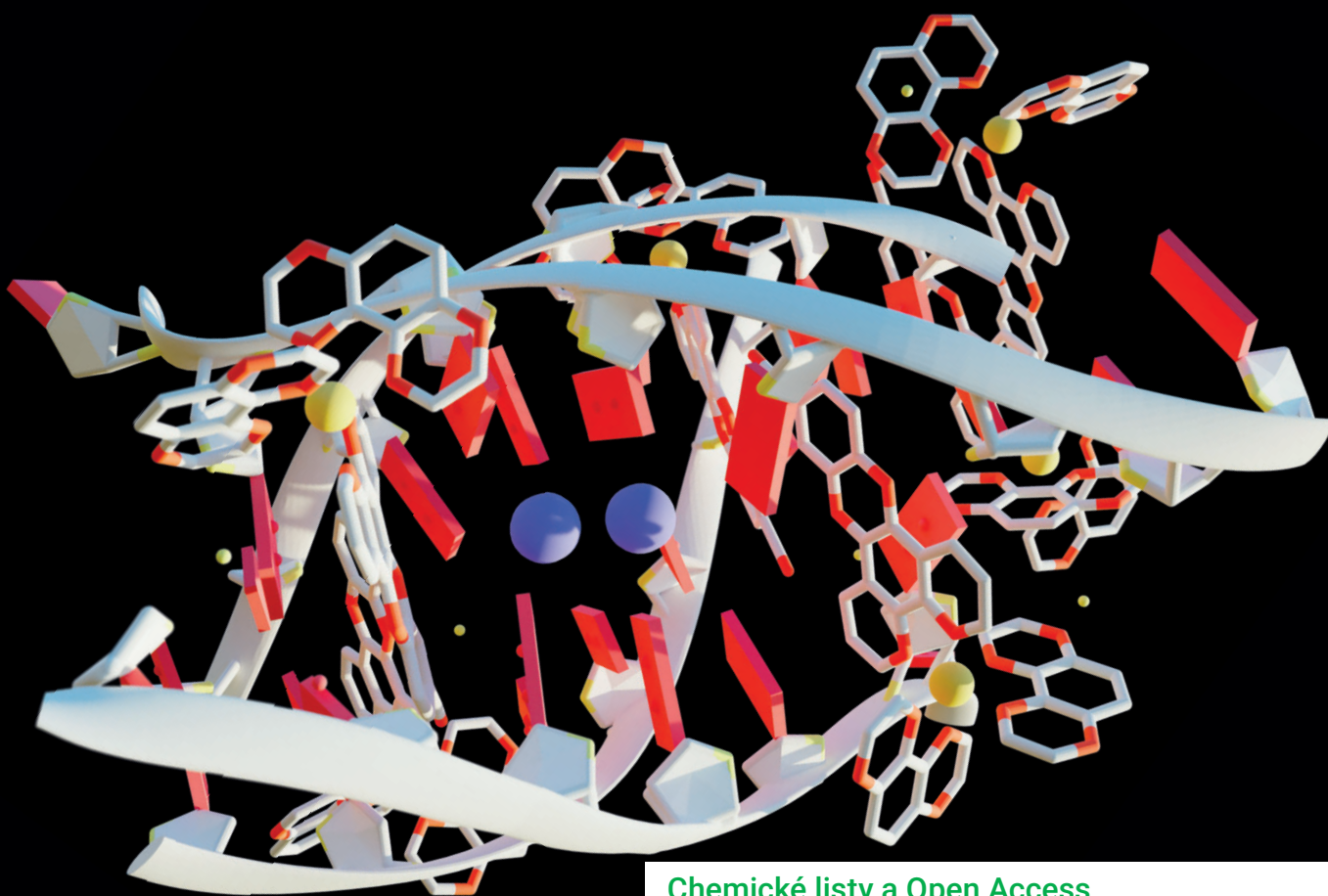


Chemické Listy

1

ročník • 118



Chemické listy a Open Access

Proléčiva analogů nukleotidů

Elektronické léčivé formy

Zviditelňování daktyloskopických stop

Bulletin





Chemistry Europe Fact Sheet

16 chemical societies, **15** European countries,
over **75,000** chemists.

Family of high-quality scholarly chemistry journals,
covering a very broad range of disciplines.

Journals:
www.chemistry-europe.org

Societies:
[www.chemistryviews.org/
chemistry-europe-member-societies/](http://www.chemistryviews.org/chemistry-europe-member-societies/)

Evaluate, publish, disseminate, and amplify the
scientific excellence of chemistry researchers
from around the globe in high-quality publications.

Supports its members at every stage of their careers
as they strive to solve the challenges that impact
humankind.

Values integrity, openness, diversity, cooperation,
and freedom of thought.

Hub: www.chemistry-europe.org

Association

Mission

3 per year, free

Newsletter



**Chemistry
Europe**

Science
news
magazine

ChemistryViews

What is happening in
the global chemistry
community

Strong focus on the people
behind the science.

www.chemistryviews.org/register/

www.chemistryviews.org

Fellows
Program

Award

Recognizes members for their outstanding
achievements and contributions and their
service to at least one member society.

www.chemistryviews.org/fellows/

Recognizes outstanding contributions to chemistry.

Includes prize money of EUR 10,000
and a certificate

Open to individuals worldwide, regardless of
their affiliation with *Chemistry Europe* societies.

www.chemistryviews.org/chemistryeuropeaward/



@ChemEurope

Hub:

www.chemistry-europe.org



[linkedin.com/company/
chemeurope/](https://www.linkedin.com/company/chemeurope/)



Průtoková instrumentace – přesně pro Vaše potřeby.

Rychlá, přesná a konfigurovatelná.

Spolehněte se na odborné inženýrství společnosti Alicat a na krátké dodací lhůty, abyste udrželi váš proces v pohybu. Přístroje fy Alicat pro měření a regulaci hmotnostního průtoku a tlaku poskytují neuvěřitelný výkon, takže můžete dosáhnout více.

<https://www.alicat.com/>

Zavolejte si nyní pro cenovou nabídku nebo si ji vyžádejte online u společnosti SciTech sro Praha.

<http://scitech.cz/>; scitech@scitech.cz; +420 224 311 850



Hmotnostní průtok	CODA Coriolis	Kapalina	Tlaková zařízení
Rychlé, přesné měření hmotnostního průtoku založené na diferenčním tlaku. Nejružnější měření a řízení hmotnostního průtoku, objemového průtoku nebo tlaku jedním zařízením.	Nová vysoce přesná zařízení pro hmotnostní průtok necitlivá na vnější vibrace a nezávislá na složení kapaliny.	Rychlé a stabilní měření a řízení objemového průtoku a tlaku.	pro absolutní, přetlakový nebo diferenční tlak. Rychlé, opakovatelné řízení pro průtočné, uzavřené, nebo vakuové aparatury.



antikorozi



malý pokles tlaku



obousměrný



OEM



přenosný
+ bluetooth



IP

Chemické listy na cestě Open Access – nový začátek

Open access, v češtině otevřený přístup, není pouze „buzzword“ z evropských výzev a dokumentace poskytovatelů financí, ale je nedílnou součástí života vědeckých komunit po celém světě. Je důležité zmínit, že ale nestojí jen tak sám o sobě, ale je součástí open science, v češtině otevřené vědy, která kromě samotného open accessu, tedy otevřeného přístupu k publikacím, zahrnuje otevřená data, otevřený software, otevřené vzdělávání, občanskou vědu a mnoho dalšího.

Open access stojí ve svém jádru na čtyřech základních pilířích: okamžitém, trvalém, bezplatném a svobodném online přístupu k výsledkům vědy a výzkumu. Zatímco význam charakteristik „okamžitý“, „trvalý“ i „bezplatný“ je jednoznačný, co to vlastně v praxi znamená, že přístup ke článku je „svobodný“? Jde o odstranění právních bariér takovým způsobem, že článek je po právní stránce „odemčen k použití“. Nástrojem pro „odemykání“ obsahu jsou tzv. veřejné licence, z nichž nejznámější a zdaleka nejpoužívanější jsou licence Creative Commons (CC), které od října 2023 využívají nově i Chemické listy a přidružený sympoziální časopis Czech Chemical Society Symposium Series. Jejich podstatou je to, že připojením licence k článku je dílo k dispozici pro užití pro kohokoliv, kdo má zájem článek využít: každá z licencí Creative Commons jednoznačně říká uživatelům, jak s dílem mohou a nemohou nakládat. V případě, kdy má čtenář zájem dílo dále užívat, zejména ho sdílet, nemusí tak uzavírat s autorem individuální licenční smlouvu nebo složitě získávat autorův souhlas, ale postačí, když se bude chovat v souladu s podmínkami připojené licence Creative Commons.

Chemické listy se konkrétně rozhodly pro zavedení licence Creative Commons BY 4.0 Mezinárodní, která je velmi liberální, protože umožňuje neomezené sdílení prostřednictvím jakéhokoliv média, a to dokonce i ke komerčním účelům. Není však třeba se obávat, že by tato licence znamenala ztrátu práv k článku. Dle nových licenčních podmínek zveřejněných na webu tohoto časopisu zůstávají veškerá autorská majetková práva autorům zachována.



Nadto je při jakémkoliv užití článku zpřístupněného pod licencí CC BY 4.0 Mezinárodní nutno splnit podmínku řádného uvedení autora, názvu článku, zdroje a licence, pod kterou byl článek zveřejněn. Tato licence byla zvolena především z toho důvodu, že poskytovatelé grantové podpory čím dál tím častěji požadují, aby byly projektové výstupy zveřejněny právě pod touto licencí. Věříme proto, že tato změna přinese zjednodušení a jistotu pro četné z Vás, kteří publikujete právě v rámci projektů.

Dnes již není pochyb o tom, že open access přináší vědcům vyšší prestiž a širší informační dopad jejich výzkumu. Vědecké výstupy se totiž v rámci otevřeného přístupu mohou dostat doslova do celého světa. Celosvětový dosah výzkumu je spojen také s možností vyšší citovanosti a navázání nových spoluprací.

Společnost pak v rámci open access, ale i v rámci celé open science, získává možnost přístupu k veřejně podporovanému výzkumu, a to prakticky okamžitě nebo s kratším embargem. Jedná se o významnou podporu transparentnosti, důvěryhodnosti a replikovatelnosti vědy. Na kolik jsou tyto vlastnosti vědy důležité, jsme si na vlastní kůži zažili v předchozích pandemických letech všichni bez rozdílu.

V souladu s výše uvedeným uznejme, že přechod Chemických listů k modelu open access je přirozeným vývojem, jelikož časopis dlouhodobě zveřejňuje svůj obsah ke čtení na webu všem čtenářům bez rozdílu. Stejně jako Chemickým listům, tak i Vám, milí vědci, čtenáři a přátelé, může být open access k užítu a otevřít Vám cestu k důležitým tématům a výzvám dnešního světa.

*Anna Horecká a Žaneta Procházková,
Centrum pro podporu open science
při Ústřední knihovně Univerzity Karlovy*



Užití tohoto díla se řídí mezinárodní licencí Creative Commons Attribution License 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode.cs>), která umožňuje neomezené využití, distribuci a kopírování díla pomocí jakéhokoliv média, za podmínky řádného uvedení názvu díla, autorů, zdroje a licence.

Redakce časopisu

Chemické listy

uděluje

CENU Karla PREISE za rok 2023



Mariye Shamzhy

*Katedra fyzikální a makromolekulární chemie, Přírodovědecká fakulta,
Univerzita Karlova, Praha*

za práci

Současné úspěchy v návrhu zeolitových katalyzátorů

Chem. Listy 117, 407 (2023)

SRDEČNĚ BLAHOPŘEJEME

PROLÉČIVA ANALOGŮ NUKLEOTIDŮ

FILIP KALČIC

ETH Zürich, Vladimir-Prelog-Weg 3, 8093 Zürich, Švýcarsko
fkalcic@ethz.ch

Došlo 4.10.23, přijato 30.10.23.

Obor medicínální chemie se často potýká s problémem suboptimálních vlastností aktivních látek. Za účelem zlepšení těchto vlastností byla vyvinuta řada důmyslných přístupů tvorby proléčiv. Proléčivo je inaktivovaná forma léčiva, která dočasně modifikuje jeho vlastnosti. V těle je pak proléčivo (nejčastěji enzymaticky) transformováno zpět na aktivní léčivo. Proléčiva mohou upravit řadu vlastností jako např. absorpci, rozpustnost, či cílené doručení do tkáně. Poměr proléčiv mezi schválenými léky v posledních letech stoupá, což podtrhuje význam této strategie pro medicínální chemii i klinické využití.

Klíčová slova: proléčiva, nukleotidy, nukleosidy, fosfáty, fosfonáty, biodostupnost

Obsah

1. Úvod
2. Nukleosidy, fosfáty, fosfonáty
3. Přehled vyvinutých proléčiv analogů nukleotidů
 - 3.1. Alkylová proléčiva
 - 3.2. Acyloxyalkylová proléčiva
 - 3.3. S-Acyl-2-thioethylová (SATE) a dithioethanolová (DTE) proléčiva
 - 3.4. Alkoxyalkylová proléčiva
 - 3.5. Cyklosaligenylová (CycloSal) a cykloamino-benzylová (CycloAmb) proléčiva
 - 3.6. HepDirect proléčiva
 - 3.7. Fosforamidatová a fosfonamidatová proléčiva
 - 3.7.1. Bisamidatová proléčiva
 - 3.7.2. ProTide proléčiva
4. Závěr

1. Úvod

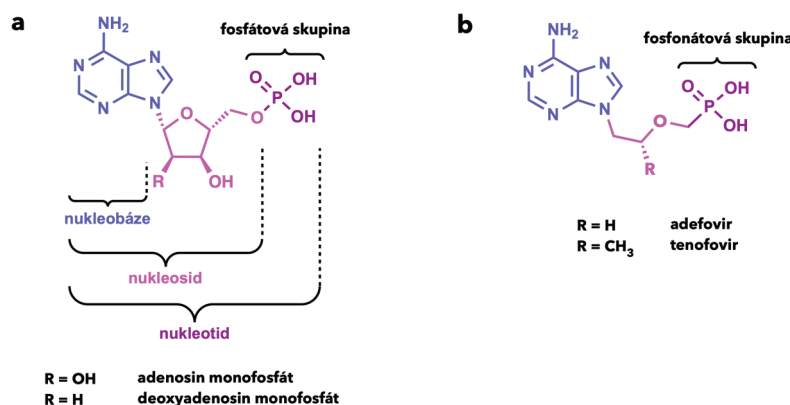
Nukleotidy (obr. 1a) jsou zcela esenciální látky pro všechny živé organismy. Jsou nezbytnými kofaktory mnoha enzymů, hrají klíčovou roli v energetickém metabolismu a zajišťují přenos genetické informace.

Analoga nukleotidů tak hrají významnou roli v medicínální chemii i v klinickém využití¹. Tyto molekuly však nesou ve svých strukturách fosfáty či fosfonáty (obr. 1), které jsou při fyziologickém pH deprotonovány, což vytváří iontový charakter těchto látek a inherentně redukuje jejich schopnost pasivně prostupovat biomembránami. Za účelem překonání této překážky bylo vyvinuto mnoho typů proléčiv.

Proléčivo je ve své podstatě modifikované léčivo/aktivní látka. Tato modifikace dočasně upravuje vlastnosti daného léčiva, přičemž nejčastěji je potřeba upravit farmakokinetické vlastnosti léčiva, tj. absorpci, distribuci, metabolizaci a exkreci². Žádoucí však může být také úprava jiných vlastností jako např. rozpustnost ve vodě, či chuť. Je dokonce možné využít strategii proléčiv pro cílené doručení léčiv pouze do požadované tkáně, což je velice žádoucí jak z důvodu účinnosti, tak z důvodu bezpečnosti.



RNDr. Filip Kalčic, Ph.D. vystudoval organickou a medicínální chemii na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy a experimentální část svých studií vypracoval na Ústavu organické chemie a biochemie ve skupině Dr. Janeby. V roce 2020 strávil obohacující 3 měsíce na Univerzitě Johnse Hopkinse ve skupině prof. Slusher, kde se podílel na probíhajících medicínálně-chemických projektech. Od konce roku 2021 působí jako postdoktorand na ETH Zürich ve skupině prof. Bode, kde se v rámci industriální spolupráce věnuje peptidové/proteinové chemii a chemické biologii. Jeho hlavními zájmy jsou medicínální chemie, chemická biologie a v neposlední řadě výuka. Autor je laureátem Ceny Alfreda Badera za bioorganickou a bioanorganickou chemii pro rok 2023.



Obr. 1. a) Struktura (deoxy)adenosin monofosfátu, b) Struktura adefoviru a tenofoviru, významných antivirotik z řad acyklických nukleosid fosfonátů

Jak bylo naznačeno výše, v případě analogů nukleotidů se strategie proléčiv využívá převážně k dosažení vyšší biodostupnosti. Proléčivo maskuje iontový charakter fosfátů či fosfonátů a umožní tak účinný vstup přes biomembrány (obr. 2). Následně je proléčivová část metabolizována (nejčastěji odštěpena), čímž je uvolněna původní účinná látka.

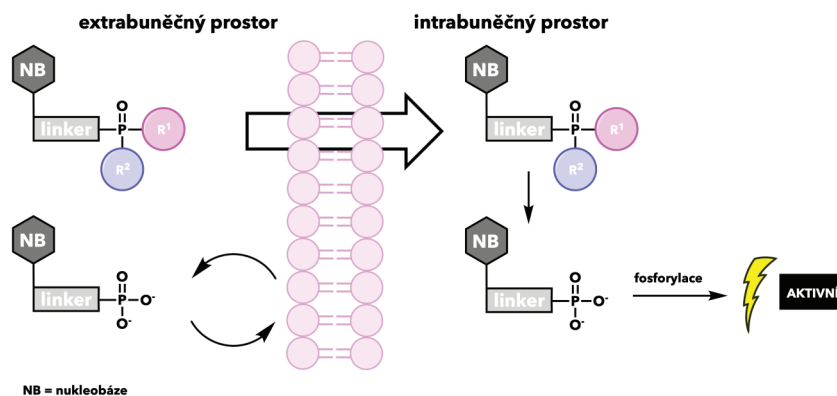
Úspěšné proléčivo musí být stabilní v gastrointestinálním traktu, musí být efektivně absorbováno do krevního oběhu, kde musí být stabilní dostatečně dlouho, aby dorazilo k cílovým buňkám. To znamená, že chemická a enzymatická stabilita proléčiv musí být důkladně ověřena v brzkých stádiích vývoje³. Strategie proléčiv je velice významným nástrojem v repertoáru medicínálních chemiků, přičemž ta neúspěšnější proléčiva jsou součástí klinicky využívaných léků⁴.

2. Nukleosidy, fosfáty, fosfonáty

Nukleosidy (tedy nukleotidy bez fosfátové skupiny, obr. 1) představují výhodný počáteční bod pro vývoj biologicky aktivních látek. Antivirová a protinádorová aktivi-

ta nukleosidů byla objevena již před více než 50 lety. V roce 1969 byla FDA (americký úřad pro kontrolu léčiv) schválena nukleosidová léčiva cytarabin (pro léčbu akutní myeloidní leukémie) a edoxudin (pro léčbu virových infekcí)⁵. Nukleosidy jsou ve své podstatě také proléčiva, neboť musí být v buňkách fosforylovány na biologicky aktivní nukleosid trifosfáty^{6,7}. Avšak kinyzy zajišťující první ze tří fosforylací jsou v porovnání s kinasami zajišťujícími druhou, resp. třetí fosforylací nejvíce specifické, a proto jsou modifikované nukleosidy zpravidla fosforylovány méně efektivně v porovnání s přírodními substráty^{6,8}. První fosforylace tak představuje limitující překážku v bioaktivaci těchto látek. Jako vhodné řešení se nabízí příprava monofosfátů, ty jsou však poměrně nestabilní *in vivo* z důvodu labilní vazby P–O (cit.⁸). Z tohoto důvodu byly nukleosidy vybaveny fosfonátovou skupinou s enzymově i chemicky stabilnější vazbou P–C.

Acyklické nukleosid fosfonáty (ANF) mají velice silnou tradici v České republice, neboť byly objeveny ve skupině prof. Holého před více než 35 lety a jejich vývoj pokračuje dodnes⁹. Ty neúspěšnější ANF nachází klinická uplatnění jako významná antivirotika¹.



Obr. 2. Obecný mechanismus proléčiv analogů nukleotidů

3. Přehled vyvinutých proléčiv analogů nukleotidů

V minulosti byla vyvinuta pestrá paleta důmyslných přístupů k vytvoření účinných proléčiv analogů nukleotidů (obr. 3). Stručný přehled těchto přístupů a jejich využití je shrnut níže.

3.1. Alkylová proléčiva

První pokusy o zamaskování iontového charakteru fosf(on)átů využívaly prosté alkylové estery. Tento přístup se zdál být velice atraktivní díky své jednoduchosti. Estery karboxylových kyselin jsou *in vivo* velmi rychle štěpeny, avšak estery fosf(on)átů se prokázaly být mnohem stabilnější^{10,11}. To znemožňuje jejich využití jako proléčiv, neboť vysoká metabolická stabilita nedovolí efektivnímu uvolnění aktivní látky.

3.2. Acyloxyalkylová proléčiva

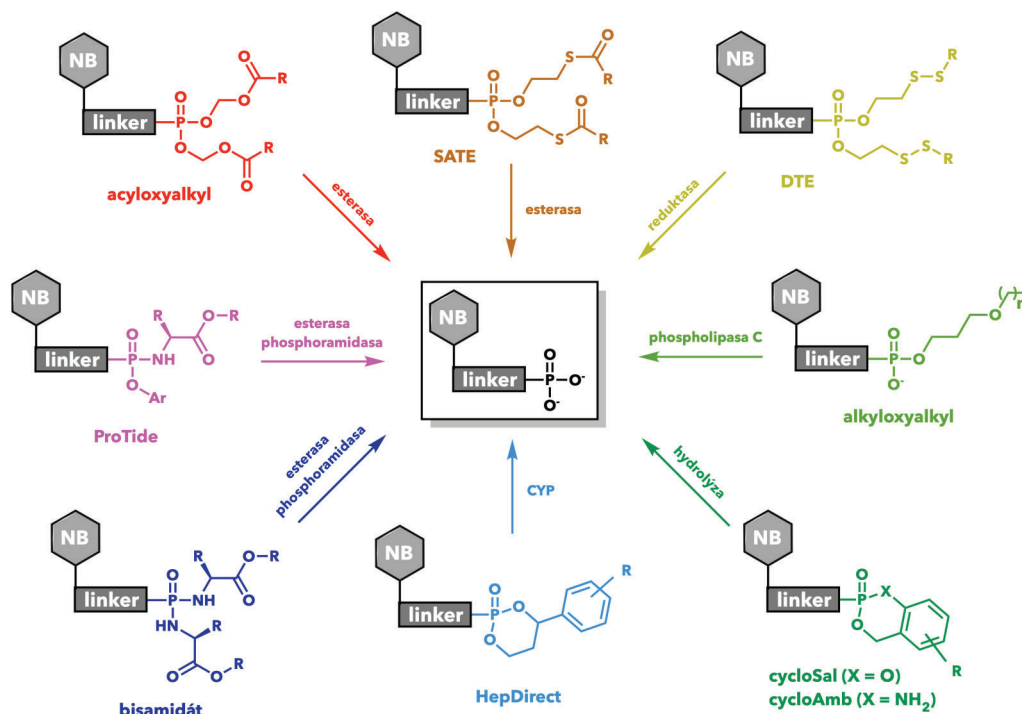
Vysoká stabilita alkylových proléčiv nasměrovala další vývoj směrem k acyloxyalkylovým esterům nescoucím nejčastěji bis(isopropoxyloxyethyl) (POC) nebo bis(pivaloxyloxyethyl) (POM) karbonát. Tato proléčiva jsou již mnohem efektivnější¹². Aktivace těchto proléčiv začíná odštěpením esteru, což v tomto případě probíhá

velice efektivně, neboť se jedná o ester karboxylové kyseliny (obr. 4b). Vzniklý metabolit následně podstupuje spontánní degradaci na formaldehyd, monofosf(on)át a v případě POC proléčiv ještě oxid uhličitý¹³. Druhý cyklus tohoto procesu pak uvolní původní fosf(on)át. Uvolnění formaldehydu během metabolismu těchto proléčiv je vnímáno jako problematické z hlediska toxicity, neboť formaldehyd je známý mutagen. Zajímavé však je, že lidské tělo je denně vystaveno mnohem většímu množství formaldehydu z dietárních a environmentálních zdrojů¹⁴.

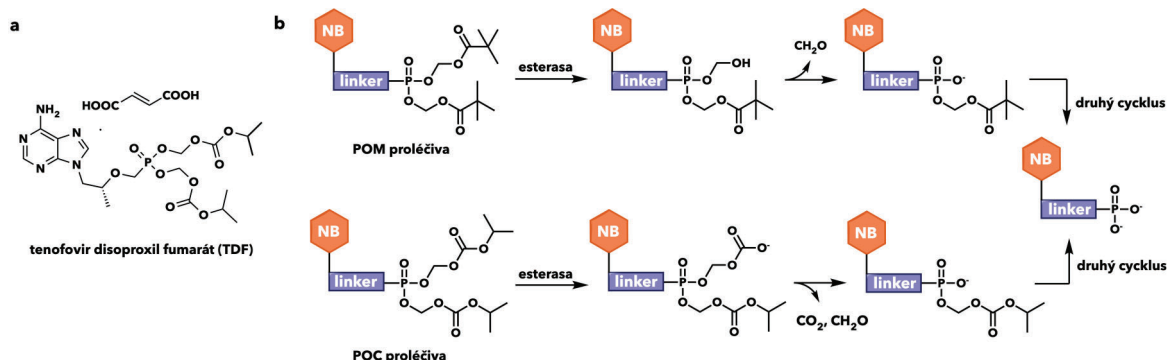
Jako více problematické se může jevit uvolnění kyseliny pivalové v případě POM proléčiv. Lidské tělo se zbavuje kyseliny pivalové z největší části přes aktivaci koenzymem A a následnou konjugaci s karnitinem (pivaloylkarnitin), což může vést k nedostatku karnitinu a narušení metabolismu mastných kyselin¹⁵.

Acyloxyalkylová proléčiva byla úspěšně použita například u antivirotika adefoviru. BisPOM proléčivo adefoviru bylo evaluováno jako lék proti HIV (human immunodeficiency virus) a HBV (hepatitis B virus) a nakonec bylo FDA v roce 2002 schváleno pro léčbu infekcí HBV (cit.^{16,17}).

Další velice významné antivirotikum z řad ANF – tenofovir – bylo také vybaveno tímto typem proléčiva. BisPOM tenofovir (tenofovir disoproxil fumarát, TDF, obr. 4a) dosahoval mnohem efektivnější cílové lymfocyty, což vedlo ke zvýšení potence tohoto léčiva proti HIV



Obr. 3. Přehled vyvinutých proléčiv analogů nukleotidů



Obr. 4. a) Struktura POC proléčiva tenofoviru (TDF), b) Obecná struktura acyloxyalkylových proléčiv a mechanismus jejich metabolizace

o dva řády. *In vivo* experimenty na myších prokázaly relativně nízkou toxicitu a především 20% biodostupnost po orálním podání TDF (cit.¹⁸). Tyto výsledky byly následně potvrzeny i u lidí a TDF byl v roce 2001 schválen pro léčbu infekcí HIV a v roce 2008 pro léčbu infekcí HBV (cit.^{19,20}).

3.3. S-Acyl-2-thioethylová (SATE) a dithioethanolová (DTE) proléčiva

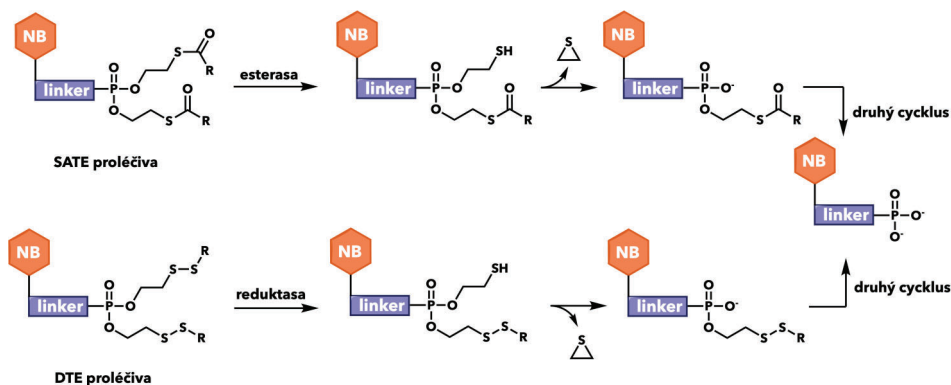
Jak SATE proléčiva, tak DTE proléčiva mají ve svých strukturách thioethylovou skupinu připojenou k enzymově labilní skupině. SATE proléčiva využívají thioacetát, který je štěpitelný esterasami a DTE proléčiva využívají disulfid, který je štěpitelný reduktasami. Po enzymovém odštěpení dochází ke spontánnímu uvolnění ethylen sulfidu, což vede k odhalení monofosf(on)átu a stejně jako v případě POM a POC proléčiv se po druhém cyklu uvolní původní fosf(on)át (obr. 5)²¹.

V porovnání s bisPOM proléčivem adefoviru, prokázalo bis(*t*Bu-SATE) proléčivo adefoviru vyšší chemickou a enzymatickou stabilitu a zároveň podobnou aktivitu proti HIV (cit.²²).

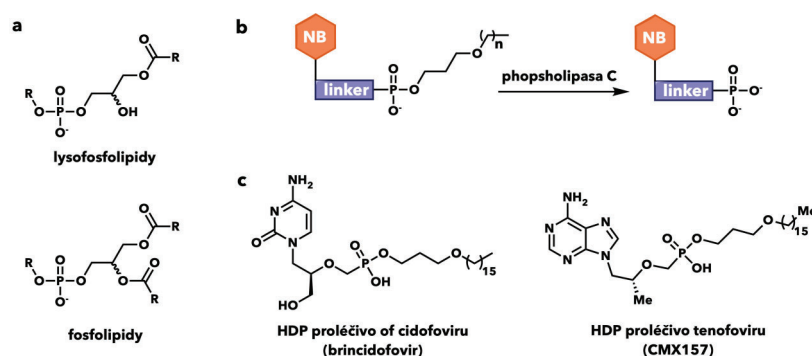
SATE a DTE proléčiva však zatím našla využití pouze *in vitro* z důvodu obav ohledně toxicity ethylen sulfidu uvolněného během metabolismu²³. Tyto obavy nicméně rozporují výsledky studie Placidi a spol.²⁴, ve které nebyly nalezeny důkazy toxicity či mutagenese. U SATE proléčiv (které obsahují nejčastěji pivaloyl) je navíc potřeba brát v úvahu uvolnění kyseliny pivalové a její výše zmíněný vliv na homeostázi karnitinu.

3.4. Alkoxyalkylová proléčiva

Alkoxyalkylová proléčiva jsou inspirována fosfolipidy, které jsou stavebními kameny biomembrán. Na rozdíl od fosfolipidů (nesoucí ve své molekule dvě mastné kyseliny), nesou lysofosfolipidy (LFL) ve své molekule pouze jednu mastnou kyselinu (obr. 6a), což způsobuje kónický tvar LFL, a tím pádem vyšší mobilitu v buněčných membránách²⁵. Inspirace rychlým pohybem LFL přes membrány vedla k vývoji alkoxyalkylových proléčiv. U tohoto přístupu stačí pouze jeden fosfoester k efektivnímu prostupu membránami. Metabolismus těchto proléčiv je zajištěn fosfolipasou C, která tak přímo uvolňuje volný fosf(on)át (obr. 6b).



Obr. 5. Obecná struktura SATE a DTE proléčiv a mechanismus jejich metabolizace



Obr. 6. a) Obecná struktura (lyso)fosfolipidů, b) Obecná struktura alkoxyalkylových proléčiv a mechanismus jejich metabolizace, c) Struktura brincidofoviru a CMX157

Optimální délku těchto proléčiv studoval Wan a spol.²⁶, kteří porovnali řetězce dlouhé 12 až 24 atomů a pozorovali, že optimální vlastnosti má řetězec dlouhý 20 atomů, tedy hexadecyloxypropyl – HDP (16 atomů pocházející z hexadecylové skupiny a 4 atomy z oxypropylové skupiny). Zajímavé je, že jak kratší, tak delší řetězce způsobovaly dramatický propad v aktivitě.

Tento přístup se prokázal být velice úspěšný. HDP proléčivo cidofoviru (pojmenované jako brincidofovir, obr. 6c) bylo dále vyvinuto společností Chimerix a získalo schválení od FDA v roce 2021 (cit.²⁷). Stejný přístup byl aplikován na významné antivirotikum tenofovir. HDP proléčivo tenofoviru (pojmenováno CMX-157 nebo tenofovir exalidex, obr. 6c) je vyvíjeno proti HBV a podstupuje klinické zkoušky²⁸.

3.5. Cyklosaligenylová (CycloSal) a cykloaminobenzylová (CycloAmb) proléčiva

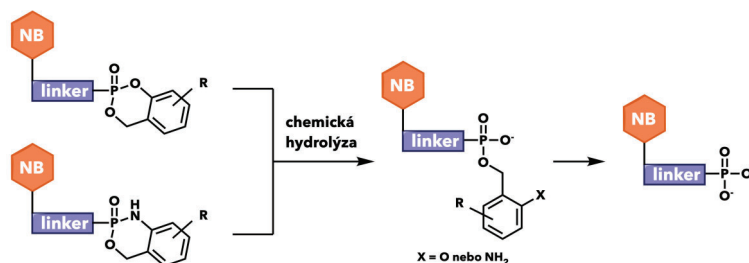
Cyklosaligenylová (CycloSal) a cykloaminobenzylová (CycloAmb) proléčiva využívají salicyl alkohol, resp. 2-aminobenzyl alkohol k zamaskování fosf(on)átové funkce. Zajímavé je, že na rozdíl od výše zmíněných proléčiv, nejsou CycloSal a CycloAmb proléčiva závislá na enzymové aktivaci, ale jejich rozklad je zprostředkován hydrolyzou (obr. 7)²⁹. Je potřeba brát v úvahu, že nesymetrickou substitucí vzniká na atomu fosforu nové chirální cen-

trum a jednotlivé diastereomery pak mají zpravidla odlišné rychlosti aktivace z důvodu interakce s chirálním biologickým systémem. To se týká především níže zmíněných typů proléčiv.

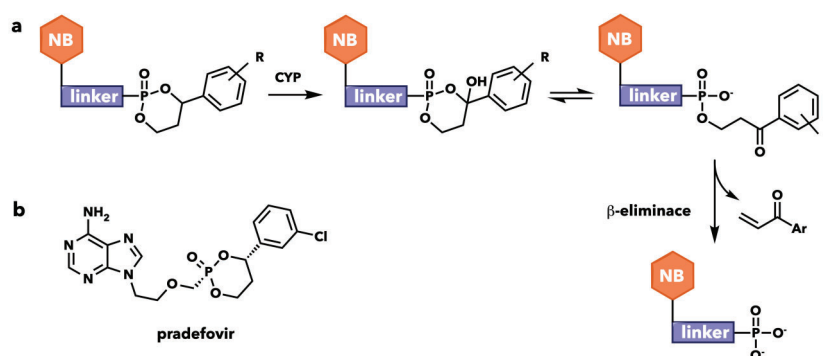
Meier a spol.³⁰ aplikovali CycloSal přístup mimo jiné na adefovir a pozorovali vysokou hydrolytickou labilitu těchto proléčiv. Stabilitu lze do jisté míry optimalizovat pomocí substituce arylu. Výrazného zvýšení stability pak bylo dosaženo výměnou atomu kyslíku za atom dusíku, tedy změnou CycloSal proléčiva na CycloAmb proléčivo. Přestože tato proléčiva prokazovala nižší aktivity v porovnání s původním adefovirem, vykazovala vyšší index selektivity (poměr potence/toxicity, IS) díky výrazně nižší toxicitě. Index selektivity nejnadějnějšího proléčiva pak dosáhl 9,7, zatímco bisPOM proléčivo adefoviru dosáhlo pouze 4,1 (cit.³⁰).

3.6. HepDirect proléčiva

Cyklické 1-aryl-1,3-propyl estery fosf(on)átů (později pojmenovány jako HepDirect proléčiva) byly vyvinuty pro cílenou metabolizaci především v játrech. Odštěpení tohoto proléčiva je zprostředkováno hydroxylací benzylové polohy pomocí enzymů ze skupiny cytochrom P₄₅₀ (CYP). Oxidovaný intermediát je pak nestabilní, a proto dochází k otevření cyklu a následné β -eliminaci (obr. 8a).³¹ Tato proléčiva jsou štěpena přede-



Obr. 7. Obecná struktura CycloSal a CycloAmb proléčiv a mechanismus jejich metabolizace



Obr. 8. a) Obecná struktura HepDirect proléčiv a mechanismus jejich metabolizace, b) Struktura pradefoviru

vším isoformou CYP3A4 (specifickou pro játra), čímž je zajištěna výše zmíněná specifita vůči játrům. Ta je velice žádoucí především pro léčbu HBV infekcí. HepDirect proléčivo adefoviru (pojmenované jako pradefovir, obr. 8b), které je v současnosti evaluováno pro léčbu HBV infekcí, se nedávno prokázalo být efektivní a bezpečné v druhé fázi klinického testování³².

Přestože to není překvapivé, je zajímavé, že aktivace těchto proléčiv je vysoce stereospecifická a probíhá pouze v případě *cis* konformace mezi arylem proléčiva a nukleosidovou částí (tzn. R_pS nebo S_pR diastereo-isomery)³¹.

3.7. Fosforamidátová a fosfonamidátová proléčiva

3.7.1. Bisamidátová proléčiva

Bisamidátová proléčiva nesou dva substituenty (většinou dvě aminokyseliny) připojené k fosf(on)átu prostřednictvím P–N vazby. Mechanismus metabolismu těchto proléčiv je podobný metabolismu tzv. ProTide proléčiv, která jsou podrobně popsána níže. Výhodné je, že při metabolismu bisamidátových proléčiv dochází k uvolnění netoxických aminokyselin.

Tato proléčiva byla použita u látky GS-9191 (obr. 9), která byla evaluována pro topickou léčbu lézí spojených s infekcí lidským papilomavirem (HPV)³³.

Zajímavé je, že GS-9191 je v podstatě proléčivo proléčiva. Odštěpení dvou molekul isobutyl-(*S*)-fenylalaninu

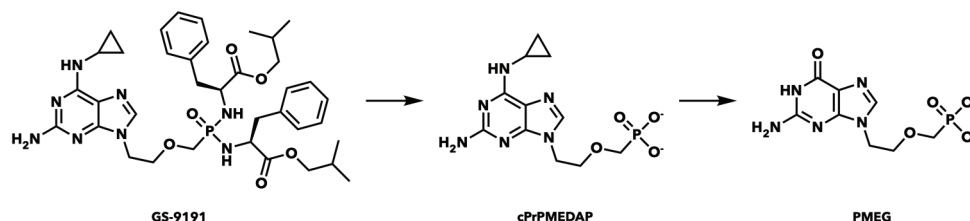
odhalí látku cPrPMEDAP, která byla dříve identifikována jako proléčivo účinné látky PMEG prostřednictvím enzymové deaminace³⁴.

3.7.2. ProTide proléčiva

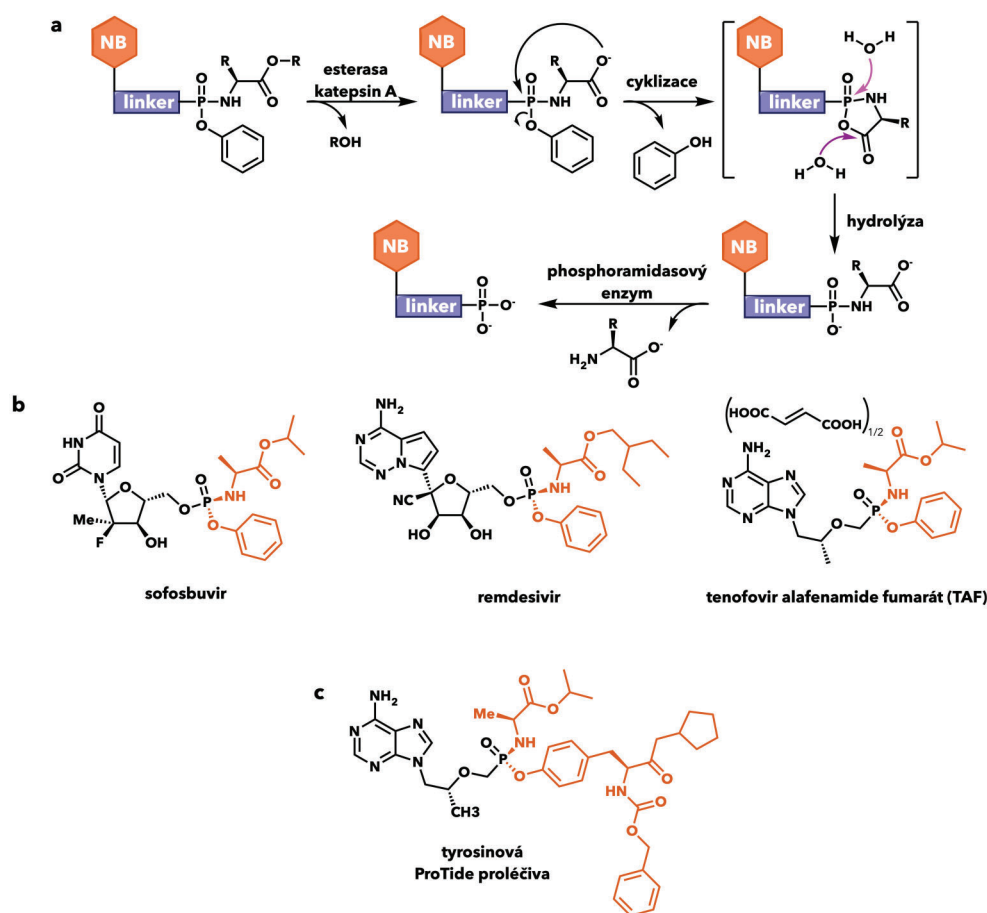
Nahrazením jedné molekuly aminokyseliny aryloxy skupinou vede k tzv. ProTide proléčivům, která byla vyvinuta prof. McGuiganem před 31 lety (cit.³⁵). ProTide proléčiva jsou v současnosti považována za vrchol vývoje proléčiv v oblasti modifikovaných nukleotidů a jsou aplikována u řady klinických kandidátů a tří schválených léčiv – sofosbuviru, remdesiviru a tenofovir alafenamid fumarátu (TAF) (obr. 10b)^{1,8,36}.

TAF je nástupce první generace proléčiva (bisPOC) tenofoviru (TDF, odstavec 3.2). TDF vykazovalo nízkou stabilitu v plasmě, což vedlo k relativně nízkým hladinám v cílových buňkách a to bylo potřeba kompenzovat vysokými dávkami TDF (cit.³⁷). Problematické bylo, že rozklad v plasmě vedl k vysokým hladinám volného tenofoviru v plasmě, což je spojeno s nefrotoxicitou a toxicitou vůči kostní tkáni^{38,39}.

Tato toxicita je způsobena nerovnováhou mezi rapidní absorpcí (zprostředkovanou transportéry organických aniontů (OAT) 1 a 3) a pomalým efluxem (zprostředkovaným typem 4 multidrug resistance proteinu (MRP4)), což vede k akumulaci tenofoviru v buňkách proximálních tubulů a tedy k nefrotoxicitě⁴⁰. Mechanismus toxicity vůči kostní tkáni (úbytek minerální hustoty) ještě není zcela



Obr. 9. Struktura a metabolismus proléčiva GS-9191



Obr. 10. a) Obecná struktura ProTide proléčiv a mechanismus jejich metabolizace, b) Struktura sofosbuviru, remdesiviru a tenofoviru, c) Struktura nových tyrosinových ProTide proléčiv

objasněn, ale nebyl pozorován přímý vliv tenofoviru na osteoblasty *in vitro*⁴¹.

Tyto nedostatky TDF (předchozí generace proléčiva tenofoviru) byly výrazně minimalizovány pomocí ProTide proléčiva (TAF). TAF byl stabilnější v plasmě (hladina volného tenofoviru klesla na 10 % v porovnání s hodnotami během léčby TDF) a dosahoval vyšších hodnot farmakologicky aktivní formy (tenofovir difosfát) v cílových buňkách³⁸. V roce 2016 byl TAF (Vemlidy) schválen pro léčbu HIV/AIDS jako efektivnější a bezpečnější alternativa k TDF.

Mechanismus uvolnění tohoto proléčiva je iniciován odštěpením esteru aminokyseliny. Jako hlavní enzym zodpovědný za tento krok byl identifikován katepsin A (cit.⁴²).

