

2/2022
ROČNÍK 31

METROLOGIE

VĚDECKÁ
LEGÁLNÍ
PRAKTICKÁ

Metrology in the Digital Era



Ing. František Jelínek, CSc. Metrologie v digitální době – téma Světového dne metrologie 2022.....	2
--	---

METROLOGIE V PRAXI

doc. Ing. Radomír Mendřický, Ph.D. Využití 3D skenování nejen pro kontrolu kvality	3
Ing. Bronislav Jurásek, Ph.D.; Ing. Ivan Čmelo, Ph.D.; doc. Ing. Martin Kuchař, Ph.D. Úvod do nových psychoaktivních látek	6
Ing. Jan Kučera, Ph.D.; Ing. Martin Hudlička, Ph.D.; Ing. Karel Dražil; Ing. Jiří Zikán; Bc. Tomáš Hrubý Novinky na OI Praha v oblasti elektrických veličin.....	10
Ing. Lenka Strnadová Šindelářová Výsledky projektu EMPRESS2 – Zlepšení měření teploty pro větší efektivitu průmyslových procesů.....	16

VĚDA A VÝZKUM

Ing. Milada Chudíčková, Ph.D. Prachové částice v aplikovaném a základním výzkumu	22
Ing. Jan Rusňák, Ph.D. RaDron – Miniaturní dron schopný lokalizovat zdroje ionizujícího záření	26

ZKUŠEBNICTVÍ

Mgr. Václava Holušová Program rozvoje zkušebnictví v roce 2021.....	29
Mgr. Václava Holušová Podpora státního zkušebnictví na Ukrajině v rámci Twinningového projektu Evropské unie	30

HISTORIE

Ing. František Hnízdil Sto let od přistoupení Československa k úmluvě o metrické konvenci	32
---	----

INFORMACE

Mgr. Svatava Lagronová Ph.D. Zdravotnické prostředky s měřicí funkcí na jednotném trhu EU – díl 3. „Legacy devices“	33
Mgr. Ing. Jan Rybář, Ph.D. prof. Ing. Stanislav Ďuriš, Ph.D „Všeobecná metrologia“ aneb Propojování teorie s praxí	35

Nabídka akcí ČMS na II. pololetí roku 2022

Ing. František Jelínek, CSc. Metrology in the Digital Era – the Theme for the World Metrology Day 2022	2
--	---

METROLOGY IN PRACTICE

doc. Ing. Radomír Mendřický, Ph.D. Using 3D Scanning for Quality Control and Beyond	3
Ing. Bronislav Jurásek, Ph.D.; Ing. Ivan Čmelo, Ph.D.; doc. Ing. Martin Kuchař, Ph.D. Introduction to New Psychoactive Substances.....	6
Ing. Jan Kučera, Ph.D.; Ing. Martin Hudlička, Ph.D.; Ing. Karel Dražil; Ing. Jiří Zikán; Bc. Tomáš Hrubý News at RI Praha in the Field of Electrical Quantities...10	
Ing. Lenka Strnadová Šindelářová Results of EMPRESS2 - Improving Temperature Measurement for Greater Efficiency	16

SCIENCE AND RESEARCH

Ing. Milada Chudíčková, Ph.D. Dust Particles in Applied and Basic Research	22
Ing. Jan Rusňák, Ph.D. RaDron - A Miniature UAV Capable of Locating Sources of Ionizing Radiation	26

TESTING

Mgr. Václava Holušová 2021 Testing Development Programme.....	29
Mgr. Václava Holušová Support for State Testing in Ukraine under the Twinning Project of the European Union	30

HISTORY

Ing. František Hnízdil 100 th Anniversary of Czechoslovak Accession to the Metric Convention.....	32
--	----

INFORMATION

Mgr. Svatava Lagronová Ph.D. Medical Devices with a Measuring Function in the EU Single Market - Part 3. “Legacy Devices”	33
Mgr. Ing. Jan Rybář, Ph.D. prof. Ing. Stanislav Ďuriš, Ph.D “General Metrology” or Linking Theory to Practice.....	35

The List of ČMS Events in the 2nd Half of 2022

METROLOGIE V DIGITÁLNÍ DOBĚ – TÉMA SVĚTOVÉHO DNE METROLOGIE 2022

Ing. František Jelínek, CSc.



Tým, organizující akce SDM, vybral pro letošní výročí podpisu Metrické konvence (20. dubna 1875) téma, které odpovídá jednomu z nejzajímavějších trendů v současné společnosti. Prudce se rozvíjející uplatnění digitálních technologií je svým způsobem revolucí i v metrologii.

Metrická konvence již v době svého podpisu ustavila rámec pro globální spolupráci ve vědě o měření a v jejích průmyslových, obchodních a společenských aplikacích. Cílem byla a je celosvětová jednotnost měření, a tento cíl zůstává dnes stejně důležitý jako v roce 1875. Soudobé prostředky poskytují k jeho dosažení nebývalé možnosti, ale i výzvy.

