak po vodoodpudivých neboli hydrofobních částech krovek skoulí broukovi přímo do úst. Bez této kombinace dvou rozdílných nanostruktur by se částičky vody nedokázaly zkoncentrovat do kapek a okamžitě by se vypařily. Nanotechnologie v přírodní praxi.

### ŽIVÁ I NEŽIVÁ PŘÍRODA JAKO ZDROJ INSPIRACE

Brouci sice nejsme, dokážeme ale jejich tajemství odhalit a napodobit. Například v poušti Atacama už začali testovat síť, které po vzoru *Stenocara gracilipes* „vyrábějí“ vodu z ranní mlhy. Biologická evoluce vybavila živé organismy tolika

pozoruhodnými strukturami dokonale optimalizovanými pro rozmanitá prostředí, že z ní mohou výzkumníci čerpat nepřeborné množství podnětů. Řada moderních nanomateriálů a na nich založených nanotechnologií má skutečně předobraz v přírodě. Platí to zejména o površích nejrůznějších typů a vlastností.

Jedna zahraniční firma kupříkladu napodobila sofistikovaný povrch kůže žraloka a vyvinula plavky, které natolik zrychlovaly pohyb, že byly na závodech zakázány jako nedovolená technologická pomoc. Kožešina ledního medvěda zase vědce i výrobce inspiruje svými dutými chlupy, které mají velice dobrou izolační schopnost.

Povrchy v přírodě bývají složitě organizované, často tzv. hierarchickým způsobem, to znamená na různých délkových úrovních – od makroskopické přes mikroskopickou až po nano-úroveň molekul a atomů. „Vývoj nových materiálů a technologií velice často tento hierarchický způsob využívá,“ vysvětluje Jiří Rathouský z Ústavu fyzikální chemie Jaroslava Heyrovského AV ČR.

Zuby nebo schránky mořských živočichů vyznačující se obrovskou pevností slouží jako předloha pro nové kompo-

zitní materiály. Ježek dokáže prokousnout i velice tvrdé objekty, protože má zuby strukturované ve třech hierarchických úrovních – včetně nanorozměrů. Díky tomu jsou neobyčejně tvrdé a nezlomí se. „Tento princip se dá využít při návrhu a vývoji zařízení na řezání s nízkým stupněm opotřebení,“ říká Jiří Rathouský.

Materiálové vědy přicházejí s nanokrystalickými povrchovými vrstvami s vysokou tvrdostí, chemickou a tepelnou odolností – a pokračuje vývoj dalších, jejichž vlastnosti a využití snad ani nedovedeme ještě odhadnout.

Synergie mezi strukturou povrchu a jeho fyzikálními a chemickými vlastnostmi dává nesmírně zajímavé funkce i rostlinám, v nichž nachází předobraz velký počet technologií. Povrch rostlin například snižuje svou teplotu pomocí turbulence tak, že povrchové struktury vytvářejí víry vzduchu, čímž zlepšují přenos tepla. Může rovněž fungovat jako transportní bariéra proti vysychání či vyluhování nebo snižuje přilnavost, aby rostlinu nekontaminoval hmyz a neulpávalo na ní vše možné.

Superhydrofobní povrchy, které velice silně odpuzují vodu (má je třeba lotosový list a opět jsou složitě ▶



Složitě strukturované krovky umožňují brouku *Stenocara gracilipes* sbírat a pít ranní mlhu v poušti. Testují se sítě, které dokážou po jeho vzoru získávat vodu v suchých oblastech.

strukturované na různých délkových úrovních až po nanorozměry) představují vlastně princip samočištění. Jsou tudíž vynikající inspirací pro nejrůznější samočišticí nátěry a povlaky na okna, stěny, skla u aut, textilie nebo třeba solární panely. Tím vším se v Ústavu fyzikální chemie Jaroslava Heyrovského AV ČR (především v jeho Centru pro inovace v oboru nanomateriálů a nanotechnologií) zabývají. Snaží se též uměle napodobit fotosyntézu, tedy přeměnu sluneční energie na chemickou, studují i další způsoby transformace a ukládání energie, což opět vyžaduje nové speciální nanomateriály. Další metou je vývoj elektrod pro solární články využívajících nanovlákn. Připravili už technologie a materiály s nanočásticemi pro restaurování historických památek, omítek, fresek či štuků, a dokonce i textilií a papíru, stejně jako pro účinné a přitom šetrné odstraňování nežádoucích olejovitých nebo polymerních vrstev z povrchů památek, aniž by se poškodil materiál pod nimi.

## BIOLOGICKÉ SYSTÉMY A NANOBEZPEČNOST

Nanotechnologie a nanomateriály nám zjevně mohou významně usnadnit život a pomoci vyřešit nejen jeden závažný problém. Ovšem pokud je chceme používat dlouhodobě a bezpečně, musíme nejprve – jako ostatně u všeho nového – poznat jejich případná rizika. Zjistit, jak se chovají a jak působí od výroby přes dopravu, skladování, používání, opotřebování až ke konečné likvidaci.

Nutno připomenout, že nanočástice samy o sobě nejsou ani pro člověka, ani pro celý ekosystém ničím novým, v přírodě existovaly vždycky. Mohou pocházet z hoření a požárů, ze sopek, patří mezi ně i viry. „Teď však máme navíc ještě nanočástice antropogenního původu, jichž se vyrábí daleko větší množství, než na jaké byly příroda a živé organismy v minulosti zvyklé,“ vysvětluje Pavel Rössner ml. z oddělení genetické toxikologie a nanotoxikologie Ústavu experimentální medicíny AV ČR.

Lidmi vytvořené nanočástice mohou vznikat buď náhodně, jako vedlejší produkt různých výrobních procesů či spalování, nebo cíleně jako součást výrobků určených pro energetiku, medicínu, pro aplikace vztahující se k ochraně životního prostředí nebo pro běžnou spotřebu, jako potraviny, nápoje, textil, kosmetika, barvy apod.

Nedílnou součástí rozvoje nanotechnologií se proto stala nanotoxikologie, která zkoumá interakce nanomateriálů a nanočástic s biologickými systémy a jejich případné dopady na zdraví lidí, zvířat a rostlin i na životní prostředí jako celek.

## TESTY NANOTOXICITY A MATEMATICKÉ MODELOVÁNÍ

Každá látka je potenciálně toxická – záleží pouze na dávce, jaké jsme vystaveni, jestli se její toxicita projeví, nebo ne. Asi nejzřejměji to můžeme ilustrovat na alkoholu, ovšem smrtelně nebezpečná pro tělo může být i voda, pokud jí vypijeme najed-

## POZORUHODNÝ NANOSVĚT

Nanovědy a nanotechnologie už začaly dramaticky pronikat do nejrůznějších sfér našeho života. Široké možnosti aplikací mají uhlíkové nanotrubičky nebo nanovlákná až tisíckrát tenčí než lidský vlas. Z nanovláken se mohou vyrobit speciální filtry schopné zachycovat škodliviny i bakterie z vody nebo ze vzduchu, ale též biologické nebo chemické bojové látky. V medicíně mohou chránit ránu před infekcí, umožnit jí přitom dýchat a ještě do ní uvolňovat léčivou látku. Mohou fungovat i jako biokompatibilní bariéra při implantacích velkých kloubů, speciální nanovrstvy jsou schopné dlouhodobě ničit viry i bakterie, a tím bránit přenosu různých infekcí v nemocnicích. Vznikají a testují se nanostrukturní materiály obsahující nanočástice nebo pokryté nanovrstvami, které jim propůjčují nevidané mechanické, chemické i elektrické vlastnosti pro průmysl, ochranu životního prostředí atd.

nou příliš mnoho. Není tedy třeba mít předem přehnané obavy z neznámého, na druhou stranu to však zároveň znamená, že každou látku je nutné důkladně prozkoumat z mnoha hledisek. „Některé toxické účinky se totiž nemusejí projevit hned, ale až po delším čase,“ doplňuje Táňa Brzicová z oddělení genetické toxikologie a nanotoxikologie Ústavu experimentální medicíny AV ČR.

Teoreticky mohou nanočástice stát za rozvojem některých chorob dýchacího, oběhového nebo lymfatického systému, protože se vzhledem ke své nepatrné velikosti dostávají až do plicních sklípků, mohou přecházet do krve a dokonce i do mozku. V buňkách mohou fungovat jako katalyzátory a ovlivňovat chemické reakce. Nejzávažnějším zjištěním různých studií podle Pavla Rössnera ml. je, že nanočástice způsobují tvorbu reaktivních forem kyslíku. „Ty následně navozují v organismu oxidační stres, který může vyústit v různé potíže, zejména v záněty, může též poškozovat makromolekuly – DNA, tuky i bílkoviny.“ Nutno nicméně připomenout, že oxidační stres vzniká i jinými mechanismy než pouze

působením nanočástic a organismus v ideálním případě automaticky udržuje rovnováhu mezi antioxidačními mechanismy a mechanismy prooxidačními.

Podle vědců z Ústavu experimentální medicíny AV ČR to samozřejmě neznamená, že když se dostaneme do kontaktu s nanočásticemi, nutně onemocníme. Ostrážitost je ale na místě, proto pečlivě sledují pomocí testů *in vitro* (především na buněčných kulturách) i *in vivo* (zejména u hlodavců), jak se nanočástice do těla dostávají, jak se v něm pohybují, co způsobují a kde – a naopak jak s nimi organismus naloží a jak je vylučuje. Na úrovni buněk sledují, jestli, případně nakolik, mohou nanočástice ovlivňovat aktivitu genů nebo proteinů, do jakých chemických reakcí se zapojují nebo je ovlivňují, jestli nepoškozují tkáně, orgány či dokonce celý organismus a mnoho dalších parametrů.

Testování všech různorodých fyzikálně-chemických vlastností obrovského množství nanomateriálů a jejich interakcí s biologickými systémy je značně komplikované a pouze v laboratoři se nedá zvládnout. Z těchto pohnutek podle Pavla Rössnera ml. vstoupilo do hry matematické modelování, které umožňuje dopředu předpovědět, nakolik by mohla být pro biologické systémy nepříznivá nanočástice konkrétního chemického složení, velikosti, plochy povrchu či tvaru. „Směřuje to k přístupu, že si nejprve v počítači namodelujeme nanočástici, která nebude mít žádné nebo jen minimální negativní dopady – a tu budeme vyrábět ve větším.“ Zároveň by se tímto způsobem už dopředu zabránilo vývoji a výrobě nanočástic, které modely předem označí jako škodlivé.

Ve spolupráci vědců z Ústavu fyzikální chemie Jaroslava Heyrovského AV ČR a Ústavu experimentální medicíny AV ČR se tento princip (označovaný anglickým termínem „safe by design“) uplatnil například při vývoji nových konsolidačních prostředků pro restaurování zvětralých historických artefaktů. Při tomto vývoji se cíleně používaly pouze nanočástice vykazující velmi nízkou toxicitu, což předem ověřili v Ústavu experimentální medicíny AV ČR. Takto šlo nahradit obvykle

používané toxickejší nanomateriály bezpečnými, aniž by se zhoršily funkční vlastnosti.

## STRACH NIKOLI, OBEZŘETNOST ANO

Největší pozornost přitom vědci neobracují k nanočásticím zabudovaným do tkanin nebo k nanovrstvám pokrývajícím jiné materiály, ale k profesím, kde jsou lidé přímo vystaveni volným nanočásticím a nanovláknům při výrobě (podobně jako se sledují třeba horníci vystavení uhelnému prachu) či s nimi přicházejí do kontaktu ve zvýšené míře: ve stavebnictví, v automobilovém a chemickém průmyslu, elektronice, při výrobě energií, ale i ve zdravotnictví. Potenciální riziko negativních biologických účinků totiž u zaměstnanců v těchto provozech považují za vyšší než u běžných spotřebitelů.

Není však důvod poddávat se přílišným obavám a už dopředu se zřeknout nanomateriálů a nanotechnologií s vlastnostmi, které by ještě před pár desítkami let byly nemyslitelné. Mějme na paměti, že nanomateriály nejsou přírodě cizí, naopak je dokáže šikovně využívat jako v případě brouka „těžičiho“ vodu na poušti, a vědci v ní mohou stále nacházet ohromnou inspiraci. Je však třeba dbát na výsledky nanotoxikologických výzkumů, které usnadňují rozhodování, co a v jaké podobě skutečně uvést do praxe a čemu se raději vyhnout. Jednoduše řečeno: na základě dosavadních poznatků odborníci docházejí k závěru, že v žádném případě není na místě panika, princip předběžné opatrnosti je však žádoucí. □

Vědci stále hlouběji pronikají k podstatě fyzikálních, chemických, biologických a dalších procesů nanosvěta. Nové znalosti se využívají třeba pro účinnější přeměnu sluneční energie ve fotovoltaických článcích s nanovláknem, při přípravě samočisticích nátěrů na stěny a okna, nepoškrábatelných laků, supertvrdých či vysoce odolných povrchů ve strojírenství či kosmickém průmyslu. Uplatní se také při vývoji nanočásticových nosičů léčiv nebo antibakteriálních vrstev pro chirurgické účely.



## DALŠÍ VÝZKUMY AKADEMIE VĚD ČR

- **Fyzikální ústav:** nanosystémy pro elektroniku, křemíkové nanostruktury vyzařující světlo jakožto možný světelný zdroj pro nanofotoniku, nové materiály s uměle vytvořenými nanostrukturami na povrchu.
- **Ústav pro hydrodynamiku:** hledání a charakterizace polymerů vhodných pro výrobu nových typů nanovláken.
- **Ústav struktury a mechaniky hornin:** příprava nanokompozitních materiálů napodobujících přirozenou kostní tkáň.
- **Ústav fotoniky a elektroniky:** nanosenzory.
- **Ústav fyzikální chemie Jaroslava Heyrovského:** výzkum syntézy, struktury a funkčních vlastností nanomateriálů a jejich technologického využití jako membrán, čidel, optických, samočisticích a ochranných materiálů, pro chemickou katalýzu či nanoelektroniku.
- **Fyzikální ústav a Ústav fyzikální chemie Jaroslava Heyrovského:** hledání nových nanostruktur pro fotovoltaické články s vyšší účinností přeměny sluneční energie.

# Jak voní ZELENÝ SVĚT

Dětství trávila hlavně venku, nejraději s koněm a se psem, starala se o poštolky a toužila poznávat svět. **Dnes létá na Papuu-Novou Guineu a do dalších exotických zemí studovat vztahy mezi stromy, hmyzem a jeho predátory.** Jaký má Kateřina Sam z Biologického centra AV ČR recept na získání významného grantu? Proč si dělá řidičský průkaz na jeřáb a jak zvládá vedení milionového projektu spolu s výchovou syna?

**Mgr. KATEŘINA SAM, Ph.D.**  
**Biologické centrum AV ČR**

Kateřina Sam, rodným příjmením Tvardiková, je vedoucí laboratoře multitrofických interakcí v oddělení ekologie Entomologického ústavu Biologického centra AV ČR v Českých Budějovicích.

V roce 2018 získala prestižní startovací grant Evropské výzkumné rady (ERC) a ve stejném roce obdržela také Prémii Otto Wichterleho, udělovanou Akademií věd ČR mladým nadějným vědcům a vědkyním do 35 let.

Zabývá se predačním tlakem a potravními vazbami mezi predátory (mravenci, ptáky a netopýry), býložravým hmyzem a rostlinami. Své práce publikovala mj. v časopisech *Science*, *Ecology Letters* a *Ecography*.





**Jste teprve třetí českou vědkyní, které se podařilo získat prestižní startovací grant Evropské výzkumné rady (ERC). Celkem se o něj letos přihlásilo 3170 mladých vědců a vědkyň z Evropy, uspělo jich 403, z toho z České republiky pět. Bylo těžké grant získat?**

Paradoxně mně to tak nepřijde. Mám zkušenost s opakovaným neúspěšným psaním žádostí Grantové agentuře ČR, neustále jsem žádost upravovala, uspěla jsem až napočtvrté. Evropský grant jsem dostala na první pokus. Ale musím přiznat, že jsem se na něj výjimečně dlouho a pečlivě připravovala.

**Jak taková příprava v praxi vypadá?**

Projekt jsem psala osm měsíců, mnohdy jsem se mu věnovala 12 až 16 hodin denně, verze jsem různě přepisovala, konzultovala s odborníky z celého světa. Když jsem postoupila do druhého kola, přípravu jsem ještě zintenzivnila. Prezentaci jsem si přeříkala snad tisíckrát, až jsem ji uměla skoro slovo od slova. Připravovala jsem se i na různé situace, které mohou nastat, na záluďné otázky, které můžou padnout.

**Předpokládám, že příprava probíhala v anglickém jazyce. Nacvičovala jste si prezentaci nanečisto, třeba před kolegy?**

Soutěž se koná v Bruselu, komise asi dvacítky lidí poslouchá výklad, pochopitelně v angličtině. Prezentaci jsem si zkoušela před kolegy v Českých Budějovicích, jezdila jsem i do Prahy, abych se postavila před jiné publikum. Využila jsem například kurzů určených speciálně pro ERC finalisty, které v Praze pořádá Technologické centrum AV ČR.

**Opravdu detailní a svědomitá příprava.**

Doladila jsem ji do takových detailů, že jsem si najala designéra, který mi upravil powerpointovou prezentaci, a vizážistku, aby mi pomohla s výběrem oblečení. V den, kdy se prezentace konala, jsem si třikrát vyzkoušela cestu na vysokých podpatcích do konferenčního sálu a zpátky. Takže asi jsem byla připravena dost (smích). Ale jsem přesvědčena, že je to potřeba.



Jeden z projektů Kateřiny Sam na Papuy-Nové Guineji mapuje výskyt místních ptačích druhů.

**Možná právě nutnost detailní přípravy mladé české vědce a vědkyně odrazuje. Jen pro srovnání, letos získalo startovací ERC grant 17 lidí z šestimilionového Dánska, 19 kandidátů ze Švýcarska s 8,5 milionu obyvatel a 16 žadatelů z Belgie, kde žije 11 milionů lidí. Ve srovnatelném Česku uspělo mnohem méně zájemců. Proč si myslíte, že se do soutěže hlásí tak málo Čechů?**

Někteří ERC granty neznají nebo se neodvážejí o ně přihlásit. Pravda, pravidla soutěže jsou nastavena poměrně přísně. Když napoprvé neuspějete a dostanete špatné hodnocení, můžete podat přihlášku znovu až po dalších třech letech, což asi hodně lidí odradí.

”  
Ve volné  
přírodě  
simulujeme  
poškození stromu,  
umístíme na něj  
plastelinovou  
housenku  
a pozorujeme,  
jestli do ní bude  
klovat více ptáků,  
nebo ne.

**Vás ale neúspěch neodradil a o grant jste se pokusila. Na projekt „Proč je svět zelený“ jste získala příspěvek ve výši 1,4 milionu eur, v přepočtu více než 36 milionů korun. Jde o hodně peněz, už víte, na co přesně je vynaložíte?**

Částka je předem jasně daná, v projektu navrhujeme už rozmyšlený a propočítaný rozpočet. Právě nyní dolaďujeme smlouvy, přijímáme lidi do týmu, startujeme v lednu roku 2019. Nejvíce peněz půjde samozřejmě na terénní práce. Projekt je plánovaný pro lokality v Číně, Japonsku, Malajsii, na Papuy-Nové Guineji a pro dvě místa v Austrálii. Každé území navštívíme dvakrát většinou v pětičlenném týmu. Hodně peněz proto půjde na letenky a ubytování, ovšem podstatnou část vynaložíme také na pronájem jeřábů, které umožňují detailně zkoumat lesní porosty od kořenů až po koruny stromů. Například v Austrálii vyjde pronájem jednoho stroje na 1700 dolarů denně.

**Jeřáb poslouží k výstavbě experimentálního zařízení?**

Ne, nejde o stavební jeřáb, který by se na místo dopravil a zase odvezl. Výzkumné jeřáby se nacházejí trvale na dvacítky míst po světě. Plochy pro náš projekt jsem vybírala právě z těch, které jimi disponují. Druhým kritériem výběru bylo, aby lokality postupovaly po latitudinálním gradientu, tedy aby navazovaly od severu k jihu. Jeřáby sice stavět nebudeme, ale musíme na místě připravit voliéry.

**K čemu poslouží a jak si je můžeme představit?**

Jde o obrovské klece postavené z PVC trubek kolem stromů zakryté síťovinou podobnou té, která se používá na vinicích, aby ptáci neozobávali hrozny. Na konstrukce použijeme 11 km trubek a přes 27 000 m<sup>2</sup> síťoviny, což odpovídá ploše zhruba sedmi fotbalových hřišť.

**Co je hlavním cílem stavby voliér?**

Chceme zabránit hmyzožravým predátorům v přístupu ke stromům, a nabourat tak základní potravní řetězec. Nepustíme je ke 280 stromům v podrostu a 160 větvím v korunách stromů. Zajímáme se hlavně o hmyzožravé predátory – ptáky, netopýry



**TOMAKOMAI**

Experimentální les založený v roce 1904 se nachází poblíž stejnojmenného japonského města.

**XISHUNGBANNA**

Tropická botanická zahrada, založená v roce 1959, náleží čínské Akademii věd.

**LAMBIR HILLS**

Národní park se rozkládá v severní části ostrova Borneo, v malajsijském státě Sarawak.

**BAITABAG**

Výzkumné centrum se zaměřuje na biodiverzitu.

**DAINTREE RESEARCH CENTRE**

Vědecká lokalita v největším tropickém deštném lese v Austrálii.

**EUFACE**

Experimentální zařízení se nachází nedaleko Sydney.

a mravence – posledně jmenované vyháníme pomocí lepivé pasty. Chceme do detailu prozkoumat vliv jejich simulovaného vymizení na stromy a na společenstva hmyzu.

**Dá se předpokládat, že se přemnoží housenky, které stromy poničí.**

Ano, základní hypotéza zní, že svět je zelený díky tomu, že predátoři kontrolují hmyzí společenstva, tedy nejen housenky, ale i další druhy hmyzu. Chceme se podívat i na roli tzv. mezopredátorů, třeba pavouků, jestli se nenamnoží a nezastanou funkci mizejících predátorů. Zaměříme se i na stromy samé.

**Může se zdát, že na rozdíl od živočichů rostliny nevnímají a nekomunikují. Vy vašim výzkumem dokazujete, že nejsou bezbranné. Hmyzím škůdcům se aktivně brání. Jak to dělají?**

Když je rostlina stresovaná, protože ji hmyz okusuje, brání se, produkuje více metabolitů, takže jim tolik nechutná. To vše budeme studovat po chemické stránce. Na každé ploše máme vybraných osm typických druhů rostlin. Liší se podle toho, jak jsou jedlé, některé mají tvrdou listovou plochu, jiné jsou chutnější, tedy mají například méně polyfenolických nechutných látek.

**Rostlina se dokáže bránit nejen tím, že se postará, aby se nepříteli znechutila, ale navíc dokáže ptákům předat**

**informaci, aby na jí škodící hmyz zaútočili. Jak například strom dokáže vzkázat: „Přijď ptáčku, přijď...“?**

Jde o hypotézu, která se nazývá „volání o pomoc“ (cry for help). Když sekáte trávu sekačkou, nožem rozrušíte buněčné stěny, jež zapáchají. Jde o těkavé organické látky, které se uvolňují z rozrušených buněčných stěn do vzduchu. Je možné, že právě tyto látky slouží jako lákadlo. Když housenka okusuje rostlinu, naruší tím její buněčné stěny a vyvolá typický zápach, který mohou ptáci a jiní predátoři využívat k orientaci a housenku tak rychleji najít.