Vzniklý karboxylát intramolekulárně cyklizuje, čímž je vytěsněna arylová skupina. Následně je cyklus hydrolyticky otevřen a fosforamidový enzym uvolní původní fosf(on)át (obr. 10a). Přestože toto je obecně přijímaný mechanismus, donedávna neexistoval důkaz výše zmíněných cyklických intermediátů. Procházková a spol.⁴³ však

nedávno pozorovali podobné intermediáty pomocí NMR spektroskopie a hmotnostní spektrometrie spojené s infračervenou spektroskopií, čímž podpořili správnost tohoto mechanismu.

Jak je patrné z mechanismu, během metabolismu ProTide proléčiv dochází k uvolnění alkoholu, aminokyseliny a fenolu. Vliv esteru aminokyseliny studovali McGuigan a spol.⁴⁴, jejichž práce ukázala, že hydrofobnější estery mohou být výhodnější, neboť mohou zvýšit vstup do buněk, na druhou stranu je ale velice důležitá také substrátová aktivita vůči esterasám, neboť estery musí být dostatečně rychle štěpeny pro efektivní aktivaci proléčiva.

Studium vlivu aminokyseliny ukázalo, že katepsin A není schopný štěpit objemnější aminokyseliny a naznačuje, že alanin je nevhodnější volba^{42,45}.

V neposlední řadě může ovlivnit vlastnosti ProTide proléčiva jeho arylová část, jejíž vliv studovali Siddiqui a spol.⁴⁶, kteří pozorovali, že substituce skupinou odtahující elektrony vede ke zvýšení aktivity, avšak zároveň také ke zvýšení toxicity. Nedávné snahy o modifikaci arylové skupiny (deriváty tyrosinu) vedly k dosud nejúčinnějším

proléčivům proti HIV s až 300krát vyšším indexem selektivity oproti TAFu (obr. 10c)⁴⁷. První generace těchto proléčiv trpěla nízkou mikrozomální stabilitou, která je v současné době optimalizována, aby mohl pokračovat vývoj těchto nadějných proléčiv.

4. Závěr

Proléčiva představují velice mocný nástroj pro modulaci vlastností nejen analogů nukleotidů a jsou velice užitečná jak v medicíně, tak v klinickém využití. Bez proléčiv by se k pacientům nedostaly přinejmenším desítky léků, což by mělo dramatický dopad na veřejné zdraví. Podíl proléčiv mezi schválenými léky dlouhodobě stoupá a podobný trend lze předpokládat i do budoucna. To podtrhuje význam proléčiv a nutnost dalšího výzkumu v této oblasti.

Velice si vážím podpory České společnosti chemické a nadace Bader Philantropies, za kterou bych tímto rád poděkoval.

Seznam zkratk

ANF	acycklické nukleosid fosfonáty
CYP	cytochrom P ₄₅₀
DTE	dithioethanol
FDA	U.S. Food and Drug Administration (americký úřad pro kontrolu léčiv)
HBV	hepatitis B virus
HDP	hexadecyloxypropyl
HIV	human immunodeficiency virus
HPV	human papillomavirus
LFL	lysofosfolipid
MRP	multidrug resistance protein
NMR	nukleární magnetická rezonance
OAT	organic anion transporter
POC	isopropoxyloxyethyl karbonát
POM	pivaloxyloxyethyl
SATE	S-acyl-2-thioethyl
TDF	tenofovir disoproxil fumarát
TAF	tenofovir alafenamid fumarát

LITERATURA

- De Clercq E., Li G.: *Clin. Microbiol. Rev.* **29**, 695 (2016).
- Abet V., Filace F., Recio J. Alvarez-Builla J., Burgos C.: *Eur. J. Med. Chem.* **127**, 810 (2017).
- Hecker S. J., Erion M. D.: *J. Med. Chem.* **51**, 2328 (2008).
- De Jonghe S., Herdewijn P.: *Curr. Protoc.* **2**, (2022).
- Jordheim L. P., Durantel D., Zoulim F., Dumontet C.: *Nat. Rev. Drug. Discov.* **12**, 447 (2013).
- Stein D. S., Moore K. H. P.: *Pharmacotherapy* **21**, 11 (2001).
- De Clercq E., Holý A.: *Nat. Rev. Drug Discovery* **4**, 928 (2005).
- Thornton P. J., Kadri H., Miccoli A., Mehellou Y.: *J. Med. Chem.* **59**, 10400 (2016).
- De Clercq E., Holý A., Rosenberg I., Sakuma T., Balzarini J., Maudgal P. C.: *Nature* **323**, 464 (1986).
- Rosowsky A., Kim S. H., Ross J., Wick M. M.: *J. Med. Chem.* **25**, 171 (1982).
- Serafinowska H. T., Ashton R. J., Bailey S., Harnden M. R., Jackson S. M., Sutton D.: *J. Med. Chem.* **38**, 1372 (1995).
- Starrett J. E. Jr., Tortolani D. R., Russell J., Hitchcock M. J. M., Whiterock V., Martin J. C., Mansuri M. M.: *J. Med. Chem.* **37**, 1857 (1994).
- Heidel K. M., Dowd C. S.: *Future Med. Chem.* **11**, 1625 (2019).
- Dhareshwar S. S., Stella V. J.: *J. Pharm. Sci.* **97**, 4184 (2008).
- Brass E. P.: *Pharmacol. Rev.* **54**, 589 (2002).
- Srinivas R. V., Robbins B. L., Connelly M. C., Gong Y. F., Bischofberger N., Fridland A.: *Antimicrob. Agents Chemother.* **37**, 2247 (1993).
- Marcellin P. a 11 spoluautorů: *N. Engl. J. Med.* **348**, 808 (2003).
- Naesens L., Bischofberger N., Augustijns P., Annaert P., Van den Mooter G., Arimilli M. N., Kim C. U., De Clercq E.: *Antimicrob. Agents Chemother.* **42**, 1568 (1998).
- Chapman T. M., McGavin J. K., Noble S.: *Drugs* **63**, 1597 (2003).
- Scott L. J., Chan H. L. Y.: *Drugs* **77**, 1017 (2017).
- Périgaud C., Gosselin G., Lefebvre I., Girardet J. L., Benzaria S., Barber I., Imbach J. L.: *Bioorg. Med. Chem. Lett.* **3**, 2521 (1993).
- Benzaria S., Pélicano H., Johnson R., Maury G., Imbach J. L., Aubertin A. M., Obert G., Gosselin G.: *J. Med. Chem.* **39**, 4958 (1996).
- Pertusat F., Serpi M., McGuigan C.: *Antivir. Chem. Chemother.* **22**, 181 (2012).
- Placidi L., Demeo M., Gosselin G., Imbach J., Bryant M., Dumenil G., Sommadossi J.: *Antiviral Res.* **50**, 139 (2001).
- Raggers R. J., Pomorski T., Holthuis J. C. M., Kälin N., Van Meer G.: *Traffic* **1**, 226 (2000).
- Wan W. B., Beadle J. R., Hartline C., Kern E. R., Ciesla S. L., Valiaeva N., Hostetler K. Y.: *Antimicrob. Agents Chemother.* **49**, 656 (2005).
- Hassan H., Abdelhamid H. A., Mohamed M., Elsaid M.: *Curr. Treat. Options Infect. Dis.* **15**, 89 (2023). doi: org/10.1007/s40506-023-00266-7
- Venugopal S., Harichandran D. T., Sanalkumar K. B., Sujatha M. B.: *Int. J. Basic Clin. Pharmacol.* **9**, 1625 (2020).
- Meier C., Balzarini J.: *Antiviral Res.* **71**, 282 (2006).
- Meier C., Görbig U., Müller C., Balzarini J.: *J. Med. Chem.* **48**, 8079 (2005).
- Erion M. D., Reddy K. R., Boyer S. H., Matelich M. C., Gomez-Galeno J., Lemus R. H., Ugarkar B. G., Colby T. J., Schanzer J. Van Poelje P. D.: *J. Am.*

- Chem. Soc. 126, 5154 (2004).
32. Gao Y. a 33 spoluautorů: *Clini. Infect. Dis.* 74, 1925 (2022).
 33. Wolfgang G. H. I. a 11 spoluautorů: *Antimicrob. Agents Chemother.* 53, 2777 (2009).
 34. Hatse S., Naesens L., De Clercq E., Balzarini J.: *J. Biochem. Pharmacol.* 58, 311 (1999).
 35. McGuigan C., Pathirana R. N., Mahmood N., Devine K. G., Hay A. J.: *Antiviral Res.* 17, 311 (1992).
 36. Lamb Y. N.: *Drugs* 80, 1355 (2020).
 37. Golla V. M., Kurmi M., Shaik K., Singh S.: *J. Pharm. Biomed. Anal.* 131, 146 (2016).
 38. Ray A. S., Fordyce M. W., Hitchcock M. J. M.: *Antiviral Res.* 125, 63 (2016).
 39. Ruane P. J. a 10 spoluautorů: *J. Acquired Immune Defic. Syndr.* 63, 449 (2013).
 40. Ray A. S., Cihlar T., Robinson K. L., Tong L., Vela J. E., Fuller M. D., Wieman L. M., Eisenberg E. J., Rhodes G. R.: *Antimicrob. Agents Chemother.* 50, 3297 (2006).
 41. Liu Y., Kitrinis K., Babusis D., Ray A. S., Miller M. D., Callebaut C.: *53rd Interscience Conference on Antimicrobial Agents and Chemotherapy, 10–13 September 2013, Denver, Colorado, USA*, H-664.
 42. Birkus G., Wang R., Liu X., Kuttly N., MacArthur H., Cihlar T., Gibbs C., Swaminathan S., Lee W., McDermott M.: *Antimicrob. Agents Chemother.* 51, 543 (2007).
 43. Procházková E., Navrátil R., Janeba Z., Roithová J., Baszczyński O.: *Org. Biomol. Chem.* 17, 315 (2019).
 44. McGuigan C., Sutton P. W., Canard D., Turner K., O’Leary G., Wang Y., Gumbleton M., De Clercq E., Balzarini J.: *Antivir. Chem. Chemother.* 9, 473 (1998).
 45. McGuigan C., Tsang H. W., Cahard D., Turner K., Velazquez S., Salgado A., Bidois L., Naesens L., De Clercq E., Balzarini J.: *Antiviral Res.* 35, 195 (1997).
 46. Siddiqui A. Q., McGuigan C., Ballatore C., Zuccotto F., Gilbert I. H., De Clercq E., Balzarini J.: *J. Med. Chem.* 42, 4122 (1999).
 47. Kalčic F. a 11 spoluautorů: *J. Med. Chem.* 64, 16425 (2021).

F. Kalčic (ETH Zürich, Switzerland): Prodrugs of Nucleotide Analogues

The field of medicinal chemistry is often struggling with suboptimal properties of active compounds. To address this issue, many sophisticated prodrug approaches have been developed. Prodrug is an inactive form of a drug which temporarily alters its properties. In the body, the prodrug is (most often enzymatically) transformed back to the parent active drug. Prodrugs can modify variety of properties such as absorption, solubility, or tissue targeted delivery. The number of prodrugs among approved drugs has been rising in the past years which underlines the importance of prodrugs for medicinal chemistry and clinical use.

Keywords: prodrugs, nucleotides, nucleosides, phosphates, phosphonates, bioavailability

Acknowledgements

The author is very grateful for the support from Czech Chemical Society and Bader Philantropies foundation.



Užití tohoto díla se řídí mezinárodní licencí Creative Commons Attribution License 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode.cs>), která umožňuje neomezené využití, distribuci a kopírování díla pomocí jakéhokoliv média, za podmínky řádného uvedení názvu díla, autorů, zdroje a licence.

LÉKOVÉ FORMY S ELEKTRONICKÝM PRVKEM

GABRIELA KOUTNÁ, JAKUB VYSLOUŽIL a KATEŘINA KUBOVÁ

Ústav farmaceutické technologie, Farmaceutická fakulta, Masarykova Univerzita, Palackého třída 1946/1 Brno,
Česká republika
kubovak@pharm.muni.cz

Došlo 27.7.23, přijato 31.10.23.

Lékové formy s elektronickým prvkem je možné zařadit mezi jedny z nejmodernějších a nejinovativnějších lékových systémů posledních několika dekád. Inkorporace elektronického/digitálního prvku nabízí řadu výhod, jako např. možnost přesného načasování uvolnění léčivé látky v požadované lokaci gastrointestinálního traktu, sběr biometrických dat, či nezpochybnitelný průkaz adherence pacienta k terapii. V současné době je možné pozorovat vývoj oboru do dvou hlavních směrů. Tím prvním je využití těchto systémů ve spojení s řízeným uvolňováním při absorpčních a obecně farmakokinetických studiích nových látek. Druhým směrem je pak digitální monitoring adherence k léčbě. Tento stručný přehled pojednává krátce o historii problematiky, přináší informace o obou zmíněných odvětvích a zmiňuje zásadní zástupce obou skupin a jejich využití.

Klíčová slova: smart pills, digitální léčiva, řízené uvolňování léčiv

Obsah

1. Úvod
2. Elektronické lékové formy s řízeným uvolňováním
 - 2.1. Kapsle Intellisite
 - 2.2. Kapsle Enterion™
 - 2.3. Kapsle s integrovaným systémem „gas producing cell“
 - 2.4. Systém IntelliCap
 - 2.5. Systémy SmartTab
3. Digitální monitoring
 - 3.1. Tableta Abilify Mycite
 - 3.2. Systém ID-Cap
4. Závěr

1. Úvod

Farmaceutická technologie zaznamenala v několika posledních dekádách masivní vývoj v mnoha různých oblastech, jako jsou např. perorální lékové formy s řízeným uvolňováním, mikročasticové a nanočasticové lékové formy^{1,2} či v posledních letech také v oblasti 3D tisku³. Jednou z těchto oblastí jsou i lékové formy s elektronickým prvkem, které se dnes často označují termínem „smart pills“. Nejedná se přitom o zcela novou problematiku. První případy inkorporace elektronických prvků do lékové formy lze zaznamenat již roku 1957. V té době se objevila např. kapsle Endoradiosonde se zabudovaným rádiovým obvodem, který při zachycení změny teploty či tlaku v gastrointestinálním traktu (GIT) vysílal

rádiové vlny do externího prostředí⁴. Kapsle byla vytvořena za účelem sledování peristaltiky při patologických stavech, či zachycení emočních změn jako „detektor lži“. Vývoj nových typů senzorů či kamer ve spojení s obecným vývojem elektrotechniky, miniaturizace a digitalizace pak umožnil vznik různých segmentů použití. Postupem času v oblasti lékových forem s elektronickým prvkem vykristalizovaly tři základní oblasti: diagnostické kapsle, elektronické lékové formy s řízeným uvolňováním a digitální monitoring.

Diagnostické kapsle jsou diagnostická zařízení vybavená kamerami a senzory, které tvarem, velikostí a způsobem užití odpovídají pevným perorálním lékovým formám, především tobolkám. Jejich účelem je např. nabídnout alternativní metodu ke klasické lékařské endoskopii nebo poskytnout profil měřených parametrů v rámci průchodu GIT (tranzitní časy, hodnoty pH v jednotlivých kompartmentech apod.)⁵. Tato schopnost je velmi důležitá i z pohledu farmaceutické technologie, neboť díky těmto znalostem je možné při vývoji lékových forem přesněji nastavit parametry zkoušky disoluce tak, aby lépe odpovídaly vlastnostem GIT. Tyto systémy však nenesou léčivou látku, nemají ani úlohu placeba, a nelze je proto považovat za pravou lékovou formu.

Příspěvek se proto dále zabývá skupinou elektronických lékových forem s řízeným uvolňováním (ELFRU) a skupinou lékových forem pro digitální monitoring, které se používají za odlišným účelem. Kromě osvětlení problematiky obou skupin uvádíme také nejvýznamnější zástupce, mechanismus jejich funkce a použití.

2. Elektronické lékové formy s řízeným uvolňováním

Jedná se o skupinu lékových forem, kterou je možné zařadit do, v současné době populární, skupiny tzv. „smart drugs“ nebo také „smart drug delivery systems“. ELFŘU se vyznačují tím, že léčivo uvolňují poté, co jsou vystaveny určitému typu stimulu. Ten může pocházet z organismu (fyzikální či chemické interakce, změna teploty nebo pH) nebo z vnějšího prostředí ve formě elektromagnetického signálu. To v praxi znamená, že je možné tímto externím signálem zahájit uvolňování léčiva v konkrétním požadovaném místě GIT nebo požadovaném čase. Tyto lékové formy nejsou používány ve standardní farmakoterapii, ale například jako nástroj ke zhodnocení míry absorpce nových molekul v různých segmentech GIT. To nabízí velký potenciál snížení finanční náročnosti vývoje lékové formy, protože díky znalosti konkrétních farmakokinetických vlastností léčiva v jednotlivých segmentech GIT je možné rychleji a efektivněji vyvinout požadovaný terapeutický systém⁵.

První externě řízený systém byl vytvořen v roce 1961 za účelem hodnocení absorpce salicylátu u psů. Speciálně navržená dvouvrstvá kapsle využívala pro uvolnění léčiva oscilační obvod. Vnější obal tvořený z polyethylenu v tenké vrstvě pokrýval trubici z nerezové oceli. Uvnitř kapsle se nacházela stlačená kovová pružina napojená na píst zatavená voskem na jednom z konců tobolky. Léčiva ve formě tablet, prášků či roztoků se umístila na špičku pístu⁶. Takto naplněný systém se uzavřel nataveným voskem. Samotné uvolnění léčiva bylo řízeno velkou indukční cívkou, do které bylo zvíře umístěno^{5,6}. Nestacionární magnetické pole vytvořené cívkou zahřálo tobolku, čímž se roztavil vosk v kapsli, a proto se uvolnila pružina, která pístem vytlačila léčivo z kapsle ven. Teplota uvnitř tobolky dosahovala 59 °C, ke snížení teploty na fyziologickou hodnotu došlo za 2–5 minut (cit.⁶).

Protože zvyšování teploty tělesa umístěného uvnitř živého organismu se jeví jako problematické, pokračovaly snahy o vytváření ELFŘU i s jinými typy iniciačních signálů. Přibližně v roce 1989 byla v Německu zkonstruována HF-kapsle se vzdáleně řízeným dodáváním léčiva pomocí radiového signálu. Jednalo se o první kapsli tohoto typu, která byla použita v klinickém hodnocení na zdravých dobrovolnících. Využívala se ke stanovení kinetiky léčiv a místa jejich absorpce. V požadovaném segmentu GIT bylo léčivo (ciprofloxacin) z kapsle uvolněno působením vnějšího vysokofrekvenčního radiového signálu (27 MHz)⁷. Absorpce ciprofloxacinu byla stanovována v pěti různých oblastech GIT: žaludku, dvanáctníku, kýčelníku, vzestupném a sestupném tračníku. Polyuretanová kapsle byla vybavena latexovým balónem, který představoval zásobník léčiva⁸. Ve druhé části kapsle byl umístěn oscilační obvod, který přijímal zmíněný externí radiový signál. Vytvořené teplo rozzhavlilo drát procházející nylonovým závitem. Roztavení nylonového závitu uvolnilo pružinu s jehlou, což vedlo k propíchnutí latexového balónu a uvolnění léčiva⁵. Kapsle byla v těle lokalizována fluoroskopicky⁸.

Výše uvedené historicky důležité systémy předznamenaly nástup nových moderních ELFŘU, se kterými se můžeme v současnosti setkat.

2.1. Kapsle IntelliSite

Společnost Innovative (Spojené státy americké) vyvinula ELFŘU ve formě kapsle IntelliSite o rozměrech 10 × 35 mm. Kapsli tvoří vnitřní a vnější obal s otvory pro uvolnění léčiva. Aby se léčivo uvolnilo, musí být otvory obou obalů v zákrytu. Působením vnějšího radiofrekvenčního signálu je vygenerováno magnetické pole, které indukuje elektrický proud. Elektrický proud vytvoří teplo, které způsobí napnutí kovových vláken. Tím dojde k otočení vnitřního obalu tak, že se otvory obou obalů vzájemně překryjí a léčivo se z lékové formy uvolní. Průchod kapsle trávicím traktem a uvolnění léčiva je monitorováno scintigrafickou zobrazovací metodou⁹. Využití této technologie v klinických studiích je pouze omezené, a to z důvodů mnoha technických potíží¹⁰.

2.2. Kapsle Enterion™

Kapsle Enterion™, navržená společností Phaeton Research (Spojené státy americké), má celkovou délku 32 mm. Rezervoár léčiva zabírá přibližně pouze 1 mm této délky. Plnění tobolky léčivem probíhá přes 9 mm otvor, který je následně uzavřen víčkem se silikonovým těsněním. Použité léčivo může být zpracováno v různých formách, např. roztok, suspenze, prášek, granulát, pelety, atd.^{9,11}. Tobolka je vybavena oddělenou komorou obsahující radioaktivní zářič. Ten ve spojení se scintigrafickou zobrazovací metodou poskytuje informace o přesné poloze tobolky v reálném čase⁹.

Vnější signál řídící uvolnění léčivé látky v cílové tkáni má povahu oscilujícího magnetického pole externího generátoru. Frekvence působícího pole odpovídá nižším hodnotám MHz. Je tedy dostatečně nízká na to, aby absorpce energie tělesnými tkáněmi byla zanedbatelná, avšak v dostatečné výši na to, aby indukovala elektrický proud v cívce umístěné ve stěně tobolky. Indukovaný elektrický proud přechází k malému ohřívači, který je uzavřen a oddělen od ostatních částí kapsle. Velikost ohřívače je velmi malá, objemově méně než 1 mm³. I díky jeho malé velikosti dojde k rychlému nahromadění tepla, které se téměř okamžitě přenesou na pružinu pohánějící píst. Pružina je stlačena ve své výchozí poloze silnými polymerními vlákny. Vlákna jsou v těsné blízkosti ohřívače. Rychlým nárůstem teploty vlákna povolí a prasknou. Tím se pružina uvolní, zatlačí na píst, který protlačí léčivo stejným otvorem, kterým bylo naplněno. Pohyb pístu je zastaven na konci kapsle o těsnění, tím se zabrání průniku trávicích šťáv do systému. Část elektrické energie přicházející na píst je přeměněna na slabý radiový signál o nízké frekvenci, který je zachycen vnějším prostředím. Jeho zachycení potvrzuje uvolnění léčiva do prostředí^{9,11}.

Enterion™ kapsle je hojně využívána v klinických studiích pro stanovení biologické dostupnosti léčiv a pro

validaci vývojových strategií v terapii chorob CNS, např. schizofrenie, gastrointestinálních a metabolických onemocnění¹².

2.3. Kapsle s integrovaným systémem „gas producing cell“

Vzdáleně řízená vysokofrekvenční kapsle uvolňuje léčivo ze zásobníku pomocí mechanické energie generované skrze suchý článek produkující plyn (gas producing cell)¹³. Napojením kladného a záporného pólu článku na elektrický oscilační obvod dojde k elektrolyze acidifikované vody¹⁴ a produkci plynného vodíku, popř. kyslíku na platinových elektrodách^{13,15}. Jako vnější iniciační signál slouží blíže nespecifikované vysokofrekvenční pole, které indikuje proud uvnitř oscilačního obvodu. Elektrická rezonance nastává, jestliže frekvence signálu generovaného z vnějšího vysílače je 24 MHz. Rychlost produkce vodíku je regulována skrze velikost odporu rezistoru uvnitř obvodu¹³. Vyvinutý plyn působí tlakem na píst, který odděluje zásobník s léčivem a suchý článek, a posunuje jej vpřed. Tímto mechanismem je vytlačován roztok, popř. suspenze léčiva, ze zásobníku. V rámci experimentu byla provedena disoluční studie s použitím přístroje s pádlem¹⁶ za účelem ověření závislosti mezi velikostí odporu v rezistoru a rychlostí, jakou je léčivo (oxprenolol) uvolněno ze zásobníku. Při odporu 200 Ω se vyprázdnil zásobník s léčivem během 25 minut, menší odpor 100 Ω uvolnil léčivo do 15 minut. Přestože systém dokáže vzdáleně modifikovat řízené uvolňování léčiva, mají autoři za cíl inovovat současný model zavedením degradovatelných materiálů a vytvořením specifického signálu, který aktivuje pouze jednu konkrétní kapsli¹³.

2.4. Systém IntelliCap

Pro správnou formulaci lékové formy je zásadní vědět, ve které části GIT se léčivo vstřebává. Pro urychlení tohoto zjištění je možné využít systém IntelliCap (Medimetrics, Nizozemsko), který slouží k přesnému zacílení uvolnění léčiva. Systém má potenciál např. u posouzení kolonické absorpce v kombinaci s prodlouženým uvolňováním léčiva. Toto jednorázové (tj. nepočítá se sběrem a opakovaným použitím) elektronické zařízení pro perorální podání odpovídá velikosti tobolky 27 mm \times 11 mm; 1,37 ml. Stejně jako tobolka se skládá ze dvou částí – těla a víčka. Každá část v tomto případě představuje samostatný systém, přičemž dochází k jejich vzájemné komunikaci. Víčko je vybaveno rezervoárem, který se plní 0,3 ml léčiva ve formě roztoku nebo suspenze. Tělo tobolky obsahuje mikropočítač, jednotku pro bezdrátový přenos dat, teplotní senzor, pH senzor poskytující data o poloze v GIT a krokový motor s vřetenem a pístem. Mikropočítač je možné naprogramovat tak, aby pomocí motoru řídil uvolňování léčiva v požadovaných intervalech. Touto kombinací je možné dosáhnout prakticky jakéhokoliv disolučního profilu. Celý systém může být řízen manuálně v reálném čase pomocí počítače¹⁷.

Studie z roku 2014 srovnávala farmakokinetické parametry diltiazem hydrochloridu ve formě vodného roztoku uvolněného ze systému IntelliCap a ze standardní lékové formy Diltiazem Mylan SR s prodlouženým uvolňováním (potahované pelety). Plazmatické profily uvedených forem vykazovaly vysokou míru podobnosti. IntelliCap proto splnil podmínky bioekvivalence a byl vyhodnocen jako vhodný nástroj pro sledování absorpce léčiv z oblasti kolonu¹⁷.

2.5. Systémy SmartTab

Startup SmartTab (Spojené státy americké) vyvíjí tři high-tech systémy s cíleným uvolňováním léčiva – TargetTab, InjectTab a MultiTab. Systémy využívají efektivní mechanismy, které snižují riziko vedlejších účinků a zvyšují účinnost léčby Crohnovy choroby či dalších autoimunitních onemocnění¹⁸.

TargetTab je kapsle s bezdrátovými prvky složená z blíže neurčeného polymeru s mikroprocesorem určená pro přívod léčiva do kolonu. Uvolnění léčiva z lékové formy v cílovém místě a jeho monitoring jsou řízeny radiofrekvenčním signálem. Pohyb kapsle v těle je monitorován pomocí náplastí s elektronickým zdrojem a aplikací v chytrém telefonu. Sensory uvnitř kapsle mají lékaři poskytovat data v reálném čase včetně stavu onemocnění a umožňovat tak personalizovanou terapii, typ senzorů nebo sledované parametry nejsou uvedeny^{18,19}. Výhodou cíleného přívodu léčiva je jeho maximální absorpce a možnost použití nižší dávky, což minimalizuje nežádoucí účinky, případně toxicitu léčiva. Systém je jednorázový a po uvolnění léčiva se z těla vyloučí. V roce 2019 úspěšně proběhlo testování na zvířatech. V současné době probíhá klinické testování v humánní oblasti²⁰.

Dalším produktem je InjectTab, který je určený k dodávání biologických léčiv a velkých molekul do místa účinku. Opět se jedná o bezdrátovou kapsli, která v tomto případě obsahuje mikrojeklu, prostřednictvím které je léčivo aplikováno v požadovaném místě skrze stěnu trávicího traktu. Orientaci v prostoru zajišťují senzory řízené autonomním systémem. Po aplikaci se mikrojekla zatáhne zpět do kapsle a ta se z těla vyloučí. Cílem tohoto systému je snížit frekvenci dávkování pomocí klasické injekční aplikace a s tím spojenou bolestivostí a diskomfortu u pacientů, kteří si injekce denně aplikují. U této lékové formy právě probíhá testování na zvířatech v terapii revmatoidní artritidy. Společnost plánuje komercializaci produktu během roku 2024 (cit. ^{19,21}).

Posledním systémem, který je stále v počátcích svého vzniku, je MultiTab, vícesložkový systém poskytující delší dobu účinku, konkrétně 7–10 dní. Na základě principu pulzního uvolňování dokážou jednotlivé složky postupně uvolňovat účinnou látku ve stanovených intervalech. Po uvolnění poslední dávky dojde k přirozenému vyloučení systému z organismu. Své využití by tento systém mohl najít např. u antibiotik, kde adherence pacientů k léčbě bývá často velmi nízká²². Princip retence lékové formy v GIT po požadovanou dobu není znám.

3. Digitální monitoring

Druhým způsobem využití lékových forem s elektronickým prvkem, kterým se příspěvek zabývá, je digitální monitoring terapie. Důvodů pro využití dané technologie k tomuto účelu je hned několik. Tím nejdůležitějším je možnost evidované kontroly terapie, což je využitelné u průkazu podání lékové formy v rámci klinických studií, u komplikovaných léčebných programů nebo u některých závažných diagnóz vyžadujících plnou spolupráci pacienta. Mezi další můžeme zařadit např. lepší kontrolu a zhodnocení případných nežádoucích účinků, kontrolu předávkování, lepší přehled celkové farmakoterapie při případných lékových interakcích apod.

3.1. Tableta Abilify Mycite

První digitální tabletou schválenou pro humánní farmakoterapii je Abilify MyCite (Otsuka America Pharmaceutical, Inc., Spojené státy americké). FDA tabletu schválila v roce 2017 (cit.²³). Abilify MyCite jsou lisované tablety s obsahem atypického antipsychotika aripiprazolu, který je určen k terapii schizofrenie, bipolární poruchy a klinických depresí. Digitální prvek představuje integrovaný senzor o velikost 1 mm, který je do tablety zapracován během lisování a jeho primární účel je právě digitální monitoring. Senzor je vyrobený z běžných kovů a minerálů vyskytujících se v potravě – měď, hořčík a křemík. Obsahuje tři funkční oblasti – integrovaný obvod sloužící jako polovodič, který je pokrytý dvěma aktivními vrstvami a izolační disk. Z jedné strany je pokryt kovovým hořčíkem a ze druhé strany chloridem měďným. K aktivaci dojde v okamžiku, kdy se dostane do kontaktu se žaludečními šťávami. Žaludeční šťávy reagují za vzniku galvanického článku (elektrody hořčík + chlorid) a vzniklý proud přenese jedinečný signál ze senzoru do přijímače v náplasti, kterou má pacient přilepenou na levé straně hrudníku. Data jsou poskytována v téměř reálném čase. Senzor se po úplném rozpuštění tablety vyloučí z těla stolicí. Vliv přijímané potravy na vyslání signálu není prokázán²³.

Kromě signálu ze senzoru náplast zaznamenává i další biometrické parametry – počet kroků, délka spánku, tep apod.²⁴. Data uložená v úložišti náplasti jsou pomocí Bluetooth odeslána do mobilní aplikace. V aplikaci má pacient přehled o tom, kdy tabletu užil, případně může uvést důvod, pokud ji neužil. Veškerá data z aplikace může pacient sdílet se svým lékařem či jakoukoliv jinou osobou – rodinou, přáteli, uzná-li to za vhodné. Lékaři mají pak k dispozici speciální software pro vyhodnocování dat²⁵.

S digitálním monitoringem se bohužel pojí i mnohé etické otázky na úrovni vztahu lékař/pacient spojené se ztrátou důvěry, autonomie, soukromí, ale i potenciálního zneužití/odcizení dat²⁵. EMA v roce 2020 uveřejnila zprávu, jejímž závěrem byl negativní poměr risk/benefit a přípravek byl z evropského trhu stažen^{25,26}. Na americkém trhu je přípravek stále dostupný. Standardní cena balení třiceti tablet se pohybuje okolo 1500 amerických dolarů.

3.2. Systém ID-Cap

Druhým produktem v oblasti digitálního monitoringu je ID-Cap systém, který v roce 2009 představila společnost EtectRx (Spojené státy americké)²⁷. Systém se skládá ze čtyř komponent – ID-kapsle, přijímacího zařízení, mobilní aplikace a klinického softwaru. ID-kapsli tvoří želatinová tobolka s požitelným senzorem – ID-Tag. Tobolka má funkci vnějšího obalu a plní se požadovaným léčivem v lékárně nebo ji lze užít v kombinaci s dalšími léčivými přípravky i prázdnu. Senzor je aktivován v okamžiku, kdy dojde k rozpuštění želatinového obalu v žaludku a kontaktu žaludečních šťáv se senzorem²⁷.

ID-Tag senzor je tvořen integrovaným obvodem umístěným na tenkém filmu. Elektrody z hořčíku a chloridu stříbrného slouží jako baterie, která pohání ID-Tag k vytvoření signálu. Baterie se aktivuje pomocí elektrolytů přítomných v žaludeční šťávě. Následně je vygenerován radiový signál, který prostupuje skrze tělo a je zachycen pomocí čtečky. Celý proces trvá cca 30 minut. Po vyslání radiového signálu dojde k deaktivaci ID-Tag a k jeho přirozenému vyloučení z těla. Všechny složky jsou biokompatibilní a považovány za bezpečné²⁸. Systém ID-Cap byl schválen FDA v roce 2019. Využití zatím našel především jako verifikační mechanismus v klinických studiích.

4. Závěr

Ačkoliv je koncept lékových forem s elektronickým prvkem starý několik desetiletí, v posledních letech je možné v literatuře zaznamenat zvýšený zájem o tuto technologii jak z pohledu vývoje, tak i z pohledu např. právních a etických otázek. Pro úspěšnou komercializaci budou muset tyto moderní lékové formy překonat spoustu technologických i terapeutických překážek. V případě elektronických lékových forem s řízeným uvolňováním pro stanovení farmakokinetických parametrů nových molekul v rámci vývoje léčivých látek je benefit technologie zcela jasný a opodstatněný. V případě elektronických lékových forem z oblasti digitálního monitoringu je tou největší překážkou otázka etiky, bez jejíhož vyřešení se daný směr bude rozvíjet pomaleji. V tomto ohledu bude zajímavé, zdali v přístupu k těmto lékovým formám převáží evropská cesta, která více zohledňuje vliv vztahu lékař/pacient, nebo se prosadí americká cesta, kde jsou tyto aspekty převáženy snahou o podporu vývoje odvětví a jeho inovaci. Limitujícím faktorem může být v budoucnu také cena jednotlivých systémů.

Seznam zkratek

CNS	centrální nervový systém
ELFRU	elektronické lékové formy s řízeným uvolňováním
EMA	Evropská agentura pro léčivé přípravky
FDA	Úřad pro kontrolu léčiv a potravin

GIT gastrointestinální trakt
 HF high-frequency

LITERATURA

- Dohnalová L., Dohnal V.: *Chem. Listy* 109, 444 (2015).
- Šnejdrová E., Dittrich M.: *Chem. Listy* 105, 27 (2011).
- Elbl J., Muselík J., Franc A.: *Chem. Listy* 113, 301 (2019).
- Mackay R. S., Jacobson B.: *Nature* 179, 1239 (1957).
- Cummins G.: *Adv. Drug Deliv. Rev.* 177, 113931 (2021).
- Ericksen S. P., Swintosky J. V., Serfass E. J., Lin T. H., Abrams J., Sturtevant F. M.: *J. Pharm. Sci.* 50, 151 (1961).
- Staib H. A., Beermann D., Harder S., Fuhr U., Liermann D.: *Am. J. Med.* 87, 66 (1989).
- Harder S., Fuhr U., Beermann D., Staib H. A.: *Br. J. Clin. Pharmacol.* 30, 35 (1990).
- Wilding I., Hirst P., Connor A.: *Pharm. Sci. Technol. Today* 3, 385 (2000).
- Twomey K., Marchesi J. R.: *Endoscopy* 41, 357 (2009).
- Koulaouzidis A., Iakovidis D. K., Karargyris A., Rondonotti E.: *World J. Gastroenterol.* 21, 5119 (2015).
- Thombre A. G., Shamblin S. L., Malhotra B. K., Connor A. L., Wilding I. R., Caldwell W. B.: *J. Controlled Release* 213, 10 (2015).
- Gröning R., Bensmann H.: *Eur. J. Pharm. Biopharm.* 72, 282 (2008).
- Gröning R., Bensmann H.: *Int. J. Pharm.* 364, 9 (2008).
- Gröning R., Bensmann H., Muller R. S.: *Int. J. Pharm.* 340, 61 (2007).
- Vetchý D., Kopecká M., Vetchá M., Franc A.: *Chem. Listy* 108, 32 (2014).
- Becker D., Zhang J., Heimbach T., Penland R. C., Wanke Ch., Shimizu J., Kulmatycki K.: *Pharm. Sci. Technol. Today* 15, 1490 (2014).
- Miller D., Niichel R.: *Inflammatory Bowel Dis.* 27, S2 (2021).
- <https://blog.smarttab.co/smarttab-publishes-groundbreaking-tech-drug-delivery-findings-for-the-treatment-of-crohns-disease>, staženo 24. 7. 2023.
- <https://blog.smarttab.co/smarttab-completes-successful-pre-clinical-animal-studies.-this-is-a-significant-step-towards-fda-submission-and-approval>, staženo 24. 7. 2023.
- <https://blog.smarttab.co/smarttab-receives-confirmation-from-fda-for-pre-submission-review-in-preparation-for-preclinical-study>, staženo 24. 7. 2023.
- <https://blog.smarttab.co/multi-dose-ingestible-capsule-to-address-the-misuse-of-antibiotics>, staženo 24. 7. 2023.
- Plowman R. S., Peters-Strickland T., Savage G. M.: *Expert Opin. Drug Saf.* 17, 849 (2018).
- Hafezi H., Robertson T. L., Moon G. D., Au-Yeung K. Y., Zdeblick M. J., Savage G. M.: *IEEE Trans. Biomed. Eng.* 62, 99 (2015).
- Sideri K., Cockbain J., Van Biesen W., De Hert M., Decruyenaere J., Sterckx S.: *J. Law Biosci.* 9, 1 (2022).
- https://www.ema.europa.eu/en/documents/withdrawal-report/withdrawal-assessment-report-abilify-mycite_en.pdf, staženo 24. 7. 2023.
- Baumgartner S. L., Buffkin Jr D. E., Rukavina E., Jones J., Weiler E., Carnes T. C.: *JMIR Human Factors* 8, e30786. (2021).
- Flores G. P., Peace B., Carnes T. C., Baumgartner S. L., Buffkin Jr D. E., Euliano N. R., Smith L. N.: *Innov. Clin. Neurosci.* 13, 12 (2016).

G. Koutná, J. Vysloužil, and K. Kubová
(Department of Pharmaceutical Technology, Faculty of Pharmacy, Masaryk University, Brno, Czech Republic):
Delivery Systems with an Electronic Element

Delivery systems with an electronic element can be classified as one of the last few decades' most modern and innovative pharmaceutical systems. Incorporating an electronic/digital element offers several advantages, such as the possibility of the precise timing of the drug released in the desired location of the gastrointestinal tract, collection of biometric data, or indisputable proof of the patient's adherence to therapy. Currently, it is possible to observe the development of the field in two main directions. The first one is using these systems in conjunction with the controlled release principle in absorption and general pharmacokinetic studies of new substances. The second direction is digital monitoring of therapy adherence. This brief overview briefly mentions the field's history, brings information about the two main branches, and states the essential systems of both branches and their use.

Keywords: smart pills, digital drugs, controlled drug release



Užití tohoto díla se řídí mezinárodní licencí Creative Commons Attribution License 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode.cs>), která umožňuje neomezené využití, distribuci a kopírování díla pomocí jakéhokoliv média, za podmínky řádného uvedení názvu díla, autorů, zdroje a licence.

JOHAN AUGUST STRINDBERG – CHEMIK

MIROSLAV NOVÁK

Ústav učitelství chemie a humanitních věd. Vysoká škola chemicko-technologická. Technická 5, 166 28 Praha 6, Česká republika
Miroslav.Novak@vscht.cz

Došlo 25.8.23, přijato 19.10.23.

Významný švédský spisovatel a dramatik v období osobní krize, které nazval *inferno*, zanechal literární činnosti a začal se věnovat vědeckým zájmům, především chemii. Vytvořil vlastní teoretický přístup, který nazval *unitární chemii*. Podle něj jsou všechny látky složené z různého počtu vodíkových jednotek a tím vzájemně přeměnitelné v podobě kombinací libovolných jiných látek při zachování stejné atomové nebo molekulové hmotnosti. V článku jsou jako příklady popsány jeho názory na složení a přípravu síry a jodu, a zejména jeho slavný pokus o výrobu zlata.

Klíčová slova: Strindberg, unitární chemie, unitární vzorce, síra, jod, zlato

Motto: *O švédském spisovateli Augustu Strindbergovi se dočteme, že byl přistižen, jak vyfukuje kouř z dýmky do umyvadla s vodou, zkoušeje, zda touto cestou nevznikne zlato!*¹

Obsah

1. Úvod
2. Strindbergovo *inferno*
3. Strindberg a chemie
4. Unitární chemie
5. Strindbergovy chemické experimenty
 - 5.1. Případ síry
 - 5.2. Syntéza jodu
 - 5.3. A jak to bylo se zlatem?
6. Závěr

1. Úvod

Johan August Strindberg (1849–1912) je považován za jednoho z nejvýznamnějších švédských spisovatelů, básníků a dramatiků, podle některých za vůbec nejvýznamnějšího². Byl velmi plodný, podle jeho *Sebraných spisů (Samlade verk)*, které zahrnují 55 svazků vydávaných v letech 1912–1921, za svůj život vytvořil 115 rozsáhlejších literárních děl, románů, esejí, básní, povídek a dramát. Ta představují nejvýznačnější část jeho tvorby – v nich měnil klasickou dramatickou formu a podílel se na vzniku moderních trendů v divadelnictví. Jeho hry se staly zdrojem inspirace pro řadu moderních dramatiků – třeba Eugena O'Neill, Samuela Becketta, Ingmara Bergmana, Friedricha Dürrenmatta a mnoha dalších.

Strindbergova dramatická tvorba mu zajistila úspěch a uznání, nelze ji ale považovat za jedinou intelektuální aktivitu v jeho pestrém a plodném životě: maloval, zajímal se o fotografii, optiku, botaniku, astronomii, spektrální analýzu, rentgenové záření, mineralogii a zejména o chemii. S výjimkou malířství – byl znamenitý malíř, přátelil se s Munchem, Gauguinem, Muchou a jeho obrazy jsou dnes považovány za jedny z neoriginálnějších děl devatenáctého století – ovšem většina dalších počínů byla povytce amatérská, a především jeho chemické práce se zcela pohybují mimo hranice reality.

2. Strindbergovo *inferno*

Po návratu z pobytů ve Švýcarsku, Dánsku, Rakousku a Německu, které byly spíše vyhnanstvím ze Švédska, přijel v roce 1894 do francouzské metropole s předsevzetím: „Za pět let budu v Paříži slavný! To je ta nejkřutější pomsta na oslech a volech. Je to rafinované!“ (cit.³). Určité slávy skutečně dosáhl: byly zde úspěšně uvedeny jeho hry *Slečna Julie*, *Věřitelé* a *Otec* (cit.⁴). Nicméně to nebylo právě nejšťastnější období jeho života, trpěl depresemi a persekučními bludy po dvou nevydařených manželstvích a zřejmě i vlivem abusu alkoholu, zejména absintu⁵. V jeho halucinačních představách nabývaly běžné životní situace význam okultních znamení a věštb: hrudky uhlí představovaly skupinu opilých skřítků, zmačkané polštáře nabývaly lidských tvarů, macešky v truhlíku na okně na něj posměšně kývaly. Náhody si vykládal jako tajná znamení shůry: stará kniha toxikologa a chemika Orfily, náhodně objevená v knihkupectví, jeho náhrobek, na nějž rovněž náhodně narazil na montparnasském hřbitově, a stejnojmenný název hotelu – v Paříži je i ulice

s Orfilovým jménem, ale tu zřejmě neznal – byly poky- nem, aby se do hotelu nastěhoval a začal tam s chemický- mi experimenty. Toto období osobní krize a boje s psychickými problémy pojmenoval *inferno*, názvem vypůjčeným od Dante Alighierioho, a prožívané stavy pop- sal v autobiografické fikci s tímž názvem (*Inferno*)⁶.