Digitální doba (éra) není ve skutečnosti fenoménem právě těchto let; současná revolučnost spočívá v masovém nasazení digitalizace v nejrůznějších oborech a v rostoucí rychlosti inovací. Přitom se věci rodily již v době minulých generací, počínaje prací filosofů a matematiků na číselných soustavách, přes krůčky a posléze kroky ve vývoji počítačů, v rozvoji metod přenosu signálů od amplitudových modulací k digitální televizi a rozhlasu, k internetu nebo chytrému telefonu... Tento vývoj byl často podmíněn vývojem zcela revolučních technologií – lze vysledovat cestu od reléových systémů přes elektronky, tranzistory až k integrovaným obvodům a mikropočítačům. Současně probíhal a probíhá vývoj programového vybavení, software. V měřicí technice a v metrologické praxi našla uplatnění digitální (tehdy se spíše říkalo číslicová) zařízení už v šedesátých letech minulého století; vzpomeňme třeba populární číslicový voltmetr MT100 a postupně, zpočátku klopotně, nasazení počítačů pro řízení měřicích systémů a pro zpracování dat.

Současným trendům digitalizace věnují pozornost i vrcholné orgány metrologie, Mezinárodní úřad pro váhy a míry (BIPM) a Mezinárodní úřad pro legální metrologii (BIML). Těmto otázkám je věnován úvodní text pro letošní Světový den metrologie (Martin Milton, ředitel BIPM a Anthony Donnellan, ředitel BIML).

Jedním ze základních kamenů digitální transformace je otevřená a transparentní výměna informací. Kdykoli jsou informace potřebné, musí být snadno dohledatelné a snadno přístupné ve formátu, který je interoperabilní a opakovaně použitelný. Data, která splňují tyto požadavky, jsou nyní známá jako „fair“ – tedy „spolehlivá“. Taková data potom lze uznat za důvěryhodná a mohou podpořit postupy otevřených dat.

Aby se dosáhlo největší účinnosti, s jakou jsou informace používány v novém digitálním světě, je nezbytné, aby všechny zdroje informací byly nejen čitelné pro člověka, ale také dostupné ve formátech, které mohou být čteny stroji. V takovém případě by na ně mohly reagovat i stroje a mohly by být použity jako základ pro nové aplikace umělé inteligence.

Příležitosti, které přináší digitální transformace, budou realizovány rychleji, pokud bude možné přizpůsobit globální infrastrukturu kvality tak, aby podporovala a využívala nové digitální technologie, které generují a využívají data, která jsou „fair“. Mezi ústřední složky národní a mezinárodní infrastruktury kvality patří i metrologie – věda o měření a její aplikace, která již začíná podporovat požadavky nové digitální ekonomiky.

Ukázkovým příkladem opatření na podporu digitální transformace je práce CIPM na vývoji digitálního rámce SI. Tento rámec bude založen na základní reprezentaci SI, včetně dohodnutých formátů pro základní datové prvky včetně hodnot, jednotek a nejistot na základě brožury SI. Umožní implementaci nových služeb NMI, BIPM a souvisejícími organizacemi, které nejlépe využijí otevřené datové formáty, softwarové nástroje a služby, které staví na základní reprezentaci SI. Takové služby umožní, aby data byla k dispozici pro analýzu, zlepšila se kvalita údajů a jejich transparentnost. Výsledkem digitálního rámce SI budou nové digitální aplikace, vyvinuté a nasazené v širší metrologické komunitě a ve výzkumných oborech.

Uplatňování rámců pro digitální měření na průmysl a spotřebitele je nedílnou součástí inkluzivní a důvěryhodné digitální transformace. Začlenění digitálních principů a postupů do dokumentárních norem a technických předpisů od samého počátku je oblastí, kterou OIML zkoumá.

Digitální certifikát shody, který dodržuje zásady „fair“, je součástí tohoto všeho. Digitální transformace metrologie může naší komunitě přinést mnoho výhod. Může například urychlit uvedení produktů a služeb měření na trh a zkrátit zpoždění spojená se schvalovacími procesy. To zase přispívá k inovacím, agilitě produktů a udržitelnosti. Tolik citace textu BIPM a BIML.

Mezi hlavní směry inovačního procesu patří dnes digitalizace výroby a digitalizace kontroly kvality. Jedním z používaných a rozvíjejících se procesů je 3D skenování. Tomu je, jako součást připomínky Světového dne metrologie 2022, věnován i následující článek.

VYUŽITÍ 3D SKENOVÁNÍ NEJEN PRO KONTROLU KVALITY

doc. Ing. Radomír Mendřický, Ph.D.

Technická univerzita v Liberci, Fakulta strojní, Katedra výrobních systémů a automatizace

Úvod

Kontrola jakosti výroby je bezesporu důležitým faktorem každého výrobního podniku. Až donedávna probíhalo měření rozměrové a tvarové přesnosti součástí v průmyslové praxi nejčastěji konvenčními metodami, tzn. například dotykovým způsobem pomocí souřadnicových měřicích strojů (zkratka SMS, nebo CMM). Tato zařízení sice stále poskytují jedny z nejpřesnějších výsledků, ne vždy je však možné je účelně použít. Jedním z možných úskalí může být měření tvarově složitých ploch, kde narážíme na principiální omezení způsobu získávání souřadnic bodů těmito přístroji. Další nevýhodou kontaktního způsobu kontroly je problematické měření poddajných těles, kdy může po najetí měřicí sondy a jejím mechanickém dotyku dojít k deformaci měřeného tělesa, a tak ke zkreslení výsledků měření.