**Říkáte, že je to možné. Není to tedy ještě zcela potvrzené? Věnuje se hypotéze „volání o pomoc“ dostatek studií?**

Vztah je dobře prozkoumaný například u berušek, které tak dokážou najít rostliny, na nichž se nachází více mšic, jimiž se živí. Studoval se také u parazitických vosiček, které tímto způsobem hledají housenky, do nichž kladou vajíčka. Publikace na toto téma vznikají vesměs od roku 2008. Jestli ale to samé dokážou i ptáci, je zatím dost diskutabilní. Existuje asi 15 studií, z nichž osm je pozitivních, sedm negativních.

**Věnujete se tedy i této otázce?**

Zaměřuje se na ni doktorandka Anna Mrázová. Není ale jednoduché pracovat s ptáky v behaviorálních pokusech, kdy potřebujete pozorovat jejich chování v prostředí napůl přirozeném a v zajetí.

## Kateřina Sam: Malárii jsem měla šestkrát

„Už ji bezpečně poznám a vím, že do tří hodin od prvních příznaků musím nasadit léky, jinak jsem nepoužitelná. Nejhorší malárii jsem ale paradoxně zažila v Domažlicích, kde mi vypukla až několik dní po příjezdu ze zahraničí. Byla jsem zrovna v Českém lese pást jaky, které tam Český svaz ochránců přírody vysadil na tamější orchidejové louky, když se objevily první příznaky. Bohužel, v nemocnici mi tehdy nevěřili, že může jít o malárii, a léčili mě na zánět ledvin. To jsem si tedy docela protrpěla, na revers jsem z nemocnice odešla a nechala si u nás v Parazitologickém ústavu nasadit léky proti malárii.“



### ■ Jak se takový pokus dělá?

Ve volné přírodě simulujeme poškození stromu, umístíme na něj plastelínovou housenku a pozorujeme, jestli do ní bude klovat více ptáků, nebo ne. Většinu pokusů ale děláme ve voliérách s ptáky buď odchycenými ve volné přírodě, nebo uměle odchovanými. Voliéra má tvar písmene ypsilon; v jednom rohu je strom s housenkami, ve druhém bez nich. Pak na videu pozorujeme, ke které části voliéry studovaný pták tíhne. Zatím nám vychází, že jsou ptáci flexibilní a dokážou na těkavé látky reagovat. Jsou třeba schopni rozpoznat pach jabloně s píďalkou podzimní od pachu stromu bez ní.

### ■ Těmito experimenty se zabýváte v zahraničních lokalitách, nebo i u nás?

Některé z pokusů děláme i tady kousek za fakultou (Přírodovědeckou fakultou Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, pozn. redakce). Mám ve skupině různé studenty, kteří nechtějí nebo nemohou vyjždět do zahraničí, a také pár středoškolačů, kteří se zapojují do výzkumu prostřednictvím programu Otevřená věda. Vymýšlím pro ně pokusy proveditelné tady v Čechách.

### ■ Můžete popsat konkrétní příklad výzkumu, který můžou v rámci Otevřené vědy pod vaším vedením dělat středoškolští studenti?

S gymnazistkou Eliškou Kovářovou nám teď vychází velmi pěkný pokus. Zjišťujeme, že schopnost cítit pachy okusovaných rostlin ptáci zřejmě nemají vrozenou. V Eliščině pokusu jsme pracovaly s ptáčaty, která jsme ve věku deseti dnů vybraly z hnízda, a měsíc je krmily v klecích, aby nepřišla do styku s žádnou zelenou potravou (šlo o sýkory koňadry, pozn. redakce). Poté jsme je rozdělily do tří skupin. Jednu skupinku jsme naučily potravu hledat na tropickém stromu rodu *Psidium*, druhou na jilmu severském, poslední jsme nenaučily nic. Při tréninku

jsme umísťovaly potravu pouze na stromky, které byly poškozené i hmyzem, takže ptáci měli šanci zjistit, jak je cítit strom s potravou, a jak strom, na němž ji hledají marně. Po dvou měsících tréninku jsme je pustily a sledovaly, jakou kombinaci stromků budou preferovat. Na výběr měli tropický strom nebo jilm, okusovaný i neokusovaný hmyzem, prostě různé kombinace. Nejdůležitějším zjištěním bylo, že skupina ptáčků, kteří nebyli zvyklí si potravu hledat sami, vesměs nic nedělala. Přelétávali ze strany na stranu, vůbec necítili, že na stromu je něco k snědku, zatímco vycvičení ptáčci poměrně úspěšně potravu na stromech hledali.

### ■ Zmínila jste se o plastelínových housenkách. O jejich využití ve vašich výzkumech se už v médiích hodně psalo. Budete umělé housenky používat i ve výzkumu podpořeném grantem ERC?

Ano, budeme housenky částečně používat i v tomto projektu, ale okrajově. Je to jen jedna z metod, jimiž zjišťujeme, jak silný je predační tlak za různých okolností na jednotlivých stromech.

### ■ Hodně projektů vedete přímo v Česku a zároveň se vám ambiciózní vědecké projekty rozbíhají na různých místech světa. Jak se dá vše zvládnout? Přece nemůžete být všude... Máte ve výzkumných lokalitách ve světě nějaké důvěryhodné „spojky“?

Třeba v Japonsku mám kolegu, který mi dodává dva až čtyři studenty-pomocníky. Potřebuji také místního člověka, který bude ovládat výzkumný jeřáb. Já na něj řidičský průkaz zatím nemám, procházím prvními testy, jestli mě na něm vůbec nechají pracovat (smích). Zatím potřebuji japonského řidiče, který rozumí znakům na ovládacích. Upřímně řečeno, jsem si jistá, že bych řízení zvládla, zase tak složité není. Navíc se s jeřábem nedá nabourat, ale mohla by se poničit vegetace kolem, na tu musíme být velmi opatrní.

### █ Vedete projekt i v Číně, v té se s podobnou jazykovou bariérou nejen na ovládacích jeřábu také setkáváte?

I v Číně narážíme na jazykovou bariéru, a navíc i na administrativní problémy. Pokusy ale naštěstí fungují. Místní kolega mi doporučil magisterskou studentku, která se projektu věnuje na plný úvazek. Na začátku postavíme voliéry a naměříme rostliny, zapíšeme stav hmyzu a čtyři měsíce necháme vše v klidu. Studenti jen dohlížejí, aby vítr nerozbil klece a nic se nepoškodilo. Když přijedeme, vše zkontrolujeme a nabereme údaje.

### █ Kolik členů bude tvořit váš tým?

Přibližně 15 lidí na plný úvazek a ještě mnoho dalších pomocníků. Projekt podpořený grantem ERC oficiálně začne až v lednu, ale už teď se mi hlásí zájemci. Tým bude národnostně velmi pestrý. Například doktorandka Sara Fernández Garzónová, která přijede z Kolumbie, se zaměří na mravence. Očekávám také studenta Sama Finnieho z Velké Británie. Dosavadní práce obou se mi líbila, proto jsem si je sama vybrala a oslovila. Navíc je otevřené oficiální výběrové řízení. Základnu budou mít tady v Českých Budějovicích, jako doktorandy je u nás čekají čtyři roky řádného studia s pravidelnými výjezdy do terénu. Dále se mnou bude spolupracovat postdoktorand Rachakonda Sreekar z Indie, můj kolega, se kterým jsem již pracovala v Číně i v Austrálii.

### █ Vás také v následujících letech čekají časté výjezdy do terénu. I z vašich dosavadních výsledků by se mohlo zdát, že jste víc venku než doma. Berete na své výjezdy i svého nyní pětiletého syna?

Záleží, kam jedeme a na jak dlouho. Minulý rok jsme byli na kratší expedici v Africe, tehdy jsme ho nechali u babičky v Čechách. Ale třeba teď, když jedeme do Austrálie na téměř dva měsíce, cestuje s námi. Manželova sestra žije v Sydney, částečně nám pomůže ona. I na Papuu-Novou Guineu jsem ho brala s sebou a na místě jsem si sehnala chůvu. Podobně situaci vyřeším také v Japonsku, kde si k němu najdu nějakou asistentku, protože samozřejmě třeba na jeřáb se mnou nesmí.

### █ Říká se, že ženy, obzvláště matky, se v profesní dráze setkávají s větším počtem překážek než muži. Vnímáte to také tak?

Asi největší překážku jsem pociťovala, když jsem žila v Austrálii. Šlo mimochodem i o jeden z důvodů, proč jsme se vrátili do Čech. Nemohla jsem tam sehnat práci, přestože jsem měla dobrý životopis. Zkoušela jsem i částečný úvazek, ale to bych zase nevládla finančně, nezaplátila bych školku. Podpora pro matky s dětmi tam byla vesměs nulová. Ale věřím, že kdybychom měli jinak zařízená víza, možná by to šlo.

### █ V České republice jsou podle vás podmínky pro pracující matky lepší?

Konkrétně tady v Biologickém centru AV ČR v Českých Budějovicích určitě ano. Přímo v areálu máme dětskou skupinu pro

nejmenší, kterou jsme využívali dřív, teď syn chodí vedle do fakultní školky pro větší děti. Ale samozřejmě je život komplikovanější i finančně a organizačně náročný. Už třeba jen skutečnost, že bereme syna s sebou do Austrálie nebo do Japonska, znamená extra výdaje za letenky, něco dáme za hlídání, což běžné vědecké granty neřeší.

### █ Pociťujete někdy jako žena v mužském vědeckém světě přímou diskriminaci?

Úplně napřímo ne. Spíš jde o to, že věda vyžaduje čas a muži ho zkrátka mohou práci věnovat mnohem více. Ale s tím se musíte nějak poprat. Myslím si, že spousta žen kariéru vzdává i kvůli nátlaku z okolí, poznámkách o krkavčích matkách a podobně. V této souvislosti musím upozornit na jeden výborný grant určený pro vědkyně s dětmi. Jmenuje se Grant Martiny Roeselové, což byla vědkyně z Ústavu organické chemie a biochemie AV ČR a zároveň matka tří dětí. Před několika lety zemřela nečekaně na rakovinu a její rodina založila nadaci, která ročně uděluje finanční podporu 120 000 korun na zvláštní výdaje pro matky ve vědě. Ty peníze lze použít právě na školku, letenky pro dítě, bez nějakých formalit. Každý půlrok jim vypíšu, že jsem měla chůvu, letěla jsem s dítětem tam a tam, a oni mi pošlou prostředky.

### █ Co vás na práci nejvíce baví? Bádání v terénu je jistě fascinující, ale co následné zpracování dat?

Mě baví úplně všechno, od práce v terénu po zpracování výsledků. Ale je to hodně časově náročné. Z každé lokality si dovážíme naskenované listy, zkoumáme, jak moc jsou okousané, analyzujeme, jaký druh hmyzu je napadl, a podobně.

Počítáme s tím, že prozkoumáme téměř půl milionu vzorků hmyzu, což nám zabere přibližně 4600 hodin práce. Fotografování vzorků listů a jejich vyhodnocování přijde na dalších 6150 hodin, k analýze netopýrů a ptáků budeme mít k dispozici 180 hodin nahrávek echolokace a 350 hodin nahrávek ptačího zpěvu na každou plochu.

”  
Věda vyžaduje čas a muži ho zkrátka mohou práci věnovat více. My ženy se s tím ale musíme nějak poprat.

### █ To vskutku není málo, k tomu je potřeba velké nadšení. Splnila jste si dětský sen? Přála jste si odmalička stát se vědkyní

#### a zkoumat přírodu?

Přímo o práci vědkyně jsem v dětství nesnila. Dokonce jsem si poměrně dlouho pohrávala s myšlenkou, že bych se stala grafičkou nebo tvůrkyní animovaných filmů. Jako malá jsem to ale neřešila, po příchodu ze školy jsem hodila tašku do kouta a hurá s kluky ven bojovat nebo s holkami ke koním. Byla jsem věčně někde v lese, nejraději s koněm a se psem, později jsem dojížděla do záchrané stanice v Plzni a starala se o zvířata, sama jsem měla doma několik poštolek. Spíše si plním sen pubertální, kdy jsem toužila cestovat, ale neměla jsem dostatek peněz. Dnes mi přijde ideální, že se mi daří spojovat cestování s prací, kterou mám ráda. □

sařský ostrov

Astronomie, fyzika a matematika | A / Věda a výzkum 4/2018

# Pro lepší život ve MĚSTECH

Běžný informatik prosedí většinu času u počítače. Platí to i v případě Jaroslava Reslera z Ústavu informatiky AV ČR a jeho spolupracovníků. Práce na aktuálním výzkumu jim však přinesla drobné rozptýlení. Vstali od obrazovky a klávesnice a vyrazili do pražských ulic. Mnohdy nachodili i desítky kilometrů. **Ve dne v noci jste je před nějakým časem mohli potkat například v Holešovicích, nedávno jste na ně mohli narazit i v Dejvicích.** Měřili tam teploty povrchů budov pro práci na novém městském klimatickém modelu.

**Č**eskou republiku postihla letos v létě extrémní vlna veder, která se nejvýrazněji projevila právě ve městech, zejména v Praze. Život obyvatel znepříjemňovaly rozpálené ulice, chodníky a znečištěné ovzduší. Co dělat, aby se lidé cítili lépe? Na městský prostor je třeba nahlížet uváženě a s projevy horkého počasí počítat při plánování jeho rozvoje. Pomoci může nový nástroj pro detailní klimatické modelování městského prostředí, který dokáže simulovat, jak se v ulici změní podmínky, pokud se třeba

vymění materiál dlažby nebo se vysadí stromořadí.

Jaroslav Resler a jeho tým se věnuje modelování v mikroměřítku, na úrovni čtvrtí, ulic nebo budov. Chtějí vytvořit a naučit se používat nástroje, které umí detailně modelovat meteorologické a energetické děje v městském prostředí. Díky tomu bude možné simulovat různé scénáře pro urbanisty, architekty nebo místní samosprávy s ohledem na městský tepelný ostrov a na čistotu ovzduší. Výsledné experimenty nebolí simulace pomohou lépe pochopit, jak se

brádek  
ny Anny 38  
Choťkova

Nábřeží Edvarda Beneše

Vltava

Štáňkův most

Výstaviště Praha Holešovice

PRAHA 7

Nábřeží Kap

Ná

Dukelských Hrdinů

Křížkova fontána

Stromovka  
Křemžská  
ora

ARÝ BUBENEČ

Podikaštiny

Vila Lanna



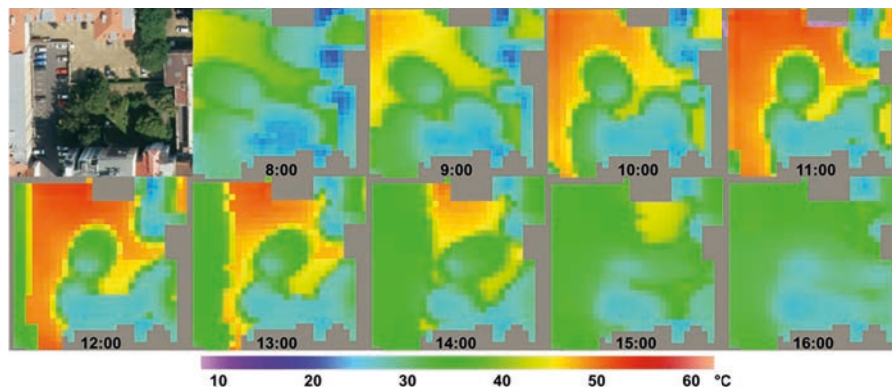
studovaný systém – v případě vln veder je jím například městská čtvrť nebo ulice – chová za různých podmínek.

„V jednom z dřívějších projektů jsme spolupracovali s kolegy z Českého vysokého učení technického na modelování tepelného ostrova Prahy v rozlišení 300 metrů. Architektury a urbanisty z Institutu plánování a rozvoje hlavního města Prahy a Magistrátu hlavního města Prahy zajímalo, co se děje přímo v ulicích. Například pod korunami stromů; jak stromy ovlivňují teplotu vzduchu a čistotu ovzduší,“ přibližuje počátky výzkumu Jaroslav Resler. Vědci tehdy nemohli najít dostupný model, který by postihl všechny zvažované aspekty a šíří jevů v požadovaném rozlišení – žádný vhodný neexistoval. Museli jej tedy sami vyvinout.

Komplexní simulace na úrovni ulic vyžaduje integrovaný model, jenž zohlední detailní vlastnosti budov, ulic a vegetace, přičemž zahrne interakce radiace a ostat-

## CHYTRÁ PRAHA – VIRTUÁLNÍ PRAHA

Praha stojí před novými výzvami. Počet obyvatel se zvyšuje a s ním i nároky na infrastrukturu a rozvoj veřejného prostoru. Koncepte Smart Prague 2030 staví na využívání nejpokrokovějších technologií k proměně metropole v moderní místo pro život. Jedním z projektů je Virtualizace Prahy. Společnost Operátor ICT spolupracuje při vývoji systému i s Ústavem informatiky AV ČR, jehož model posloužil jako testovací data pro první verzi projektu. Metropole nemá v současnosti žádný nástroj pro práci s prostorovými daty v rozšířené realitě, která by poskytla přehlednou vizualizaci simulací a predikcí dějů ve 3D. Po dokončení poskytne nástroj pro efektivnější řízení hlavního města v oblastech zahrnujících například šíření nebezpečných látek, záplavy a šíření povodňové vlny, optimalizace dopravy, proudění vzduchu a emisí, evakuační a únikové trasy nebo šíření hluku.



Modelové teploty povrchu země na dvorku v severozápadním rohu holešovické domény (oblasti měření). Měřeno 3. července 2015.

ních energetických procesů s prouděním a dalšími jevy, které ovlivňují například ochlazování povrchů. Zároveň je třeba uvažovat i čistotu ovzduší, tedy šíření znečišťujících látek v ulicích. Vědci si za základ zvolili celosvětově rozšířený německý model PALM. Do něj přidali energetické modely a model pro čistotu ovzduší. „Přibližně po tři čtvrtě roce jsme přišli s první verzí, kterou jsme nabídli německým kolegům, a uspěli jsme,“ říká Pavel Krč z Ústavu informatiky AV ČR, jehož doménou je radiální model. „Nově vyvinuté modely se staly standardní součástí PALM a následně nově vyvíjeného městského klimatického modelu PALM-4U.“

## NOČNÍMI HOLEŠOVICEMI S MILIONOVÝM VYBAVENÍM

Aby bylo možné nově vyvinutý model validovat a kalibrovat, jsou důležitá měření přímo v terénu. Model se kalibruje tak, aby co nejlépe odpovídal měřením, která mají výzkumníci k dispozici. Následně jej lze používat pro simulace scénářů, například plánovaných urbanistických zásahů. První měření, tehdy ještě v rámci projektu UrbanAdapt, probíhalo na křižovatce ulic Dělnická a Komunardů v pražských Holešovicích. „Celou akci jsme svolali poměrně narychlo, dozvěděli jsme se totiž, že Prahu zasáhne epizoda horkého počasí,“ popisuje Jaroslav Resler. Tým informatiků společně s kolegy z ČVUT,

Českého hydrometeorologického úřadu a CzechGlobe (Ústavu výzkumu globální změny AV ČR), vybavený elektronickým teploměrem a infračervenou kamerou, si rozdělil služby a každou hodinu obcházeli předem určená stanoviště. Měření zabrala asi 30 hodin, aby pokryla celý denní teplotní cyklus. „Byl to zajímavý zážitek. V noci v Holešovicích s dvoumilionovou kamerou v ruce. Báli jsme se, aby nás někdo neokradl,“ vzpomíná dnes už s úsměvem na tváři organizátor kampaně Pavel Juruš z Ústavu

Jaroslav Resler

informatiky AV ČR. Porovnávali tehdy teplotu vzduchu, povrchové teploty zdi a teploty země měřené infrakamerou s výstupy modelu. K velké spokojenosti výzkumníků model velmi dobře odpovídal výsledkům měření.

V současné době se ve spolupráci českých, německých a finských vědců intenzivně vyvíjí model PALM-4U. Česká účast je organizovaná hlavně v rámci projektu UrbiPragensis, který je financován z Operačního programu Praha – půl růstu. Spolupracují v něm týmy z katedry fyziky atmosféry UK, Ústavu informatiky AV ČR a ČHMÚ. Projektový tým si naplánoval dvě další měřicí kampaně. První se uskutečnila letos v srpnu a zaměřila se primárně na letní vlnu veder. Při druhé kampani na přelomu listopadu a prosince se v pražských Dejvicích, v okolí Vítězného náměstí, měřila kvalita ovzduší a mikro-meteorologické parametry při podzimní

„  
Dodatečně  
jsem si spočítal,  
že jsem při měření  
v Dejvicích letos  
v létě nachodil  
během jednoho  
dne 56 kilometrů.“



inverzi. Oblast měření byla mnohem větší než v první kampani v Holešovicích, devčická doména má přibližně velikost čtverrečního kilometru a plánuje se její další rozšíření.

Odborníci z ČHMÚ mají k dispozici tři plně vybavené stacionární vozy a jeden mobilní vůz, který projíždí ulicemi a měří za pohybu. Ke slovu opět přišly infrakamery, dále speciální čidla na měření toků tepla zdmi budov a dron, díky kterému lze měřit vertikální profil atmosféry až do výšky cca 100 metrů. Bude tedy možné porovnávat mnohem širší škálu veličin než v kampani v Holešovicích.

## JAK MODEL VZNIKÁ A K ČEMU SLOUŽÍ

Model se jednotlivé fyzikální procesy snaží přepsat do matematických rovnic, které se následně převedou do podoby vhodné pro počítačové zpracování. To probíhá na superpočítači, který pracuje s velice rozsáhlými úlohami a je až milionkrát výkonnější než běžný stolní počítač. Důležitým vstupem modelu jsou podrobné popisy povrchů a materiálů ulic, chodníků, zdí domů, stromů a dalších objektů městského prostředí. Ve srovnání s jinými evropskými městy má Praha nadstandardně zpracovaná data o městské zástavbě a typologii povrchů, jejich rozsah přesto nedostačuje potřebám modelu a je nutné jej doplňovat z dalších zdrojů a z terénního šetření. To komplikuje a prodlužuje přípravu simulací. „S kolegy z Institutu plánování a rozvoje pracujeme na specifikaci prostorových dat pro Prahu. Jsme rádi, že naše připomínky jsou brány v potaz při přípravě dalších geodat,“ říká člen týmu Jan Geletič z Ústavu informatiky AV ČR, který sběr a zpracování dat pro simulace řídí. Je tedy šance, že v budoucnu bude příprava detailních simulací mnohem jednodušší.

Výstupem modelu jsou meteorologické veličiny, jako je například proudění a teplota vzduchu, tepelná radiace, teploty zdí a ulic a také koncentrace látek v ovzduší. Model PALM-4U dokáže spočítat i tzv. biometeorologické indexy, které

se snaží kvantifikovat dopad mikroklimatických podmínek na lidský organismus.