V tomto období došlo v Strindbergově tvůrčím zamě- ření k významnému zlomu: zanechal literární činnosti a začal se věnovat vědeckým zájmům. Sám o tom psal v tehdejších pařížských denících *Le Temps* a *Le Gaulois*⁷: „V současné době se vracím k vědě, kterou jsem nikdy úplně neopustil, ale nyní se jí hodlám věnovat, a věnovat se jí a ničemu jinému“, a „Zcela se věnuji chemii a botani- ce, to mi úplně stačí. Literatura mě už nezajímá ani v nej- menším.“ Stejně psal i v *Infernu* (cit.⁶): „Teď ve mně diva- dlo vzbuzovalo nechuť stejně jako vše ostatní, čeho jsem dosáhl, a lákala mě věda.“

V Paříži si zřídil laboratoř a chystal se „vyřešit velký problém, svrhnout vládnoucí chemii a získat nesmrtelnost, která je smrtelníkům dopřána“ (cit.⁶): autor drastického dramatu nerovných společenských vztahů *Slečna Julie* se náhle snažil prokázat jednotu neorganické i organické hmoty.

Vztah k přírodním vědám Strindberga sice nikdy neo- pustil, ale naštěstí pro divadlo i chemii se v roce 1898 definitivně vrátil k literární a dramatické tvorbě⁸; z krizového období, jakkoliv pro něho vyčerpávajícího a do jisté míry devastujícího, později dokonce čerpal. Vznikla tak řada dalších pozoruhodných děl, komorní hry i symbolistická a expresionistická dramata, která stejně jako všechna ostatní silně ovlivnila dramatickou tvorbu dvacátého století⁹.

3. Strindberg a chemie

Strindbergovo vzdělání nebylo příliš kvalitní, na čemž jistě měla podíl i jeho nestálá povaha. Po skončení lycea vstoupil v roce 1867 na univerzitu v Uppsale, ale brzy ji zase opustil. Do Uppsaly se vrátil o rok později, kdy se pokoušel studovat medicínu, ale v roce 1869 po neúspěšné zkoušce z chemie (*sic!*) ze školy v hněvu ode- šel, přesvědčen o osobní zášti zkoušejícího. Na podzim 1870 se znovu pokoušel studovat na Uppsalské univerzitě, tentokrát estetiku a moderní jazyky, ale opět ji opustil bez absolutoria, tentokrát navždy. Z jeho neúspěšných studij- ních pokusů viditelně pramenil Strindbergův nepřátelský postoj vůči soudobým autoritám, „starým zaprášeným profesorům na univerzitě v Uppsale a zejména tomu pod- vodníkovi Mendělejevovi s jeho návrhem periodické ta- bulky“ (cit.¹⁰).

Strindbergovy chemické práce jsou často označovány za alchymické a on sám za *posledního alchymistu v Paříži* (cit.⁹). Skutečně udržoval kontakty se soudobými „moderními alchymisty“: byl čestným členem *Société alchimique de France* spolu s Camillem Flammarionem¹¹ a publikoval v *L'Hyperchimie*, časopise s podtitulem *Mě- síční revue pro alchymii a hermetismus*, vydávaném touto

společností. Nebyl ale alchymistou v prapůvodním smys- lu: jeho pojednání i experimenty vycházely – byť zkrsele- ně – z poznatků soudobé chemie, nesažil se připravit kámen mudrců a výroba zlata pro něho byla především důkazem jednoty hmotného světa. S alchymii ho ovšem pojil fenomén transmutace, explicitně předpokládané a experimentálně dokládáné, a také stejné chyby, jakých se dopouštěli i alchymisté: pracoval s nedostatečně čistý- mi látkami a podceňoval kvantitativní stránku chemických pochodů.

Strindberg byl v chemii podobně plodný jako v oblasti literatury a dramatu, a přehledně uspořádat vý- sledky jeho chemické aktivity je obtížné, ne-li nemožné, neboť v nich neexistuje žádný systém. Objevují se na pře- skáčku v řadě různých místech publikova- ných esejí s prolínajícím se obsahem, a stejná témata jsou občas pojímána poněkud odlišně. Proto v dalším půjde o kompilace z brožur a esejí souborně uvedených v 36. svaz- ku *Sebraných spisů*¹¹ (původně většinou uveřejněných v časopisech *L'Hyperchimie* a *L'Initiation*), a dále z publikací *Sylva sylvarum*¹² (název vypůjčený od Francise Bacona¹³), *Bréviaire Alchimique*¹⁴ a miniantologie *Selected essays*¹⁵.

V textu budou užity zkrácené názvy *atomová/ molekulová hmotnost* a jejich označení *A* či *M*; vyskytnou se i zastaralé a neplatné názvy. Doslovné citace Strindber- gových textů jsou uváděny v uvozovkách.

Jakkoliv jsou Strindbergovy teorie i experimenty v pravém slova smyslu *non lege artis* a potvrzují, že je vytvářel a prováděl v pohnutém duševním stavu, stojí za to si přečíst, jak je možné postavit na hlavu celou vědní disciplínu.

4. Unitární chemie (*chimie unitaire*)

Pro zdůvodnění svých chemických představ Strind- berg použil vlastní teoretický přístup, který nazval *unitár- ní chemii* (*chimie unitaire*; název připomíná Gerhardtovu *chimie par le système unitaire*⁶, ale nemá s ní nic společ- něho). Strindberg v unitární chemii popírá rozdíl mezi prvkem a sloučeninou („Látky nejsou ani jednoduché, ani složené“), reálnou existenci atomu („Atom je hypotéza ... je nekonečně malá a nedělitelná částice. Nekonečně malé a nedělitelné je nevažitelné. Atom je tudíž nevažitelný“) a protismyslně popisuje atomovou hmotnost („Hypotéza nemá žádný význam: proto atomová hmotnost nic nepřed- stavuje. Atomová hmotnost však existuje a může dobře posloužit při syntéze a analýze“).

Jedním východiskem unitární chemie je spekulativní filosofický směr monismus, podle nějž – velmi zjednodu- šeně – je vše existující spojeno v určité jednotě¹⁷, druhým idea, že všechny látky jsou složené z vodíkových atomů. Strindberg nevedl, odkud čerpal, ale pravděpodobně vy- šel z představ antických řeckých filosofů o pralátce (*πρωτη ύλη, materia prima*), z níž se skládá veškerá hmota, kterou spojil s Proutovou domněnkou, podle níž jsou atomo- vé hmotnosti všech prvků číselně násobky atomové hmotnos-

ti vodíku¹⁸. Ten rovněž přirovnával vodík k *πρωτη ύλη*, ovšem v jiném smyslu než Strindberg: Prout mluvil o vodíku jako základu atomových hmotností prvků, Strindberg o vodíku jako základu složení všech látek.

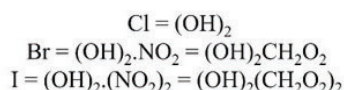
Jelikož podle Strindberga jsou všechny látky složeny z vodíku s atomovou hmotností $A = 1$ lze například zapsat uhlík jako H_{12} , kyslík H_{16} nebo dusík H_{14} ; z toho také plyne, že atomové a molekulové hmotnosti jsou celá čísla. Na základě monistického principu Strindberg dále postuloval, že všechny látky, které obsahují stejný počet vodíkových jednotek, tedy mají stejnou atomovou nebo molekulovou hmotnost, jsou *de facto* shodné, a musí být určitými reakcemi vzájemně přeměnitelné. U prvků takováto přeměna je transmutací v alchymickém pojetí; unitární chemie považovala za možné i transmutace látek, jejichž chemické složení je odlišné a *normálně* nelze změnit jednu v druhou běžnými chemickými reakcemi, například by mělo být možné vzájemně transmutovat N_2 , C_2H_4 , CO , které mají stejnou $M = 28$ (tj. H_{28}).

Podle unitární chemie tak může být každá látka, atom nebo sloučenina, za podmínky zachování stejné číselné hodnoty atomové nebo molekulové hmotnosti, kombinací z libovolných dalších látek; žádná látka tedy nemá jednoznačně definované atomární složení. Zákon stálých poměrů slučovacích zde viditelně neplatí: pro jednu číselnou hodnotu atomové nebo molekulové hmotnosti existuje více kombinací.

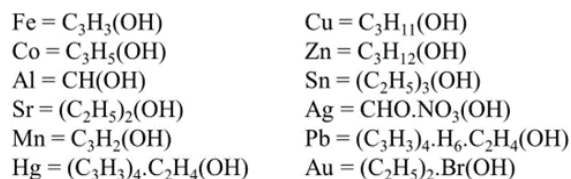
Podmínka stejné hodnoty atomové nebo molekulové hmotnosti v těchto kombinacích je *conditio sine qua non* unitární chemie, Strindberg ji ale bohužel sám striktně nedodržel. Tak složení vzduchu, který „není ani směs, ani sloučenina, není to ani kyslík, ani dusík – buď obojí, nebo nic z toho“ vysvětloval: „Protože uhlík kolísá mezi čísly 11 a 12, můžeme označit dusík jako CH_2 nebo CH_3 , a protože se kyslík pohybuje mezi 15 a 16, můžeme jej označit CH_3 nebo CH_4 . Existují tedy okolnosti, kdy kyslík se zdá být totožný s dusíkem, oba jsou označeny CH_3 ; ... vzduch je tedy CH_3 , což znamená: kyslík a dusík.“

Soubor unitárních vzorců halogenů, které podle unitární chemie nejsou prvky, je uveden na obr. 1; existují i jiné verze, na které narazíme později. Vzorce bromu a jodu obsahují kyselinu mravenčí (CH_2O_2), což je pozoruhodné; je to vysvětleno v odstavci o jodu (odst. 5.2.).

Lze těžko ověřit, kde Strindberg získal informaci, že „nejnovější chemie zjistila, že kovy jsou ekvivalentní alkoholům“, nicméně toto tvrzení použil pro formulaci unitárních vzorců kovů – podle unitární chemie to opět nejsou prvky – ve tvaru $C_nH_n(OH)$ tak, aby takovéto složení odpovídalo jejich atomové hmotnosti; vzorce jsou uvedeny na obr. 2.



Obr. 1. Strindbergovy unitární vzorce halogenů. Atomová hmotnost chloru je zde $A = 34$.



Obr. 2. Unitární vzorce některých kovových prvků. Hodnoty atomových hmotností kovů jsou v některých případech chybné, zejména v případě Au ($A = 197$): molekulová hmotnost $(C_2H_5)_2 \cdot Br(OH)$ je 155.

Podle Strindberga tyto kombinace „nevyjadřují složení kovů, ale jsou pouze redukcemi na přírodní ekvivalenty, a proto je lze reprodukovat mnoha způsoby“, což je bohužel pravda: unitární vzorce jsou značně flexibilní. Příkladem je znázornění toho, že Pb, Ag a Hg tvoří nerozpustné chloridy (podle Strindberga se *srázejí chlorem*) tím, že do vzorců příslušných kovů je přidán chlor $OH \cdot OH_2$ – zde kupodivu s jiným složením než na obr. 1 a s $A = 35$ – totiž: $Pb = (OH \cdot OH_2)_5 \cdot O_2$, $Ag = (OH \cdot OH_2)_2 \cdot O_2 \cdot H_4$ a $Hg = (OH \cdot OH_2)_5 \cdot OH_9$. Analogicky by bylo možné zavedením síry (CH_4O) vytvořit vzorce kovů tvořících nerozpustné sulfidy; takových úprav je jistě mnoho, ale viditelně vedou k chaosu.

Jako perličku lze uvést Strindbergovu oblibu ve vyhledávání numerologických shod fyzikálně-chemických dat s molekulovými nebo atomovými hmotnostmi. Například (správné hodnoty kurzívou v závorce) mezi jodem a indiem spatřoval příbuznost: „jod taje při 113° ($113,7^\circ C$) a atomová hmotnost india je 113 ($114,82^\circ C$); indium při vyšších teplotách vytváří modré páry stejně jako jod a taje při 176° ($156,6^\circ C$), přitom molekulová hmotnost kyseliny jodičné je 176 “. U organických sloučenin například propylacetát vře při $102^\circ C$ a má $M = 102$, methyl-butyrát vře při $102^\circ C$ a má rovněž $M = 102$ a podobně. Nacházel také – nevalnou – numerickou shodu mezi atomovou hmotností a specifickým teplem (měrnou tepelnou kapacitou) v $cal\ g^{-1} \cdot ^\circ C^{-1}$, a v jednom z jeho popisů výroby zlata dokonce mezi atomovou hmotností zlata a letopočtem: „Hôtel Orfila, 1896; $1896 = 196 = Au$.“

5. Strindbergovy chemické experimenty

5.1. Příklad síry (*L’Affaire Soufre*)

Síra byla prvním objektem Strindbergových chemických experimentů; popálil si při nich ruce a musel být hospitalizován. I v tomto případě sehrálo roli jméno Orfila. V jeho dosti obsoletní knize¹⁹ Strindberg objevil pasáž: „Důmyslné experimenty Davyho a Bertholletova syna se snaží dokázat, že (síra) obsahuje vodík, kyslík a zvláštní zásadu, která dosud nebyla oddělena; protože však tyto údaje ještě nejsou obecně všeobecně přijímány, budeme ji nadále považovat za prvek.“ Strindberg síru za prvek ale

nepovažoval a v *Infernu* (cit.⁶) popsal experimenty, kterými se snažil nalézt onu zvláštní zásadu, kterou nakonec identifikoval jako uhlík: po neúplném spálení síry zůstal zbytek, který dalším spálením uvolňoval oxid uhličitý. Tuto představu si nenechal vyvrátit ani Louisem Trostem, profesorem chemie na Pařížské univerzitě, podle nějž síra nebyla čistá nebo se do ní v průběhu experimentu dostaly uhlíkaté nečistoty. Dalšími experimenty dokazoval v síře přítomnost kyslíku: při vaření síry s lněným olejem došlo k zhoustnutí a zhnědnutí, což vysvětlil tím, že „síra, která odevzdala kyslík, se po ochlazení změní na kačuk, hnědý a pružný“ (faktis, *pozn. aut.*). Hřebíčkový olej při zahřívání se sírou „byl oxidován sírou a změnil se na terpentín nebo kafr, zatímco síra ztratila kyslík“. Konečně při tavení síry při teplotě kolem 120 °C se objevil pach terpentínu nebo kafru, který zesílil po přidání stopy jodu: „je to proto, že pryskyřice-síra ztratila část svého kyslíku a přeměnila se na kafr.“

Závěrem dospěl k unitárnímu vzorci síry CH_4O ($M = 32$), ale uvedl i další kombinace se stejnou molekulovou hmotností: $\text{CH}_2\text{H}_2\text{O}$, O_2 , $(\text{CH}_4)_2$, CH_3HO , $\text{N.H}_2\text{O}$, O.NH_2 . Nerozpakoval se dodat „síře“ kromě uhlíku, kyslíku a vodíku také dusík, ale tím zdaleka nebyly vyčerpány všechny možnosti. Experimentálně například transmutoval síru ($M = 32$) na fosfor ($M = 31$), samozřejmě také nikoliv prvek: „Spaloval jsem síru v kelímku. Ke konci operace jsem vnesl trochu jodu. Plamen získal charakter a vůni fosforu. ... Jod, který toužil po vodíku, zbabel síru CH_4O ($= 32$) atomu vodíku a zredukoval ji na CH_3O ($= 31$)“.

5.2. Syntéza jodu (*La synthèse de iode*)

Ke své „syntéze“ jodu Strindberg viditelně vyhledával inspiraci v postupech průmyslové výroby. Jeden ze soudobých postupů vycházel z mořských řas (*kelp, varek, varech*), které se usušily, spálily, z popela se vodou postupně vyloužil uhličitán sodný a další soli a ze zbytku zahříváním s kyselinou sírovou a oxidem manganičitým vysublinoval jod. Strindbergovy představy byly poněkud odlišné: „Jod se získává z popela mořských řas. Mořská voda neobsahuje žádné stopy jodu. Proto musí řasy vyrábět jod pomocí syntézy. Živé řasy však neprodukují jod ... tedy ještě neobsahují jod. Popel z mořských řas poskytuje jod až po použití reagentů. Zdá se tedy, že jod se tvoří pomocí surových řas a reagentů.“ Jeho další názory jsou natolik zajímavé, že je vhodné je opět přímo citovat: „Stará metoda spočívala v úpravě matečných řas kyselinou sírovou a oxidem manganičitým. Proč právě mangan? Protože existuje tajemná (okultní) shoda mezi řasami, jodem a manganem, která se projevuje v zabarvení. Existují hnědé, zelenomodré, červené a fialové řasy. Stejně barvy se vyskytují i ve vzhledu jodu: hnědý při běžné teplotě, modrý při zářevu, poté purpurový a fialový; mangan přichází jako hnědý oxid, jako kyselina modrozelená, manganistanové soli jsou purpurové a fialové. Kromě toho se při zahřívání manganistanu draselného uvolňuje jakýsi kouř, který je nakonec fialový, napodobující jodové páry tak dobře, že je nedokážu rozlišit.“ Tajemnou shodu mezi

řasami, jodem a manganem objasnil jako „výměnu mezi složkami manganu a slanými látkami mořské vody“.

Zde také vysvětlil, proč do unitárních vzorců halogenů (obr. 1) inkorporoval kyselinu mravenčí: „Všechny řasy obsahují škrob, který se působením kyseliny sírové přeměňuje na cukr. Avšak cukr oxidovaný oxidem manganičitým se mění vždy na kyselinu mravenčí, která po rozštěpení a přidání k uvolněnému chloru vytváří jod podle vzorce: $\text{jod} = 126 = (\text{CH}_2\text{O})_2(\text{OH})_2$ “.

Jakkoliv byl Strindbergův popis zpracování kelpu velmi svérázný, vycházel ze skutečnosti, ovšem další proces výroby jodu v Chile a Peru viditelně nepochopil. Jod se zde získává vyluhováním sedimentární horniny *caliche*; hlavním produktem je dusičnan sodný, vedle toho ale výluhy obsahují NaIO_3 , který se redukuje pomocí NaHSO_3 na NaI a dalším přidávkem NaIO_3 se jod-jodátovou reakcí získává pevný jod. Strindberg naproti tomu tvrdil: „Do matečného louhu se přivádí plynný oxid dusičitý. Plyn se vyrábí působením kyseliny dusičné na škrob.“ Další postup nevedl, ale fiktivní užití NO_2 jej vedlo ke genezi unitárních vzorců halogenů uvedených na obr. 1: „chlor = $(\text{OH})_2 = 34$, brom = $(\text{OH})_2\text{NO}_2 = 80$, jod = $(\text{OH})_2(\text{NO}_2)_2 = 126$ “. Přítomnost „chloru“ $(\text{OH})_2$ v jodu vysvětlil tím, že „dusičnan sodný je vždy doprovázen chloridem sodným, který zůstává v matečném louhu.“

Nakonec jod připravil velmi překvapivou transmutací organických sloučenin benzenu, hydroxyhydrochinonu (benzen-1,3,4-triolu) a škrobu. Přeměnu benzenu na jod provedl následovně: „Ve zkumavce se za studena smíchá benzen s kyselinou chromovou (CrO_3 , *pozn. aut.*), přidá se kapka kyseliny chlorovodíkové a kapka kyseliny dusičné. Poté se uvolní páry bromu, po několika minutách je přítomen jod.“ Experiment s hydroxyhydrochinonem provedl poněkud jinak: „Hydroxyhydrochinon jsem mírně zahřál. Po vychladnutí jsem přilil alkohol. Po zahřátí jsem výpary zachytil do skleněné nálevky. Nálevka byla postavena na škrobový papír, který se zbarvil modře. Celá místnost byla cítit jodem. Stonek nálevky jsem ucpal kouskem bílého chleba, který se zbarvil do žluta jako albuminové hmoty jodem.“ A konečně přeměna škrobu na jod byla umožněna tím, že „škrob se vzorcem $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$ se může dehydratovat ztrátou 2 H_2O a zredukovat na $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_3$ ekvivalentní 126 = jodu. Takže škrob = $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_3 - 2 \text{H}_2\text{O} = \text{jod}$ “ (má být $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5 - 2 \text{H}_2\text{O}$, *pozn. aut.*). Přeměnu škrobu na jod dokazoval dvěma experimenty: „Pokus 1. Chemie nás učí: pokud se vaří 10 gramů škrobu ve 20 cm^3 vody, do které bylo přidáno 15 až 20 centigramů bikarbonátu sodného, bude mít nejprve bílou barvu, pak namodralou. Bikarbonát zřejmě dehydratoval škrob, jehož část je složena z jodu. Pokus 2. Suchý škrob jsem rozetřel s kyselinou šťavelovou. Poté s hydroxidem draselným. Vše se zbarвило do modra.“

Přestože Strindberg ve skutečnosti žádný jod nikdy nevyrobil, po otištění jeho článku o jodu v deníku *Le Temps* jej navštívil „zástupce všech továren na výrobu jodu v Evropě“ a navrhol mu, aby „způsobil krach na burze, doprovázený milionovými zisky“, pokud si společně nechají udělit patent (cit.⁶). Strindberg po určitém váhá-

ní jeho nabídku odmítl, což bylo prozíravé: dá se tušit, jaký by byl další vývoj událostí.

5.3. A jak to bylo se zlatem (*Synthèse d'or*)?

Samozřejmě poněkud jinak, než si představoval Jára Cimrman: Strindberg vyfukoval kouř z doutníku a nikoliv z dýmky, nevyfukoval jej do umyvadla a jeho postup byl přeci jenom složitější: implementoval třeba představu partenogenese síranu železnatého nebo vzniku chloridu zlatitého z Mohrovy soli. Cimrman, ač geniální, nemohl vědět všechno.

Ve svém asi nejznámějším experimentu vycházel Strindberg ze síranu železnatého, což zdůvodňoval takto: „Síran železnatý sráží roztoky zlata. Podle monistické chemie srážet znamená vstupovat jako složka při obnově rozložené látky.“ Postup byl následovný (některé výroky jistě potěší mysl chemika): „Proužek papíru se namočí do roztoku síranu železnatého: výpary nad lahví s čpavkem. Papír se změní na modrozelený, jako je protoxid zlata. Papír se vysuší nad zapáleným doutníkem a papír se změní na hnědý, jako je deuteroxid zlata. Ale postupně vznikají žluté vločky kovového zlata, tvořené nefixovaným zlatem, zatímco síran železnatý dojde k samooplození vysrážením sebe sama. Žluté vločky se však amalgamují rtuť. Takže už to není přinejmenším železo, protože železo se rtuť neamalgamuje. Avšak papírové proužky zmodrají žlutým ferrokyanidem, což ukazuje na přítomnost železa, ale současně i zlata, protože žlutý ferrokyanid vytváří berlínskou modř s určitými solemi zlata.“

Strindberg se snažil probíhající pochody vysvětlit a jako nejpravděpodobnější mu připadlo, že „vzniká síran železato-amonný: $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} = 392$. Číslo 392 označuje molekulovou hmotnost chloridu zlatitého = 392, což vede k domněnce, že chlorid zlatitý je redukován nikotinem (z doutníků), který redukuje soli zlata.“

Strindberg ale tento první experiment nepovažoval za zcela úspěšný: „Samooplození železa přineslo špatné ovoce a je nutné zkřížit tento kov s jiným kovem, který má zvýrazněné vlastnosti zlata.“ Za takovýto kov považoval měď, která: „již z povahy věci se jeví jako ženský kov, jelikož chalkopyrity, sulfidy železa a mědi, se slučují a vytvářejí dokonalejší zlato než jednoduché sulfidy železa.“ Postup změnil následovně: „Proužek papíru se namočí do chloridu měďného Cu_2Cl_2 , poté se namočí do síranu železnatého a vystaví parám amoniaku a doutníkovému kouři. Toto zlato je pevnější a třpytivější.“ Postup vysvětlil originálně: „ $\text{Cu}_2\text{Cl}_2 = 196 = \text{Au} = 196$. Jak se vyrábí chlorid měďný? Srážením síranu měďnatého chloridem cínatým. Chlorid cínatý však sráží zlato z jeho roztoků. Takže síran měďnatý má zřejmě schopnost tvořit zlato.“

Správnost svého postupu podpořil srovnáním s průmyslovým procesem extrahování zlata ze zlatonosných pyritů: „Tato syntéza zlata je potvrzena a ověřena postupem používaným v dolech ve Falunu k extrakci zlata z chalkopyritů neboli směsných sulfidů železa a mědi. Chalkopyrit se praží s chloridem sodným a vzniká chlorid železnatý $\text{FeCl}_2 + 4\text{H}_2\text{O} = 196 = \text{Au}$ a $\text{Cu}_2\text{Cl}_2 = 196$. Rudy

jsou ošetřeny chloridem vápenatým a kyselinou sírovou (nebo chlorovodíkovou), aby byly chlorovány. Jako finální krok jsou sráženy síranem železnatým. To je vše a jde přesně o postup zmíněný výše.“

Ve skutečnosti, v nyní již uzavřeném dole ve švédském Falunu se pro zpracování zlatonosných pyritů odolávajících amalgamací užívala Plattnerova chlorační metoda. Rudy se pražily buď s NaCl nebo se na ně působilo chlorem, vyvíjeným z chlorového vápna a kyseliny chlorovodíkové. Vzniklý AuCl_3 se vyloužil vodou a po vypuzení chloru se zlato sráželo síranem železnatým nebo oxidem siřičitým. Průmyslové procesy Strindbergovi viditelně dělaly problémy: rozhodně nejde „přesně o postup zmíněný výše“ a navíc zaměnil chlorové vápno – *chlorure de chaux* (chaux = vápno) za chlorid vápenatý – *chlorure de calcium*.

Popsané způsoby „syntézy“ zlata pro Strindberga nepředstavovaly zásadní problém, tím byla skutečnost, že ho vznikalo málo. Proto vyvinul „zjednodušenou metodu pro dosažení velkého výtěžku“ s následujícím postupem, připomínajícím alchymické recepty: „Do kbelíku se vsype 1 díl síranu měďnatého, 3 díly síranu železnatého, 1 díl chloridu amonného a přidá se čpavek podle vlastního uvážení. Poté se nádoba doplní vodou a ponechá stát na slunci nebo u ohně. Na povrchu vody se po několika hodinách nebo ještě lépe po jednom dni objevují mastné skvrny. Mastné skvrny se přenesou na papír a nechají se lehce zaschnout. Přidáním čpavku pokračuje produkce po dobu několika týdnů.“

Strindberg ke zlatu zastával ambivalentní postoj: v dramatu *Do Damašku* (cit.⁴): „Myslíš, že jsem vyrobil zlato, abych se obohatil? Ne, abych zničil řád světa.“ a naproti tomu v *Infernu* (cit.⁶): „Dal jsem mocnostem slib, že pokud teď nebo někdy v budoucnu vyrobím zlato, zisku, pokud nějaký bude, využiji k humanitárním, vědeckým a náboženským účelům.“ Viditelně věřil, že se mu podařilo zlato skutečně vyrobit a jeho bludy ho vedly k obavám, že kdosi po tomto postupu slídí a bude mu odcizen, a dokonce se obával o život. Ve skutečnosti nic takového nehrozilo a Strindberg – ztracen pro chemii – byl zachován literatuře a dramatu.

6. Závěr

Své chemické eseje psal Strindberg v krizovém období *inferna* – a je to na nich patrné. Tak jako bořil ustálená klíše dramatické tvorby, tak se pokusil bořit i základní zákonitosti soudobé chemie: zatímco v prvním případě s mimořádným úspěchem, ve druhém případě to byla spíše katastrofa. V jeho pracích se mísí objektivní znalosti s naprosto irrelevantními názory, přímo s výmysly, překračujícími meze normality; základní myšlenka jednoty hmoty byla dovedena *ad absurdum*. Hodnotíme-li jeho přístup střízlivým pohledem, pak působí jako amatérská kombinatorika, nekorektně využívající znalosti dostupné v dotčené době a vytvářející bludy. Přítom vysvětlením a důkazům svých idejí věnoval jistě nemalé úsilí, jenom

kolik času musel strávit výpočty molekulových hmotností a vyhledáváním kombinací se shodnými číselnými hodnotami. Na celé věci jsou pozoruhodné nejenom tyto číselné hekatomby, ale především nezměrná naivita, se kterou celou tuto činnost podnikal s vírou ve správnost těchto postupů.

Za objektivní shrnutí Strindbergova bádání lze považovat slova historika chemie G. B. Kauffmana²⁰: „Většina jeho experimentů byla hrubá, nekvantitativní a postrádala objektivitu; jako netrpělivý a amatérský vědec pracoval impulzivně a obsedantně se selektivním přístupem, který využíval „důkazy“ zjevně podporující jeho představy o transmutaci a jednotě hmoty, a přitom nebral v úvahu nic z toho, co v experimentech nepodporovalo jeho hypotézu.“

LITERATURA

1. <https://diskografie.cz/jara-cimrman/text/vznik-inspektora-trachty>; staženo 6. 6. 2023.
2. Hartman M.: *Educ. Theatre J.* 18, 216 (1966).
3. Briens S., v knize: *Écrivains francophones en exil a Paris.* (Garnier X., Warren J.-Ph., ed.), Editions Karthala, Paris 2016.
4. Morgan M.: *August Strindberg.* McMillan Publishers, London 1985.
5. Hartsmar M.: <http://www.absinthe.se/absinthe-drinkers/august-strindberg>; staženo 6. 6. 2023.
6. Strindberg A.: *Inferno.* Volvox Globator, Praha 1998.
7. Robinson M.: *Studies in Strindberg.* Ubiquity Press Ltd., London 1998.
8. Robinson M. (ed.): *The Cambridge Companion to August Strindberg.* Cambridge University Press, Cambridge 2009.
9. Öhrström L.: *The last alchemist in Paris & other curious tales from chemistry.* University Press, Oxford 2013.
10. Carrington Bolton H.: *Science, New Series* 6, 853 (1897).
11. Strindberg A.: *Samlade Verk* 36. Naturvetenskapliga skrifter II. Broschyter och uppsatser 1895–1902. Nationalupplaga (Stam P., Tidström K., ed.), Norstedts, Stockholm 2003.
12. Strindberg A.: *Sylva sylvarum.* Nilsson, Paris 1896.
13. Bacon F.: *Sylva Sylvarum or a Natural History of Ten Centuries.* W. Rawley, London 1617.
14. Strindberg A.: *Bréviaire Alchimique. Lettres d'August Strindberg à Jollivet Castelot.* H. Durville, Paris 1898.
15. Robinson M. (ed.): *Selected essays by August Strindberg.* Cambridge University Press, Cambridge 1996.
16. Gerhardt Ch.: *Introduction à l'étude de la chimie par le système unitaire.* Chamerot, Paris 1848.
17. Audi R. (ed.): *The Cambridge Dictionary of Philosophy.* Cambridge University Press, Cambridge 1999.
18. Anonym (Prout W.): *Ann. Phil.* 6, 321 (1815); *ibid.* 7, 111 (1816).
19. Orfila M. P.: *Éléments de chimie médicale.* Tome 1. Crochard, Paris 1817.
20. Kauffman G. B.: *J. Chem. Educ.* 60, 584 (1983).

M. Novák (Department of Chemical Education and Humanities, University of Chemistry and Technology, Prague, Czech Republic): **Johan August Strindberg – Chemist**

An eminent Swedish author and playwright abandoned literary activities and began to pursue scientific interests, especially chemistry, during the period of his personal crisis, which he called *inferno*. He created a special approach, called by him unitary chemistry (*chimie unitaire*), according to which all substances are composed of hydrogen units. On the basis of the unitary chemistry, he described atoms and molecules as combinations of arbitrary other substances while maintaining the same atomic or molecular weights. His views on composition and preparation of sulfur and iodine, and especially his famous attempt to produce gold, are described as examples.

Keywords: Strindberg, unitary chemistry, unitary formulas, sulfur, iodine, gold



Užití tohoto díla se řídí mezinárodní licencí Creative Commons Attribution License 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode.cs>), která umožňuje neomezené využití, distribuci a kopírování díla pomocí jakéhokoliv média, za podmínky řádného uvedení názvu díla, autorů, zdroje a licence.

ZVIDITELŇOVÁNÍ DAKTYLOSKOPICKÝCH STOP NA NÁBOJNICÍCH POMOCÍ ELEKTROCHEMICKY PŘIPRAVENÝCH POLYMERNÍCH FILMŮ

SÁRA HERMOCHOVÁ^a, ŠÁRKA HAVLOVÁ^b, PETR HLAVÍN^c, PETR VRABLIČ^c, JIŘÍ STRAUS^a,
MICHAL NOVOTNÝ^b a GABRIELA BRONCOVÁ^a

^a Ústav analytické chemie, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Technická 5, 166 28 Praha 6, ^b Fyzikální ústav AV ČR, v.v.i., Na Slovance 1999/2, 182 00 Praha 8, ^c Kriminologický ústav Praha, Police ČR, Bartolomějská 310/12, 110 00 Praha, Česká republika
Gabriela.Broncova@vscht.cz

Došlo 4.9.23, přijato 3.10.23.

Tento návrh jednoduché metody vizualizace daktyloskopických stop na základě elektrochemické depozice polyfenazinových barviv (polyneutrální červeně a polytoluidinové modři) z neutrálního prostředí, kdy je minimalizováno poškození genetické informace, by mohl usnadnit snímání otisků prstů z nábojnic ve forenzní praxi. Parametry elektrochemických metod cyklické voltametrie a chronoamperometrie (základní elektrolyt, aplikovaný potenciál, doba depozice nebo potenciálový rozsah a počet cyklů) byly postupně optimalizovány, dokud nebyl otisk dostatečně viditelný. Morfologie a struktura modifikovaných povrchů daktyloskopických stop a polyfenazinových filmů byly studovány pomocí skenovací elektronové mikroskopie. Je předpokládán další rozvoj metody a především aplikace metody na vystřelené nábojnice.

Klíčová slova: mosazná nábojnice, elektrochemická depozice, latentní otisk prstu, polyfenazinový film

Úvod

Daktyloskopická stopa je vytvořena obrazcem papírných linií člověka, které jsou na vnitřních plochách prstů dlaní a chodidel. Z praktických důvodů je v tomto příspěvku uvažováno pouze o papírných obrazcích vytvořených vnitřním povrchem prstů a dlaní rukou člověka. Kresba papírných linií je u každého člověka jedinečná, čehož se využívá pro individuální identifikaci osob. Daktyloskopické stopy jsou nejčastěji vytvořeny dotykem prstů nebo dlaní na povrchu objektů. Daktyloskopické stopy lze nalézt ve viditelné, plastické nebo latentní podobě. Na místech trestných činů se nejčastěji vyskytují latentní daktyloskopické stopy, které jsou pouhým okem obtížně viditelné až neviditelné^{1,2}. Pro jejich vizualizaci je nutné zvolit vhodnou daktyloskopickou metodu. Na tvorbě latentních daktyloskopických stop se podílejí ekrinní potní žlázy a mazové potní žlázy. Mazové žlázy produkují převážně tukovitou látku, která na kůži člověka vytváří ochranný film. Potní žlázy vylučují pot, který ochlazuje povrch kůže a reguluje tak tělesnou teplotu. Mazový otisk prstu je z velké části tvořen volnými mastnými kyselinami a jejich estery. Podstatnou část mazového i ekrinního otisku prstu tvoří voda, která se při stárnutí otisků snadno odpařuje¹⁻⁴. V praxi se setkáváme především s otisky prstů složenými z obou těchto složek.

Volba nevhodnější metody zviditelnění otisku závisí především na chemickém složení konkrétního otisku prstu,

které je často ovlivněno mnoha faktory, např. stárnutím otisku či jeho znehodnocením. Dalšími důležitými faktory jsou povrch substrátu, na kterém se daktyloskopická stopa nachází a vlivy okolního prostředí^{2,5,6}.

Klasické vizualizační metody používané v daktyloskopii nemají velký úspěch v oblasti zviditelnění daktyloskopických stop na střelných palných zbraních a střelivu. Nejčastěji se v praxi k jejich vizualizaci používá proces kyanoakrylátového dýmání^{5,6}. Tento způsob je však pro zdraví uživatelů nepříznivý, proto se hledají další vhodné způsoby vizualizace daktyloskopických stop na těchto materiálech. V poslední době se nabízí použití vodivých polymerů, protože při depozici polymerního filmu lze regulovat jeho tvorbu a výslednou tloušťku za účelem dosažení optimálních výsledků a metoda je rovněž šetrná ke zdraví uživatele i k životnímu prostředí. Pomocí vodivých polymerů je možné efektivně zviditelnit i nekvalitní otisky a jejich zbytky na nábojnicích⁷. Poznatky o vizualizaci latentních otisků prstů na nábojnicích byly uveřejněny v přehledovém článku v tomto časopise⁸.

Vodivé polymery lze na kovový materiál nanášet buď potenciostaticky^{7,9} nebo pomocí cyklické voltametrie¹⁰. V našich experimentech byly použity polytoluidinová modř, zkráceně PTB a polyneutrální červeně, zkráceně PNR (cit.¹⁰). Jedná se o polyfenazinová barviva, která lze elektrochemicky nanášet na různé kovové substráty¹¹. Navíc PNR má katalytické účinky a její elektrochemické a optické vlastnosti mohou být následně měněny úpravou

hodnoty pH (cit.¹¹). Během aplikace se PTB a PNR ukládají na kovový substrát mezi papilární linie otisku prstu; tímto postupem vzniká tzv. negativní obraz^{2,6,9}.

Cílem práce bylo vizualizovat latentní otisk prstu na mosazných plíšcích a nevystřelených nábojnicích pomocí tenkých polyfenazinových filmů, a tento postup optimalizovat a charakterizovat pro budoucí aplikaci na vystřelené nábojnice ve forenzní praxi.

Experimentální část

Chemikálie

Všechny komerční chemikálie byly použity bez dalšího čištění. Toluidinová modř (TB), neutrální červeň (NR), H₂SO₄, KH₂PO₄, Na₂HPO₄·12H₂O, KNO₃, aceton a ethanol byly získány od společnosti Lachema, resp. Lach-ner a Penta (ČR). Roztoky monomerů byly připraveny a) v 0,1 M KNO₃ pro 5 mM TB a b) ve fosfátovém pufru o pH 7 s 0,1 M KNO₃ pro 2 mM NR. Pro přípravu všech roztoků byla použita redestilovaná voda (VŠCHT, Praha).

Příprava povrchů před a po nanesení otisků prstu

Mosazné nábojnice ráže 9 mm Luger (standardní délka nábojnice bez střely a její průměr: 19,15 a 9,01 mm) a .45 AUTO (délka nábojnice bez střely a její průměr: 23,72 mm a 11,43 mm, obě od firmy Sellier & Bellot, a mosazné plíšky o rozměrech 15 × 25 × 0,5 mm (šířka × délka × tloušťka) byly nejprve chemicky vyčištěny namáčením v řadě roztoků: redestilovaná voda, aceton, teplá mýdlová voda a ethanol podle postupu Beresforda¹². Následně byl na suchý podklad nanesen mastný otisk prstu tak, že se a) ruce umyly teplou mýdlovou vodou, b) nechaly se volně oschnout, c) pravý palec se třel o hřbet nosu a čelo kvůli tvorbě a přenosu mastného filmu a d) mírným tlakem po dobu 1–2 s byl aplikován otisk prstu.

Aparatura

Elektrochemická depozice

Elektrochemická depozice byla provedena pomocí potenciostatu/galvanostatu PGSTAT-12 Autolab (Eco-Chemie, Nizozemsko). Elektroodový článek byl složen

z nasycené Ag/AgCl referenční elektrody (3 M KCl), Pt velkoplošné elektrody jako pomocné elektrody a mosazných nábojnic a plíšků jako pracovních elektrod, které byly přichyceny krokosvorkami.

Depozice polyfenazinových barviv byla provedena za podmínek uvedených v tab. I, které byly postupně optimalizovány pro mosazné nábojnice s čerstvě naneseným otiskem prstu. Po ukončení polymerizace byly substráty opláchnuty nejprve v základním elektrolytu bez monomeru a následně v redestilované vodě a ponechány při laboratorních podmínkách uschnout na vzduchu.

Optická charakterizace

Substráty/objekty byly následně fotograficky zdokumentovány mobilním telefonem Samsung S21 5G, stereoskopickým mikroskopem Nikon SMZ1500 s digitální zrcadlovkou Canon 1100D (Japonsko) a skenovacím elektronovým mikroskopem (SEM) Mira 3 LMH (Tescan, ČR).

Výsledky a diskuse

Podmínky elektrochemické depozice polyfenazinových filmů

Elektrochemickými metodami vhodnými pro depozici polyfenazinových barviv na kovové substráty jsou chronoamperometrie a cyklická voltametrie, které umožňují sledovat a řídit tvorbu vznikající polymerní vrstvy. Obr. 1 zachycuje procesy depozice PTB (a) a PNR (b) na mosazné nábojnice.

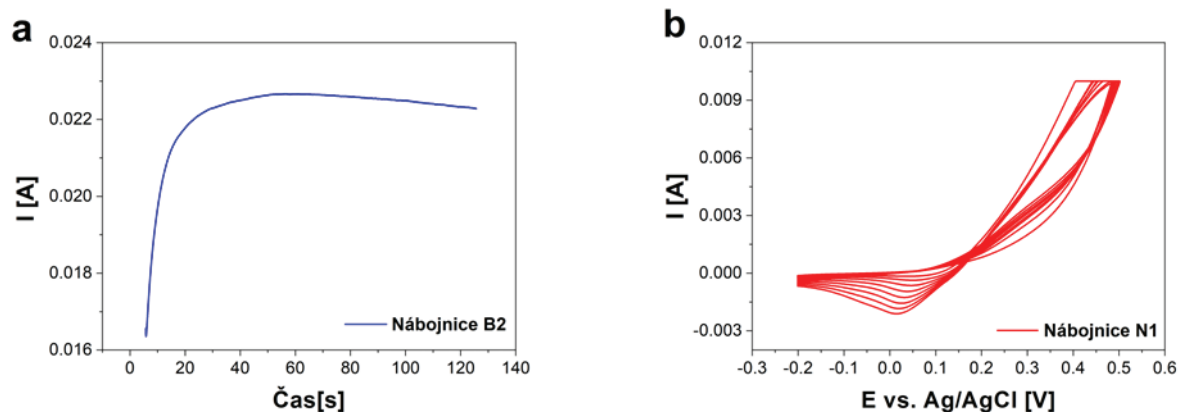
Při depozici PTB chronoamperometricky proud nejprve prudce vzrostl z 16 mA na cca 23 mA a poté se na této hodnotě měnil už jen nepatrně. Průběh těchto křivek je velmi podobný křivkám elektrolytického nanášení PEDOT na nábojnice prezentovaným v publikaci Costa a spol.⁷. Během elektrolytického procesu se mosaz částečně rozpustí a současně se na povrch mosazi nanese polymerní film. Rozpouštění mosazného povrchu však neprobíhá po celou dobu depozice, ale pouze na jejím začátku, což může způsobit silnější ukotvení/adhezi polymerního filmu na povrchu substrátu.

Během depozice PNR cyklickou voltametrií byl v prvním cyklu pozorován katodický pík kolem potenciálu 0,07 V (vs. Ag/AgCl). Tento pík se posunul na potenciál

Tabulka I

Podmínky depozice polyfenazinových filmů na mosazné nábojnice s nanesenými otisky prstů

Označení vzorku	Typ nábojnice	Polyfenazinový film	Technika depozice filmu	Parametry metody
B2	9 mm	PTB	chronoamperometrie	vložený potenciál 500 mV časový interval 10 ms doba depozice 120 s
N1	.45Auto	PNR	cyklická voltametrie	potenciálové rozmezí –200–500 mV rychlost polarizace 50 mV s ⁻¹ počet cyklů 8



Obr. 1. Záznam depozice polyfenazinových barviv na nábojnice s otiskem prstu. (a) Chronoamperogram PTB připravené z 0,1 M KNO_3 při potenciálu 0,50 V (vs. Ag/AgCl) po dobu 120 s, (b) cyklický voltamogram PNR připravené z fosfátového pufru s 0,1 M KNO_3 v rozsahu potenciálu $-0,20$ – $0,50$ V (vs. Ag/AgCl) při rychlosti polarizace 50 mV s^{-1} během 8 cyklů

0 V se zvyšujícím se počtem cyklů. Hodnota proudu se zjevně během polymerizace měnila, což indikovalo tvorbu polymerního filmu PNR na mosazném substrátu. Podobné průběhy byly pozorovány i při depozici PNR na různé mosazné substráty (plíšky, nábojnice s otiskem i bez otisku prstu). Z cyklického voltamogramu bylo také možné posoudit, že otisk prstu nanesený na daném substrátu depozici filmu nebránil. Naopak se dá konstatovat, že vrstva polymeru PNR vznikala rychleji než na substrátu bez otisku prstu vlivem většího nárůstu proudu katodického píku v cyklickém voltamogramu.