Nejen z tohoto důvodu jsou v průmyslu v současnosti konvenční způsoby měření stále častěji nahrazovány nebo doplňovány speciálními bezkontaktními měřicími systémy, nazývanými jako *3D skenery*. Tato zařízení využívají pro určení souřadnic bodů v prostoru několika základních principů. Nejpoužívanějšími jsou pasivní nebo aktivní triangulace anebo optická interferometrie. 3D skenery umožňují převést fyzický reálný tvar objektu do podoby počítačového virtuálního 3D modelu. Výstupem procesu skenování tedy nejsou souřadnice pouze jednotlivých diskretních bodů jako u kontaktní metody, ale komplexní popis celé součásti ve formě velkého množství povrchových bodů.

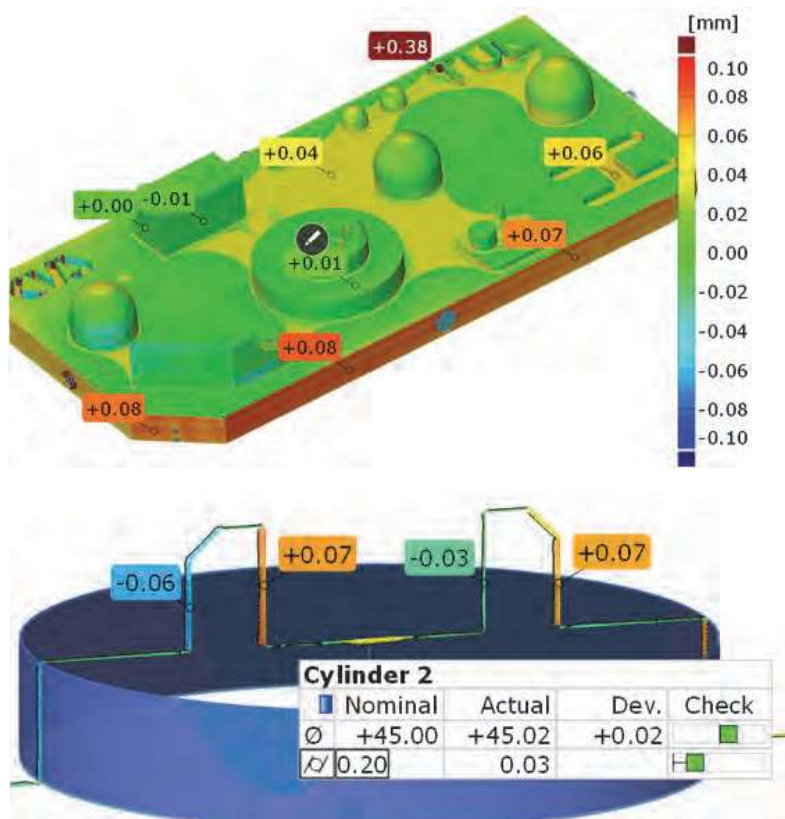
Způsob měření se s postupem doby vyvíjí. Kromě přesnosti je volba vhodné kontrolní metody ovlivněna i dalšími faktory, jako je rychlost měření, potřeba kontroly tvarově složitých ploch, automatizace celého kontrolního procesu atd. (**obr. 1**) [1]. V případě, že má model vytvořený digitalizací sloužit k inspekci (kontrola) jakosti výroby, je nutné zajistit, že bude co nejpřesnější „virtuální kopii“ reálného dílu. Toho docílíme pouze výběrem vhodného zařízení a dodržením správných postupů a strategie při samotném skenování. Pro korektnost celého procesu inspekce a dosažení spolehlivých výsledků jsou ale neméně důležité i další kroky inspekce, do nichž lze zahrnout např. editaci modelu, jeho vyrovnání v rámci souřadného systému a způsob výpočtu inspekčních prvků nebo tolerancí tvaru a polohy.

Oblasti využití 3D skenování

Bezkontaktní 3D skenery se v současnosti využívají k relativně přesné, a především rychlé digitalizaci fyzických objektů o velikosti milimetrů až metrů a přenosu jejich tvaru do virtuálního počítačového prostředí. V něm je možné modely dále editovat, vyhodnocovat, modelovat či archivovat. Výstupem procesu skenování jsou v první fázi body na povrchu skenovaného objektu, o vypočítaných souřadnicích X, Y a Z, tzv. *mrak bodů*. Z něho je dále možné vypočítat tzv. *polygonální síť* (neboli *mesh*, známé také jako formát STL). Přímá práce s těmito modely je však vzhledem k objemu a formátu dat ve většině CAD/CAM softwarech komplikovaná až nemožná. Pro



Obr. 1: Trendy ovlivňující volbu měřicí metody



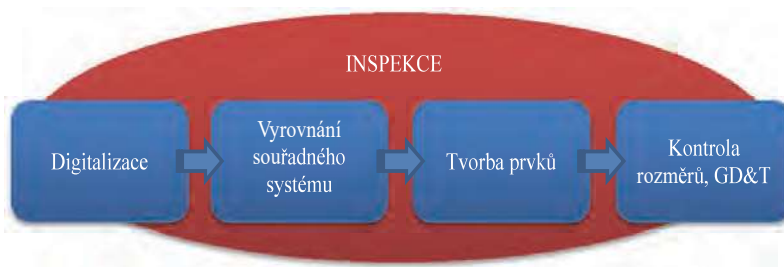
Obr. 2: Barevná mapa odchylek (nahore), inspekční řez, rozměrová inspekce válcových elementů (dole)

editaci, inspekci nebo následné modelování (reverzní inženýrství) se proto využívají specializované, pro tyto účely specificky vyvinuté programy [2].

