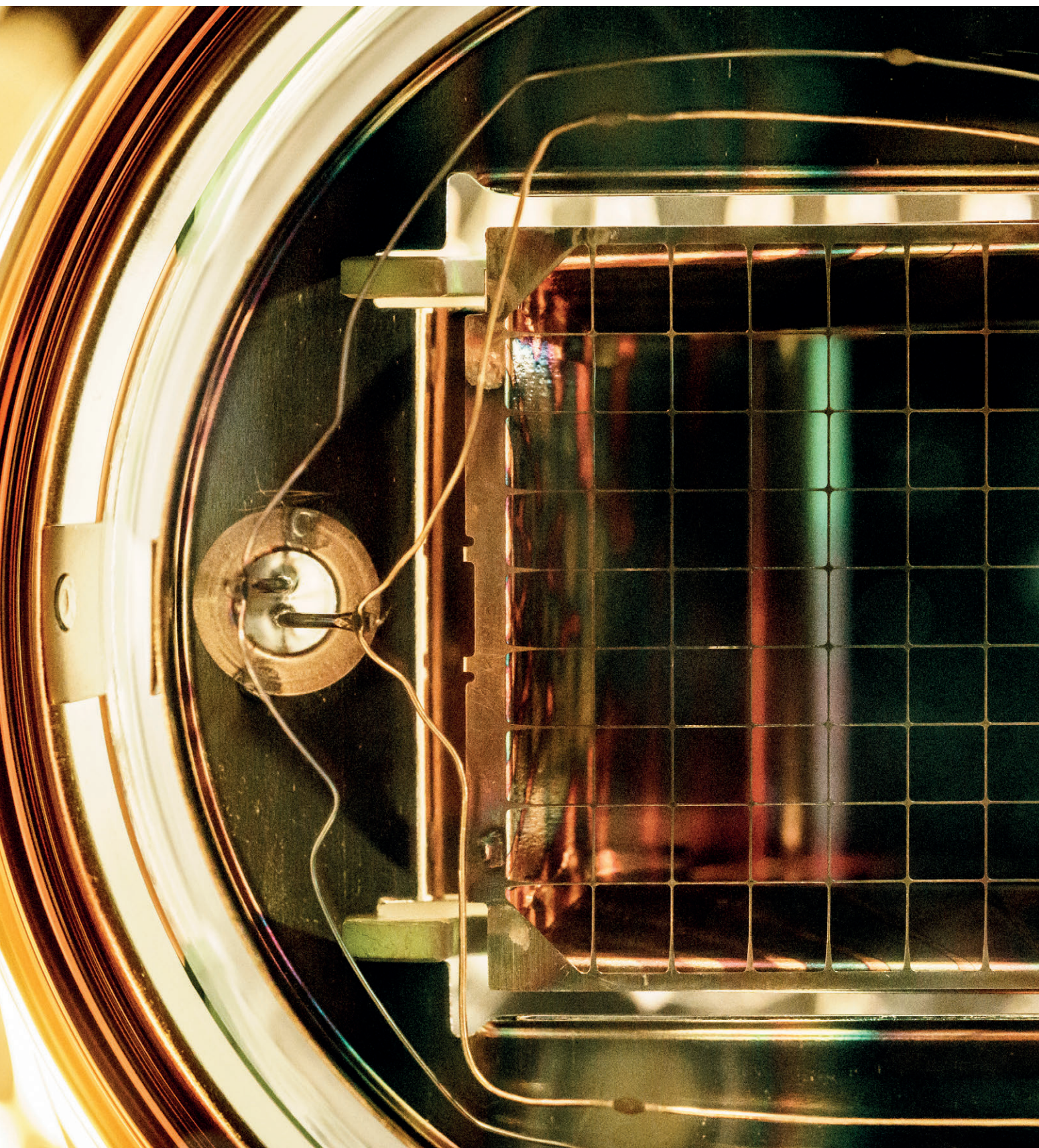


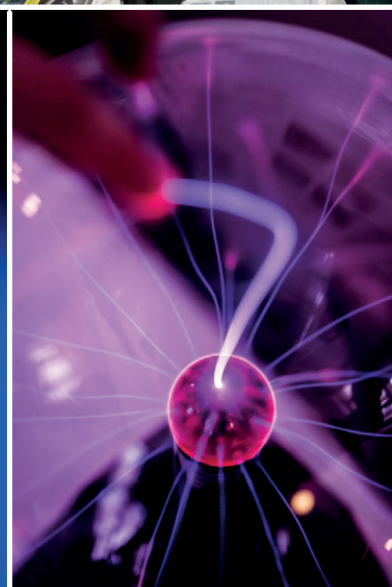
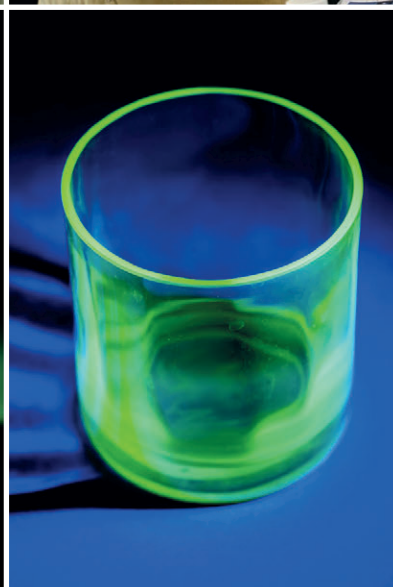
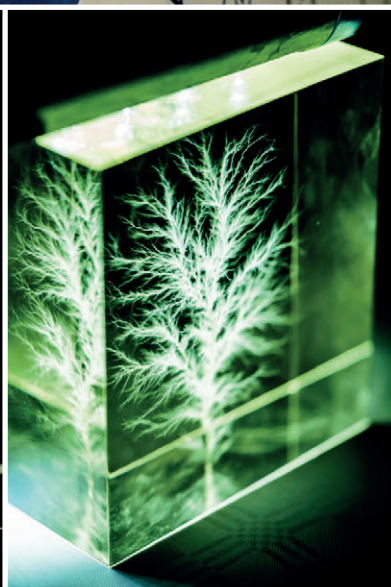
PRAŽSKÁ TECHNIKA



ČASOPIS
ČVUT V PRAZE

6/2018





Den otevřených dveří FJFI ČVUT

27. 11. 2018 (Břehová 7, Praha 1) [Foto: Jiří Ryszawy]



Číslo a datum vydání:

6/2018, prosinec 2018, 20. ročník

Vydává:

České vysoké učení technické v Praze,
Česká technika – nakladatelství ČVUT
IČO: 68407700



<http://ctn.cvut.cz/pt>

Adresa redakce:

ČVUT v Praze, Nakladatelství ČVUT – redakce,
Thákurova 1, 160 41 Praha 6

Redakční rada:

Předseda: doc. Ing. arch. Petr Kordovský

Místopředsedkyně:

doc. Dr. Ing. Gabriela Achtenová

Členové:

Bc. Veronika Dvořáková (FIT)

prof. PhDr. Marcela Efmertová, CSc. (FEL)

Ing. Mgr. Jan Feit (AS ČVUT)

Ing. Marie Gallová (FSv)

prof. Dr. Ing. Petr Haušild (FJFI)

Jiří Horský (FA)

PhDr. Vladimíra Kučerová (redakce)

doc. Ing. Kristýna Neubergová, Ph.D. (FD)

PhDr. Nikolaj Savický, Ph.D. (MÚVS)

Ing. Ida Skopalová (FBMI)

doc. Ing. Radek Šulc, Ph.D. (FS)

Šéfredaktorka: PhDr. Vladimíra Kučerová,

tel. 224 355 030, vladimira.kucerova@cvut.cz

Fotograf: Jiří Ryszawy,

Výpočetní a informační centrum ČVUT

Grafika: Lenka Klimtová

Titulní strana: Pohled do nitra fotonásobiče
v gamakameře (nukleární medicína)

Foto: Jiří Ryszawy

Cena: ZDARMA

Inzerce: objednávky přijímáme telefonicky
na čísle 224 355 030 nebo e-mailem:
vladimira.kucerova@cvut.cz

Tisk: Grafotechna Plus, s. r. o.

Náklad: 5 000 výtisků

Distribuce: ČVUT v Praze

Evid. č. přidělené MK ČR: MK ČR E 12752
ISSN 1213-5348

Přetisk článků je možný pouze se
souhlasem redakce a s uvedením zdroje.



I v roce 2019 Vám
budeme rádi přinášet
(hlavně) dobré zprávy
ze života ČVUT.

Tak hodně štěstí!

šéfredaktorka





str. 4



str. 8–21



str. 28–29

str. 32



AKTUÁLNĚ

Cenu Česká hlava získal Lukáš Neumann	3
Podpora vědy a inovací	3
Tým Alquist skončil ve finále druhý	3
Medaile pro osobnosti	3
17. listopad 2018	4
Ceny Josefa Hlávky	5
Běh 17. listopadu	5
Na koncertě byly předány Ceny Stanislava Hanzla	5
Setkání s předními experty z Izraele	6
Studenti FBMI v laboratořích BIOCEV	6
FBMI: ocenění pro projekt TAČR	6
Budova ČVUT-CIIRC budí zájem i v zahraničí	7
Cena pro profesora Walda	7

TÉMA

Biomedicína	8
Analýza různorodých neuroinformatických dat	9
Simulační medicína	9
Výzkum mikrovlnné hypertermie pro léčbu nádorů	10
Cévní náhrady se rodí v kulturačních bioreaktorech	10
Nové materiály pro implantologii	11
Hodnocení fyzického a psychického stavu armádních specialistů	11
Nové přístupy a pohledy biomedicínských týmů FEL	12
Pokročilé radioskopické metody v experimentální biomechanice	14
Vývoj kostních implantátů i cévních náhrad	15
Zaměřeno na onkologické nemoci	16
Bioinformatika	17
Alzheimerova choroba v barvách	18
Algoritmy pomáhají pacientům s cukrovkou	19
Anketa s osobnostmi	20

FAKULTY A ÚSTAVY

Umělá inteligence mění naši společnost	22
Slova, slova, slova...	24
Toastmasters už i na ČVUT	26
Rozdíly nejen na křižovatkách	27

INVESTICE

Výrazná inovace	28
-----------------	----

Z ARCHIVU

Balneologie v době Goethově	30
-----------------------------	----

PUBLIKACE

Prosincové novinky	32
--------------------	----



Podpora vědy a inovací

V rámci zahraniční mise prezidenta republiky Miloše Zemana do Izraele byla 26. listopadu podepsána dohoda o spolupráci, která je prvním krokem pro vznik nové česko-izraelské výzkumné společnosti. Ta by měla být centrem pro pokročilé technologie a výzkumné inovace se sídlem v Praze. Dokument podepsal rektor ČVUT doc. Vojtěch Petrářek a prof. Rosa Azhari, prezidentka AtoBe z Azrieli College of Engineering Jerusalem.

(red) [Foto: archiv]



Cenu Česká hlava získal Lukáš Neumann

Během slavnostního galavečera byli 25. listopadu vyhlášeni vítězové dalšího ročníku soutěže Česká hlava. Dvě ceny v kategoriích technické a přírodní vědy byly uděleny za práce studentů doktorského studia. V první zmíněné uspěl Lukáš Neumann z Fakulty elektrotechnické ČVUT, který jako první vymyslel metodu kombinující strojové učení a nový algoritmus pro vyhledávání písmen nezávisle na jejich orientaci či velikosti. „To, že je to práce výjimečná i z mezinárodního hlediska, dokresluje, že licenci si koupila firma Samsung a máme to v našich mobilech,“ řekl předseda organizačního výboru České hlavy Václav Marek. Lukáš Neumann v současnosti pracuje na Oxfordské univerzitě na výzkumu algoritmů umělé inteligence pro samoříditelná auta. Ceny Česká hlava se letos udělovaly posedmnácté, laureáti získali částku téměř 1,5 milionu korun.

(red) [Foto: Česká hlava]



Tým Alquist, složený ze studentů Fakulty elektrotechnické a Fakulty informačních technologií ČVUT, opět vybojoval druhé místo ve finále prestižní soutěže Alexa Prize o nejlepší konverzační umělou inteligenci, pořádanou americkým gigantem Amazon. Již podruhé byl ve finále jediným týmem z neanglicky mluvící země. Cílem soutěže je vyvinout pro Amazon Alexa umělou inteligenci, schopnou konverzovat o populárních tématech, jako filmy, sporty nebo hudba. Soutěže se účastní přední univerzity z celého světa. Vyhlášení výsledků proběhlo v rámci konference Re:Invent 2018 v pondělí 26. listopadu v Las Vegas. Tým vedený Janem Šedivým z CIIRC ve složení Jan Pichl, Petr Marek, Jakub Konrád, Martin Matulík a Petr Lorenc si odváží cenu 100 000 dolarů, tedy v přepočtu přes 2 miliony korun.

(red) [Foto: archiv]

Medaile pro osobnosti

Během slavnostního zasedání Vědecké rady 20. 11. předal rektor ČVUT doc. Vojtěch Petrářek významná ocenění. Medaile ČVUT II. stupně byla udělena RNDr. Pavlu Dryákovi, pracovníku Českého metrologického institutu a pedagogovi FJFI ČVUT. Medaili ČVUT I. stupně převzali prof. Tomáš Čechák (FJFI) a doc. Karel Fořtl (FA). Felberova medaile I. stupně zlatá byla udělena prof. Romanu Kouckému (FA).

(red)

[Foto: archiv]



Poprvé vyhrál tým ČVUT! Samostatné nájezdy rozhodly 1. listopadu finále Samsung Hokejové bitvy 2018, kde se utkali hokejisté ČVUT s kolegy z VŠE. Třetí a vítězný nájezd nedal nikdo jiný než kapitán týmu ČVUT Josef Vostracký. Modré dresy tak slavily skvělé 1. místo!

(red) [Foto: archiv]

17. listopad 2018



Svátek (nejen) studentský

Tradiční vzpomínkou na studenty, kteří položili v roce 1939 život za svobodu národa, začaly připomínky i oslavy Dne boje za svobodu a demokracii a Mezinárodního dne studentstva. V sobotu 17. listopadu 2018 před budovou Hlávkovy koleje v Jenštejnské ulici si lidé ráno připomněli statečnost studentů, kteří se neváhali vzepřít nacistické okupaci. Nechyběl zde rektor ČVUT doc. Vojtěch Petráček, zástupce Studentské komory Rady vysokých škol Michal Zima nebo rektor UK prof. Tomáš Zima. Po zaznění husitského chorálu Ktož sú boží bojovníci zahájil pietní vzpomínku prof. Václav Pavlíček, předseda správní rady nadace Nadání Josefa, Marie a Zdeňky Hlávkových. Docent Petráček ve svém projevu mj. uvedl: „V současnosti je mezi námi nějak méně připomínek pozitivních chvil konce roku 89. Mnozí relativizují, co se stalo, mnozí vnášejí do vzpomínek na tu dobu pachutí a někteří dokonce ztrácejí rozlišovací schopnost k odlišení těch, kdo tehdy svobodě bránili a kdo se ji snažili získat a – ač mírumilovní – byli zbiti. Někdy jsou i ti, kdo lidi bili, vyznamenáváni ve jménu boje za svobodu. To vše se mi velice přičí a měli bychom se tomu bránit... Za svobodu stojí za to bojovat a musíme si dávat dobrý pozor, aby faktická svoboda nemizela – třeba i po mnoha malých kouscích. Opakem svobody je područí, to jsem zažil a nemám ho rád a tak vím, co budu dělat sám za sebe i ve své roli rektora. Myslím, že právě na univerzitě musíme pěstovat a utvářet svobodné prostředí a prostřednictvím našich studentů, pedagogů i výzkumníků je předávat dále do společnosti.“ Po položení mnoha věnců za doprovodu pěveckých sborů a za účasti slavnostní vojenské jednotky se průvod studentů a osobností vydal do Žitné ulice k pamětní desce Jana Opletala a Václava Sedláčka a následně se většina přítomných odebrala na Albertov, kde byl za tónů české a slovenské národní hymny a za přítomnosti významných představitelů akademických institucí zahájen pietní akt. Památka 17. listopadu byla uctěna také u pietního památníku v ruzyňských kasárnách prorektorem pro rozvoj ČVUT doc. Petrem Kordovským. (red)

[Foto: Jiří Ryszawy]

Ceny Josefa Hlávky

Nadání Josefa, Marie a Zdeňky Hlávkových při příležitosti státního svátku 17. listopadu tradičně oceňuje osobnosti akademické sféry. Slavnostních okamžiků na zámku v Lužanech u Přeštice se 16. listopadu zúčastnili i studenti pražských vysokých škol, brněnské techniky a mladí talentovaní vědecktí pracovníci Akademie věd ČR. Cenu Josefa Hlávky obdrželo i osm „reprezentantů“ ČVUT:

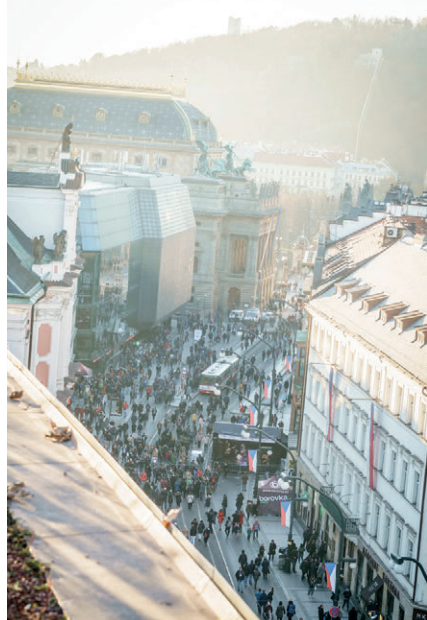
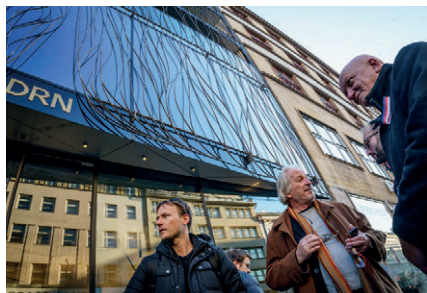
Ing. Petra Hájková, FSv
Ing. Filip Černík, FS
Ing. Petr Chvojka Ph.D., FEL
Ing. Pavel Eichler, FJFI
Ing. arch. Filip Galko, FA
Ing. Lenka Hanáková, FD
Bc. Barbora Balcarová, FBMI
Ing. Filip Kodýtek, FIT.

(vk)

Uctění památky 17. listopadu bylo možné sledovat z nové budovy DRN

Den boje za svobodu a demokracii si Fakulta architektury ČVUT, společně s rektorem ČVUT doc. Vojtěchem Petráčkem a děkanem fakulty prof. Ladislavem Lábusem, připomněla zapálením svíčky na Národní třídě a prohlídkou nové polyfunkční budovy DRN na rohu ulic Miku-landské a Národní.

(red) [Foto: Jiří Ryszawy]



➤ **Běh 17. listopadu**, v rámci něhož se uskutečnil 56. ročník Akademického mistrovství v přespolním běhu, odstartoval v sobotu dopoledne v Oboře Hvězda. Akci pořádal Ústav tělesné výchovy a sportu ČVUT a zúčastnilo se přes 400 běžců. V závodu Akademického mistrovství zvítězil Viktor Šinágl z Fakulty strojní, jenž se v absolutním pořadí umístil druhý.

(red) [Foto: Jiří Ryszawy]

➤ Více na <https://www.sportis.cz/csv.php?id=1804&co=vysledky>.



➤ **V rámci koncertu ČVUT** pořádanému u příležitosti státního svátku 17. listopadu a Mezinárodního dne studentstva byly předány Ceny Stanislava Hanzla. Nadační fond Stanislava Hanzla byl založen v roce 1997 na počest prvního rektora ČVUT po listopadu 1989. Jeho cílem je podpora studia a studentů studijních programů akreditovaných na fakultách a vysokoškolských ústavech ČVUT. V letošním roce získali ocenění tyto studenti ČVUT: Lenka Dohnalová z Fakulty stavební, Ladislav Dvořák z Fakulty strojní, Petr Hron z Fakulty elektrotechnické, Zuzana Moravcová z Fakulty jaderné a fyzikálně inženýrské, Karolina Kripnerová z Fakulty architektury, Zdeněk Svatý z Fakulty dopravní, Slávka Vítečková z Fakulty biomedicínského inženýrství, Petr Socha z Fakulty informačních technologií a Michal Severa z Masarykova ústavu vyšších studií.

(red) [Foto: Jiří Ryszawy]

Setkání osobností ČVUT s předními experty z Izraele se uskutečnilo 23. 11.