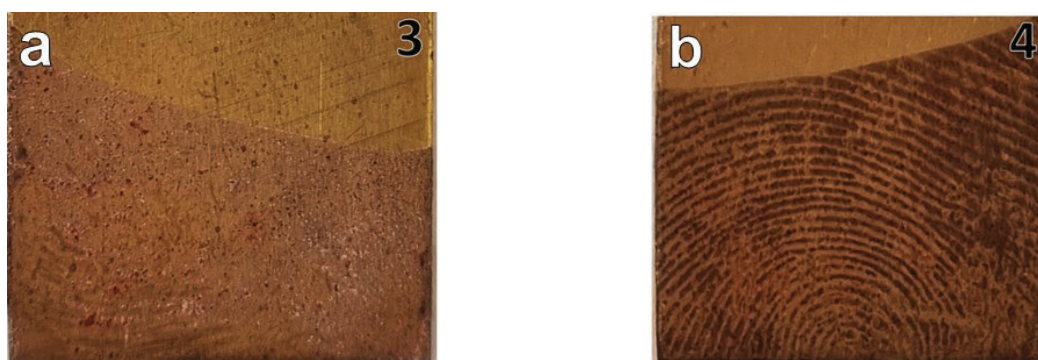
Optimální tloušťka polyfenazinových filmů pro vizualizaci detailů druhé úrovně (markantů)

Tloušťka nanesené polymerní vrstvy nesměla být větší než tloušťka maziva otisku prstu, aby se zabránilo převrstvení otisku prstu, jak pozorovali Costa a spol.⁷ při potenciostatické depozici PEDOT. Regulace tloušťky výsledného filmu může být dosažena buď aplikací konstant-

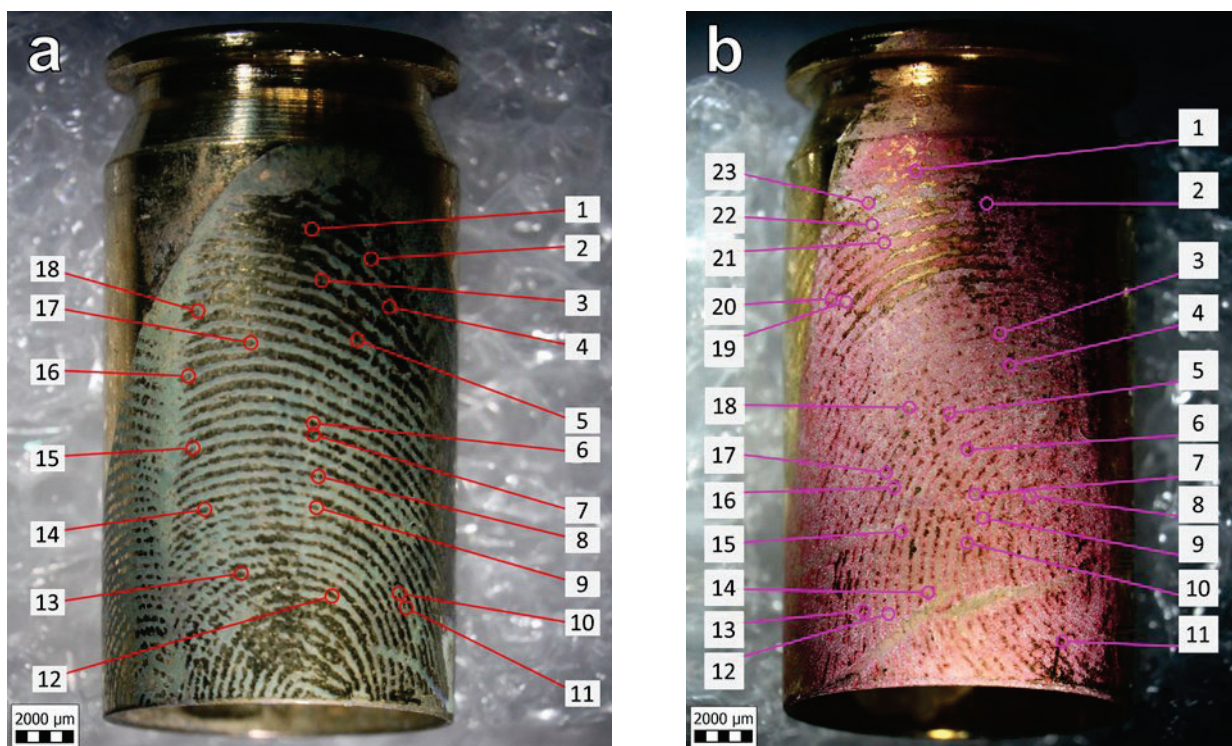
ního potenciálu anebo změnou potenciálu v určitém intervalu, a změnou doby depozice filmu.

Při optimalizaci metody bylo nutné upravit podmínky polymerizace, aby se rozpouštění mosazi snížilo na minimum, a to nastavením nižších hodnot potenciálu pro chronoamperometrii nebo volbou užšího potenciálového rozsahu pro cyklickou voltametrii. Výsledný polymerní film byl mnohem homogennější a jeho barva byla jasnější a sytější, jak je dokumentováno na obr. 2.

Na nábojnicích s vizualizovanými otisky prstů jsou nalezeny detaily druhé úrovně (markanty) a jsou označeny čísla (obr. 3) pro PTB 1–18 (a) a pro PNR 1–23 (b). Některé z nich lze pozorovat pouhým okem, např. rozdvojení, očka a zakončení. Podle počtu těchto nalezených charakteristických znaků odpovídajících detailům druhé úrovně lze identifikovat člověka/pachatele. Pro jednoznačnou tuzemskou identifikaci musí být nalezeno nejméně 10 shodných a shodně rozmístěných markantů. Vedle markantů lze otisky prstů zkoumat i na první a třetí úrovni detailu, které lze použít pouze k vyloučení osoby⁹.



Obr. 2. Mosazné substráty po nanesení PNR: a) suchý mosazný plíšek 3 bez otisku prstu s naneseným filmem PNR; b) vizualizovaný otisk prstu na mosazném plíšku 4 po nanesení PNR (plíšek s filmem byl mokrá, snímky pořízeny mobilním telefonem)



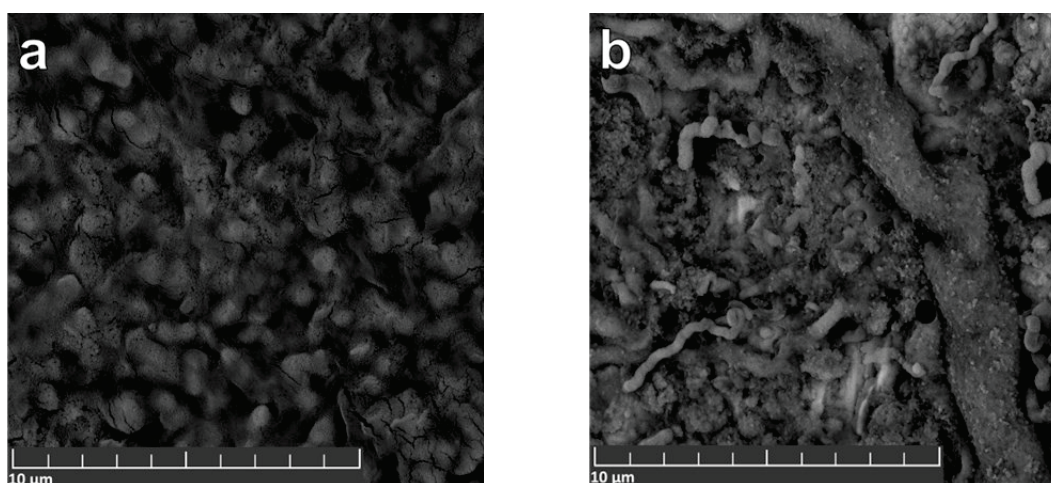
Obr. 3. Nevystřelené mosazné nábojnice po nanesení (a) PTB a (b) PNR s vizualizovaným mazovým otiskem prstu s přiřazenými detaily druhé úrovně – markanty (snímek pořízený stereomikroskopem)

Morfologie polyfenazinových filmů

Pomocí SEM byla zobrazena morfologie polymerní vrstvy, otisk prstu a jejich rozhraní. Z obr. 4 je patrné, že PTB tvoří spíše kratší oválné granulé, zatímco PNR tvoří vlákna o průměru kolem jednotek mikrometrů.

Oba polymerní filmy pokrývají mosazný povrch bez jakýchkoliv defektů.

Modifikované mosazné substráty byly charakterizovány FTIR spektroskopií. Pomocí FTIR mikroskopu byly získány spektra jak otisků prstu, tak i deponovaných částí polyfenazinových filmů mezi papilárními liniemi otisků. Výsledky budou zpracovány v další studii.



Obr. 4. Snímky morfologie polyfenazinových filmů ze skenovacího elektronového mikroskopu pořízené v módu zpětně odražených elektronů (a) PTB a (b) PNR

Závěr

Polymerní filmy byly na mosazných nábojnicích a plíšcích s otisky prstů připraveny dvěma různými elektrochemickými metodami (chronoamperometrie a cyklická voltametrie) s relativně krátkou dobou depozice z 5 mM roztoku toluidinové modři, resp. z 2 mM roztoku neutrální červeně. Podmínky pro depozici vodivých polymerů PTB a PNR z neutrálního prostředí (0,1 M KNO₃ nebo fosfátový pufr s 0,1 M KNO₃, v tomto pořadí) byly optimalizovány tak, aby byla zachována genetická informace a zároveň byla zajištěna vysoce kvalitní vizualizace otisků prstů (s pozorovanými detaily papilárních linií) zanechaných na mosazných substrátech. Povrchová morfologie a kvalita polymerních filmů po elektrochemické depozici obou polyfenazinových barviv byla opticky charakterizována. Navržená metodika vizualizace latentních otisků prstů bude dále rozvíjena a aplikována i na vystřelené nábojnice, které jsou klíčovým předmětem pro kriminalistickou praxi.

Tato práce vznikla za finanční podpory Ministerstva vnitra ČR z Programu Otevřeně výzvy v bezpečnostním výzkumu 2023–2029 (OPSEC); projekt Pokročilé metody vizualizace daktyloskopických stop, VK01010022.

LITERATURA

1. Daluz H. M.: *Fundamentals of Fingerprint Analysis*. CRC Press, London 2015.
2. Slaninová T., Broncová G., Straus J., Shishkanova T. V.: *Chem. Listy* 113, 530 (2019).
3. Girod A., Ramotowski R., Weyermann C.: *Forensic Sci. Int.* 223, 10 (2012).
4. Bleay S. M., Croxton R. S., De Puit M.: *Fingerprint Development Techniques: Theory and Application*. John Wiley & Sons, Newark 2018.
5. Girelli C. M. A., Lobo B. J. M., Cunha A. G., Freitas J. C. C., Emmerich F. G.: *Forensic Sci. Int.* 250, 17 (2015).
6. Christofidis G., Morrissey J., Birkett J. W.: *J. Forensic Sci.* 63, 1616 (2018).
7. Costa C. V., Assis A. M. L., Freitas J. D., Tonholo J., Ribeiro A. S.: *Nano Select* 1, 405 (2020).
8. Broncová G., Slaninová T.: *Chem. Listy* 116, 599 (2022).
9. Brown R. M., Hillman A. R.: *Phys. Chem. Chem. Phys.* 14, 8653 (2012).
10. Broncová G., Slaninová T., Dendisova M.: *Chem. Pap.* 75, 6673 (2021).
11. Pauliukaite R., Ghica M. E., Barsan M. M., Brett C. M. A.: *Anal. Lett.* 43, 1588 (2010).
12. Beresford A. L., Brown R. M., Hillman A. R., Bond J. W.: *J. Forensic Sci.* 57, 93 (2012).

S. Hermochová^a, Š. Havlová^b, P. Hlavín^c, P. Vrablic^c, J. Straus^a, M. Novotný^b, and G. Broncová^a
^a Department of Analytical Chemistry, University of Chemistry and Technology, Prague, Czech Republic, ^b Institute of Physics of the Czech Academy of Sciences, Prague, Czech Republic, ^c Criminalistics Institute Prague, Police of the Czech Republic): **Visualization of Dactyloscopic Traces on Cartridge Cases Using Electrochemically Prepared Polymer Films**

A simple fingerprint visualization method based on the electrochemical deposition of polytoluidine blue (PTB) and polyneutral red (PNR) from a neutral environment with the possibility of minimal damage to the genetic information could facilitate fingerprinting from cartridge cases in forensic practice. The parameters of both visualization methods (supporting electrolyte, applied potential, deposition time or potential range, and number of cycles) were optimized until the imprint was sufficiently visible. The morphology and structure of modified fingerprint surfaces and polyphenazine films were studied using scanning electron microscopy. It is assumed that the method will be applied in the future to fired cartridges, which are crucial in forensics.

Keywords: brass cartridge, latent fingerprint, electrochemical deposition, polymer film

Acknowledgements

This project Advanced techniques of visualization of dactyloscopic traces, VK01010022 was supported by the Ministry of the Interior of the Czech Republic from the Program Open Calls for Security Research 2023–2029 (OPSEC).



Užití tohoto díla se řídí mezinárodní licencí Creative Commons Attribution License 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode.cs>), která umožňuje neomezené využití, distribuci a kopírování díla pomocí jakéhokoliv média, za podmínky řádného uvedení názvu díla, autorů, zdroje a licence.

POUŽITÍ SPEKTRÁLNÍCH A SEPARAČNÍCH METOD K HODNOCENÍ JAKOSTI HOŘČICE BÍLÉ (*Sinapis alba* L.)

LENKA ENDLOVÁ^{a,b}, VIKTOR VRBOVSKÝ^{a,b} a ANDREA RYCHLÁ^{a,b}

^a OSEVA vývoj a výzkum s.r.o., Hamerská 698, 756 54 Rožnov-Zubří, ^b OSEVA PRO s.r.o., Purkyňova 10, 747 43 Opava, Česká republika
endlova@oseva.cz

Došlo 19.10.23, přijato 9.11.23.

Bylo provedeno hodnocení jakostních parametrů (obsah glukosinolátů, oleje a skladba mastných kyselin) vzorků semen a listů hořčice bílé. V případě semen hořčic byl celkový obsah glukosinolátů vyšší než v listech hořčic a hlavním glukosinolátem byl zjištěn sinalbin. Z analýzy zastoupení mastných kyselin v oleji vyplývá, že u starších materiálů dominovala eruková kyselina. Nové odrůdy hořčice bílé obsahují méně erukové kyseliny a bylo by možné je využít i ke konzumním účelům. Byla ověřena použitelnost metody spektroskopie v blízké infračervené oblasti s Fourierovou transformací k rutinnímu hodnocení vzorků semen hořčic a pro potřeby předběžného screeningu ve šlechtitelských programech hořčice bílé.

Klíčová slova: olejnin, hořčice bílá, mastné kyseliny, glukosinoláty, sinalbin

Úvod

Hořčice patří k rostlinám využívaným člověkem od nepaměti. První zmínky o pěstování hořčic a uplatnění této plodiny jako pochutiny a koření jsou známy již z období před 3000 lety. Hořčice bílá (*Sinapis alba* L.) patří spolu s řepkou a mákem k nosným olejninám naší produkce a její pěstební plocha se v posledních pěti letech pohybovala okolo 15 tisíc ha s průměrným výnosem semen 1 až 2 t ha⁻¹. Pěstování i šlechtění hořčic se u nás dělí na dva základní směry, a to na odrůdy semenné a pícní. Odrůdy pícní se používají jako meziplodiny k produkci biomasy pro účely zeleného hnojení, pro fyto-sanitární účinek a ochranu před erozí. Druhou oblastí zájmu je pěstování semenných odrůd hořčic, kde se klade důraz na vysoký výnos semen, dobrý zdravotní stav, vyrovnané dozrávání a jakost semen. Semena těchto odrůd hořčic se používají jako koření pro konzervaci zeleniny a průmyslově zpracovaná (rozdrcená a rozemletá) se využívají pro výrobu pochutiny – hořčice (plnotučné, kremžské a speciální), kdy palčivá chuť je způsobena obsahem glukosinolátů¹⁻⁴. Semena hořčice bílé obsahují 27 až 35 % bílkovin, 12 až 18 % sacharidů a v průměru 26 % oleje (při 8% vlhkosti semen). Hlavní mastné kyseliny (MK) hořčičného oleje jsou olejová, linolová, linolenová, eikosenová a eruková kyselina. Hořčičný olej se u nás jako jedlý olej dosud používal jen minimálně, ve srovnání s asijskými zeměmi, v důsledku vyššího obsahu nutričně nežádoucí erukové kyseliny (C₂₂H₄₂O₂). Ta ve vyšších koncentracích vykazuje negativní účinky na lidský organismus (myokarditida, akumulace lipidů v srdci, zvýšení cholesterolu).

V poslední době se vlivem šlechtění obsah této kyseliny v hořčičných semenech podařilo u některých odrůd výrazně snížit. V semenech hořčice jsou dále přítomny sekundární metabolity glukosinoláty (GSL), které se vyskytují ve všech částech rostlin hořčic po celou dobu vegetace a jejich obsah kolísá během vývoje rostliny a v závislosti na průběhu počasí. Chemická struktura GSL je odvozena od thioglukosy a aminokyseliny, kdy postranní řetězec molekuly je podle výchozí aminokyseliny alifatický nebo aromatický a ovlivňuje jejich biologickou aktivitu. Degradční produkty GSL (nitrily, thiokyanáty, isothiokyanáty) dodávají rostlinným pletivům typické aroma a štiplavou až velice pikantní chuť. Zároveň vykazují antinutriční účinky, což omezuje použití semen pro krmivářské účely, protože snižují stravitelnost a chutnost krmiv. Naproti tomu se pro svou biocidní aktivitu dají GSL a produkty jejich hydrolyzy využít jako alternativa k syntetickým přípravkům pro kontrolu škůdců a chorob. V řadě studií jsou popsány antikarcinogenní účinky rozkladných produktů GSL, zejména isothiokyanátů. V hořčici bílé je hlavním GSL sinalbin (4-hydroxybenzylglukosinolát), jehož koncentrace v průběhu růstu rostliny výrazně stoupá především v generativních orgánech³⁻⁷.

Cílem této práce bylo provést hodnocení jakostních parametrů vzorků semen a zelené hmoty (listů) hořčice bílé, které pocházely z kolekce olejnin Národního programu konzervace a využívání genetických zdrojů rostlin a agrobiodiverzity (NP) a ze šlechtitelského programu hořčice bílé firmy OSEVA PRO s.r.o., Výzkumný ústav olejnin Opava (VÚO). NP je zaměřen na uchování nejvyšších genotypů vybraných zemědělských druhů

a kromě realizace základního polního hodnocení jsou položky popisovány i z pohledu jakostních parametrů produkce. Šlechtění odrůd hořčic určených k produkci semen má v České republice dlouhou historii a je na vysoké úrovni. Ve VÚO byly vyšlechtěny odrůdy hořčice bílé Olga, Otava a hořčice sarepské Oportuna a Opaleska, přičemž šlechtitelská činnost u obou druhů nadále intenzivně pokračuje i za využití moderních biotechnologických postupů. Jakostní parametry hořčičných semen jsou uvedeny v normě ČSN 46 2300-4, která stanoví podmínky pro dávky semen hořčice bílé, určených pro výrobu olejů a hořčic. Při výrobě stolní hořčice je významným parametrem výběr suroviny – kvalitních hořčičných semen. Norma vyžaduje surovinu o maximální přípustné vlhkosti 10 % s max. 8 % příměsí, 1 % nečistot a obsahem oleje 25 % při 10% vlhkosti semen. Hodnocení jakostních parametrů je důležitou součástí šlechtění nových odrůd hořčice bílé, přičemž je kladen důraz na snižování antinutričních látek (eruková kyselina, GSL) za současné snahy o zvyšování olejnatosti semen. Sledování profilu jakosti semen zahrnuje při šlechtění a hodnocení kolekce hořčice bílé v NP velmi rozsáhlé hodnocení (např. stanovení obsahu oleje, glukosinolátů a skladby mastných kyselin v oleji), pro něž se ve VÚO používá metoda spektroskopie v blízké infračervené oblasti s Fourierovou transformací (FT-NIR), vysokoúčinná kapalinová chromatografie (HPLC), plynová chromatografie (GC), Soxhletova extrakce oleje a gravimetrie^{3–8}.

Experimentální část

Vzorky

K experimentálním účelům byly použity vzorky listů hořčice bílé (byly odebírány nepoškozené listy ve fázi BBCH 19, což představuje vývojovou fázi šesti a více vyvinutých pravých listů) pro analýzu HPLC a semenné vzorky, které byly po sklizni vyčištěny a analyzovány metodami FT-NIR, HPLC, GC, Soxhletovy extrakce a gravimetrie. Rostlinný materiál pocházel z polních maloparcelních odrůdových pokusů ze šlechtitelského programu VÚO a pokusů s genovými zdroji kolekce olejnin NP.

Vysokoúčinná kapalinová chromatografie

Stanovení obsahu GSL vycházelo z normy ČSN EN ISO 9167-1, která definuje stanovení GSL ve formě desulfoglukosinolátů⁹. Vzorky listů hořčic byly před samotnou analýzou nůžkami nastříhány na tenké proužky bez žilnatiny, vzorky semen byly pomlety a oba typy vzorků byly ihned naváženy z důvodu degradace GSL. Do zkumavek bylo naváženo 200 mg pomletých semen nebo 1 g listů hořčic a GSL byly opakovaně extrahovány ze vzorku 70% methanolem na termostatické vodní lázni při 80 °C. Poté následovalo čištění a enzymatická desulfatace extraktu na iontoměničích pomocí SPE kolonek. Pro extrakci tuhou fází (Solid phase extraction – SPE) byly použity kolonky Strata SAX 3 ml/500 mg (Macherey-Nagel, Německo)

a k enzymatické desulfataci 0,2% roztok sulfatasy typ H-1 (Sigma-Aldrich, Německo). Kolonky byly kondicionovány dvakrát 2 ml methanolu a dvakrát 2 ml demineralizované vody. Po kvantitativním nanesení celkového objemu vzorku na kolonku bylo aplikováno 75 μ l 0,2% roztoku sulfatasy, která působila 6 hodin. Desulfoglukosinoláty byly eluovány dvakrát 2 ml demineralizované vody. Pro stanovení obsahu desulfoglukosinolátů byl použit kapalinový chromatograf Dionex UltiMate3000 s detektorem diodového pole (Thermo Fisher Scientific Inc., USA) a kolona s reverzní fází Synchronis C18 (100 mm, 2,1 mm, 3 μ m) za použití gradientové eluce a detekce v UV oblasti (229 nm). Mobilní fáze (MF) A byla ultračistá voda pro analytické účely a MF B 20% acetonitril. Od 0. do 11. minuty se podíl MF B lineárně zvyšoval z 5 % na 100 %, od 11. do 13. minuty se podíl MF B snížil na 5 % a ten byl nastaven až do konce měření, resp. do 16. minuty. Na kolonu bylo dávkováno 5 μ l vzorku, průtok mobilní fáze byl 0,55 ml min⁻¹ a teplota na koloně byla 30 °C. Ke stanovení GSL byla použita metoda vnitřního standardu, kterým byl sinigrin (40 mmol l⁻¹, Sigma-Aldrich, Německo). Sinigrin (200 μ l) byl napipetován před doplněním roztoku vzorku po rysku do každého vzorku. Souběžně byl stanoven obsah vody ve vzorcích gravimetrickou metodou podle normy ČSN EN ISO 665. Po navážení 5 g vzorků semen a listů hořčic byly vzorky sušeny ve vysoušečkách do konstantní hmotnosti 4 hodiny při 103 °C (cit.¹⁰).

Plynová chromatografie

Sledování zastoupení jednotlivých MK v oleji ve vzorcích semen a segmentů semen hořčice bílé vycházelo z normy ČSN EN ISO12966-2, která definuje stanovení MK ve formě methylesterů¹¹. V případě vzorků celých semen byla před vlastním stanovením MK provedena extrakce oleje, následovalo zmýdelnění 0,5 g oleje hydroxidem sodným (0,5 M NaOH v methanolu) za vzniku alkalické soli a esterifikace pomocí suchého chlorovodíku v methanolu (3,125 M HCl v methanolu) zahříváním při 80 °C. Vzniklé lipofilní methylestery se extrahovaly do petroletheru. Příprava methylesterů MK ze segmentů semen hořčic byla realizována v mikrozkuvkách vložených do vialek za použití 50 μ l směsi isooktanu a isopropanolu, 50 μ l hydroxidu sodného (0,5 M NaOH v methanolu) a následnou extrakcí methylesterů do isooktanu. Pro identifikaci a stanovení obsahu methylesterů MK byl použit plynový chromatograf Master GC (DANI Instruments S.p.A., Itálie) s plamenově ionizačním detektorem. Separace probíhala na kapilární koloně FAME Wax 30 m, 0,32 mm, 0,25 μ m. Na kolonu byl dávkován 1 μ l roztoku methylesteru. Teplota injektoru byla 240 °C, teplota detektoru a pece byla 195 °C. Teplotní program GC separace: 195 °C, poté nárůst teploty o 5 °C min⁻¹ na teplotu 240 °C a dále nárůst o 10 °C min⁻¹ na konečných 250 °C. Celková doba analýzy byla 15 min. Jako mobilní fáze byl použit vodík s průtokem 1,8 ml min⁻¹. Kvalitativní analýza byla provedena porovnáním retenčních charakteristik

chromatogramů vzorku se standardní směsí FAME 13 Mix, C16–C24 (Restek GmbH, Německo) a kvantitativní analýza byla provedena metodou vnitřní normalizace poskytující procentuální zastoupení jednotlivých MK.

Soxhletova extrakce oleje

Stanovení obsahu oleje bylo provedeno extrakční metodou podle normy ČSN EN ISO 659 pomocí přístroje SOX THERM (Gerhardt, Německo), který patří mezi automatické extrakční systémy pracující na klasickém principu extrakce podle Soxhleta¹². Pomleté vzorky semen hořčic (3 g) se extrahovaly za předepsaných podmínek petroletherem v extrakčních patronách a obsah oleje se stanovil vázkově po oddestilování extrakčního činidla a vysušení získaného extraktu. Obsah oleje je definován jako všechny látky vyextrahované za podmínek popsanych v normě a vyjádřený v hmotnostních procentech z produktu, tak jak byl obdržen, nebo z vyčištěných semen.

FT-NIR spektroskopie

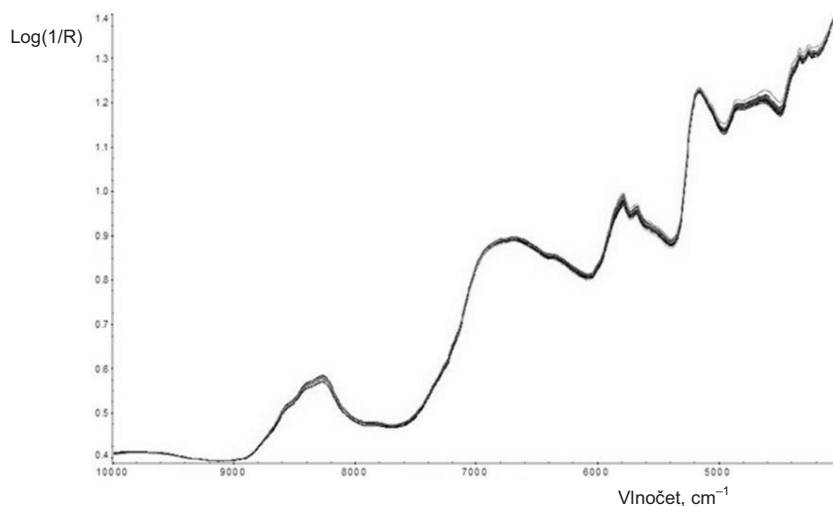
Měření vzorků semen hořčice bílé probíhalo na spektrometru FT-NIR Antaris II (Thermo Fisher Scientific Inc., USA) na integrační sféře v režimu reflektance ve spektrálním rozsahu 10 000–4000 cm^{-1} pomocí programu Omnic for Antaris. Měření probíhalo v nepomletém vzorku semen hořčic a z hlediska šlechtění je velkým přínosem této metody její nedestruktivnost. Vzorky semen hořčic (0,5 až 20 g) byly proměřovány v rotačních kruhových kyvetách a výsledné spektrum každého vzorku bylo získáno zprůměrováním z 64 scanů s rozlišením 2 cm^{-1} (obr. 1). K rozboru se použil vzorek bez příměsí a nečistot a způsob úpravy vzorku před analýzou byl totožný s postupy, které byly použity při tvorbě kalibračních modelů jednotlivých jakostních parametrů. Vzorek se nadávkoval tak, aby vyplnil celou kyvetu a aby se eliminovaly vzduchové mezery

mezi částmi vzorku, které by mohly negativně ovlivnit správnost měření.

Výsledky a diskuse

Chromatografické stanovení obsahu glukosinolátů a mastných kyselin

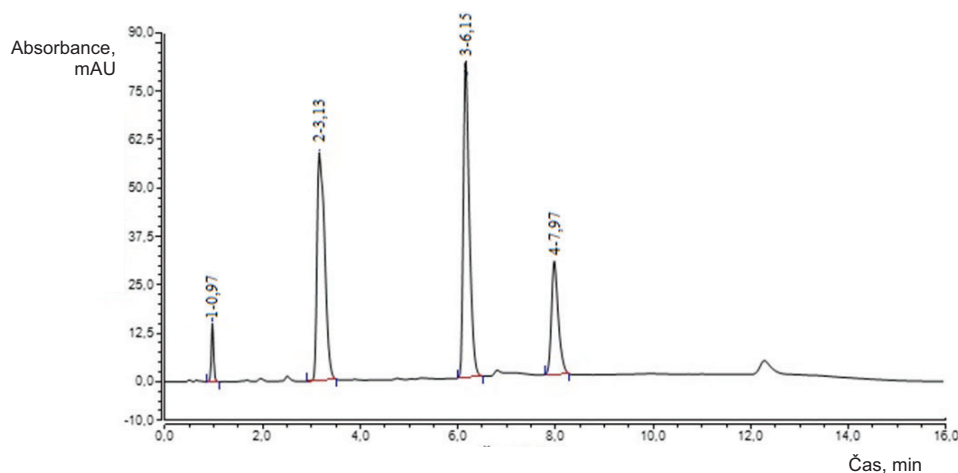
Ve 40 vzorcích listů a 89 vzorcích semen hořčice bílé byl stanoven obsah GSL. Oba typy vzorků pocházely z maloparcelních pokusů s genovými zdroji z NP a byly vybrány položky s odlišnými parametry produkce nadzemní biomasy, lišící se v morfologických znacích a fenologických charakteristikách, s cílem zjistit, zda se liší také v obsahu GSL. Ve vzorcích byly nalezeny čtyři hlavní GSL (tab. I, obr. 2). Ze skupiny alifatických GSL to byly epi-progoitrin a glukonapin a z aromatických glukotropaeolin a sinalbin. Celkový obsah GSL byl vyšší v semenech oproti obsahu GSL v listech hořčic. V případě semen hořčic byl celkový obsah GSL v rozmezí 212,7 až 378,8 $\mu\text{mol g}^{-1}$ při 9% vlhkosti vzorku. V listech hořčic byl obsah GSL nižší 14,3 až 72,1 $\mu\text{mol g}^{-1}$ sušiny zelené hmoty a i rozdíl mezi jednotlivými vzorky byl větší. Dominantním GSL v semenech hořčic byl zjištěn sinalbin v rozsahu 207,1 až 383,2 $\mu\text{mol g}^{-1}$, který ve své práci rovněž uvádí Popová a spol. (cit.¹³). Ve vzorcích listů hořčice bílé převažoval, stejně jako v semenech hořčic, sinalbin v množství 6,7 až 65,1 $\mu\text{mol g}^{-1}$ a glukotropaeolin v množství 1,5 až 17,9 $\mu\text{mol g}^{-1}$. Mezi jednotlivými položkami hořčic z kolekce NP byly zjištěny signifikantní rozdíly v obsahu GSL. Odrůda hořčice bílé Warta obsahovala nejmenší množství GSL v listech z testovaných odrůd (14,3 $\mu\text{mol g}^{-1}$). Tyto výsledky korespondují s výsledky Krzymaňského a spol., kteří uvádějí, že tato odrůda byla vyšlechtěna jako materiál s nízkým obsahem erukové kyseliny a GSL v semeni¹⁴. Rozdíly v obsahu GSL v zelené hmotě jednotlivých vzorků byly natolik významné, že rutinní stanovo-



Obr. 1. FT-NIR spektra 20 vzorků hořčice bílé

Tabulka I
Obsahy glukosinolátů v semenech a listech hořčice bílé

Glukosinoláty	Semena hořčice bílé [$\mu\text{mol g}^{-1}$ vzorku při 9% vlhkosti vzorku]			Listy hořčice bílé [$\mu\text{mol g}^{-1}$ sušiny vzorku]		
	minimum	maximum	průměr	minimum	maximum	průměr
Sinalbin	207,1	383,2	302,2	6,7	65,1	31,2
Epi-progoitrin	1,6	6,2	3,9	0,1	1,5	0,4
Glukonapin	0,4	2,7	1,3	–	–	–
Glukotropaeolin	–	–	–	1,5	17,9	7,4
Σ Glukosinolátů	212,7	378,8	307,8	14,3	72,1	39,0



Obr. 2. Chromatogram glukosinolátů ve vzorku semene hořčice bílé: 1 – epi-progoitrin, 2 – sinigrin, 3 – sinalbin, 4 – glukonapin

vání tohoto parametru pro všechny položky kolekce NP by mohlo významně přispět k zhodnocení kolekce, především s ohledem na využití specifických materiálů ve šlechtitelském procesu. Právě vysoká variabilita daného znaku a její znalost je nezbytným výchozím prvkem šlechtitelského procesu a umožňuje efektivně stanovit perspektivní kombinace rodičovských genotypů, a tím zajistit dostatečnou variabilitu daného znaku v potomstvech. Zjištěné rozdíly v obsahu GSL umožňují dělit odrůdy na materiály s nižším nebo vyšším obsahem GSL v zelené hmotě. To lze zohlednit například při výběru odrůd hořčice za účelem ozdravování půd.

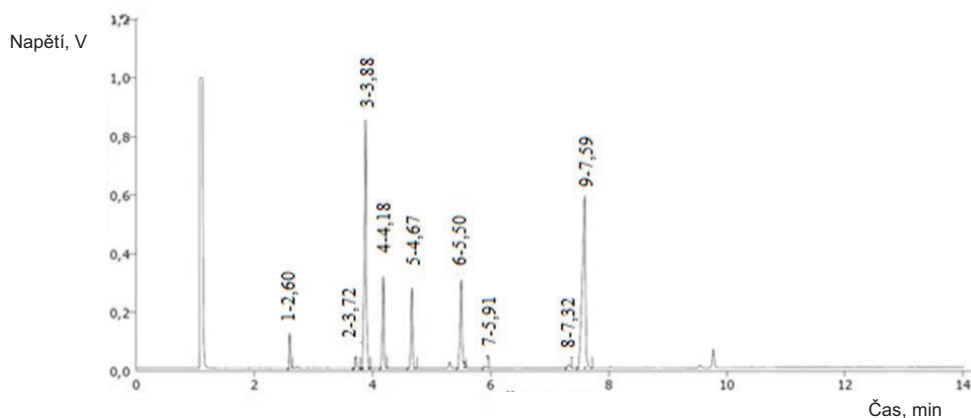
Ve 40 vzorcích semen hořčice bílé byl stanoven obsah oleje. Vzorky hořčic pocházely z kolekce NP, z níž byly vybrány položky s odlišnými parametry, s cílem zjistit, zda se liší také v obsahu oleje. Obsah oleje se ve vzorcích semen hořčic pohyboval v rozmezí 19,9 až 34,8 % při 8 % vlhkosti vzorku. Průměrná olejnatost byla 26 %, což koresponduje s výsledky Belta a spol., kteří uvádějí 26,0 až 27,1 % (cit.¹⁵). Šlechtitelským cílem u této plodiny je snížení obsahu mononenasycené omega-9 MK erukové kyseliny v oleji. Byla vyvinuta minimalizační metoda, která by umožnila stanovit skladbu MK v segmentu seme-

ne hořčice a zároveň dopěstovat zbylou část segmentu téhož semene hořčice do zralé rostliny. Byly provedeny pokusy s rozdělením semen hořčic na část pro chemickou analýzu a na část, která si ponechala klíčivou schopnost. Odběrový řez byl veden v místech děloh, kde je uloženo největší množství zásobních látek. Rozdělená semena byla následně podrobena zkoušce klíčivosti a bylo zjištěno, že vzházení rostlin nebylo významně ovlivněno. Následně byla ve 140 vzorcích segmentů semen hořčice bílé, pocházejících ze šlechtitelského programu VÚO, analyzována skladba MK (tab. II, obr. 3). Zbylé části segmentů semen vzorků hořčic byly zasety, dopěstovány a byl stanoven obsah MK v 72 vzorcích semen (resp. izolovaném oleji). Byly stanoveny vzájemné závislosti mezi obsahy MK, zjištěnými v segmentu semene, a obsahy MK v hořčičném oleji získaném ze semen dopěstovaných rostlin. Pro hodnocení byl využit statistický program Statistica 7.0 (StatSoft, Inc. Tulsa, OK, USA). Závislosti mezi obsahy MK byly sledovány korelační analýzou s výpočtem Pearsonových korelačních koeficientů. Byla zjištěna průkazná pozitivní korelace (p menší než 0,01) mezi obsahy palmitové, stearové, olejové, linolové, linolenové, eikosenové, eikosadienové, behenové a erukové kyseliny ($r = 0,614\text{--}0,916$)

Tabulka II

Obsahy mastných kyselin ve vzorcích segmentů semen hořčice bílé a hořčičného oleje

Mastné kyseliny	Segment semene [%]			Hořčičný olej [%]		
	minimum	maximum	průměr	minimum	maximum	průměr
Palmitová kyselina	2,5	9,2	3,6	1,8	4,9	2,9
Stearová kyselina	0,7	1,9	1,1	0,5	2,2	0,9
Olejová kyselina	13,7	64,5	29,2	12,1	70,9	29,4
Linolová kyselina	6,5	31,4	11,6	5,8	17,2	9,6
α -Linolenová kyselina	8,5	18,4	11,7	7,8	20,7	11,4
Eikosenová kyselina	1,1	14,4	9,4	1,1	14,1	9,0
Eikosadienová kyselina	0,1	0,7	0,3	0,1	0,4	0,3
Behenová kyselina	0,2	0,9	0,5	0,1	0,7	0,5
Eruková kyselina	0,1	50,8	32,0	0,1	60,8	35,5



Obr. 3. Chromatogram skladby mastných kyselin ve vzorku segmentu semene hořčice bílé: 1 – palmitová kyselina, 2 – stearová kyselina, 3 – olejová kyselina, 4 – linolová kyselina, 5 – α -linolenová kyselina, 6 – eikosenová kyselina, 7 – eikosadienová kyselina, 8 – behenová kyselina, 9 – eruková kyselina

stanovenými v segmentu semene a v semenech dopěstovaných rostlin. Z uvedené korelační analýzy vyplývá, že je daný postup uplatnitelný ve šlechtitelské praxi a mohl by vést k jejímu významnému zefektivnění díky včasné selekci požadovaných genotypů a eliminaci neperspektivních materiálů. Podobných postupů se dnes již prakticky využívá např. ve šlechtění řepky olejky ozimé, kde došlo k průkaznému zefektivnění tvorby materiálů se specifickým obsahem MK v oleji¹⁶. Uvedený postup byl v letech 2020 až 2022 prakticky využit ve šlechtění pro včasnou selekci nově vytvořených genotypů hořčice bílé z hlediska obsahu nežádoucí erukové kyseliny v oleji. Jako donor nízkého obsahu erukové kyseliny byla použita dříve zmiňovaná odrůda Warta, v následných potomstvech pak proběhly uvedené minimalizační analytické postupy stanovení skladby MK v segmentech semen. Analýza byla provedena celkem u 94 nově získaných genotypů. Obsah erukové kyseliny v tomto souboru byl zjištěn v intervalu 0,1 až 47,1 %, jako selekční kritérium byla stanovena hladina 0,3 % obsahu této MK v oleji. Uvedeným postupem bylo

identifikováno a vyselektováno 34 nově vytvořených genotypů pro další šlechtitelskou práci.

Využití FT-NIR spektroskopie k hodnocení jakosti hořčice bílé

Metoda FT-NIR je v současné době pro svoji časovou nenáročnost, nedestruktivnost a nižší náklady na analýzu běžně používanou metodou v celé řadě laboratoří, které se zabývají nejen šlechtěním plodin. Ve VÚO byly postupně vytvořeny kalibrační modely pěti jakostních parametrů hořčice bílé – obsah oleje, olejové, linolové, linolenové a erukové kyseliny (tab. III). Za účelem tvorby kalibračních modelů byly použity vzorky semen hořčic, které pocházely ze šlechtitelského programu VÚO a kolekce NP. Po nasnímání vzorků spektrometrem byly vzorky analyzovány pomocí laboratorních referenčních metod, které jsou na pracovišti validované (stanovení skladby MK pomocí GC, Soxhletova extrakce oleje). Kalibrační modely pro kvantitativní analýzu jakostních parametrů hořčice bílé

byly vyvinuty vhodnou regresní metodou s využitím chemometrického programu Thermo Scientific TQ Analyst (Thermo Fisher Scientific Inc., USA) pomocí algoritmu Partial Least Squares (PLS, metoda částečných nejmenších čtverců) bez derivace. Optimální spektrální oblasti byly vybrány na základě diagnostiky „Statistical Spectra“ a pomocí diagnostik Spectrum Outlier, Leveragea Principal Component Scores byly ze souboru vyloučeny vzorky, které vykazovaly velkou odchylku mezi naměřenými a predikovanými hodnotami, nebo objevila-li se spektrální odchylka ve změřeném spektru. Byla vyjádřena standardní chyba kalibrace (Root mean square of calibration – RMSEC), korelační koeficient kalibrace (R), chyba křížové validace (Root mean square error of cross validation – RMSECV), hodnota korelačního koeficientu křížové validace (R_{CV}), chyba predikce (Root mean square error of prediction – RMSEP) a hodnota korelačního koeficientu predikce (R_P). Kalibrační model pro predikci obsahu oleje vykazoval široký rozsah znaku (19,9–34,8 %) a vysokou úroveň korelačních koeficientů (0,934–0,982). RMSEC byla pro olej 0,467, RMSECV 0,550 a RMSEP 0,624, což svědčí o vhodnosti modelu k praktickému použití. Singh¹⁷ udává hodnotu RMSEC 0,70, RMSECV 1,01 a korelační koeficient kalibrace 0,900. Kalibrační model pro predikci obsahu erukové kyseliny byl vytvořen ze 171 vzorků standardů a byl charakterizovaný velkým kalibračním rozsahem znaku (12,4–65,4 %). Korelační koeficienty dosáhly hodnot 0,915–0,963, RMSEC byla 1,560, RMSECV 2,010 a RMSEP 2,350. Byl nalezen větší rozptyl hodnot všech tří chyb, který mohl být způsoben nerovnoměrným rozložením koncentračního zastoupení kalibračních standardů v důsledku širokého rozsahu znaku. Kumar¹⁷ udává RMSECV 2,70 a R 0,972 a Singh¹⁸ udává RMSEC 0,73, RMSECV 0,80 a R 0,910. Vytvořené kalibrační modely budou v následujících letech kontinuálně doplňovány nejen o vzorky s menší četností, ale i o vzorky běžné, protože sklizňový rok, zejména pokud se průběh počasí významně liší od ročníků, ve kterých byly shromážděny kalibrační standardy, může mít na spektra a tím i na přesnost analýz vliv. Pomocí FT-NIR bylo v letech 2022 až 2023 vyhodnoceno 547 vzorků semen hořčice bílé pocházejících z NP a šlechtění VÚO (tab. IV). Využití metody FT-NIR umožnilo zefektivnit standardní hodnocení genetických

zdrojů kolekcí NP a také zlepšit výběr požadovaných genotypů během šlechtitelského procesu hořčice bílé.

Závěr

Bylo provedeno hodnocení jakostních parametrů (obsah GSL, oleje a skladba MK) vzorků semen a listů hořčice bílé, které pocházely z kolekce olejnin NP a z programu šlechtění ve VÚO. V případě semen hořčic byl celkový obsah GSL vyšší než v listech hořčic a dominantním GSL byl zjištěn sinalbin. Stanovená data mohou rozšířit spektrum deskriptorů v kolekci olejnin NP, které hodnotí významné parametry. Takto získaná data by mohla být přínosná především pro uživatele z řad šlechtitelů, kterým umožní zaměřit své programy na tvorbu genotypů se specifickými obsahy GSL (například vytvoření genotypů s vyšším potenciálem zaorané biomasy k ozdravení půdy nebo k využití hořčičných semen v krmivářství). Z analýzy zastoupení MK v hořčičném oleji vyplývá, že u starších materiálů z NP dominovala eruková kyselina, jejíž obsah znemožňuje větší využití oleje pro přímou lidskou výživu. Nové odrůdy hořčice bílé obsahují méně erukové kyseliny a bylo by možné je využít i ke konzumním účelům. Na tento směr šlechtění je zaměřen šlechtitelský program ve VÚO a analýza obsahu MK v segmentu semene hořčice je z praktického hlediska velice přínosná pro včasnou selekci požadovaných genotypů hořčice bílé. Práce dále prokázala vhodnost použití metody FT-NIR pro předběžné hodnocení jakosti genotypů ve šlechtění této plodiny a k získávání popisných charakteristik genových zdrojů kolekcí olejnin NP. Metoda FT-NIR je oproti laboratorním referenčním metodám výrazně rychlejší, levnější, méně náročná a nedestruktivní.