3D digitalizace má využití v nejrůznějších průmyslových oborech, jakými je např. metrologie, kvalita, výroba, konstrukce, technologie apod. Skenovat lze v podstatě jakékoli strojní díly a součásti – výlisky, výkovky, obrobky, nástroje nebo formy. Data získaná skenováním mají široké využití především v oblastech komplexní kontroly geometrické přesnosti výrobků (tzv. inspekci), kontrole kvality výroby a funkčnosti celků, při vývoji a inovaci nových produktů, v designu, při modelování metodou reverzního inženýrství, v opravárenství, při verifikaci simulací vstřikování plastů nebo tažení plechu atd. Bezkontaktní optická zařízení nachází uplatnění i mimo průmyslová odvětví

a jsou často využívána v medicíně a stomatologii, stejně jako při rekonstrukci reálného povrchu objektu v různých počítačových aplikacích.

V případě kontroly tvaru a rozměrů vyrobené součásti lze poměrně jednoduše provádět grafické porovnání naskenovaných dat s původním CAD modelem formou tzv. barevných map odchylek (**obr. 2 nahoře**), inspekčních řezů, obrysových a kontrastních křivek, odchylek bodů atd. (**obr. 2 dole**). Vzhledem k velkému množství změřených bodů na povrchu součásti mohou být tato vyhodnocení v porovnání s kontaktní metodou velmi komplexní a mohou poskytovat podrobnější informace o každém místě povrchu objektu. Kromě grafického porovnání lze na datech samozřejmě provádět klasickou rozměrovou kontrolu formou rozměrových a úhlových kót a výpočet tolerancí tvaru a polohy (GD&T). Výstupem inspekce je nejčastěji protokol o měření součásti, který obsahuje číselné (nominální a aktuální rozměry, tolerance, odchylky) a grafické výstupy inspekce. Pro počítačovou inspekci (CAI) je třeba použít software umožňující práci s mrakem bodů či polygonální sítí. Z nejčastěji používaných lze jmenovat GOM Inspect, Polyworks Inspector, Metrolog X4, Geomagic Control X, VX Inspect, Zeiss Calypso atd.



Obr. 3: Dílčí kroky inspekce s využitím bezkontaktních 3D skenerů



Obr. 4: Využití 3D skenování pro 3D tisk

Celý proces inspekce s využitím bezkontaktních 3D skenerů se skládá z několika dílčích kroků. Prvním z nich je volba vhodného systému pro skenování, následuje samotný proces digitalizace a nakonec na řadu přichází zpracování a vyhodnocení takto získaných dat. Pokud v jakékoli fázi nedodržíme doporučené postupy nebo se dopustíme chyby, ovlivní to kvalitu a přesnost celé inspekce.

Vzhledem k tomu, že polygonální STL data jsou používaným vstupním formátem pro aditivní technologie, lze naskenovaná data bez větších úprav využít k přímému 3D tisku. Zde však samozřejmě záleží na kvalitě naskenovaného modelu. Ve většině případů je nutné před vlastní výrobou 3D data upravit, tzn. odmazat šum, opravit defekty, uzavřít otvory a neoskenovaná místa, případně jinak model editovat (zrcadlit, upravit měřítko apod.). Při využití specializovaných CAM aplikací lze data ve formátu STL využít i k přímé tvorbě NC programu a následnému obrábění.

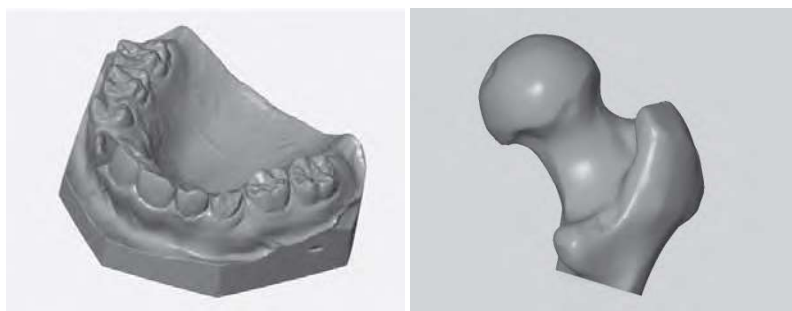
Další charakteristickou oblastí užití výstupů 3D digitalizace je *reverzní inženýrství* (také RE, Reverse Engineering, zpětné inženýrství). Na rozdíl od klasického strojírenského postupu, kdy strojní součást vzniká přímo z 2D výkresu nebo 3D modelu (většinou pomocí CAD/CAM systémů) a končí výrobou reálné součásti, je proces reverzního inženýrství přesně opačný. 3D model součásti vzniká na základě digitalizace reálného modelu (dílu) a následného převodu do 3D CAD dat. Této metody se dnes často využívá z důvodu tvorby chybějící výkresové dokumentace, při



Obr. 5: Oblast využití metod reverzního inženýrství

aktualizaci CAD modelu, renovaci forem, nástrojů, realizaci fyzikálních zkoušek apod. Tento postup je volen také v případě různých designových modelů – pro převod ručně vyrobených předloh (např. hliněných či sádrových návrhů, koncepčních studií) do 3D grafické podoby k dalšímu zpracování (např. při návrhu designu karoserie automobilu).