Paní Orna Berry, přední izraelská vědkyně, podnikatelka v oblasti high-tech průmyslu, laureátka Ceny univerzity Bena Guriona v Negevu, je uznávanou expertkou v oblasti podpory podnikání a inovací. Pan Benjamin Soffer je vedoucím T3 - Centra transferu technologií na Izraelském technologickém institutu Technion v Haifě, prestižní izraelské univerzitě a významným partnerem ČVUT v oblasti podpory inovací. Na schůzku navázala prohlídka laboratoří FEL, kde hosty provázel děkan prof. Pavel Ripka.

(red) [Foto: Jiří Mrhal]



Studenti FBMI v laboratořích BIOCEV

V průběhu listopadu 2018 proběhl 2. ročník kurzu tkáňového inženýrství pro studenty FBMI ČVUT oboru Biomedicínský inženýr. Studenti měli možnost nahlédnout do jedné z nejmodernějších laboratoří pro regenerativní medicínu a tkáňové inženýrství v Biotechnologickém a biomedicínském centru Akademie věd a Univerzity Karlovy ve Vestci (BIOCEV).

Náplň kurzu byla zaměřena na buněčnou kulturu a jejich použití pro oblast tkáňového inženýrství a vývoje umělých tkáňových náhrad. Jeho účastníci měli možnost vyzkoušet si práci s kmenovými buňkami ve sterilních prostorách, připravit trojrozměrné nosiče na bázi fibrinových gelů, sledovat buněčnou kulturu na fluorescenčním mikroskopu nebo analyzovat diferenciační markery buněčných kultur. Unikátním prvkem kurzu byla kultivace buněk v dynamických systémech podporujících diferenciaci kmenových buněk do jiných fenotypů a příprava decelularizovaných nosičů původem z perikardu. Studenti si tak rozšířili obzor na poli biomedicínského inženýrství a někteří z nich se tak mohou vydat ve svém studiu i následné pracovní kariéře novým směrem.

Ing. Jana Štěpanovská,
Ing. Roman Matějka, FBMI
[Ilustrace: archiv FBMI]

FBMI: ocenění pro projekt TAČR zaměřený na cévní protězy

Čestné uznání Inženýrské akademie ČR bylo 21. 11. uděleno projektu TAČR „Cévní protězy o malém průměru osídlované endotelovými a kmenovými buňkami kostní dřeně v bioreaktoru“, zaměřeného na vývoj antitrombogenních biologických cévních náhrad na bázi decelularizovaných nosičů. Tento projekt byl realizován ve spolupráci Národního centra tkání a buněk a.s., Fyziologického ústavu AV ČR a Fakulty biomedicínského inženýrství. Řešiteli za FBMI byli Ing. Roman Matějka, Ing. Jana Štěpanovská a prof. MUDr. Jozef Rosina, Ph.D.

(sko)

Skvělý úspěch!

Basketbalistky ČVUT pod vedením trenéra Dr. Antonína Ludvíka zvítězily na IV. Světových meziuniverzitních hrách v Barceloně. Právo reprezentovat naši univerzitu v silné konkurenci 3 kontinentů, 30 zemí, 76 univerzit a asi 2 500 sportovců si vybojovalo celkem 67 studentů, členů 7 sportovních družstev.

(red)

[Foto: archiv]



Vernisáž výstavy fotografií Vladimíra Bruntona se uskutečnila 6. listopadu

v galerii Fakulty stavební ČVUT. Diváci zde mohli shlédnout portréty našich i světových osobností ze sféry duchovní, umělecké, ale i ze světa vědy a akademického prostředí. Portrétní tvorba Vladimíra Bruntona měla v expozici i svou protiváhu ve volné tvorbě s tématy ženského aktu, zátíší apod.

(red) [Foto: Miloš Sedláček]



Cena pro prof. Walda

Projekt CBFEM Navrhování spojů ocelových konstrukcí metodou konečných prvků s komponentami brněnské společnosti IDEA StatiCa s.r.o., získal cenu Česká hlava Ministerstva průmyslu a obchodu ČR Industrie. Metoda spojuje výhody diskrétního modelování s tradičním inženýrským řešením ověřeným praxí. Byla připravena v rámci společného projektu TAČR univerzit ČVUT, VUT a IDEA StatiCa v letech 2013 až 2015. Z Fakulty stavební ČVUT na projektu pracoval prof. František Wald, který za teoretické poznatky získal též evropskou cenu 2018 Charles Massonnet Award.

(red) [Foto: archiv FSU]



Budova ČVUT-CIIRC budí zájem i v zahraničí

Po úspěchu v Grand Prix 2017 budí objekt Českého institutu informatiky, robotiky a kybernetiky ČVUT pozornost i mezi zahraničními experty. V říjnu 2018 se v Bernu konala konference Advanced Building Skins, na které architekt Petr Franta, OAQ, AIA, vystoupil s přednáškou v sekci Architektonické membrány s vysokou performancí fasád budov. Na základě přednášky a katalogu konference byl vyzván publikovat článek v Journal for Civil Engineering and Architecture sídlícím v New Yorku. Ocenění architekta Franty zaznělo i v rámci konference v Baden-Badenu, kterou pořádal The International Institute for Advanced Studies (IIAS), na níž byl pozván jako hlavní přednášející Symposia Architektura 21. století, obdržel Golden Star Award of Excellence in Architecture a byl jmenován Associate Professor of IIAS. Do třetice byla budova ČVUT-CIIRC nominována pořadatelci na German Design Award 2019 (vyhlášení bude v únoru ve Frankfurtu nad Mohanem).

(red) [Foto: Miroslav Chramosta]



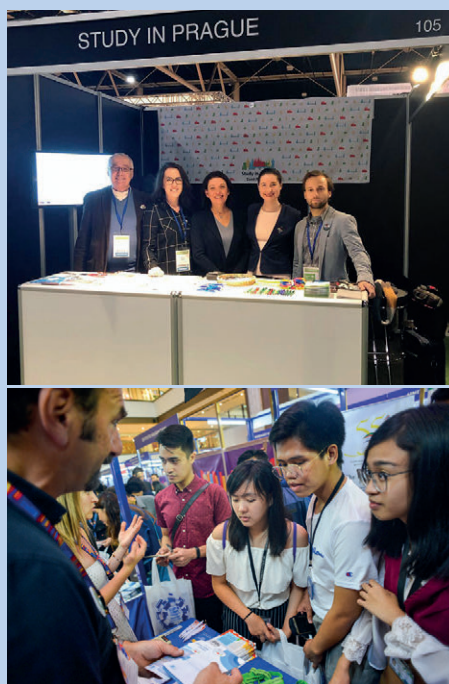
◀ Na základě dlouholeté vědecké spolupráce s francouzskými kolegy, kteří spoluorganizovali 4. International Lightning Protection Symposium 25. – 28. října 2018 v Shenzhen v Číně, se tohoto setkání mohli zúčastnit i pracovníci Katedry ekonomiky, manažerství a humanitních věd FEL ČVUT. Na jednání participovali odborníci z Číny, Austrálie, Brazílie, Francie, Rakouska, Německa, Portugalska, Španělska, USA a ČR. Na sympoziu byl jako jeden ze tří nejlepších oceněn příspěvek Jana Mikeše, Ondřeje Hanuše a Jakuba Kákony s názvem Piezoelectric lightning current detection. V návaznosti na konferenci se v Praze zástupci města Qingdao a čínské National Center for Marine Equipment Quality Supervision and Inspection krátce setkali s děkanem FEL prof. P. Ripkou, prohlédli si laboratoře a jednali o přípravě smlouvy o vzájemné spolupráci.

prof. Ing. Jaroslav Knápek, CSc., FEL
[Foto: archiv FEL]

FD: nová hedvábná stezka

Zajímavý a podnětný odborný seminář s názvem Iniciativa „Nová hedvábná stezka“ (Belt&Road) se uskutečnil 22. listopadu na Fakultě dopravní ČVUT. Workshop s mezinárodní účastí zorganizovala ES IRRB v rámci projektu Interoperabilita – inovační proces konkurenceschopnosti udržitelného železničního systému (I-železnice) operačního programu Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost. Přednášejícími byli odborníci z praxe i vysokých škol. Mezi účastníky převažovali studenti magisterského studia, kteří svými otázkami a podněty přispěli závěrečné diskuzi.

Ing. Jitka Řezníčková, CSc., FD



◀ S cílem propagovat anglické programy ČVUT

pro zahraniční studenty se v rámci projektu Study in Prague (SIP) naše univerzita účastní veletrhů na mnoha kontinentech. V rámci konsorcia SIP se na nich prezentují veřejné vysoké školy zapojené do tohoto projektu – Univerzita Karlova, ČVUT, VŠE, VŠCHT, ČZU, Akademie múzických umění a Vysoká škola uměleckopřmyslová. Na účasti SIP nebo organizaci veletrhu se častokrát podílejí i české ambasády a samotní velvyslanci nebo ambasadoři se jich též účastní. Jinak tomu nebylo ani na veletrhu EHEF v Manile, kde česká ambasáda zabezpečila i stánek SIP (foto dole). Na snímku nahoře stánek SIP na veletrhu Go Abroad Fair, jenž se uskutečnil 23. – 25. 11. v Utrechtu a Ghentu.

Mgr. Erika Lahká, Rektorát ČVUT
[Foto: Study in Prague]

Biomedicína

Neuvěřitelný pokrok zaznamenává současná věda, která mění náš život a otevírá nové možnosti i pro naše zdraví. Umělé cévy, nové materiály a povrchy umělých kloubů, vývoj implantátů, pomoc lidem s cukrovkou či Alzheimerovou nemocí, výzkum mikrovlnné hypertermie pro léčbu nádorů, rozvoj lékařské techniky a zpracování signálů, bioinformatika, experimentální biomechanika... To vše a mnoho dalšího je předmětem zájmu specialistů na ČVUT. Biomedicína patří mezi úspěšné obory, v nichž mají fakulty i ústavy viditelné výsledky. Představujeme alespoň některé z nich.

Analýza různorodých neuroinformatických dat

Při měření a studiu (pato)fyzilogických procesů mozku získáváme a zpracováváme data, jejichž množství stále narůstá, která přinášejí nové poznatky o funkci nervového systému či o mechanismech neurologických onemocnění. Pracovníci Katedry biomedicínské informatiky FBMI se ve spolupráci s Neurologickou klinikou 1. LF UK a VFN v Praze dlouhodobě zabývají návrhem softwarového zpracování a metod pro analýzu různorodých neuroinformatických dat.

Předmětem výzkumu jsou data pocházející z měření pohybu pomocí kamerových a akcelerometrických systémů, elektrofyziologie, neurovizuálních metod (např. z magnetické rezonance) a ze záznamů aktivity jednotlivých neuronů měřených pomocí mikroelektrod u pacientů s extrapyramidovými poruchami (např. Parkinsonovou nemocí). Na základě získaných dat a algoritmů strojového učení, včetně aplikace hlubokých neuronových sítí, se hledají souvislosti postižených oblastí mozku s jejich

klinickým projevem. Jednotlivé úlohy jsou řešeny v rámci grantů, přičemž se na nich v rámci disertačních prací podílejí studenti doktorského programu Biomedicínská a klinická technika.

Výsledky výzkumu se odrážejí v klinické praxi, např. při vyšetření pohybových para-



➤ Ukázkové vyšetření dobrovolníka přístrojem pro transkraniální magnetickou stimulaci. Analýza získaných motorických evokovaných potenciálů se využívá při studiu patofyziologie neurologických onemocnění.

metrů pacientů, při zavádění protokolů pro transkraniální magnetickou stimulaci nebo při objektivní identifikaci tzv. biomarkerů pro precizní implantaci hluboké mozkové stimulace. V rámci výzkumu jsou vytvářeny počítačové programy pro ukládání, předzpracování a analýzu zmíněných datových zdrojů včetně testování hypotéz pro klinickou praxi.

Dalším výzkumným tématem je analýza ultrazvukových a histologických obrazů aterosklerotických plátů, související s cévními mozkovými příhodami. Základní charakteristiky plátů je možné zjistit z ultrazvukového obrazu krční tepny. Cílem výzkumu je identifikovat klinicky významné parametry, které souvisí s rizikem trhliny plátů a vytvořit algoritmus pro jejich rozpoznání a identifikaci v ultrazvukových obrazech. Vzhledem k dostupnosti sonografického vyšetření bude možné výsledky využít u většiny pacientů s aterosklerotickým plátem v krčních tepnách.

Katedra biomedicínské informatiky FBMI

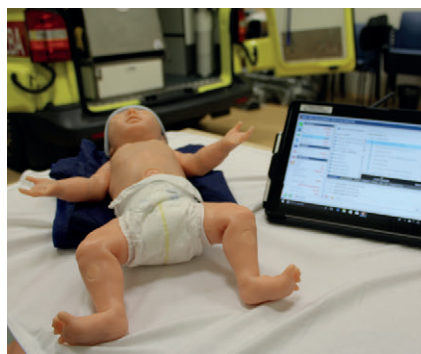
Simulační medicína

Klasická medicína a hlavně diagnostika jsou nyní nejpřesnější v celé historii lidstva. Dnes by si žádný pacient rozhodně nepřál být pokusným králikem, kdy lékař nebo zdravotnický pracovník pouze zkouší, co by mohlo zlepšit jeho zdravotní stav, ale přeje si co nejpřesnější diagnostiku. Samozřejmě je díky tomu kladen obrovský tlak na poskytování zdravotnické péče. Abychom snížili tuto tenzi, používáme různé algoritmy a techniky nácviku. Současnost nám dala k dispozici moderní technologické pomůcky, které slouží jak v pregraduálním studiu budoucích zdravotníků, tak i v rámci celoživotního vzdělávání.

Simulační medicína je poměrně mladým biomedicínským zaměřením, které dává nepřehledné množství teoretické, ale hlavně praktické výuky, která kombinuje čistou techniku a medicínu. V praktické výuce si studenti vyzkouší holistický přístup stejně dobře, jako kdyby se jednalo o reálného pacienta. Navíc hlavní výhodou je možnost nasimulování stavů, které jsou sporadické až raritní. Studenti tyto stavy mohou vidět na vlastní oči a naučí se na ně adekvátně reagovat. Interaktivní výuka je budoucností vzdělávání, a to nejen v medicíně. Fakulta

biomedicínského inženýrství díky projektu mohla získat tři hi-tech modely v podobě dospělého člověka, desetiletého dítěte a novorozence.

Tyto modely jsou svým chováním a funkcemi velmi podobné skutečnému člověku. Vyučující má možnost naprogramovat připravený scénář, který se bude odvíjet od práce zdravotníka či zdravotnického záchranáře, které fakulta vzdělává. Druhou alternativou je reakce v reálném čase na aplikované postupy studenta. Simulátory umí prakticky vše. Od základních životních funkcí – hrudník se zvedá při dýchání, na tepnách je hmatný pulz, je cítit vydechovaný vzduch, figuríny mrkají, zornice reagují



na osvit, jsou přítomny poslechové fenomény na srdci i plicích atd. Ve vydechovaném vzduchu monitorem vitálních funkcí zjistíme základní plyny, jako je koncentrace CO_2 , a stejně tak i reálně změříme saturaci kyslíkem, EKG a případně provádíme defibrilaci. Modely-pacienti umějí reagovat na podané množství léku. Novorozenec se rozpláče, dítě a dospělí odpovídají na dotaz zdravotníka. To je přidaná hodnota, která významně mění výuku. Do této doby za figurínu nebo postiženého odpovídal vyučující, nyní odpověď poskytne přímo model postiženého. Například srdceryvný pláč dítěte působí na psychiku ošetřovatele a může odvádět jeho pozornost od úkonů, které má provést. Tréninkem se tomu snažíme zamezit, aby byl student na daný stav zvyklý a v praxi ho již nic nemohlo zaskočit.

Při modelaci jednotlivých stavů je nezapomenutelná práce technika, biomedicínského inženýra i zdravotníka, popřípadě lékaře. Simulační medicína je jednou z mála oblastí, kde je široké uplatnění všech odborníků a nyní ji můžeme provádět v celé její kráse i na Fakultě biomedicínského inženýrství ČVUT.

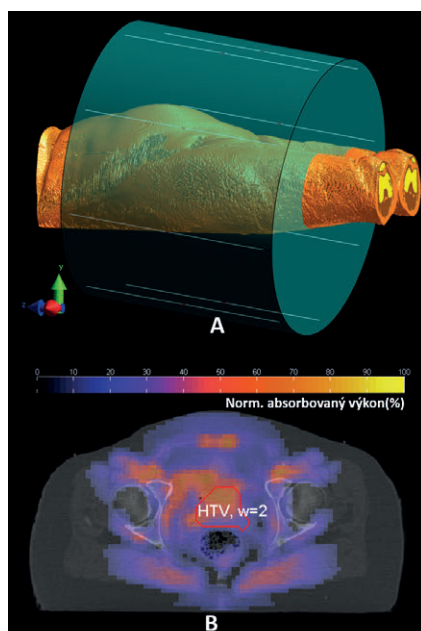
Mgr. Pavel Böhm, FBMI

Výzkum mikrovlnné hypertermie pro léčbu nádorů

Tým „Bio-elektromagnetismus“ byl na Fakultě biomedicínského inženýrství ČVUT založen v roce 2011, navazuje na výzkumné aktivity prof. Jana Vrby z FEL ČVUT, jednoho z průkopníků mikrovlnné hypertermie (HT) v tehdejší Československu. Hlavní aktivitou tohoto týmu je návrh a realizace nových originálních typů aplikátorů pro tzv. mikrovlnnou lokální a regionální HT.

Jedná se o terapeutickou metodu v onkologii, při které se úmyslně zvyšuje teplota nádorové tkáně na 40 až 44 °C. Tato metoda se nejčastěji kombinuje s radioterapií pro léčbu rekurentních nádorů, u kterých vinou předešlé radioterapie již není možné aplikovat plnou dávku. U nádorových buněk spouští HT řízenou buněčnou smrt a i přes nižší radiční dávku lze zvýšit celkovou účinnost léčby. Metodu lze neinvazivně aplikovat pomocí elektromagnetického neionizujícího záření či ultrazvuku. V ČR se klinicky používá v Ústavu radiační onkologie Nemocnice Na Bulovce.

Lokální hypertermie se aplikuje na léčebnou oblast do hloubky cca 4 cm pod povrchem těla, regionální pak zpravidla na větší a hlouběji uložené oblasti. U regionální se cíleného ohřevu léčené oblasti dosahuje konstruktivní superpozicí elektromagnetických polí z více aplikátorů, typicky čtyř až dvanácti.



A – zjednodušený numerický model osmikanálového 70 MHz regionálního hypertermického systému a anatomicky a dielektricky věrný model pacienta. **B** – vypočtené, optimalizované a normované rozložení absorbovaného elektromagnetického výkonu koregistrované s CT scanem pacienta a červeně ohraničenou léčenou oblastí.

Pro dosažení této superpozice v léčené oblasti je nezbytné provádět tzv. plánování léčby, spočívající v optimalizaci nastavení amplitud a fází signálů přiváděných na jednotlivé aplikátory. Jejich hlavní funkcí je pomocí elektromagnetického pole efektivně a co nejhomogenněji prohrát léčenou oblast. Současné aplikátory jsou založené na mikrovlnných rezonátorech a jejich fyzické rozměry jsou úzce vázané na vlnovou délku. Pod vedením doc. Davida Vrby probíhá výzkum v oblasti návrhu nových typů aplikátorů na bázi tzv. metamateriálových struktur, které v porovnání se těmi konvenčními vykazují zcela unikátní vlastnosti. Mají vysokou prostorovou variabilitu, kdy rezonanční frekvence je málo závislá na fyzických rozměrech aplikátorů.

Nově se tým věnuje i vývoji regionálního čtyřkanálového systému pro mikrovlnnou hypertermii, který umožní testování stávajících a vývoj nových typů aplikátorů. Momentálně je do návrhu jednotlivých částí systému zapojeno pět studentů bakalářského a magisterského studia. Dokončení prvního funkčního prototypu systému očekáváme na jaře příštího roku.

doc. Ing. David Vrba, Ph.D.