## JAKÉ KONKRÉTNÍ SCÉNÁŘE MŮŽEME SIMULOVAT?

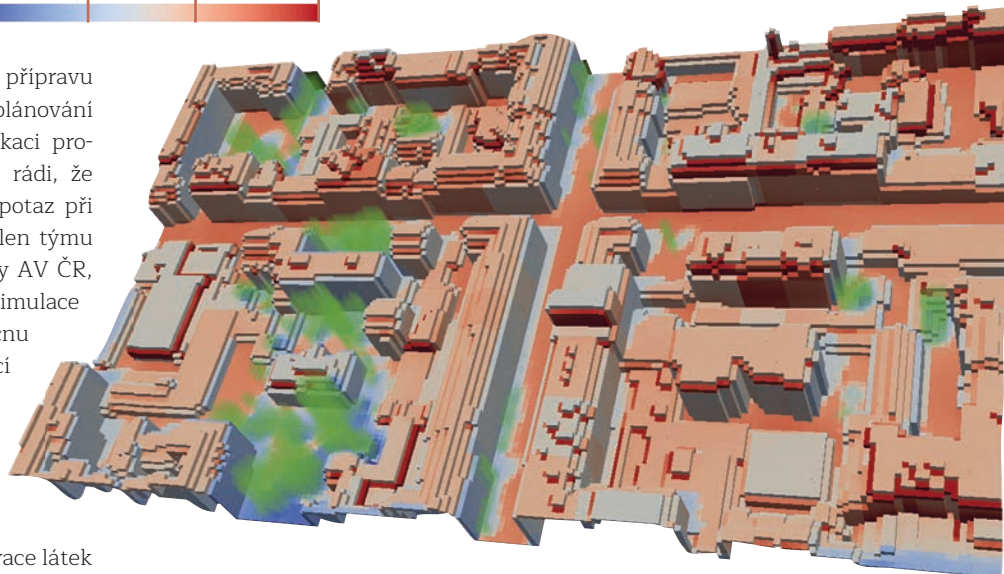
Hlavním úkolem modelu je testovat plánované změny v ulicích města z hlediska dopadů na lidské zdraví a ekologie. Nejde o jediný vstup pro rozhodování koncových uživatelů, je však důležitý. Budou pro zvýšení lidského komfortu namísto asfaltu lepší dlážděné chodníky? Jaký vliv mají tepelné izolace fasád domů? Mělo by se v ulici vysadit stromořadí? Jak jej umístit, aby se nenarušila cirkulace vzduchu? Model může odpovědět na otázku, jak se budou navržené varianty změn projevovat v jednotlivých meteorologických situacích. Data je následně nezbytné zpracovat do jednoduchých výstupů, například obrázků, animací a grafů, na jejichž základě je koncový uživatel schopen rozhodnout, která varianta je nejvhodnější.

„Modelovali jsme například umístění stromořadí v ulicích Holešovic. Dělalí jsme citlivostní test, kdy jsme vzali jeden typ stromů a stromořadí jsme posouvali od kraje, kdy byly stromy takřikajíc nalepené na domech, až po umístění ve středu ulice. Sledovali jsme, jaký vliv má rozmístění stromů na teplotní poměry

**Model se stále intenzivně vyvíjí a spolu s tím, jak se rozšiřují jeho schopnosti, dokáže splnit stále více požadavků přicházejících z praxe.**

a čistotu ovzduší v ulici,“ vysvětluje Jaroslav Resler. Stromy totiž mohou podle svých vlastností a svého umístění více či méně blokovat turbulentní proudění, které v ulici nastává. Zlepšují sice teplotu vzduchu, ale pokud se vysadí na nevhodném místě, paradoxně mohou ovlivňovat čistotu ovzduší i negativně.

„Výstupy modelu se dají použít k různým účelům. Nejvíce žádaná jsou porovnání navrhovaných adaptačních opatření se současným stavem. Nejširší využití nacházejí právě při plánování úprav městského prostoru,“ uzavírá Jaroslav Resler. V ideálním případě pomohou rozklíčovat, jaký přínos budou mít jednotlivá navrhovaná opatření a zda nezpůsobí naopak zhoršení v některé jiné oblasti. Modelování pomůže vybrat nejefektivnější strategii a poslouží urbanistům a městským zastupitelům jako jeden z podkladů pro jejich rozhodování, jak k městu přistupovat, aby se v něm lépe žilo. □



Modelové teploty povrchů 3. července 2015 ve 12.00 hodin pro doménu Praha-Holešovice. Zelené oblasti znázorňují koruny stromů.

# AKADEMICKÁ PRÉMIE

## Finanční podpora pro svobodný výzkum

Granty jsou významným zdrojem financování výzkumných projektů. Psaní žádostí je však pro vědce obvykle noční můrou, protože znamená značnou administrativní zátěž. Ani jejich získáním však papírování nekončí – často s sebou nese množství nejrůznějšího hlášení, vykazování, ale také závazků, povinností publikovat či patentovat. Možností, jak bez zbytečného byrokratického břemene pracovat s dostatečnou finanční podporou, je minimum. **Nejvýznamnější šanci představuje Akademická prémie (*Praemium Academiae*) – grant Akademie věd ČR pro mimořádný výzkum.** Několik desítek milionů korun na vědecké bádání se ovšem poskytuje jen nejlepším z nejlepších...



### CESTA K NOVÝM OBJEVŮM

Akademie věd podporuje excelentní výzkum

V letošním roce obdrželi Akademickou prémii (na snímku zleva) Jiří Hejnar z Ústavu molekulární genetiky AV ČR, Pavel Janoušek z Ústavu pro českou literaturu AV ČR a Martin Markl z Matematického ústavu AV ČR. Ocenění vědci patří v mezinárodním měřítku ke špičce ve svém oboru. Prestižní ocenění uděluje Akademie věd ČR od roku 2007 se záměrem vytvořit vynikajícím badatelům takové podmínky, v nichž by mohli svobodně rozvíjet potenciál ve prospěch své domovské instituce i české vědy obecně. Akademickou prémii lze obdržet pouze jednou. Dosud ji převzalo 26 badatelů z různých vědních oborů. O pečlivém výběru nositelů *Praemium Academiae*, na kterém se podílejí i zahraniční odborníci, svědčí také skutečnost, že tři z nich získali rovněž nejvyšší ocenění za vědu a výzkum v České republice – Národní cenu vlády Česká hlava.

## PRAEMIUM ACADEMIAE

Je určena pro mimořádné vědecké osobnosti, jejichž výzkumy jsou na špičkové mezinárodní úrovni a slibují perspektivu dalšího rozvoje. Její příjemci získávají podporu ve výši až 30 milionů korun, která je rozložena na dobu šesti let. Laureátům má umožnit dlouhodoběji rozvíjet jejich výzkum – ať už pořízením potřebných přístrojů a laboratorního materiálu, nebo vytvořením či dalším budováním vlastního vědeckého týmu.

# MATEMATIKA

## jako nástroj k poznávání světa

Na matematice je úžasné, že zkoumá nezákladnější principy, na nichž je postaven tento svět. **Díky tomu se jí můžeme věnovat čistě pro radost z poznávání. Je fascinující se dozvídat, jak je strukturován svět kolem nás.** A při tom se často odhalí i spousta prakticky užitečných postupů.

To je princip, jímž se řídí Martin Markl z Matematického ústavu AV ČR a který ho dovedl až k matematickým nástrojům s podivným názvem operády.



**RNDr. MARTIN MARKL, DrSc.**

**Matematický ústav AV ČR**

Specializuje se na algebraickou topologii, homologickou algebru a matematickou fyziku. Vystudoval Matematicko-fyzikální fakultu Univerzity Karlovy, kde později začal působit pedagogicky, podobně jako v ČVUT. Nyní pracuje v Matematickém ústavu AV ČR, je předsedou jeho rady, byl rovněž členem výkonného výboru Institutu Eduarda Čecha a garantem oboru matematika nadačního fondu Neuron. V rámci Fulbrightova stipendia si prohluboval znalosti v USA a pravidelně navštěvuje špičková matematická pracoviště po celém světě, pronesl desítky zvaných přednášek na zahraničních konferencích a univerzitách. Zásadních výsledků dosáhl především ve spojitosti s tzv. operádami a jejich aplikacemi v algebře a matematické fyzice. Je autorem nebo spoluautorem 82 odborných článků a tří monografií včetně hojně citované monografie *Operads in Algebra, Topology and Physics*, za níž v roce 2002 obdržel Medaili Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy 1. stupně.

**H**odně lidí s netajenou zvědavostí zaznamenalo například zjištění, že v centru naší Galaxie je obří černá díra nebo že se náš vesmír rozpíná stále rychleji a rychleji. Nenamítali přitom, že získat a ověřit tyto poznatky stálo ohromné množství

nicméně málokdo zpochybňuje, že má význam dopracovávat se k takovýmto základním informacím o podstatě světa kolem nás. I matematika má podle Martina Markla bezesporu tento základní poznávací aspekt. „Odborníci, kteří se zabývají třeba teorií množin, logikou

času i peněz. Nikdo sice zatím nedovede říct, k čemu to bude dobré, jak se lidově říká, chleba proto levnější nebude,

apod., si ani nekladou otázku aplikací, ale láká je „štourat“ se v těch nezákladnějších věcech přírody.“

### VODA V BAZÉNU A ROLE MATEMATIKY

Matematika je zvláště přitažlivá tím, jak souvisí se světem okolo nás, ačkoli se vlastně nedá přesně vyjádřit, proč tomu tak je – a laik si to v běžných situacích vůbec neuvědomí. Postavíme si kupříkladu na zahradě bazén, změříme si, jak je dlouhý, široký a hluboký, naměřené hodnoty vynásobíme a hned zjistíme, kolik do něj máme napustit vody. „Když se nad

tím zamyslete, pochopíte, že jste vlastně udělali něco naprosto netriviálního. Provedením jakési formální operace – vynásobením tří čísel – dostanete jiné číslo, které skutečně odpovídá množství vody potřebné k naplnění bazénu. Podstata tohoto postupu, přechod z reálného světa do abstraktního a zpět, je svým způsobem strhující. I když jsme na to v obdobných situacích běžného života zvyklí,“ objasňuje Martin Markl. Z využití matematiky k podobným účelům podle jeho slov vyrůstá její inženýrská větev, která takový typ úvah a aplikací zobecňuje, zdokonaluje. „Když se dnes staví letadlo, nejdříve se všechno propočítá a zkušební lety poté slouží už jen k ověření, že se stroj chová podle předpokladů. Ostatně i Eiffelova věž byla propočítána.“ Inženýrskou matematikou se vědci v Matematickém ústavu AV ČR také zabývají. Martin Markl však tihne spíše k matematice inspirované fyzikou.

A opět ho přitahuje a neustále překvapuje především skutečnost, že se matematika dotýká nejhlubších základů přírody. V důsledku toho najde dříve nebo později využití každá smysluplná matematická struktura, která byla objevena, aniž by její tvůrce dopředu přemýšlel nad tím, k čemu bude dobrá. Jako příklad může posloužit riemannovská geometrie, která (zjednodušeně řečeno) popisuje křivost a zakřivené plochy a prostory. „Vymyslel ji Bernhard Riemann, aniž by měl sebemenší ponětí, že ji jednou použije Albert Einstein a jiní a že bude tvořit matematickou podstatu obecné teorie relativity.“ Gravitace je totiž v obecné teorii relativity popsána pomocí zakřivení čtyřrozměrného časoprostoru – a právě k tomu se hodí Riemannova geometrie. Dalším příkladem může být teorie Hilbertových prostorů, na níž je založena formule klasické kvantové mechaniky.

„Mnoho věcí, které se v matematice vymyslí, tak nějak proletí kolem a vlastně ani nevíme, jestli někdy budou k něčemu

dobré, ale hodně jich posléze naprosto překvapivě nalezne aplikace ve fyzice nebo v reálném světě.“ Něco podobného se přihodilo i s tzv. operádami: v jejich využití v algebře a matematické fyzice dosáhl Martin Markl zásadních výsledků, jimž vděčí i za udělení Akademické přemie.

## OPERÁDY JAKO NÁSTROJ K PROSTORŮM

Operády jsou objekty, které byly vynalezeny v sedmdesátých letech minulého století jako prostředek k popisu a studiu topologických prostorů. Zabývá se jimi obor zvaný topologie, jenž studuje geo-

metrické vlastnosti a prostorové vztahy, které se nemění při spojitě změně tvaru nebo deformaci objektu způsobené nataháním, kroucením, ohýbáním nebo zmuchláním, ale nikoli řezáním, trháním, lepením apod. Příkladem takového topologického prostoru je podle Martina Markla plovací kruh. Zůstane plovacím kruhem, ať jej nafouk-

Martin Markl

neme sebevíc, dokud ovšem nepraskne – pak jeho deformace přestane být spojitá. Matematickým jazykem řečeno, jedná se o objekty, které lze spojitě deformovat, aniž by se měnily jejich globální vlastnosti. „Ústředním problémem tehdy byla detekce prostorů smyček a hledání způsobu, jak je co nejlépe popsat. A ukázalo se, že to jde pomocí jiné matematické struktury, které se později začalo říkat operáda.“

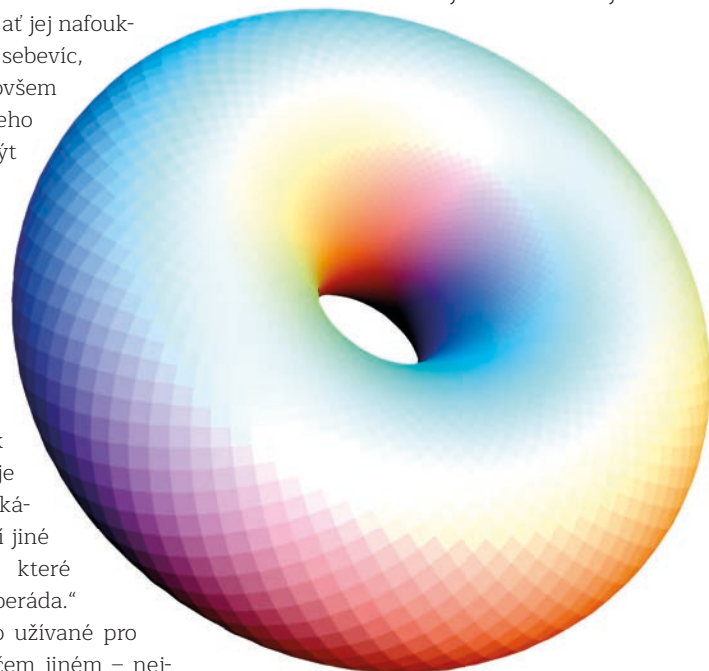
Operáda je tedy slovo užívané pro něco, co operuje na něčem jiném – nejprve to bylo na topologickém prostoru. Pak se však na operády pozapomnělo, až najednou v devadesátých letech vědci zjistili, že se jim skvěle hodí pro teorii

strun, jež tehdy začala být populární. Připomeňme, že teorie strun se pokouší formálně sjednotit obecnou teorii relativity a kvantovou mechaniku, které se jinak zdají do jisté míry neslučitelné, do jedné teorie. Vychází při tom z předpokladu, že základními stavebními kameny přírody nejsou bodové částice s nulovými rozměry, ale že vesmír naplňují jedno-rozměrné struny vibrující různými způsoby, které odpovídají různým druhům částic. Teorie strun vyžaduje vysoce složitý matematický aparát – a hle! Při jeho hledání se ukázalo, že k popisu a studiu komplexů, s nimiž pracuje, a tzv. Feynmanových diagramů popisujících interakci otevřených nebo uzavřených strun, se velmi dobře hodí právě operády.


## MATEMATIK MUSÍ TRÉNOVAT JAKO SPORTOVEC

„Měl jsem to štěstí, že jsem byl v devadesátých letech na Fulbrightově stipendiu v Americe a setkal jsem se tam s lidmi, kteří se operádami začali zabývat,“ vzpomíná Martin Markl. Sám pak problematiku dále rozvíjel a stal se autorem základních prací na toto téma. Má samozřejmě radost nejen ▶

”  
Matematika je obor velkých idejí a abstraktních konstrukcí. Jeví se proto jako zázrak, že každá smysluplná matematická struktura dříve či později nalezne uplatnění.



Operády slouží jako prostředek k popisu a studiu topologických prostorů, například toroidů, které při zvětšování stále zachovávají svou geometrii.



Umělecká představa (super)strun. Teorie strun usiluje o sjednocení obecné teorie relativity a kvantové mechaniky do jedné konzistentní teorie. Předpokládá, že elementární částice nejsou bodové, ale tvoří je nepředstavitelně malé vibrující struny či entity podobné strunám.



z toho, že se v Praze postupně vytvořil mezinárodní tým matematiků i matematických fyziků zabývajících se otázkami souvisejícími s operádami, ale i ze skutečnosti, že nakonec došlo k jejich tak pozoruhodnému propojení s teorií strun, která usiluje o poznání nezákladnějších stavebních kamenů ve vesmíru, a sil, jež mezi nimi působí.

Na otázku, jak vlastně přemýšlí matematik, když se pouští do neprobádané oblasti nebo začne hledat úplně nové nástroje, trochu rozpačitě říká, že vlastně neví. „Stejně jako sportovec musí trénovat, i když zrovna neběhá závody, musí zvedat činky, jíst bílkoviny a podobně, také matematik se musí cvičit v metodách, které potřebuje používat. Možná i v tom spočívá přínos matematické fyziky, přestože třeba zkoumá teoretické systémy, lidé si díky ní promyslí například, co je kvantování, naučí se příslušné metody, naučí se pracovat s odpovídajícími objekty a tak dále.“

Takže čte, co ho baví, nové matematické práce a jejich recenze, a nějak vytuší, kudy se vydat. Většinou prý nějaká problematika takřikajíc „létá ve vzduchu“, tak se jí chopí. „Možná třetina toho, co dělám, je zaměřena na fyzikální aplikace nebo na využití v matematické fyzice, ale velice nerad bych zdůrazňoval jenom tento aplikovaný rozměr. Myslím si, že většina z nás, včetně mne, je spíš vedena tím, co ho zajímá, jde opravdu o čiré poznání. Proč studujeme třeba nějaké svitky od Mrtvého moře... Ale nepopírám, že je úžasné, když je to ještě navíc k něčemu konkrétnímu dobré.“

## DÍKY ZA NEOKLEŠTĚNÝ PROSTOR K VÝZKUMU

Sám Martin Markl je vděčný, že má příležitost věnovat dostatek času bádání, hledání a zkoumání abstraktních konstrukcí, čistě matematickými nástroji pronikat k podstatě přírody. Takových možností vidí mezi svými kolegy – matematiky – v zahraničí stále méně. „Nejen já, ale spousta lidí pozoruje, jak západní univerzity jednu po druhé začíná ničit manažerský způsob řízení. Řada kateder matematiky je prakticky likvidována jako vědecká pracoviště, protože matema-

## Matematika je přitažlivá tím, jak souvisí se světem okolo nás, ačkoli se vlastně nedá přesně vyjádřit, proč tomu tak je.

tici byli redukováni na učitele, kteří jsou v podstatě zaměstnanci studentů, již si školu platí, a mají málo času na vědeckou práci. U nás se tomu tlaku stále ještě daří bránit, alespoň na Karlově univerzitě, kterou znám dobře, na Masarykově univerzitě a v Akademii věd. Byl bych moc rád, kdyby se to dařilo i v budoucnu. Mám kolegu v Austrálii, který se chce přesunout do Prahy. Důvodem, proč tady dosud není, je, že musí splnit penzijní program. Učí jako ďábel a nikoho nezajímá, jestli a jak může ještě dělat matematiku. Takže jakmile svému penzijnímu programu dostojí, chtěl by jít do Matematického ústavu AV ČR v Praze.“

## K ČEMU POSLOUŽÍ AKADEMICKÁ PRÉMIE

*Praemium Academiae* je pro Martina Markla nejen oceněním jeho dosavadní práce, ale do budoucna mu podle jeho slov usnadní život, protože nebude hnán bičem žádostí o granty a nejistotou, jestli je dostane, nebo ne. Plánuje vytvořit tým ze čtyř postdoktorandů, především ze zahraničí, zvat v rámci svého projektu do Matematického ústavu AV ČR přední zahraniční odborníky, pořádat pracovní konference a na jiné cestovat.

Po odborné stránce je jeho hnacím motorem snaha dobudovat obecnou teorii operadických kategorií, kterou začal formulovat spolu s australskými kolegy. Měla by nakonec tyto struktury popisovat koncepčně, to znamená velké množství zatím jednotlivých výsledků dokázaných pouze v některých speciálních formách dokazovat systematicky. K této obecné teorii operadických kategorií se pak budou přidružovat jak teoreticky, tak fyzikálně orientované „odnože“. Může se ale objevit i něco zcela nečekaného.

Matematika je totiž vysoce tvůrčí disciplína, takže ten, kdo se do ní plně ponoří, vlastně nikdy nedokáže předem říct, kam dospěje... □

# GENETIKA

## odkrývá paradoxy

Mohou se usídlit v našem genomu, dlouhá léta v něm nerušeně, tiše sedět a nedělat nic. Pak se najednou aktivují a vyvolají třeba leukemii nebo nádorové bujení. **Anebo nám naopak pomůžou svými schopnostmi v boji s dědičnými chorobami.** Říká se jim retroviry. Jak fungují, jak jim zabránit ve zhoubné činnosti nebo jich naopak využít k našemu prospěchu, se snaží odhalit Jiří Hejnar z Ústavu molekulární genetiky AV ČR.

**RNDr. JIŘÍ HEJNAR, csc.**

**Ústav molekulární genetiky AV ČR**

Je vedoucím oddělení virové a buněčné genetiky v Ústavu molekulární genetiky AV ČR. Dlouhodobě působí též jako člen rady tohoto ústavu. Vystudoval Univerzitu J. E. Purkyně v Brně, poté absolvoval postgraduální studium v oboru molekulární onkologie v Ústavu molekulární genetiky tehdejší ČSAV v Praze, mj. pobýval na vědeckých stážích v Beatsonově institutu v Glasgow, v Max-Planckově ústavu molekulární genetiky v Berlíně či na univerzitě v Brazílii. K jeho vědeckým zájmům patří především epigenetika a retroviry – regulace retrovirové exprese hostitelskou buňkou, mechanismy vkládání virové genetické informace do genomu infikované buňky a setrvávání v něm, ale také způsoby, jimiž může napadená buňka zamezit množení retroviru. Modelovým retrovirem v jeho laboratoři je virus Rousova sarkomu, jehož přirozeným hostitelem je kur domácí. Za svou vědeckou činnost získal Cenu Akademie věd ČR (2014) a stříbrnou pamětní medaili Senátu PČR (2015).



**N**ejznámější retrovirus současnosti je HIV – původce choroby AIDS, která už zmařila miliony životů a zatím ji nedovedeme vyléčit. Další retroviry jsou v podezření, že mají prsty v autoimunitních onemocněních. Jiní jejich příbuzní ovšem naopak dávají naději lidem s dědičnými chorobami. Retroviry jsou totiž tak trochu jako doktor Jekyll a pan Hyde. ▶

### FÁZE 6

Nové virové proteiny sestavují novou virovou částici, která nakonec vypučí z napadené buňky.

Umělecké ztvárnění životního cyklu viru HIV způsobujícího AIDS neboli syndrom získané imunitní nedostatečnosti. Jde o retrovirus, jehož dědičná informace zapsaná v molekulách RNA (ribonukleová kyselina) se po infekci buňky přepíše do DNA (deoxyribonukleová kyselina).





## FÁZE 1

Virová částice se zachytí na buněčných receptorech a její obal splyne s povrchovou buněčnou membránou.

## FÁZE 2

Virové jádro se uvolní do cytoplazmy.