Kromě technických oborů se v neposlední řadě výstupy z 3D skenování využívají také v lékařství či stomatologii při návrhu implantátů (příklad **obr. 6**), plánování operací apod. Uplatnění nachází ale i designu, v umění, kultuře, architektuře a archeologii, kde jsou data použita např. pro archivaci a dokumentaci historických artefaktů, soch, ale i budov, archeologických nalezišť apod. (příklad **obr. 7**).



Obr. 6: Využití 3D skenování v lékařství.



Obr. 7: Využití 3D skenování v designu.

Výhody a nevýhody

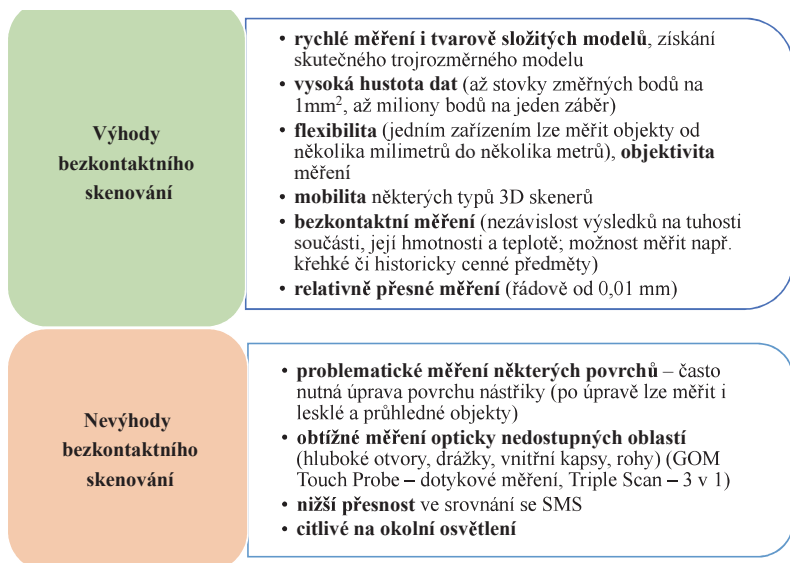
Výhodou 3D skenování je především to, že nezáleží na tuhosti měřené součásti, neboť mezi měřicím zařízením a součástí nedochází k žádnému dotyku. K dalším přednostem patří vysoká rychlost snímání bodů – často stovky tisíc až miliony bodů během několika sekund. K nevýhodám lze naopak zařadit obtížné snímání špatně přístupných míst (hluboké dutiny, rohy apod.) nebo komplikovanější měření objektů s nevhodným povrchem (lesklé, průhledné, tmavé povrchy). Tuto nevýhodu lze zčásti eliminovat používáním antireflexních nástřiků [2].

Závěr

Ať již konvenční měření s využitím souřadnicových měřicích strojů či dnes moderní bezkontaktní 3D digitalizace jsou důležitou složkou téměř každého výrobního procesu, často již od fáze návrhu (designu) výrobku, přes ověřování a prvotní prototypovou výrobu až po kontrolu v procesu sériové produkce. Průmyslová výroba by bez užívání metrologických postupů v silném konkurenčním prostředí neuspěla. Proto je nezbytné, aby každý výrobní podnik měl útvar věnující se této problematice. Tak jako ve všech odvětvích, tak i v oblasti měření a kontroly je možné získat konkurenční výhodu kvalifikovaným používáním nejmodernějších zařízení a metod, které mohou zvýšit produktivitu a efektivitu celého výrobního procesu.

Používání systémů pro 3D skenování doznalo v posledních letech značného rozvoje. Optická digitalizace se postupně rozšířila z univerzitních laboratoří přes oddělení vývoje nových produktů až do sériové výroby a dílenského prostředí podniků. S tím souvisí důraz na vysokou uživatelskou přívětivost systémů, při zachování dostatečné robustnosti a spolehlivosti měřicího procesu. Důsledkem je zvyšující se míra automatizace jednotlivých kroků skenovacího procesu, jednodušší kalibrační procedura či snazší konfigurace systému. Nové generace přístrojů se zpravidla chlubí vyšší rychlostí skenování, vyšším rozlišením, popřípadě vyšší přesností.