Výsledky byly získány v souvislosti s řešením projektu č. QK1910225 „Zavedení a využití komplexních biotechnologických postupů k charakterizaci a tvorbě genových zdrojů a dalších výchozích materiálů hořčic pro potravinářské a pícní účely“ (2019–2023), který byl realizován za finanční spoluúčasti MZe ČR – NAZV a v souvislosti s řešením Národního programu konzervace a využívání genetických zdrojů rostlin a agrobiodiversity 51834/2017-MZE-17253/6.2.7 a institucionální podpory MZE-RO1823.

Tabulka III
Parametry kalibračních modelů hořčice bílé

Složka	Rozsah	n ^a	RMSEC ^b	R ^c	RMSECV ^d	R_{CV} ^e	RMSEP ^f	R_P ^g
Olej ^h , %	19,9–34,8	173	0,467	0,954	0,550	0,934	0,624	0,982
C18:1 ^{ch} , %	11,1–49,9	171	0,822	0,982	1,520	0,950	1,730	0,911
C18:2 ⁱ , %	6,4–13,3	175	0,512	0,932	0,622	0,844	0,678	0,887
C18:3 ^j , %	5,6–13,3	175	0,468	0,927	0,606	0,931	0,663	0,916
C22:1 ^k , %	12,4–65,4	171	1,560	0,915	2,010	0,963	2,350	0,936

^a Počet vzorků, ^b chyba kalibrace, ^c korelační koeficient kalibrace, ^d chyba křížové validace, ^e korelační koeficient křížové validace, ^f chyba predikce, ^g korelační koeficient predikce, ^h jednotka % při 8% vlhkosti vzorku, ^{ch} olejová kyselina, ⁱ linolová kyselina, ^j α -linolenová kyselina, ^k eruková kyselina

Tabulka IV
Obsahy jakostních parametrů ve vzorcích semen hořčice bílé

Jakostní parametr	Minimum	Maximum	Průměr
Olej, % při 8% vlhkosti	19,1	32,3	27,1
Olejevá kyselina, %	5,1	49,1	19,5
Linolová kyselina, %	5,7	11,1	8,3
α -Linolenová kyselina, %	8,7	17,1	10,9
Eruková kyselina, %	14,2	73,0	50,2

LITERATURA

- Zhang X., Liu T., Duan M., Song J., Li X.: *Front Plant Sci.* 4, 259 (2016).
- Zehnálek P.: *Seznam doporučených odrůd řepky olejky 2023*. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský Brno, Národní odrůdový úřad, Brno 2023.
- Słomiński B. A., Kienzle H. D., Jiang P., Campbell L. D., Pickard M., Rakow G.: *Proceedings of the 10th International Rapeseed Congress, 26–29 September 1999, Canberra, Australia*, str. 416, Canberra 1999.
- Cools K., Terry L. A.: *Food Chem.* 30, 343 (2018).
- Kocira S., Hara P., Szparaga A., Czerwińska E., Beloev H., Findura P., Bajus P.: *Agriculture* 10, 1 (2020).
- Zukalová H., Vašák J., Kroutil P., Štranc P.: *Agricultura-Scientia-Prosperitas: Řepka a Mák 5 února 2004. ČZU v Praze, Česká republika*, str. 87, Praha 2004.
- Hernández F. A., Molina F. D. M., Klug T. V., Hernández G. B. M.: *J. Food Compos. Anal.* 110, 104546 (2022).
- ČSN 46 2300-4: *Olejnata semena – Část 4: Semeno hořčice* (listopad 2006).
- ČSN EN ISO 9167: *Semeno řepky a pokrmy z řepky – Stanovení obsahu glukosinolatů – Metoda využívající vysokotlačnou kapalinovou chromatografii* (březen 2020).
- ČSN EN ISO 659: *Olejnata semena – Stanovení obsahu oleje (Ref. metoda)* (únor 2011).
- ČSN EN ISO 12966-2: *Živočišné a rostlinné tuky a oleje – Plynová chromatografie methylesterů mastných kyselin – Část 2* (prosinec 2017).
- ČSN EN ISO 665: *Olejnata semena – Stanovení vlhkosti a obsahu těkavých látek* (prosinec 2020).
- Popova I. E., Morra M. J.: *J. Food Compos. Anal.* 35, 120 (2014).
- Krzymański J., Piętko T., Krótka K., Bartkowiak-Broda I.: *Oilseed Crops* 35, 21 (2014).
- Belt D., Grygier A., Siger A., Kmiecik D., Spasibonek S., Rudzińska M.: *Appl. Sci.* 13, 2196 (2023).
- Endlová L., Vrbovský V., Klíma M.: *Minimalizační metoda stanovení obsahu mastných kyselin pro včasnou selekci šlechtitelských materiálů řepky olejné (Brassica napus L.)*. Certifikovaná metodika. OSEVA vývoj a výzkum, Opava 2019.
- Singh J., Sharma P. C., Sharma S. K., Kumar A.: *Plant Soil Environ.* 59, 478 (2013).
- Kumar S., Chauhan J. S., Kumar A.: *J. Food Sci. Technol.* 47, 690 (2010).

L. Endlová^{a,b}, V. Vrbovský^{a,b}, and A. Rychlá^{a,b}
(^aOSEVA Development and Research Ltd., Zubří, ^bOSEVA PRO Ltd., Opava, Czech Republic): **Application of Spectral and Separation Methods to Assess the Quality of White Mustard (*Sinapis alba* L.)**

Quality parameters (glucosinolate content, oil and fatty acid composition) of white mustard seeds and leaves were evaluated. The total glucosinolate content in the mustard seeds was higher than that in the leaves, and sinalbine was found to be the main glucosinolate in both cases. Analysis of the fatty acid content of the oil showed that erucic acid was predominant in the older genetic sources, while the new white mustard varieties contained less erucic acid. The results obtained showed that Fourier transform near-infrared spectroscopy can be used for routine evaluation of samples and for pre-screening purposes in white mustard breeding programmes.

Keywords: oilseeds, white mustard, fatty acids, glucosinolates, sinalbine

Acknowledgements

This work was supported by grants from the Ministry of Agriculture of the Czech Republic (Grant numbers: QK1910225; 51834/2017-MZE-17253/6.2.7 and MZE-RO1823).



Užití tohoto díla se řídí mezinárodní licencí Creative Commons Attribution License 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode.cs>), která umožňuje neomezené využití, distribuci a kopírování díla pomocí jakéhokoliv média, za podmínky řádného uvedení názvu díla, autorů, zdroje a licence.

POSOUZENÍ RIZIK MOŽNÉHO ÚRAZU PŘI PROVÁDĚNÍ ŠKOLNÍCH CHEMICKÝCH POKUSŮ S PODPOROU DATABÁZE BEZPEČNÝCH A DIDAKTICKY OVĚŘENÝCH POSTUPŮ e-BEDOX

PETR A. SKŘEHOT^{a,b}, MARTIN BÍLEK^a, PAVEL BENEŠ^a, MARTIN RUSEK^a,
KATEŘINA CHROUSTOVÁ^a, JAKUB MAREK^{b,c}, ZDENĚK HON^c a MARCELA SKŘEHOTOVÁ^{a,b,d}

^a Pedagogická fakulta, Univerzita Karlova, Magdalény Rettigové 4, 116 39 Praha 1, ^b Znalecký ústav bezpečnosti a ochrany zdraví, z.ú., Ostrovského 3, 150 00 Praha 5, ^c Fakulta biomedicínského inženýrství, České vysoké učení technické v Praze, nám. Sítná 3105, 272 01 Kladno, ^d Vysoká škola chemicko-technologická, Oddělení bezpečnosti a prevence rizik, Technická 5, 166 28 Praha 6, Česká republika
martin.bilek@pedf.cuni.cz

Došlo 2.9.21, přepracováno 28.6.23, přijato 5.10.23.

Vzhledem k významu využívání experimentu, resp. pokusu, jako zdroje poznání v chemii a její výuce, je nutné zvažovat i rizika jeho realizace. V textu jsou prezentovány postupy a výsledky provedeného posouzení rizik u vybraných 101 chemických pokusů, které jsou využívány jak ve školní praxi základních škol včetně jejich zařazení do používaných učebnic, tak i v rámci volnočasových aktivit. Vlastní posouzení rizik těchto chemických pokusů bylo provedeno pomocí Ishikawova diagramu, nazývaného též diagram příčin a následků, s cílem poukázat na možná nebezpečí, která jsou s jejich prováděním spojena. V návaznosti na identifikovaná rizika byly evaluovány stávající návody ke všem vybraným pokusům a doplněny nové informace a bezpečnostní pokyny nezbytné pro splnění požadavků na bezpečné a didakticky ověřené postupy dle normy ČSN 01 8003. Jelikož se ve zpracovaných pokusech vyskytují chemické látky prakticky všech tříd nebezpečnosti, je velmi důležité, aby při jejich používání ve školách byla zohledněna všechna reálně hrozící rizika. Celý soubor vytvořených materiálů byl včetně originálně zhotovených videozáznamů zpracován do elektronické databáze e-BEDOX, která je dostupná na webové stránce <https://ebedox.cz>.

Klíčová slova: školní chemický experiment, výuka chemie, nebezpečné chemické látky, posouzení rizik, Ishikawův diagram, e-Bedox

1. Úvod

Významným zdrojem poznání v chemii, a tím i v její výuce, je experiment, resp. školní chemický pokus. Nedílnou součástí každého experimentu či pokusu je také prvek nejistoty, resp. riziko neúspěchu. Neúspěch ale může znamenat nehodu s následky na zdraví nebo v podobě materiálních škod. Realizace školních chemických pokusů je tak úzce vázána na požadavek zajistit bezpečnost a ochranu zdraví všech přítomných osob, tj. jak žáka, tak i učitele. Jak známo, tuto problematiku v českém prostředí komplexně neřeší žádný právní předpis, resp. dílčí požadavky spojené s touto agendou jsou rozesety do mnoha předpisů a norem. Výuka chemie se tak často potýká s kardinální otázkou, jak se s tímto úskalím v praxi vypořádat. Účelem tohoto sdělení není podání přehledu všech dotčených předpisů ani jejich diskuse, neboť této problematice se autorský tým věnoval již ve svých předchozích pracích⁽¹⁻⁴⁾. Smyslem článku je prezentovat výsledky provedeného posouzení rizik u vybraných 101 chemických pokusů uvedených v učebnicích chemie pro základní školy, které jsou

hojně využívány jak ve výuce na základních školách, tak i v rámci volnočasových aktivit, jakými jsou chemické kroužky, dětské tábory nebo popularizační akce pro veřejnost, a poukázat na možná nebezpečí, která jsou s jejich prováděním spojena. V návaznosti na tato zjištění byly evaluovány stávající návody k těmto pokusům a v potřebné míře též doplněny o nové informace a bezpečnostní pokyny nezbytné pro splnění požadavků na bezpečné a didakticky ověřené postupy dle normy ČSN 01 8003 (cit.¹³). Následně byla vytvořena elektronická databáze těchto postupů e-BEDOX, která je dostupná na webové stránce <https://ebedox.cz>.

2. Problém zajištění bezpečnosti při realizaci školních chemických pokusů

Ve světle neustále probíhajících změn legislativy je na místě upozornit na poměrně zásadní a dodnes značně opomíjenou novinku, kterou přinesla novela školského zákona (zákon č. 561/2004 Sb.⁷) v podobě zákona

č. 284/2020 Sb.⁸ S účinností od 1. 10. 2020 byl do tohoto předpisu vložen text, který byl, paradoxně, v roce 2015 vypuštěn ze zákona č. 258/2000 Sb.⁹ o ochraně veřejného zdraví. Konkrétně se jedná o § 29 odstavec 4, písmeno a), jehož znění je následující: *Žáci mohou při vzdělávání a poskytování školských služeb ve školách a školských zařízeních a s ním přímo souvisejících činnostech nakládat s nebezpečnými chemickými látkami nebo směsmi klasifikovanými jako vysoce toxické, které jsou stanoveny prováděcím právním předpisem, pouze pod dohledem osoby s odbornou způsobilostí podle zákona upravujícího ochranu veřejného zdraví vykonávaným způsobem stanoveným prováděcím právním předpisem.* Jelikož se ale toto ustanovení v řadě detailů odchyľuje od ustálené praxe, resp. od ustanovení jiných právních předpisů (např. nařízení vlády č. 361/2007 Sb.¹⁰ nebo vyhlášky č. 61/2018 Sb.¹¹), stalo se legislativní pojetí problematiky bezpečnosti a ochrany zdraví při výuce chemie ve školách již definitivně zcela nepřehledným, a tudíž v praxi jen těžko uchopitelným. V přímém kontrastu s tím ovšem stojí povinnosti pedagogických pracovníků. Ty jsou blíže vymezeny v § 22b školského zákona⁷, přičemž jedna z nich uvádí, že *pedagogičtí pracovníci jsou povinni chránit bezpečí a zdraví dítěte, žáka a studenta a druhá, že pedagogičtí pracovníci jsou svým přístupem k výchově a vzdělávání povinni vytvářet pozitivní a bezpečné klima ve školním prostředí a podporovat jeho rozvoj*⁸. Ač si to zřejmě jen málokdo uvědomuje, použitý pojem „chránit“ poměrně jasně vymezuje, kdo je za zajišťování bezpečnosti a ochrany zdraví žáků během výuky fakticky zodpovědný. Nejedná se o školu coby právní subjekt (ta nese „pouze“ břímě případného finančního odškodnění zraněného žáka), nýbrž o učitele. Má-li ovšem učitel dostát uvedeným povinnostem, musí disponovat nejen potřebnými odbornými znalostmi, ale také odpovídajícími pedagogickými zkušenostmi i osobnostními předpoklady potřebnými k tomu, aby možná rizika včas rozpoznal, resp. dokázal přijmout proti jejich působení vhodná bezpečnostní opatření. Ve výuce chemie jsme tak v současnosti, zejména na základních školách, svědky toho, že zpříšňování legislativních požadavků na úseku bezpečnosti a ochrany zdraví při práci (dále jen „BOZP“) ve skutečnosti nevede ke zlepšování úrovně zabezpečení výuky, nýbrž naopak k jejímu postupnému omezování a rušení odborných učeben a skladů chemikálií. Někteří vyučující, jež působí především na menších základních školách, často nemají chemii ani ve své aprobaci, a tak se vlastně ani nelze divit jejich obavě z právních důsledků případné nehody. V současnosti si proto stále častěji klademe otázku, jak se bude tato situace vyvíjet dál, resp., zda může být výuka chemie bez experimentování smysluplná a do budoucna udržitelná¹².

Pro účely praktické výuky nebo přípravy žáků na budoucí povolání mohou být laboratorní činnosti prováděny pouze podle bezpečného a didakticky ověřeného pracovního postupu (viz čl. 12.7 normy ČSN 01 8003: 2017 ve znění změny Z1 z roku 2021)¹³. Tato povinnost musí být dodržena nejen při provádění školních chemických pokusů, ale také při všech obdobných aktivitách (např.

chemické kroužky, tábory či veřejné prezentace), kterých se účastní zejména děti nebo mladiství. Bezpečný způsob nakládání s chemickými látkami a směsmi ve všeobecné rovině předpokládá, že při jeho dodržení by nemělo docházet k ohrožení života a zdraví jak osob, které danou činnost provádějí (experimentátoři), tak ani osob přihlížejících. Ačkoli riziko úrazu v praxi nelze zcela vyloučit, vhodnými bezpečnostními opatřeními ho ale můžeme snížit na rozumně přijatelnou úroveň. Klíčové ovšem je dodržet zásadu, že při jakémkoli nakládání s chemickými látkami nesmíme rezignovat na zodpovědný přístup. V BOZP totiž více než kde jinde platí, že „*co se může stát, to se také jednoho dne stane.*“ Bohužel, o platnosti tohoto moudra nás i v chemii opakovaně utvrzují případy těžkých zranění, k nimž došlo právě v důsledku podcenění či bagatelizování rizik. Ne nadarmo se říká, že dobrý chemik se nepozná podle toho, že předvádí efektní pokusy, při nichž to bouchá, prská nebo čadí, ani podle toho, že pije z kádinky a nosí potrhaný plášť po vzoru profesora Orfanika z filmu Tajemství hradu v Karpatech. Dobrý chemik je naopak ten, kdo k chemii chová přirozený respekt a má dostatek znalostí a zkušeností, aby dokázal rozpoznat možná nebezpečí. Mnohé mediálně známé případy (viz např. cit.^{1,5,6}) ale ukazují, že do chemického experimentování se nezřídka pouštějí i lidé, kteří toho o chemii mnoho neví a samotné chemické pokusy berou pouze jako vtipnou zábavu. Pro účely výuky má ale chemický pokus mnohem důležitější význam. Jeho hlavním smyslem totiž je, aby žák získal anebo si prohloubil požadované znalosti (vědomosti, dovednosti a postoje) a současně také nabyl jedinečné zkušenosti pramenící z osobního prožitku. Samotný experiment by tak měl být volen s přihlédnutím k výukovému cíli vycházejícímu z tématu, k němuž se má jím prezentovaný chemický či fyzikální děj vztahovat. Zjednodušeně řečeno, školní chemický pokus nemá tvořit jen zábavnou vložku v hodinách chemie, nýbrž má být účelovým prvkem výuky poskytujícím žáku praktickou ukázkou určitého přírodního děje či jevu při současném vtažení žáka do probíraného tématu. I v současnosti tak školní pokus představuje osvědčený nástroj naplňující Komenského radu mířenou k žákům: „*Nevěřte všemu, co se vám k věření předkládá: Zkoumejte vše a přesvědčujte se o všem sami*“ (viz Lunární kalendář, op. cit., s. 15)¹⁴.

V rámci školních anebo obdobných edukačních (a řádně organizovaných) aktivit se našťáště lze povětšinou spolehnout na kvalifikaci učitele chemie či odborného lektora, avšak tuto jistotu rozhodně nelze mít, pokud jde o kvalitu návodů, které tyto lidé k tomuto účelu používají. V dnešní době je mnoho návodů k dispozici na internetu (např. na serveru YouTube), což ale může být problematické, neboť zejména začínající učitelé či lektori bez větších zkušeností nedokážou relevantně posoudit jejich obsahovou správnost a související bezpečnostní aspekty. Po dlouhá léta byly pro výuku chemie na základních a středních školách využívány klasické učebnice, které byly lektorovány a opatřeny doložkou ministerstva školství, což byla právě ona garance obsahové správnosti. Z české produkce učebnic chemie pro základní školy, vydaných

v uplynulých třiceti letech, lze zmínit například produkty následujících nakladatelství a autorských kolektivů:

- A. Fortuna (Beneš, Pumpr, Banýr¹⁵⁻²²).
- B. Fraus (Škoda, Doulík²³⁻²⁶; Šmídl, Pelikánová^{27,28}; Škoda, Doulík, Šmídl^{29,30}).
- C. Scientia (Los, Hejsková, Klečková^{31,32}; Los, Klečková³³).
- D. Moby Dick (Bílek, Rychtera^{34,35}).
- E. Prodos (Karger, Pečová, Peč³⁶; Pečová, Karger, Peč³⁷).
- F. Nová škola (Mach, Plucková, Šibor³⁸; Mach, Plucková³⁹; Šibor, Plucková, Mach^{40,41}).
- G. Taktik International (Budínská, Štikovcová, Jelínková, Jandová⁴²; Budínská, Krizanová, Nývltová, Toman⁴³).

Dlužno přiznat, že klasické učebnice už nejsou pro mladé učitele dostatečně poutavou a atraktivní učební pomůckou, a proto mnohem raději volí audiovizuální edukační nástroje. Problém relevantnosti dostupných informačních zdrojů ale krom nekvalitního, resp. povrchního zpracování, do značné míry komplikují také neustálé legislativní změny (obvykle reflektující nové poznatky o toxických účincích různých chemických látek). Ty se do obsahu tradičních učebnic promítají jen relativně pomalu, a v případě internetových návodů, jež jsou nezřídka produkovány naprostými laiky, pak nejsou reflektovány prakticky vůbec. Dynamický vývoj v této oblasti a nepřehledné právní prostředí tak u učitelů vyvolávají oprávněné dohady, co lze a co nelze s žáky v hodinách chemie vlastně dělat (zejména pokud jde o použití konkrétních chemikálií). Škoda jen, že si podobnou otázku nekladou experimentátoři – „performeři“.

3. Posouzení rizik pro vybrané školní chemické pokusy

Ačkoli problematice použití různých chemických látek ve školním prostředí byla v nedávné minulosti věnována poměrně velká pozornost, doposud nebyl publikován žádný přehled školních chemických pokusů doporučených pro praktické vzdělávání žáků základních škol a víceletých gymnázií, který by byl doplněn o informace o jejich rizikovitosti s ohledem na možnou újmu na zdraví. Takováto souhrnná prezentace ale může významnou měrou přispět nejen k lepší informovanosti učitelů, ale především k jejich zodpovědnějšímu přístupu při zařazování jednotlivých pokusů do výuky. V rámci projektu BEDOX jsme pro tento účel zpracovali podrobnou analýzu celkem 101 návodů uváděných ve výše zmiňovaných učebnicích chemie (viz cit.¹⁵⁻⁴²), které jsou, dle zkušeností z fakultních základních škol Pedagogické fakulty Univerzity Karlovy, do výuky zařazovány nejčastěji. Analýzu jsme provedli s přihlédnutím k vlastnostem používaných chemických látek a k nebezpečným situacím, které se mohou během jejich provádění vyskytnout. Výstupem je přehled vybraných školních chemických pokusů a jejich rizikovitost z hlediska možné újmy na zdraví experimentátora nebo přihlížejících osob (viz tab. I). Pro zjednodušení a lepší přehlednost v tabulce I neuvádíme třídy nebezpeč-

nosti a jejich kategorie podle Nařízení CLP (cit.⁴⁴), nýbrž informaci o nebezpečnosti s ohledem na povahu rizik, která mohou být s jejich používáním spojena.

Vlastní posouzení rizik těchto chemických pokusů bylo provedeno pomocí metody Ishikawův diagram, nazývaný též diagram příčin a následků⁴⁵. Jedná se o induktivní analytickou metodu hojně používanou v bezpečnostním inženýrství pro zobrazení a následnou analýzu zdrojů rizik a z nich plynoucích možných následků⁴⁶. Grafické ztvárnění námi vypracovaného Ishikawova diagramu je uvedeno na obr. 1.

Při zpracování Ishikawova diagramu byly zvažovány tyto příčiny možné nehody (tj. zdroje rizik):

- Reaktanty – nebezpečné vlastnosti použitých látek (tj. výbušnost, hořlavost, žíravost, oxidační schopnost / schopnost samozahřívání, akutní toxicita, karcinogenita, mutagenita v zárodečných buňkách, toxicita pro reprodukci, toxicita pro specifické cílové orgány po jednorázové expozici, nebezpečnost při vdechnutí, nebezpečnost pro vodní organismy), použité množství a skupenství reaktantů.
 - Produkty – nebezpečné vlastnosti vzniklých látek (tj. výbušnost, hořlavost, žíravost, oxidační schopnost / schopnost samozahřívání, akutní toxicita, karcinogenita, mutagenita v zárodečných buňkách, toxicita pro reprodukci, toxicita pro specifické cílové orgány po jednorázové expozici, nebezpečnost při vdechnutí, nebezpečnost pro vodní organismy), množství vznikajících produktů a jejich skupenství (zejm. s ohledem na možný vývin nebezpečných plynů a par).
 - Procesy – zahřívání, používání otevřeného plamene, rychlost chemické reakce, tepelné zbarvení chemické reakce apod.
 - Pomůckové vybavení – skleněné nádoby, aparatury, ostré a špičaté nástroje (nože), technická zařízení (plynová/elektrická, digestoře atd.).
 - Prostor – stísněný prostor v učebně/laboratoři, nedostatečné osvětlení/zřaková zátěž, nebezpečné emise (nebezpečné plyny a aerosoly, zápach, tepelné záření).
 - Lidé – požadavky na kvalifikaci a zručnost lektora (resp. náročnost provedení pokusu), zapojení žáků (tj. hluk, neobratnost žáků), možnost selhání lidského faktoru (zejm. neznalost, improvizace, opomenutí, podcenění rizik atd.).
- Jako následky možné nehody pak byly zvažovány tyto eventualy:
- požár,
 - výbuch,
 - otrava (tj. akutní toxické účinky),
 - dlouhodobé následky na zdraví (tj. chronické toxické účinky),
 - poleptání/potřísnění kůže nebo očí,
 - mechanická poranění (např. pořezání, píchnutí, pohmoždění),

Tabulka I

Vybrané chemické pokusy uváděné v učebnicích chemie pro základní vzdělávání^{15–42} a uvedení míry rizika možného úrazu při jejich realizaci a nebezpečných vlastností použitých chemických látek, resp. produktů jednotlivých reakcí

	Název pokusu	Míra rizika (rizikovost)	Nebezpečné vlastnosti reaktantů nebo produktů
1	Příprava a vlastnosti sulfanu	4	F, T, K, C, ŽP
2	Příprava chloridu amonného	3	C, ŽP
3	Příprava ethynu	5	F, E, C, K
4	Reakce zinku se sírou	5	F, ŽP
5	Hoření hořčíku	5	F, C
6	Hoření alkoholů	4	F, T, C
7	Reakce síry s kyslíkem	5	F, T, O, C
8	Hoření fosforu v kyslíku	5	F, O, C
9	Příprava a vlastnosti chloru	5	T, O, C, K, ŽP
10	Příprava bromu	4	T, C, ŽP
11	Příprava jodu	3	C, K, ŽP
12	Příprava a vlastnosti oxidu uhličitého	4	C
13	Hašení hořícího hořčíku oxidem uhličitým	4	F
14	Zhášení plamene oxidem uhličitým	4	C
15	Zapálení hliníku	5	F, E
16	Hoření methanu	5	F, E
17	Separace jodu	3	F, K, ŽP
18	Separace naftalenu sublimací	3	F, K, ŽP
19	Katalytická oxidace ethanolu	4	F, E, K
20	Reakce ethanolu s oxidem měďnatým	4	F, E
21	Důkaz halogenu vázaného v organické sloučenině	3	F, K
22	Neutralizace	4	C
23	Rozklad oxidu rtuťnatého	4	T, K, ŽP
24	Důkaz přítomnosti ethanolu v alkoholickém nápoji	4	F, E
25	Rozpustnost amoniaku ve vodě	3	C, ŽP
26	Rozpustnost chlorovodíku ve vodě	5	C
27	Vlastnosti propan-butanu	5	E, F
28	Příprava oxidu dusnatého	5	T, O, C
29	Příprava chlorovodíku	5	T, C
30	Příprava amoniaku	3	C, ŽP
31	Příprava a vlastnosti ethynu	5	E, F, T, O, C, K, ŽP
32	Ověření hořlavosti ethynu	5	E, F
33	Působení koncentrované kyseliny sírové na organické látky	3	C
34	Rozklad dichromanu amonného	5	F, T, O, C, K, ŽP
35	Reakce jodu s hliníkem	4	F, K, ŽP
36	Aluminotermie	5	F
37	Reakce uhlíku a síry s kyslíkem	5	F, O
38	Rozklad jodoformu	4	F, K, ŽP
39	Model hasícího přístroje	4	C
40	Vlastnosti aktivního uhlí	1	---

E = látky výbušné, F = látky hořlavé nebo samozápalné, C = látky žíravé, O = látky oxidující, T = látky akutně toxické (tj. Acut. Tox. 1/2), K = látky karcinogenní nebo mutagenní v zárodečných buňkách nebo toxické pro reprodukci nebo toxické pro specifické cílové orgány po jednorázové expozici nebo nebezpečné při vdechnutí, ŽP = látky nebezpečné pro vodní organismy

Tabulka I
Pokračování

	Název pokusu	Míra rizika (rizikovost)	Nebezpečné vlastnosti reaktantů nebo produktů
41	Krystalizace volným odpařováním	3	F, K, ŽP
42	Reakce železa se sírou	3	F, ŽP
43	Reakce oxidu měďnatého se zinkem	3	F, ŽP
44	Příprava a důkaz vodíku	4	E, F, C, ŽP
45	Hoření vodíku	4	E, F, C, ŽP
46	Výbušná směs vodíku se vzduchem	5	E, F, C, ŽP
47	Reakce sodíku s vodou	4	F, C
48	Reakce sodíku s vodou s využitím sítky	3	F, C
49	Reakce sodíku s vodou za použití filtračního papíru	5	E, F, C
50	Reakce draslíku s vodou	5	E, F, C
51	Reakce sodíku s ethanolem	3	F, C
52	Hoření cukru	3	F
53	Řada reaktivity kovů	3	F, C
54	Důkaz bílkovin	4	F, C, ŽP
55	Důkaz glukosy	4	F, C, ŽP
56	Důkaz fruktosy	3	F, C, ŽP
57	Reakce lithia s vodou	4	F, C
58	Depolymerace polyethylenu	5	F, T, C, ŽP
59	Reakce roztoku síranu měďnatého s amoniakem	2	C, ŽP
60	Plamenové zkoušky	3	F
61	Reaktivita mědi	2	C
62	Vznik sulfidů	3	C, K, ŽP
63	Sopka na stole	1	---
64	Sopka pod vodou	1	---
65	Vitamínová raketa	1	---
66	Hoření par ethanolu	5	F
67	Důkaz oxidu uhličitého a vodní páry ve vydechovaném vzduchu	2	C
68	Reakce chlorovodíku s vodným roztokem lakmusu	3	C
69	Vliv teploty na rychlost chemické reakce	3	O, C
70	Hoření želatiny	4	O, ŽP
71	Proč svíčka zhasne	1	C
72	Tajné písmo	1	---
73	Proč těsto kyne	1	---
74	Reakce sodíku s vodou pod vrstvou oleje	2	F, C
75	Chromatografie na křídě	2	F
76	Chromatografie na papíře	1	---
77	Vliv detergentů na povrchové napětí vody	1	---
78	Lodička pluje bez pohonu	1	---

E = látky výbušné, F = látky hořlavé nebo samozápalné, C = látky žíravé, O = látky oxidující, T = látky akutně toxické (tj. Acut. Tox. 1/2), K = látky karcinogenní nebo mutagenní v zárodečných buňkách nebo toxické pro reprodukci nebo toxické pro specifické cílové orgány po jednorázové expozici nebo nebezpečné při vdechnutí, ŽP = látky nebezpečné pro vodní organismy

Tabulka I
Pokračování

	Název pokusu	Míra rizika (rizikovitost)	Nebezpečné vlastnosti reaktantů nebo produktů
79	Chemik barmanem	1	---
80	Elektrolýza vody	2	F
81	Důkaz produktů elektrolýzy vody	3	F
82	Elektrolýza roztoku chloridu sodného	2	C
83	Elektrolýza roztoku chloridu sodného s oddělením prostoru elektrod	2	C
84	Elektrolýza roztoku jodidu zinečnatého	1	C, K, ŽP
85	Elektrolýza roztoku chloridu měďnatého	2	C, ŽP
86	Saturnův strom	3	O, C, ŽP
87	Galvanický článek z ovoce	1	---
88	Galvanický článek v květináči	1	---
89	Vede lidské tělo elektrický proud?	1	---
90	Důkaz vodíku a uhlíku vázaných v organických sloučeninách	3	C, ŽP
91	Vznik hydroxidů srážením	2	C
92	Reakce chloru v semimikro aparatuře	4	T, C, ŽP
93	Příprava sulfanu a srážení sulfidů v semimikro aparatuře	4	F, T, O, C, K, ŽP
94	Exotermická reakce	5	F, O, C, K, ŽP
95	Samozápalná směs	4	F, O, C, K, ŽP
96	Hořící gáza	4	O, ŽP
97	Modrá baňka (Blue effect)	1	C
98	Vlastnosti mýdla	1	---
99	Barevné tajné písmo	2	C, ŽP
100	Sloní pasta	2	C, O
101	Faraonovi hadi	4	E, F

E = látky výbušné, F = látky hořlavé nebo samozápalné, C = látky žíravé, O = látky oxidující, T = látky akutně toxické (tj. Acut. Tox. 1/2), K = látky karcinogenní nebo mutagenní v zárodečných buňkách nebo toxické pro reprodukci nebo toxické pro specifické cílové orgány po jednorázové expozici nebo nebezpečné při vdechnutí, ŽP = látky nebezpečné pro vodní organismy

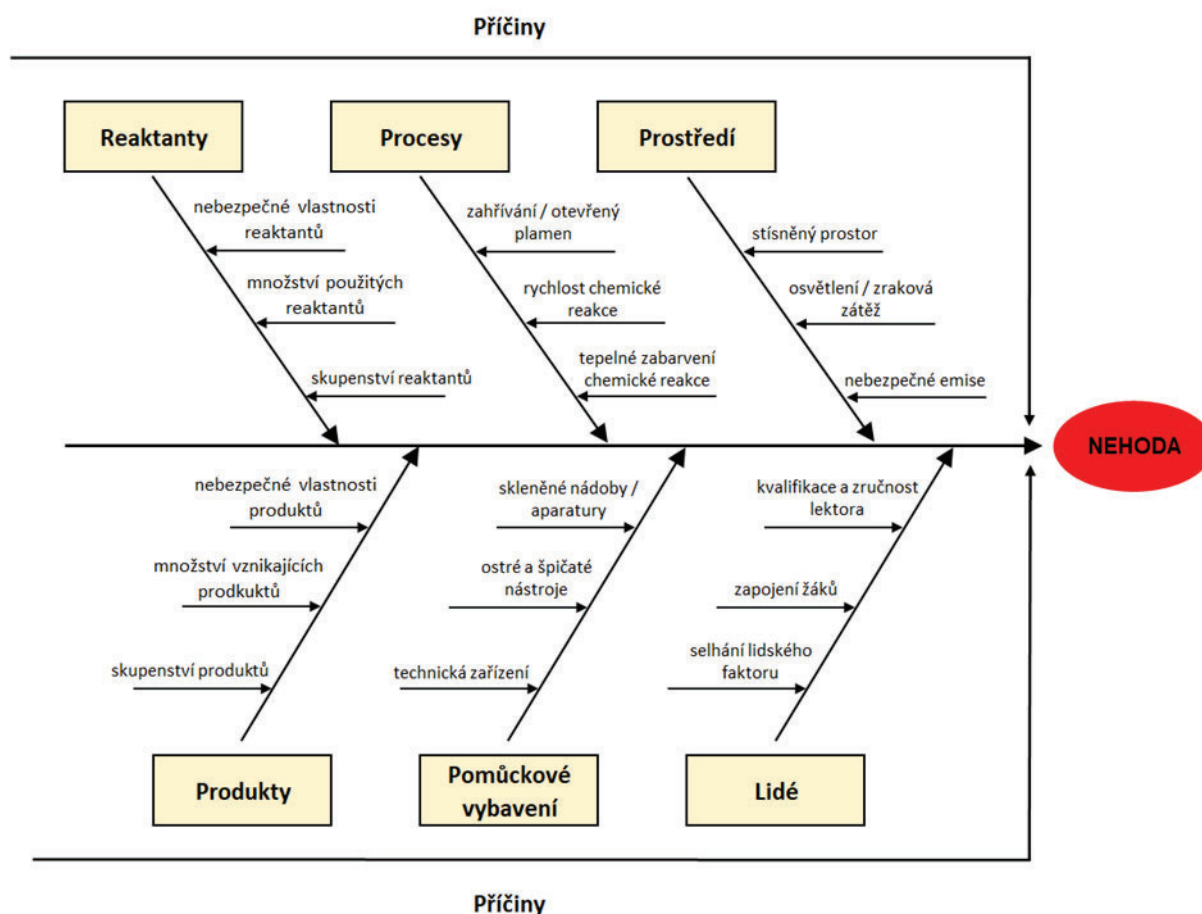
- úraz elektrickým proudem,
- vznik popálenin působením tepla nebo chladu,
- poškození životního prostředí únikem nebezpečné látky do kanalizace.

Možná rizika byla definována v návaznosti na reálný průběh daného experimentu. Bylo proto nutné provést reprodukci všech 101 vybraných chemických pokusů profesionálním a zkušeným demonstrátorem a pořídit jejich videozáznam, a to z různých úhlů a v různém detailu. Získané videozáznamy byly následně analyzovány formou kolektivní diskuse (brainstormingem), jíž se zúčastnilo osm kvalifikovaných hodnotitelů (viz autorský kolektiv). V týmu byli zastoupeni jak pedagogové, tak i odborníci na BOZP a toxikologii. Každá relevantní příčina možné nehody byla podrobně diskutována, přičemž východiskem této diskuse byly základní otázky logické dedukce: „Co se může stát“ a „Proč se to může stát?“⁴⁶. Výsledná míra

rizika (tj. rizikovitost) jednotlivých pokusů pak byla stanovena s přihlédnutím k závažnosti nejhoršího možného scénáře potenciální nehody, a to za použití klasifikační škály uvedené v příloze C normy ČSN 01 8003 (viz cit.¹³):

- zanedbatelné riziko (tj. stupeň 1),
- mírné riziko (tj. stupeň 2),
- zvýšené riziko (tj. stupeň 3),
- významné riziko (tj. stupeň 4),
- velmi vysoké riziko (tj. stupeň 5).

Některým chemikům nebo učitelům chemie se bude výsledná rizikovitost některých pokusů možná zdát až příliš přísná, ale tento dojem je čistě subjektivní, neboť je založen na osobní zkušenosti každého experimentátora. Nad to je potřeba zdůraznit, že většina experimentátorů obvykle provádí jednotlivé pokusy jen zřídka, takže je zřejmé, že při tak nízkém počtu opakování nemusí ani za celý jejich profesní život dojít k žádné z uvažovaných nehod. Naproti



Obr. 1. Ishikawův diagram jako východisko pro posouzení rizik vybraných školních chemických pokusů

tomu námi zvolený přístup je založen na maximální objektivizaci možných eventualit, neboť jsme vycházeli z expertizy týmu hodnotitelů, kteří byli osobně přítomni u reprodukce každého z hodnocených 101 chemických pokusů. To poskytuje vysokou míru reliability námi uváděných výsledků.

4. Nová databáze chemických pokusů s edukačním obsahem e-BEDOX

Cílem projektu BEDOX nebylo pouze provést analýzu chemických pokusů nejčastěji používaných na základních školách a víceletých gymnáziích, ani stanovit jejich rizikovost. Hlavním cílem bylo především upravit či doplnit návody těchto vybraných pokusů a to tak, aby splňovaly požadavky kladené normou ČSN 01 8003 (cit.¹³) na bezpečnost a didaktickou správnost. V rámci projektu tak byly všechny vybrané pokusy vzorově reprodukovány a vytvořeny jejich audiovizuální záznamy. Jednotlivé pracovní postupy pak byly upraveny tak, aby byly jednoznač-

né, přehledné a bezpečně proveditelné. Následně byly pro všechny vybrané chemické pokusy zpracovány jednotné metodické listy, které byly spolu s jejich video návody vloženy do nově vytvořené elektronické databáze. V každém metodickém listě jsou uvedeny (1) požadavky na praktické provedení pokusu (tj. potřebné chemikálie, pracovní místo, pomůckové a přístrojové vybavení, ochranné pomůcky, havarijní a sanační prostředky a vlastní pracovní postup), (2) pokyny pro bezpečné provedení pokusu (tj. práce s použitými látkami, způsob použití pomůckového vybavení, práce s hořlavinami a technickými plyny, postupy pro likvidaci vzniklých produktů/odpadů a zakázané činnosti) a (3) pokyny didaktické (tj. vysvětlení podstaty daného pokusu, způsob ověření správného provedení/výsledku a praktické souvislosti daného pokusu). V každém metodickém listě je navíc uvedena také informace o vhodné cílové skupině, druhu pokusu (žákovský / demonstrační / prezentační), o časové náročnosti provedení daného pokusu, o míře rizika poškození zdraví (rizikovost) a o nebezpečných faktorech, které se mohou během realizace pokusu vyskytnout. V databázi

pochopitelně nechybí ani bezpečnostní listy všech reaktantů i vznikajících produktů. Díky tomuto komplexnímu pojetí představuje databáze e-BEDOX zcela unikátní nástroj, který nesnese srovnání s žádnou z existujících obdobných databází chemických pokusů. Databáze e-BEDOX je volně dostupná na internetu (viz <https://ebedox.cz>) a určena je nejen pro odbornou učitelskou veřejnost, ale v podstatě pro kohokoli, koho daná problematika seriózně zajímá. Ohlasy z praxe, které od spuštění databáze dostáváme, ukazují, že tento nástroj nalézá poměrně široké uplatnění, a to nejen pro potřeby výuky chemie ve školách, ale kupříkladu též při edukaci studentů vysokých škol podílejících se na popularizaci chemie (např. VŠCHT Praha), anebo v rámci bezpečnostních školení pracovníků chemických laboratoří a chemických průmyslových provozů.

5. Závěr

Popsané souvislosti realizace chemických pokusů shrnují původní výsledky vzniklé při řešení projektu BEDOX, který byl s podporou Technologické agentury ČR realizován v letech 2019 až 2022. V rámci tohoto projektu bylo ambicí řešitelského týmu složeného z pracovníků Katedry zdravotnických oborů Fakulty biomedicínského inženýrství ČVUT, Znaleckého ústavu bezpečnosti a ochrany zdraví a Katedry chemie a didaktiky chemie Pedagogické fakulty UK, provést revizi nejméně sta vybraných chemických pokusů, které se v českých základních školách a na víceletých gymnáziích nejčastěji zařazují do výuky chemie. Východiskem byla analýza zdrojových dokumentů, které tvořilo 29 tradičních učebnic chemie pro základní školy opatřených doložkou Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy. Použité učebnice představují osvědčené učební pomůcky určené pro chemické vzdělávání na základních školách a víceletých gymnáziích. Z uvedených učebnic bylo vybráno celkem 101 chemických pokusů, z nichž mnohé jsou používány i mimo školní prostředí jakožto edukační náplň volnočasových aktivit pro děti a mládež, jakými jsou například chemické kroužky, tábory či veřejné akce pro popularizaci přírodních věd. Bohužel, ne všichni experimentátoři postupují v souladu s oficiálními návody, neboť namísto osvědčených zdrojových dokumentů (např. učebnice) se uchylují k použití nerecenzovaných (laických) návodů dostupných na internetu. Díky tomu může snadno dojít k nehodě s vážnými následky na zdraví přítomných osob.

Ač je chemické experimentování důležitou součástí správné pedagogické praxe, neboť napomáhá žákům k pochopení přírodních principů a osvojení si nových znalostí⁴⁷, nikdy by neměli učitelé a lektori opomíjet také související bezpečnostní hledisko. Ostatně i platná legislativa stanoví, že chemické pokusy, jichž se účastní děti a mladiství (byť jen v roli pozorovatele), musí být provedeny podle bezpečného a didakticky ověřeného postupu. Po náročné a usilovné tříleté práci se nám podařilo tyto postupy definovat pro 101 chemických pokusů, což lze

oprávněně označit za významný a užitečný počín směřující ke zkvalitnění počátečního chemického vzdělávání, jakož i bezpečnosti a ochrany zdraví (nejen) žáků. Tento výstup, jak pevně věříme, napomůže zvýšení frekvence zařazování experimentální činnosti do výuky chemie (srov. cit.⁴⁸), a osloví nejen učitele, ale také experimentátory „nechemiky“, kteří často netuší, do čeho se vlastně pouští⁴⁹. Mezi zásady, které by měl každý experimentátor dodržovat, musí vždy patřit jak pečlivá příprava a dokonalé provedení pokusu, tak i zdravý respekt k chemii.

Článek vznikl v rámci řešení projektu č. TL02000226 „Evaluace postupů pro bezpečnou praktickou výuku chemie na školách“ (BEDOX), který byl spolufinancován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci programu ÉTA.