## FÁZE 3

Virová genetická informace ve formě RNA (žlutá) se pomocí enzymu (zelená) změní na DNA (červená).

## FÁZE 5

Nová RNA je instrukcí pro ribozomy (oranžová), aby vytvářely nové virové proteiny.

## FÁZE 4

Virová DNA vstupuje do jádra (hnědá), kde slouží jako předloha k tvorbě nové RNA.

Jsou záladní, protože dokážou svou dědičnou informaci trvale začlenit do genetické informace napadené buňky mezi její vlastní DNA. Vytvoří tím tzv. provirus, který funguje podobně jako geny hostitele: slouží jako předloha pro tvorbu bílkovin – v tomto případě ovšem jeho vlastních, provirových. Z nich se posléze skládají nové virové částice schopné napadnout další buňky a šířit se v organismu dál a dál. Vlastně bychom mohli obdivovat vynalézavost a obratnost retrovirů – nebýt toho, že některé u svých hostitelů vyvolávají celoživotní infekce a jsou schopny přivodit nevléčitelné choroby, mohou způsobit, že se normální buňka zvrhne v nádorovou, napadnout lymfatickou tkáň a rozvrátit imunitu...

## JSOU RETROVIRY ZRÁDNÉ, NEBO UŽITEČNÉ?

Pražská retrovirologická škola přispěla k poznání světlých i temných stránek retrovirů výraznou měrou. Jiří Hejnar z Ústavu molekulární genetiky AV ČR se hned na počátku své vědecké dráhy pustil do řešení záhady, jak se retrovirus začleňuje do napadené (infikované) buňky a mění ji, především jak transformuje zdravou buňku v nádorovou. Čekalo ho překvapení. „Pozorovali jsme, že v buněčné kultuře se vždycky nějaké procento nádorově změněných buněk vrátí zpátky do normálního stavu.“

Kdyby se takový „návrát“ mohl navodit v celém nádoru, znamenalo by to, že ten se může změnit zpět v nenádorovou, normální tkáň. Jako by se spontánně vyhojil. „To opravdu pozorujeme, ústup nádoru někdy může nastat, máme na to i experimentální modely. Bylo by samozřejmě krásné tento proces cíleně ovládnout a nádor léčit tímto způsobem,“ vysvětluje Jiří Hejnar.

Vědci museli nejprve vypátrat, co samovolně vyléčené buňky s retrovirem provedly – jestli tohoto „pana Hydea“ nějakým mechanismem nadobro odstranily, nebo v nich stále setrvává a jenom je umlčený. „Tehdy jsem popsal, že retrovirus v buňce pořád zůstává, je dál začleněný do DNA hostitele, ale už aktivně nepřepisuje svou genetickou informaci.“ Posléze se podařil další důležitý krok:

vědci odkryli chemické procesy, především tzv. metylaci DNA, která za potlačení aktivity retroviru stojí. Při tom se uplatnily také chemické látky připravené Aloisem Piskalou v Ústavu organické chemie a biochemie AV ČR – dnes jsou z nich známá léčiva mj. na leukemie.

Utlumení aktivity provirů je také podstatou latence HIV-1, tedy stavu, kdy je virus v organismu sice přítomný, ale skrytý, neprojevuje se klinickými příznaky. Infekci virem HIV-1 dokážeme v současné době účinně potlačovat virostatiky, z nichž některá pocházejí rovněž z Ústavu organické chemie a biochemie AV ČR.

Problematické jsou ale právě utlumené (inaktivované) proviry v paměťových buňkách imunitního systému, které se pravidelně aktivují, jakmile se léky vysadí. Pacient je tak odkázán na celoživotní užívání virostatik. Z toho důvodu musí jakákoli definitivní léčba cílit právě na tyto skryté proviry s utlumenou činností. O potlačení aktivity a metylaci provirů rozhoduje řada faktorů, mj. také místo jejich začlenění do hostitelské DNA. Jiří Hejnar se svým týmem se pokouší určit konkrétní místa v hostitelské DNA, kde se zabudované proviry mohou kopírovat a tvořit potomstvo a kde naopak dojde k jejich umlčení.

## NAŠI DNA PROTKALY RETROVIRY

Retroviry se začleňují do genetické informace organismů odedávna a v hojné míře – u člověka tvoří možná až desetinu DNA! Říká se jim proto endogenní (neboli vnitřní, zevnitř působící). Jde o zbytky prastarých infekcí z naší evoluční minulosti a dědí se z generace na generaci. V naprosté většině jsou ale neaktivní, poněvadž za dlouhé věky se v nich nahromadily různé změny, poškodily je mutace, někdy jim chybí celé části. Zdánlivě potom už nemohou nic udělat, nemohou vytvořit virus, který by se dokázal množit. Nicméně za určitých okolností

mohou být i ony zdrojem nových infekcí. Už sice nejsou těmi původními prastarými viry, jakými kdysi bývaly, některé úseky jim chybí, jiné jsou pozměněné, ale přesto je jejich genetická informace pořád

příbuzná současným retrovirům. Tudiž s těmi, které proniknou do buněk hostitele, mohou interagovat a významně je pozměnit. Dopady mohou být dalekosáhlé. „Spekuluje se, že by tak mohla vznikat dokonce roztroušená skleróza, ale nejsou pro to opravdu podložené důkazy,“ říká Jiří Hejnar. Existuje však několik onemocnění, o nichž se už s jistotou ví, že vznikla tímto způsobem.

Jiří Hejnar

”  
Studiem retrovirů se dozvídáme mnoho o fungování našich vlastních buněk, o organizaci genetické informace a o poruchách, které mohou vést ke vzniku nádorů.

Je jím například virové nádorové onemocnění krvetvorby drůbeže zvané leukóza typu J nebo K. Jak k němu došlo? Když se setkal jeden typ infekčních ptačích virů s retroviry zabudovanými do DNA drůbeže, jejich genetické informace se navzájem zkombinovaly tak, že vznikly viry nové. „Ty způsobily nebo stále způsobují epidemie v domácích chovech a musíme se s nimi nějak vypořádat,“ objasňuje Jiří Hejnar. S kolegy se proto soustřeďují na možnost geneticky modifikovat drůbež, aby dokázali vytvořit plemena odolná k této infekci.

Chovají pro tento účel speciální linie domácích slepic, z nichž část je k takovým virům přirozeně odolná, jiné naopak citlivé, takže se na jejich genetickém materiálu dají studovat zdroje této rezistence. „Retroviry vždy vstupují do buňky prostřednictvím specifické povrchové bílkoviny, které se říká receptor. Buňka, která ji nemá, mu nedovolí vniknout dovnitř, je tedy vůči infekci odolná. V posledních zhruba 10 letech jsme se specializovali právě na studium těchto receptorů pro retroviry,“ upřesňuje Jiří Hejnar. Laika hned napadne, jestli by se nedalo příslušné receptorové bílkoviny prostě nějak účinně a napořád zbavit, aby virus neměl šanci proniknout dovnitř buněk. Jenže to má háček: bílkovina má samozřejmě v těle více funkcí a je nezbytné všechny

důkladně poznat, než se dá vůbec uvažovat o nějakém zásahu.

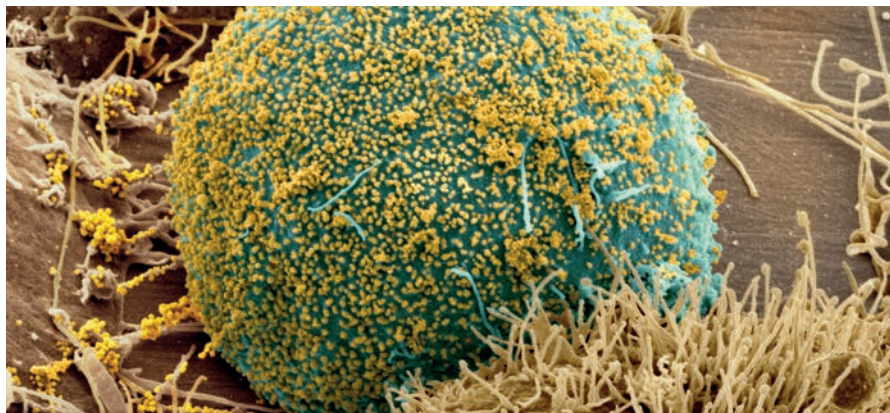
Pokud jde speciálně o virus ptací leukózy typu J, o nějž se v Ústavu molekulární genetiky AV ČR nejvíce zajímají, jsou na něj citlivé domácí slepice a krocani, ovšem většina divoce žijících příbuzných druhů, jako jsou koroptve, křepelky či bažanti, je odolná. Jejich srovnáním badatelé odhalili, že všechny odolné druhy mají, na rozdíl od citlivých, stejnou maličkou změnu v jedné aminokyselině receptoru. „Takže receptor, který je jen takhle malinko pozměněný, o jednu jedinou aminokyselinu, už nemůže být branou pro vstup viru do buňky,“ vysvětluje Jiří Hejnar. Divokým ptákům tato odlišnost evidentně nevádí, naopak. Co by ale udělala s domácími slepicemi? Přesně to chtějí genetické zjištění. „Proto studujeme možnosti, jak jejich současnou aminokyselinu vyřadit, jak změnit v genomu kuřat příslušný receptor tak, aby kuřata získala odolnost vůči leukóze.“ Úspěch se dostává – vědci by už brzy chtěli ohlásit vznik rezistentní linie drůbeže.

## VIRUS ZAJIŠTUJE NORMÁLNÍ VÝVOJ PLACENTY

Přejdeme od pana Hydea k doktoru Jekyllovi – tedy od nebezpečných k úspěšným retrovirům.

Některé endogenní retroviry, které se zabudovaly do lidského genomu, nabyly v průběhu evoluce tak důležité funkce, že se bez nich již nemůžeme obejít. Jednomu věnuje Jiří Hejnar se svými kolegy mimořádnou pozornost, jelikož má zásadní význam pro normální vývoj placenty. Velmi zjednodušeně řečeno: způsobuje splývání sousedních buněk, až postupně vznikají buněčná syncytia, čili obří buňky, které mají několik jader. Lidská placenta je na povrchu, na hranici

**Dokonce i ve 21. století mohou ženy v rozvinutých zemích v těhotenství zemřít – v pozadí nejzávažnějšího stavu zvaného eklampsie stojí jeden endogenní retrovirus.**



Buňka infikovaná virem HIV. Kolorovaná mikrofotografie z rastrovacího elektronového mikroskopu. Žluté částice HIV pučí z modře zbarvené membrány hostitelské buňky.

matka-plod vybavena takovou speciální syncytiální vrstvou, za jejíž vznik je zodpovědný právě zmíněný retrovirus, který je ve všech našich buňkách. „Ukázalo se však, že musí být aktivní jenom v buňkách trofoblastů, z nichž se tvoří placenta a plodové obaly. Nesmí být aktivní třeba v játrech nebo v mozku.“ Pochopitelně – asi bychom neměli radost, kdyby nám mozek zřúzoval do jedné superobří buňky...

Syncytiální vrstva je snadno propustná pro malé molekuly. Díky tomu mohou živiny snadno procházet z mateřského oběhu do oběhu plodu a naopak odpadní látky z plodu k matce. Bez této vrstvy by se placenta nevyvíjela normálně, čímž by se nemohl vyvíjet ani plod, a důsledky by mohly být fatální i pro matku. Těhotenství může zpočátku probíhat zcela normálně, ale když se z nějakého důvodu aktivita příslušného retroviru sníží, začne placenta fungovat nedostatečně. Důsledkem je porucha zvaná preeklampsie a eklampsie – nastává potrat nebo předčasný porod a může dojít až k úmrtí matky. „Tento důležitý retrovirus, který se kdysi dávno dostal do naší DNA, se nazývá syncytin a překvapivě jsme popsali jeho aktivitu také v nádorech varlat, které vycházejí z buněk zárodečné linie,“ poznamenává dále Jiří Hejnar. Tímto směrem plánuje orientovat své další výzkumy. Rád by se svým týmem detailně popsal, jestli se v lidské populaci nevyskytují nějaké mutace, které narušují jeho interakci s příslušným receptorem, což by možná vysvětlilo též některé poruchy plodnosti. Chce rovněž definitivně potvrdit nebo

vyloučit, jestli existuje příčinná souvislost retroviru syncytin se vznikem uvedených nádorů.

## RETROVIRY JAKO NADĚJE PRO VÁŽNĚ NEMOCNÉ

Schopnost retrovirů proniknout do buněk a začlenit svou genetickou informaci do jejich genomu nemusí být jen hrozbou – naopak se jí dá řízeně využít. Vědci si dokážou retroviry „uchočit“ a použít je jako nosiče (vektory), které do genomu hostitelské buňky dopraví a zabudují konkrétní, přesně určený gen – a to buď cizí (tak vznikají transgenní neboli geneticky modifikované organismy, třeba myši nebo slepice), nebo organismu vlastní, ale nějak pozměněný. Nejvyšší metou využití retrovirových nosičů je genová terapie, jejíž pomocí bychom mohli opravovat i vrozené genetické poruchy u člověka.

Jinými slovy – retrovirus nahradí poškozený nebo nefungující gen v lidském genomu jeho správnou, plně funkční variantou. A opět – prvořadým předpokladem úspěchu je přesně vědět, kam se retrovirus v genomu zabudovává a jak se tam posléze chová, neboť některá místa umožňují, aby zůstal aktivní a splnil svou úlohu, jiná ho naopak velmi promptně inaktivují; je také nezbytné znát, jak daný úsek DNA potom funguje atd.

V Ústavu molekulární genetiky AV ČR vyvinuli unikátní přístup, který umožňuje tyto procesy sledovat. Pokud se tedy vše podaří, Akademická prémie, kterou Jiří Hejnar převzal, mu umožní ještě víc využít přívětivou a potlačit odvrácenou tvář retrovirů. □



# LITERATURA

## mezi minulostí a přítomností

Kdo ví, jestli za pár desítek let čtenář pochopí některé aktuální narážky v současných románech nebo zda bude divák vědět, na co přesně reagovaly divadelní inscenace jako *Ivánku, kamaráde, můžeš mluvit?* A dokážeme naopak my proniknout k podstatným

souvislostem v textech z dřívějších časů? **Aby tyto kontexty, rozdíly i styčné body nezapadly, je nezbytné vést dialog s minulostí.**

Pavel Janoušek z Ústavu pro českou literaturu AV ČR mu zasvětil velkou část své práce.



prof. PhDr. PAVEL JANOUŠEK, CSc., DSc.

Ústav pro českou literaturu AV ČR

Specializuje se na literární a divadelní teorii a dějiny české literatury 20. století. Studoval češtinu, výtvarnou výchovu a divadelní a filmovou vědu na Filosofické fakultě Univerzity Karlovy, kde od roku 1987 působí jako externí pedagog, vyučuje rovněž na DAMU. Zároveň pracoval nebo pracuje také v řadě vědeckých poradních orgánů (byl předsedou rady Památníku národního písemnictví či Divadelního ústavu), v grantových agenturách a redakčních radách časopisů (mj. *Česká literatura*, *Divadelní revue*); byl jedním ze spoluzakladatelů literárního časopisu *Tvar* a dodnes předsedá spolku, který jej vydává. V letech 1999 až 2011 vedl Ústav pro českou literaturu AV ČR, kde nyní stojí v čele oddělení 20. století a literatury současné. Je hlavním redaktorem a spoluautorem čtyřdílných *Dějín české literatury 1945–1989*, mapujících proměny literatury v době komunistické totality, které patří k nejvýznamnějším počínům jeho týmu.

**J**ako příklad může posloužit proslulá hra Vítězslava Nezvala *Manon Lescaut*. V literární vědě se vždy dlouze debatovalo, odkud se za protektorátu vzala její popularita. Byla událostí – stala se knihou roku, než zasáhla cenzura. Spočívalo to ve hře samé, v působivém Nezvalově jazyce vnímaném jako oslava češtiny, tedy jako výraz vzdoru vůči silicím germanizací? Nebo hrálo roli ještě něco dalšího? Nalezení odpovědi může usnadnit, když dílo zasadíme do dobových souvislostí a uvědomíme si, že mělo premiéru těsně před německým útokem na Francii. Je tak více než prav-

děpodobné, že překrásná *Manon* vlastně představovala pro Čechy Francii, která nás sice zrazuje, ale přesto stojíme vždy na její straně.

Nestačí proto dívat se na díla jen současnými očima, musíme se seznámit s dobovým kontextem, aby na nás mohla začít „mluvit“ jinak. Dnešní literatura bezesporu nabízí úplně jiný pohled na okolní svět než před stovkou či dvěma

sty lety – a přece člověk neustále řeší v podstatě tytéž problémy. „Každé literární dílo je výpovědí o lidské existenci: jaká byla i jaká stále je. Četbou literárních textů se navracíme do minulosti, abychom našli odpovědi na naše nynější problémy. Úkolem literární vědy je snažit se přítomnými očima přecíst ‚zprávu‘,

kerou k nám naši předci prostřednictvím literárních děl záměrně či nezáměrně vyslali, a skrze ni pochopit naši přítomnost a dnešní svět,“ říká Pavel Janoušek z Ústavu pro českou literaturu AV ČR. Proto si také každá generace musí tímto procesem osvojování si minulosti projít znovu sama za sebe a být schopná vnímat nejen aktuální, ale i dějinný rozměr dávných uměleckých děl. Právě takový dialog přítomnosti s minulostí je jednou z hlavních domén literární vědy.

Soudobí badatelé se přirozeně opírají o poznatky shromážděné jejich předchůdci, zároveň se ale podle Pavla Janouška nemohou vyhnout neustálému hledání, přehodnocování a nacházení vztahu k tomu, co se označuje slovem literatura. „Ať už si pod tím představíme významná a nadčasová literární díla anebo rozsáhlou dobovou literární produkci, různé směry a styly, frekventovaná témata, používané formy, postupy a žánry, stejně jako sám literární život, nakladatelskou činnost, fungování různých institucí či osudy vybraných spisovatelů.“

Skutečnosti, které se po desetiletí či dokonce staletí zdály být jednoznačné, se z dnešního, nutně odlišného zorného úhlu mohou jevit jinak, mohou otevírat nové okruhy problému, případně posunout naši představu o logice vývoje či hodnotách. A protože vědcům z Ústavu pro českou literaturu nejde pouze o individuální pohled na minulost, snaží se vést dialog s minulostí v rámci rozsáhlých kolektivních projektů. Dnešní optikou se tak už Pavel Janoušek a jeho kolegové z oddělení 20. století a literatury současné, které vede, podívali na období socialismu – výsledkem byly rozsáhlé čtyřdílné *Dějiny české literatury 1945–1989*. Následně se začali soustřeďovat na období, která této složité epoše našich dějin předcházejí, i na literaturu polistopadovou.

## LITERATURA DOBY NESVOBODY

Do centra pozornosti literárních vědců se dostala zejména epocha velmi komplikovaná: doba pomnichovská a protektorát. „Jde o velmi specifické období, které v rámci českého myšlení o literatuře

dlouho zůstávalo jako prostor, do něhož si každý účelově promítal své představy,“ vysvětluje dál Pavel Janoušek. Často se přitom hovořilo především o dílech, která sice vznikla za protektorátu, ale byla vydána až po osvobození. Případně bývala jednotlivá díla, například Bassův *Cirkus Humberto*, z protektorátního kontextu zcela vyjímána. „Proto jsme si dali za úkol tuto komplikovanou dobu znovu ‚přečíst‘, to znamená podívat se na její literární produkci jako na součást tehdejší velmi specifické komunikační situace a zároveň vztáhnout to, co z protektorátní tvorby dodnes přežilo, k dobovému kontextu.“

Badatelé nezapomenou ani na existenci protektorátní německé literatury a začlení ji do tehdejšího literárního života. Podobně při studiu meziválečného období budou analyzovat i vazby k literatuře slovenské či dílům polské menšiny. „To je jeden z rozdílů oproti minulým dobám, kdy byla literární věda silně jazykocentrická a zajímalo ji v podstatě jen to, co bylo české. Jakkoli tedy nechceme zcela ustoupit od jazykového aspektu (už proto, že je v případě české literatury

součástí její autoidentifikace), současně inklinujeme i k areálovému myšlení, které si klade za úkol národní literaturu neizolovat, nýbrž začlenit do konkrétního historického časoprostoru,“ podotýká Pavel Janoušek. Budou se vyrovnávat nejen s díly, která se tiskla, ale i s těmi, která byla napsána, nicméně neotištěna. „Musíme vzít v úvahu texty, které vznikaly tady i za hranicemi, stejně jako literaturu vytvořenou v koncentračních táborech.“

## DIVADLO JAKO ODRAZ SVÉ DOBY ANEB „PRAŽSKÁ KAVÁRNA“

Pavel Janoušek se kromě současné prózy už od dob studií věnuje rovněž výzkumu dramatu a proměn dramatického tvaru. Jinými slovy, zabývá se polaritou mezi literaturou a divadlem.

„Velice mě zajímá vnímat tuto problematiku v delším časovém úseku: jak se mění dramatický tvar a divadelní komunikace, jak souvisí s dobovým společenským vnímáním světa a s jeho interpretací. Protože drama je velmi citlivé na to, jestli lidé ▶



Drama *Manon Lescaut* Vítězslava Nezvala je součástí repertoáru Národního divadla dodnes.

kolem sebe vnímají svět jako nějaký řád nebo ne-řád či jako chaos.“

Na jednotlivých dramatech se dají odhalit proměny postojů člověka ke světu kolem sebe. Dá se rozpoznat období, pro které je příznačná touha navrátit světu řád: „Například v protektorátu si část katolicky orientovaných intelektuálů představovala, že je třeba vrátit do národního života význam křesťanství a katolictví, čili obrátit se zpět k nadosobním jistotám spojovaným tehdy s barokem. S tím byl spjat i požadavek návratu k tradičním dramatickým formám vnímaným jako objektivní protipól vůči subjektivismu bezbožné avantgardy. A o pár let později se vůči témuž avantgardnímu subjektivismu vymezovali i komunističtí dramatici, ačkoli svůj staronový požadavek pevné

dramatické formy opírali o zcela jinou představou objektivního řádu, vyvozenou z učení marxismu-leninismu.“ Vedle toho podle Pavla Janouška existují období, kdy se společenská představa nadosobního objektivního řádu věci rozpouští, relativizuje a problematizuje. Takto například v šedesátých letech minulého století vzniklo drama a divadlo absurdní, které spíše než řád vyjadřuje ne-řád světa.

Napětí mezi různými pohledy jednotlivých autorů na svět Pavel Janoušek zkoumá na mnoha materiálech, což mu leckdy umožní nacházet překvapivé paralely. Dokresluje to například na jevu či společenské skupině, kterou dnes někteří označují trochu pohrdlivým termínem „pražská kavárna“. Historie ukazuje, že nejde o novotvar, ale tento výraz

se používal už po mnichovském diktátu: „Despekt vůči Pražákům, kteří se scházejí po kavárnách, opičí po cizině a nemají kontakt se skutečnými potřebami prostého českého lidu, se prokazatelně objevil již v divadelní hře Viléma Wernera *Noví lidé*, která chtěla posílit národní sebevědomí odmítnutím prvorepublikové masarykovské liberální demokracie a návratem k českým kořenům.“

## KLESAJÍCÍ PRESTIŽ LITERATURY

Dalším z problémů, které musí literární vědci řešit, je odlišné společenské postavení literatury kdysi a dnes – ve starších dobách totiž mívala daleko vyšší prestiž než nyní. „Kdysi dávno si lidi vyprávěli příběhy u ohně a krásná slova byla pro ně vzácná. Později se příběhy předávaly pomocí knížek. Dneska mohu zmáčknout jedině tlačítko a okamžitě mě zaplaví přehršle zbytečných slov. Během večera pak mohu shlédnout třeba dvacet příběhů, když budu chtít,“ vysvětluje Pavel Janoušek. Změnu vidí i ve vztahu k autoritám obecně – literatura a spisovatelé

”  
Každá generace, která nechce přijít o paměť a žít, aniž by věděla, odkud a kam směřuje, se vždy musí vyrovnávat s historií a hledat vztah k činům našich předků. Myšlení o literatuře a literární věda jsou takovým dialogem s minulostí a každá doba ho musí vést.