Snahou výrobců je také zavádět takové technologie, které by umožňovaly digitalizovat opticky nevhodné objekty bez nutnosti jejich úpravy pomocí antireflexních nástřiků. K tomu jsou využívány např. specifické barvy (vlnové délky) světla projekčních jednotek, objevují se speciální režimy pro rozpoznání a eliminaci odlesků na součásti, nebo pokročilé algoritmy při zpracování obrazu. Za účelem zvyšování produktivity a účinnosti kontroly je globálním trendem zvyšující se míra automatizace celého inspekčního procesu. Může se jednat o částečnou automatizaci s využitím různých periférií (řízených otočných stolů) či kooperativního



Obr. 8: Výhody a nevýhody bezkontaktního skenování

robota nebo o plnou robotickou automatizaci. Takové řešení lze pak využít např. pro plně automatickou kontrolu ve výrobní lince. To přináší změnu myšlení a uspořádání pracovišť ve výrobě. Zatímco v minulosti bylo běžné, že měření probíhalo nezávisle na výrobním taktu v měrové laboratoři, dnes je typické přibližovat měřicí proces výrobě a mít in-line kontrolní pracoviště jako bezprostřední součást výrobní linky. Pokud budou výrobky kontrolovány v reálném čase přímo ve výrobní lince, lze díky vizualizaci dat a sledování trendů odhalit vznikající problém a odstranit jeho příčinu dříve, než dojde k výrobě zmetků [3]. Smyslem a cílem těchto kroků je vyšší míra automatizace výrobního procesu, zvýšení kvality a produktivity.

Literatura

- [1] MENDŘICKÝ, Radomír. *Faktory ovlivňující přesnost měření optickými 3D skenery* [online]. Liberec, 2020. Habilitační práce. Technická univerzita v Liberci.
- [2] MENDŘICKÝ, Radomír a Petr KELLER. 3D skenery pro použití v průmyslu. *AUTOMA – časopis pro automatizační techniku*. 2015, 2015(12), 34–374. ISSN 1210-9592.

- [3] HRČKA, Marián. Měření v rámci celého výrobního řetězce. *MM Průmyslové spektrum* [online]. Březen 2019, 40–44. ISSN 1212-2572.

Na Katedře výrobních systémů a automatizace (fakulta strojní, Technická univerzita v Liberci, <http://www.ksa.tul.cz/>) se výzkumu, vývoji a aplikacím spojeným s využíváním systémů bezkontaktní digitalizace zabýváme zhruba 15 let. Za tu dobu se nám podařilo vybudovat moderní laboratoř 3D optického měření a digitalizace, vybavenou profesionálními 3D optickými a laserovými skenery, systémy pro fotogrammetrii, multisenzorovým souřadnicovým měřicím strojem Zeiss a mnoha softwary pro zpracování dat z 3D skenerů a reverzní inženýrství. Laboratoř je komplexním pracovištěm na TUL pro řešení úkolů 3D digitalizace a inspekce určených pro vědu a výzkum, výuku a průmysl. Hlavní pozornost je věnována především otázkám strategie celého řetězce inspekce a jeho vlivu na přesnost měření s využitím optických 3D skenerů. Na toto téma bylo řešeno mnoho závěrečných studentských prací a publikována řada článků v odborných časopisech. V rámci smluvního výzkumu také v této oblasti spolupracujeme s mnoha desítkami firem nejen z ČR.



ÚVOD DO NOVÝCH PSYCHOAKTIVNÍCH LÁTEK

Ing. Bronislav Jurásek, Ph.D.¹, Ing. Ivan Čmelo, Ph.D.², doc. Ing. Martin Kuchař, Ph.D.¹

¹ *Laboratoř forenzní analýzy biologicky aktivních látek, Ústav chemie přírodních látek, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze*

² *CZ-OPENSCREEN: Národní struktura chemické biologie, Ústav informatiky a chemie, Fakulta chemické technologie*

Abstrakt

Nové psychoaktivní látky změnou své struktury obcházejí legislativu, avšak kvůli své toxicitě často představují významné riziko pro populaci. Toxicita může být v některých případech velmi vysoká (jmenovitě například u analog fentanylů), a některé z těchto látek tak mohou představovat významné riziko pro společnost, pokud by se dostaly například do rukou teroristů. Jelikož jsou nové psychoaktivní látky poměrně dostupné a lze je nakoupit on-line bez nutnosti interagovat s dealerem, ještě více narůstá tlak na toxikologická centra a represivní složky státu, aby byly schopny identifikovat/kvantifikovat v současnosti přibližně 830 těchto látek nejenom v neznámém pevném vzorku, ale také v různých matricích.

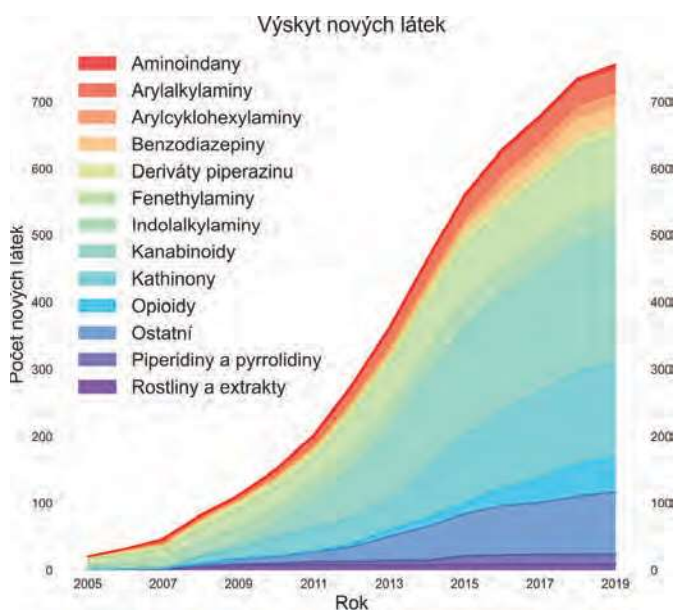
Klíčová slova: NPS, nové psychoaktivní látky, designer drugs, disociativní anestetika, katinony, syntetické kanabinoidy, syntetické opioidy, fenetylaminy, darknet, kryptoměny.