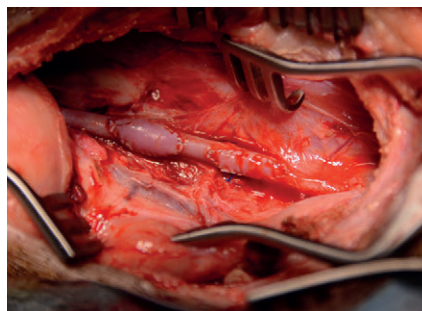
Ing. Tomáš Dřížďal, Ph.D.

doc. Dr.-Ing. Jan Vrba, MS.c., FBMI

Cévní náhrady se rodí v kultivačních bioreaktorech

Skupina Bioreaktory pro tkáňové inženýrství se specializuje na interdisciplinární výzkum a vývoj v oblasti tkáňového inženýrství a regenerativní medicíny zaměřený na vývoj nových cévních, chlopenních, kostních a kožních náhrad. Tento výzkum zahrnuje dlouhodobou spolupráci mezi skupinou z FBMI, odd. biomateriálů a tkáňového inženýrství FGÚ AV ČR, kardiocentra IKEMu a Národního centra tkání a buněk a.s. coby komerčního subjektu. Hlavní náplní skupiny z FBMI je vývoj kultivačních bioreaktorů a decelularizačních systémů. Bioreaktory umožňují řízenou kultivaci buněk, např. kmenových, na vhodných nosných konstruktech. Tyto polo a plně automatizované systémy vytvářejí fyziologické podmínky uzpůsobené pro růst buněčných kultur v kombinaci s definovaným způsobem stimulace, jenž je klíčový pro diferenciaci kmenových buněk, genovou expresi, produkci extracelulární hmoty a celkovou remodelaci nosného substrátu pro vytvoření biologické náhrady.

Druhou větví výzkumu je decelularizace tkání a vývoj systémů pro automatizovanou decelularizaci. Jedná se o proces, při němž jsou odstraněny původní buňky a DNA z tkáně a je zachována pouze extracelulární hmota. Tím je snížena imunogenita této tkáně na minimum. Tímto způsobem je možné upravit cizí (prasečí nebo hovězí) tkáně tak, aby je bylo možné použít pro personalizované konstrukty v humánní medicíně. Cílem je transfer vyvinutých technik



Implantované cévní záplaty

do klinické praxe. Jedním z dílčích úspěchů jsou probíhající animální experimenty, jež testují kardiiovaskulární záplaty a cévní náhrady na bázi decelularizovaných tkání osídlených vlastními (autologními) buňkami zvířete. Tyto experimenty zahrnují dvě plánované operace. Při první je odebrán malý kus podkožního tuku, z něhož jsou v laboratoři izolovány vlastní kmenové buňky, které jsou následně nasazeny na modifikované decelularizované tkáni a umístěny do kultivační komory bioreaktoru. Zde jsou vytvářeny fyziologické podmínky simulující krevní řečiště zahrnující průtok média, tlak a mechanické natahování. Tyto podmínky podporují růst buněk, jejich diferenciaci a tvorbu specifických proteinů remodelujících decelularizovanou tkáň. Po této kultivaci následuje druhá operace, kde jsou takto připravené kardiiovaskulární záplaty implantovány na cévní defekt.

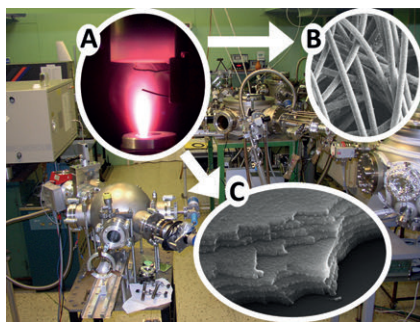
Ing. Roman Matějka, FBMI

Nové materiály pro implantologii

Skupina Laboratoře excimerového laseru Katedry přírodovědných oborů FBMI se dlouhodobě zabývá syntézou a studiem nových materiálů pro implantologii. Cílem je zlepšit mechanické a biokompatibilní vlastnosti např. bioinertního diamantu podobného uhlíku (DLC) či bioaktivního hydroxyapatitu (HA) vytvářením dopovaných a nanokompozitních povrchů.

Povlaky „dopované“ titanem, chromem, stříbrem či germaniem jsou připravovány unikátní laserovou hybridní depozicí. Technologie je založena na laserové ablaci terčových materiálů fokusovaným zářením vysokovýkonného excimerového laseru. Další laser, případně magnetron, naprašuje současně dopandy do matricového materiálu. Pro zvýšení reaktivity deponovaných materiálů může proces probíhat v reaktivním prostředí excitovaném radiofrekvenčními výboji. Pro zvýšení kvality povlaku je možno současně bombardovat narůstající vrstvu ionty vybraných plynů.

Hybridní laserová technologie umožňuje připravit povlaky při široké škále depozičních parametrů a tím pádem i různých mechanických



↗ Laboratoř hybridních laserových technologií. A – plazmový obláček z terče po ablaci laserem, B – nanovláknina pokrytá hydroxyapatitem, C – vícevrstvá struktura termoelektrik (tloušťka jedné vrstvičky 10 nm)

kých, fyzikálních a biomedicínských vlastností. Cílem je optimalizovat tyto parametry tak, abychom připravili na míru šité implantáty pro danou aplikaci. Antibakteriální vlastnosti lze zvýšit např. dopováním stříbrem. Jeho zvýšený obsah však od jisté koncentrace může zvýšit toxicitu vrstev a zhoršit mechanické vlastnosti. Podobně chrom může zlepšit adhezi ke kovovým implantátům, ale za jis-

tých podmínek může umožnit formování toxických hexavalentních vazeb. Přijmutí implantátu organismem lze urychlit např. pokrytím feroelektrickým BaTiO_3 .

Vlastnosti nově vytvořených materiálů jsou studovány řadou fyzikálních a biologických metod. Je zkoumán vliv na bakterie a buňky, v některých případech i experimenty „in vivo“, např. pokrytí textilních cévních náhrad DLC na ovčích či zubních implantátech hydroxyapatitem na miniprasátkách.

Dalším zajímavým projektem, řešeným v rámci TAČR, je právě dokončovaný malý průmyslový laserový depoziční systém pro pokrytí stomatologických implantátů nanokrystalickým hydroxyapatitem. S využitím pevnolátkového laseru lze současně potáhnout až osm implantátů během deseti minut.

Vyvinutou hybridní laserovou technologii lze využít i pro přípravu unikátních materiálů pro studium vysokoteplotních supravodičů, feroelektrik, kvazikrystalů, multivrstev, supermřížek, nanokompozitů, nanovláken atd.

**prof. Ing. Miroslav Jelínek, DrSc.,
a kol., FBMI**

Hodnocení fyzického a psychického stavu armádních specialistů

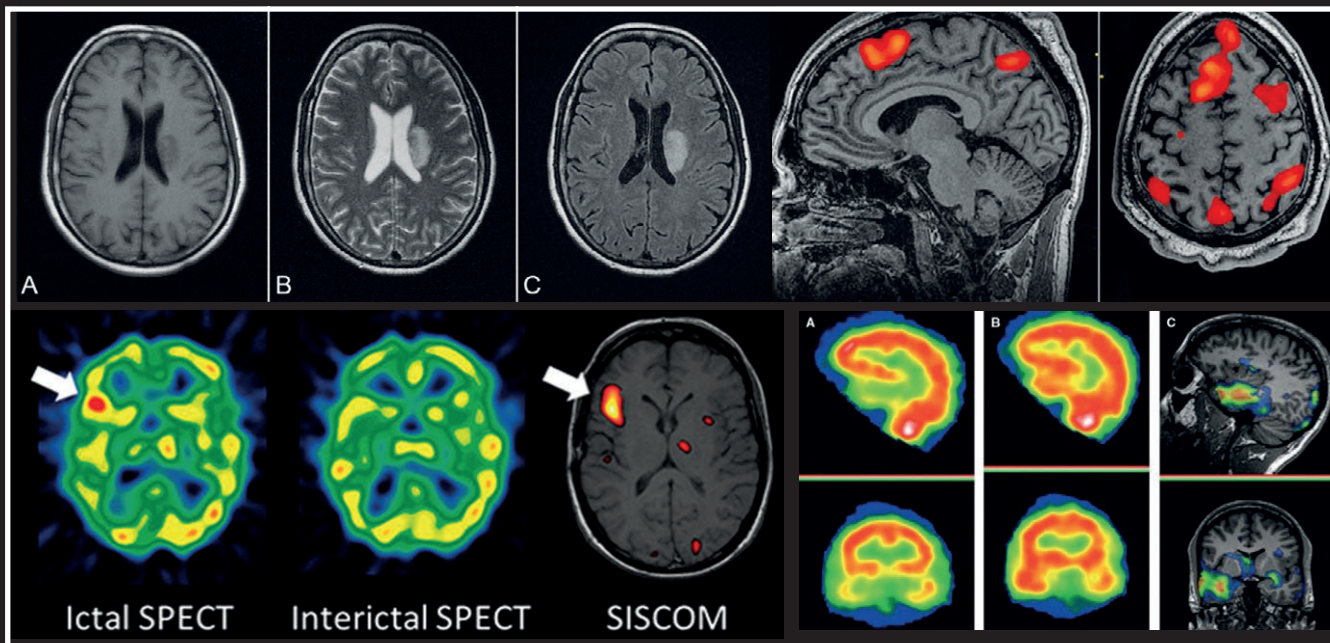
Ve spolupráci s dalšími fakultními pracovišti a v souladu s požadavky Univerzity obrany v Brně, CASRI, p.o. a dalších partnerů probíhá ve Skupině biomechaniky a asistivních technologií FBMI vývoj systémů a metod hodnocení fyzického a psychického stavu armádních specialistů, jakými jsou piloti, řidiči letového provozu, členové protivzdušné obrany a další. Výstupem spolupráce s Armádou ČR a dalšími partnery je řada zařízení umožňující dlouhodobý či krátkodobý monitoring zdravotního stavu osob plnících úkoly během výcviku, od laboratorní výuky na leteckém simulátoru po zimní trénink v horských podmínkách. Vyvinuté systémy a metody založené na monitorování pohybové aktivity, silových účinků a dalších fyziologických dat (EEG, EKG, atd.) pomáhají ve výběru armádních specialistů, optimalizaci výcviku a výběru vhodných prostředků pro plnění úkolů jednotlivce v zahraničních misích či v rámci integrovaného záchranného systému.



Monitorovací systémy umožňují komplexními algoritmy pro zpracování fyziologických dat, obrazu z kamer či dat ze siloměrných snímačů určit fyzický a psychický stav měřených subjektů. Jsou používány v praxi již zavedené nebo pouze experimentálně testované perspektivní metody lineární a nelineární analýzy dat. Aplikace zkonstruovaných systémů také rozšiřuje užité vlastnosti v armádě již zavedených trenažérů, například leteckých a pro výcvik řídicích letového provozu či technického zabezpečení. Souběžné monitorování trenažérových dat a fyziologických a biome-

chanických údajů umožňuje sledovat míru fyzické a psychické zátěže během výcviku ve vztahu k prováděnému úkolu v rámci plněné mise. Dá se tak určit úroveň vycvičenosti vojáků pro plnění náročných úkolů a optimalizovat jejich přípravu s ohledem na přesnost a kvalitu provádění jednotlivých úkonů, jakými jsou například přesnost pilotáže, detekce polohy cílů atp. Nové metody jsou v rámci armádního výcviku využívány k souběžnému monitorování členů odlišných profesí celé organizační struktury, kteří plní společně zadaný cíl mise. Navržené postupy umožňují identifikaci a hodnocení nejvíce fyzicky či psychicky zatížených, bezpečnost a efektivitu plnění cíle jednotlivými členy atd. Metody a postupy vyvinuté ve spolupráci s armádou následně mohou najít řadu aplikací také v civilním sektoru, jako je například výcvik pilotů aerolinií, policistů, ale také ve zdravotnictví v oblasti distanční medicíny.

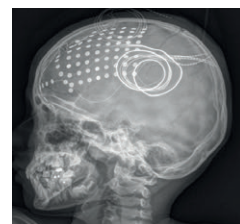
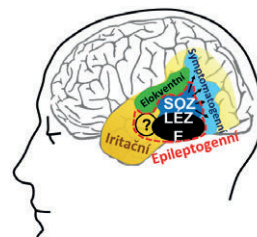
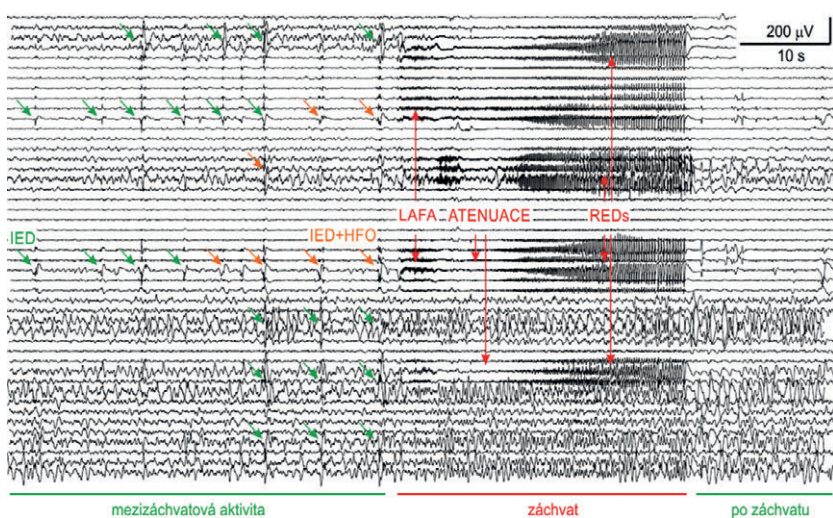
**doc. Ing. Patrik Kutílek, MSc., Ph.D.,
FBMI**



Zpracování obrazů

Lékařské zobrazovací metody umožňují bez nebezpečí pro pacienta nahlédnout dovnitř lidského těla. Barevné obrázky ukazují mozkovou aktivitu detekovanou metodou SPECT a nárůst této aktivity během epileptického záchvatu (SISCOM), promítnutý na obrázek získaný pomocí magnetické rezonance (MRI, ve stupních šedi), poskytující anatomický kontext. Úkolem je detekovat epileptická ložiska (červeně) a naplánovat případnou terapii. Důležitou součástí zobrazovacích metod jsou i počítačové algoritmy. MRI obrázek vzniká pomocí Fourierovy transformace, zatímco rekonstrukce SPECT je iterativní řešení lineárních rovnic. Registrace převede obrázky do společné soustavy souřadnic a segmentace v nich najde důležité anatomické struktury. K detekci mozkové aktivity jsou potřebné statistické metody a typ a závažnost onemocnění pomohou rozpoznat metody strojového učení.

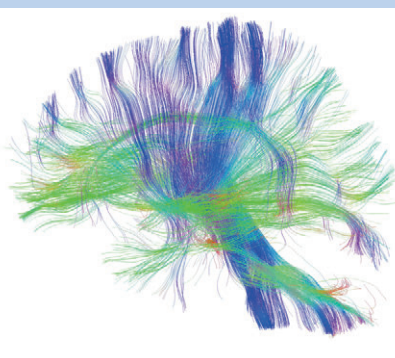
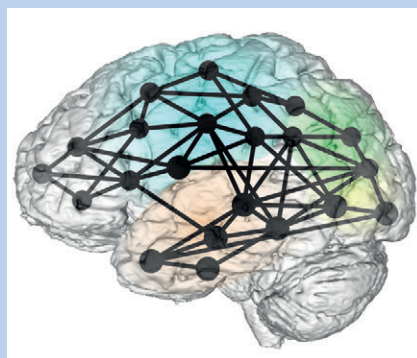
> Více na <http://www.fel.cvut.cz/cz/vv/tymy/mip.html>



Zpracování signálů

Ve skupinách Analýza, modelování a interpretace signálů a Lidské faktory a biomedicínská měření se zabýváme výzkumem moderních metod zpracování fyziologických signálů (EEG, EMG, EKG, řečových, ...). Počítačová analýza nitrolebního EEG pacienta s epilepsií umožňuje zpřesnit lokalizaci epileptogenního ložiska. Jeho chirurgické odstranění vede k trvalému vymizení záchvatů. Pokročilou analýzou lze dále studovat propojení mezi mozkovými centry a pochopit tak složité fungování mozku.

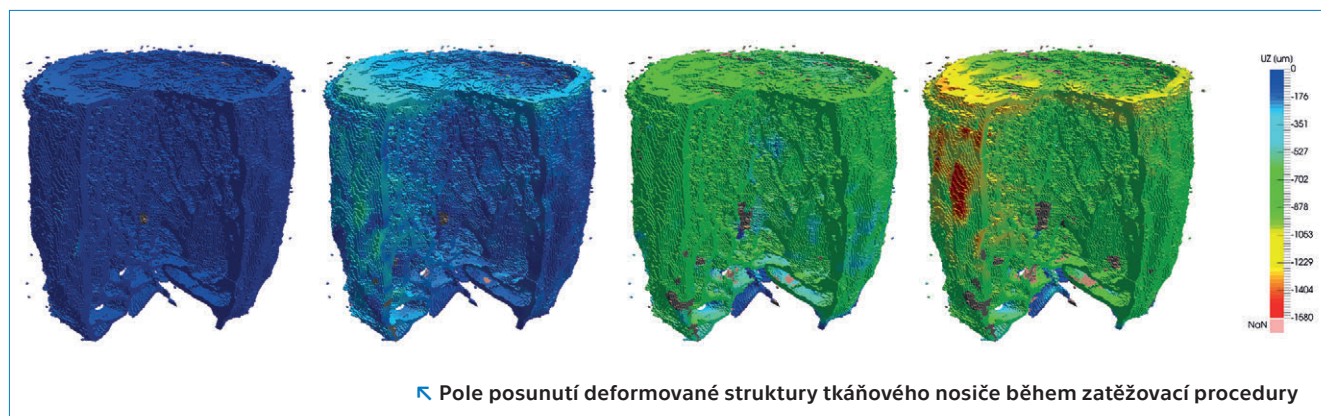
> Více na <http://sami.fel.cvut.cz/> a <https://meas.fel.cvut.cz/research/hfbm>



Mezinárodní spolupráce a vývoj nových technologií

Příkladem mezinárodní a mezioborové spolupráce jsou projekty zaměřené na neurologický výzkum. Projekt „Rozpoznání Parkinsonovy choroby z hlasu a řeči“ je řešen ve spolupráci s lékaři, techniky a foniatry ze sedmi prestižních pracovišť (z Česka, Kanady, USA, Německa, Francie, Itálie a Rakouska). Vývoj nových diagnostických metod v epileptologii a funkčních poškození vyžaduje spolupráci lékařů, biologů, techniků a matematiků k popisu dynamických systémů zapojených do složitých sítí.

> Více na https://www.michaeljfox.org/foundation/grant-detail.php?grant_id=1616



Pokročilé radioskopické metody v experimentální biomechanice

Experimentální biomechanika je specifickým multidisciplinárním vědním oborem kombinujícím metody primárně vyvinuté pro analýzu inženýrských konstrukcí a diagnostických postupů využívaných v biomedicíně. Na rozdíl od konvenčních uměle vyrobených materiálů či výrobků s danými vlastnostmi jsou biologické tkáně schopné reagovat na vnější podněty optimalizací vnitřní struktury (remodelací) i změnou materiálových vlastností (změnou chemického složení).

Detailní znalost odezvy tkáně na vnější podněty, v případě biomechaniky se povětšinou jedná o mechanické zatížení, je nezbytná pro obory tkáňového inženýrství vyvíjející umělé tkáně a nosiče. Ty jsou pak posuzovány z pohledu jejich nosné funkce, podpory buněčné aktivity nově se formující tkáně a mikrostruktury umožňující transport živin. Aby bylo možné tyto požadované vlastnosti v praxi ověřit, je zapotřebí vyvíjet experimentální postupy pro sledování časově závislých změn pod mechanickým zatížením. Tato problematika je intenzivně zkoumána v rámci projektu Inženýrské aplikace fyziky mikrosvětla v úzké spolupráci Fakulty dopravní, Ústavu technické a experimentální fyziky ČVUT, Ústavu teoretické a aplikované mechaniky AV ČR a 3. lékařské fakulty Univerzity Karlovy.

Základní ideou je kombinace zatěžovacích testů a výpočtové tomografie s vysokým rozlišením umožňující kontinuální sledování vývoje deformace i porušení v celém objemu zkoumaného vzorku v podmínkách blízkých se podmínkám živého organismu. Pro tento účel jsou navrhována unikátní zatěžovací zařízení integrovaná do laboratorní tomografické sestavy, vyvíjeny rychlejší a citlivější detektory rentgenového záření na principu čítačů jednotlivých fotonů i softwarové nástroje pro řízení experimentů, vyčítání naměřených dat a jejich následné zpracování. Nosný rám zatěžovacích zařízení je vyroben

ben z uhlíkového kompozitu disponujícího dostatečnou tuhostí při současném nízkém útlumu rentgenového záření. Pro navození simulovaných fyziologických podmínek je zatěžovaný vzorek umístěn v komoře bioreaktoru s regulovaným průtokem a teplotou cirkulující tekutiny.