LITERATURA

1. Skřehot P. A.: Chem. Listy 109, 647 (2015).
2. Skřehot P. A., Marek J., Kožmín P., Skřehotová M.: Chem. Listy 110, 517 (2016).
3. Skřehot P. A., Marek J., Skřehotová M., Houser F., Piřa J.: Chem. Listy 110, 947 (2016).
4. Skřehot P. A., Marek J., Ptáčková V.: Chem. Listy 115, 158 (2021).
5. ČT24. <https://ct24.ceskatelevize.cz/regiony/1855184-na-tabore-v-beskydech-popalil-ctyri-chlapce-vybuchlihu>, staženo 18. 6. 2023.
6. iDNES. https://www.idnes.cz/plzen/zpravy/odvolani-tabor-rokycany-vybuch-pokus-popalena-soud-instruktorka.A221110_111442_plzen-zpravy_vb, staženo 18. 6. 2023.
7. Zákon č. 561/2004 Sb., *Školský zákon*. (v platném znění).
8. Zákon č. 284/2020 Sb., *kterým se mění zákon č. 561/2004 Sb., o předškolním, základním, středním, vyšším odborném a jiném vzdělávání (školský zákon), ve znění pozdějších předpisů, a zákon č. 178/2016 Sb., kterým se mění zákon č. 561/2004 Sb., o předškolním, základním, středním, vyšším odborném a jiném vzdělávání (školský zákon), ve znění pozdějších předpisů, a zákon č. 200/1990 Sb., o přestupcích, ve znění pozdějších předpisů, ve znění pozdějších předpisů*.
9. Zákon č. 258/2000 Sb., *o ochraně veřejného zdraví*. (v platném znění).
10. Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., *kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci* (v platném znění).
11. Vyhláška č. 61/2018 Sb. *o seznamu nebezpečných chemických látek, směsí a prachů a podmínkách nakládání s nebezpečnými chemickými látkami a směsmi a podmínkách výkonu činností spojených s nebezpečnou expozicí prachů* (v platném znění).
12. Zajíček J.: Czech. Chem. Soc. Symp. Ser. 17, 89 (2019).
13. ČSN 01 8003 *Zásady pro bezpečnou práci v chemických laboratořích* (srpen 2017) ve znění změny Z1 (duben 2021).

14. <https://citaty.net/autori/jan-amos-komensky/?page=2>, staženo 18. 6. 2023.
15. Beneš P., Pumpr V., Banýr J.: *Základy chemie 1 (učebnice pro 2. stupeň základních škol a nižší ročníky víceletých gymnázií)*. Fortuna, Praha 2000.
16. Beneš P., Pumpr V., Banýr J.: *Základy chemie 1 (pracovní sešit)*. Fortuna, Praha 2000.
17. Beneš P., Pumpr V., Banýr J.: *Základy chemie 2 (učebnice pro 2. stupeň základních škol a nižší ročníky víceletých gymnázií)*. Fortuna, Praha 2001.
18. Beneš P., Pumpr V., Banýr J.: *Základy praktické chemie I (učebnice pro 1. stupeň základních škol)*. Fortuna, Praha 2003.
19. Beneš P., Pumpr V., Banýr J.: *Základy chemie 2 (pracovní sešit)*. Fortuna, Praha 2004.
20. Beneš P., Pumpr V., Banýr J.: *Základy praktické chemie I (pracovní sešit)*. Fortuna, Praha 2005.
21. Beneš P., Pumpr V., Banýr J.: *Základy praktické chemie 2 (učebnice pro 2. stupeň základní školy)*. Fortuna, Praha 2006.
22. Beneš P., Pumpr V., Banýr J.: *Základy praktické chemie 2 (pracovní sešit)*. Fortuna, Praha 2008.
23. Škoda J., Doulík P.: *Chemie 8 (učebnice pro základní školy a víceletá gymnázia)*. Fraus, Plzeň 2006.
24. Škoda J., Doulík P.: *Chemie 9 (učebnice pro základní školy a víceletá gymnázia)*. Fraus, Plzeň 2009.
25. Škoda J., Doulík P.: *Chemie 8 3D (učebnice pro základní školy a víceletá gymnázia)*. Fraus, Plzeň 2018.
26. Škoda J., Doulík P.: *Chemie 9 3D (učebnice pro základní školy a víceletá gymnázia)*. Fraus, Plzeň 2018.
27. Šmídl M., Pelikánová I.: *Chemie 8 s nadhledem (pracovní sešit pro základní školy a víceletá gymnázia)*. Fraus, Plzeň 2018.
28. Šmídl M., Pelikánová I.: *Chemie 9 s nadhledem (pracovní sešit pro základní školy a víceletá gymnázia)*. Fraus, Plzeň 2018.
29. Škoda J., Doulík P., Šmídl M.: *Chemie 8 (příručka učitele základní školy a víceletého gymnázia)*. Fraus, Plzeň 2018.
30. Škoda J., Doulík P., Šmídl M.: *Chemie 9 (příručka učitele základní školy a víceletého gymnázia)*. Fraus, Plzeň 2011.
31. Los P., Hejsková J., Klečková M.: *Nebojte se chemie (1. díl chemie pro základní školy)*. Scientia, Praha 1994.
32. Los P., Hejsková J., Klečková M.: *Chemie se nebojíme (2. díl chemie pro základní školy)*. Scientia, Praha 1997.
33. Los P., Klečková M.: *Kamarádka chemie a neb chemie pro každý den (praktická příručka k učebnicím)*. Scientia, Praha 1999.
34. Bílek M., Rychtera J.: *Chemie krok za krokem (učebnice pro základní školy)*. Moby Dick, Praha 1999.
35. Bílek M., Rychtera J.: *Chemie na každém kroku (učebnice pro základní školy)*. Moby Dick, Praha 2000.
36. Karger I., Pečová D., Peč P.: *Chemie I (učebnice pro základní školy a nižší ročníky víceletých gymnázií)*. Prodos, Olomouc 2011.
37. Pečová D., Karger I., Peč P.: *Chemie II (učebnice pro základní školy a nižší ročníky víceletých gymnázií)*. Prodos, Olomouc 2007.
38. Mach J., Plucková I., Šibor J.: *Chemie 8. Úvod do obecné a anorganické chemie (učebnice pro 8. ročník základních škol a odpovídající ročník víceletých gymnázií)*. Nová škola, Brno 2016.
39. Mach J., Plucková I.: *Chemie 8 (pracovní sešit k úvodu do obecné a anorganické chemie)*. Nová škola, Brno 2016.
40. Šibor J., Plucková I., Mach P.: *Chemie 9. Úvod do obecné a organické chemie, biochemie a dalších chemických oborů (učebnice pro 9. ročník základních škol a odpovídající ročník víceletých gymnázií)*. Nová škola, Brno 2017.
41. Šibor J., Plucková I., Mach J.: *Úvod do obecné a organické chemie, biochemie a dalších chemických oborů (pracovní sešit)*. Nová škola, Brno 2018.
42. Budínská G., Štikovcová K., Jelínková L., Jandová J.: *Hravá chemie 8 (učebnice pro 8. ročník základních škol a víceletá gymnázia)*. Taktik International, Praha 2019.
43. Budínská G., Krizanová A., Nývltová V., Toman P.: *Hravá chemie 9 (učebnice pro 9. ročník základních škol a víceletá gymnázia)*. Taktik International, Praha 2019.
44. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1272/2008 ze dne 16. prosince 2008 o klasifikaci, označování a balení látek a směsí, o změně a zrušení směrnice 67/548/EHS a 1999/45/ES a o změně nařízení (ES) č. 1907/2006.
45. Ishikawa K.: *Introduction to Quality Control*. 3A Corporation, Tokio 1990.
46. Novák F.: <https://zsf.cz/show/ishikawa-diagram-rybikosti-8m>, staženo 18. 6. 2023.
47. Beneš P., Rusek M., Kudrna T.: Chem Listy 109, 159 (2015).
48. Rusek M., Chroustová K., Bílek M., Skřehot P. A., Hon Z.: Chem. Did. Ecol. Metrol. 15, 93 (2020).
49. Rusek M., Sakhnini S., Bílek M.: Chem. Did. Ecol. Metrol. 27, 153 (2022).

P. A. Skřehot^{a,b}, P. Beněš^a, M. Bílek^a, M. Rusek^a, K. Chroustová^a, J. Marek^{b,c}, Z. Hon^c, and M. Skřehotová^{a,b,d} (*Faculty of Education, Charles University, Prague, ^bOccupational Safety and Health Expert Institute, Prague, ^cFaculty of Biomedical Engineering, Czech Technical University, Prague, ^dUniversity of Chemistry and Technology, Prague, Czech Republic*): **Risk Assessment of Potential Injury during School Chemical Experiments Supported by the Database of Safe and Didactically Validated Procedures e-BEDOX**

Considering the importance of the use of experiment as a source of knowledge in chemistry and its teaching, it is necessary to pay attention to the risks of its implementation. The text presents the procedures and results of a risk assessment of 101 selected school chemical experiments that are used in lower secondary school practice, including their inclusion in textbooks, as well as in leisure activities. The actual risk assessment of these chemical experiments has been carried out using the Ishikawa diagram, also known as the cause and effect diagram, in order to highlight the possible hazards involved in their conduct. In relation to the identified risks, the existing instructions for all selected experiments were evaluated and new information and safety instructions were added to meet the requirements for safe and didactically validated procedures according to standard CSN 01 8003. As the processed experiments contain chemicals of virtually all hazard classes, it is very important that all real risks are taken into account when using them in schools. The entire set of produced materials, including the original video recordings, has been processed into an electronic database e-BEDOX, which is available at: <https://ebedox.cz>.

Keywords: school chemical experiment, chemistry education, hazardous chemicals, risks assessment, Ishikawa diagram, e-Bedox



Užití tohoto díla se řídí mezinárodní licencí Creative Commons Attribution License 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode.cs>), která umožňuje neomezené využití, distribuci a kopírování díla pomocí jakéhokoliv média, za podmínky řádného uvedení názvu díla, autorů, zdroje a licence.



**VYSOKÁ ŠKOLA
CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ
V PRAZE**

Rektor Vysoké školy chemicko-technologické v Praze vyhláší, ve smyslu § 49 odst. 5 a 6 Zákona 111/1998 Sb., přijímací řízení pro akademický rok 2024/2025 do následujících doktorských studijních programů uskutečňovaných na fakultách VŠCHT Praha:

Fakulta chemické technologie

Studijní programy:

Chemie a chemické technologie
Chemie a technologie materiálů
Chemie
Bioinformatika
Konzervační vědy v péči o hmotné kulturní dědictví
Léčiva a biomateriály

Studijní programy typu double degree (dvojitý diplom)
ve spolupráci se zahraničními vysokými školami:

Chemie a chemické technologie
Chemie a technologie materiálů
Chemie

Fakulta technologie ochrany prostředí

Studijní programy:

Chemie a technologie ochrany životního prostředí
Energie a paliva

Studijní program typu double degree (dvojitý diplom)
ve spolupráci se zahraničními vysokými školami:

Chemie a technologie ochrany životního prostředí

Fakulta potravinářské a biochemické technologie

Studijní programy:

Mikrobiologie
Biotechnologie
Chemie a technologie potravin
Biochemie a bioorganická chemie
Potraviny a přírodní produkty
Biotechnologie léčiv

Studijní programy typu double degree (dvojitý diplom)
ve spolupráci se zahraničními vysokými školami:

Biotechnologie
Biochemie a bioorganická chemie

Fakulta chemicko-inženýrská

Studijní programy:

Chemické a procesní inženýrství
Chemie
Molekulární chemická fyzika a sensorika
Měření a zpracování signálů v chemii
Léčiva a biomateriály

Studijní programy typu double degree (dvojí diplom)
ve spolupráci se zahraničními vysokými školami:

Chemické a procesní inženýrství
Chemie

Všechny doktorské studijní programy typu double degree (dvojí diplom) ve spolupráci se zahraničními vysokými školami jsou uskutečňovány prezenční formou.

Všechny ostatní doktorské studijní programy jsou uskutečňovány formou prezenční nebo kombinací prezenční a distanční formy.

Standardní doba studia v DSP je čtyři roky. V doktorských studijních programech uskutečňovaných v českém jazyce může student studovat s podporou stipendia po celou standardní dobu studia v prezenční formě.

Všechny inzerované doktorské studijní programy s výjimkou programu Konzervační vědy v péči o hmotné kulturní dědictví jsou akreditovány rovněž pro uskutečňování v anglickém jazyce.

Přihlášky ke studiu v předepsaném formuláři včetně povinných příloh, uvedených na webových stránkách VŠCHT Praha (studuj.vscht.cz), a doplněné posudkem zdravotní způsobilosti ke studiu ve zvoleném oboru dizertační práce podávejte nejpozději **do 15. dubna 2024**.

Pro studijní programy typu double degree je vyhlášen první termín pro podávání přihlášek **do 29. února 2024**.

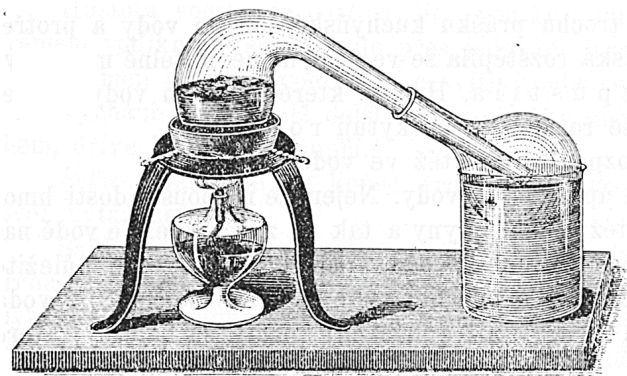


BULLETIN

ASOCIACE ČESKÝCH CHEMICKÝCH SPOLEČNOSTÍ

Ročník 55

Číslo 1



Rošický V.: Přírodopyt, 1899



Český komitét
ČKCH
pro chemii



ČESKÁ SPOLEČNOST CHEMICKÉHO INŽENÝRSTVÍ
CZECH SOCIETY OF CHEMICAL ENGINEERING



Obsah – Chemické listy 2023, číslo 11 a 12

ČÍSLO 11/2023

ÚVODNÍK

75. sjezd chemických společností 669
T. Navrátil

REFERÁTY

O oddělení a posílení obrazu za zrcadlem (deracemizace a amplifikace chiralita) 671

M. Jurášek, B. Kratochvíl, M. Kohout, F. Švec a P. Drašar

Vitamin E – doporučený a skutečný příjem 677
M. Sabolová, J. Fišnar a Z. Réblová

Určení poloh násobných vazeb v lipidech pomocí hmotnostní spektrometrie. Část I 684
Š. Strnad, V. Vrkoslav a J. Cvačka

PŮVODNÍ A METODICKÉ PRÁCE

Chemiluminiscenční a fotometrická analýza matrix Gla proteinu u pacientů s onemocněním pohybového aparátu 694

M. Barna, J. Čepová, K. Dunovská, J. Petrus, P. Melicherčík, R. Průša, R. Kizek a E. Klapková

Metodika pro stanovení celkového množství fenolických látek, flavonoidů a antioxidační kapacity rostlinných vzorků pomocí kombinované extrakce 701

V. Berková, L. Štěpánková, P. Čičmanec, M. Berka a L. Frejlichová

VÝUKA CHEMIE

Hromadný otevřený online kurz „Význam radiochemie pro naši společnost“ 708

A. Airaksinen, F. Concia, S. Das, P. Distler, J. John, E. Macerata, M. Mariani, E. Mossini, M. Negrin, M. Němec, V. Pottgießer, T. Retegan, M. Štok, M. Teplá a C. Walther

ČÍSLO 12/2023

ÚVODNÍK

Jubilejní minisymposium k 70. výročí založení ÚOCHB 717

J. Cvačka

Čestné členství České společnosti chemické za příkladnou reprezentaci české chemie a biochemie na mezinárodním i vnitrostátním fóru bylo uděleno RNDr. PhDr. Zdeňkovi Hostomskému, CSc., dr.h.c. 719

J. Barek

Redaktor časopisu Chemické listy prof. Ing. František Švec, DrSc. z Farmaceutické fakulty Univerzity Karlovy v Hradci Králové získal Cenu Neuron 2023 za celoživotní přínos vědě v oboru chemie 720

J. Barek

Šormiáda 721
A. Kasal

REFERÁTY

Rozmanitost spektroskopie Ramanovy optické aktivity 722

P. Bouř

Peptid uvolňující prolaktin: neuropeptid s nevhodným jménem, ale vhodnými vlastnostmi pro léčbu obezity, diabetu 2. typu i Alzheimerovy nemoci 732

B. Železná, A. Pačesová, V. Strnadová, J. Kuneš a L. Maletínská

Role permeačních testů *in vitro* v preklinickém výzkumu potenciálních léčiv 739

H. Mertlíková-Kaiserová

Určení poloh násobných vazeb v lipidech pomocí hmotnostní spektrometrie. Část II 747

Š. Strnad, V. Vrkoslav a J. Cvačka

Strukturní biologie v antivirovém výzkumu na příbězích kinas lipidů, proteinu STING a virových methyltransferas 755
E. Bouřa



Užití tohoto díla se řídí mezinárodní licencí Creative Commons Attribution License 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode.cs>), která umožňuje neomezené využití, distribuci a kopírování díla pomocí jakéhokoliv média, za podmínky řádného uvedení názvu díla, autorů, zdroje a licence.

SPUŠTĚNÍ NOVÝCH VÝROBEN CYKLOHEXYLAMINU A DICYKLOHEXYLAMINU V BC MCHZ OSTRAVA A V ZÁVODĚ WANHUA, YANTAI, ČÍNA

JOSEF PAŠEK^a, BOHUMÍR DVOŘÁK^a a LIBOR DLUHOŠ^b

^a Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, ^b BorsodChem MCHZ s.r.o. Ostrava, Member of Wanhua-BorsodChem Group, Česká republika
bohumir.dvorak@vscht.cz

Je popsán vývoj a realizace technologií cyklo- a dicyklohexylaminu v MCHZ Ostrava od 70. let minulého století po současnost, v níž je výrobní závod součástí Wanhua-BorsodChem Group. V průběhu více než padesátiletého vývoje vzrostla produkce cyklohexylaminu (CHA) o dva řády, zavedením vypírky NH₃ z cirkulačního plynu došlo k úspoře vodíku a zvýšila se kvalita obou aminů, jejichž výtěžek je více než 99,0 %. Výroba CHA hydrogenací anilinu je urychlována speciálním, velmi aktivním a selektivním kobaltovým katalyzátorem s vysokou cca 20letou životností.

Klíčová slova: cyklohexylamin, dicyklohexylamin, kvalita produktů, BC MCHZ Ostrava, kobaltový katalyzátor

Úvod

Cyklohexylamin (CHA) se vyrábí v BorsodChem MCHZ Ostrava (BC MCHZ) již od počátku 60. let minulého století, tedy asi 60 let (cit.^{1,2}). Kapacita výroby se postupně zvyšovala a v letech 2022 a 2023 vývoj vyvrcholil spuštěním 2 nových výrobních komplexů na výrobu CHA a dicyklohexylaminu (DCHA), jednak v Ostravském závodě s kapacitou 60 kt CHA/rok a 10 kt DCHA/rok, v roce 2023 byla spuštěna podobná jednotka u čínského vlastníka BC MCHZ v závodě Wanhua Yantai. Pro tuto čínskou jednotku jsme v roce 2020 předali podrobné podklady³. Kapacita obou linek výroby CHA a DCHA pokrývá asi 60–70 % světové spotřeby těchto aminů.

V souvislosti s rozvojem výroby CHA se v BC MCHZ postupně vyvíjela i výroba sekundárního aminu, tj. DCHA. Na samém počátku výroby CHA se ze surové reakční směsi DCHA neizoloval, později se z výroby CHA část reakční směsi odvětvila a konvertovala se na niklovém katalyzátoru na rovnovážnou směs obsahující asi

65 % DCHA a 35 % CHA. Ještě později byl obsah DCHA v reakční směsi zvýšen parciální kondenzací a zařazením dalšího reaktoru na víc než 90 %.

Při výrobě DCHA vzniká ekvivalent amoniaku, jehož izolaci jsme později též realizovali. Větší ekonomický význam než izolovaný amoniak měl přebytečný vodík zbavený NH₃, který se mohl vracet do hydrogenace anilinu.

V posledních letech byl tedy v BC MCHZ provozován vzájemně propojený komplex 3 jednotek:

- hydrogenace anilinu na CHA na speciálním kobaltovém katalyzátoru s výrobou kolem 25 kt/rok,
- výroba DCHA ať již hydrogenací anilinu, nebo ze surového CHA na komerčním niklovém katalyzátoru (5 kt DCHA/rok),
- izolace amoniaku z plynů z hydrogenace anilinu na CHA a DCHA absorpcí do vody s následnou koncovou destilací bezvodého amoniaku.

V podstatě stejným způsobem byly koncipovány nové jednotky výroby CHA a DCHA v Ostravě i v Yantai. Výroba CHA v BC MCHZ byla spuštěna v roce 2022



Na slavnostním Večeru s českou chemií organizovaným Svazem chemického průmyslu převzal ocenění Osobnost české chemie doc. Ing. Bohumír Dvořák, CSc. Ostravský rodák absolvoval VŠCHT Praha v roce 1961. Již jako student začal pracovat na Ústavu organické technologie pod vedením inženýra, nyní prof. Josefa Paška, DrSc., a do současnosti je jeho dlouholetým spolupracovníkem.

Nejvýraznějších úspěchů dosáhl při vývoji průmyslových katalyzátorů, což je oblast, která mu přinesla velké uznání v aplikační sféře a více než padesátiletou, dosud trvající spolupráci s průmyslovými podniky – výrobcem katalyzátorů v Litvinově a producentem aminů v BC MCHZ. V rámci této spolupráce např. připravil podklady pro výrobu měďného katalyzátoru, jejíž zkušební provoz byl zahájen v 2. polovině roku 1989 v CHZ Litvinov a jejíž produkty jsou aplikovány již více než 30 let ve výrobě anilinu v BC MCHZ Ostrava a od roku 2005 také v závodě Tokuyama v Japonsku.

a v dubnu 2023 byla uvedena do chodu výrobní v Yantai. Výroba DCHA v BC MCHZ se poněkud opozdila, protože na výrobu tohoto aminu bylo použito zařízení po zrušené jednotce s kapacitou 25 kt CHA, které se poněkud upravilo. Výroba DCHA v BC MCHZ Ostrava byla spuštěna v červenci 2023.

Oba nové komplexy představují nejen budoucí „monopol“ výroby obou aminů, ale zároveň svou koncepcí jsou nejlepšími technologiemi těchto látek na světě.

Při hydrogenaci anilinu na CHA se používá námi vyvinutý kobaltový katalyzátor, který je relativně levný, má velmi dlouhou životnost (max. spotřeba katalyzátoru je 40 g/t CHA), vysokou aktivitu a selektivitu.

Výtěžek obou aminů na anilin je asi 98,6 %, ztráty 1,4 % připadají asi stejným dílem na hydrogenolyzu na cyklické uhlovodíky a na tvorbu odpadních vysokovroucích látek.

Odpadní směs benzenu, cyklohexanu a cyklohexenu se může prodat na výrobu cyklohexanu (kaprolaktam) hydrogenací benzenu.

Propojení 3 jednotek poskytuje jistou pružnost v objemu výroby CHA a DCHA.

Komplex 3 jednotek pracuje pouze s jedním recyklačním dmýchadlem vodíku a uspořádání jednotky poskytuje kapacitu 60 kt CHA/rok a 10 kt DCHA/rok při výkonu dmýchadla 500 kmol plynů/h. Tlak v hlavním reaktoru je asi 200 kPa.

Propojení 3 jednotek v BC MCHZ Ostrava částečně využívá energii expanze vodíku vyráběného za tlaku 2 MPa.

Reakční teplo hydrogenace anilinu se využívá k výrobě páry a spolu s účelnou výměnou tepla vyrobená pára pokrývá celou spotřebu tepla při výrobě CHA.

Způsob hydrogenace anilinu na cyklohexylamin je předmětem několika našich čs. patentů^{4–13}. CHA se ve světě vyrábí hydrogenací anilinu na kobaltových nebo rutheniových katalyzátorech, snad se využívá i aminace cyklohexanolu. Tento článek neobsahuje rešerši způsobu hydrogenace anilinu.

Vývoj výroby cyklohexylaminu a dicyklohexylaminu v BC MCHZ

Výrobu cyklohexylaminu v BC MCHZ jsme zahájili v roce 1962, tehdy se produkovalo asi 600 t CHA/rok, dnes výroba obou aminů dosáhla kolem 30 kt/rok. Výroba CHA se v BC MCHZ vyvíjela spolu s výrobou anilinu hydrogenací nitrobenzenu. V 60. a 70. letech minulého století se nitrobenzen do tehdejších MCHZ dovážel z VCHZ Rybitví. Ostatně katalytická redukce nitrobenzenu vodíkem na měděném katalyzátoru se mohla uplatnit až po roce 1963, kdy se v DEZA Valašské Meziříčí spustila katalytická rafinace koksárenského surového benzolu, čímž se odstranily sírné sloučeniny, které jsou silnými jedy pro měděné katalyzátory. Katalytická hydrorafinace surového benzolu dnes poskytuje benzen s obsahem kolem 0,3–0,4 ppm síry.

V roce 1963 se v MCHZ spustila malá výroba anilinu hydrogenací nitrobenzenu s využitím jednoho z trubkových reaktorů po opuštění hydrogenace fenolu na cyklohexanol. V roce 1969 byl pro hydrogenaci nitrobenzenu na anilin vybudován nový reaktor, jehož trubky byly chlazené cirkulací organického přenašeče tepla, který dovozoval pracovat při vyšší teplotě až 230 °C, původní reaktor chlazený vroucí vodou dovozoval teplotu chladicího média jen kolem 180 °C. Nový reaktor byl vybudován na produkci anilinu 2000 t/rok, tehdejší výroba anilinu redukcí nitrobenzenu železnými pilinami ve VCHZ Rybitví byla kolem 4000 t/rok.

Když padlo rozhodnutí tehdejší RVHP o specializaci československého chemického průmyslu na výrobu gumárenských chemikálií, s čímž byla spojena i výroba anilinu s kapacitou asi 50 kt/rok, zvolili jsme novou koncepci výroby anilinu s kombinací dvou katalytických reaktorů za sebou, kdy první reaktor byl trubkový, chlazený vroucí vodou, který produkoval páru na úkor velkého reakčního tepla redukce nitrobenzenu vodíkem, druhý reaktor byl adiabatický, kdy se teplota postupně zvyšovala až na 300 °C s tím, jak postupovala deaktivace měděného katalyzátoru. Na tomto principu pracuje i současná výroba anilinu v BC MCHZ s kapacitou kolem 160 kt/rok a také licenční jednotka japonské firmy TOSOH s kapacitou až 300 kt anilinu za rok.

O vývoji výroby anilinu v BC MCHZ se zmiňujeme proto, že donedávna byl anilin hydrogenován na cyklohexylamin na jednotkách, které zbyly po výrobě anilinu. Až poslední stupeň rozvoje výroby cyklohexylaminu, tj. jednotka na kapacitu 60 kt CHA/rok byla vybudována v letech 2021–2022 jen na výrobu CHA. Stonásobné zvýšení objemu výroby CHA se tedy uskutečnilo v několika etapách.

Po rozhodnutí o vybudování výroby anilinu se dvěma reaktory za sebou byl takový poloprovoz s kapacitou 8–10 kt anilinu/rok spuštěn v roce 1975 a reaktor chlazený organickým přenašečem tepla byl upraven na výrobu cyklohexylaminu. Protože redukce kobaltového katalyzátoru vyžadovala teplotu 220–230 °C, byly v reaktoru první etapy oxidy kobaltu redukovány přehřátým vodíkem. Reaktor chlazený organickým přenašečem tepla zajistil potřebnou teplotu pro redukci oxidů kobaltu bez problému.

V roce 1985 byla spuštěna velká výrobní anilinu a nitrobenzenu, která zahrnovala 5 reaktorových linek, každá linka měla kapacitu 20–21 kt anilinu/rok. Poloprovozní reaktor na výrobu až 10 kt anilinu/rok bylo možné využít pro výrobu cyklohexylaminu.

Již předtím se objevil trh pro sekundární amin, tj. dicyklohexylamin. První výroba dicyklohexylaminu byla v BC MCHZ realizována tak, že se část reakční směsi z reaktoru výroby cyklohexylaminu konvertovala v adiabatickém reaktoru na niklovém katalyzátoru na rovnovážnou směs, která obsahovala asi 65–67 % DCHA.

Po uvolnění linky anilinu s kapacitou 10 kt/rok (obsahovala kolem 5 m³ katalyzátoru) se po roce 1985 linka přebudovala na výrobu cyklohexylaminu. V roce 1988 byla spuštěna nová, tehdy již třetí linka na výrobu

cyklohexylaminu a opět byl anilin hydrogenován v reaktoru určeném původně k výrobě anilinu. Požadavek na odbyt CHA stále narůstal a přitom výkon šroubového kompresoru na recyklaci vodíku zůstával stejný, asi 2900 Nm³/h. Proto se molární poměr vodík (hydrogenační plyn)/anilin stále zmenšoval a v posledních letech klesl i na hodnotu 5,5. První náplň kobaltového katalyzátoru pracovala v reaktoru 20 let a neznáme katalytický proces s tak dlouhou životností katalyzátoru. Před spuštěním nové jednotky CHA s kapacitou 60 kt/rok dosahovala roční produkce cyklohexylaminu asi 25 kt/rok. V této době BC MCHZ již ovládly evropský trh CHA a část CHA se vyvážela i do Asie a Ameriky. Podobná výrobní kapacita CHA existuje ještě na Taiwanu, v pevninské Číně je asi 8 menších výrobců CHA.

Bylo nutno pokrýt i narůstající odbyt DCHA. V souvislosti s novou anilinovou jednotkou byla vybudována samostatná výroba DCHA s využitím trubkového reaktoru ze zlikvidované výroby isopropylaminu. Na této jednotce byl obsah DCHA v reakční směsi zvýšen parciální kondenzací reakční směsi s následnou konverzí zbývajícího primárního aminu na amin sekundární, čímž se koncentrace DCHA v reakční směsi zvýšila na 90–92 %. Tato nová linka již neměla dmychadlo na recyklaci nezreagovaného vodíku a koncové plyny obsahující hlavně vodík a asi 4–5 % NH₃ byly vedeny do okruhu reaktoru CHA. Na takovém zařízení bylo možné vyrábět DCHA buď ze surového CHA nebo z anilinu, ev. z jejich směsi.

Až do jistého rozsahu výroby DCHA bylo ekvivalentní množství vznikajícího amoniaku spalováno spolu s vodíkem. Ztrácel se tím nejen amoniak, ještě větší eko-

nomický dosah mělo spalování vodíku, protože z okruhu reaktoru CHA se do spalovny odváděl plyn, obsahující asi 13 obj.% NH₃ a 85 % vodíku. Proto byla v komplexu nové konstelace v roce 2014 dobudována absorpce amoniaku do vody a desorpce bezvodého amoniaku, která umožňovala recyklaci většiny vypraného vodíku do výroby CHA.

Tento systém tří spojených provozů jsme přejali do komplexu nové velké kapacity cyklohexylaminu 60 kt/rok a dicyklohexylaminu 10 kt/rok (obr. 1, 2).

Kvalita produktů

Cyklohexylamin

Realizací projektu CHA 60 kt/rok je garantovaná produkce CHA s čistotou minimálně 99,9 %, s minimálním obsahem organických nečistot a garancí barevnosti pod 20 Hz. Kvalita CHA z nové produkce je porovnána s původní kvalitou v tabulce I.

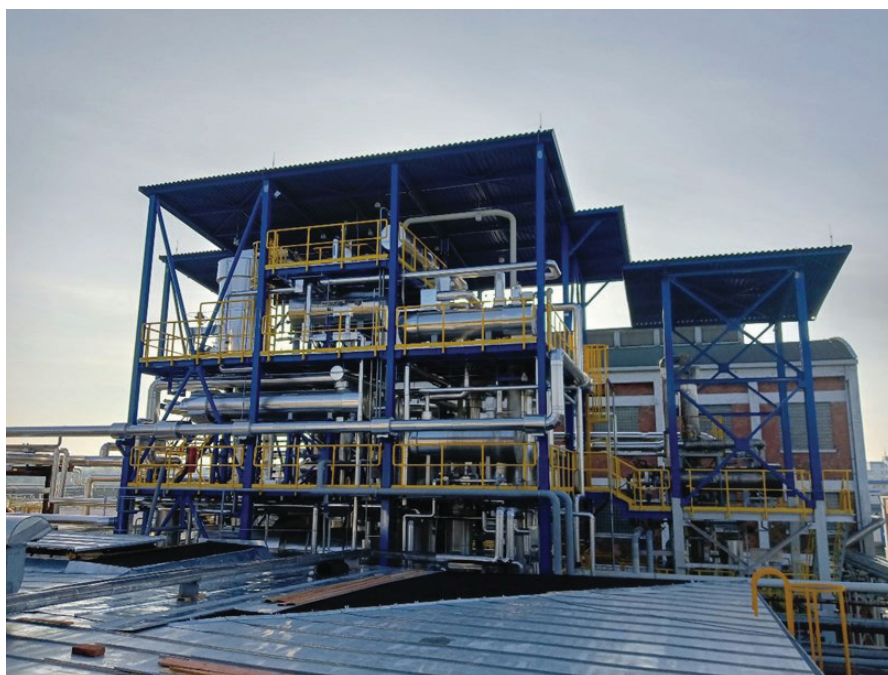
Nová technologie a způsob skladování CHA jsou v rámci nové výrobní jednotky koncipovány tak, aby se výrazně snížila tvorba *N*-cyklohexylidicyklohexylaminu (SB) v CHA. Při dodržení podmínek skladování CHA nesmí obsah SB překročit 0,05 %, což je hranice pro aplikaci CHA při výrobě cyklamátu (umělých sladidel).

Dicyklohexylamin

Na nové jednotce je finální rektifikace produktu provedena v kontinuálním uspořádání, až dosud jsme DCHA



Obr. 1. Nová výrobní CHA v BC MCHZ Ostrava s kapacitou 60 kt/rok



Obr. 2. Nová výrobní DCHA v BC MCHZ Ostrava s kapacitou 10 kt/rok

Tabulka I

Porovnání složení CHA z nové jednotky 60 kt/rok s původní kvalitou CHA

Látka	Benzen a ostatní uhlovodíky [%]	CHA [%]	Cyklohexanol [%]	Anilin [%]	DCHA [%]	SB ^a [%]	Voda [%]	Zabarvení [Hz]
Původní CHA	max. 0,5	min. 99,7	max. 0,05	max. 0,005	0	max. 0,05	max. 0,1	max. 50
Nový CHA	0,007	min. 99,9	< 0,001	0	0	0,02	max. 0,05	max. 20

^a SB – *N*-cyklohexylidencyklohexylamin

Tabulka II

Porovnání složení DCHA z nové jednotky 10 kt/rok s původní kvalitou DCHA

Látka	Benzen a ostatní uhlovodíky [%]	CHA [%]	Cyklohexanol [%]	Anilin [%]	DCHA [%]	SB ^a [%]	FCHA [%]	Voda [%]	Zabarvení [Hz]
Původní DCHA	0	max. 0,2	max. 0,2	max. 0,2	min. 99,0	max. 0,2	max. 0,2	max. 0,3	max. 50
Nový DCHA	0	0,01	0	0	99,8	0,03	0,005	0,05	5

^a SB – *N*-cyklohexylidencyklohexylamin

izolovali vsádkovou rektifikací. Nové uspořádání rektifikace umožnilo zvýšit čistotu výsledného produktu (viz tabulka II) a také stabilizovalo celý proces výroby. Tabulka II porovnává kvalitu původně vyráběného DCHA s kvalitou dosahovanou na nové jednotce 10 kt DCHA/rok. S tímto produktem může BC MCHZ vstoupit i do speciálních aplikací tohoto produktu, jako jsou farmacie a speciální organické syntézy.

Kobaltový katalyzátor pro hydrogenaci anilinu na CHA

Příprava speciálního kobaltového katalyzátoru byla předmětem výzkumné práce B. Dvořáka jednak v rámci jeho diplomové práce, jednak v rámci práce kandidátské. Kobaltový katalyzátor byl jednoznačně vybrán, protože bylo známo, že kobalt ve srovnání s jinými kovy preferuje vznik primárního aminu a potlačuje termodynamikou preferovaný vznik DCHA. Měli jsme tehdy šťastnou ruku a pro hydrogenaci anilinu na cyklohexylamin jsme vybrali jako katalyzátor oxidy kobaltu na uhličitane vápenatém, dotovaný 3 % uhličitane sodného.

Výroba katalyzátoru je celkem jednoduchá, jeho aktivita, selektivita a životnost jsou extrémně vysoké. Některé vlastnosti vyvinutého kobaltového katalyzátoru jsme dalším výzkumem vysvětlili, u některých se nám to dosud plně nepodařilo. Např. při hydrogenaci anilinu v bezvodém prostředí se aktivita katalyzátoru postupně zvyšuje až na desetinásobek, délka této tzv. záběhové periody závisí na obsahu vody v reakční směsi. Přítomnost vody v jisté koncentraci má příznivý vliv na rychlost hydrogenace anilinu. Některými vlastnostmi kobaltového katalyzátoru při hydrogenaci anilinu se zabývá doktorská práce R. Valeše¹⁴.

Pravděpodobně s ohledem na záběhovou periodu jsme v 60. letech minulého století špatně stanovili optimální molární poměr (MP) vodík/anilin, tj. poměr pro dosažení maximální rychlosti hydrogenace anilinu za daných podmínek. Za optimální jsme tehdy považovali MP = 20, až později jsme si všimli, že optimální poměr je mnohem nižší. Dlouhou dobu jsme pak za optimální považovali MP kolem 10 a teprve před několika lety jsme při záměrných experimentech zjistili, že optimální molární poměr je nižší než 6, poměr MP = 6 byl nejmenší MP použitý při experimentech. V tomto směru se tedy hydrogenace anilinu kineticky chová jako jiné hydrogenace, tj. že hydrogenovaná komponenta nemá výrazně silnější absorpci než vodík. Zdálo by se, že bude účelné hydrogenovat anilin s malým přebytkem vodíku a že je možné ušetřit energii spotřebovanou na jeho recyklaci. Nicméně dlouhodobé pozorování ukázalo, že při nízkém přebytku vodíku se katalyzátor rychleji zanáší smolami, a proto dnes doporučujeme pracovat s molárním poměrem hydrogenační plyn/anilin kolem 10. Velmi malý přebytek plynů by byl pro nový katalyzátor nevýhodný též z hlediska teplotního profilu vodou temperovaných katalytických trubek reaktoru.

Závěr

- Proces výroby CHA a DCHA založený na speciálním kobaltovém katalyzátoru s účelným propojením tří výrobních jednotek považujeme za nejlepší na světě. Vysoké zatížení kobaltového katalyzátoru dovoluje budovat trubkový reaktor s kapacitou až 100 kt/rok. Dlouhá životnost katalyzátoru garantuje jeho velmi nízkou měrnou spotřebu.
- Účelná výměna tepla spolu s výrobou páry na úkor reakčního tepla hydrogenace anilinu poskytují tepelně samonosný proces výroby CHA.
- Pokud efektivně využijeme malé množství produktů hydrogenolýzy, je chemický výtěžek procesu výroby CHA a DCHA až 99,5 %.
- Na mnohaletém vývoji procesu CHA a DCHA se podílelo mnoho pracovníků jak z BC MCHZ, tak z VŠCHT Praha. Ti z raného vývoje procesu jsou spoluautory citovaných patentů. V posledních letech se pod vedením L. Dluhoše podíleli na vývoji obou procesů pracovníci J. Schneider, J. Janošek, P. Nykel, R. Čapek, J. Broskevič, L. Mrózek, J. Woznica, S. Michalík a D. Nevlud.

LITERATURA

1. Pašek J., Růžička V., Richter P., Jarkovský L., Dvořák B.: Způsob výroby cyklohexylaminu a dicyklohexylaminu, čs. patent 101477, Nov 15, 1961.
2. Pašek J., Růžička V., Jarkovský L., Richter P., Dvořák B.: Způsob výroby cyklohexylaminu, čs. patent 101478, Nov 15, 1961.
3. Pašek J., Dluhoš L., Dvořák B., Fíla V.: Information concerning the processes for cyclohexylamine and dicyklohexylamine production through aniline hydrogenation in the Yantai plant, April 2020.
4. Pašek J., Dvořák B., Pexidr V., Marek J., Bílek O.: Způsob výroby cyklohexylaminu, čs. AO 218989, Nov 9, 1982.
5. Pašek J., Dvořák B.: Způsob výroby cyklohexylaminu, čs. AO 226299, Nov 8, 1983.
6. Pašek J., Marek J., Grapl J., Rozinek R.: Způsob výroby cyklohexylaminu, čs. AO 250279, Dec 30, 1986.
7. Pašek J., Dvořák B., Jarkovský L., Richter P.: Způsob aktivace katalyzátoru pro výrobu cyklohexylaminu hydrogenací anilinu, čs. patent 129874, Nov 15, 1968.
8. Pašek J., Pexidr V., Dvořák B., Růžička V., Kočárek P.: Způsob regenerace katalyzátorů, čs. AO 188729, Jul 7, 1981.
9. Dvořák B., Pašek J., Pavlas P., Neuwirt I., Lubojacký J.: Způsob stabilizace aktivovaného kobaltového hydrogenačního katalyzátoru, čs. AO 234642, Nov 12, 1984.
10. Dvořák B., Pašek J., Lubojacký J., Pavlas P., Neuwirt I.: Způsob reaktivace stabilizovaného kobaltového katalyzátoru pro selektivní hydrogenaci anilinu na

- cyklohexylamin čs. AO 241688, Nov 11, 1985.
11. Dvořák B., Pašek J., Lubojacký J., Círová A., Rosenthal J.: Způsob zvýšení selektivity procesu katalytické hydrogenace anilinu na cyklohexylamin, čs. AO 253798, Aug 25, 1987.
 12. Grapl J., Pavlas P., Dvořák B., Lubojacký J.: Způsob zlepšení vlastností kobaltového katalyzátoru pro cyklohexylaminový proces, čs. AO 263848, Jan 30, 1989.
 13. Pašek J., Dvořák B., Grapl J., Pavlas P., Lubojacký J.: Způsob redukce hydrogenačního kobaltového katalyzátoru, čs. AO 269723, Jan 24, 1990.
 14. Valeš R.: *Studium vlastností kobaltového katalyzátoru používaného pro hydrogenaci anilinu na cyklohexylamin. Disertační práce.* VŠCHT Praha, Praha 2023.

J. Pašek^a, B. Dvořák^a, and L. Dluhoš^b (^a *University of Chemistry and Technology, Prague,* ^b *BorsodChem MCHZ s.r.o. Ostrava, Member of Wanhua-BorsodChem Group, Czech Republic*): **Start-up of New Cyclohexylamine and Dicyclohexylamine Plants at BC MCHZ Ostrava and at The Wanhua Plant, Yantai, China**

The development and realization of cyclo- and dicyclohexylamine technologies at MCHZ Ostrava from the 1970s to the present, in which the production plant is a part of the Wanhua-BorsodChem Group, is described. In the course of more than fifty years of development, the production of cyclohexylamine (CHA) has increased by two orders of magnitude. With the introduction of the scrubbing of NH₃ from the circulation gases, hydrogen has been saved. The quality of both amines has increased, their yield being more than 99.0%. The production of CHA by hydrogenation of aniline is accelerated by a special, very active and selective cobalt catalyst with a long service life of approximately 20 years.

Keywords: cyclohexylamine, dicyclohexylamine, quality products, BC MCHZ Ostrava, cobalt catalyst



Užití tohoto díla se řídí mezinárodní licencí Creative Commons Attribution License 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode.cs>), která umožňuje neomezené využití, distribuci a kopírování díla pomocí jakéhokoliv média, za podmínky řádného uvedení názvu díla, autorů, zdroje a licence.

STUDIUM MASIVNÍHO SKLENÍKOVÉHO JEVU NA VENUŠI

ZDENĚK SLANINA

*Tara centrum, Cukubská univerzita, Japonsko
fromzdenek_s@yahoo.com*

Klíčová slova: skleníkový jev, atmosféra Venuše, sopečná činnost, oxid uhličitý a jeho dimer, spektra vysokého rozlišení

V geochemické historii planety Venuše jsou ukryty události, jejichž pochopení může sehrát roli i v pojmání pozemského skleníkového jevu. Planeta Venuše je totiž místem, kde se skleníkový jev takřikajíc přírodě vymkl z rukou. A tak povrchová teplota na Venuši je 732 K (459 °C). Takto vysoká teplota ale zdaleka není způsobena jen tím, že je Venuše blíže ke Slunci. Ještě blíže ke Slunci je Merkur, přesto jeho průměrná teplota činí 452 K. Rozdíl je ve složení jejich atmosféry. Merkur má jen velmi řídkou atmosféru tvořenou stopami vodíku a helia. Proti tomu Venuše má atmosféru velmi hustou – tlak na jejím povrchu je více než 9000 kPa. Složení její atmosféry je z 97 % tvořeno oxidem uhličitým a ten způsobuje masivní ohřev na základě skleníkového jevu – hovoří se proto o vymknutí se kontrole (runaway greenhouse effect). Při neadsorbující atmosféře by teplota povrchu Venuše byla nižší o přibližně 420 stupňů¹.

V současnosti se objevil přístup² snažící se o vysvětlení původu tohoto masivního skleníkového jevu, a to v důsledku mnohočetné koincidence vulkanických aktivit. Ty v hluboké minulosti do atmosféry Venuše uvolnily i velké množství skleníkových plynů, což pak vedlo k jejímu výraznému oteplování, a následně i k jejich dalšímu uvolňování tepelným rozkladem minerálů. Tyto procesy společně vedly k velké klimatické změně. V geologickém postavení Země by ale k takto rozsáhlé sopečné sérii patrně nikdy dojít nemělo².