Pavel Janoušek

Pavel Janoušek je hlavním redaktorem a spoluautorem čtyřdílných *Dějín české literatury 1945–1989*, které se detailně věnují proměnám literatury v době komunistické totality. Dílo získalo Hlávkovu cenu za nejlepší publikaci v oblasti humanitních věd za rok 2008.

se těšili značně úctě, což se ovšem za poslední dobu silně změnilo prakticky v celé euroamerické civilizaci. Takže spisovatelé se pokoušejí neustále komunikovat se svou dobou a něco o ní vypovídat, nicméně česká společnost již neumí vytvářet mýtus literatury.

„Literáti se dnes objevují a zase mizí, zůstanou chvilku v povědomí, ale už nejsou velkými celebritami v dřívějším smyslu slova, kdy jako významný faktor společenského života zůstávali v obecné paměti.“ Navíc se zásadně změnil poměr k populární literatuře, jíž se dříve říkávalo brak. „Dnes je respektovaná, zato umělecké experimenty jsou odsunuty na okraj společenského zájmu jako jakési hobby některých spisovatelů.“

### **PŘEKLENOUT VÍCE NEŽ STOLETÍ**

Také s ohledem na tyto skutečnosti se bude další činnost oddělení 20. století a literatury současné Ústavu pro českou literaturu AV ČR rozvíjet v podstatě třemi směry. Prestižní a štědrý grant *Praemium Academiae*, který Pavel Janoušek převzal,

### **Soudobí badatelé se opírají o poznatky shromážděné jejich předchůdci, zároveň se ale nemohou vyhnout neustálému hledání, přehodnocování a nacházení vztahu k literatuře.**

umožní vznik tří specializovaných týmů, které se vzájemně personálně propůjčí, nicméně každý bude sledovat vlastní cíle.

Jeden se posune do první poloviny 20. století, jež vyžaduje nové literární zpracování: „Toto období naposledy studovala v šedesátých letech generace, která prošla vývojem od zaujetí komunismem přes jeho určitou reflexi až po odmítnutí. Dnešní pohled je nutně rozdílný, musí vnímat onu dobu úplně odlišným způsobem, zcela jinou hodnotovou škálou,“ konstatuje Pavel Janoušek.

Druhý tým se naopak začne věnovat syntetičtějšímu pohledu na literaturu po roce 1989, neboť ta už také pomalu přestává být aktuální skutečností a začíná odcházet do dějin. Opět je potřeba ji

posoudit z historické perspektivy a zformovat současný náhled.

Tým třetí vznikl díky tomu, že se Pavlu Janouškovi před časem podařilo obnovit v Ústavu pro českou literaturu AV ČR teatrologii neboli divadelní vědu. „Měli jsme kdysi Kabinet českého divadla, který udělal nemalý kus práce, ale v roce 1992, kdy se musela Akademie věd hodně redukovat, byl zrušen. Nyní se konstituuje tým nový, který se vrací ke komplexnějšímu syntetickému výzkumu českého divadla,“ pochvaluje si Pavel Janoušek. Jeho úkolem je v první fázi zacílit na problematiku českého dramatu 20. století, později by se měl věnovat dějinám českého poválečného divadla.

Pavel Janoušek a jeho kolegové budou tímto způsobem pokračovat v aktivním dialogu s českou literaturou a divadlem od první poloviny 20. století až po současnost. Znovu prostudují dostupné historické prameny a přečtou tehdejší texty, aby se k nim mohli vztáhnout očima současné generace a ve výsledku nabídli aktuální náhled na to, co spoluutváří naši kulturní identitu. □

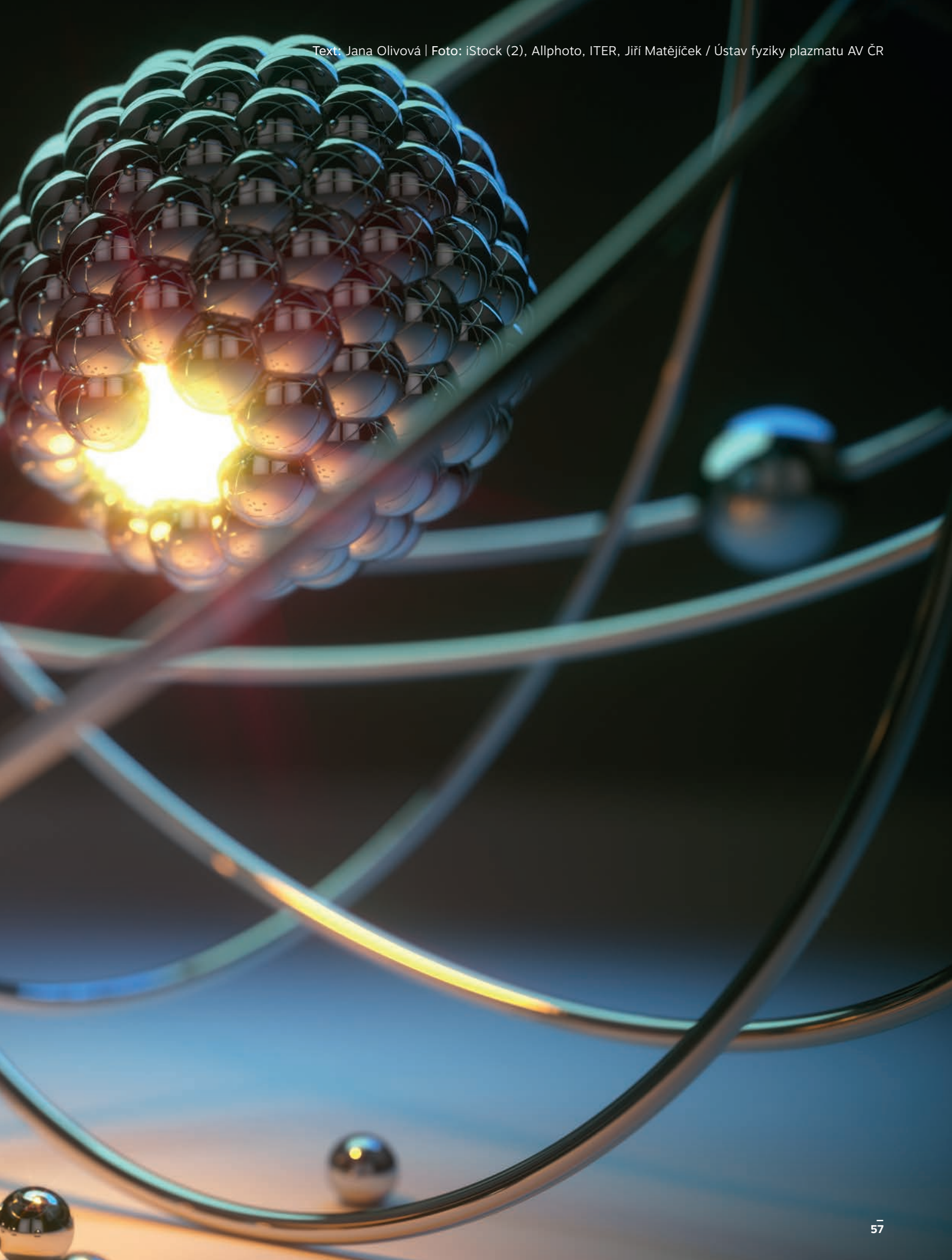
Pavel Janoušek a kolektiv  
DĚJINY  
ČESKÉ  
LITERATURY  
1945–1989

Academia

# Materiály pro bezpečné využití JÁDRA

**Stále rostoucí hlad současného světa po energii můžeme nejúčinněji nasytit využitím energie vázané v jádře atomů.** Uvolnit se však dá jen za tak složitých fyzikálních podmínek, že jaderné reaktory, ať už v nich atomová jádra štěpíme, nebo naopak slučujeme, musí být z materiálů, jejichž vlastnosti jsou na hranici našich současných možností nebo je dokonce přesahují. Řešení proto mají v rukách vědci.





Snad každý z nás to někdy zažil. Natřeme zábradlí nebo okenní parapet, za pár let stejně začne rezavět. Na podvozku auta po zimě pátráme po zhoubných rezavých stopách, následcích posypové soli, rezaví i mostní konstrukce. Prostě všechno na Zemi dříve či později podlehne korozi – jde o naprosto přirozený projev vzájemného působení mezi prostředím a materiálem, jehož výsledek je pro nás ovšem často silně nežádoucí a snažíme se mu všemožně bránit. Materiáloví fyzikové už dlouho hledají způsoby, jak lépe ochránit před korozi povrch palivových článků v jaderných reaktorech. Ve Fyzikálním ústavu AV ČR se pustili cestou, nad níž sice zpočátku ostatní kroutili hlavou, ale nakonec se ukázala jako správná – vedla ke zcela nové metodě, jak korozi palivových tyčí výrazně oddálit.

## JADERNÁ KATASTROFA VE FUKUŠIMĚ USPIŠILA VÝZKUM

Jaderné palivo se ukládá do dlouhých kovových trubek, které se ve velkých svazcích zasouvají do aktivní zóny reaktoru. Dlouhodobě se tyto trubky vyrábějí ze slitiny zirkonia s přidavkem dalších kovů. Zirkonium samo o sobě je vůči korozi vysoce odolné, a to i při běžném provozu v jaderném reaktoru, kdy teploty dosahují „jen“ zhruba 300 °C. Jakmile se však teplota zvýší nad standardní mez, koroze začíná být i zde vážným problémem: „Při havárii v jaderné elektrárně Fukušima v roce 2011 nekontrolovaně a značně vzrostla teplota v jaderném reaktoru, čímž se velmi zvýšila koroze zirkoniových článků, navíc se uvolnilo nadměrné množství vodíku. Ten explodoval, zkorodované zirkoniové obaly palivových tyčí se roztrhly, jaderné palivo se bohužel dostalo mimo reaktor a kontaminovalo prostředí ve Fukušimě a okolí,“ připomíná Irena Kratochvílová, vedoucí skupiny NanoESCA Fyzikálního ústavu AV ČR. Právě po této tragické události mimořádně vzrostla poptávka po vylep-

”  
Mnoho kolegů říkalo, že nám to nemůže nikdy pořádně fungovat. Ale funguje.

Irena Kratochvílová

še voda ke kovu neměla dostat. Jenže ideální případ nenastal – všechny testované materiály tohoto typu při vysokých teplotách praskaly a koroze se rozbíhala ještě rychleji.

Ve Fyzikálním ústavu AV ČR ve spolupráci s ČVUT však dostali jiný nápad, objasňuje Irena Kratochvílová: „V roce



Jaderná elektrárna Fukušima Daiči, kterou v roce 2011 závažně poškodila vlna tsunami vyvolaná extrémně silným zemětřesením. Práce zde pokračují dodnes.

šení povrchů palivových článků, aby se jejich koroze minimalizovala. Prvořadým požadavkem bylo především zvládnout vysokoteplotní korozi a v případě havárie, kdy se výrazně zvýší teploty, zbrzditi ji alespoň do doby, než bude možné nějak reálně zakročit.

## CESTA ČESKÝCH FYZIKŮ PROTI PROUDU

Čeští fyzikové zvedli rukavici hzenou provozovateli jaderných elektráren. Vydali se ale jiným směrem než jejich zahraniční kolegové. Ti se snažili vytvořit ochrannou antikoroziční vrstvu z řady materiálů – vesměs kovových slitin a keramiky – aby vytvořily nepropustnou vrstvu mezi vnějším prostředím (v jaderném reaktoru vodním nebo parním) a kovem, z něhož se vyrábějí palivové tyče.

V ideálním případě by se voda ke kovu neměla dostat. Jenže ideální případ nenastal – všechny testované materiály tohoto typu při vysokých teplotách praskaly a koroze se rozbíhala ještě rychleji.

2013 jsme přišli s myšlenkou použít místo kovů a keramiky úplně jiný materiál, který je naopak prostupný pro molekuly vody – polykrystalickou diamantovou vrstvu připravenou metodou zvanou depozice z plynné fáze.“ Tvoří ji zhruba z 96 % mikroskopické diamantové krystaly a zbytek je měkký uhlík – je tedy pevná a pružná zároveň. Rozhodně ale není vodě neprostupná. „Mnozí kolegové nám říkali, že nám to nemůže nikdy pořádně fungovat. Ale funguje.“ Čeští fyzikové se totiž nesnažili zcela zabránit průniku vody přes zirkoniovou vrstvu k jadernému palivu, ale potáhli ji svou polykrystalickou diamantovou vrstvou. Díky tomu významně ovlivnili proces koroze povrchu zirkoniového článku. Zjistili, že již během nanášení ochranné polykrystalické diamantové vrstvy a potom za běžného provozu i při havarijních podmínkách v jaderném reaktoru z ní začne pronikat do povrchu zirkoniové slitiny uhlík. Tím se změní poměry v povrchu palivového článku natolik, že se zásadním způsobem omezí oxidace. Koroze se pak v závislosti na tloušťce vrstvy sníží o 20–30 %.

## EXPERIMENTY PŘEDČILY OČEKÁVÁNÍ

Vědci postupně svůj materiál vyzkoušeli při standardních i při velmi vysokých teplotách simulujících havárii jaderného

reaktoru; vysoké teploty nechali působit krátkou i dlouhou dobu; nanášeli své polykrystalické diamantové vrstvy na různé slitiny, vytvořili tenčí i tlustější, přidávali do nich bor atd. Testovali je jak přímo ve Fyzikálním ústavu AV ČR, tak na zařízeních ČVUT, VŠCHT Praha či Univerzity Palackého v Olomouci. „Spolupracovali jsme na tomto projektu i s Technologickou agenturou ČR a s firmou Westinghouse, která nám dodávala materiály a prováděla některé testy na svých zařízeních v USA. Nakonec jsme prokázali, že naše vrstva výrazně snižuje korozi zirkoniových palivových prvků nejen při havarijním zvýšení teplot, ale i při teplotách provozních,“ říká Irena Kratochvilová.

To byl neocenitelný poznatek. Vyplynulo z něho, že antikorozi ochranné diamantové vrstvy nemusí sloužit ke zvýšení bezpečnosti jaderných reaktorů pouze při haváriích (což byl prvotní cíl), ale při normálním provozu fungují dokonce natolik výborně, že dokážou podstatně prodloužit životnost palivových článků. V důsledku toho se zvýší i efektivnost využití jaderného paliva samého. „Celý palivový článek i s jaderným palivem se totiž obvykle nevyhazuje kvůli vyhoření paliva, ale protože po několika letech zirkoniový obal příliš zkoroduje.“

Takže v současné chvíli se zdá, že největším přínosem výzkumů ve Fyzikálním ústavu AV ČR se může stát úspora jaderného paliva při běžném provozu reaktoru, protože havárie s extrémními teplotami jsou obecně málo pravděpodobné. Fyzikové se už předběžně dohodli s kolegy z americké firmy Westinghouse, že by český nápad či patent koupili a zavedli ho do svých zařízení především proto, aby nemuseli tak často měnit palivové tyče kvůli korozi.

## SVĚTLÁ BUDOUCNOST DIAMANTOVÝCH VRSTEV

Od února 2017 se polykrystalické diamantové vrstvy zkoušejí v aktivním prostředí výzkumného jaderného reaktoru v norském Haldenu a pokud úspěšně projdou všemi testy, mohou se začít využívat k ochraně zirkoniových slitin proti korozi v jaderných reaktorech po roce 2020.

Týmy Fyzikálního ústavu AV ČR, ČVUT a firmy Westinghouse však neusínají na vavřínech, naopak zkoušejí další technologická vylepšení. Pokusí se mj. na svou diamantovou vrstvu přidat navíc nepropustnou kovovou slitinu a sledovat, jestli se dál vylepší funkce původní antikorozi vrstvy a ještě o něco víc omezí koroze. Vědci zkoušeli už tři typy slitin a nyní mají navíc jednu úplně novou.

Vlastnosti antikorozi polykrystalické diamantové vrstvy jsou natolik přesvědčivé, že nemusí sloužit jen v jaderných reaktorech. Vědci z Fyzikálního ústavu AV ČR se tímto materiálem pokoušeli pokrýt i kovové koronární stenty zaváděné do zúžených cév pacientů trpících ischemickou chorobou srdeční – s výbor-

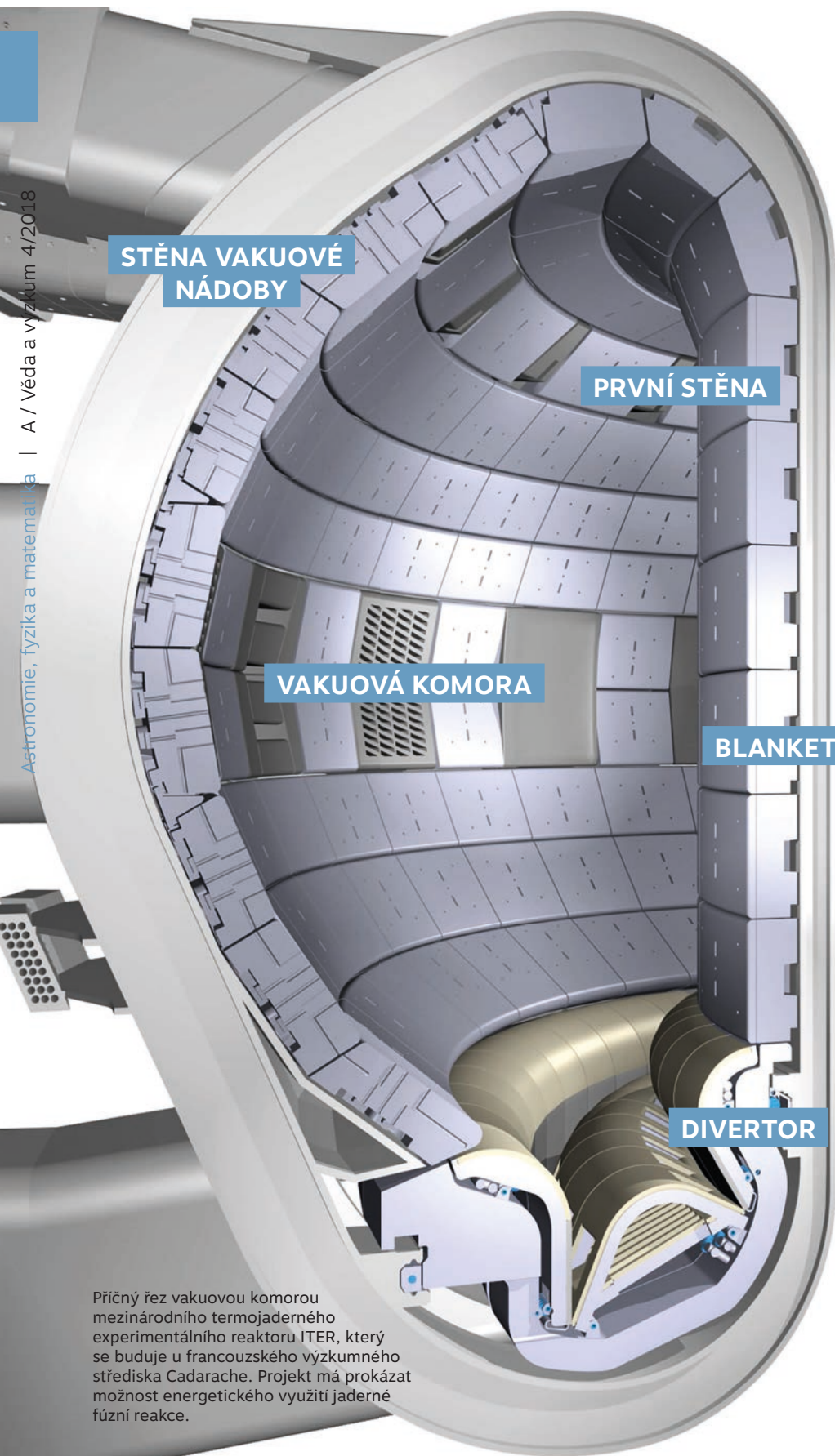
ným výsledkem. Jejich technologie tedy může mít velice zajímavou budoucnost – tím spíš, že vyrobit tenkou vrstvu z malých diamantových krystalků není vůbec drahé.

## NEDOSTIŽNÁ JADERNÁ FÚZE?

Jestliže se zdá těžké vyrobit materiály pro jaderné reaktory získávající energii štěpením atomových jader, nesrovnatelně obtížnější je splnit požadavky pro reaktory, v nichž by probíhala řízená termojaderná fúze. Při ní se slučují atomová jádra lehkých prvků na jádra prvků těžších za uvolnění obrovského množství energie. Kdybychom tyto procesy, které probíhají v nitru hvězd, ovládli, získali bychom ▶



Bázen vyhořelého jaderného paliva uvnitř ochranné obálky jaderného reaktoru, do něhož se ukládají vyhořelé palivové tyče vyňaté z reaktoru a několik let se v něm chladí.



spolehlivý, bezpečný a prakticky nevyčerpatelný zdroj energie. Vědci se o to snaží už od poloviny minulého století – ale nezdolaných překážek je stále spousta. Jednou z nich je sám reaktor.

## NÁROČNÉ PLAZMA

Palivem pro jadernou fúzi je plyn tvořený izotopy vodíku deuteriem a tritiem, který se musí ohřát na 100–150 milionů stupňů, aby nabyl skupenství plazmatu. Není snadné najít materiály, které tak extrémní teploty vydrží. „Nejnadějnější konstrukční formou fúzního reaktoru je zařízení na bázi tzv. tokamaku. Vypadá jako prstenec, jehož středem obíhá horké plazma, které se udržuje magnetickými cívkami tak, aby se nedotýkalo stěn nádoby. Nevydrží tak ale donekonečna,“ vysvětluje Jiří Matějčík z oddělení materiálového inženýrství Ústavu fyziky plazmatu AV ČR. Jakmile se plazma dotkne stěny nádoby, začne okamžitě ztrácet svou vysokou teplotu. Jeho ohromná energie ve formě tepla a částic začne proudit na stěnu tokamaku, kde

## TOKAMAK

Je nejpokročilejší konstrukční formou fúzního reaktoru. Má podobu prstence, jehož středem obíhá horké plazma. Jeho hlavní součástí je prstencová vakuová reakční komora, kolem níž jsou navinuty magnetické cívkové. Ty vytvářejí toroidální magnetické pole, které (spolu s magnetickým polem generovaným elektrickým proudem) udržuje plazma izolované od stěn reaktorové nádoby. To však nelze trvale, takže vnitřní stěna vakuové komory se bude občas dostávat do přímého kontaktu s horkým plazmatem a bude také silně ozářena fúzními neutrony. Těmto náročným podmínkám musí odolávat – proto je tak obtížné najít vhodné materiály pro její výrobu. První stěna vakuové komory je bezprostředně vystavena plazmatu a má chránit konstrukci reaktoru před jeho přímým působením. Prostor mezi první stěnou a vakuovou nádobou vyplňuje vnitřní obložení (blanket). Divertor vymezuje hranice plazmatu a umožňuje odvod odpadního helia a nečistot z reaktoru. Představuje nejvíce zatíženou jadernou komponentu fúzního reaktoru.