Oproti medicínským tomografům, kde rotuje pár rentgenka-detektor, jsou laboratorní tomografy obvykle konstruovány se stacionárními páry rentgenka-detektor a rotujícím snímkováním objektem. Při současném využití více párů lze snímkování provádět v „multiple source/energy“ režimu. V závislosti na typu použitého detektoru je možné získat velmi detailní model zkoumaného objektu s rozlišením lepším než je 1 mikrometr, nebo naopak sledovat rychlé dynamické děje. V dlouhodobých testech je pak možné posuzovat degradaci vzorku vlivem cyklického zatěžování či tečení vzorku. Rychlé tomografie lze využít i pro pozorování transportních jevů, pokud je proudící tekutina obohacena o kontrastní mikročástice.

V průběhu experimentu je pořízeno obvykle několik desítek tomografií, které jsou použity k rekonstrukci vnitřní struktury a především ke kvantifikování její deformace v celém objemu vzorku pomocí metody digitální korelace objemu (Digital Volume Correlation, DVC). Použitá procedura využívá rozšíření principů metody digitální korelace obrazu do 3D a umožňuje určení

pohybu množiny bodů v měnících se třírozměrných obrazových datech včetně určení všech složek tenzoru deformace. Pokud je při zpracování dat použit princip iterativní rekonstrukce, je možné zvýšit počet získaných objemových modelů, snížit čas nutný k provedení experimentu nebo významně redukovat dávky záření, kterému je objekt vystaven. Poslední fakt hraje velmi podstatnou roli při in-vivo experimentech.

Zapojení Ústavu mechaniky a materiálů FD ČVUT v projektu je nejen v aplikaci tomografie a rentgenografie při analýze mikrostruktury materiálů pod zatížením, ale rovněž dává možnost studovat velmi rychlé deformace pomocí tzv. flash RTG techniky, kdy se zaznamenává sledovaný děj pomocí několika velmi rychle po sobě jdoucích RTG snímků (například průlet projektilu zkoumaným materiálem).

Projekt je ukázkou úspěšné multidisciplinární spolupráce, která již vyústila v řadu společných publikací v impaktovaných časopisech, ale je rovněž významným přínosem pro rozvoj zúčastněných vědeckých pracovníků. A je přínosná i pro studenty, kteří získávají možnost využívat v rámci svých diplomových a doktorských prací špičkové laboratorní zařízení všech zapojených institucí.

Ing. Ondřej Jiroušek, Ph.D., FD ČVUT
doc. Ing. Daniel Kytýř, Ph.D.,
ÚTAM AV ČR

Na vzniku novinek v oboru biomedicíny se velmi aktivně podílí Fakulta strojní ČVUT. Představujeme tři projekty, spjaté s naším zdravím.

Vývoj kostních implantátů i cévních náhrad

Patent na cévy

V Evropě, a ve všech vyspělých zemích, kam můžeme zařadit i Českou republiku, patří z hlediska morbidity a mortality onemocnění kardiovaskulárního systému k těm nejčastějším. Tento typ onemocnění postihuje společnost napříč sociálním spektrem a v poslední době i velmi mladá jedince. Více jak 2/3 potíží v kardiovaskulární oblasti tvoří onemocnění cév. Po diagnostice onemocnění jsou nasazena farmaka a při progresivnějším průběhu onemocnění nastupuje léčba chirurgická a intervenční. Jedním ze základních pilířů rekonstrukční cévní chirurgie byly, a v dohledné době ještě stále budou, cévní náhrady. Dosud nejsou na trhu dlouhodobě spolehlivé náhrady cév pro nízké průtoky a malé průměry. Naše pracoviště ve spolupráci s VFV v Praze a 1. LFUK, za podpory grantových projektů MZ ČR, vyvíjí alternativní cévní náhrady pro průtoky menší jak 150 ml/min. s průměry pod 6 mm. Jedná se o kompozitní náhrady se sendvičovou stavbou stěny na bázi biologického materiálu, zejména kolagenu. Na pracovišti Fakulty strojní ČVUT se provádí rozsáhlé mechanické testy jak nativních cév, tak vyvíjených cévních náhrad a všech jejich komponent. Prototyp náhrady byl již úspěšně implantován do zvířecího modelu, ovce, v oblasti krčních tepen. V současné době se řeší podání českého a evropského patentu na tento typ cévní náhrady.

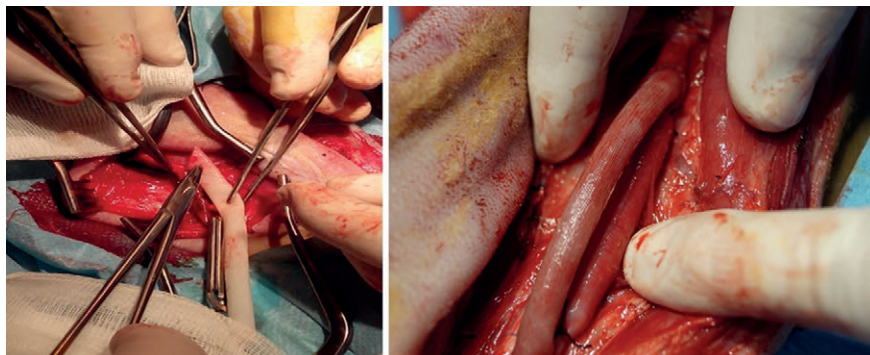
Ing. Hynek Chlup, Ph.D.



3D tisk v medicíně

Aditivní technologie (neboli 3D tisk) díky svému principu výroby součástí po vrstvách umožňují zhotovit tvarově velice komplexní struktury. Tím jsou doslova předurčeny k použití v biomedicínském inženýrství, neboť dokážou vystihnout tvarovou rozmanitost orgánů lidského i zvířecího těla. Na Fakultě strojní využíváme pro 3D tisk termoplastické nebo UV senzitivní polymerní materiály, ale také práškové kovové. Podle použitého materiálu jsou součásti vyrobené 3D tiskem používány jako kopie anatomie pro předoperační přípravu nebo design implantátů, jako operační pomůcky, ale také jako finální implantáty. Zajímavé jsou právě aplikace s použitím biokompatibilní titanové slitiny, kde je možné vytvořit náhradu přímo na míru daného pacienta. Díky schopnosti aditivních technologií vyrobit složité tvary jsou implantáty optimalizovány z hlediska pevnosti, tuhosti a hmotnosti i opatřovány strukturovanými oseointegračními povrchy.

Ing. Pavel Růžička, Ph.D.



Biopolymerní kompozitní povlaky implantátů

Ani dnes, po desítkách let vývoje kostních implantátů, nelze zaručit, že po implantaci dojde vždy k úspěšnému vhojení implantátu do kosti (oseointegraci). Nedostatečná oseointegrace a s ní spojené riziko uvolnění implantátu hrozí především u endoprotéz, které jsou vystaveny značným dynamickým účinkům, jako například úplná náhrada kyčelního kloubu. Výzkum ukázal, že strukturované povrchy, tj. povrchy které poskytují vazebná místa pro buňky kostní tkáně, například díky zvýšení své členitosti nebo po vytvoření styčné vrstvy s vhodnými chemickými vazbami, skýtají naději na dlouhodobou funkční integraci. Zkoumání těchto povrchových úprav vedlo až k vyvinutí tzv. necementovaných endoprotéz, tedy implantátů, u nichž není používána anorganická výplň vůle mezi implantátem a kostí. Je známo, že buňky pojivové tkáně přirozeně adhezuji k bazální membráně vytvořené z kolagenního pletiva. Kolagen je jednou ze stavebních bílkovin těchto tkání, tvoří jej složitá vlákna, která jsou oporou orgánů (kostem dávají pružnost, cévám a svalům pevnost). Kolagenová membrána na povrchu implantátu je základní myšlenka biopolymerního nanostrukturovaného kompozitního povlaku, na jehož vývoji pracuje Ústav mechaniky, biomechaniky a mechatroniky Fakulty strojní ČVUT společně s Ústavem struktury a mechaniky hornin AV ČR a českým výrobcem implantátů ProSpon.

doc. Ing. Lukáš Horný, Ph.D., Ing. Tomáš Suchý, Ph.D.



↗ Zkušební titanové tištěné implantáty pro biologické hodnocení v podmínkách in vivo, na kterých jsme ověřovali míru oseointegrace. Mikro-CT rekonstrukce implantátu ukazuje původní kost (bíle), implantát (červeně) a novotvořenou kost (zeleně), která po půlroční implantaci prorůstá celým vzorkem.

➤ Na pracovišti Fakulty strojní ČVUT se provádí rozsáhlé mechanické testy jak nativních cév, tak vyvíjených cévních náhrad a všech jejich komponent. Prototyp náhrady byl již úspěšně implantován do zvířecího modelu, ovce, v oblasti krčních tepen. V současné době se řeší podání českého a evropského patentu na tento typ cévní náhrady.

Zaměřeno na onkologické nemoci

Radionuklidová terapie, speciální nanomateriály, vývoj nových zařízení, to vše patří k současné Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské, která se tak významně podílí na pokroku v medicíně.



Nanomateriály ničí rakovinu

Speciální nanomateriály, které po osvětlení vyprodukují cytotoxickou látku vedoucí ke zničení rakovinových buněk, vyvíjejí vědci spolu se studenty na Katedře jaderné chemie Fakulty jaderné a fyzikálně inženýrské. Kombinací různých nanomateriálů vytvářejí látky vhodné pro fluorescenční zobrazování nebo léčbu rakoviny pomocí fotodynamické terapie buzené rentgenovým zářením (PDTX).

Povrchová vrstva materiálu pro PDTX je tvořena organickou látkou, tzv. fotosenzitizerem. Ten při nabuzení (excitaci) energií z nanoscintilátoru, tedy materiálu schopného produkovat světelné záblesky, vytváří singletový kyslík, který je cytotoxický, a dochází tak k zániku rakovinových buněk. Na FJFI se mimo přípravu těchto materiálů zabývají také preklinickým testováním materiálů na buněčných kulturách, plánují se testy na myších.

„Jádrem problematiky, kterou řešíme, je příprava práškových scintilačních nanomateriálů, které dokážou produkovat dostatek záření pro vybuzení fotosenzitizeru,“ vysvětluje Iveta Terezie Pelikánová, doktorandka na Katedře jaderné chemie FJFI, a dodává: „K tvorbě nanoscintilátoru využíváme foto a radiační syntézu.“

Vodné roztoky vhodných chemických sloučenin (prekurzorů) jsou ozařovány UV nebo ionizujícím zářením, což indukuje vznik nanočástic. Připravené nanoscintilátory jsou dále zpracovávány – žíhány ve vakuu, na vzduchu nebo v různých typech plynných prostředích. Dále jsou biofunkcionalizovány, aby bylo možné využít anorganické nanočástice v medicíně, vytvořením tzv. nanokompozitu, tedy obalením nanoscintilátoru do ochranného obalu a navázáním fotosenzitizeru.



➤ Jeden z nejnovějších počítačových tomografů pracující se dvěma energiemi v Česku: CT Somatom Definition Flash.

Učíme se přesně mířit

Lineární urychlovač elektronů pro léčbu rakoviny není v nemocnicích novinkou. Ničit rakovinové buňky pomocí něj je ale možné až tehdy, když je lze co nejpřesněji zacílit. Jinak hrozí poškození okolních tkání. Ideálním řešením je proto zařízení, které může současně sledovat polohu rakovinou zasažených tkání a v reálném čase zaměřovat ozařovací paprsek přímo na dané místo.

Lékařům pomáhají s využíváním těchto moderních přístrojů absolventi zdravotnického oboru Radiologická fyzika, který má v Česku akreditovaný jako jediná fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT.

„Propojení technologie sledování tkání a ozařovacího přístroje lze provést mnoha způsoby. Pacient může například sledovat svou dýchací křivku, naučit se dýchat vyrovnaně a urychlovač pak může spouštět svazek jen ve vhodných chvílích,“ upřesňuje Tereza Hanušová z Katedry dozimetrie a aplikace ionizujícího záření. „Tomu musí předcházet trénink pacienta, ne každý to zvládne,“ dodává.

Nejefektivnější je při kompenzaci dýchacích pohybů tzv. kybernetický nůž, kde je lineární urychlovač umístěn na robotickém rameni, takže může „dýchat“ (synchronizovat pohyb) spolu s pacientem. Samotnému ozařování předchází tvorba dýchacího modelu pacienta a během léčby je nutné sledovat, zda se pacient od svého modelu neodchýlí. Naprostou novinkou, která zatím ještě v nemocnicích není, je přístroj kombinující magnetickou rezonanci (MR) s technologií linac, tedy s lineární urychlovačem. Díky magnetické rezonanci je možné detekovat polohu rakovinou zasažených buněk, protože dobře zobrazuje měkké tkáně, navíc na rozdíl od rentgenového zobrazení není pacient zatížen přídatnou dávkou ionizujícího záření. Svazkem fotonů z lineárního urychlovače je pak možné provádět přesně cílenou terapii.

V budoucnu se počítá s možností vytvářet nový ozařovací plán v reálném čase, což je zatím příliš výpočetně náročné. Technickou výzvou je také fakt, že MR snímky na rozdíl od plánovacích snímků počítačové tomografie (CT) neposkytují požadovanou informaci o složení a přesnou geometrii lidských tkání. Zařízení MR linac se nyní testuje na dvanácti místech ve světě.

Nový patent může zvýšit účinnost léčby

Při léčbě rakoviny, autoimunitních onemocnění (např. kloubů) či paliativní terapii se poměrně často využívá radionuklidová terapie. Pro radiofarmaka, látky označené alespoň jedním radionuklidem pro léčebné či diagnostické účely, bývá klíčovým problémem jejich přesné cílení do tkání, které mají být léčeny či diagnostikovány. Při systémovém podání, zpravidla intravenózním, má také organismus snahu rychle se radionuklidů zbavit a vyloučit je, což je na jednu stranu žádoucí, ovšem pouze do okamžiku, než potřebujeme radiofarmakum v dané tkáni udržet tak dlouho, abychom mohli spolehlivě a účinně na tuto tkáň působit. Tým docenta Jána Kozempela z Katedry jaderné chemie FJFI patentoval způsob, jak zajistit výrazně delší setrvání izotopu Ra-223 v těle pacienta. „Zjistili jsme, že při podání dalších podpůrných složek v určitém odstupu od podání radia dokážeme zajistit jeho delší terapeutický účinek a omezení jeho zachytu například ve slezině,” vysvětluje Ján Kozempel.

Při použití sady podle předkládaného vynálezu dochází ke zvýšení doby zachytu radionuklidů Ra v organismu, což umožňuje vyšší zachyt Ra v kostech za současného snížení setrvání v ostatních orgánech (např. slezině nebo játrech), tedy dochází ke zvýšení doby působení radionuklidů Ra v cílové kostní tkáni a k současné rychlé eliminaci této látky z ostatních orgánů, kde je její přítomnost nežádoucí.

Zatím se vědci zaměřují především na terapii při léčbě kostních onemocnění, zejména kostních metastáz při léčbě pokročilé rakoviny prostaty. Prvotní výsledky ukazují, že kombinace dvou látek zvyšuje setrvání radionuklidů v těle, což výrazně zvyšuje účinnost terapie. „Předmětem našeho dalšího zkoumání je přesné nastavení poměrů látek, jejich četnost i odstup v jejich podávání pro zajištění co možná nejlepších účinků. Současně také sledujeme cílení a rozprostření účinné látky v těle, protože cílem je její maximalizace v postižených tkáních,” doplňuje Ján Kozempel.



◀ Detektor pro měření aktivity vzorků radia

Připravil: Jan Kadeřábek, FJFI

➤ **Schopnost nahlížet na problémy nejen z úhlu přírodovědce, ale také prizmatem informatika, činí ze studentů bioinformatiky velmi cenné členy týmu, kteří jsou schopni zajišťovat komunikaci mezi mnohdy znalostně i myšlenkově málo kompatibilními odbornostmi.**

Bioinformatika: studijní program FIT ČVUT, VŠCHT a Akademie věd

Rozvoj tzv. vysoce propustných experimentálních technik, mezi něž patří především sekvenování genomů, vedl v poslední době k enormnímu nárůstu množství biologických a biomedicínských dat. Mít samotná data ovšem nestačí, neboť teprve jejich důkladná analýza a porozumění může významným způsobem posunout naše vědění v takových oblastech, jako je biomedicína a lidské zdraví, biotechnologie či zemědělství.

S rostoucím množstvím a komplexitou biologických a biomedicínských dat dal požadavek na vývoj metod pro jejich ukládání, vyhledávání a analýzu vzniknout nové meziodbové oblasti – bioinformatice. Tato vědní disciplína je schopná řešit široké spektrum biomedicínských problémů, jako je např. analýza genomů rakovinných buněk či automatická analýza biomedicínských obrazů. Bioinformatika čerpá z několika oblastí lidského poznání – z biologie, počítačové vědy a statistiky. Bioinformatik je široce vzdělaný odborník, který rozumí biologickým datům a ví, jak je ukládat, třídit, interpretovat a analyzovat.

Z důvodu stále rostoucí poptávky po lidech s takovouto kombinací biologického a analytického myšlení se spojily dvě pražské univerzity, Vysoká škola chemicko-technologická (VŠCHT) a České vysoké učení technické (ČVUT), se dvěma ústavu Akademie věd, Ústavem molekulární genetiky (ÚMG) a Ústavem organické chemie a biochemie (ÚOCHB), a vytvořily bakalářský, magisterský a nově též doktorský studijní program Bioinformatika. Bakalářský a magisterský program byly otevřeny v akademickém roce 2014/2015 a do doktorského programu, který je zatím v České republice naprosto unikátní, mají studenti možnost se zapisovat od akademického roku 2019/2020.

Díky bohaté domácí i zahraniční spolupráci zainteresovaných ústavů s akademickým i soukromým sektorem mají studenti programu možnost podílet se na mnoha zajímavých biomedicínských projektech. Sem patří např. identifikace nových potenciálních léčiv pro vybrané typy rakoviny, řešená ve spolupráci s americkou farmaceutickou společností MSD, nebo pro závažná psychická onemocnění, řešená ve spolupráci s Národním ústavem duševního zdraví. Spolupráce s Anatomickým ústavem 1. lékařské fakulty UK, jež je zaštiťována projektem OP VVV „Centrum nádorové ekologie – výzkum nádorového mikroprostředí v organismu podporujícího růst a šíření nádoru“, si pak klade za cíl porozumět mechanismu vzniku a šíření rakovinového nádoru.

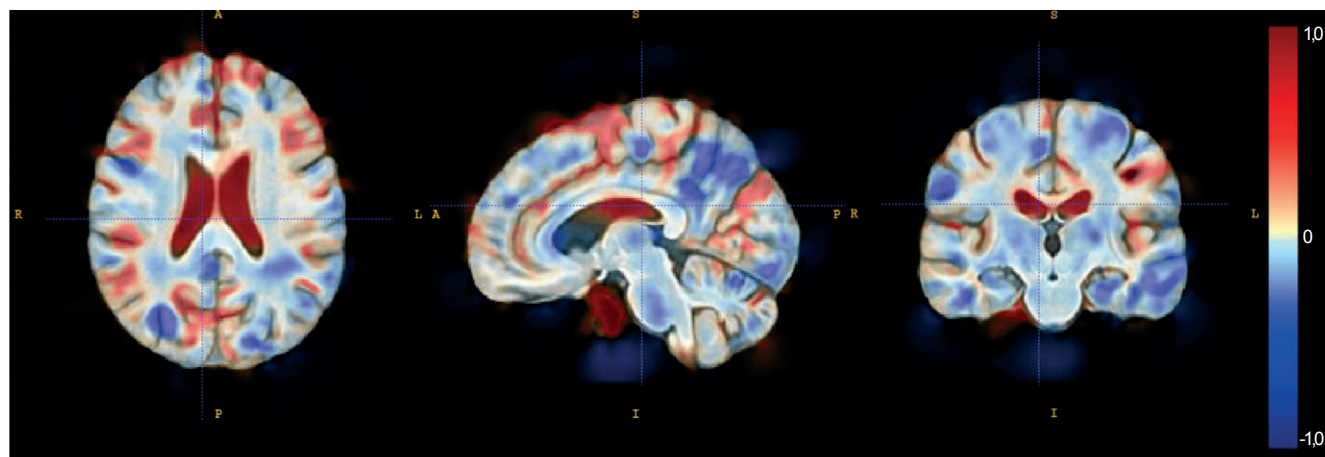
Možnost účastnit se řešení projektů z oblasti biomedicíny a příbuzných oborů představuje pro studenty unikátní příležitost získat zkušenosti, jež jim při přechodu do praxe otevrou dveře do multidisciplinárních týmů zaměřených na interpretaci a analýzu biomedicínských dat či na vývoj softwarových nástrojů pro oblast přírodních věd. Schopnost nahlížet na problémy nejen z úhlu přírodovědce, ale také prizmatem informatika, pak činí ze studentů bioinformatiky velmi cenné členy týmu, kteří jsou schopni zajišťovat komunikaci mezi mnohdy znalostně i myšlenkově málo kompatibilními odbornostmi.

doc. Daniel Svozil, VŠCHT

> Více na <http://studuj.bioinformatiku.cz>

➤ **Bioinformatik je široce vzdělaný odborník, který rozumí biologickým datům a ví, jak je ukládat, třídit, interpretovat a analyzovat.**

➤ **Jedna z teorií vzniku Alzheimerovy choroby předpokládá, že se nemoc začíná vyvíjet právě v bazálním předním mozku a šíří se po drahách vycházejících z této struktury prakticky do celého mozku.**



➤ Příklad hledání atrofie u pacienta s AD pomocí morfometrie založené na tenzorech. Modře obarvené oblasti (záporné hodnoty) představují úbytek tkáně, červeně obarvené oblasti zvětšení objemu oproti standardnímu mozku.