Poměry na Venuši už dříve studovala např. kosmická sonda Venus Express vyslaná Evropskou kosmickou agenturou ESA či dosud Venuši obíhající družice Akatsuki (Svítání) japonské kosmické agentury JAXA. Nyní ESA pracuje na družici EnVision, která by spolu s projekty NASA pojmenovanými DAVINCI+ a VERITAS měla rozšířit jak informace o atmosféře Venuše, tak o jejích geologických procesech a zprostředkovaně tak přispět i k bližšímu poznání skleníkového jevu na Zemi.

Jednou z řady živých otázek je nyní dokonce i rozsah příspěvku dimeru oxidu uhličitého ke skleníkovému jevu^{3,4}. Bylo odhadnuto⁵, že třeba u povrchu Venuše by dimer mohl tvořit v důsledku vysokého tlaku atmosféry

alespoň 4 % atmosféry, a měl by se proto projevit třeba i při spektrálním pozorování s vysokým rozlišením.

Pro přesnější popis se v současnosti ale zkoumá^{6,7} i příspěvek srážkových dimerů dusíku či kyslíku k zemskému skleníkovému jevu, což se řadí pod tzv. přírodní skleníkový jev (takže tyto komplexy se dostávají i na seznam skleníkových plynů). Bylo odhadnuto⁶, že příspěvek těchto dimerů ke skleníkovému jevu v oblasti Antarktidy může reprezentovat až 40 % příspěvku jinak konvenčního atmosférického skleníkového plynu methanu. Též se např. navrhuje⁸ využití spektrálních pozorování takových dimerů i pro dedukci atmosférických tlaků⁹ na planetách mimo Sluneční soustavu. Fyzikální chemie se tak dále stává užitečnou jak pro meteorologii, tak i pro astrofyziku (která spektrální prokazování molekul v kosmu využívá již dlouho¹⁰). K pozoruhodným novějším výsledkům patří např. spektroskopické prokázání¹¹ fullerenu v mezihvězdném prostoru.

LITERATURA

1. Campbell I. M., v knize: *Energy and the Atmosphere*, str. 23, 162. J. Wiley & Sons, Chichester 1986.
2. Way M. J., Ernst R. E., Scargle J. D.: *Planet. Sci. J.* 3, 92 (2022).
3. Slanina Z., Uhlík F., Saito A. T., Ōsawa E.: *Phys. Chem. Earth C* 26, 505 (2001).
4. Dinu D. F., Bartl P., Quoika P. K., Podewitz M., Liedl K. R., Grothe H., Loerting T.: *J. Phys. Chem. A* 126, 2966 (2022).
5. Slanina Z., Fox K., Kim S. J.: *Thermochim. Acta* 200, 33 (1992).
6. Höpfner M., Milz M., Buehler S., Orphal J., Stiller G.: *Geophys. Res. Lett.* 39, L10706 (2012).
7. Viganin A. A., Mokhov I. I.: *Izv. Atmos. Ocean. Phys.* 53, 164 (2017).
8. Misra A., Meadows V., Claire M., Crisp D.: *Astrobiol.* 14, 67 (2014).
9. Slanina Z., Uhlík F., De Almeida W. B., Hinchliffe A.: *Thermochim. Acta* 231, 55 (1994).

10. Hansen C. S., Peeters E., Cami J., Schmidt T. W.: Commun. Chem. 5, 94 (2022).
11. Cami J., Bernard-Salas J., Peeters E., Malek S. E.: Science 329, 1180 (2010).

Keywords: greenhouse effect, Venus atmosphere, volcanic activity, carbon dioxide and its dimer, high-resolution spectra



Užití tohoto díla se řídí mezinárodní licencí Creative Commons Attribution License 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode.cs>), která umožňuje neomezené využití, distribuci a kopírování díla pomocí jakéhokoliv média, za podmínky řádného uvedení názvu díla, autorů, zdroje a licence.

Ze života chemických společností

Jaký byl teplozpytný rok 2023?

Odborná skupina termické analýzy při České společnosti chemické v tomto roce organizovala pátý „Termoanalytický seminář TAS 2023“, jenž se uskutečnil 31. října 2023 v prostorách Ústavu fyziky materiálů AV ČR, v.v.i. v Brně.

Semináře se zúčastnilo téměř 30 účastníků, přičemž mezi účastníky nechyběli např. zástupci Přírodovědecké fakulty Ostravské univerzity, Fakulty chemicko-technologické Univerzity Pardubice, ÚFM AV ČR, Fakulty chemické VUT v Brně či z Fakulty stavební ČVUT v Praze.

Po zahájení semináře následovalo předání Pamětního listu za mimořádný přínos k rozvoji teplozpytné komunity RNDr. Miroslavu Kulemu, který patří mezi dlouholeté účastníky akcí organizovaných Odbornou skupinou termické analýzy.

V rámci odborného programu zaznělo 12 odborných přednášek a bylo prezentováno celkem 7 plakátových sdělení. Plné texty nejen posterů, ale také přednášek byly vydány ve sborníku, který obsahuje 65 stran.

Seminář byl odborným přínosem pro všechny účastníky, neboť umožnil vzájemnou výměnu poznatků a zkušeností z oblasti termické analýzy a kalorimetrie a přispěl k zájmu o termickou analýzu. Poděkování za finanční podporu patří firmě Specion, s.r.o., kterou na semináři reprezentoval Ing. Jan Golda.

Podle zájmu účastníků je zřejmé, že metody termické analýzy poskytují v současné době velký prostor pro výzkum nebo charakterizaci nejrůznějších materiálů pro ce-

lou řadu aplikací nejen na úrovni základního výzkumu, ale také pro technologické účely. Stejně tak se ukázalo, že metody termické analýzy se intenzivně vyvíjejí a pronikají do stále širších oblastí výzkumu i aplikací.

Na tomto místě je také třeba vyslovit poděkování všem, kteří se podíleli na organizování semináře, zejména studentům a kolegům z Ústavu fyziky materiálů, a také všem zájemcům o tuto problematiku, neboť bez aktivní účasti nás všech by seminář postrádal smysl.

V roce 2023 se také uskutečnil 9. ročník společné termanalytické konference čtyř států (9th V4 Thermoanalytical Conference), který byl organizován společně s 3rd Journal of Thermal Analysis and Calorimetry Conference a celkově se ho ve dnech 20. až 23. června 2023 (Balatonfüred, Maďarsko) zúčastnilo téměř 230 vědců.

Další akcí byl sedmý ročník Central and Eastern European Conference on Thermal Analysis and Calorimetry (CEEC-TAC), který se konal na Fakultě chemické VUT v Brně ve dnech 28. až 31. srpna 2023. Tato konference byla věnována prof. Jaroslavu Šestákovi, a to u příležitosti jeho 85. narozenin. Konference se zúčastnilo téměř 200 účastníků.

Na webových stránkách OSTA (www.thermal-analysis.cz) lze najít další informace o odborné skupině včetně akcí z oblasti termické analýzy nejen v České republice, ale také ve světě.

Petra Šulcová

Odborná skupina termické analýzy při ČSCH

Odborná setkání

23. Společné setkání biofyzikálních chemiků a elektrochemiků

Ve dnech 1. a 2. listopadu 2023 se v Praze, v Ústavu fyzikální chemie J. Heyrovského, konalo již 23. Společné setkání biofyzikálních chemiků a elektrochemiků (Joint Meeting of Biophysical Chemists and Electrochemists). Tato tradičně dvoudenní konference přímo navazuje na předcházející každoroční setkávání konané v Brně na Masarykově univerzitě (MU) organizované prof. Libuší Trnkovou a její laboratoří pod názvem Workshop of Biophysical Chemists and Electrochemists. Hlavní lokalizace tohoto typu setkání v Brně je logická, protože na MU (a obecně v Brně a v Olomouci) má bio-elektrochemie hluboké kořeny, k čemuž logicky přispívá i brněnský Biofyzikální ústav AV ČR.

Protože ale v pražském Heyrovského ústavu je též silné biofyzikální oddělení, rozhodli jsme se na návrh prof. Trnkové tuto konferenci pořádat střídavě v Praze a v Brně. Letos jsme tedy spolu s doc. Radkem Šachlem a dalšími kolegyněmi a kolegy z Ústavu fyzikální chemie J. Heyrovského pozvali biofyzikální chemiky a elektrochemiky do Prahy.

Zatímco v Brně je biofyzikální chemie a elektrochemie již tradičně propojena, v Praze a obecně v Čechách jde o dvě vědecké komunity, které se společně na vědeckých setkáních prakticky nepotkají. Proto hlavní účel letošního setkání byl informativní – jaké projekty se ve které komunitě zpracovávají, aby bylo možné najít společná témata k interdisciplinární spolupráci. Jako první se nabízí problematika foto-redox procesů a redox katalýzy v biologických systémech a jejich modelech, dále některé meto-



Foto: Předávání Ceny Emila Palečka: (zprava) L. Trnková, E. Bártová, R. Šachl, R. Sebuyoya a J. Ludvík

dické přístupy (různé typy spektrometrie kombinované s elektrochemií), jejich miniaturizace pro použití *in vivo*, studium metaloproteinů a enzymů apod.

Ukázalo se, že zájem byl tak velký, že bylo těžké vystačit pouze se dvěma dny konference. Registrovaných účastníků bylo 85, řada dalších si přišla jen poslechnout vybrané příspěvky. Významným prvkem tohoto setkání byla jednak účast odborníků z mnoha institucí po celé ČR (Brno, České Budějovice, Liberec, Olomouc, Praha) a jednak kolem třiceti studentů z nejrůznějších univerzit a fakult.

Protože řada účastníků byla původem ze zahraničí (ať už přímo nebo zde studující), celá konference byla vedena v angličtině. Dvě hlavní plenární přednášky přednesli prof. Jiří Homola z Ústavu fotoniky a elektroniky AV ČR Praha a doc. Miroslav Fojta z Biofyzikálního ústavu AV ČR Brno. Dále bylo na programu 40 ústních příspěvků a kolem třiceti posterů. Součástí programu byla i soutěž studentů o nejlepší přednášku (Cena Emila Palečka), kterou



Foto: Předávání Ceny České biofyzikální společnosti: (zprava) E. Bártová, A. Blum, T. Dobrovolná, D. Sklenářová a L. Trnková

získal Ravery Sebuyoya z Tanzanie studující na MU Brno a v Masarykově onkologickém ústavu za práci „*Electrochemical dual detection platform for analysis of BRAF V600E point mutation in clinical samples using isothermal amplification techniques*“.

Studenti prezentující posterly měli též krátké dvou- až třímínutové ústní příspěvky („flash talks“), kde představili svoji práci a pozvali účastníky ke svým posterům. Z dvaadvaceti studentských prací získaly Cenu České biofyzikální společnosti tři studentky: Dorota Sklenářová (MU Brno) za práci „*Detection of prostate-specific antigen utilizing immunomagnetic assay with upconversion nanoparticles*“, Annika Blum (Martin-Luther-Universität Halle) za práci „*pH-sensitive polymers for drug delivery induce electrostatic lipid clustering, membrane permeability, aggregation and fusion of vesicles*“ a Tereza Dobrovolná (PřF UK a Ústav J. Heyrovského Praha) za práci „*Transition metal ion complexes of triazacyclononane bearing fluorinated pendant arms as potential redox active ¹⁹F MRI “smart” contrast agents*“. Na cenách se podílela i Česká společnost chemická.

Organizátoři i účastníci děkují za podporu zejména firmě Metrohm, a dále firmám Helago, ChromSpec a GenSeq. Celé setkání bylo velmi příjemné, několik vědeckých kontaktů už bylo navázáno, takže lze očekávat, že i další ročníky této série setkání budou přínosné.

Jiří Ludvík
Předseda Odborné skupiny elektrochemie
České společnosti chemické

19th International Conference on Polysaccharides and Glycoscience, 19th ICPG

Ve dnech 8.–10. listopadu 2023 se konala ve spolupráci České společnosti chemické s Ústavem sacharidů a cereálií Vysoké školy chemicko-technologické v Praze již devatenáctá konference věnovaná polysacharidům, ale i oligo-, monosacharidům a jejich aplikacím (19th International Conference on Polysaccharides and Glycoscience, 19th ICPG). ICPG se zaměřuje především na metody, které vedou k určení struktury a biologických aktivit a na aplikace polysacharidů v různých odvětvích průmyslu, např. v průmyslu potravinářském nebo farmaceutickém. Tato konference je již tradičně součástí skupiny EuChemS a organizace Chemistry Europe.

Letošní ročník proběhl na Novotného lávce 5, kde se konference zúčastnili vědci a vědkyně, odborníci/e a studenti a studentky z řady zemí po celém světě, například z Taiwanu, Finska nebo Portugalska. Konferenci otevřel svým projevem děkan Fakulty potravinářské a biochemické technologie VŠCHT Praha, prof. Jan Masák, který přivítal všechny účastníky. Dále pak následoval prof. Pavel Drašar, který hovořil o České společnosti chemické a o Chemistry Europe.

Mladí vědci měli možnost se zúčastnit soutěže Young Scientific Award, a to ve dvou kategoriích: přednáška

a poster. Sborníky plných textů a abstraktů byly v knižní podobě součástí konferenčních balíčků a budou zároveň dostupné i online ve formátu pdf.

Rádi bychom touto cestou poděkovali všem sponzorům, kteří se rozhodli podpořit konferenci 19. ICPG.

Pokusíme se, aby byl Sborník plných textů, i přes všechny komplikace v posledních letech, opět zahrnut do vědecké databáze Web of Science.

Věříme, že letošní konference splnila všechna vaše očekávání.

*Roman Bleha, Jana Čopíková a Evžen Šárka
za vědecký výbor konference*

Strategické partnerství Univerzity Karlovy v Praze a Macquarie University v Sydney v roce 2023

Jak již bylo dvakrát uvedeno na stránkách tohoto časopisu (Chem. Listy 115, 69 (2021) a 116, 84 (2022)), díky pokračující všestranné pomoci vedení Univerzity Karlovy, jejího rektorátu a zejména pracovníků Centra strategických partnerství na RUK (PhDr. Jaromíra Soukupa, Ph.D. a Mgr. Barbory Bednaříkové) se již několik let navzdory pandemii Covid-19 úspěšně rozvíjí projekt strategického partnerství naší UNESCO laboratoře elektrochemie životního prostředí při Katedře analytické chemie PŘF UK s laboratoří prof. Wonga (Department of Applied BioSciences, Macquarie University, Sydney, New South Wales, Australia). V roce 2023 byl vyvrcholením této spolupráce společný workshop uspořádaný na Katedře analytické chemie PŘF UK pod záštitou děkana PŘF UK prof. RNDr. Jiřího Zimy, CSc. Výsledky dosažené v rámci dosavadní spolupráce zaměřené na dnes neobyčejně aktuální problematiku nových elektrodoých materiálů a jejich uspořádání pro sledování biologicky aktivních organických sloučenin ve složitých maticích byly prezentovány prof. Wongem na prestižní mezinárodní konferenci Euroanalysis organizované Divizí analytické chemie Evropské chemické společnosti (DAC EuChemS) v srpnu 2023 v Ženevě. Powerpointové verze všech v programu uvedených prezentací jsou k dispozici u autora tohoto článku (barek@natur.cuni.cz). Z vědeckého hlediska byly pro naši stranu přínosné zejména příspěvky prof. Wonga zaměřené na problematiku pasivace miniaturních elektrod ve složitých maticích, square-wave voltametrii a elektrochemickou impedanční spektroskopii ve spojení s elektrochemickými biosenzory a na problematiku kompozitních elektrod na bázi nanotrubiček. Dle vyjádření prof. Wonga byly z hlediska jeho laboratoře velmi přínosné přednášky prof. Vyskočila zaměřené na elektrochemické DNA biosenzory pro detekci poškození DNA různými xenobiotiky a Dr. Fischera zaměřené na možnosti a omezení amalgamových elektrod. Hodnocení přednášek prof. Barka zaměřených na voltametrii a amperometrii biologicky aktivních organických sloučenin a na možnosti a omezení moderních elektroanalytických metod v environmentální analýze nepřísluší autorovi tohoto článku, který pouze doufá, že

jeho příspěvky přispějí ke stimulaci mladé generace k práci v této zajímavé oblasti. Příjemným zjištěním v této souvislosti je i zájem některých našich doktorandů o delší pobyt v laboratoři prof. Wonga na Macquarie University i zájem kolegů z jiných pracovišť (např. z Fyzikálního ústavu AV ČR) o problematiku řešenou v rámci tohoto projektu strategického partnerství. K propagaci jak elektroanalytické chemie, tak i našeho pracoviště na Univerzitě Karlově beze sporu přispěla i špičkové instrumentálně vybavená Demonstrační laboratoř Metrohm na Katedře analytické chemie PŘF UK.

Druhým vrcholem tohoto projektu strategického partnerství v roce 2023 byla série přednášek v rámci analogického workshopu pořádaného na Macquarie University v Sydney ve dnech 14.–23. listopadu 2023 během pobytu prof. Barka na tomto pracovišti. V tomto případě bylo těžiště na přednáškách prof. Barka, které byly orientovány na problematiku řešenou v UNESCO laboratoři elektrochemie životního prostředí s cílem seznámit australské studenty a kolegy s naší prací a jejími konkrétními výstupy. Případný zájem studentů ze Sydney o práci v naší laboratoři bych považoval za mimořádný úspěch vzhledem k jejich historické orientaci na Velkou Británii. Během pobytu prof. Barka v Sydney bylo dále intenzivně pracováno na přípravě společné publikace v impaktovaném časopise a zejména na další spolupráci v oblasti vývoje nových elektrod a elektrodoých materiálů pro sledování biologicky aktivních organických sloučenin v různých biologických a environmentálních maticích.

Lze konstatovat, že tento projekt strategické spolupráce přispívá ke zvýšení úrovně vědecko-výzkumné i pedagogické práce v naší laboratoři, mj. i vzhledem ke kompatibilitě vědecko-výzkumného zaměření obou laboratoří a jejich zájmu na dalším rozvoji tohoto strategického partnerství. Jak již bylo konstatováno v dřívějších článcích o tomto projektu, v laboratoři prof. Wonga na Macquarie University se můžeme my i naši studenti mnoho naučit v oblasti odborné, pedagogické i v oblasti sociální inteligence, mj. i vzhledem k jejich úzké návaznosti na tradičně kvalitní britské vysoké školství. Závěrem tedy s radostí konstatuji, že volba vedení Univerzity Karlovy na strategickou spolupráci s Macquarie University se osvědčila a doufáme, že nastartovaná spolupráce bude i v budoucnu úspěšně pokračovat.

Celý text v české i anglické verzi je i s obrázky uveden na www.chemicke-listy.cz/files/2024_01a.pdf a www.chemicke-listy.cz/files/2024_01b.pdf.

Tento projekt strategického partnerství byl podporován Univerzitou Karlovou v Praze, Centrem pro strategické partnerství, Fondem pro strategické partnerství s Macquarie University v Sydney. Je mou milou povinností poděkovat i firmě Metrohm ČR (www.metrohm.com/cs-cz) a jmenovitě jejímu řediteli Ing. Peterovi Barathovi, Ph.D. za podporu tohoto projektu strategického partnerství a řady dalších aktivit v naší laboratoři v rámci úspěšné spolupráce díky Demonstrační laboratoři firmy Metrohm

na naši fakultě. Mé poděkování patří i prof. V. Vyskočilovi a Dr. J. Fischerovi z UNESCO laboratoře elektrochemie životního prostředí za pomoc při organizaci tohoto workshopu i za příjemnou a plodnou spolupráci při realizaci celé série akcí souvisejících s tímto programem strategického partnerství, doc. K. Nesměrákovi z Katedry analytické chemie PŘF UK za organické a smysluplné propojení tohoto workshopu s velmi kvalitní mezinárodní studentskou konferencí (19th International Students Conference „Modern Analytical Chemistry“, Prague, 14–15 September 2023, viz <https://web.natur.cuni.cz/analchem/isc-mac/>), na které své výsledky prezentovalo čtyřicet dva přednášejících z deseti univerzit pěti evropských zemí (viz Chem. Listy 117, 657 (2023)).

Jiří Barek
Katedra analytické chemie PŘF UK v Praze

Brněnské onkologické dny, Konference pro nelékařské zdravotnické pracovníky, 1. až 3. listopadu 2023, Výstaviště Brno, PAVILON E

www.onkologickedny.cz

Na brněnském výstavišti proběhl 47. ročník Brněnských onkologických dnů (BOD) a 37. ročník Konference pro nelékařské zdravotnické pracovníky. Podle zveřejněné statistiky se konference účastnilo 2333 účastníků. BOD se postupně stávají stále více mezinárodní konferencí pro rostoucí počet zahraničních účastníků. Pravidelnou součástí BOD je sekce zaměřená na laboratorní metody. Sekce byla organizována do dvou dní. Program 2023 byl zaměřen více chemickým směrem, než tomu bývalo v předešlých letech. V několika samostatných blocích byly prezentovány informace v širokém záběru laboratorních metod. V první sekci bylo diskutováno využití sekvenčních přístupů zaměřených na nádorová onemocnění asociovaná s nukleovými kyselinami. Ve skupině sdělení byly představeny různé přístupy v sekvenování včetně vysoce výkonných sekvenčních přístupů, které umožňují sekvenovat celé genomy v řádu několika hodin. V prezentaci bylo ukázáno i sekvenování za využití nanopórů, které výrazně zlevňuje tuto techniku s velmi dobrou spolehlivostí čtení sekvence. Jak je možné z literatury sledovat, na významu v diagnostice nádorových onemocnění budou pravděpodobně nabývat techniky tekuté biopsie. Ze vzorku tělní tekutiny jsou pomocí různých přístupů zachyceny volně cirkulující nukleové kyseliny (DNA, RNA). S ohledem na velmi nízké koncentrace těchto nukleových kyselin musí následovat nějaký přístup v namnožení specifického genu (pomocí PCR) nebo velmi senzitivní způsob detekce.

Další skupina sdělení byla zaměřena na mikrobiologickou problematiku a celkové chování patogenů s ohledem na jejich citlivost k antibiotikům. V prezentacích byla soustředěna pozornost na různé skupiny antibiotik z pohledu jejich dávkování. Popsáno bylo

také využití vybraných antibiotik a rezervních antibiotik pro vážné infekce způsobené odolnými patogeny. Bakteriální rezistence mohou být způsobeny různými faktory. Jako jeden z nich u infekce *S. aureus* je faktor Pantonův-Valentinův leukocidin. Tento faktor způsobuje jiné formování buněčné stěny a zvyšuje tak bakteriální rezistenci k používaným antibiotikům. Z pohledu mikrobiologického vyhodnocování chování byla vyřčena poznámka k pocitové změně ve vlastním chování patogenů s ohledem na jejich reakce s antibiotiky. Zaznělo několik poznámek k posuzování alergických reakcí na antibiotika, především penicilin. Tento fakt je významný právě při nasazování antibiotik při bakteriálních infekcích, kdy neprověřené potencionální alergie komplikují antibiotickou léčbu. Významnou skupinu patogenů pak představují mikroorganismy, které jsou asociovány s nádorovým onemocněním. Tato fakta byla diskutována s ohledem na virus papilomaviru (asociován s nádory děložního čípku) a *Helicobacter pylori*, který je asociován se vznikem zhoubných nádorů žaludku.

V několika pracích byly prezentovány klasické přístupy klinické biochemie. Parametr ICIS (Intensive Care Infection Score) pro diagnostické použití u sepse využívá hodnoty retikulocytů, hemoglobinu a železa z běžného hematologického profilu. Tato data by mohla být dalším přínosem pro sledování průběhu a závažnosti infekce. Ve dvou sděleních byl diskutován přístup pro měření hladiny kreatinu (enzymovou a pikrátovou metodou) a následného odhadu glomerulární filtrace eGFR. Prezentované výsledky stále ukazují na potřebu mít pozornost zaměřenou do této oblasti detekce kreatininu. Odhad eGFR je nutný s ohledem na správný farmakologický přístup při využití různých léčiv, z našeho pohledu především cytostatik. U enzymové i pikrátové metody může být měření kreatininu výrazně ovlivněno. Tento fakt byl detailněji diskutován na příkladech odhadu glomerulární filtrace u onkologických pacientů a jejich léčby.

V analytickém bloku prezentací byly diskutovány a popsány různé druhy variability v průběhu analýzy biologického vzorku (od variability způsobené vlastním analytickým měřením až po vlastní biologickou variabilitu). Vlastní biologická variabilita je různá u jedince, ale také u populace. Vyhodnocování velkého množství dat umožňuje využít matematické a statistické metody pro zvýšení citlivosti a selektivity stanovení. Na příkladu analýzy lipidů hmotnostní spektrometrií ve spojení s kapalinovou chromatografií bylo možné rozlišovat nádorové a nenádorové buňky. Lipidomický profil ukázal, že pokud se někdy na povrchu buněk specifické znaky objeví, tak už zůstávají dlouhodobě zachovány.

Kromě prezentací formou přednášek bylo možné výsledky experimentální práce ukázat formou plakátového sdělení. Plakátová sdělení byla prezentována formou interaktivních tabulí s vyčleněným časem na případnou osobní prezentaci a diskusi.

Detailní program akcí konference BOD je dostupný na internetových stránkách setkání. Kromě toho byla k dispozici také mobilní aplikace MOU EDU pro rychlé

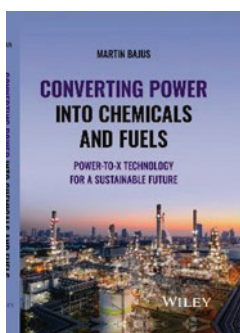
vyhledávání v programu konference. Abstrakta přijatá na konferenci jsou součástí sborníku abstrakt vydaného jako suplementum Klinické onkologie, který je dostupný na internetových stránkách časopisu.

*René Kizek
Fakultní nemocnice v Motole*

Akce v ČR a v zahraničí

Rubrika je k dispozici na webu na adrese <http://csch.cz/akce/seznam/>.

Recenze



Martin Bajus:
**Converting Power into
Chemicals and Fuels:
Power-to-X Technology
for a Sustainable Future**

August 2023, John Wiley & Sons Ltd., 512 pages, Hardcover, E-book.
ISBN-13: 978-1394184293

The book *Converting Power into Chemicals and Fuels: Power-to-X Technology for a Sustainable Future* concept covers the activities involved in taking surplus renewable electricity from wind, solar, water or nuclear energy and converting it into other energy carriers (the „X“) to be able to store the energy for later use and absorb energy fluctuations. Power-to-X is the next industrial revolution. Author: Martin Bajus. This edition first published in August 2023 by John Wiley & Sons Ltd., 512 pages, Hardcover, E-book and kindle.

This book starts with several pages of preface containing first a list of “General Literature”, then “Nomenclature” and finally a list of “Acronyms and Abbreviations”. These, together with the index at the end of the book, give a comprehensive guide to anything one is likely to come across. The author is to be commended for his efforts in this: unfortunately, few other authors follow his example. There are numerous illustrations in black and white and color.

Chapter 1 covers the fundamentals of chemical mechanisms as the basis of those processes. The disciplines are carbon dioxide thermodynamics, water electrolysis thermodynamics, methane pyrolysis reaction thermodynamic consideration, reaction kinetics and mechanism, catalysts, reactors and TRL. The green shift

in Power-to-Chemical Technology is explored in Chapter 2. Among the many useful chemicals that can be synthesized directly from carbon dioxide, are methane, methanol, higher alkanes, lower alkenes, formic acid, and formaldehyde. Chapter 3 explores store renewable energy. Chapter 4 examines the linkages between carbon dioxide sources, carbon dioxide capture processes, and carbon dioxide utilization. Chapter 5 covers integrated refinery petrochemical complexes including Power-to-X Technologies. Chapter 6 focuses on Power-to-Hydrogen Technology. Hydrogen plays a key role in many industrial applications and is currently seen as one of the most promising energy vectors. Chapter 7 demonstrates how hydrogen can be used for transportation in fuel cell vehicles (FCV), but can also react with carbon dioxide to form other fuels → Power-to-Fuels. Chapter 8 investigates the role of production of light alkenes. Thus, the low-carbon production of aromatics is the subject of Chapter 9. Chapter 10 examines the Power-to-C₁ chemicals. In Chapter 11, Power-to-Green Chemicals, critical role in the transition to a sustainable future is explored. Bioethylene production is based on bioethanol. In Chapter 12, the industrial and small modular reactors that will be the key to the successful transition to a circular economy are explored. Chapter 13 aims to cover the recent highlights in the field of waste plastics pyrolysis.

The author's talent, pedagogical mastery and technological experience were once again demonstrated. The emphasis is on concepts rather than on facts. Hopefully, this approach will stimulate in chemical engineering and those who play a large role in the field, such as graduates and technologists who work in or are interested in chemical technology. The next generation should invent and develop novel operations and processes.

Viktor Milata

Zákony, které ovlivní život chemiků

- 271/2023 Zákon, kterým se mění zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů (zákon o silničním provozu), ve znění pozdějších předpisů, a další související zákony
- 281/2023 Zákon, kterým se mění zákon č. 262/2006 Sb., zákoník práce, ve znění pozdějších předpisů, a některé další zákony
- 283/2023 Vyhláška o stanovení podmínek, při jejichž splnění jsou znovuzískaná asfaltová směs a znovuzískaný penetrační makadam vedlejším produktem nebo přestávají být odpadem
- 291/2023 Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 317/2005 Sb., o dalším vzdělávání pedagogických pracovníků, akreditační komisi a kariérním systému pedagogických pracovníků, ve znění pozdějších předpisů
- 299/2023 Vyhláška o stanovení výše paušální částky náhrady nákladů při práci na dálku pro rok 2023
- 305/2023 Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 88/2017 Sb., o provedení některých ustanovení zákona o vinohradnictví a vinařství
- 307/2023 Sdělení Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy o vyhlášení aktualizovaného seznamu výzkumných organizací schválených pro přijímání výzkumných pracovníků ze třetích zemí
- 311/2023 Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 261/2016 Sb., o tabákových výrobcích
- 312/2023 Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 366/2005 Sb., o požadavcích vztahujících se na některé zmrazené potraviny
- 330/2023 Nařízení vlády, kterým se mění nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, ve znění pozdějších předpisů
- 341/2023 Vyhláška o stanovení výše základních sazeb zahraničního stravného pro rok 2024

pad

Zprávy

Děkan Přírodovědecké Fakulty UK udělil stříbrnou pamětní medaili prof. Dr. Franku-Michaelu Matysikovi

Na návrh UNESCO laboratoře elektrochemie životního prostředí na PřF UK udělil děkan PřF UK prof. RNDr. Jiří Zima, CSc. stříbrnou pamětní medaili naší fakulty prof. Dr. Franku-Michaelu Matysikovi (Fakultät für Chemie und Pharmazie, Institut für Analytische Chemie, Chemo- und Biosensorik Universität Regensburg, <https://www.uni-regensburg.de/chemistry-pharmacy/analytical-chemistry/matysik/prof-dr-frank-michael-matysik/index.html>).

Frank-Michael Matysik je profesorem analytické chemie na Univerzitě v Regensburgu. Vystudoval chemii na Univerzitě v Lipsku, kde získal titul Ph.D. (1994) a v roce 2001 se habilitoval. Již v té době započala jeho spolupráce s Katedrou analytické chemie PřF UK iniciovaná profesorem Karlem Štulíkem. V roce 2008 přijal místo profesora na Univerzitě v Regensburgu na Katedře analytické chemie, chemo- a biosenzorů a rozhodující měrou se zasloužil o úspěšný rozvoj spolupráce mezi oběma pracovišti v oblasti moderních analytických metod. Jejím výsledkem je k dnešnímu dni 12 společných publikací v renomovaných mezinárodních časopisech v horních kvartilech vzniklých při pracovních a studijních pobytech našich zaměstnanců, postdoků a zejména studentů, ať už v rámci programu Erasmus, nebo v rámci specializovaných programů dobře financovaných bavorskou stranou. Zvláště významná je i vzájemná spolupráce obou pracovišť při organizaci společných tzv. cross-border seminářů pro studenty doktorského studia analytické chemie. Za

účast na tomto semináři, který je po odborné, kulturní i společenské stránce významným přínosem pro rozvoj našich studentů a jejich budoucí profesionální kariéru, naši studenti neplatí žádný registrační poplatek a krytí veškerých nákladů včetně ubytování a stravování zajišťuje prof. Matysik (jedná se řádově o 10 až 20 studentů z naší strany každý rok). Během posledních cca 10 let je v každém semestru na pracovišti prof. Matysika na dlouhodobém studijním pobytu minimálně jeden a často i dva až tři studenti či postdoci z naší fakulty za významného finančního příspěví z bavorské strany a vzhledem ke špičkovému instrumentálnímu vybavení laboratoře prof. Matysika, zejména v oblasti kombinace elektrochemie a hmotnostní spektrometrie a charakterizace nanostrukturovaných povrchů různých typů elektrod, je pro naši stranu tato spolupráce mimořádně výhodná.

Po odborné stránce patří prof. Matysik ke špičkovým evropským odborníkům v oblasti kombinace kapilární elektroforézy a hmotnostní spektrometrie, elektrochemických metod v průtokových uspořádáních a jejich aplikací na monitorování biologicky aktivních látek významných z hlediska ochrany lidského zdraví a životního prostředí. Je autorem více než 170 publikací s více než 2000 citacemi bez autocitací, H-index 32.

Výše uvedené skutečnosti jasně dokumentují, že prof. Matysik si udělené ocenění zaslouží ve vrcholné míře. Dovolují si touto cestou jménem svým i jménem široké komunity českých elektroanalytických chemiků poblaho-



prát k udělenému ocenění a ujistit prof. Matysika, že se těšíme na další spolupráci užitečnou pro obě univerzity a fakulty.

Jiří Barek

Vedoucí UNESCO laboratoře elektrochemie životního prostředí na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy

i&i Biotech Fund a Tensor Ventures investují do vývoje screeningové platformy „kardioidů“ od HeartBeat.bio, technologie pomůže při vývoji nových možností léčby kardiovaskulárních onemocnění

Tisková zpráva

Rakouská biotechnologická společnost HeartBeat.bio AG oznámila uzavření „Pre-Series“ investičního kola A ve výši 4,5 milionu EUR, na kterém se podílely fondy i&i Biotech Fund, Invest AG, aws Gründungsfonds II a Tensor Ventures. HeartBeat.bio vyvíjí platformu pro objevování léčiv kardiovaskulárního systému, ke které využívá takzvané kardiální organoidy a umělou inteligenci.

Financování umožní dokončení vysoce výkonné automatizované platformy pro objevování nových možností léčby významných kardiovaskulárních onemocnění, jako jsou např. léky indukované a genetické kardiomyopatie, infarkt myokardu či fibróza. Platforma celý proces vývoje léčiv zrychluje, zlevňuje s cílem vyšší míry klinické úspěšnosti.

Ačkoli jsou kardiovaskulární onemocnění celosvětově nejčastější příčinou úmrtí, vývoj nových léčiv je stále limitován díky nedostatkům studijních modelů reflektujících fyziologii srdeční tkáně. HeartBeat.bio přichází s řešením ve formě kardiálních organoidů (tzv. *Cardiod Drug Discovery Platform*), což jsou komplexní shluky orgánově specifických srdečních buněk reflektující patologii srdeční tkáně. Pomocí organoidů pak identifikuje a validuje nové léčebné cíle, vyvíjí inovativní léčiva anebo testuje toxicitu léků na zdravou tkáň (tzv. klinická studie v misce). To vše bez testování na zvířatech.

Ve spolupráci se společností Molecular Devices (3D Biology Innovation Hub) zaměřující se na vývoj plně automatizovaných systémů buněčných kultur CellXpress.ai vyvinula společnost HeartBeat.bio první plně integrovanou, vysoce škálovatelnou, standardizovanou platformu pro tzv. screening nových léčiv.

„Současná investice je důležitým potvrzením potenciálu naší technologie kardioidů, která může změnit paradigma vývoje kardiologických léků. Jsme hrdí na to, že jsme získali finanční prostředky od čtyř investorů, kteří mají finanční sílu pokračovat ve financování v dalším investičním kole, které je plánováno na rok 2025,“ říká Michael Krebs, generální ředitel společnosti HeartBeat.bio.

„Věříme, že technologie společnosti HeartBeat.bio má skutečný potenciál přispět k efektivnějšímu vývoji léků

na léčbu kardiovaskulárních onemocnění. Zároveň v ní vidíme i etický rozměr, neboť nasazení této technologie povede ke snížení počtu pokusů na zvířatech,“ komentoval aktuální investiční počín Tomáš Maršálek, finanční ředitel i&i Biotech Fund.

„HeartBeat.bio je start-up, ve kterém se prostřednictvím revoluční platformy setkává biotechnologie s hardwarovým inženýrstvím a umělou inteligencí, což jsou oblasti, které nás jako deep tech fond zajímají,“ dodává Roman Smola, spoluzakladatel fondu Tensor Ventures a pokračuje: „Investice do HeartBeat.bio je i v tomto segmentu naprosto výjimečná, máme proto velkou radost, že jsme se k ní mohli připojit. V budoucnu budeme hledat další podobné technologie, které mohou celosvětově změnit něco, co bylo dříve zcela nemyšlitelné.“

HeartBeat.bio od svého založení v roce 2021 získala dosud celkem 10 milionů EUR ze soukromých a veřejných zdrojů.



Výrobní jednotka DCPD v Litvínově se stala Nejlepší technickou stavbou roku 2022

Tisková zpráva

Jednotka na výrobu kapalného uhlovodíku dicyklopentadien (DCPD), kterou skupina ORLEN Unipetrol vybudovala ve svém chemickém areálu v Litvínově, byla oceněna titulem Nejlepší technická stavba roku 2022. Generálním kontraktorem stavby byla společnost Intecha. Soutěž letos již 19. rokem pořádala Inženýrská komora pod záštitu Ministerstva průmyslu a obchodu a Ministerstva pro místní rozvoj. V rámci hodnocení odborná porota hodnotila především technické provedení stavby, její funkčnost a použité technologie. Do letošního ročníku soutěže se přihlásilo rekordních 74 přihlášených inženýrských návrhů napříč odvětvími, přičemž do finálního hodnocení postoupilo 39 mimořádně kvalitních projektů. Jednotka na výrobu DCPD byla otevřena loni na podzim a hodnota investice do její výstavby dosáhla 831 milionů Kč.

„Z ocenění od Inženýrské komory máme velkou radost a vnímáme jej jako uznání celého týmu, který na výstavbě jednotky DCPD pracoval. Pro nás to neznamena pouze vítězství v soutěži, ale i uznání naší práce a snahy o inovace v chemickém průmyslu. Výstavbě jednotky předcházely mnohaletý výzkum a vývoj ve spolupráci s vědci z Vysoké školy chemicko-technologické v Praze. Námi navržený a realizovaný postup destilace dicyklopentadienu je docela unikátní. Jsem velmi rád, že jsme unikátnost tohoto výrobního řešení podtrhli výstavbou moderní, plně digitalizované výrobní jednotky, která je technologicky na vrcholu současných dostupných výrobních možností,“ řekl Tomáš Herink, člen představenstva skupiny ORLEN Unipetrol zodpovědný za výrobu, výzkum a vývoj.

Odborná porota ohodnotila projekt Cenou Inženýrské komory 2022, protože jde o výjimečnou novou technologickou stavbu. Podle ní jde o rozsáhlé dílo v podobě kompletního vybudování nové jednotky na výrobu DCPD, zahrnující práci našich autorizovaných osob oboru Technologická zařízení staveb. Toto jsou atributy, které porotu zaujaly natolik, aby stavba získala hlavní cenu.

„*Jedinečnost stavby spočívala mimo jiné v efektivní spolupráci akademické sféry, budoucího provozovatele a nás jako generálního dodavatele stavby. Na začátku byla myšlenka využít odpadní produkt z ethylenové jednotky na výrobu vysoce žádaného produktu. Investor zadal požadavek na komplexní realizaci na klíč, tedy postavit celou výrobní jednotku včetně velínu, tréninkového simulátoru, skladovacích zásobníků a distribučního terminálu,*“ řekl Richard Marcalík, vedoucí realizačního týmu společnosti Intecha, a přidal zajímavost: „*Velké překvapení nám přichystala historie místa výstavby. Při hloubení základů výrobní jednotky jsme narazili na nevybuchlou 250 kg vážící leteckou bombu z masivních náletů na konci 2. světové války. Celý areál ORLEN Unipetrolu bylo nutné evakuovat, přerušil se provoz mezi Mostem a Litvínovem a bomba byla pyrotechniky Policie ČR zneškodněna.*“

Do soutěže vyhlášené Českou komorou autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě se přihlašují projekty napříč spektrem od staveb pozemních, dopravních i vodohospodářských, staveb mostů a lávek až po stavby technologické. Porota v letošním ročníku udělila čtyři hlavní ceny, šest čestných uznání a jednu zvláštní cenu za ekologický přínos. Do letošního ročníku se zapojily projekty ze všech krajů České republiky a tradičně byly z větší části oceněny stavby, které lidem slouží od první chvíle.

„*Aniž bychom jako porota chtěli mít v portfoliu oceněných inženýrských návrhů všechny přihlášené autorizační obory, stalo se to skutečností a já jsem za to moc ráda. Zvláště si cením kolegů, kteří přihlásili zajímavé inženýrské návrhy z oboru Technologická zařízení staveb, přičemž nakonec jeden ze dvou těchto návrhů získal ocenění nejvyšší – hlavní cenu,*“ říká Ing. Renata Zdařilová, Ph.D., předsedkyně poroty České komory autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě.

Kapalný uhlovodík, který oceněná výrobní jednotka z litvínovského areálu vyrábí, je velmi žádaným produktem s vysokou přidanou hodnotou pro svoji širokou škálu využití např. v automobilovém průmyslu, stavebnictví, elektrotechnice, lékařství nebo i farmacii. Skupina ORLEN Unipetrol ho vyrábí v objemu až 26 tisíc tun ročně, čímž se zařadí mezi čtyři největší evropské producenty. Navržení a stavba složité provozní jednotky „na klíč“, včetně vybudování celé výrobní jednotky včetně velínu, tréninkového simulátoru, skladovacích zásobníků a distribučního terminálu na vymezeném prostoru závodu za pouhé dva roky shledala odborná porota ukázkou opravdového inženýrského umění.

ORLEN Unipetrol nyní v kinech: Napíná trailerová videa odhalí profesní příležitosti ve skupině

Tisková zpráva

ORLEN Unipetrol spustil nevšední náborovou kampaně, která vstoupila na plátna kin v Ústeckém kraji. Kampaně ve stylu filmových trailerů si klade za cíl ukázat, že zaměstnání v ORLEN Unipetrolu znamená nejen práci, ale také možnost stát se součástí inovativního světa energie a profesního růstu. Společnost, která je držitelem ocenění Zaměstnavatel roku 2023, divákům skrze atraktivní videa poskytuje vhled do toho, jak skupina mění svět energií a jakou roli v tom mohou hrát.

„*Naším hlavním záměrem této kampaně je vnést do náborového procesu něco nového a oslovit diváky v kině nejen vizuálně, ale i emocionálně. Chceme, aby naši potenciální zaměstnanci našli v ORLEN Unipetrolu více než jen pracovní místo. Jsme otevření pro všechny, kteří chtějí nejen pracovat, ale také zapojit se do projektů, které mají skutečný dopad na naši budoucnost. Chceme, aby naši zaměstnanci byli součástí této evoluce a mohli tak aktivně formovat budoucnost energetického odvětví,*“ říká Michal Chmiel, personální ředitel skupiny ORLEN Unipetrol.

Kampaně, která odstartovala v kinech Ústeckého kraje v září 2023, se řídí stylem filmových trailerů a představuje skupinu ORLEN Unipetrol jako atraktivního zaměstnavatele, který poskytuje mnohem víc než jen práci. Hlavními postavami těchto jedinečných videí jsou zaměstnanci skupiny ORLEN Unipetrol, kteří diváky motivují k připojení se do společnosti a představili jim, jak mohou aktivně přispět k vývoji energetického sektoru.

Diváci se mohou do kin těšit na následující zpracování:

1/ Operátor přeruší špionovi sabotáž

Zápletka: Nesympatický záporák se pokusí o sabotáž provozu ve společnosti, která nevyjde jen díky šikovnosti a připravenosti operátora.

Vzor k natočení traileru: Špionážní filmy.

Trailer je možné zhlédnout zde (<https://www.youtube.com/watch?v=MmrAjoEmqcc>).

2/ Skladník vyhraje závod vysokozdvížných vozíků

Zápletka: Druhé video představuje akčním způsobem práci skladníků s vysokozdvížnými vozíky. O napětí traileru se stará šarvátka i závod vysokozdvížných vozíků.

Vzor k natočení traileru: Rivalové, Rychle a zběsile, Le Mans a další závodnické bijáky.

Trailer je možné zhlédnout zde (<https://www.youtube.com/watch?v=q7HiJiYIqUk>).