Příčný řez vakuovou komorou mezinárodního termojaderného experimentálního reaktoru ITER, který se buduje u francouzského výzkumného střediska Cadarache. Projekt má prokázat možnost energetického využití jaderné fúzní reakce.

pak dochází k nežádoucím povrchovým i objemovým změnám. Těm je třeba co nejdříve zabránit. „Z toho plynou značné nároky na materiál obrácený přímo k plazmatu – a právě tím se zabýváme.“

Nejslibnějším kandidátem pro první stěnu tokamaku je wolfram a materiály na jeho bázi. Wolfram vydrží velmi vysoké teploty, ovšem také nikoli bezmezně – má bod tání asi 3400 °C. Dalším jeho kladem je poměrně dobrá tepelná vodivost, může tedy dobře odvádět teplo z povrchu více do hloubky, kde je chladicí systém. Navíc je odolný i proti erozi vyvolané dopadem částic z plazmatu.

## FUNKČNĚ GRADOVANÉ MATERIÁLY

Wolfram sám však nestačí zajistit požadovanou odolnost první stěny fúzního reaktoru. To se očekává od speciálních, tzv. funkčně gradovaných materiálů, které v Ústavu fyziky plazmatu AV ČR vyvíjejí. Jde o vrstvené struktury kombinující například povrchovou odolnost wolframu s tepelnou vodivostí mědi nebo dobrými mechanickými vlastnostmi oceli – a to tak, aby se vlastnosti v materiálu plynule měnily z jedné ve druhou. V tomto konkrétním případě se vědci zaměřují především na kombinaci wolfram-ocel a wolfram-měď: wolfram je vhodný pro první stěnu reaktoru obrácenou k plazmatu, ovšem na druhé, odvrácené straně jsou zase žádoucí kvality buď mědi, nebo oceli. „Kdybychom tyto dva hodně rozdílné materiály – wolfram a měď – spojili ostrým spojem, třeba pájením, při zahřívání by nastal problém. Wolfram má nízkou teplotní roztažnost, takže se bude rozpínat málo, zatímco měď se bude roztahovat hodně. Na jejich rozhraní by

**Spoutat a ovládnout termojadernou fúzi, která je zdrojem energie Slunce a dalších hvězd, je lákavé. Otázkou však stále zůstává, jestli jsou naše technologie již dostatečně vyspělé, aby tento mimořádně složitý proces zvládly.**

tudíž vznikalo vysoké pnutí a obě vrstvy by měly tendenci se od sebe odtrhnout,“ říká Jiří Matějčík. Proto je žádoucí, aby byl přechod mezi nimi plynulý a pnutí se rozložila na větší šířku.

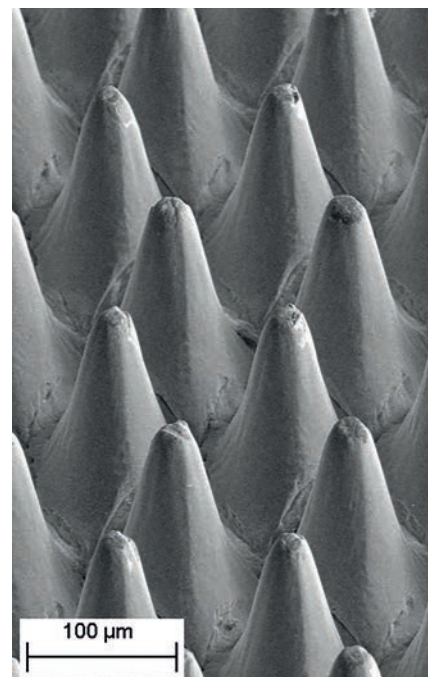
V Ústavu fyziky plazmatu AV ČR je připravují metodou plazmového stříkání z práškových částic o velikosti desítek mikrometrů. Ty se vnesou do proudu plazmatu vytvářeného plazmovým hořákem, v něm se roztaví a ve formě kapiček dopadají na nějaký povrch, kde tuhnou. Nakonec se vytvoří celá vrstva. Předností tohoto procesu je právě možnost v libovolném poměru míchat práškové částice různého druhu, a tím ovlivňovat profil složení výsledného materiálu. Jednoduše řečeno: vezmou se prášky z materiálů A a B, zpočátku se nanáší třeba 90 % složky A a pouze 10 % složky B, ale v průběhu stříkání se jejich poměr postupně obrací, až nakonec převáží složka B. Tím se dosáhne plynulého přechodu od A k B – vzniká funkčně gradovaný materiál.

„Druhá možnost je, že materiály – opět ve formě prášku – lisujeme za současného působení vysoké teploty a tlaku, až se odstraní mezery nebo póry mezi částicemi a vznikne kompaktní hmota,“ pokračuje Jiří Matějčík.

Pozvolná přechodová vrstva se dá rovněž vytvořit přímo na atomární úrovni technikou naprašování. Do vakuové komory se vloží terčíky z obou materiálů, A i B. Z nich se pak uvolňují (odprašují) částice, které se pomocí plazmatického výboje nanášejí (naprašují) doslova po jednotlivých atomech na podložku – a různým poměrem odprašování z jednoho a z druhého terčíku se dá opět ovlivňovat složení výsledných materiálů.

## NAJÍT A PROVĚŘIT SPRÁVNÉ MATERIÁLY TRVÁ DLOUHO

Testování probíhá na několika úrovních, každá se zaměřuje na jinou vlastnost důležitou pro potenciální použití materiálů ve fúzním reaktoru. „U nás pozorujeme jejich strukturu, přítomnost pórů, případně trhlin, jak dobře jsou promíchané částice jedné a druhé složky. Zjišťujeme jejich tepelné a teplotní charakteristiky, zejména tepelnou vodi-

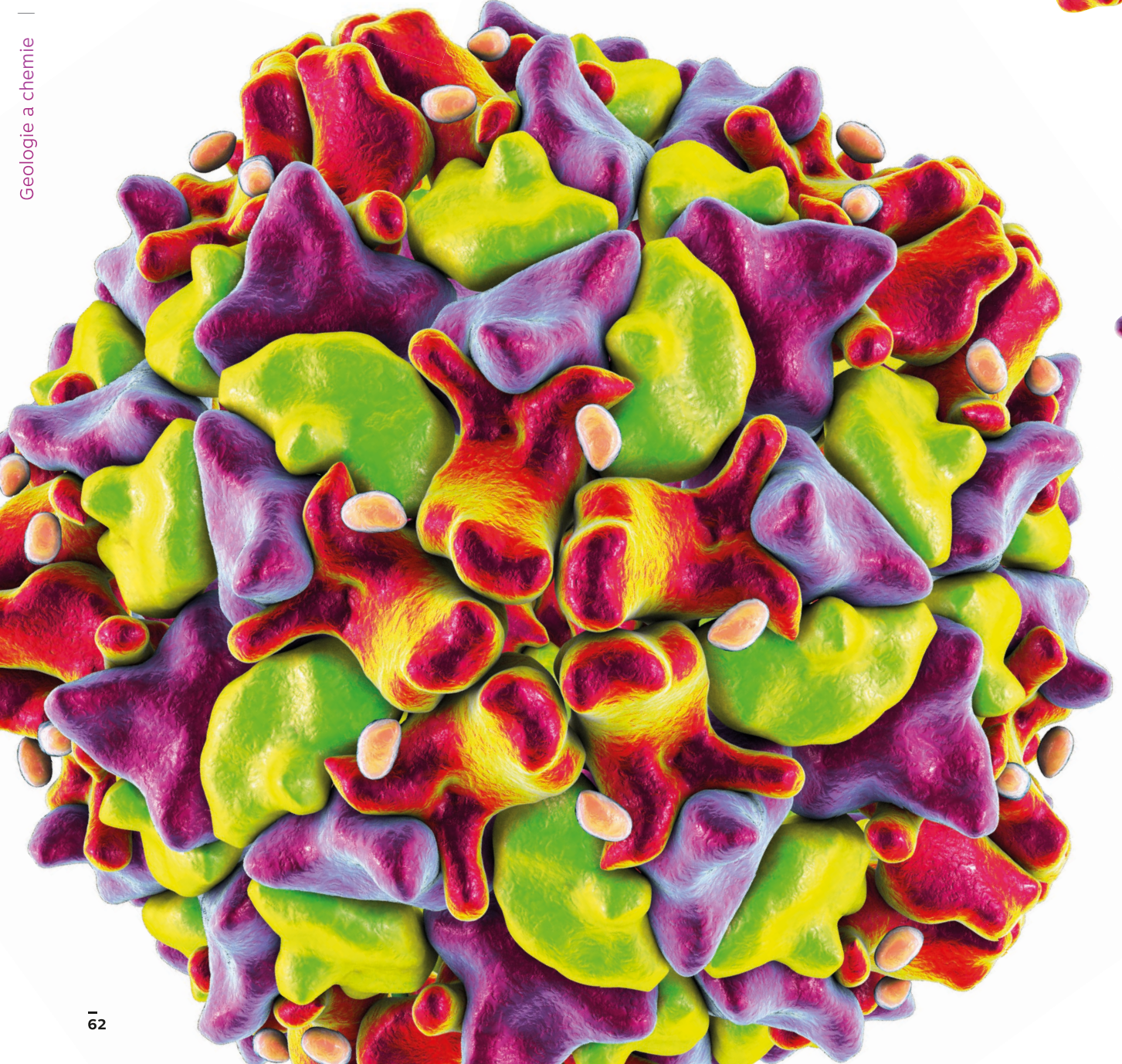
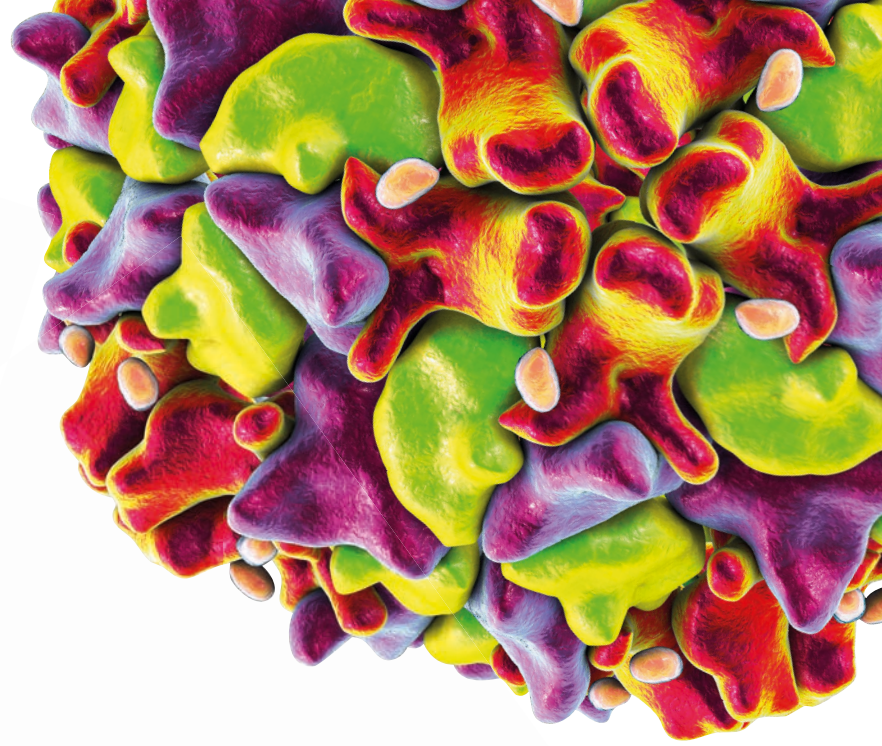
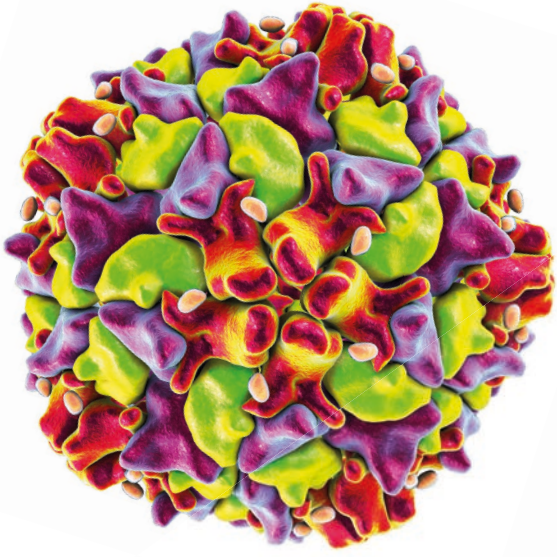


Povrch wolframu texturovaný laserem pro zvýšení přilnavosti nástřiku

vost – můžeme měřit až do 1500 stupňů. Určujeme i mechanické kvality, jako je modul pružnosti, pevnost v tahu nebo ohybu a v případě nástřiků i jejich přilnavost k podložce.“

Podle Jiřího Matějčíka situaci komplikuje i skutečnost, že v budoucím tokamaku nebude celá stěna obklopující plazma všude stejná, protože ani tepelné toky z plazmatu nebudou rovnoměrné. „V místech, kde budou nejsilnější, se proto počítá s wolframem – čistým nebo optimalizovaným, aby byl odolný nejen vůči vysokým tepelným tokům, ale i mechanicky.“ Větší část první stěny tokamaku sice nebude tak extrémně tepelně namáhaná, ale zase bude mít velkou plochu. Pro ni se zase vyvíjejí materiály s vysokou odolností proti oxidaci, ke které by mohlo dojít v případě porušení vakua.

Fyzikové z Ústavu fyziky plazmatu AV ČR spolupracují i s partnery v zahraničí na zkouškách, při nichž se už dosti věrně simuluje chování nejslibnějších materiálů v budoucím tokamaku. Ovšem najít a připravit takové, které by splnily skutečně enormní nároky, je běh na velmi dlouhou trať. Jinudy nicméně cesta k bezpečnému a účinnému získání energie z atomového jádra opravdu nevede. □



# JAK ZBOŘIT továrnu na VIRY

Pikornaviry jsou malé jednoduché druhy virů, v lidském těle ale mohou napáchat velké škody. Vedle nepříjemné rýmy způsobují i závažná onemocnění srdce a mozku a komplikují astmatické stavy. Lék proti nim neexistuje. Dá se ale bojovat s jejich pomocníky, našimi vlastními enzymy, které virům umožňují rychlé množení. **Na vývoji účinné zbraně proti nim se podílí Ivana Mejdrová z Ústavu organické chemie a biochemie AV ČR.** Za svou práci získala ocenění pro doktorandy v soutěži Česká hlava 2018.

nukleovou kyselinu. Volná RNA v našich buňkách dlouho nevydrží, pokud bychom viru zabránili množit se, tělo by si s ním velmi dobře poradilo," uvádí Ivana Mejdrová.

V boji proti pikornavirům jde tedy o to zaměřit se na agenta, který umožňuje množení, a tím je jeden z typů lidských enzymů. Patří mezi takzvané kynázy a v odborných studiích je znám pod zkratkou PI4KB. „Tento enzym máme v buňkách přirozeně, umísťuje na membránách jakési značky, které viry využívají k orientaci. Viry jej umí i přinutit, aby značek udělal co nejvíce, a na jejich místě pak začnou stavět replikační komplexy, takové továrničky, kde se namnoží,"

vysvětluje mladá vědkyně. Že pikornaviry využívají zrovna tento konkrétní enzym, se ví již delší dobu. Zaměřují se na něj týmy vědců v různých koutech světa. Ještě před několika lety však nebyla známa jeho krystalová struktura, bylo proto těžké najít vhodnou látku (inhibitor), která by k němu pronikla a zastavila nebo omezila jeho činnost.

Rozluštěním krystalové struktury enzymu se daly události do pohybu a hledání vhodných látek se usnadnilo. „Naše inhibitory míří do aktivního místa, kde se přirozeně váže ATP, tedy adenosintrifosfát, který je základním zdrojem energie v buňkách. Enzym tím pádem nemůže tvořit značky nezbytné pro replikaci virů," popisuje Ivana Mejdrová. ▶

**L**éčená rýma trvá týden, neléčená sedm dní... Žádný skutečně účinný lék na rýmu totiž není – důvod spočívá paradoxně v jednoduchosti virů, které ji způsobují. Patří do skupiny tzv. pikornavirů, drobných bezobalových RNA virů. „Je to v podstatě jen proteinová schránka, která chrání ribo-

## SLOVNÍČEK POJMŮ

### Pikornaviry

*Picornaviridae* je čeleď malých neobalených RNA virů, která zahrnuje několik významných rodů. Název čeledi se odvozuje od slov pico (velmi malý) a RNA, tedy malé RNA viry. Patří mezi ně například enteroviry a rhinoviry způsobující rýmu a běžné respirační nemoci, ale i další rody a druhy, které bývají původci encefalitidy (zánět mozku) nebo myokarditidy (zánět srdce).

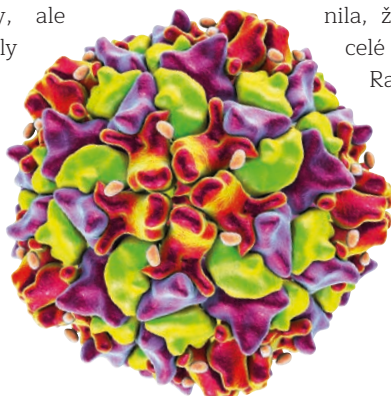
### Fosfatidylinositol 4-kinasa (PI4Ks)

Enzym (kináza), který katalyzuje přenos fosfátu z ATP (adenosin trifosfátu) na fosfatidylinositoly, jež tvoří součást buněčných membrán a jsou důležité v řadě buněčných procesů. Jeden z typů těchto enzymů má zásadní vliv na replikaci pikornavirů.

## RECEPTY CHEMICKÉ KUCHYNĚ

Vytvořit nebo jak říkají chemici „uvařit“ správnou látku, která perfektně zapadne na dané místo enzymu, není zrovna snadné. Ivana Mejdrová se přidala k výzkumné skupině Radima Nencky z Ústavu organické chemie a biochemie AV ČR přibližně před pěti lety a ihned se zapojila do práce. „Můj vedoucí mi dal po krátké době volnou ruku, abych se sama rozhodovala, co a jak na molekule změním, jakou funkční skupinu přidám, co přivařím. Měla jsem štěstí, že ze série látek, kterých bylo více než 150, se některé ukázaly jako opravdu velmi účinné,“ vysvětluje Ivana Mejdrová.

Hledání správných cest vedoucích k vývoji nových léčivých látek je vždy plné slepých uliček. Každý chemik se s nimi potýká. Stává se, že půl roku i déle připravuje jednu cílovou látku a stále se to nedaří, reakce popsané v odborné literatuře neběží, jak mají. V tomto konkrétním případě se nakonec povedlo „uvařit“ slibné látky, ale mělo to háček. Nešly připravit k testování, jednoduše se je nepodařilo rozpustit. I tuto zdánlivě neřešitelnou překážku se naštěstí podařilo překonat a kolečko



různých testování tak mohlo začít. První zkoušky na toxicitu dopadly dobře. V nejbližší době by mohli vědci zahájit reálné testy na myších infikovaných pikornaviry.

Uskuteční se ve Spojených státech v laboratořích National Institutes of Health (NIH) ve spolupráci s Univerzitou Johnse Hopkinse. Jakkoli látky zatím vypadají slibně, cesta k případnému, opravdu účinnému léku potrvá ještě velice dlouho. Podobné procesy trvají celá léta, někdy desetiletí.

### CENA Z RUKOU NOBELISTY

Dostat se na počátku vědecké kariéry k takto slibnému výzkumu, který má potenciál jednou v budoucnu uzdravovat nemoci, lze považovat za štěstí. Ivana Mejdrová si je toho vědoma a i při přebírání ceny Doctorandus za přírodní vědy v soutěži Česká hlava zdůraznila, že ji považuje za ocenění celé vědecké skupiny. V týmu Radima Nencky pracuje 12 lidí, z toho tři se věnují či věnovali přímo látkám cíleným na enzym, jenž pomáhá pikornavirům v množení. Připomněla navíc, že nelze opome-

nout ani další desítky lidí, kteří se podílejí na vzniku i testování látek, biochemiky, virology a další odborníky.

”

Převzít ocenění za přítomnosti tří nobelistů vnímám jako obrovskou poctu.

Ivana Mejdrová

Za podíl na slibném výzkumu potenciálně léčivých látek letos v létě obdržela také významné ocenění v soutěži Sanofi za farmacii. Cenu přebírala v pražském Buquoyském paláci v přítomnosti tří francouzských nositelů Nobelovy ceny – Jean-Marie Lehna, Jean-Pierre Sauvage a Serge Haroche. „Byla to ohromná pocta. Pro začínajícího vědce je to neuvěřitelné štěstí, když se dostane do jedné místnosti se třemi nobelisty,“ konstatuje Ivana Mejdrová.

Součástí ocenění byla možnost vybrat si stáž v jedné z francouzských laboratoří. Ivanu Mejdrovou tak v blízké době čeká cesta do Francie, i když přesné místo teprve vybírá společně s vedoucím týmu. Jako postdoktorandka by také ráda vyjela někam do zahraničí i na delší pracovní pobyt. Chemický výzkum rodačku z Podkrkonoší velice baví, pochvaluje si hlavně, že má šanci vytvářet něco úplně nového, co nikdo před ní nezkusil, a že na konci cesty, byť s mnoha slepými uličkami, může být lék, který může pomoci milionům lidí. □





**Mgr. IVANA MEJDROVÁ, Ph.D.**

**Ústav organické chemie  
a biochemie AV ČR**

Je postdoktorandkou ve vědecké skupině Radima Nencky. Cílem výzkumů týmu je mimo jiné vývoj nových inhibitorů lipidových kináz (látek s potenciálem zabrzdit funkci enzymů, které pomáhají v replikaci jednoduchých RNA virů). Druhým směrem aktivit vědecké skupiny je příprava nových heterocyklických sloučenin s možnou účinností zejména proti virům HIV, hepatitidy B a klíšťové encefalidity.

# Hledání IDEÁLNÍHO STÁTU

**Stát je pro společnost základem, jeho existence nám zaručuje sociální stabilitu, zdravotní péči, bezpečnost a vzdělávání. Přesto má také své negativní rysy, mnozí k němu mají výhrady. Není nakonec stát ve 21. století přežitkem?**

# STRATEGIE AV21



**P**aragrafy, vyhlášky, zákony, směrnice, metodiky... Každý čas od času zápolíme s byrokracií, když něco potřebujeme vyřídit a, jak se říká, běháme po úřadech.

Také si v podobných situacích myslíte, jestli by se nám nežilo lépe bez státu, jeho

institucí a bezpočtu úředníků, kteří se starají, aby fungoval?

Vždyť například letos stoupl počet těch, kteří dbají o „blaho našeho státu“ až na 450 tisíc. Nemluvě o superbyrokratické Evropské unii, jejíž instituce v Bruselu, Štrasburku a Lucemburku zaměstnávají

desítky tisíc úředníků a náklady na její roční provoz dosahují osmi miliard eur.