Alzheimerova choroba v barvách

Donedávna se výzkum v oblasti Alzheimerovy choroby (Alzheimer's disease, AD) převážně zaměřoval na zkoumání symptomů, které tuto nemoc doprovázejí. Nejnovější studie však poukazují na to, že se AD začíná rozvíjet již o několik desetiletí dříve. Z toho důvodu se při vyhodnocování stavu nemoci používají rozličné biomarkery a zobrazovací metody, které jsou schopny zachytit i nepatrné změny v mozku, a tak se přiblížit k pochopení podstaty samotného onemocnění. Vyhodnocení dat ze zobrazovacích metod v dnešní době často zahrnuje i použití sofistikovaných postupů, které jsou schopné odhalit mnohé skryté souvislosti. A to je právě oblast, ve které se spojuje technika s medicínou. V Českém institutu informatiky, robotiky a kybernetiky ČVUT nyní tuto chorobu specialisté zkoumají pomocí zobrazovacích technik a data miningu.

Dnešní definice Alzheimerovy choroby se posouvá ze současného přístupu založeného na kognitivních změnách a behaviorálních symptomech s biomarkery sloužícími pouze pro potvrzení diagnózy, ke striktně biologickému stanovisku založenému na měřitelných změnách v lidském mozku. To je v souladu s pojetím ostatních chronických nemocí, které jsou zpravidla definovány na biologickém základě. Klinické příznaky pak představují už jen důsledky nemoci. Cílem současné

vědy je identifikovat a léčit nemoci již před vypuknutím těchto zjevných symptomů.

Za výše zmíněné biomarkery považujeme zobrazovací metody a analýzu mozkomíšního moku. Nová definice AD se zaměřuje především na tři skupiny biomarkerů – beta-amyloid, tau a neurodegeneraci. Beta-amyloid je přirozeně se vyskytující protein, který se v mozku shlukuje ve formě plaků. Tau, další protein, se abnormálně shlukuje v neurofibrilárních klubkách, která blokují komunikaci mezi neurony. V neposlední řadě, neurodegenerace je následkem různých příčin, jako je třeba stárnutí nebo úrazy, a odhaluje důležitou informaci o stupni patologie a faktorech často spojených s vývojem AD. Mezi rozšířené zobrazovací metody patří amyloid PET (pozitronová emisní tomografie), tau PET a kvantifikace atrofie pomocí MRI (magnetická rezonance). O hledání skrytých vzorů právě v datech z magnetické rezonance se snaží naše skupina v CIIRC.

Jednou z metod, kterou používáme, je morfometrie založená na tenzorech (Tensor-based Morphometry, TBM). Dokáže pomocí vzájemného prostorového slícování vzoru (snímku vyšetřovaného mozku) a anatomické šablony (nebo i předešlého snímku téhož subjektu v případě longitudinální studie) určit v mozku místa podezřelá z atrofie. Díky čím dál lepším rozlišovacím schopnostem magnetické rezonance a vývoji nelineárních registračních (lícovacích) algoritmů jsme nyní schopni touto metodou odhalovat místa atrofie, která byla dříve nemyslitelná. Potvrdili jsme tak například domněnku, že při AD probíhá neurodegenerace bazálního předního mozku – malého

útvary tvořeného šedou hmotou, který se zásadním dílem podílí na pozornosti, učení a některých druhích paměti.

Jedna z teorií vzniku AD předpokládá, že se nemoc začíná vyvíjet právě v bazálním předním mozku a šíří se po drahách vycházejících z této struktury prakticky do celého mozku. Ve spojení se skupinou prof. Horta (Nemocnice Motol) a s odborníky z divize klinické geriatry na Karolinska Institutet (Švédsko) proto zkoumáme, jak jsou tyto mozkové spoje ovlivněny při různých formách demence. Zobrazovací metoda DTI (Diffusion Tensor Imaging) umožňuje neinvazivně sledovat takové mozkové dráhy u živých pacientů. Na základě námi vytvořených modelů jednotlivých spojení pak dokážeme zhodnotit, nakolik jsou poškozena. Ukazuje se, že takto získaná data poměrně dobře souvisí s kognitivními schopnostmi vyšetřovaného pacienta. Vytváření takových modelů je však výpočetně velmi náročné. Výhodou je, že tuto úlohu lze velmi dobře paralelizovat a využít tak výkonu čím dál dostupnějších grafických karet, výpočetních gridů a cloud computingu.

Naše skupina ve spolupráci s neurologickými pracovišti a s podporou Alzheimer Nadačního fondu Avast přispívá k pochopení procesů v Alzheimerově chorobě. A to především pomocí metod založených na měřitelných změnách lidského mozku s cílem lepšího porozumění procesu nemoci a sledu událostí, které vedou ke kognitivnímu poruše a demenci.

Ing. Milan Němý, FEL

Ing. Lenka Vysloužilová, Ph.D., CIIRC
prof. RNDr. Olga Štěpánková, CSc., CIIRC

Algoritmy pomáhají pacientům s cukrovkou

Diabetes mellitus patří mezi nejrozšířenější chronická onemocnění. Statistiky udávají, že v ČR různými typy cukrovky trpí až 10 % populace. Jedním z rysů je vysoká hladina glukózy v krvi, tzv. hyperglykemie, která vzniká jako následek nedostatečného účinku inzulínu a je provázána poruchou metabolismu nejen cukrů, ale i tuků a bílkovin.

Cílem léčby je vždy optimální metabolická kompenzace, která zahrnuje dosažení a udržení normálních hodnot glukózy v krvi, úrovně krevního tlaku a hladiny tuků v krvi. Úspěšná terapie diabetu stojí na třech pilířích: inzulín, dieta a fyzická aktivita. U pacientů je často problematická kompenzace onemocnění. Rozmezí „normálních“ hodnot hladiny glukózy v krvi je totiž poměrně úzké. Dlouhodobě vysoká hladina glykémie působí negativně na úrovni buněčné i orgánové. Proto je sledování kolísání hladiny tak důležité. Na druhé straně extrémů ležící hypoglykemie je také nežádoucí, protože jejím následkem může být mdloba, ale i hypoglykemická koma s případnými fatálními následky.

Každý pacient má jiný metabolismus a tudíž i jinou rychlost odezvy organismu. Pro správnou kompenzaci diabetu a co nejlepší udržení hodnot glykémie v normě je nutné zjistit, jak se hodnoty mění v závislosti na konzumované stravě, fyzické a psychické zátěži. Proto je žádoucí co nejlépe nastavit dávkování inzulínu ve vztahu ke stravě a plánované aktivitě, kterou můžeme očekávat. Je jasné, že některé rušivé vlivy, jako jsou stresové situace, se bohužel zpravidla nedají předvídat. O to je důležitější vědět, jak kompenzovat očekávané změny dané jídlem a fyzickou aktivitou. Jak hyperglykemie, tak hypoglykemie jsou nežádoucí, a proto je snaha jejich výskyt minimalizovat.

Společně s diabetology jsme připravili studii, ve které jsme se zaměřili na kvalitní sběr vstupních dat, abychom byli schopni následně navrhnout prediktivní modely s cílem doporučit dávky inzulínu dle plánovaného jídla či budoucí fyzické aktivity a také mobilní aplikaci, která by pacientům usnadnila vkládání informací, jež nelze přímo měřit, což jsou zejména informace o jídle.

➤ **Příklad fotografie pořízené pacientem.** Hádejte, co se skrývá ve skleněné misce. Jogurt? Tvaroh? Je oslazený? Je tučný? Jaký druh chleba je použitý na krajíčky? Jak jsou silné? Tyto důležité informace nejsou z fotografie zřejmé a žádný algoritmus na rozpoznávání je nedokáže extrahovat.

Pro zapojené pacienty byl připraven detailní experimentální protokol s návodem, jak mají postupovat při zaznamenávání stravy, aktivit a dalších případných jevů, které mohou ovlivnit jejich stav. Jsou to pacienti s diabetes mellitus typ 1, kteří používají inzulínovou pumpu. Po dobu studie měli též k dispozici senzor pro kontinuální měření glykémie, který odesílá měřené hodnoty každých pět minut. Pacienti byli požádáni, aby fotograficky dokumentovali veškeré pokrmy a nápoje a zapisovali bližší údaje k jídelníčku a aktivitám v průběhu dne. U každého pacienta tento sběr dat probíhal jeden měsíc.

Ve světě najdeme řadu mobilních aplikací se zaznamenáváním fotografií jídel, jejichž autoři tvrdí, že ze snímků dokáží automaticky metodami přesně určit, jaké jídlo je na fotografii a jaké má složení. Tušili jsme a naše dosavadní analýzy v rámci studie to potvrdily, že úloha není tak jednoduchá. Určit pouze z fotografie, co a v jakém množství člověk snědl, je velmi nepřesné. Je to možné pouze u jednoduchých jídel, jako je např. kus ovoce (1 jablko, 1 pomeranč) či potravinu v originálním obalu. Ale jsou-li na talíři těstoviny se zeleninou zalité omáčkou, pak žádná metoda rozpoznávání neurčí, jaké druhy zeleniny jsou součástí pokrmu. Naší snahou je nalézt nejvhodnější a pro pacienta co nejméně obtěžující způsob dokumentace stravy při splnění požadavku na kvalitu informace potřebné pro správnou kompenzaci glykémie. Další parametry jako např. sledování krevního tlaku či senzory pro snímání fyzické aktivity budou zahrnuty v dalších fázích studie.

Na této vcelku jednoduché případové studii jsme chtěli poukázat na důležitost správného pořizování vstupních dat, která jsou cenným zdrojem informací pro celé další vyhodnocování. Data, která můžeme s dostatečnou přesností získat objektivním měřením, jsou ideální. V našem případě to jsou údaje z inzulínové pumpy a ze senzoru. Nicméně informace o stravě a fyzické aktivitě, která potřebujeme pro správnou interpretaci odezvy organismu na dávky inzulínu, shromažďuje sám pacient. I když bude svědomitý, bude vždy nutné připravit kvalitní návod, aby sbíraná data měla vypovídající informační hodnotu. Dosud provedený sběr dat nám ukázal, co je ještě potřeba v experimentálním protokolu upřesnit, abychom dostali i požadavkům na dostatečnou kvalitu informací, bez nichž není možné uskutečnit další analýzy a zejména vytvořit dobře fungující prediktivní algoritmus.

Náš výzkum má v tuto chvíli dva hlavní směry. První je zaměřen na návrh a implementaci prediktivního algoritmu, který bude na základě dat z inzulínové pumpy, kontinuálního senzoru, senzoru pro snímání fyzické aktivity (např. akcelerometru) a informace o plánovaném jídle navrhnout dávku inzulínu před jídlem. Dlouhodobým cílem vývoje prediktivních algoritmů je možnost řídit dávkování inzulínu v tzv. uzavřené smyčce.

doc. Ing. Lenka Lhotská, CSc.
a Ing. Martin Macaš, Ph.D., CIIRC
prof. MUDr. Kateřina Štechová, Ph.D.,
FN Motol



Osobnostem z jednotlivých součástí ČVUT jsme položili dvě anketní otázky:

1. Co ve vašem oboru považujete za průlomový objev, přístroj či metodu, která výrazně posunula péči o lidské zdraví?

2. Kam až může jít pokrok v biomedicině a co brání rychlejšímu uplatnění vědci navržených novinek? Nemáte někdy obavy, co všechno může rozvoj techniky ovlivnit?



prof. Ing. Mirko Novák, DrSc. (FD)

1 V oblasti spolehlivosti interakcí lidského organismu a umělých systémů, zejména dopravních, není tzv. průlomových objevů. Je však stálý posun vpřed, byť někdy dost obtížný. Je nutno vzít v úvahu extrémně vysokou individualitu a složitost lidského mozku i časté značné náhodné ovlivňování dopravních prostředků a systémů externími vlivy. O lidském mozku a jeho chování toho začínáme trochu vědět, stále však ne dost. S vnějšími vlivy je to o něco lepší. Je nutno uvažovat mnoho pravděpodobnostních faktorů, provádět mnoho měření a pracovat s velkými týmy pokusných osob různého věku a obou pohlaví a měření opakovat. Teprve pak je možno dosáhnout poznatků zásadnějšího charakteru. A to je v podstatě průlomový poznatek, protože dříve se nejen u nás, ale i v zahraničí předpokládalo, že výrazné snížení dopravní nehodovosti bude možno dosáhnout dosti jednoduchými prostředky...

2 Zde není jednotlivých grandiózních novinek, je ale mnoho jednotlivých pozoruhodných poznatků, od neurologie až po informatiku a vědy o systémech. Je nutno si uvědomit, že se jedná o spolehlivost mnoha interakcí nejsložitějšího systému, který známe, tj. velkého množství lidských mozků s často náhodným chováním umělých systémů vystavených vnějším vlivům. To může rozvoj techniky, zejména informatiky ovlivnit, avšak příčinu k obavám bych v tom neviděl.



prof. RNDr. Olga Štěpánková, CSc. (CIIRC)

1 Zásadní změnu v léčbě přinesla miniaturní specializovaná elektronická zařízení, která jsou pacientovi voperována s cílem kompenzovat porušenou fyziologickou funkci. Vedle kardiostimulátorů a kochleárních implantátů jsou to třeba vhojené elektrody používané pro hloubkovou mozkovou stimulaci, která představuje účinnou alternativu k farmakologické léčbě např. Parkinsonovy nemoci. Obrovský potenciál nabízejí také metody strojového učení. Podílely se nejen na analýze lidského genomu, ale přispívají k interpretaci dat z dalších komplexních modalit. Díky strojovému učení lze natrénovat algoritmus tak, aby v záznamech EEG konkrétního člověka identifikoval zvolený významný okamžik – například ten, kdy intenzivně myslí na pohyb konkrétní končetinou. Tuto schopnost zkombinoval nedávno projekt Walk again s rehabilitací pomocí exoskeletonu tak, aby pohyb paralyzované končetiny byl zahájen právě ve chvíli, kdy na něj intenzivně myslí i pacient. Díky koordinované „oboustranné“ stimulaci poškozené míchy se v tomto projektu během roční rehabilitace podařilo u pěti z osmi paraplegiků dosáhnout alespoň částečného obnovení schopnosti ovládat ochrnutou končetinu.

2 Je skvělé, že medicína s technikou dokáže společně opravit řadu funkcí, když se pokazí. Ale nesvádí nás to zapomínat na zodpovědnost, kterou máme jak vůči sobě, tak vůči životnímu prostředí?



prof. Ing. Tomáš Čechák, CSc. (FJFI)

1 V našem oboru to jsou radiodiagnostické metody výpočetní tomografie (CT), pozitronová emisní tomografie (PET) a magnetická rezonance (MR). Lze si najít, jak prof. Rudolf Jedlička, průkopník radiodiagnostiky u nás, v první čtvrtině minulého století vyšetřoval pacienty. Mimo chodem prof. Jedlička je jediný Čech, jehož jméno je uvedeno na „Ehrenmal der Radiologie“ v Hamburku (Památník obětem rentgenologie a radiologie). První výpočetní tomografy se u nás začaly objevovat začátkem osmdesátých let a nyní je jich více než 160. V současné době jsou přístroje se stovkami řad detektorů schopné během jedné rotace zobrazit objemy o výšce více než 15 cm. Totéž platí i o dalších radiodiagnostických metodách. Uplatňují se i přístroje založené na kombinaci několika metod. Rozvoj radiodiagnostiky s sebou přinesl i výrazný rozvoj radioterapie. Stačí srovnat ozařovací plány z doby před pěti lety se současnou praxí.

2 Kam až může jít pokrok v oboru nevím. Jistě se bude zvyšovat rozlišovací schopnost jednotlivých přístrojů a bude dokonalejší software umožňující provádět kalibrace a modelovat transport záření. Dokonalejší bude i hardware, na kterém budou výpočty prováděny. Ale kam až, to si netroufnu říct. Rychlejšímu uplatnění novinek brání řada faktorů. Nedostatek kapacit, nedostatek prostředků, ale někdy také obava, že může jít o slepé uličky. Je to přesně 200 let, co vyšel slavný román Frankenstein Mary Shelleyové. Zatím se její vize nenaplnily.



prof. Dr. Ing. Jan Kybic (FEL)

Mým oborem jsou algoritmy pro diagnostické zobrazovací metody, umožňující detekovat choroby v raném stádiu, kdy je mnohem snazší je vyléčit. Těch průlomů byla celá řada a mnoho z nich bylo po právu oceněno i Nobelovou cenou, například rentgen, umožňující vůbec poprvé zobrazení vnitřku živého těla; počítačová tomografie, poskytující 3D zobrazení; funkční magnetická rezonance, zobrazující aktivitu mozku; mikroskopie s rozlišením lepším než vlnová délka světla. To vše se dřív považovalo za nemožné. Největším současným fenoménem jsou úspěchy metod strojového učení, zejména hlubokého učení – v některých oblastech (např. diagnostika rakoviny kůže) už teď dokáže počítač diagnostikovat lépe než člověk.

Zdá se, že nic nebrání tomu, aby počítače minimálně v případech běžných chorob dokázaly zastoupit lékaře při jejich rozpoznání i návrhu léčby. Je to „jen“ otázka času, dostupnosti dat a výpočetního výkonu. Věřím, že ještě za mého života bude u každého člověka známá jeho genetická informace, budeme vědět, k jakým chorobám je náchylný a jaká terapie u něj nejlépe zabere. Diagnostické metody budou rychlé, dostupné a šetrné – jednou za rok se necháme kompletně preventivně vyšetřit a automatický systém nám rovnou doporučí případnou léčbu. Budeme mít na sobě senzory, což umožní automaticky zavolat nebo rovnou poskytnout pomoc, ať už se bude jednat o infarkt nebo cukrovku. Pomohla by nám větší jednotnost postupů i vybavení, lepší dostupnost dat i financování. Samotnému uplatnění brání určitá mentální setrvačnost a nedůvěra, ale i komplikovaný schvalovací proces. Což má samozřejmě své opodstatnění – existuje zde reálné nebezpečí zneužití informací či dokonce poškození zdraví.



prof. RNDr. Matej Daniel, Ph.D. (FS)

Totální náhrady kloubů způsobily revoluci v péči o klouby postižené artrózou. Vrací hybnost, odstraňují bolest a umožňují žít pacientům plnohodnotný život. Především náhrada kyčelního kloubu je považována za jednu z nejúspěšnějších operací nejen v ortopedii, ale v celém medicíně. Ve své podstatě se jedná o inženýrské řešení, kde je nemocný kloub nahrazen pomocí umělých materiálů, jako jsou titanové slitiny, nerezová ocel, polyetylen nebo PEEK. Vývoj původních náhrad probíhá na Fakultě strojní ČVUT v Praze již více než 50 let a vedl k vývoji řady náhrad téměř všech hlavních kloubů v lidském těle, např. byla vyvinuta světově první celokeramická náhrada kolenního kloubu, unikátní náhrada meziobratlové ploténky nebo ramenního kloubu. Potřeba unikátního vzdělání pro daný vývoj vedla také vzniku samostatného mezinárodního studia Biomechaniky jak v magisterském, tak v doktorském studiu.