3/ Postradatelní ve filmu, nepostradatelní v naší společnosti

Zápletka: Trojice hlavních hrdinů jde z vítězného boje. Zdánlivě nejsou tolik na očích, ale bez nich by svět nemohl existovat, pro provoz společnosti jsou naprosto nepostradatelní.

Vzor k natočení traileru: Postradatelní – slavná série s legendami akčních filmů.

Trailer je možné zhlédnout zde (<https://www.youtube.com/watch?v=PVKhUMrTvn0>).

ORLEN Unipetrol investuje do svých zaměstnanců moderním způsobem, zahrnujícím rozsáhlou paletu zaměstnaneckých výhod a aktivní podpory jejich osobního i profesního růstu. Tuto novou éru péče o své zaměstnance stále rozšiřuje o prvky, jako je podpora sportovního vyžití, dobročinných a dobrovolnických aktivit a aktivní angažovanosti ve společnosti. Nejlepší zaměstnavatel v České re-

publice ve své kategorii klade velký důraz i na rozvoj svých manažerských talentů, a to jak prostřednictvím interních programů, tak i díky úzké spolupráci s několika vysokými školami, jejichž studentům umožňuje vzdělávání v Univerzitním centru, které se nachází přímo v areálu litvínovské rafinérie, největšího chemického výrobního závodu v Česku.

Kontakt: Pavel Kaidl, tiskový mluvčí,
telefon: +420 736 502 520,
e-mail: pavel.kaidl@orlenunipetrol.cz

Členská oznámení a služby

Docenti jmenovaní od 2. 6. 2023 do 27. 11. 2023

Staženo ze stránek Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy
<http://www.msmt.cz/vzdelavani/vysoke-skolstvi/habilitacni-rizeni>

doc. Mgr. David Bednář, Ph.D.
pro obor Životní prostředí a zdraví

doc. Ing. Martin Bednářík, Ph.D.
pro obor Materiálové vědy a inženýrství

doc. dr. Pawel Bernard
pro obor Didaktika chemie

doc. RNDr. Lucie Brulíková, Ph.D.
pro obor Organická chemie

doc. RNDr., Ing. Petr Distler, Ph.D. *et* Ph.D.
pro obor Jaderná chemie

doc. Ing. Jan Honzíček, Ph.D.
pro obor Povrchové inženýrství

doc. PharmDr. Jiří Kos, Ph.D.
pro obor Lékařská chemie a biochemie

doc. Mgr. Oleksiy Lyutakov, Ph.D.
pro obor Materiálové inženýrství

doc. RNDr. Romana Sokolová, Ph.D.
pro obor Fyzikální chemie

Dr. rer. nat. Aleš Tichopád
pro obor Biomedicínské inženýrství

Profesoři jmenovaní s účinností od 12. 12. 2023

Staženo ze stránek Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy
<http://www.msmt.cz/vzdelavani/vysoke-skolstvi/rizeni-ke-jmenovani-profesorem>

prof. MUDr. Martina Bielaszewska, CSc.
pro obor Lékařská imunologie a mikrobiologie
na návrh Vědecké rady Univerzity Karlovy

prof. RNDr. Milan Gryndler, CSc.
pro obor Ekologie
na návrh Vědecké rady Jihočeské univerzity v Českých
Budějovicích

prof. Ing. Aleš Hanč, Ph.D.
pro obor Agrochemie a výživa rostlin
na návrh Vědecké rady České zemědělské univerzity
v Praze

prof. Ing. Michal Kohout, Ph.D.
pro obor Organická chemie
na návrh Vědecké rady Vysoké školy chemicko-
technologické v Praze

prof. Ing. David Kubička, Ph.D.
pro obor Chemické a energetické zpracování paliv
na návrh Vědecké rady Vysoké školy chemicko-
technologické v Praze

prof. Ing. *et* Ing. Ivo Kuřitka, Ph.D. *et* Ph.D.
pro obor Technologie makromolekulárních látek
na návrh Vědecké rady Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně

prof. RNDr. Miroslav Macka, Ph.D.
pro obor Biologická chemie
na návrh Vědecké rady Mendelovy univerzity v Brně

prof. Mgr. Alexandr Malijevský, Ph.D.
pro obor Fyzikální chemie
na návrh Vědecké rady Vysoké školy chemicko-
technologické v Praze

prof. RNDr. Markéta Martínková, Ph.D.
pro obor Biochemie
na návrh Vědecké rady Univerzity Karlovy

prof. Ing. Jakub Siegel, Ph.D.
pro obor Materiálové inženýrství
na návrh Vědecké rady Vysoké školy chemicko-
technologické v Praze

prof. Ing. Roman Sobotka, Ph.D.
pro obor Molekulární a buněčná biologie a genetika
na návrh Vědecké rady Jihočeské univerzity v Českých
Budějovicích

prof. RNDr. Zuzana Vargová, Ph.D.
pro obor Anorganická chemie
na návrh Vědecké rady Univerzity Karlovy

prof. Ing. David Vrba, Ph.D.
pro obor Biomedicínské inženýrství
na návrh Vědecké rady Českého vysokého učení technic-
kého v Praze

prof. Ing. Tomáš Weidlich, Ph.D.
pro obor: Environmentální chemie a inženýrství
na návrh Vědecké rady Univerzity Pardubice

Nově jmenovaní doktoři věd v chemických a příbuzných vědách

Staženo ze stránek AV ČR
<https://www.avcr.cz/cs/veda-a-vyzkum/vedecky-titul-dsc./Udelene-vedecke-tituly-Doktor-ved/>

V roce 2020 až 2023 udělila AV ČR titul doktor věd
(doctor scientiarum, ve zkratce DSc.) těmto chemikům:

RNDr. Lenka Maletínská, CSc., DSc.
pro obor molekulárně-biologické a lékařské vědy

Dr. Hervé Lesot, Ph.D., DSc.
pro obor molekulárně-biologické a lékařské vědy

Mgr. Emil Jeřábek, Ph.D., DSc.
pro obor fyzikálně-matematické vědy

MUDr. Pavel Vodička, CSc., DSc.
pro obor molekulárně-biologické a lékařské vědy

doc. RNDr. Ing. Martin Kalbáč, Ph.D., DSc.
pro obor chemické vědy

doc. RNDr. Pavel Dráber, CSc., DSc.
pro obor molekulárně-biologické a lékařské vědy

Osobní zprávy

Prof. Ing. Ivan Stibor, CSc. (2. 2. 1944) se v únoru 2024 dožívá věku 80 let. Absolvoval VŠCHT Praha v roce 1966, kandidátem věd je od roku 1973. Na Katedře organické chemie pracoval jako odborný asistent v letech 1971–1982, kde se v té době zabýval chemií heterocyklických sloučenin a organickou elektrosyntézou. Koncem 70. a počátkem 80. let byl významným členem kolektivu, který na VŠCHT Praha vyvíjel syntézu veterinárních a humánních prostaglandinů, jejichž výroba byla realizována v tehdejší Spolaně v Neratovicích. Poté přešel na Ústav organické chemie a biochemie ČSAV, kde se v kolektivu Dr. Jiřího Závady rozvíjel obor supramolekulární chemie v oblasti crown-etherů a kryptandů. V letech 1986/87 absolvoval roční stáž u profesora J.-M. Lehna (Université Louis Pasteur, Štrasburk). Po svém návratu pokračoval v problematice supramolekulární chemie. V roce 1990 se vrátil na Ústav organické chemie VŠCHT Praha, kde si založil vlastní skupinu supramolekulární chemie. Hlavním směrem jeho výzkumné činnosti pak bylo studium v oblasti kalixarenů, slabých interakcí a molekulárních komplexů. Habilitoval se, stal se vedoucím ústavu (1990–1994), děkanem FCHT a rektorem VŠCHT Praha (1994–1996). V roce 1998 byl jmenován profesorem. Prof. Stibor je autorem mnoha publikací, spoluauto-

rem učebních textů a monografií. Přednášel organickou chemii v základním kurzu, zavedl a přednášel předmět Molekulární design, pro který též napsal skripta. Své místo uvolnil v roce 2009, ukončil svoji činnost na VŠCHT



Foto: Prof. Ivan Stibor (první zprava)

Praha a v pedagogické a výzkumné aktivitě pokračoval v oblasti nanomateriálů na Technické univerzitě v Liberci. Souběžně však přitom ještě spolupracoval s prof. Michlem na Ústavu organické chemie a biochemie na problematice nanorotorů. Od roku 2022 je v důchodu.

Ivan má velké charisma a vždy byl středem pozornosti. Díky tomu přitahoval spoustu studentů a spolupracovníků, které dokázal nabudit pro své výzkumné projekty. Současně byl velmi společenský, rád tancoval, dokázal bavit společnost a bavit se. Hrál dobře na kytaru a přitom dokázal zpívat lidovky, ale hlavně své oblíbené písně z repertoáru Jaroslava Ježka. Proslavil se i ve sportu: ve vzpěračských soutěžích o Nejsilnějšího muže VŠCHT, rád surfoval a lyžoval a užíval si pobytů s dětmi a přáteli u moře. Byl skvělý plavec a ve vodě dováděl s dětmi, přitom od nich dostal přezdívku Hroch. Nejspíše na to konto začal sbírat hrochy všech typů, barev a materiálů, ať už šlo o hračky, nebo (pseudo)umělecké předměty. Hroch byl i součástí znaku jeho pracovní skupiny na VŠCHT.

Ivane, hodně zdraví!

*Za Ústav organické chemie VŠCHT Praha
Jiří Svoboda a Radek Cibulka*

Milý Ivane,

dovol i nám, abychom se připojili ke gratulantům k Tvým 80. narozeninám. My starší si pamatujeme, že jsi to za minulého režimu neměl jednoduché, a proto nás velmi těší, že sis to po jeho pádu dokázal vynahradiť. Vrátil ses na VŠCHT Praha, založil jsi naši skupinu supramolekulární chemie, byl jsi dlouhá léta vedoucím katedry, výborným a inspirativním pedagogem, trpělivým rádcem a mentorem, který svými nápady vždy dokázal posunout naši vědeckou práci kupředu. Díky Tvému entuziasmu navázala naše skupina mnoho mezinárodních kontaktů, byla součástí mnoha mezinárodních spoluprací a v neposlední řadě Tobě i nám umožnila zcestovat po konferencích pořádný kus světa. Tvůj nakažlivý optimismus nám pomáhal překonávat překážky a syntetické nezmary, vždy jsi uměl poradit a nasměrovat nás k úspěšnému řešení problémů. Za to vše Ti děkujeme a snažíme se pokračovat v Tvých šlépějích. Ze srdce Ti přejeme zdraví, abys mohl ještě dlouhá léta užívat života.

Jan Budka a Pavel Lhoták

Milý Ivane,

gratuluji Ti k Tvým osmdesátým Hromnicím. Při té příležitosti Ti chci poděkovat za všechno, co jsem mohl s Tebou v běhu let zažít – od ranního běhání ve Stromovce a zdvihání činek až po naše společné syntetické snažení v laborce. Kolik crownových kruhů jsme spolu navařili, od těch nejmenších až po ty obří! A práce s Tebou a vedle Tebe byla vždy příjemná a po všech stránkách přínosná. Z Tvé osoby vyzařovala energie, která nabíjela všechny kolem. Ze svých studentských začátků si pamatuji, jak jsi dovedl úspěšnou práci pochválit a jakou jsi byl oporou, když se nedařilo. Místo truchlení nad špatným syntetic-

kým výsledkem jsi ordinoval pečlivý rozbor použitého postupu a rychlou přípravu nového experimentu v lepším provedení. Schopnost se prát s nezmary vlastním aktivním přístupem i v běžném životě bylo Tvé krédo. V tom je Tvoje cenná rada do života, za kterou jsem Ti obzvláště vděčný.

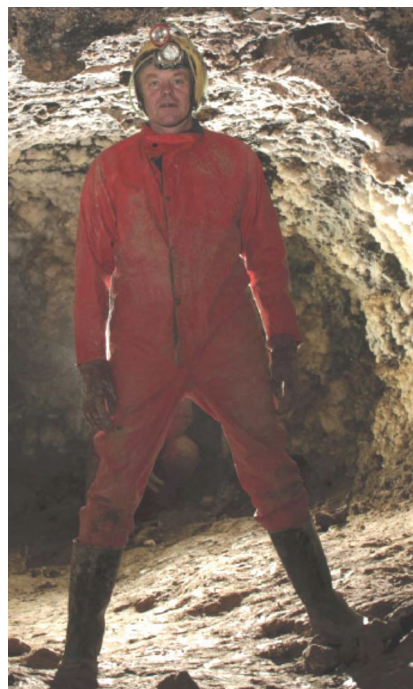
Hodně zdraví!

Petr Holý

Doc. RNDr. David Havlíček, CSc. oslavil 70. narozeniny

Doc. Havlíček patří k výrazným a nepřehlédnutelným osobnostem na Katedře anorganické chemie Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy v Praze. Absolvoval tuto katedru v roce 1977 a po roční základní vojenské službě absolvoval v letech 1978–1982 řádnou vědeckou aspiranturu na této katedře a v roce 1983 získal titul CSc. V letech 1982–1991 působil jako vědecký pracovník na Ústavu fyziky atmosféry ČSAV. Od roku 1991 je kmenovým zaměstnancem Katedry anorganické chemie na PŘF UK v Praze, nejprve jako odborný asistent (1991–2007) a po své habilitaci v roce 2007 až do současnosti jako docent.

Jeho pedagogická činnost je zaměřena na základní anorganickou chemii, chemii pevných látek, chemii atmosféry a krystalografii. Jeho vědecká činnost je zaměřena na práškovou rentgenovou difrakci, studium protonové vodivosti nově připravených látek, mineralogickou analýzu atmosférických prachů a na chemickou analýzu podzemních vod jako nástroje k hledání souvislostí mezi jes-



kyněmi. Absolvoval celou řadu dlouhodobých zahraničních pobytů a mezi jeho nejoblíbenější zahraniční destinace patří Bulharsko, Austrálie a Nový Zéland. Dobře známé jsou jeho vynikající aktivity v rámci České speleologické společnosti (od roku 1981 19 let v předsednictvu v různých funkcích včetně předsedy (1990–1992), nyní čestný člen).

Mám to štěstí, že znám Davida již 50 let a za nejvýraznější rys jeho pedagogického i vědeckého působení na naší fakultě považuji jeho zcela mimořádnou schopnost navázat velmi blízký a neformální kontakt se studenty a nadchnout je pro chemii a pro věci, kterými se zabývá. A i v dnešní době zcela jiných kritérií pro posuzování pedagogů na vysokých školách považuji právě tuto Davidovu schopnost za nejdůležitější. Typickým způsobem se odráží při jeho organizaci exkurzí našich studentů do nejrůznějších výrobních závodů, které jsou díky Davidovi i mimořádnou společenskou událostí výrazně zvyšující zájem studentů o chemii. A totéž platí i o zcela mimořádných a studenty obdivovaných zahraničních exkurzích, které David vždy bez ohledu na jejich délku realizuje svým nejoblíbenějším dopravním prostředkem – vlakem. A doufám, že kolegové upřednostňující při hodnocení vysokoškolských učitelů scientometrická kritéria mi prominou mé přesvědčení, že Davidova schopnost nadchnout a motivovat studenty je nejméně stejně tak důležitá jako kvartily jeho publikací.

Takže Davide, přeji Ti jménem svým i jménem rozsáhlé skupiny Tvých přátel a obdivovatelů v chemické komunitě hlavně to zdravíčko, abys mohl nadále inspirovat studenty a užívat si radosti v jeskyních, horách či ve vlnách do nejrůznějších exotických destinací.

Jiří Barek

*Předseda Odborné skupiny analytické chemie
České společnosti chemické*



Profesor Martin Kotora vplouvá do vod šedesátníků

V listopadu jsme oslavili důležitý mezník v životě profesora Martina Kotory, významné osobnosti v oboru organické chemie, který působí na Katedře organické chemie Přírodovědecké fakulty Univerzity

Karlovy. Je proto na místě připomenout jeho profesní dráhu, kterou započal na konci osmdesátých let minulého století, když se rozhodl pro aspiranturu v Ústavu teoretických základů chemické techniky ČSAV (dnes Ústav chemických procesů AV ČR). Po jejím ukončení krátce po sametové revoluci a otevření hranic neztrácel čas a vydal

se hledat nové zkušenosti do zahraničí. Po úspěšném působení v zahraničních institucích v Japonsku a USA (u pozdějšího držitele Nobelovy ceny prof. Negishiho) se vrátil na přelomu milénia zpět na Přírodovědeckou fakultu, kde byl roku 2006 jmenován profesorem. Od roku 2000 na Katedře organické chemie PřF UK vede skupinu katalýzy v organické syntéze, která si získala mezinárodní uznání a v současnosti se řadí mezi přední světová pracoviště v tomto oboru. Četná ocenění, která během své kariéry získal, svědčí o jeho vědeckém přínosu. V roce 2013 získal prestižní cenu Rudolfa Lukeše udělovanou Českou společností chemickou, v roce 2020 získal nejvyšší ocenění od Evropské chemické společnosti (Chemistry Europe Fellow), které je udělováno osobnostem, které zásadním způsobem přispěly k rozvoji chemického poznání, a v roce 2022 převzal z rukou rektorky Univerzity Karlovy nejvyšší univerzitní ocenění – Donatio Universitatis Carolinae. Martin Kotora se kromě výzkumu též intenzivně věnuje výuce organické chemie a syntézy, jejímž prostřednictvím se snaží dalším generacím chemiků předat potřebné zaujetí pro chemii. Vedle toho se též aktivně snaží studentům zpestřovat výuku pozvanými řečníky ze zahraničí. Tato iniciativa začala před více než dekádu, kdy zorganizoval na Albertově CRC International Symposium. Tehdy zde vystoupil laureát Nobelovy ceny prof. Negishi a řada dalších světově proslulých osobností, jako jsou profesori Enders, Hayashi a Yamamoto. Od té doby začal pravidelně zvat další renomované vědce z celého světa. Nedílnou součástí jeho pedagogické aktivity je též mentorská činnost. Jen za poslední dekádu pod jeho vedením úspěšně ukončilo studium 15 bakalářů, 14 magistrů a 22 doktorandů. Řada z jeho absolventů jsou úspěšné osobnosti jak v akademické sféře, tak v mezinárodních farmaceutických společnostech.

Martin Kotora je kromě svých profesionálních aktivit mezi svými přáteli a kolegy stejně proslulý svou živou osobností. Jeho charakteristickými vlastnostmi jsou činnost, systematický přístup a kritický pohled. Svůj názor se nebojí někdy ventilovat i za použití barvitěho jazyka. Ostatně proč bychom měli odvádět pozornost od reality hledáním vznešených formulací, když to nejvýstižnější je již na dosah? Martin má řadu zálib, ale jen některé jsou známy širší veřejnosti. Mezi ně patří horská turistika, horolezectví a mořeplavba, která mu učarovala do té míry, že je držitelem kapitánské licence. Z těch méně známých je třeba zmínit znalost japonštiny, umění fotografie a hra na elektrickou kytaru.

Milý Martine, u příležitosti Tvého životního jubilea Ti přejeme našim jménem a jménem všech kolegů do dalších let pevné zdraví a úspěšnou plavbu v osobním a profesním životě.

Jan Veselý a Jiří Míšek

Za prof. Ing. Dušanom Veličom, DrSc.

Posledný júlový deň roku 2023 sa stal posledným dňom v živote nášho priateľa, kolegu a bývalého predsedu Slovenskej chemickej spoločnosti (ďalej SChemS), prof. Ing. Dušana Veliča, DrSc. Osudnou sa mu stala jeho jedna z lások, a to jazda na motocykli, ktorú veľmi obľuboval najmä v teplých letných mesiacoch.

Dušan bol priamy a nekonvenčný človek, čo sa prejavilo aj v SChemS: po rokoch stagnácie prišiel pred 20 rokmi s prelomovou myšlienkou troch základných pilierov činnosti spoločnosti: usporadúvať spoločné **zjazdy** slovenských a českých chemikov vo Vysokých Tatrách znovu po roku 1989 ako vrcholné stretnutie chemikov, ďalej usporadúvať prednášky špičkových odborníkov na aktuálne témy pod názvom **Chemické horizonty** a vydávať kvalitné **periodikum** pre chemickú komunitu. Aj toto sa podarilo a pod názvom ChemZi sa stal jej doterajším a jediným predsedom Redakčnej rady. Jeho túžba, aby časopis niesol historické meno časopisu Spolku chemikov Slovákov, sa symbolicky splnila práve v týchto dňoch, keď sa pripravuje prvé číslo ChemZi – Chemické Zvesti. Za svoju aktivitu v SChemS bol viackrát ocenený, napríklad Medailou SChemS (2009), Medailou Daniela Belluša (2021) a od roku 2013 bol Čestným členom SChemS. Čestné členstvo (2007) udelené Českou spoločnosťou chemickou svedčí o Dušanovom vynikajúcom vzťahu s českými chemikmi, ktoré samozrejme kulminovali na spoločných zjazdoch chemikov na Slovensku alebo v Česku, kde mal veľa priateľov a spolupracovníkov.



Všetky tri jeho vízie existujú a dokazujú správnosť jeho myšlienky a veríme, že budú existovať ešte veľmi dlho, v zmysle motto: neodišiel ten, kto žije v myšlienkach či spomienkach, a Dušan takým naisto bude.

Nepochybne práve Dušanov elán a inšpiratívnosť zostanú pre nás chemikov tou „zlatou niťou“, ktorú budeme využívať a rozvíjať naďalej tie tri základné pilie-

re práce v SChemS, na ktorých sme sa s Dušanom v priebehu tých 20 rokov zhodli, a to aj po jeho neočakávanom predčasnom odchode.

Češť jeho pamiatke!

Viktor Milata

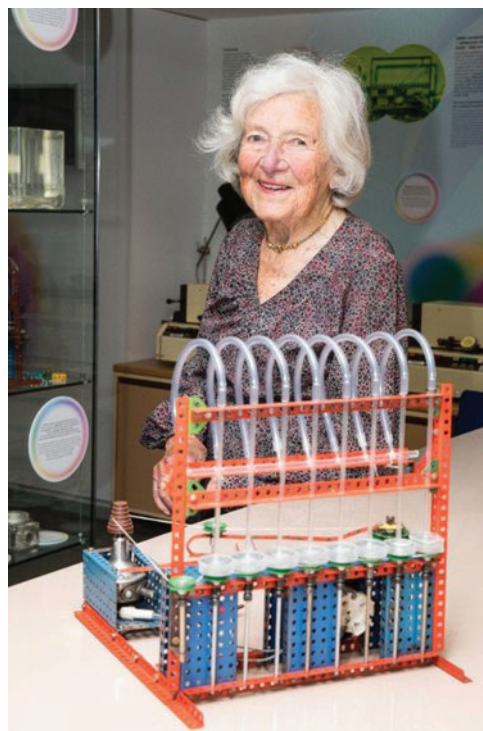
Poslední dopis paní Dr. Lindě Wichterlové

V pátek 24. listopadu 2023 zemřela v Praze ve věku 106 let prostějovská rodačka a vdova po akademiku Ottovi Wichterlovi (1913–1998), vědci v oboru makromolekulární organické chemie a vynálezci především kontaktních čoček a umělého polyamidového vlákna silon.

Vážená paní doktorko,

jak je v dnešní době zvykem, většina vánočních přání bude i letos putovat elektronickou poštou, psát i číst je budeme na digitálních zařízeních. Jenom zlomek těchto přání bude napsán na křídovém papíru a odeslán tradičním způsobem. V posledních letech jsem papírové přání psal už pouze Vám. Letos již to, bohužel, nelze, a tak Vás chci naposled oslovit alespoň tímto způsobem.

Měl jsem tu čest potkat se ještě při svých vysokoškolských studiích s Vaším manželem. To setkání ovlivnilo celý můj život, určitě profesní, ale nejen ten. Díky problematice kontaktních čoček a Ústavu makromolekulární chemie, který pan profesor založil, jsem se mohl potkat s řadou lidí, kteří utvářeli i můj život osobní. Váš muž mě svou osobností ovlivnil i lidsky a díky němu jsem mohl poznat i Vás a některé členy Vaší rodiny.



Zdroj: Archiv NTM

Každého setkání s Vámi jsem si velmi vážil. Tvořili jste s panem profesorem úžasný pár, byla jste mu oporou ve všem, co činil, starala se o něho, dohlížela, aby při své nezměrné aktivitě dodržoval doporučení lékařů. Jeho číno-rodý duch, věčně ponořený do řešení nějakého výzkumného problému, byl ochoten přerušit práci pouze z jediného důvodu: aby dodržel slib, že přijde včas k obědu, který jste nachystala. Byla jste okouzující hostitelkou a souzněli jste ve vzdělanosti i přirozené inteligenci, noblese, způsobu vyjadřování, vtipu i nadhledu. Vyzařovala z vás obou vzájemná láska a úcta. Měl jsem dojem, že se Vám v rámci rodiny podařilo vytvořit bezpečný přístav, který dával každému dostatečný osobní prostor a svobodu a přitom se do něj každý rád vracel. Byla jste jeho majákem i pevným bodem, kam se bylo možné uchýlit a hledat porozumění a podporu.

Z Vašich rukou vzešly první tisícovky odlitých gelových kontaktních čoček, z Vašich rukou jsem přijal úžasný reveňový koláč, z Vašich úst jsem slyšel mnoho moudrých a vlídných slov. Potkávali jsme se sice spíš vzácně, ale vždy to bylo milé setkání. Ať už při návštěvách ve střešovické vile, nebo na Stražisku, později, po skonu pana profesora, na mnoha akcích, které byly pořádány na jeho počest. Obdivoval jsem Vás v posledních měsících života pana profesora, když už na tom zdravotně nebyl dobře a Vy jste mu dokázala zprostředkovat kontakt s vnějším světem, vytušit jeho přání, interpretovat jeho myšlenky.

Obzvláště tehdy bylo zřejmé vaše duchovní sepjetí a propojení i Vaše starostlivá péče o něj.

Na těch již zmiňovaných vzpomínkových akcích mě vždy fascinoval Váš přehled, nadhled, jemný humor, neústupnost od pravdivě vyličené skutečnosti, kterou se někdy pokoušeli zástupci tisku trochu poupravit tak, aby lépe vyhovovala jejich předem připraveným konstrukcím. Vaše věta: „Ale kdepak, takhle to vůbec nebylo“ mě dodnes zní v uších.

Bohužel, v posledních letech už jste do společnosti nechodila, a tak jsem možnost osobního kontaktu s Vámi ztratil. Ale Vaši vlídnost, moudrost a laskavost si budu pamatovat vždycky. Stejně jako mě při vyslovení Vašeho jména zaplaví pocit úcty, obvyklý v situaci, kdy se potkáme s krásným člověkem v plném významu těch slov.

Čest Vaší památce. Budu na Vás vždy vzpomínat.

Váš Jiří Michálek



Vzpomínka na Ing. Bedřicha Fridricha

17. 9. 2023 zemřel ve věku 90 let po delší nemoci ředitel bývalého Ústavu pro výzkum, výrobu a využití radioizotopů (ÚVVVR), Ing. Bedřich Fridrich. Ing. Fridrich se narodil 6. 3. 1933 v Jindřichově Hradci a po vystudování střední školy nastoupil roku 1953 na Vojenskou technickou akademii (dnes Univerzitu obrany) v Brně, kde absolvoval se specializací radiochemie. Po absolvování nastoupil do Státního radiologického ústavu v Praze-Holešovicích, kde působil dlouhou dobu jako ředitel také akademik František Běhounek. Tento ústav byl v roce 1959 přejmenován na Ústav pro výzkum, výrobu a využití radioizotopů (ÚVVVR) a převeden z resortu ministerstva zdravotnictví do resortu ministerstva chemického průmyslu. Zde pracoval Ing. Fridrich jako vedoucí výroby radiových zářičů pro onkologii. V té době absolvoval v tomto oboru i jednorozční stáž v Kanadě. Poté v roce 1963 přešel do Československé komise pro atomovou energii (ČSKAE), kam nastoupil jako specialista do odboru pro využití ionizujícího záření, kde se stal později jeho ředitelem. Působil rovněž ve Stálé komisi pro atomovou energii, která sdružovala země východní Evropy. V roce 1983 byl jmenován do funkce ředitele ÚVVVR v již nově vybudovaných prostorách v Praze 10 – Hostivaři, o jejichž výstavbu se během svého působení v ČSKAE významně zasloužil. Po roce 1989 z ÚVVVR vzniklo v rámci privatizace několik nových firem, z nichž většina prosperuje úspěšně dodnes – např. Beckman Coulter ČR (původně Immunotech, s.r.o.) v oblasti diagnostických souprav RIA a ELISA pro medicínu, Eckert & Ziegler Cesio s.r.o. a Isotrend, které se věnují vývoji a výrobě uzavřených radionuklidových zářičů, NUVIA Dosimetry, která zajišťuje služby v oblasti osobní dozimetrie, nebo Inspektorát pro ionizující záření, který je nyní součástí Českého metrologického institutu. Řada oborů, které se v ÚVVVR za působení Ing. Fridricha rozvinuly, tak pokračují ve své činnosti úspěšně i nadále.

Jan Holub, Luděk Žilka

Výročí a jubilea

Jubilanti ve 2. čtvrtletí 2024

Uveřejněno se souhlasem jubilujících.

90

Ing. Jindra Čapková, (20.5.), Praha
prof. Ing. Jan Káš, DrSc., (26.5.), VŠCHT Praha

85

prof. RNDr. Jan Schraml, DrSc., (13.5.), Ústav
chemických procesů AV ČR, Praha

80

RNDr. Eva Juláková, CSc., (4.6.), Praha
Ing. Karel Kratzer, CSc., (11.6.), Praha
prof. RNDr. Pavel Beneš, CSc., (13.6.), Praha

75

Ing. Petr Teplý, CSc., (9.4.), Pardubice
Ing. Ladislav Cvak, Ph.D., (3.5.), Míhulka s.r.o., Opava
doc. RNDr. Vladimír Velebný, CSc., (10.6.), Contipro
a.s., Dolní Dobrouč

70

Ing. Alena Reissová, (6.4.), Kralupy n. Vltavou
Ing. Josef Vyhnálek, (15.4.), Plzeň
doc. Ing. Radovan Bílek, CSc., (16.4.), Praha
doc. Ing. Stanislav Kafka, CSc., (29.4.), Univerzita
T. Bati, Zlín

Mgr. Milan Klečka, (21.5.), Západočeská univerzita
Plzeň

RNDr. Petra Sázelová, CSc., (27.6.), ÚOCHB AV ČR
Praha

Ing. Jiří Reiss, CSc., MBA, (27.6.), Svaz chemického
průmyslu, Praha

65

prof. Ing. Miloš Sedlák, DrSc., (5.6.), Univerzita
Pardubice

60

Ing. Alexandra Kloužková, (2.4.), VŠCHT Praha

Srdečně blahopřejeme

11. mezinárodní chemicko-technologická konference

DEKARBONIZACE ENERGETICKY NÁROČNÝCH ODVĚTVÍ - GREEN DEAL,

- Dekarbonizace - konverze a skladování energií, zachytávání uhlíku a jeho použití
- Inovativní způsoby výroby vodíku s využitím obnovitelných a udržitelných zdrojů energie
- Oběhové hospodářství

ORGANICKÁ TECHNOLOGIE, PETROCHEMIE, APLIKOVANÁ KATALÝZA A ORGANICKÁ TECHNOLOGIE

- Ropa, plyn, uhlí – alternativní suroviny, nové technologie, biorafinerie, paliva, biopaliva
- Petrochemie a organická technologie – alternativní suroviny, nové technologie, nové a rozhodující produkty včetně výroby polymerů
- Aplikovaná katalýza a organická technologie

BIOTECHNOLOGIE, TECHNOLOGIE CHEMICKÝCH SPECIALIT

- Biotechnologie a biorafinace
- Syntéza a výroba léčiv
- Polymery, kompozity

NOVÉ MATERIÁLY, ZDROJE ENERGIE, VODÍKOVÁ STRATEGIE, POKROČILÉ PROCESY A APARÁTY, TECHNOLOGIE PRO OCHRANU PROSTŘEDÍ

- Anorganická technologie
- Materiálové inženýrství (včetně moderních kovových biomateriálů pro lékařské účely)
- Procesní inženýrství
- Technologie pro ochranu prostředí

EKONOMIKA CHEMICKÉHO PRŮMYSLU

- Ekonomika chemického průmyslu v nových podmínkách

15.-17. 4. 2024
průběh
konference

do
11. 3. 2024
zaslání
abstrakt

do
25. 3. 2024
zlevněný
poplatek

do
30. 6. 2024
zaslání
plných
textů

Registrace, formulář k zaslání abstrakt
a další informace na www.icct.cz



SBORNÍK PLNÝCH TEXTŮ V ELEKTRONICKÉ FORMĚ

Naším cílem je zveřejnit plné texty v angličtině v databázi Web of Science Clarivate Analytics. Plné texty budou po recenzi členy vědeckého výboru uveřejněny ve sborníku. Elektronický sborník (PDF) plných textů bude vydán v listopadu 2024 a umístěn na web konference.

SOUTĚŽ

na logo Školy hmotnostní spektrometrie – 2. kolo

Sekce hmotnostní spektrometrie SSJMM vyhlašuje soutěž na **návrh loga** Školy hmotnostní spektrometrie.

Škola hmotnostní spektrometrie:



Výuková akce pořádaná Spektroskopickou společností Jana Marka Marci určená pro začínající i zkušené odborníky v oblasti hmotnostní spektrometrie.

Podmínky soutěže:

- Použitá grafika musí mít jasnou souvislost s hmotnostní spektrometrií (např. spektrum, píky, elektrosprej, kvadrupól apod.). Grafiku (její vhodnost pro logo, souvislost s hmotnostní spektrometrií apod.) lze během přípravy návrhu konzultovat se Zadavatelem.
- Název lze použít ve formě „Škola hmotnostní spektrometrie“, „Škola MS“, nebo (nejméně preferovaná varianta) „MS Škola“.
- Nebudou použity barevné přechody.
- Pokud bude návrh v barevném provedení, bude zpracována i černobílá verze.
- Logo musí být univerzálně použitelné v různých velikostech (web, tašky, propagační předměty...).

Logo by podle účastníků 24. Školy MS mělo být:

Jednoduché, minimalistické, zapamatovatelné, srozumitelné, rozpoznatelné, nadčasové, elegantní, výstižné – na první pohled související s hmotnostní spektrometrií, barevné, ale ne příliš.

Formát:

Návrh bude odevzdán v elektronické podobě ve formě vektorové grafiky a současně ve formě náhledu v pdf souboru, kde bude logo zobrazeno ve dvou velikostech (velké, v průměru aspoň 15 cm, a malé, v průměru cca 2 cm). Pokud je barevné řešení jiné než černobílé, odevzdá soutěžící taktéž černobílou mutaci loga.

Termín:

Soutěžní návrhy je nutno doručit na adresu tajemníka Spektroskopické společnosti JMM Tomáše Vašiny (immss@spektroskopie.cz) nejpozději do **29. února 2024**.

Cena pro vítěze:

Peněžitá odměna **20 000,- Kč**.

Další podmínky:

Vyhlašovatel si vyhrazuje právo nevybrat žádný z předložených návrhů a neudělit cenu. Autor vítězného návrhu dává SSJMM souhlas k plnému využití díla a přenechává jim veškerá práva z díla plynoucí.

eXperientia
NADACE



VYCESTUJTE NA

ZAHRANIČNÍ STÁŽ

12 MĚSÍCŮ | PRESTIŽNÍ UNIVERZITA | VLASTNÍ VÝBĚR

MÁTE PH.D., PROJEKT V OBORU ORGANICKÉ,
BIOORGANICKÉ NEBO MEDICINÁLNÍ CHEMIE
A JE VÁM MĚNĚ NEŽ 35 LET?

PŘIHLASTE SE DO

15. BŘEZNA 2024

www.experientia.cz



eXperientia
NADACE



ZALOŽTE SI

VÝZKUMNOU SKUPINU

START-UP GRANT | 2 MIL. Kč ROČNĚ | PO DOBU 3 LET

VRÁTILI JSTE SE ZE ZAHRANIČNÍ STÁŽE,
MÁTE MAXIMÁLNĚ 7 LET OD UKONČENÍ PH.D. STUDIA
A PROJEKT V OBORU ORGANICKÉ, BIOORGANICKÉ
NEBO MEDICINÁLNÍ CHEMIE?

PŘIHLASTE SE DO

15. BŘEZNA 2024

www.experientia.cz



OBSAH**ÚVODNÍK**

- Chemické listy na cestě Open Access –
nový začátek** 1
A. Horecká a Ž. Procházková

REFERÁTY

- Proléčiva analogů nukleotidů** 3
F. Kalčic
- Lékové formy s elektronickým prvkem** 12
G. Koutná, J. Vysloužil a K. Kubová
- Johan August Strindberg – chemik** 17
M. Novák

PŮVODNÍ A METODICKÉ PRÁCE

- Zviditelňování daktyloskopických stop
na nábojnicích pomocí elektrochemicky
připravených polymerních filmů** 23
S. Hermochová, Š. Havlová, P. Hlavín,
P. Vrablic, J. Straus, M. Novotný a G. Broncová
- Použití spektrálních a separačních metod
k hodnocení jakosti hořčice bílé (*Sinapis alba* L.)** 28
L. Endlová, V. Vrbovský a A. Rychlá

VÝUKA CHEMIE

- Posouzení rizik možného úrazu při provádění
školních chemických pokusů s podporou databáze
bezpečných a didakticky ověřených postupů
e-Bedox** 35
P. A. Skřehot, P. Beneš, M. Bílek, M. Rusek,
K. Chroustová, J. Marek, Z. Hon a M. Skřehotová

CONTENTS**EDITORIAL**

- Chemické Listy on Its Way to Open Access –
a New Beginning** 1
A. Horecká and Ž. Procházková

REVIEW ARTICLES

- Prodrugs of Nucleotide Analogues** 3
F. Kalčic
- Delivery Systems with an Electronic Element** 12
G. Koutná, J. Vysloužil, and K. Kubová
- Johan August Strindberg – Chemist** 17
M. Novák

ORIGINAL AND METHODOLOGICAL PAPERS

- Visualization of Dactyloscopic Traces
on Cartridge Cases Using Electrochemically
Prepared Polymer Films** 23
S. Hermochová, Š. Havlová, P. Hlavín,
P. Vrablic, J. Straus, M. Novotný, and G. Broncová
- Application of Spectral and Separation Methods
to Assess the Quality of White Mustard
(*Sinapis alba* L.)** 28
L. Endlová, V. Vrbovský, and A. Rychlá

EDUCATION IN CHEMISTRY

- Risk Assessment of Potential Injury during
School Chemical Experiments Supported
by the Database of Safe and Didactically
Validated Procedures e-Bedox** 35
P. A. Skřehot, P. Beneš, M. Bílek, M. Rusek,
K. Chroustová, J. Marek, Z. Hon, and M. Skřehotová

BULLETIN ČESKÝCH CHEMICKÝCH SPOLEČNOSTÍ

BULLETIN OF THE CZECH CHEMICAL SOCIETIES

Spuštění nových výroben cyklohexylaminu a dicyklohexylaminu v BC MCHZ Ostrava a v závodě Wanhua, Yantai, Čína J. Pašek, B. Dvořák a L. Dluhoš	49	Start-up of New Cyclohexylamine and Dicyclohexylamine Plants at BC MCHZ Ostrava and at The Wanhua Plant, Yantai, China J. Pašek, B. Dvořák, and L. Dluhoš	49
Studium masivního skleníkového jevu na Venuši Z. Slanina	55	Studies of the Massive Greenhouse Effect on Venus Z. Slanina	55
Ze života chemických společností	57	From the Chemical Societies	57
Odborná setkání	57	Meetings and Conferences	57
Akce v ČR a v zahraničí	61	Meetings Calendar	61
Recenze	61	Book Reviews	61
Zákony, které ovlivní život chemiků	62	Laws that could Influence Life of Chemists	62
Zprávy	62	News	62
Členská oznámení a služby	65	Member Services and Announcements	65
Osobní zprávy	66	Personal News	66
Výročí a jubilea	71	Anniversaries and Jubilees	71

CHEMICKÉ LISTY • ročník/volume 118 (2024), čís./no. 1 • LISTY CHEMICKÉ, roč./vol. 148, ČASOPIS PRO PRŮMYSL CHEMICKÝ, roč./vol. 134 • ISSN 0009-2770, ISSN 1213-7103 (e-verze) • evidenční číslo MK ČR E 321 • Vydává Česká společnost chemická jako časopis Asociace českých chemických společností ve spolupráci s VŠCHT Praha, s ČSPCH a ÚOCHB AV ČR za finanční podpory Rady vědeckých společností ČR, Akademie věd ČR, Nadace Český literární fond a kolektivních členů ČSCH • IČO 444715 • Published by the Czech Chemical Society • VEDOUČÍ REDAKTOR/EDITOR-IN-CHIEF: V. Vyskočil • REDAKTORI/EDITORS: J. Barek, E. Benešová, P. Drašar, P. Holý, P. Chuchvalec, M. Jurásek, Z. Kolská, B. Kratochvíl, J. Masák, J. Podešva, P. Šmejkal; Bulletin: P. Drašar; Webové stránky: R. Liboska, V. Vyskočil • ZAHRANIČNÍ A OBLASTNÍ REDAKTORI/FOREIGN AND REGIONAL EDITORS: F. Švec (USA, ČR) • TECHNICKÁ REDAKTORKA/EDITORIAL ASSISTANT: R. Řápková • REDAKČNÍ RADA/ADVISORY BOARD: K. Bláha, L. Červený, E. Dibuszová, L. Grubhoffer, J. Hanika, Z. Havlas, M. Hof, Z. Hostomský, J. Káš, M. Koman, P. Konvalinka, J. Kotek, J. Koubek, J. Málek, P. Matějka, K. Melzoch, V. Pačes, M. Pospíšil, V. Růžička, P. Slaviček, I. Stibor, J. Zima, T. Zima • ADRESA PRO ZASÍLÁNÍ PŘÍSPĚVKŮ/MANUSCRIPTS IN CZECH, SLOVAK OR ENGLISH CAN BE SENT TO: Chemické listy, Novotného Lávka 5, 116 68 Praha 1; tel./phone +420 221 082 370, e-mail: chem.listy@csvts.cz • INFORMACE O PŘEDPLATNÉM, OBJEDNÁVKY, PRODEJ JEDNOTLIVÝCH ČÍSEL A INZERCE/INFORMATION ADS: Sekretariát ČSCH, Novotného lávka 5, 116 68 Praha 1; tel. +420 221 082 383, e-mail: chem.spol@csvts.cz, chem.ekonom@csvts.cz • PLNÁ VERZE NA INTERNETU/FULL VERSION ON URL: <http://www.chemicke-listy.cz> • TISK: Tisk TISK s.r.o., 5. května 1010, 563 01 Lanškroun • SAZBA, ZLOM: ČSCH, Chemické listy • Užití tohoto díla se řídí mezinárodní licencí Creative Commons Attribution License 4.0 • Cena výtisku 180 Kč, roční plné předplatné 2024 (12 čísel) 1810 Kč, individuální členské předplatné pro členy ČSCH 900 Kč. Roční předplatné ve Slovenské republice 96 EUR (doručování via SCHS), individuální členské předplatné pro členy ČSCH 73 EUR (doručování via SCHS), 96 EUR + poštovné (individuální doručování), ceny jsou uvedeny včetně DPH • DISTRIBUTION ABROAD: KUBON & SAGNER, POB 34 01 08, D-80328 Munich, FRG • Pokyny pro autory najdete na <http://www.chemicke-listy.cz>, zkratky časopisů podle Chemical Abstract Service Source Index (viz <http://cassi.cas.org/search.jsp>) • Chemické listy obsahující Bulletin jsou zasílány zdarma všem individuálním a kolektivním členům ČSCH a ČSPCH v ČR i zahraničí, do všech relevantních knihoven v ČR a významným představitelům české chemie a chemického průmyslu; v rámci dohod o spolupráci i členům dalších odborných společností • Molekulární námět na obálce (Světlem aktivovaný komplex ruthenia vázaný na DNA kvadruplex, McQuaid K. T. a spol.; <https://www.rcsb.org/structure/5ls8>): M. Štětina • Dáno do tisku 20.12.2023.



DESIGNOVÉ PRODUKTY S VĚDECKOU DUŠÍ



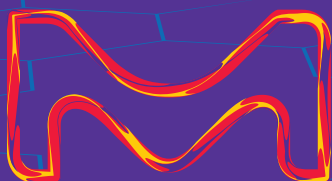
MERCK

discovery at your fingertips

Go beyond the literature with an AI-driven platform and accelerate synthesis design with SYNTHIA™ Retrosynthesis Software.

Experience SYNTHIA™ Retrosynthesis Software with a free individual trial.

Lite.SynthiaOnline.com



The Life Science
business of Merck
operates as
MilliporeSigma in
the U.S. and Canada.

Sigma-Aldrich®
Lab & Production Materials