Existují ale smysluplnější varianty společenského zřízení, než je stát? „Třeba bychom se mohli pokusit stát se kmenovou společností,“ podotýká s nadsázkou Petr Sommer z Filosofického a Archeologického ústavu AV ČR. „Ale vážně – v současnosti pro nás žádnou variantu nevidím,“ pokračuje renomovaný mediavista, který v Akademii věd ČR koordinuje výzkumy humanitně zaměřených pracovišť v programu Strategie AV21 *Evropa a stát: mezi barbarstvím a civilizací*.

## UNESENÁ EVROPA

Od starověkého Řecka přes antický Řím, křesťanský středověk, osvícenství až po moderní společnost se Evropané zamýšleli, jaký je smysl a směřování jejich vlastní civilizace, co ji charakterizuje, a naopak odlišuje od kultur v jiných částech světa.

Když se řekne Evropa, většině z nás se zřejmě nejdříve vybaví představa kontinentu a zároveň související kultura a civilizace, jejichž kořeny sahají do hloubky tří tisíciletí.

## EVROPA A STÁT: MEZI BARBARSTVÍM A CIVILIZACÍ

Žijeme v ideálním státě? Jaké jsou jeho negativní a pozitivní stránky? Mohou odpovědi na podobné otázky vycházet z konkrétních kritérií a ověřených argumentů? Nejen těmito tématy se zabývá interdisciplinárně zaměřený program Strategie AV21 *Evropa a stát: mezi barbarstvím a civilizací*, který chce veřejnosti ukázat, jak důležité jsou pro chápání naší současné společnosti humanitní vědy. Analýza role státu a moci je jedním z úkolů programu, na kterém spolupracuje patnáctka pracovišť Akademie věd ČR. Jeho výstupy jsou předávány veřejné i politické sféře – a to včetně Parlamentu ČR, zejména jeho výborům, k diskusím, na kterých se podílejí jednotlivé platformy výzkumných témat tohoto programu.



Kam v mnohotvárném světě směřuje Evropa? Na snímku Evropa jako královna z biblického geografického atlasu *Itinerarium Sacrae Scripturae* Heinricha Büntinga (1546–1606).



prof. PhDr. **PETR SOMMER, CSc., DSc.**

**Archeologický ústav AV ČR,  
Filosofický ústav AV ČR**

Co ji vytvořilo a s čím souvisí? Bájný příběh z řecké mytologie hovoří o únosu dcery fénického krále Agénora, který provedl Istivý Zeus. Vzal na sebe podobu býčka a Európe vyzval, aby si na něm poseděla. Když usedla, šel s ní k moři, vstoupil do něj a postupně se vzdaloval od břehu, až s ní doplaval na Krétu, kde se Európe stala matkou krétského vládce Mínoa. Jeho jméno nese minojská kultura, předchůdkyně řecké civilizace, pravděpodobný základ kultury evropské.

Mýtus je vyjádřen v podobstvích a nejasně, jak se na něj sluší. Zdá se však, že jakousi vzpomínku na vznik evropské civilizace přeci jen přináší. Přinejmenším, že tato civilizace byla již v antice výsledkem vývoje, který, jak víme, pokračoval další tisíciletí. Jeho dědictvím je identita Evropanů, která procházela stejně složitým vývojem jako samotný kontinent. Co však tato identita znamená v současnosti především v konceptu sjednocené nebo spíše sjednocované Evropy? „Pojem evropanství má dvě roviny. První z nich souvisí s tím,

že se Evropané hlásí k jednomu celku, který překračuje tradiční státy, byť leccos z této představy je zatím přáním.

Druhou je, že jsme součástí Evropské unie, což souvisí s přísliby, představami i závazky,“ vysvětluje Petr Sommer.

### **KRVAVÉ I HUMÁNNÍ CESTY**

Program *Evropa a stát: mezi barbarstvím a civilizací* se snaží proměňám historických i současných podob státu porozumět nikoli ve smyslu, jak se vyvíjel od primi-

**Evropanství je obrovský úkol, který samozřejmě nemusíme zvládnout. Pokud ano, může vzniknout komunita měřítka světadílu, jejíž potenciál bude pro naši dobrou budoucnost dostatečný.**

Zabývá se církevní archeologií, středověkou duchovní kulturou a souvislostmi mezi středověkou hmotnou a duchovní kulturou. Je členem redakčních rad a výzkumných organizací a držitelem několika významných ocenění včetně České hlavy (2017). Působí jako ředitel Centra mediévistických studií a jako vědecký pracovník Archeologického ústavu AV ČR v Praze.

tivních forem ke složitějším, ale jak se pro jednou uchýlil k tyranii (barbarství), jindy zase k cestě humanity a kultury.

Cesta k moderním formám státu byla každopádně trnitá. A když se zaměříme třeba na nepříliš vzdálenou historii, výčet krvavých událostí, jako byly Francouzská revoluce v roce 1789, převrat v Rusku v roce 1917 nebo obě tragické světové války, by byl dlouhý.

Revoluce a násilí zkrátka byly a jsou součástí našich dějin a civilizačních procesů, ať se nám to zamlouvá, nebo nikoli. Přitom současné úsilí vyloučit násilí jako „pomocníka“ společenského vývoje je sice pozitivní, ale zatím jen částečně účinné.

„Celé 20. století opravdu přinášelo Evropě brutální příklady států, které se nemazly se svými občany ani s občany ▶

jiných společenství. A dodnes jim podobné existují. Na druhé straně ale existují státy, a náš mezi ně počítáme, které vznikaly jako dobrý prostor pro život," doplňuje Petr Sommer.

## TISÍCLETÁ TRADICE STÁTU

Německý sociolog a ekonom Max Weber definuje stát jako organizaci společnosti na určitém území, která si osobuje formu legitimního násilí pro své udržení, prosazení norem soužití, vynucování vlastního zájmu a dosažení mezinárodního uznání.

Aby tohle všechno stát dokázal zvládnout, musí být vybaven takovou organizací, která zajistí jeho ekonomickou a správní funkci, a také mít k dispozici odpovídající silové složky (armádu a policii), jež zabezpečí jeho integritu.

Petr Sommer vysvětluje, že ve střední Evropě lze společnosti s parametry státu sledovat už od 10. století. Historici ale stále diskutují, kdy už můžeme hovořit o státu, jak ho známe dnes: „Kompromisem je, že rané formy nazývají regnum. Jelikož ale nešlo o plnohodnotný stát, mluví o takzvaném raném nebo zárodečném státě. Neplatí to jen pro střední Evropu – podobný vývoj lze sledovat i v jejich dalších částech.“

## MÉNĚ STÁTU, VÍCE SVOBODY, ANEBO NE?

Diskuse o pozitivních, a naopak negativních rysech státu dostává v posled-

ních letech prostor v médiích, a jak Petr Sommer vyvozuje, vůbec nejde o nezáužatou debatu. Docela výstižně ji charakterizuje porevoluční „mantra“ devadesátých let 20. století – méně státu.

„Ide o požadavek lidí, kteří chtějí co nejvolněji podnikat a nebyť ničím svazováni. Pravicové strany proto volají po odpovědnosti jednotlivce sama za sebe. Stát by měl asistovat co nejméně. A určitě bychom našli i další zvláštnosti, při nichž se požadavek na menší roli státu formuluje jako předpoklad svobody a demokracie. Ačkoli nelze úplně říci, že by takové požadavky byly šmahem nepřijatelné, týkají se jen části rolí, v nichž stát vystupoval kdysi a vystupuje i dnes,“ vysvětluje Petr Sommer.

Extrém v této souvislosti reprezentují politické strany, které se hlásí například k myšlenkám anarchokapitalismu. Ten zdůrazňuje soukromé vlastnictví a z toho vyplývající přirozené právo vytvořit bezstátní společnosti.

V čem tedy hledat přínosy současného pojetí státu, jak ho známe z většiny zemí starého kontinentu? Přinejmenším v tom, že poskytuje určitý existenční základ občanům všech vrstev. V praxi to zna-

mená, že nám stát zaručuje právní rámec stejně jako sociální stabilitu, zdravotní péči, bezpečnost, vzdělání atd. A stát je rovněž společenstvím občanů, kteří v něm oprávněně (a někdy také neoprávněně) hledají oporu své existence.

„Ideální státní zřízení? To je věčná tužba. Těžko ho definovat tak, aby to neznělo naivně. Mělo by ale odrážet základní křesťanskou sumu nečinn jinému to, co nechceš, aby jiní činili tobě.“

Petr Sommer

pragmatická: „Vzpomeňme si, jak zakladatel Československé republiky Masaryk zdůrazňoval, že samostatný stát byl sen, který nebylo jednoduché uskutečnit. A to platí dnes stejně jako tehdy.“

## JDE O PŘEŽITEK?

Není i tak koncept státu v 21. století „přežitkem“? Petr Sommer soudí, že bychom v takovém případě museli prozkoumat, co si přeje většina lidí a jestli jim v tom demokratický stát, jako je náš, nějak brání: „Hlavně by to znamenalo, abychom



## JAKÝ VZTAH MAJÍ ČEŠI K EVROPANSTVÍ?

Není překvapením, že Češi patří v Evropě mezi vyhlášené skeptiky. A potvrzuje to i průzkum, který si nechal udělat Evropský parlament. Ze všech členských států jsme s unií spokojeni nejméně (39%). A to navzdory tomu, že se Česku v posledních letech docela daří: máme nejnižší nezaměstnanost, patříme ke státům s nejrychlejším růstem platů, z unijních fondů čerpáme stovky miliard. Jaké jsou příčiny toho, že se nám fungování EU nezamlouvá? Odráží se v naší nespokojenosti realita, nebo spíše nerozumíme, co idea evropanství znamená? Podle Petra Sommera je evropanství obrovský úkol, který nemusíme zvládnout: „Pokud se to ale podaří, může vzniknout komunita měřítka světadilu, jejíž potenciál bude pro dobrou budoucnost velký.“



## 20 LET TOULEK ČESKÝM STŘEDOVĚKEM

Středověké dějiny jsou důležitou součástí naší identity. Dokládá to i neutuchající čtenářský zájem o knihy, které se tímto historickým obdobím zabývají. Česká medievistika má v Evropě vynikající zvuk – a to i díky Františku Šmahelovi a Petru Sommerovi z Centra medievistických studií, společného pracoviště Akademie věd ČR a Univerzity Karlovy, mj. nositelů nejprestižnějšího ocenění za vědu a výzkum u nás – České hlavy. Centrum medievistických studií, u jehož zrodu v roce 1998 oba stáli, letos oslavilo 20 let a je skvělým příkladem spolupráce s univerzitní sférou – jedním z jeho důležitých úkolů je vzdělávání nové generace medievistů. Stranou nezůstává ani popularizace. V posledních letech například v souvislosti s výročími Jana Husa (2015) a Karla IV. (2016). Práci Centra představuje publikace, kterou nedávno vydalo Nakladatelství Academia v edici *Věda kolem nás*. Zdarma ji stáhnete z webu nakladatelství.

se zamysleli, co jiného, než je státní organizace společnosti, vlastně máme k dispozici. Jelikož ale jiný koncept nemáme,

nezbývá než se připravit na další soužití se státem.“

Hledání ideálního státu je proto nikdy nekončící práce. Takový stát by měl podle Petra Sommera odrážet dobře známou křesťanskou sumu „nečiň jinému to, co nechceš, aby jiní činili tobě“. Jde ale jen o evropské křesťanské pravidlo?

Podobné zásady soužití zformuloval už jeden ze sedmi mudrců Pittakos z Mytilény v 6. století př. n. l., zná je také Sokrates, vychází z nich zoroastrismus, *Talmud* a další filozofie a náboženství. „V *Babylonském talmudu* se ve formě

téměř židovské anekdoty píše, aby člověk nečinil jinému to, co nechce, aby jiní činili jemu – a to že je celá *Tóra*, zbytek

jsou komentáře. Účinná výmluva z tohoto pravidla, které se podobá společenské smlouvě, neexistuje. I když víme, jak běží skutečný život,“ pokračuje Petr Sommer.

Možná bychom mohli za pokus o cestu k dobrému státu považovat ambiciózní projekt Evropské unie. A ať už se nám její fungování líbí, či s ním nesouhlasíme, může vytvářet prostředí, v němž budou jednotlivé státy k sobě přátelské a vzájemně kompatibilní. A o nic více vlastně možná ani nejde. I když v současnosti zatím vidíme, že v různých částech unie panují odlišné názory na základní otázky soužití a vzájemné odpovědnosti.

„Nejsem utopista. Nemyslím, že podobné názory zmizí. Je ale třeba, aby vznikly mechanismy, které zajistí, že takové rozdíly získají měřítko místních zvláštností, které nebudou fungovat jako písek v ložiskách,“ uzavírá Petr Sommer. □

Oslavy života a díla Karla IV. v roce 2016, tedy 700 let od jeho narození, doprovodila mj. výstava *Druhý život Karla IV.*

Téma pro... | A / Věda a výzkum 4/2018

---

# TÉMA PRO...

## Radiouhlíkové DATOVÁNÍ

Ve škole nás učili, že radiouhlíková metoda slouží k datování archeologických nálezů. Aby vědci mohli určit stáří vykopané kosti, zbytků obilí na dně keramické nádoby nebo kousku zuhelnatělého dřeva, pomáhá jim právě tato metoda. Ačkoli nejrozšířenější, není to zdaleka jediné využití analýzy  $^{14}\text{C}$ .

**C**elníci na ruzyňském letišti právě zadrželi zásilku pašované slonoviny. Divíte se, jakou to má souvislost s radiouhlíkovým datováním? Dovoz a vývoz výrobků ze sloních klů je podle Úmluvy o mezinárodním obchodu s ohroženými druhy volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin (CITES) zakázán. Platí to však jen pro slonovinu získanou po roce 1946. Výrobky pocházející z doby před tímto datem se považují za starožitnost a zákaz se na ně nevztahuje. Česká inspekce životního prostředí tedy potřebuje informaci, zda zadržené sloní kly spadají do doby před, nebo po tomto datu. V prvním případě je slonovina legální, v druhém nikoli. ▶





## PROJEKT RAMSES

Ústav jaderné fyziky AV ČR zahájil v roce 2018 projekt, který nese jméno RAMSES. K dosavadním těžkým urychlovačům TR-24, U-120M a Tandatron 4130 MC přibude urychlovač AMS (Accelerator Mass Spectrometry), díky němuž budou vědci využívat metodu urychlovačové hmotnostní spektrometrie. „Dojde tak k naplnění naší dlouhodobé snahy rozšířit portfolio ústavních urychlovačových a jaderných analytických metod o metodu AMS, která se využívá především při stanovování  $^{14}\text{C}$  pro radiouhlíkové datování v archeologii,“ říká ředitel ústavu Petr Lukáš. V roce 2020 by tak v Řeži měl vzniknout unikátní výzkumný komplex soustředěný na jednom místě.

Aby kýženou informaci získali, obrátí se inspektoři na radiouhlíkovou laboratoř. Těch je na světě mnoho včetně například sousedního Německa a Rakouska. Nejvíce po ruce je samozřejmě laboratoř tuzemská. Jediná svého druhu v České republice, s mezinárodním kódem CRL, je detašovaným pracovištěm Ústavu jaderné fyziky AV ČR. Sídli v areálu Nemocnice Na Bulovce v Praze a na jejím chodu se podílí i pražský Archeologický ústav AV ČR, který nejenže dodává největší množství vzorků k analýze, ale zajišťuje také část materiálních potřeb laboratoře. Vzorky z celé republiky zpracovává hrstka vědeckých pracovníků a laborantek, školí se tu i několik vysokoškolských studentů. A práce mají opravdu dost.

## LIBBYHO REVOLUČNÍ METODA

Jak už napovídá její jméno, laboratoř se zabývá analýzami radioaktivního izotopu uhlíku –  $^{14}\text{C}$ . Pokud byste si chtěli informace vyhledat na internetu, museli byste do vyhledavače postupně zadávat různé obměny názvu této metody: datování radiouhlíkové, radionuklidové nebo také radiokarbonové, případně metoda uhlíkového datování. Jde však o jednu a tutéž věc. Kořeny metody sahají do čtyřicátých let 20. století, kdy ji americký fyzikální chemik Willard Libby představil vědecké komunitě. Za zavedení a další rozvoj radiouhlíkového datování následně obdržel v roce 1960 Nobelovu cenu.

Na jakém principu funguje? Datovat můžeme téměř jakýkoli organický materiál nebo předmět, který obsahuje jeho zbytky. Nejčastějšími typy vzorků jsou dřevo, kosti, uhlíky, zuby, textilie, kůže, obiloviny, půdy či rašeliny. Metoda vychází z předpokladu známé výchozí aktivity  $^{14}\text{C}$  v přírodě. Vezměme si jako příklad nějakého živočicha.

Během svého života přijímá s potravou uhlík, ve kterém je přítomen i  $^{14}\text{C}$ , z okolního prostředí a „přirozenou cestou“ se ho poté i zbavuje. Ve tkáních organismu se tak udržuje poměrně stabilní aktivita  $^{14}\text{C}$ . Od okamžiku, kdy se příjem přeruší (organismus zemře) klesá aktivita  $^{14}\text{C}$  ve vzorku pouze vlivem radioaktivní přeměny. Radiouhlíkové datování tedy neurčuje datum narození daného organismu, výroby dřevěného předmětu či založení stavby, ale stanoví okamžik přerušení účasti vzorku v uhlíkovém koloběhu. Nejistíme proto, kdy byl vyroben dřevěný rám obrazu, ale kdy narostlo dřevo, ze kterého byl rám vyroben.

Ačkoli určování stáří archeologických nálezů či rozličných historických artefaktů tvoří největší objem práce, věnují se výzkumníci i jiným aplikacím. Další, kterou bychom mohli zařadit do kolony ochrana životního prostředí, je sledování  $^{14}\text{C}$  v okolí jaderných elektráren. „Věnujeme se sledování a určování hladiny aktivity tohoto radionuklidu v blízkém okolí Temelína a Dukovan, dvou českých jaderných elektráren s lehkovodními tlakovými reaktory. Za běžného provozu je v jejich případě  $^{14}\text{C}$  z hlediska dávkové zátěže okolního obyvatelstva nejvýznamnějším radionuklidem vypouštěným do ovzduší,“ upřesňuje vedoucí laboratoře Ivo Světlík z Ústavu jaderné fyziky AV ČR.



## AMPULE

Před spalováním se vyčištěná datovatelná chemická forma uhlíku musí zatavit do křemenné ampule. Vědci takto připravený vzorek vezmou a následně jej spálí v peci.

Analýzy radiouhlíkových laboratořích pomáhají chránit nejen ohrožené živočišné druhy či krajinu, ale také naši peněženku. Do motorového

paliva se například podle zákona musí přimíchávat určité množství přídatku pocházejícího z obnovitelných zdrojů. „Pro běžného daňového poplatníka je důležité, aby platil za něco, co se skutečně udělá a ne jen vykáže. V minulosti se do motorové nafty přidával methylester řepkového oleje, v současnosti to začínají být hydrogenované rostlinné oleje. Z chemického hlediska se svým složením již nijak neliší od běžné motorové nafty, která je vyrobená z fosilní ropy, jsou však dražší. Zda v naftě je, či není prodejcem deklarovaný přídatek hydrogenovaného rostlinného oleje, dokážou odhalit nejen na zahraničních pracovištích, ale i v radiouhlíkové laboratoři Ústavu jaderné fyziky AV ČR. „Na to je výborným nástrojem právě  $^{14}\text{C}$ . Přesně vidíte, kolik uhlíku je skutečně původem z obnovitelných zdrojů,“ dodává Ivo Světlík.

## OD DODÁNÍ VZORKU AŽ PO VÝSLEDNOU ZPRÁVU

Převážnou většinu vzorků zkoumaných v radiouhlíkové laboratoři tvoří archeologické artefakty. Jak samotný proces určování stáří vypadá? Dodaný materiál se nejprve důkladně prohlédne a zaeviduje. „Ne každý vzorek je datovatelný, malá část jich ani neobsahuje uhlík,“ upozorňuje Ivo Světlík. Na laboratoř se totiž

## Radiouhlíkové datování se hojně využívá v archeologii, geologii, botanice a různých paleodisciplínách.

občas obrátí někdo se žádostí o určení stáří bronzové sošky nebo kamene. I když vzorek uhlík obsahuje, musí být v datovatelné chemické formě. U kosti je to obvykle kolagen, u dřeva celulóza. Když vzorek vyhovuje, přichází na řadu samotné zpracování. Pokud byl nalezený v přírodě, obsahuje zpravidla rušivé chemické formy uhlíku, které je třeba odstranit. Následně se izoluje a vyčistí datovatelná forma uhlíku a spálí se. Vznikne oxid uhličitý, ten se znovu čistí a poté převádí do chemické formy, která je vhodná pro měření aktivity  $^{14}\text{C}$ . Pro finální měření  $^{14}\text{C}$  existuje několik metod. „Ze začátku jsme používali tzv. konvenční nebo také radiometrickou metodu založenou na syntéze benzenu. V něm proměříme  $^{14}\text{C}$  pomocí kapalínové scintilační spektrometrie,“ vysvětluje Ivo Světlík. Uvedený postup má ale několik nevýhod. Je časově náročný, protože příprava jediného vzorku i syntéza benzenu zaberou několik dní. Připravený benzen se dále musí asi měsíc skladovat, aby vymřel rušivý  $^{222}\text{Rn}$  zkreslující výsledky měření. Postup navíc vyžaduje poměrně velké množství vzorku, u dřeva jde asi o 30 gramů.

Druhá metoda, kterou v laboratoři pro datování vzorků nyní využívají, je urychlovačová hmotnostní spektrometrie (AMS – Accelerator Mass Spectrometry). Oproti konvenční metodě má několik výhod. Pro datování jí stačí asi 1000× menší množství vzorku (tj. u dřeva pouhých 30 miligramů) a je rychlejší. Na českých pracovištích zatím bohužel není k dispozici vhodný urychlovač, takže laboratoř pečlivě připravené vzorky zaslá k finálnímu měření do zahraničí. Situace by se však brzy měla změnit. Ústav jaderné fyziky AV ČR plánuje v rámci projektu RAMSES urychlovač pořídit a instalovat v areálu v Řeži.

Vrátme se zpět k samotnému postupu. Poté, co se stanoví aktivity  $^{14}\text{C}$  ve vzorku, potřebujeme výsledek analýzy interpretovat pro datování, kdy získáme jeden nebo několik časových intervalů. Abychom je zjistili, je zapotřebí použít kalibrační křivku. Ta velmi přesně určuje průběh aktivity  $^{14}\text{C}$  v minulosti. Napří-

klad pro posledních přibližně deset tisíc let byla křivka vytvořena převážně na základě dendrochronologického určení stáří letokruhů dřevin, ve kterých byla velmi přesně stanovena aktivita  $^{14}\text{C}$ . Aktuálně nejvíce používaná kalibrační křivka IntCal13 platí pro všechny vzorky suchozemského původu na celé severní polokouli,“ doplňuje Ivo Světlík. Kalibrované stáří se obvykle uvádí jako časový interval doplněný o pravděpodobnost, s jakou analyzovaný vzorek náleží do daného intervalu (intervalů). Výsledná zpráva tedy může znít: nalezená kost spadá s 95% pravděpodobností do období let 1215–1395. Datovat se dají vzorky přibližně do 50 tisíc let, starší už obsahují tak malé množství  $^{14}\text{C}$ , že by výsledek byl velmi nepřesný.