Vývoj implantátů momentálně prochází revolucí. Na rozdíl od standardně vyráběných náhrad se do popředí dostávají individuální a individualizované implantáty vytvořené metodou 3D tisku. Tyto moderní technologie ještě nedosáhly takové úrovně, aby mohly plně nahradit standardní implantáty. Ve speciálních aplikacích, jako jsou náhrady kosti po tumoru nebo části lebky, se již náhrady z 3D tisku běžně využívají a vývoj jde rychle dopředu. Tuto individualizaci je podle mého názoru nutné propojit s daty, které můžeme získat pomocí již dostupných mechanických senzorů, které jsou např. v mobilních telefonech nebo chytrých hodinkách. Pomocí dat z těchto senzorů můžeme předpovědět stav pacienta a místo náhrady kloubu volit konzervativní léčbu ještě před plným rozvinutím degenerativních procesů v kloubu.



prof. Ing. Karel Roubík, Ph.D. (FBMI)

Průlomových objevů bylo učiněno mnoho a nemyslím si, že by bylo správné vybrat jenom jeden. Například objev rentgenových paprsků, za který dostal Wilhelm Conrad Röntgen v pořadí první Nobelovu cenu za fyziku již před 120 lety, „prolomil“ bariéru lidského těla, kdy můžeme sledovat snímky vnitřních orgánů bez nutnosti jakéhokoliv invazivního zákroku. Následovala výpočetní tomografie (CT). Průlomová byla jistě i konstrukce přístrojů pro zobrazování pomocí jaderné magnetické rezonance, která na rozdíl od CT dokáže perfektně rozlišit i jednotlivé měkké tkáně. A to uvádím jen objevy v oblasti lékařských zobrazovacích metod. Stejně tak bychom našli celé řady objevů u diagnostických i terapeutických metod používaných v moderní medicíně, mezi které například patří „útok“ na nádorové tkáně kombinací a uplatněním objevů v chemii, biologii, neionizujícího i ionizujícího záření, chirurgii i mikrochirurgii a mnoha dalších.

Moderní lékařské přístroje jsou velmi složité systémy. Jen zmíněné zobrazování pomocí jaderné magnetické rezonance využívá objevy a principy kvantové fyziky, kvantové jevy jako supravodivost, objevy a technologie v elektronice, bez kterých by nebylo možné změřit žádné signály z jader atomů, objevy učiněné v matematice, bez kterých by nebylo možné vytvořit výsledný obraz, a takto bychom mohli pokračovat. Návrh a konstrukce takových přístrojů vyžaduje spolupráci odborníků z mnoha oborů a samozřejmě vyžaduje obrovské množství peněz. A to nejen na vývoj a konstrukci přístrojů, ale i samotné testy, klinické zkoušky a následné certifikace jsou velmi drahé.

Téma připravila: Vladimíra Kučerová

[Foto na str. 8–21: archiv autorů / fakult a Jiří Ryszawy]



Umělá inteligence mění naši společnost

[Výzkum i výuka AI na Fakultě elektrotechnické ČVUT]

Umělá inteligence (AI – Artificial Intelligence) dnes hýbe světem. AI technologie řídí automobily, chrání počítačové sítě, optimálním způsobem plánuje výrobu, rozumí přirozenému jazyku, vytváří mozky robotům, automatizuje kancelářskou práci a v neposlední řadě poráží člověka v pokeru. Stejně jako před sto lety ropa, jako externí zdroj energie, měnila světovou ekonomiku a způsob jakým jsme tehdy žili, dnes AI, jako externí zdroj inteligence, mění způsoby, jakými vzniká ekonomická hodnota. Primárně tím, že odstraňuje vysokou míru neefektivity či nedokonalosti v různých aspektech lidské činnosti, jako jsou například manuální činnosti spojené s výrobou, diagnostika medicínských dat, datová analýza ekonomických údajů, či obecné poskytování mobility osob. A vzhledem k tomu, že takových neefektivit je okolo nás nepřeberné množství, jsou odborníci na umělou inteligenci žádaným zbožím.

Raketový rozvoj umělé inteligence pochází z tzv. AI superhubů, regionů s vysokou koncentrací firem zaměřených na rozvoj a použití umělé inteligence, s velkým počtem každoročně zakládaných AI startupů, ale hlavně se špičkovou vědou v této oblasti. Mezi několik vyspělých regionů patří: Silicon Valley – oblast zálivu San Francisco, souměstí New York/Boston, Londýn, kanadská města Montreal a Toronto, Berlín, Tel Aviv, Šen-čen, Peking a Bangalore. V každém z těchto měst jsou skvělé univerzity, které mají věhlasné počítačové katedry a laboratoře zaměřené na AI, například MIT Computer Science and AI Laboratory, Berkeley AI Research, slavná skupina strojového učení profesora Andrew Y. Ng na Stanfordu, MILA laboratoř v Montrealu nebo proslulé AI laboratoře na Imperial College nebo University College London.

CIIRC: nejen ERC granty

ČVUT je díky svým třem pracovištím, na kterých se umělá inteligence zkoumá a učí – Fakulta elektrotechnická (FEL), Fakulta informačních technologií (FIT) a Český institut informatiky, robotiky a kybernetiky (CIIRC), bezesporu nejvýznamnější českou univerzitou v dané oblasti. CIIRC je nejnovějším pracovištěm vynikajícím v oblasti umělé inteligence, a to díky excelentním vědcům jako je Josef Urban (držitel ERC a mnoha dalších grantů, odborník na automatické uvažování), Josef Šivic (rovněž držitel ERC grantu a specialista na počítačové vidění), Jan Šedivý (veterán v oblasti rozpoznávání přirozené řeči, jeho týmy se skvěle umísťují v soutěžích pořádaných firmou Amazon) a dalších odborníků na robotiku nebo internet věcí.

FIT: datová věda i hry

Na FITu zkoumají v oblasti umělé inteligence především datovou vědu, výpočetní inteligenci a strojové učení, ale také například teorii her. Jsou známí rozvinutou spoluprací s průmyslem a podpoře AI start-upů.

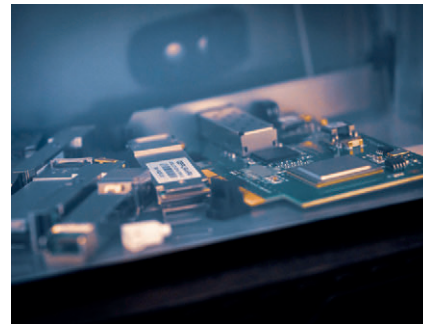
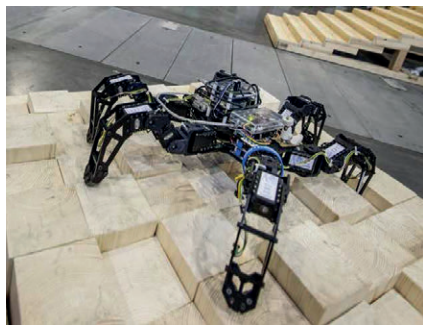
FEL: nejširší výzkum umělé inteligence v rámci ČVUT

Pracovištěm ČVUT s nejdelší historií v oblasti umělé inteligence, ale i s největším objemem výsledků a vědců v dané oblasti, je bezesporu FEL. Na fakultě se koncentruje AI výzkum především na dvou úzce spolupracujících pracovištích – Katedře kybernetiky a Katedře počítačů. Na první ze jmenovaných kateder pracuje jeden z nejvýkonnějších vědců ČVUT a mezinárodní celebrita v oblasti počítačového vidění Jiří Matas. Jeho úspěch na poli publikačním i aplikačním je velmi vysoký. Založil a vede výzkumnou laboratoř ČVUT – Toyota, která se specializuje na výzkum v oblasti autonomního řízení. Jeho bývalý doktorand, nyní špičkový vědec, Ondřej Chum ve stejné oblasti získal v minulosti ERC-CZ grant. Na katedře je také oddělení, které se věnuje fundamentálním otázkám z oboru strojového učení, vedené Borisem Flachem. Specializovaný tým na zpracování medicínského obrazu pomocí metod umělé inteligence vede úspěšný vědec Jan Kybic. Za zmínku stojí, že excelentní výzkum v oblasti strojového vnímání a robotiky na Katedře kybernetiky FEL a v CIIRC vytváří společné pracoviště CMP – Centrum strojového vnímání. To před dvaceti lety založil Václav Hlaváč.

Katedra počítačů a katedra kybernetiky mají společné pracoviště zaměřené na metody umělé inteligence v robotice – Center for Robotics Autonomous Systems (CRAS), které vede Tomáš Svoboda. Do centra patří úspěšná skupina multi-robotických systémů pod vedením Martina Sasy. Ta v roce 2017 vyhrála soutěž Mohamed Bin Zayed International Robotics Challenge (MBZIRC). V centru působí také Matěj Hoffmann, specialista na humaniody.

AIC – Centrum umělé inteligence

Na Katedře počítačů FEL jsou dvě významná pracoviště v oblasti umělé inteligence. Prvním je Laboratoř pro inteligentní datovou analýzu (IDA), kterou založil a vede Filip Železný. Vědci se zde zabývají vývo-



jem metod umělé inteligence pro funkční analýzu genomu. Mezi zajímavé výsledky laboratoře patří metody relačního strojového učení a induktivního logického programování relačního učení, které pomáhají řešit problém vysvětlitelnosti umělé inteligence.

Druhým zajímavým výzkumným pracovištěm katedry je Centrum umělé inteligence (AIC). To v roce 2001 založil a od té doby vede Michal Pěchouček. Pracuje v něm 50 vědců a doktorandů, orientuje se jak na základní výzkum v oblasti umělé inteligence, tak na průmyslové aplikace a transfer technologií. Již od prvopočátku se centrum zaměřuje na to, jak lze komplikované AI metody a výsledky základního výzkumu aplikovat.

Například Tomáš Pevný a jeho doktorandi se zabývají tím, jak lze strojové učení úspěšně použít v doméně počítačové bezpečnosti a steganografii. Velmi úspěšná je také skupina teorie her, kterou vedou Viliam Lisý a Branislav Bošanský. Největším úspěchem skupiny je participace na vývoji algoritmu DeepStack, který jako první porazil nejlepší lidské hráče v pokeru (spolu s MFF UK a University of Alberta) a je popsán v publikaci otištěné časopisem Science v roce 2017. Tým byl schopen vyřešit mnoho fundamentálních otázek týkajících se vhodné reprezentace, návrhu teoreticky korektních evaluačních funkcí a jejich kódování pomocí neuronových sítí, nebo modelování oponenta. Nyní je DeepStack vyhodnocován v příbuzných herních doménách jako je Heartstone, Dark chess, Scotland Yard, nebo na reálných problémech jako například při patrolování chráněné zvěře, či při řešení síťové bezpečnosti. Nové pole výzkumu v AIC, na kterém se setkávají metody strojového učení a teorie her, je tzv. adversariální učení. Vědci na něm studují problematiku manipulace trénovacích dat či přeučování

algoritmů za účelem předvídání útoku na systémy strojového učení. Zatímco jinde je tento problém hojně studován v kontextu problematiky počítačového vidění, AIC studuje jeho potenciál v oblasti počítačové bezpečnosti. Pro zajištění robustnosti algoritmů proti takovým útokům byla navržena původní metoda Double Oracle, která již našla uplatnění i v jiných doménách teorie her. Sebastián Basterrech studuje použití metod strojového učení pro zlepšení predikce psychických onemocnění, Jan Drchal zase pro komplikované problémy navigace a lokalizace v robotice. Robotickou skupinu v rámci AIC, která je zároveň součástí výše představeného centra CRAS, vedou Jan Faigl a Tomáš Krajník. Oba jsou excelentními vědci, zabývajícími se problematikou plánování trajektorie různých robotických zařízení, haptickými metodami porozumění okolnímu prostředí robota a temporálními modely prostředí. Mezi zajímavou aplikací jejich výzkumu patří mimo jiné i spolupráce se ŠKODA Auto, kdy vyvinuli prototyp robota schopného rozvážet vyrobené vozy po areálu továrny. Skupina Michala Jakoba se zabývá vývojem metod umělé inteligence pro plánování, řízení a modelování budoucích systémů autonomní mobility. Výsledkem je vytvoření konceptu marketplace-for-mobility. Na modelování budoucích ekosystémů autonomní mobility pomocí multiagentního modelování pracuje především Michal Čáp, toho času na postdocu na univerzitě v nizozemském Delftu. Výborný výzkum v AIC vzniká pod vedením Antonína Komendy a Lukáše Chrpy, a to v oblasti doménově nezávislého plánování. V AIC působí jako hostující profesor také Frank Dignum z Utrecht University, mezinárodně úspěšný vědec v oblasti multiagentních simulací, nebo Jonathan Ledgard (EPFL), který se zabývá tím, jak AI může pomoci v Africe.

Centrum má také dlouholetou tradici v úspěšné spolupráci s průmyslem. V oblasti počítačové bezpečnosti pracuje v rámci společného programu s firmou CISCO, vytváří společné laboratoře s firmami AVAST, Škoda Auto nebo Red Hat. Dále spolupracuje se společnostmi Trend Micro, Continental, Foxconn, Google, BAE Systems, Toyota, SAAB a dalšími. Z AIC vznikly i zajímavé startupy, např. Cognitive Security. Ten se stal v roce 2013 součástí CISCO Systems. Vedle toho Startup BlindSpot Solutions, který se v loňském roce spojil s Adastra Group, dále AgentFly Technologies, Umotional nebo Mandair. Za povšimnutí stojí, že úspěšný startup NejŘemeslníci spoluzaložil Michal Dobišek, jeden ze studentů v AIC.

Je třeba zdůraznit, že všichni úspěšní vědci v oblasti umělé inteligence jak v AIC, tak na ČVUT, mají významnou zahraniční zkušenost – buď vystudovali magisterské nebo doktorské studium v zahraničí, nebo byli na dlouhodobější postdoc pozici na některé z vynikajících univerzit.

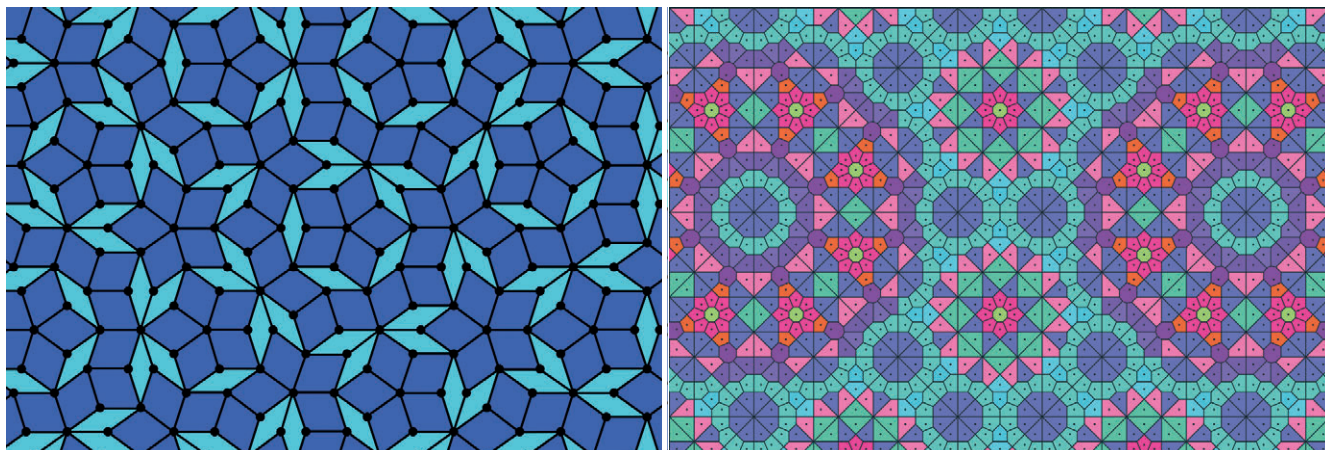
Výuka

Na ČVUT se výuka v oblasti umělé inteligence realizuje především v rámci bakalářských i magisterských oborů Umělá inteligence, Datové vědy nebo Počítačové vidění programu Otevřená informatika na FEL a v rámci oboru Znalostní inženýrství na programu Informatika na FIT. U všech se jedná o velice perspektivní směry AI, které čeká bouřlivý rozvoj. Jsme na samém počátku nových směrů, které promění naši společnost nepredikovatelným způsobem. Je třeba, abychom na tyto změny byli připraveni jako jedinci i jako společnost a drželi krok s oblastmi a zeměmi, pro které jsou již tyto nové trendy celospolečensky vlastní.

prof. Dr. Michal Pěchouček, MSc., FEL

[Foto: Jiří Ryszawy a archiv]

➤ **ČVUT je díky svým třem pracovištím, na kterých se umělá inteligence zkoumá a učí – Fakulta elektrotechnická (FEL), Fakulta informačních technologií (FIT) a Český institut informatiky, robotiky a kybernetiky (CIIRC), bezesporu nejvýznamnější českou univerzitou v dané oblasti.**



↗ Penroseovo dláždění (a) vzniká projekcí jednotlivých stěn krychlí z pětirozměrné mřížky na vhodně zvolenou rovinu, přičemž projektujeme pouze stěny těch krychlí, kterými rovina prochází. Zobecněním této de Bruijnovy konstrukce Penroseova dláždění vznikají další zajímavé struktury (tzv. modelové množiny). Voronojův diagram jedné takové množiny je na obrázku (b).

Slova, slova, slova...

Skupina teoretické informatiky (Theoretical Informatics Group = TIGR) na Katedře matematiky Fakulty jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT v Praze se dlouhodobě věnuje výzkumu v oblasti diskretních struktur nízké lokální složitosti. Centrem jejího zájmu jsou nekonečné řetězce nad konečnou množinou symbolů a jejich zobecnění na vícerozměrné struktury. Tyto objekty nacházejí řadu aplikací v informatice (např. počítačová grafika a identifikace objektů a vzorů), v bioinformatice (DNA-computing), ale také ve fyzice (např. dynamické systémy a fyzika pevných látek). Hlavní přístupy ke studiu této problematiky spočívají v kombinatorice na slovech, diskretní matematice, ale i v algebře, teorii čísel a symbolické dynamice.

Sturmovské sekvence...

Za výchozí bod v kombinatorice na slovech lze považovat sturmovské posloupnosti – aperiodické binární sekvence minimální faktorové složitosti (viz infobox). Jejich studium v souvislosti se symbolickými dynamickými systémy sahá zpět ke G. A. Hedlundovi a M. Morseovi, kteří na tyto nekonečné řetězce narazili v roce 1940 při zkoumání nulových bodů řešení diferenciální rovnice Sturm-Liouvilleova typu. Posloupnosti pojmenovali právě na počest francouzského matematika J. C. F. Sturma. Tyto sekvence se posléze objevily v řadě dalších nejen matematických problémů. Například v kontextu počítačových věd byla některá podslova sturmovských posloupností (tzv. standardní slova) identifikována jako extrémní případy v Knuthově-Morrisově-Prattově algoritmu vyhledávání řetězců. Standardní slova jsou také spojena s dobře známou Burrowsovou-Wheelerovou transformací pro kompresi dat. V diskretní geometrii se sturmovské sekvence přirozeně vyskytují jako kódování diskretizace přímek v eukleidovské rovině. Konvexnost diskretních rovinných objektů lze zase zachytit pomocí jisté lexikografické podmínky na konečné slovo kódující hranici objektu (tzv. Lyndonova slova). Ve vyšších dimenzích se digitální přímky zobecňují na tzv. digitální roviny nebo aritmetické diskretní roviny. Pomocí digitálních rovin lze definovat například i známé Penroseovo dláždění.

... a jejich aplikace v kombinatorice

Kombinatorika na nekonečných řetězcích nalézá překvapivě uplatnění v nejrozdílnějších partiích informatiky, matematiky i fyziky. Zmíníme ta, ke kterým TIGR, Skupina teoretické informatiky FJFI, již svými silami přispěl.

Kvazikrystaly jsou nekystalografické materiály, které – ačkoliv nevznikají periodickým opakováním jedné buňky jako u krystalů – vykazují uspořádání atomů na dlouhou vzdálenost. V souvislosti se Shechtmanovým objevem kvazikrystalů v 80. letech minulého století stoupl zájem o diskretní Schrödingerovy operátory s aperiodickými potenciály. Charakter spektra takového operátoru souvisí s vodivostí materiálu, jehož atomovou strukturu tento systém modeluje. A právě charakter spektra lze odvodit z palindromické struktury aperiodického potenciálu. Je totiž podstatné, zda nekonečný řetězec kódující podkladovou strukturu je palindromická sekvence, jinými slovy, zda obsahuje nekonečně mnoho palindromů. TIGRovi se podařilo rozšířit třídu morfizmů, jejichž pevné body jsou palindromické.