Pokud se zaměříme na drogovou problematiku v reportech Evropského monitorovacího střediska pro drogy a drogovou závislost (EMCDDA) [1], lze si povšimnout poměrně zajímavého trendu, který byl obzvláště patrný v poslední dekádě. Na drogovém trhu se začaly objevovat nové, doposud neznámé

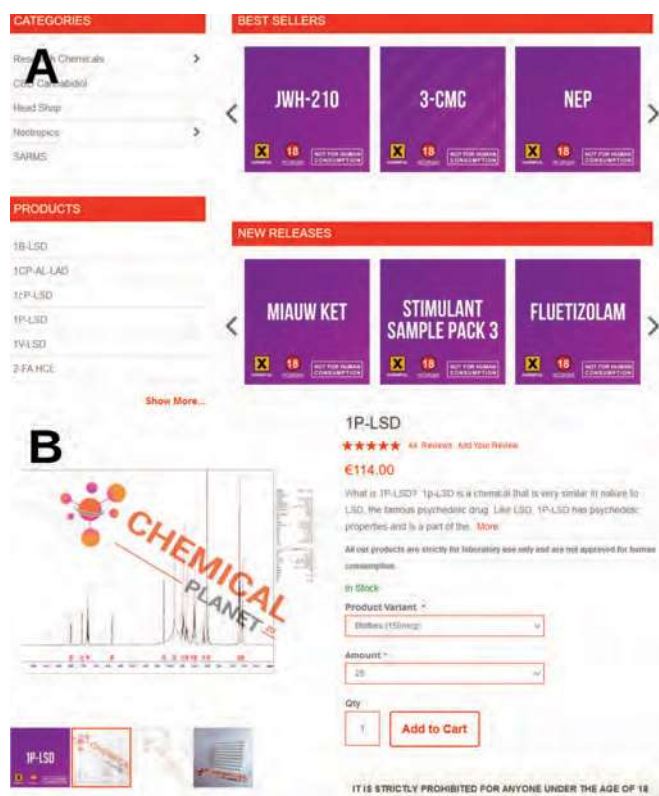
látky, které se svou chemickou strukturou lišily od již zakázaných látek. Jejich producenti začali využívat farmakoforového přístupu, který se již řadu let využívá ve farmacii. Pokud totiž upravíme chemickou strukturu, ale zachováme tzv. **farmakofor** [2] (část chemické struktury, která je odpovědná za biologický účinek), takto vytvořená struktura bude mít pravděpodobně podobné účinky jako původní látka. Lze si tak představit poměrně značné množství derivátů, které lze tímto přístupem připravit. Tyto deriváty budou účinkovat podobně, jako látky legislativou již zařazené na seznam omamných a psychotropních látek (OPL), avšak legislativa na tyto nové drogy pohlíží jako na látky neregulované. Tyto deriváty jsou označovány jako **nové psychoaktivní látky** (NPS, z anglického New Psychoactive Substances) nebo také jako **designer drugs** (jméno naznačuje, jak jsou chemiky vytvářeny) [3]. Přestože se NPS snaží o napodobení již zakázaných psychoaktivních látek, je nutné si uvědomit, že se jedná o nová xenobiotika, jejichž toxicita či účinky nejsou známy. Uživatelé tak podstupují značný zdravotní hazard a doslova se tak stávají pokusnými králíky výrobců či prodejců těchto látek.

EMCDDA shromažďuje informace zdravotnických (intoxikace) a policejních (záchyty látek) složek napříč evropskými státy pomocí systému včasného varování (Early Warning System, EWS) [1]. Ze zprávy EMCDDA je patrné, že v roce 2020 bylo na Evropském trhu zaznamenáno již 830 NPS a každý rok jejich počet narůstá (**obr. 1**) [1]. EMCDDA člení NPS podle struktury a účinků do 13 skupin. Jsou to: syntetické kanabinoidy, syntetické katinony, fenetylaminy, benzodiazepiny, arylcyclohexylaminy (disociativní anestetika), arylalkylaminy,

piperidiny a pyrrolidiny, tryptaminy, piperaziny, opioidy, rostliny a rostlinné extrakty, aminoindany a ostatní [1]. Mezi nejpočetnější a zároveň nejvíce zachytávané skupiny patří kanabinoidy a katinony [1]. Zatímco se může podle posledních reportů EMCDDA zdát, že klesá množství zadržovaných látek z hlediska hmotnosti, je třeba si uvědomit, že se v posledních několika letech začaly vyskytovat na drogovém trhu deriváty NPS, které jsou velmi aktivní. Je tedy potřeba zohledňovat nejen celkovou hmotnost zadržovaných látek, ale také



Obr. 1. Vývoj NPS na Evropském trhu (dostupná data z roku 2020)



Obr. 2: A) Printsreen částečné nabídky NPS online obchodu, B) Detail konkrétní látky (1P-LSD)



Obr. 3: A) Metalizovaný obal, který se nachází uvnitř poštovní obálky, B) Látky jsou uvnitř uzavíratelných sáčků, C) Možnosti platby na některých e-shopech, z nichž nejvíce vystupuje do popředí kryptoměna Bitcoin (BTC).