Samostatnou kapitolou je určování stáří předmětů původem od padesátých let 20. století. Aktivita  $^{14}\text{C}$  v životním prostředí totiž narostla vlivem zkoušek jaderných zbraní a vědci tak mohou využít tzv. bombového píku a přesně datovat vzorky původem po roce 1955. Díky tomu mohou inspektoři životního prostředí zmiňovaní v úvodu na základě analýz radiouhlíkové laboratoře obvinít pašeráky chycené na ruzyňském letišti z obchodování s nelegální slonovinou.

## BRONZ NE, OCEL ANO

Ačkoli určit stáří bronzové sošky či cínového knoflíku není možné (bronz ani cín neobsahují uhlík), historická ocel se kupodivu obvykle datovat dá. Je v ní totiž rozpuštěn uhlík původem z dřevěného uhlí, které se na přípravu oceli používalo. „Před lety se na mě obrátil jeden člověk s dotazem, zda by bylo možné datovat vzácný historický meč,“ vypráví Ivo Světlík. „Netušil totiž, že máme k dispozici jen konvenční metodu, která potřebuje velké množství materiálu, a navíc je destruktivní. Historická ocel obsahuje asi jedno procento uhlíku, takže když jsem spočítal, kolik oceli bychom museli spálit, byly to stovky gramů.“

Majitel meče by vědcům za zničení takového unikátu asi příliš nepoděkoval, i když by výsledek analýzy byl pozitivní: ano, ten meč byl pravý. V současnosti, když pro datování díky urychlovačové hmotnostní spektrometrii stačí mnohonásobně menší množství vzorku, se již dají datovat i menší výrobky z historické oceli. □

## KONCENTRACE $\text{CO}_2$

Analýzy  $^{14}\text{C}$  se uplatňují i z hlediska studia globálních změn klimatu při sledování lidského vlivu na koncentraci oxidu uhličitého ve vzduchu. Když oxid uhličitý pochází ze spalování fosilních zdrojů, jako je uhlí nebo nafta, tvoří převážnou většinu fosilní uhlík, který  $^{14}\text{C}$  neobsahuje. Stanovíme-li tedy aktivitu tohoto izotopu v atmosférickém oxidu uhličitém, dokážeme spočítat, kolik ho v daném místě pochází z fosilních paliv a jaké množství se v ovzduší vyskytuje přirozeně.



# KRÁTCE Z AKADEMIE

## ČESKOU HLAVU ZÍSKAL

### JAROSLAV DOLEŽEL

Národní cenu vlády Česká hlava označovanou jako „česká nobelovka“ převzal 25. listopadu 2018 rostlinný genetik Jaroslav Doležel. Vedoucí olomouckého Centra strukturní a funkční genomiky rostlin, které náleží pod Ústav experimentální botaniky AV ČR, získal nejvýznamnější české vědecké ocenění za přečtení genomu pšenice seté. Genom pšenice je záluďný v tom, že se skládá ze 17 miliard písmen, a je tudíž 5× větší než u člověka. Jeho přečtení se dlouho považovalo za prakticky nemožné. Tým Jaroslava Doležela to však letos v srpnu dokázal, na výzkumu spolupracovalo 200 vědců z 20 zemí. Olomoucké pracoviště v mezinárodním projektu sehrálo klíčovou roli: výzkum genomu pšenice totiž vycházel z metody třídění chromozomů pomocí průtokové cytometrie, kterou tam vyvinuli a rutinně používají jako jediní na světě. Díky tomuto postupu mohli vědci „rozstříhat“ dědičnou informaci na menší části, DNA jednotlivých chromozomů poté olomoucká laboratoř posílala pracovištím v různých částech světa. „Doufáme, že výsledky naší práce přispějí k rychlejšímu šlechtění nových odrůd, které se přizpůsobí měnícímu se klimatu, lepším výnosům či odolnosti proti chorobám,“ řekl na slavnostním gala večeru na Vysoké škole ekonomické v Praze Jaroslav Doležel.



Společně s cenou obdržel i finanční ocenění ve výši milion korun. Výzkum, na kterém se podílel, je podle něj názorným příkladem, že investice do vědy se vyplatí.

## ČESKOSLOVENSKO,

### SPOLEČNÝ DOMOV

S jakými obavami a nadějemi vstupovali Češi a Slováci do společného státu? Co od něj vlastně očekávali? S jakými obtížemi se rodil a jakým výzvám čelil? V duchu rozjímání nad ideou československé státnosti se nesla přednáška Československo, náš společný domov z cyklu Akademie věd ČR – špičkový výzkum ve veřejném zájmu, jež se konala 24. září 2018 v pražském paláci Žofín. O společné minulosti dvou zemí hovořili dva renomovaní historici, Jan Němeček z Historického ústavu AV ČR a Roman Holec z Historického ústavu SAV.



## AKADEMIE V4 JEDNALY V LIBLICÍCH



Zástupci Akademií věd Visegrádské čtyřky – České republiky, Slovenska, Maďarska a Polska – se sešli na pozvání Akademie věd ČR ve dnech 11.–13. září 2018 v Konferenčním centru AV ČR – zámek Liblice. Akademie se již téměř dvě dekady snaží koordinovat vědní politiku na národní i celoevropské úrovni. I letos se proto diskutovalo o finančním zabezpečení činnosti institucí i aktuálních změnách v organizaci vědy a výzkumu. Jedním z témat byla diskuse o úspěšnosti zemí V4 při získávání grantů. Stranou nezůstala ani situace Slovenské akademie věd, která se při přechodu na veřejné výzkumné instituce dostala do sporu se slovenským ministerstvem školství. Akademie věd V4 vydaly k situaci společné prohlášení, v němž vyjádřily znepokojení nad průběhem transformace a podporu slovenským partnerům. Na liblickém setkání reprezentoval Slovenskou akademii věd místopředseda Dušan Gálik, Maďarskou akademii věd člen jejího předsednictva Mihály Pósfai a za Polskou akademii věd se zúčastnil předseda Jerzy Duszyński. Jak uvedla předsedkyně AV ČR Eva Zažímalová, bylo letošní jednání výjimečné i tím, že se jej zúčastnil předseda Rakouské akademie věd Anton Zeilinger, předseda Slovinské akademie věd a umění Tadej Bajd a místopředsedkyně Britské královské společnosti nauk Ulrike Tillmannová.

Setkání Akademií V4 doprovází také předávání cen Visegrad Group Academies Young Researcher Award. Soutěž je určena mladým vědcům do 35 let z ústavů některé z Akade-

mií, a to vždy v konkrétním vědním oboru, který se stanovuje na zasedání předcházejícího roku. Letos získali ocenění v oboru dějin středověku Angelika Herucová (Slovensko), Anna Paulina Orłowska (Polsko), Bence Péterfi (Maďarsko) a za Česko Martin Šorm z Filosofického ústavu AV ČR (na snímku s předsedkyní Evou Zažímalovou).



## INSPIRACI HLEDÁME NA TCHAJ-WANU

Rozvíjet spolupráci, posílit česko-tchajwanské vztahy a inspirovat se vědeckou praxí v oblasti aplikovaného výzkumu – takové cíle mělo v listopadu 2018 setkání vedení Akademie věd ČR s delegací Průmyslově-technologického výzkumného institutu (Industrial Technology Research Institute – ITRI). Jeho posláním je aplikovaný výzkum a propojení práce vědců s průmyslovými partnery, v důsledku toho také posílení konkurenceschopnosti Tchaj-wanu. „Tchajwanci mají v aplikační sféře skvělý potenciál. Společně máme rovněž to, že naše země žijí z exportu – a abychom mohli vyvážet výrobky na vynikající technologické úrovni, musíme rozvíjet špičkový výzkum,“ vyzdvihuje předsedkyně Akademie věd ČR Eva Zažímalová. Program tchajwanské delegace měl dvě části. Kromě vlastních bilaterálních jednání navštívila výzkumná centra ELI Beamlines v Dolních Břežanech a BIOCEV ve Vestci. Následoval seminář v pražské vile Lanna, kde tchajwanští delegáti hovořili o konceptech spolupráce s aplikační sférou a otázkách využívání duševního vlastnictví.



## AKADEMIE UZAVŘELA DOHODU S UNIVERZITOU V PARDUBICÍCH



Akademie věd ČR rozšiřuje spolupráci s univerzitní sférou, další dohodu podepsala 11. října 2018 s Univerzitou Pardubice. Obě instituce se zavazují, že budou společně přispívat ke zvyšování kvality a efektivity výzkumu a vývoje v České republice a spolupracovat na doktorských studijních programech. Smlouva upravuje, že ve vysokoškolském diplomu bude uveden název akademického pracoviště, které studenta školovalo, či že u státní doktorské zkoušky bude mít spolupracující akademické pracoviště zastoupení v komisi. „Je potřeba spolupracovat a spojovat lidi, kteří mají svoji vizi. A z mého oboru vím, že čím jsou obory vzdálenější, tím je spolupráce těžší, ale zároveň přínosnější,“ řekla při podpisu předsedkyně Akademie věd ČR Eva Zažímalová.

## UNIKÁTNÍ LABORATOŘ PRO ÚPRAVU VODY

Nedaleko kostela Nejsvětější Trojice u Kutné Hory se nachází úpravná voda, která zásobuje pitnou vodou většinu kutnohorského okresu. Právě zde byla díky spolupráci vědců z Ústavu pro hydrodynamiku AV ČR a podnikatelů z Vodohospodářské společnosti Vrchlice-Maleč začátkem listopadu 2018 slavnostně otevřena špičkově vybavená analytická laboratoř. Unikátní pracoviště umožní výchovu mladých odborníků a posílí optimalizaci procesů úpravy vody. „Životní prostředí se mění a s ním také kvalita vody. Musíme hledat nové přístupy k úpravě vody, která se podle mého názoru stane nejdůležitější surovinou budoucnosti,“ uvedla předsedkyně Eva Zažímalová.



## V TŘEBONI SE OTEVŘELA NOVÁ APLIKAČNÍ LABORATOŘ

Centrum řasových biotechnologií ALGATECH, které náleží pod Mikrobiologický ústav AV ČR, otevřelo 25. září 2018 v Třeboni svého druhu první pracoviště v České republice – Aplikační laboratoř pro využití mikrořas. Záměrem nového pracoviště, jež vzniklo s podporou výzkumného programu Strategie AV21 *Potraviny pro budoucnost*, je těsněji propojit akademickou a aplikační sféru a rychleji přenášet nejnovější poznatky do praxe. Výsledkem mohou být nové léky, kosmetické přípravky nebo také využití mikrořas v neurologii. Mikrořasy mají skvělé nutriční vlastnosti, kvůli nimž jsou poptávaným dietetickým doplňkem a přidávají se také do krmiv pro hospodářská zvířata. Mnohé jejich kmeny navíc obsahují protizánětlivé a protirakovinné látky, které se v Třeboni v současnosti testují. Sloužit mohou také jako obnovitelný zdroj energeticky využitelných látek, jako jsou oleje nebo cukry, případně látek pro výrobu bioplastů. Pomoci mohou dokonce s čištěním odpadních vod a recyklací živin a cenných prvků. „Otevřením laboratoře reagujeme na rostoucí zájem jak o naše know-how a patenty, tak o smluvní výzkum. Úkolem laboratoře bude



vyslyšet požadavky partnerů a korigovat je k oboustranné společenosti a užitku,“ uvedl vedoucí centra ALGATECH Ondřej Prášil.

## VÝSTAVA PŘIBLIŽUJE OKOLNOSTI MNICHOVSKÉ DOHODY

Od podpisu mnichovské dohody uplynulo letos v září rovných 80 let. Výstavu k významnému výročí nazvanou Mnichovská dohoda v kontextu evropských dějin 20. století připravil Jan

Němeček z Historického ústavu AV ČR. Záštitu nad ní převzaly první místopředsedkyně Senátu Parlamentu ČR Miluše Horská a předsedkyně Akademie věd ČR Eva Zažímalová.



Na patnáctce tematických, chronologicky řazených panelů jsou kromě reprodukcí dobových fotografií k vidění také nejrůznější historické dokumenty včetně depeší, novinových článků či kreslených vtipů. „Výstava se snaží mnichovskou dohodu zachytit v celém kontextu včetně reakce společnosti na zhoršující se mezinárodní situaci, manifestu Věrní zůstaneme nebo všesokolského sletu,“ uvedl autor výstavy Jan Němeček. Zájemci si ji mohou prohlédnout v Mytologické chodbě Valdštejnského paláce v Praze až do 13. ledna 2019.

## JAK VZNIKÁ JED

### V MOŘSKÝCH ŘASÁCH

Otázku, kterou si téměř 30 let kladli mnozí vědci, pomohl zodpovědět český biolog Miroslav Oborník z Biologického centra AV ČR a Jihočeské univerzity. Objev mezinárodního vědeckého týmu publikoval prestižní časopis *Science*. Od osmdesátých let minulého století se objevovaly případy těžkých otrav lidí i mořských savců způsobených přemnožením mořských řas obsahujících nebezpečný neurotoxin. Jak vzniká, však vědci dosud netušili. Hlavním zdrojem neurotoxinu je rozsivka *Pseudo-nitzschia multiseries*, mikroskopická, žlutohnědá řasa, která je běžnou složkou mořského fytoplanktonu. Otrava způsobená tímto jedem – kyselinou domoovou – se projevuje zvracením, žaludečními křečemi, ale i vážnými neurologickými poruchami včetně časové a prostorové dezorientace, někdy též halucinacemi či ztrátou paměti. Vědci sledovali produkci kyseliny domoové v různých podmínkách a pomocí genetických analýz testované rozsivky identifikovali specifický soubor čtyř genů zodpovědných za syntézu neurotoxinu. Evoluční analýza klíčového genu *DabA* jasně ukázala, že pochází z ruduchy, mořské červené řasy, která jej ovšem pravděpodobně získala z bakterií.

## VÝPOČTY ČESKÝCH ASTRONOMŮ

### VEDLY K NÁLEZU NOVÉHO BOLIDU

Půl hodiny před půlnocí místního času 10. července 2018 ozářil rozsáhlé území kolem středního toku Rýna u hranic Německa a Francie velmi jasný meteor – bolid. Meteorit s rodokmenem, tedy takový, o němž víme, odkud ze Sluneční soustavy k Zemi přiletěl, se zařadil ke zhruba 30 dalším. Prozatím byl neoficiálně pojmenován Renchen, protože čtyři úlomky z tohoto pádu byly nalezeny poblíž německého města Renchen. Scénář pádu, vedoucí k nálezu dílčích meteoritů, určili pracovníci oddělení meziplanetární hmoty Astronomického ústavu AV ČR. Stalo se tak prostřednictvím analýzy záznamů pořízených přístroji v české, německé a francouzské části Evropské bolidové sítě, dlouhodobého mezinárodního experimentu, který před více než půlstoletím založil známý astronom Zdeněk Ceplecha. S výjimkou velké části Francie a menších oblastí Německa komplikovala sledování bolidu rozsáhlá oblačnost. Dráha bolidu v atmosféře byla velmi strmá, a tudíž i relativně krátká, a to jak do délky, tak i do trvání celého jevu. Naštěstí se našla místa, kde bylo alespoň částečně jasno, což se pro objasnění a popsání tohoto vzácného přírodního úkazu ukázalo jako rozhodující.

## VÝSTAVA PŘEDSTAVILA

### PRVNÍ REPUBLIKU

Náměstí Jana Palacha před pražským Rudolfinem se v sobotu 27. října 2018 na čas proměnilo v prvorepublikové prostranství. Venkovní putovní výstava *Republika československá 1918–1939*, kterou připravila Akademie věd ČR (Masarykův ústav a Archiv a Středisko společných činností) na základě dotace Úřadu vlády ČR, se kromě Prahy a Brna představila od září do listopadu v dalších 24 městech České republiky. Celkem 14 velkoformátových panelů přiblížilo několik netradičních témat spojených s obdobím první republiky. Jeden z panelů se věnoval nově měně, právnímu řádu či hranicím nově vznikajícího státu, jiný se například zaměřil na dobovou kulturu, film či výtvarné umění. Vernisáž doprovodily vědecké přednášky a komentovaná prohlídka „prvorepublikovou“ Prahou.







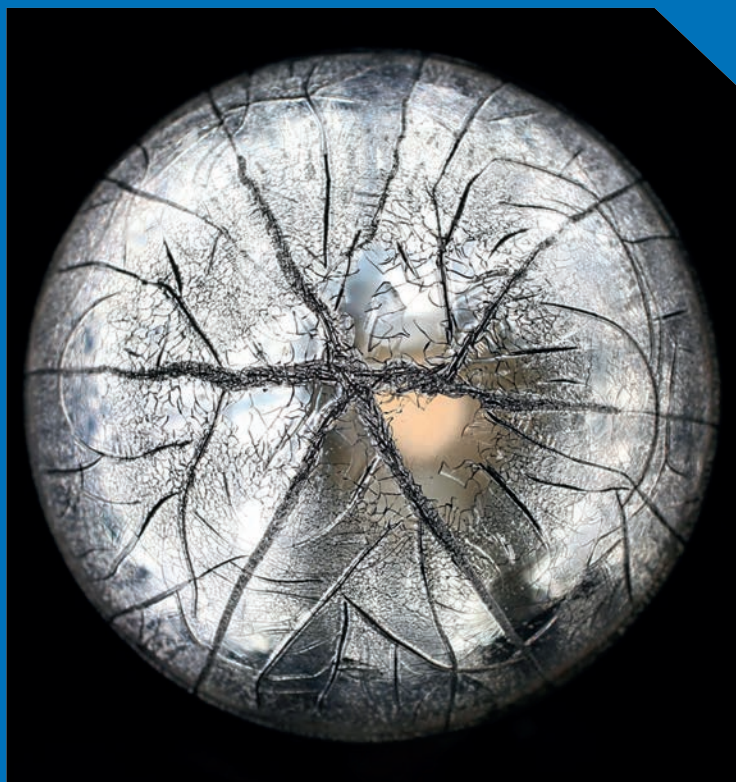
## PARAZITOLOGOVÉ

### V ČASOPISE CURRENT BIOLOGY

Prestížní časopis *Current Biology* zařadil novou studii vědců z Parazitologického ústavu Biologického centra AV ČR jako stěžejní článek aktuálního čísla. Popisuje, jak přesně fungují proteinové „stroje“ v mitochondriích, buněčných elektrárnách eukaryotických organismů. Mitochondrie vyrábějí energii pro celou buňku, mají složitou stavbu, kterou rámuje dvě membrány – vnější a vnitřní. Mezi nimi se nachází mezimembránový prostor a zcela uvnitř mitochondrie je takzvaný matrix. Jako modelový organismus pro výzkum funkcí bílkovinných komplexů



vnitřní mitochondriální membrány si tým molekulárních biologů pod vedením Hassana Hashimiho zvolil původce spavé nemoci, parazita trypanozomu spavičnou.



## VĚDA FOTOGENICKÁ –

### I VĚDEC MŮŽE BÝT UMĚLCEM

Více než dvě stovky fotografií soutěžily v pátém ročníku Vědy fotogenické, kam své snímky mohou hlásit zaměstnanci Akademie věd ČR. Slavnostní vernisáž se uskutečnila 25. října 2018 v Městské knihovně v Praze. Podle hlasování odborné poroty získala první místo v hlavní kategorii Alena Braunová z Ústavu makromolekulární chemie se *Střípky naděje*. Ukazují polymerní nosič léčiv, jehož úkolem je dopravit protirakovinné léčivo do místa nádoru. Autorka zvítězila i ve vedlejší kategorii Československo objektivem vědců, do které se řadily snímky se vztahem k 100. výročí založení Československa. Snímek *Tatíček a syn* zachycuje podpis Jana Masaryka na obálce s dobovými známkami Tomáše G. Masaryka. V kategorii Vědecká selfie vyhrál Igor Rončević z Ústavu organické chemie a biochemie. Jeho fotografie *Znovuobjevení fosforu*, která získala zároveň i cenu v on-line hlasování veřejnosti, ukazuje „moderní alchymisty“. Další cenu udělila Akademická rada AV ČR, a to snímku *Těšilo mě*, který pořídila Barbora Veselá z Ústavu živočišné fyziologie a genetiky.

# PŘÍŠTĚ



## VODA

Voda společně se vzduchem tvoří základní podmínky pro existenci života na naší planetě. Pokrývá skoro tři čtvrtiny jejího povrchu a všechny organismy jsou na ní závislé. Pro člověka je zkrátka nepostradatelná. Jak se k ní ale chováme? Plýtváme jí, anebo šetříme zodpovědně? Bude jí v příštích letech dostatek? Znečištění vody je jedním z nejpálčivějších problémů současného světa, a proto se mu věnují i odborníci z Akademie věd ČR. Zkoumají kvalitu pitné vody, hledají nejlepší způsoby její úpravy, i cesty, jak ji ochránit.

## ZAHRÁDKAŘENÍ A KUTILSTVÍ

Češi jsou prý nadšení zahrádkáři, kutilové a houbaři. Když se ale na věc podíváme do hloubky, zjistíme, že zdaleka nejde o české specifikum. Nejen to, ale i další zajímavá zjištění se dozvídáme díky nevšednímu kulturně-geografickému výzkumu Petra Gibase ze Sociologického ústavu AV ČR.



## ZIMNÍ ČAS?

Zrušení střídání zimního a letního času, o němž hlasovali občané Evropské unie v online anketě, se zdá být hotovou věcí. Vystavala však důležitější otázka – který z nich zachovat? Zimní, či letní čas? Proč je podle odborníků z Fyziologického ústavu AV ČR pro lidské zdraví přirozenější zimní čas a jaké má výhody?

Foto: Pixabay (2), iStock



### 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

### Zástupkyně šéfredaktora

Leona Matušková

### Redaktoři

Jana Olivová, Luděk Svoboda

### Fotografka

Pavčina Jáchimová

### Produkční

Markéta Wernerová

### Korektorka

Irena Vítková

### Sociální síť

Petr Cieslar

### Grafika

Pavčina Jáchimová

### Redakční rada

Markéta Pravdová (předsedkyně),  
Josef Lazar (místopředseda),  
Petr Borovský, Jiří Chýla, Jan Kolář,  
Michael Londesborough, Jan Martinek,  
Radek Mikuláš, Jiří Padevět,  
Taťána Petrasová, Daniela Procházková,  
Michal Salaj, Kateřina Sobotková,  
Pavel Suchan, Michaela Trtíková Vojtková

### Tisk

Triangl, a. s.

### Distribuce

SEND Předplatné, spol. s r. o.

Číslo 4/2018, vychází čtvrtletně, ročník 2

**Vyšlo 12. prosince 2018**

ISSN 2533-784X

Cena: zdarma

Evidenční číslo MK ČR E 22759

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

Informace o zpracování osobních údajů naleznete na našich webových stránkách v sekci Veřejnost/Časopisy.

[www.avcr.cz](http://www.avcr.cz)



# Filosofovo bytí— a čas

Jan Patočka  
na pracovištích Akademie věd  
29/11/2018–18/1/2019

Galerie Věda a umění Akademie věd ČR  
Národní 3, Praha 1  
Otevřeno Po–Pá 10:00–18:00  
vstup volný  
[www.avcr.cz](http://www.avcr.cz)



Akademie věd  
České republiky



Akademie věd  
České republiky

# A VĚDA A VÝZKUM

| biologie | humanitní vědy | medicína | chemie |  
| společenské vědy | fyzika | ekologie | matematika |  
| historie | filologie | informatika | vědy o Zemi |  
| aplikovaná fyzika |



[www.avcr.cz](http://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)