Nekonečných aperiodických řetězců lze využít ke konstrukci generátorů náhodných čísel. Pro sturmovská slova (a některá jejich zobecnění) jsme dokázali, že při kombinaci periodických generátorů podle řetězců z této třídy vznikají generátory aperiodické, jež navíc nemají mřížkovou strukturu.

➤ **V kryptografii našel TIGR uplatnění při výzkumu hešovacích funkcí – „zázračných“ funkcí, které z dlouhých zpráv vyrábějí jejich krátké otisky (anglicky hash). Chovají se jako tzv. náhodná orákula, tedy otisky jsou zdánlivě náhodně losovány.**

Generátory pseudonáhodných čísel založené na pevných bodech substitucí jsme také otestovali standardními statistickými testy a ukázalo se, že tato nová metoda, která odstraňuje mřížkovou strukturu a periodicitu, zvyšuje čas generování jen zanedbatelně, a naopak podstatně zlepšuje statistické vlastnosti generátorů.

V kryptografii našel TIGR uplatnění při výzkumu hešovacích funkcí – „zázračných“ funkcí, které z dlouhých zpráv vyrábějí jejich krátké otisky (anglicky hash). Chovají se jako tzv. náhodná orákula, tedy otisky jsou zdánlivě náhodně losovány. Dále musí být funkce jednocestné, tj. musí splňovat, že hešování, tedy získávání otisku zprávy, je rychlé, zatímco k danému otisku je výpočetně nemožné najít zprávu, která by měla tento otisk. Ukazuje se, že iterativní princip, na kterém je většina současných hešovacích funkcí založena, není dostatečně silný proti útoku na druhý vzor a multikolize. R. Rivest navrhl jako jedno z řešení metodu ditherování. V TIGRu jsme se zabývali studiem jejich výhod a nevýhod a využili jsme výsledků z kombinatoriky na slovech pro konstrukci vhodných ditheračních posloupností.

Neočekávané silným nástrojem je kombinatorika na nekonečných řetězcích v teorii čísel. Představíme-li si rozvoj reálného čísla x v soustavě s daným celočíselným základem $b \geq 2$ jako nekonečný řetězec cifér v abecedě $\{0, 1, \dots, b-1\}$, lze se mnohé dozvědět o čísle x z kombinatorických vlastností tohoto nekonečného řetězce. Například z výskytů opakování podslov v řetězci lze rozhodnout o transcendentnosti čísla x , nebo i o míře jeho aproximovatelnosti pomocí racionálních čísel. K tomu slouží tzv. diofantický index, jehož hodnotu jsme určili pro čísla x , jejichž zápis tvoří nekonečnou sturmovskou sekvenci invariantní vůči netriviálnímu morfismu.

TIGR v kontextu

Skupina TIGR vznikla na Katedře matematiky FJFI, nicméně dnes se její absolventi usadili i na dalších pracovištích v rámci i mimo ČVUT, zejména na Katedře aplikované matematiky FIT. Skupina TIGR zkoumá slova, resp. řetězce symbolů, které jsou deterministicky zadane, a tedy přiro-

zeně obsahují zadanou strukturu. Důležitou oblastí výzkumu slov je zpracování obecných textů a dat. Algoritmy pro zpracování obecných řetězců jsou v centru zájmu jiné výzkumné skupiny působící na FIT – Pražského stringologického klubu. Oba pohledy na studium slov a jazyků se navzájem doplňují a jeden z druhého profitují.

Kombinatorika na slovech je poměrně mladý obor. Její historii nelze srovnávat s klasickými matematickými disciplínami jako je matematická analýza nebo teorie

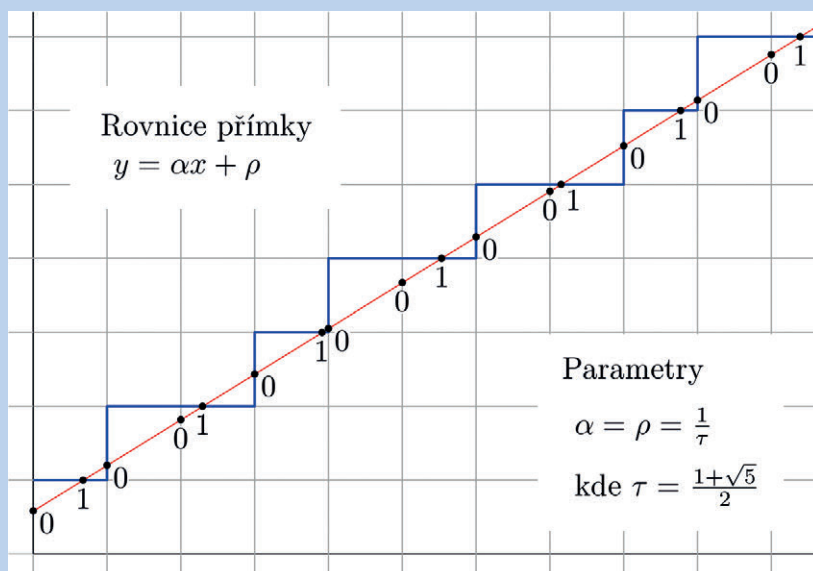
čísel. Nicméně mezinárodní komunita odborníků v této oblasti je početná a setkává se při řadě velkých specializovaných konferencí. TIGR je této komunity nedílnou součástí – jeho členové jsou pravidelně v programových výborech mezinárodních konferencí, jsou recenzenty významných časopisů z oboru, na výzkumu spolupracují se zahraničními pracovišti z Francie, Belgie, Rakouska, Kanady, atd.

prof. Ing. Zuzana Masáková, Ph.D., FJFI

Sturmovská slova jsou definovaná jako nekonečná aperiodická slova minimální faktorové složitosti $C(n) = n+1$ pro každé n , přičemž $C(n)$ počítá počet různých podslov (faktorů) délky n . Například pro tzv. Fibonacciho nekonečné slovo

$f = 0100101001001010010100100101001001010010100100100\dots$

jsou faktory délky $n = 1$ právě 0, 1, faktory délky $n = 2$ jsou 00, 01, 10, délky $n = 3$ pak 001, 010, 100, 101, atd. Sturmovské řetězce lze ekvivalentně definovat jako posloupnosti kódující průsečíky přímky s iracionální směrnici s mřížkou $\mathbb{Z}^2$. Pokud přímka $y = \alpha x + \rho$ s iracionální směrnici α protne vodorovnou linii, píšeme 0, pokud svislou, píšeme 1. Výsledkem je sturmovské slovo se směrnici α a posunem ρ . Fibonacciho slovo f dostaneme pro $\alpha = (\sqrt{5} - 1)/2 = \rho$.



Konstrukce Fibonacciho slova pomocí mřížky $\mathbb{Z}^2$. Lomená čára aproximuje přímku o směrnici α .

Některé sturmovské posloupnosti je možné generovat rychlým algoritmem.

Například Fibonacciho slovo f nagenerujeme opakovaným působením přepisovacích pravidel $0 \rightarrow 01$ a $1 \rightarrow 0$ na počáteční písmeno 0, tedy $0 \rightarrow 01 \rightarrow 010 \rightarrow 01001 \rightarrow 01001010 \rightarrow 0100101001001 \rightarrow \dots$

V každém kroku vzniká delší a delší prefix slova f .

Toastmasters už i na ČVUT

Pokoušíte se mluvit před lidmi? Hrajete si s trémou, pozorujete, co s vámi dělá, pokoušíte se ji ovládnout? Jak moc zvládáte improvizaci a jak se zvládnete detailně připravit? Je to vyčerpávající a zároveň úžasné. Nové, čerstvé, zajímavé, obohacující, rozvojové. Vylepšení prezentačních a komunikačních dovedností v angličtině nabízí nový klub, jenž vznikl letos na podzim s přispěním Fondu na podporu celoškolských aktivit, koordinátorem je Masarykův ústav vyšších studií ČVUT.

Od zimního semestru akademického roku 2018/2019 mají i studenti ČVUT v Praze příležitost zdokonalovat své dovednosti v angličtině v rámci celosvětové organizace Toastmasters International. Jedná se o systém diskusních klubů, který funguje od roku 1924. Vychází z tradice rétoriky na angloamerických univerzitách a jeho členové systematicky zdokonalují své schopnosti při vystupování na veřejnosti. Založením vlastního Toastmasters Klubu (CTU Toastmasters) s angličtinou jako jednacím jazykem se ČVUT v Praze zařadilo po bok proslulých univerzit na celém světě.

Aktivní zapojení do činnosti tohoto klubu posiluje propojení cizího jazyka s odbornými znalostmi. Zlepšuje schopnost sebevědomě a působivě vystupovat na mezinárodních konferencích a stručně představit publiku své hlavní myšlenky. Účast v mezinárodních programech vyžaduje efektivní komunikaci s podřízenými i nadřízenými, schopnost vedení týmů, prezentace v angličtině. V tom Toastmasters svým členům vydatně pomáhá. Také pro pracovní pohovory je to výborná zkušenost. Účast v Toastmasters učí také etiketu, což prospívá v obchodních nebo politických záležitostech. Členem mohou být zaměst-

nanci i studenti ČVUT, včetně například zahraničních hostujících pedagogů (ti bývají často členy na svých domovských pracovištích a mohou tedy schůzky navštěvovat i jako hosté). Toastmasters kluby patří k univerzitnímu životu ve Stanfordu, Oxfordu i na MIT. Všude tam dobře vědí, jak je důležité neustále se zdokonalovat v rétorice. Cílem je vnitřní vyrovnanost, klid a schopnost soustředění při veřejném projevu v cizím jazyce.

„Schopnost kultivovaného veřejného projevu patří k profilu absolventa univerzity. Členové Toastmasters trénují připravené i improvizované projevy v angličtině. Je to cesta, jak si nacvičit dovednosti, které všichni potřebujeme, v jazyce, který dnes ve světě hraje stěžejní roli,“ říká prezidentka CTU Toastmasters PhDr. Monika Hřebacková. „Projevy si vzájemně hodnotíme, a tak si lépe uvědomujeme, v čem jsme dobří a co bychom naopak měli zlepšit. Mezi členy máme řadu cizinců a rádi vítáme hosty. Skvělá a inspirativní byla například Debbie Liebenberg z Jihoafrické republiky,“ dodává.

A jaký je dosavadní ohlas na založení klubu? „Klíčem k úspěchu je překonat počáteční ostych. Mezi účastníky prvních schůzek zavládla nejen spokojenost, ale i nad-

šení. Jako iniciátoři jsme tím byli mile překvapeni. Radost těch, kteří přednesli svou první krátkou veřejnou řeč v cizím jazyce, je nakažlivá. Je příjemné být s lidmi, kteří vám drží palce a podají pomocnou ruku, když škobrtnete. Pro mě je to doklad o tom, jakou sílu má skupina lidí, která dělá věci mající smysl a věnuje se jim s radostí,“ přibližuje novou univerzitní aktivitu dr. Hřebacková a dodává: „Účast v našem klubu není jazykový kurz. Učíme se navzájem mluvit veřejně, takže člověk už musí dobře ovládat základy jazyka, v němž zamýšlí řečnit. V dobrém užívání angličtiny ovšem CTU Toastmasters pomáhá jako málokterá jiná aktivita. Bylo přirozené, že se v rámci ČVUT chopil této iniciativy MÚVS, který se zaměřuje na management, na řízení podniků. Máme hodně mezinárodních aktivit, pro které potřebujeme cizí jazyk, kde je nezbytností umění komunikovat, prezentovat i reprezentovat. Motto mezinárodních Toastmasters klubů, jichž jsme se stali členem, zní: Where leaders are made.“

Nová aktivita může pomoci k lepšímu společenskému i profesionálnímu uplatnění. „Koncept Toastmasters mě okamžitě nadchl. Na setkáních CTU Toastmasters mohu v přátelském prostředí vystoupit ze své komfortní zóny, čelit trémě a posunout hranice svých schopností. Mohu se tu setkat s lidmi z jiných fakult, kteří mají podobné touhy. Je to klub, který vertikálně i horizontálně prostupuje celým ČVUT, takže se tu člověk seznámí s mnoha lidmi, které by jinak možná ani nepotkal. Každý se tam chce zlepšovat a podpořit ostatní v jejich snažení,“ komentuje Jaroslav Hlaváč, student FIT, jenž se do nového klubu přihlásil mezi prvními a aktivně se podílí na jeho organizaci, založil a stará se o FB stránky a přivedl s sebou pár dalších spolužáků.

Mgr. Dagmar Hučková, MÚVS

[Foto: Radko Palič]

➤ Více na <http://www.mias.cvut.cz/281-ctu-toastmasters>



Rozdíly nejen na křižovatkách

[Výuka dopravního inženýrství na ENU v Kazachstánu]

Kazachstán je devátou největší zemí světa, žije zde přes 18 milionů obyvatel a přes velkou vzdálenost od Evropy se snaží přizpůsobit systém vzdělávání na svých vysokých školách evropským standardům. Eurasijská národní univerzita L. N. Gumiljova (ENU) je podle mezinárodních standardů nejlepší vysokou školou v Kazachstánu, sídlí v hlavním městě Astaně. Na základě smlouvy s ČVUT o vzájemné spolupráci jsem již absolvoval několik krátkodobých pobytů na její Dopravně-energetické fakultě, kde jsem přednášel dopravní inženýrství.

ENU se jako jedna z předních vysokých škol v Kazachstánu připojila k Boloňské deklaraci, a proto jsou zde studijní programy rozděleny také na bakalářské, navazující magisterské a doktorské. Univerzita je tvořena třinácti fakultami různého zaměření a na Dopravně-energetické fakultě, která je v rámci ENU nejbližším partnerem Fakulty dopravní, jsou akreditovány 4 bakalářské a 5 navazujících magisterských studijních programů (akreditace prvního doktorského studijního programu se nyní připravuje).

Systém přijímání studentů do jednotlivých studijních programů vysokých škol a jejich následné financování je centrálně řízeno Ministerstvem pro vzdělávání, které na každý akademický rok stanovuje maximální počet studentů pro jednotlivé studijní programy na každé univerzitě, na které pak poskytuje vysokým školám finanční zdroje. Studenti o možnost státem placeného studia bojují v relativně náročném přijímacím řízení. Pokud na toto studium nejsou přijati, mohou si vzdělání platit sami, a to ve všech třech typech studijních programů, počet těchto studentů-samoplátců není státem nijak omezován. V praxi je jich ovšem na ENU velmi málo, neboť výše školného například pro nejlevnější bakalářské studium představovala v roce 2018 za jeden akademický rok přibližně 7–12násobek průměrné měsíční mzdy v Kazachstánu.

Na ENU je kladen veliký důraz na kontrolu kvality pedagogické činnosti i její

samotné realizace. Během svého pobytu jsem zaznamenal na katedře dvě kontroly výuky, po kterých bylo zahájeno kárné řízení s jedním vyučujícím, u kterého byla prokázána nepřítomnost na výuce. K prorektorovi byl povolán k odpovědnosti i vedoucí příslušné katedry. ENU používá studijní informační systém Platonus (obdobu systému KOS na ČVUT), který eviduje klasifikaci studentů z jednotlivých předmětů. Písmenná klasifikační stupnice je rozdělena na deset stupňů (A, A-, B+, B, B-, C+, C, C-, D+ a D), kde každému stupni odpovídá rozpětí 5 % v rámci intervalu 50–100 % (stupeň F má na ENU stejný význam i ohodnocení jako na ČVUT). Navíc se na ENU více dbá na to, aby veškeré informace o předmětech byly vloženy do systému Platonus. Každý vyučující musí do tohoto systému o svém předmětu vložit nejen základní názvy témat všech přednášek i cvičení daného předmětu, ale i veškeré studijní materiály, které při výuce používá nebo z nich čerpá. Splnění těchto povinností vyučujících je u jednotlivých předmětů rovněž důsledně kontrolováno.

Výuka je na ENU realizována podobně jako v ČR v podobě přednášek a cvičení, v předmětech zaměřených na oblast silniční dopravy zde mohou studenti využívat možnost praktických cvičení v dobře vybavených laboratořích zaměřených zejména na proble-

matiku dopravních prostředků. Naopak problematika klasického dopravního inženýrství je zde zastoupena výrazně méně než v podobných studijních programech na Fakultě dopravní. Proto byla možnost vyučovat zde tuto oblast jak pro studenty, tak i pro mne samotného zajímavou zkušeností. Studenti se o výuku témat z dopravního inženýrství velmi zajímali a plnění některých zadání na praktických cvičeních z této oblasti bylo i pro ně do jisté míry exotickým zážitkem. Důvodem jsou zejména rozdíly v přístupu k silniční dopravě ve městech, hlavně k jejímu řízení a případně i omezování. Zatímco v Evropě je trendem městskou automobilovou dopravu redukovat a šířka významnějších místních komunikací u nás představuje maximálně čtyři jízdní pruhy, ve městech Kazachstánu je běžná i křižovatka dvou osmipruhových místních komunikací řízená světelnou signalizací. Proto se zde musí uplatňovat jednodušší a časově efektivnější metody řízení dopravy na křižovatkách. Na rozdíl od Evropy je zde často využívána možnost otáčení do protisměru, které v kombinaci s dalšími křižovatkovými pohyby nahrazuje konfliktní levé odbočení, které by zde značně zdržovalo provoz.

doc. Ing. Jiří Čarský, Ph.D., FD

[Foto: archiv autora]



INVESTICE



Výrazná inovace

V listopadu loňského roku byla zveřejněna výzva Operačního programu výzkumu, vývoje a vzdělávání (OP VVV) na rozvoj studijního prostředí. Letos v říjnu již posluchači Masarykova ústavu vyšších studií ČVUT nastupovali do nových učeben. Proměnou prošla nejen největší posluchárna prof. Albína Bráfa, ale i další prostory, které jsou všechny vybaveny špičkovou didaktickou technikou.

„Možnost investovat do zlepšení studijního prostředí prostřednictvím operačního programu nám přišla vhod. Vybudovali jsme kapacity, které nám už dlouho chyběly,“ říká doc. Ing. Lenka Švecová, Ph.D., ředitelka MÚVS ČVUT v Praze. „Učíme nejen ekonomiku a management, ale také budoucí učitele. Jednou z rozhodujících schopností manažerů je umění prezentovat představy, plány a záměry, což se dnes neobejde bez patřičných technologií. Usilovali jsme také o přátelštější prostředí a o návaznost na tradice. Naše největší posluchárna tak nyní místo pouhého čísla 103 nese jméno profesora Albína Bráfa, tvůrce českého ekonomického názvosloví, vynikajícího národohospodáře, ministra ve dvou rakousko-uherských vládách a pedagoga C. k. České vysoké školy technické v Praze, dnešní ČVUT. Spojování tradice s nejmodernějšími trendy, toho se na MÚVS přidružujeme nejen teoreticky, ale i v praxi.“ Nová je i multimediální místnost či moderní jazykové učebny. Celkové náklady na nové posluchárny byly ve výši přes patnáct milionů korun. Dotace z operačního programu byla ve výši 11,7 mil. Kč bez DPH, dalších 3,5 mil Kč bez DPH do této inovace vložil MÚVS z vlastních prostředků. „Veřejné soutěže probíhaly v šibeničních termínech, podobně jako realizace projektu, ale všechno se podařilo stihnout v rekordně krátkém čase. Zásadou profesionálního řízení projektu jsme více než jeden milion ušetřili a plánujeme ho vložit do další etapy projektu. Dík za to patří v první řadě tajemníkovi MÚVS, panu Ing. Martinu Richtrovi, a jeho týmu. Navíc se nám zejména zásluhou architekta Josefa Horáčka podařilo využít prostor, který měl dříve vzhledem ke dvěma pilířům uprostřed sálu značná omezení. Díky využití nejmodernější techniky se nám je podařilo obejít a získat tak plnohodnotnou posluchárnu pro 110 studentů. Ta se nám při znovu rostoucím počtu posluchačů hodí,“ přibližuje úspěšné vylepšení zázemí ústavu jeho ředitelka.

PhDr. Nikolaj Savický, Ph.D., MÚVS
[Foto: Jiří Ryszawy]

Balneologie v době Goethově

Ačkoli se samostatná Fakulta biomedicínského inženýrství na ČVUT dočkala svého zřízení až na prahu 21. století, tradice tohoto oboru se na naší vysoké škole začala pěstovat mnohem dříve, jak dokládají i příspěvky v tématu čísla věnovaném právě biomedicině. V našem historickém okénku se přenesme na počátek 19. století, do doby, kdy měšťanské a šlechtické kruhy začaly plně objevovat kouzlo lázeňských letovisek, a připomeňme si jména prvních balneologů na polytechnickém ústavu, profesorů chemie Neumanna a Steinmanna.

Prvotním posláním lázní, které si ostatně ponechaly dodnes, je starat se o zdraví svých klientů. Lázně však nikdy neznamenal pouze očistu a posílení těla, ale v souladu s řeckým ideálem kalokagathie měly obohacovat i ducha. Stávaly se tudíž středisky kulturního dění, společenských setkávání obchodníků, národních obrozenců i zahraničních hostů či dokonce místy politických jednání. V touze po kráse se vyšperkovávala lázeňská architektura, luxusní hotely a kolonády, jimiž se linuly hudební produkce lázeňských orchestrů. Ruku v ruce s těmito charakteristikami lze na lázně v období romantismu a biedermeieru nahlížet už jako na centra cestovního ruchu a podnikání.

Osvícenství, jež vzbuzovalo zájem o racionalismus, tedy o vědní disciplíny obecně, přispělo i k rozvoji lékařství. Balneologie, věda zabývající se lázeňstvím, se postupně dostávala do zájmu profesorů lékařské fakulty pražské univerzity. Není to však pouze lékařská disciplína, naopak k poznání složení a vlastností léčivých minerálních pramenů je potřeba kombinovat poznatky medicínské, geologické a technické – chemické. Rozlišujeme proto dále balneoterapii, lázeňskou léčbu, a balneotechniku, lázeňskou techniku, společně s topografickým popisem lázní. Zřídelnictví je předmětem vědní disciplíny nazvané krenologie, kterou dále dělíme na krenoterapii, zřídelní léčbu, a krenotechniku, zahrnující zřídelní techniku i topografický popis zřídél. Právě balneotechniku a krenotechniku můžeme považovat za obory nejbližší biomedicině. První z nich zkoumá a navrhuje technická zařízení pro lázeňskou léčbu (hydrotechnická, stavební, strojní, elektro-technická, chemická a emanační), druhá se zabývá výskytem a povahou vodních zřídél,

jejich jímáním, udržováním a rozváděním i těžbou zřídelních solí. Velký význam pro lázeňství má rovněž klimatologie, popisující podnební poměry různých pásem a míst a jejich vliv na lidský organizmus. O položení základů všech těchto oborů se velkou měrou zasloužili právě profesori pražské polytechniky.

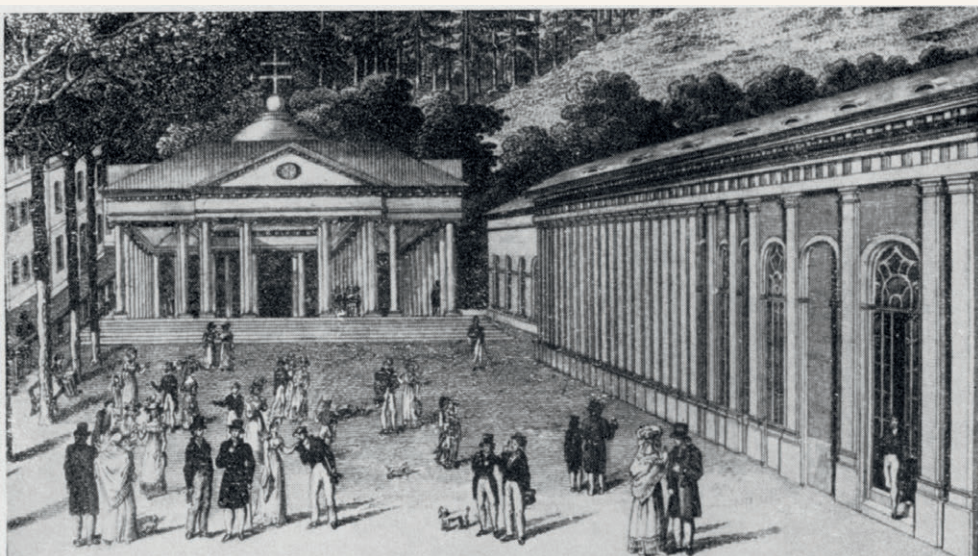
Zmínky o léčivých účincích minerálních pramenů nacházíme již ve středověkých listinách i novověkých aktech, upravujících držbu půdy. Mnohem později, v dobách baroka a osvícenství, tvoří popisy zřídelních nalezišť také nedílnou součást topografických děl, z nichž připomeňme především Balbínova „Miscelanea historica regni Bohemiae“ a vlastivědné kompendium knih „Topographie des Königreiches Böhmen“ z pera Jaroslava Schallera. Lázeňství je přesto prvotně spojováno s medicínou. Není tudíž náhodou, že se profesori lékařské fakulty obrátili roku 1812 na zemský úřad (prezidium), který tehdy přímo spravoval a financoval polytechniku, s prosbou, zda by některý z techniků nemohl provést chemický rozbor pramenů ve Františkových Lázních. Dotyčný měl ověřit výsledky provedené geologem, horním radou Františkem Ambrožem Reussem, který byl ve své době považován za balneologickou autoritu. Úkolu se ujal profesor Karel Augustin Neumann, původem Sas, vynikající znalec a praktik v chemickém oboru, a to zejména z oblasti textilního a tabákového průmyslu či cukrovarnictví, který měl zkušenosti i z výuky na lékařské fakultě. Jeho profesní záber se postupně rozšiřoval a kromě chemické teorie a názvosloví se ve své výuce věnoval též zušlechťování skla, železářství, běličství a barvířství. Když roku 1817 přijal místo komerčního rady a vedoucího úřadu

obchodní a tovární inspekce, převzal po něm katedru chemie i rozborů minerálních vod jeho adjunkt Josef Steinmann, vystudovaný magistr farmacie z vídeňské univerzity a odborný znalec pro manufaktury i hutě, symboly nastupující průmyslové revoluce.

Proč však byli k rozborům přizváni profesori polytechniky? Odpověď je nasnadě. Obliba lázní stoupala, vážení klienti vynakládali za péči o své zdraví nemalé finanční částky a lázeňští lékaři potřebovali odborné dobrozdání o přesném složení minerálních pramenů, aby se jimi předepisované procedury nemíjely účinkem. Sledovaly se také možné změny ve složení vody způsobené jejím pravidelným užíváním, a dále znečištění či znehodnocení pramene. Nebo byli technici žádáni o vyjádření, jak má být zřídlo zajištěno proti působení slunce, deště a ostatních povětrnostních vlivů. Jindy byli dotazováni na spíše fyzikální otázky, konkrétně, jak má být upraveno bezprostřední okolí pramene a jestli je vhodné vývěr zakrývat kvůli jeho přílišné nasycenosti oxidem uhličitým. Vyjadřovali se též k celkové architektonické koncepci lázeňského domu.

Zprávy, které profesori sepisovali pro zemský úřad, obsahují přesný popis zkoumaných sloučenin. Dozvídáme se tak díky nim o tehdejší složení minerálních vod v nejnavštěvovanějších lázních – Karlových Varech, Františkových Lázních, Mariánských Lázních i Kynžvartu, náležejícího tehdy do majetku rakouského kancléře Klemense Metternicha. Hodnotí množství uhličitánů, siřičitanů, vápníku, soli a kombinaci vlastností těchto látek, rozpuštěných ve vyvěrajícím proudu. Měří též teplotu zřídél. Protože si profesor Neumann uvědomoval nezbytnost pravidelných kontrol, rozebírá dokonce technické způsoby, jak minerály z vody extrahovat s co nejmenšími finančními náklady, přičemž se nechává inspirovat příklady získávání soli v německých a švýcarských solných dolech Artern a Käsern. Využíval se zde totiž způsob tzv. gradačního vrstvení, to znamená oddělování různých sedimentů podle velikosti jejich částic, a to pouze za pomoci proudění vody v běžných atmosférických podmínkách. Aplikování mechanického odpařování, pro které by bylo nutné dodat větší množství tepelné energie, se mu zdálo pro lázeňské podmínky neúčelné a zbytečné.

Zbývá rozklíčovat poslední otázku, a to, kdo výzkumné cesty do lázní hradil a kde získávali profesori pro své analýzy potřebné vybavení. Jak bylo zmíněno, žádosti o rozbor



➤ Mariánské Lázně roku 1826

1.	2.	3.	4.
<i>Benennung der Quelle</i>	<i>1. Quelle</i>	<i>Margarethenquelle</i>	<i>Thiergartenquelle</i>
<i>Benennung der Quelle</i>	<i>2. Quelle</i>	<i>Margarethenquelle</i>	<i>Thiergartenquelle</i>
<i>Benennung der Quelle</i>	<i>3. Quelle</i>	<i>Margarethenquelle</i>	<i>Thiergartenquelle</i>
<i>Benennung der Quelle</i>	<i>4. Quelle</i>	<i>Margarethenquelle</i>	<i>Thiergartenquelle</i>
<i>Benennung der Quelle</i>	<i>5. Quelle</i>	<i>Margarethenquelle</i>	<i>Thiergartenquelle</i>
<i>Benennung der Quelle</i>	<i>6. Quelle</i>	<i>Margarethenquelle</i>	<i>Thiergartenquelle</i>
<i>Benennung der Quelle</i>	<i>7. Quelle</i>	<i>Margarethenquelle</i>	<i>Thiergartenquelle</i>
<i>Benennung der Quelle</i>	<i>8. Quelle</i>	<i>Margarethenquelle</i>	<i>Thiergartenquelle</i>
<i>Benennung der Quelle</i>	<i>9. Quelle</i>	<i>Margarethenquelle</i>	<i>Thiergartenquelle</i>
<i>Benennung der Quelle</i>	<i>10. Quelle</i>	<i>Margarethenquelle</i>	<i>Thiergartenquelle</i>
<i>Benennung der Quelle</i>	<i>11. Quelle</i>	<i>Margarethenquelle</i>	<i>Thiergartenquelle</i>
<i>Benennung der Quelle</i>	<i>12. Quelle</i>	<i>Margarethenquelle</i>	<i>Thiergartenquelle</i>
<i>Benennung der Quelle</i>	<i>13. Quelle</i>	<i>Margarethenquelle</i>	<i>Thiergartenquelle</i>
<i>Benennung der Quelle</i>	<i>14. Quelle</i>	<i>Margarethenquelle</i>	<i>Thiergartenquelle</i>
<i>Benennung der Quelle</i>	<i>15. Quelle</i>	<i>Margarethenquelle</i>	<i>Thiergartenquelle</i>
<i>Benennung der Quelle</i>	<i>16. Quelle</i>	<i>Margarethenquelle</i>	<i>Thiergartenquelle</i>
<i>Benennung der Quelle</i>	<i>17. Quelle</i>	<i>Margarethenquelle</i>	<i>Thiergartenquelle</i>
<i>Benennung der Quelle</i>	<i>18. Quelle</i>	<i>Margarethenquelle</i>	<i>Thiergartenquelle</i>
<i>Benennung der Quelle</i>	<i>19. Quelle</i>	<i>Margarethenquelle</i>	<i>Thiergartenquelle</i>
<i>Benennung der Quelle</i>	<i>20. Quelle</i>	<i>Margarethenquelle</i>	<i>Thiergartenquelle</i>
<i>Benennung der Quelle</i>	<i>21. Quelle</i>	<i>Margarethenquelle</i>	<i>Thiergartenquelle</i>
<i>Benennung der Quelle</i>	<i>22. Quelle</i>	<i>Margarethenquelle</i>	<i>Thiergartenquelle</i>
<i>Benennung der Quelle</i>	<i>23. Quelle</i>	<i>Margarethenquelle</i>	<i>Thiergartenquelle</i>
<i>Benennung der Quelle</i>	<i>24. Quelle</i>	<i>Margarethenquelle</i>	<i>Thiergartenquelle</i>
<i>Benennung der Quelle</i>	<i>25. Quelle</i>	<i>Margarethenquelle</i>	<i>Thiergartenquelle</i>
<i>Benennung der Quelle</i>	<i>26. Quelle</i>	<i>Margarethenquelle</i>	<i>Thiergartenquelle</i>
<i>Benennung der Quelle</i>	<i>27. Quelle</i>	<i>Margarethenquelle</i>	<i>Thiergartenquelle</i>
<i>Benennung der Quelle</i>	<i>28. Quelle</i>	<i>Margarethenquelle</i>	<i>Thiergartenquelle</i>
<i>Benennung der Quelle</i>	<i>29. Quelle</i>	<i>Margarethenquelle</i>	<i>Thiergartenquelle</i>
<i>Benennung der Quelle</i>	<i>30. Quelle</i>	<i>Margarethenquelle</i>	<i>Thiergartenquelle</i>

➤ Analýza minerálních pramenů na Metternichově kynžvartském panství, prováděná K. A. Neumannem

➤ **Obliba lázní stoupala, vážení klienti vynakládali za péči o své zdraví nemalé finanční částky a lázeňští lékaři potřebovali odborné dobrozdání o přesném složení minerálních pramenů, aby se jimi předepisované procedury nemíjely účinkem.**



minerálních pramenů plynuly z potřeb lékařů, kteří si chtěli ověřit účinky svých procedur, dále ze zájmu lázeňských měst, popř. zástupců šlechty, kteří v tomto odvětví podnikali. V neposlední řadě též sloužil ku prospěchu krajských a zemských orgánů, pro něž vysoce postavená lázeňská klientela, proudící do českých zemí ze západní Evropy, ale i ze vzdáleného Ruska, znamenala záva-
zek v zachování prestiže státu. Rozpočet cest byl proto profesorům hrazen z pokladny zemského i krajského úřadu, popř. přímo z magistrátu města. Jednalo se však o veřejné peníze, proto bylo jejich vydávání pečlivě prověřováno a musel být přesně naplněn účel, pro který byly určeny. Technici tedy nemohli samovolně využívat svého služebního pobytu k soukromé léčebné terapii, jak by se na první pohled nabízelo. Potřebné přístroje jim úřady neposkytly ani neproplátili, mohli si na místo přepravit pouze své osobní. Protože se musely rozborů minerálních vod provádět vždy před zahájením lázeňské sezóny, tedy v průběhu akademického roku, museli být profesori uvolněni z výuky a zemský úřad vyžadoval zároveň informaci, kdo bude v jejich nepřítomnosti suplovat přednášky z chemie. Analýzy pramenů přesto evidentně prováděli i ze svého zájmu a pro svůj profesní růst.

Malebnost českých lázeňských měst přímo vybízí k tomu, abychom se seznámili s jejich historií. Je však třeba zdůraznit, že na pozadí politických rokování pod taktovkou kancléře Metternicha či posledního romantického vzplanutí stárnoucího Johanna Wolfganga von Goetha k mladičké Ulrice von Levetzow se odehrával také příběh nově se rodící vědy, jejímž předmětem bylo zkvalitnění lidského života a zdraví.

PhDr. Kamila Mádrová, Ph.D.,
Archiv ČVUT

Prameny a literatura:

- Archiv ČVUT, fond Polytechnický ústav v Praze
- F. Jílek – V. Lomič, Dějiny Českého vysokého učení technického, 1. díl, sv. 1, Praha 1973
- V. Křížek, Obrazy z dějin lázeňství, Praha 2002
- V. Teyssler – V. Kotýška, Technický slovník naučný, Praha 1927–1949

➤ Profesor K. A. Neumann, první balneolog na pražské polytechnice

Prosincové novinky

Skripta

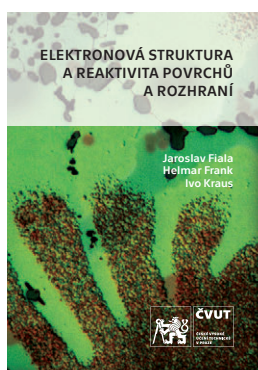
Fakulta stavební

Hanzlová, Hana; Šmejkal, Jiří: Betonové a zděné konstrukce 1. Základy navrhování betonových konstrukcí

Procházka, Jaroslav; Kohoutková, Alena; Vašková, Jitka: Navrhování železobetonových konstrukcí. Příklady a postupy

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská

Krbálek, Milan: Teorie míry a Lebesgueova integrálu



Elektronová struktura a reaktivita povrchů a rozhraní

Jaroslav Fiala, Helmar Frank, Ivo Kraus

Druhé rozšířené vydání, 400 stran, ISBN 978-80-01-06507-5

Monografie pojednává o atomové struktuře povrchu těles a rozhraní mezi částicemi disperzních systémů. Výklad vychází z rozboru elektronové konfigurace, která určuje vazbu látek a jejich reaktivitu, jež je principem veškeré chemické i materiálové technologie. Probírá se emise elektronů a jejich transport různými rozhraními, tenké vrstvy, rozměrové kvantování, vícesložkové systémy a integrované obvody, optoelektronika, reaktivita látek a jejich spontánní strukturalizace, fázové přeměny a nízkoteplotní relaxace, únava materiálu, disperzní soustavy, koroze a vysokoteplotní oxidace kovů, mechanochemické a chemomechanické jevy a tribologie. Organickou součástí textu knihy je kapitola o průkopnících fyziky povrchů a rozhraní, jako byl např. B. Franklin, J. I. Frenkel, J. W. Gibbs, I. Langmuir, N. F. Mott aj.



Už máte nakoupeno?

Nesklouzněte s vánočními dárky k povrchnímu konzumu, jenž se na nás řítí ze všech stran, a investujte do vědomostí :-)

Nabídka odborných knih, učebnic i skript z produkce České techniky – nakladatelství ČVUT je bohatá. Nabyté znalosti se vám v životě i v práci určitě vyplatí!

Publikace z naší produkce jsou zárukou kvality a odbornosti, jejich autory jsou pedagogové a vědci naší univerzity. Nakladatelství se snaží rozšiřovat nabídku nejen v knihkupectví, ale i na e-shopu, kde nyní konečně přibyla i první e-skripta (zatím ve formátu pdf).

(vk)

Skripta, vysokoškolské učebnice a odborné knihy z produkce Nakladatelství ČVUT a spoustu dalších publikací lze zakoupit nejen v Univerzitním knihkupectví odborné literatury v přízemí NTK, ale též na

<https://eobchod.cvut.cz/>



XIII. REPREZENTAČNÍ PLES ČVUT

sobota **16. 2. 2019** od 19.00 hod.



*Na vlně
swingu*

ŽOFÍN

ZPÍVAJÍ A HRAJÍ:

JAZZ POLICE

JAN KOMÍNEK

JAN SMIGMATOR

ROZÁLIE HAVELKOVÁ

KRISKROS A CAPPELLA

ORCHESTR KARLA VLACHA

PLESOVÝ ORCHESTR PRAŽSKÝCH SYMFONIKŮ

ORIGINÁLNÍ PRAŽSKÝ SYNKOPICKÝ ORCHESTR

PŘEDTANČENÍ: **SWING BUSTERS**

SOUTĚŽ O CENY, VIZÁŽISTKA A MNOHO DALŠÍHO

MODERÁTORKA:

PETRA KRMELOVÁ

Více informací včetně
prodeje vstupenek na

WWW.PLESCVUT.CZ



Rektor Českého vysokého učení technického v Praze
doc. RNDr. Vojtěch Petráček, CSc., si Vás dovoluje pozvat na

NOVOROČNÍ KONCERT

28. LEDNA 2019 V 19.30 HOD.
RUDOLFINUM, ALŠOVO NÁBŘEŽÍ 12, PRAHA 1

ÚČINKUJÍCÍ

**SYMFONICKÝ ORCHESTR
ČESKÉHO ROZHLASU**

JITKA ČECHOVÁ

KLAVÍR

MAREK ŠEDIVÝ

DIRIGENT

PROGRAM

J. BRAHMS

AKADEMICKÁ SLAVNOSTNÍ
PŘEDEHRA, OP. 80

R. SCHUMANN

KONCERT A MOLL PRO KLAVÍR
A ORCHESTR, OP. 54

N. A. RIMSKIJ-KORSAKOV

SYMFONICKÁ SUITA ŠEHEREZÁDA, OP. 35

Vstupenky lze zakoupit v Informačním centru ČVUT (budova AIR House)
vedle Fakulty stavební ČVUT, Thákurova ul., Praha 6, telefon: 224 359 952.

CENA VSTUPENEK: 100 KČ, 400 KČ, 450 KČ A 500KČ

Výtěžek z prodeje vstupenek bude určen na podporu veřejné sbírky na pořízení a instalaci varhan do Betlémské
kaple (www.varhany.cvut.cz), kterou organizuje Spolek absolventů a přátel ČVUT (www.absolventicvut.cz).

VÍCE INFORMACÍ NA STRÁNKÁCH WWW.NOVOROCNIKONCERT.CVUT.CZ