Obr. 4: A) Zpráva e-shopu stran zákazu řady NPS, B) Náhrada NPS za jiné, C) Nabídka slevových akcí, které přímo reagují na zákaz NPS, D) Náhrada zakázaných NPS za jiné alternativy ze stejné skupiny.

A BROWSE CATEGORIES

- Drugs (5001)
- Fraud (456)
- Services (70)
- Guides & Tutorials (227)
- Digital Products (287)
- Counterfeit (419)
- Hosting & Security (22)
- Software & Malware (58)
- Erotica (282)
- Miscellaneous (82)

NIGHTMARE LINKS

- <http://oye74pse4nvzaha.onion>
- <http://tmy4avp25w7gkon2.onion>
- <http://ykmwa3kyvgzypa.onion>
- <http://oyqfhp3h5yo3kvsx.onion>
- <http://kfkfkmozcz7halv.onion>
- <http://zrhqy5bovfkkyj.onion>
- <http://nhghjggkpb71.onion>
- <http://hw757/h2y2perx.onion>

Q Filter


sgt-78 Category Type Payment

Minimum Price (USD) Maximum Price (USD) Ships From Ships To

Sort By Order Display Name Search

STIMULANTS, OTHERS

10g-High Quality SGT-78 available




Escrow

5.00 Trust Level 2

USD 364 Buy

SGT-78 25g




Escrow

5.00 Trust Level 1

USD 589.54 Buy

SGT-78 10g sample



Escrow

5.00 Trust Level 1

USD 271.19 Buy

B Shop Messages: 0

Bitcoin (BTC) Bitcoin Cash BCH 0.00 Monero XMR 0.00 3 Logout

Browse by category

- Digital Goods 50446
- Drugs 62851
- Drugs Paraphernalia 216
- Services 4346
- Other 3928

Exchange

BTC	1.0
INST C	1000.0
BCH	10.5
XMR	41.5
USD	8101.4
EUR	6560.7
GBP	5740.6
CAD	10457.7
AUD	10490.5
INR	10599.0
SEK	66938.8
NOK	62897.4
DKK	48854.0
TRY	32347.4
CNH	51121.3
HKD	63487.8
RUB	462726.1
INR	52055.6
JPY	948954.5

Onion mirrors

- <http://chudiyeqn4kg.onion>
- <http://p8yhwscv9hd4.onion>
- <http://3dby3ust4f2ac2.onion>
- <http://7ep7ackuntzoc3.onion>
- <http://vpaqamvz9go.onion>
- <http://gfh9vva33ay5.onion>
- <http://gqodyc2q7k.yaci.onion>
- <http://k3z2h467jexar8ig.onion>
- <http://dkjpa2skmowaw.onion>
- <http://xytjcfandzeby22.onion>
- <http://mhbcwfhvaylqz.onion>
- <http://k3p243k378nqa.onion>

10 search results (0.001 seconds)


Filter

Ships to Ships from Escrow Category Cryptocurrency

Price Searchtext Sort by Vendor Apply Filter

\$ - 200 alchemy-ct All

DIBK 25g(PURE : >99%)big crysta




\$176.8

ww - ww

Order

4-MPD 25g,PURE:>99%,crystal,similar to A-PVP




\$176.8

ww - ww

Order

Dibutylone 25g(Simulation of methylene)big cryst




\$176.8

ww - ww

Order

4-CDC 25G (Simulation of methylene)BIG crystal




\$171.6

ww - ww

Order

4c-apvp 25g(Simulation of methylene) cryst




\$176.8

ww - ww

Order

Ephylone(BK-EBDP)25g(PURE : >99%)big crystal




\$176.8

ww - ww

Order

Pentylone 25g (PURE : >99%) crystal




\$140.4

ww - ww

Order

The freight




\$52

ww - ww

Order

4c-apvp 25g(Simulation of methylene)Big cryst




\$187

ww - ww

Order

BK-DMBDP 25g,PURE>99%,crystal,similar to A-PVP



\$176.8

ww - ww

Order

Forum Help Copyright © 2013 by SpeedSteppers

celkové množství dávek a jejich předpokládanou nebezpečnost. Příkladem nárůstu velmi aktivních a nebezpečných látek v poslední době jsou syntetické opioidy převážně fentanylového typu, které jsou spojovány se značným množstvím úmrtí [4, 5]. Nárůst výskytu látek fentanylového typu a jejich přítomnost v padělcích léčiv představuje závažný celospolečenský problém. Na tuto bezprecedentní zdravotní hrozbu se snaží reagovat také EMCDDA, o čemž v posledních letech svědčí několik jimi vypracovaných Risk assessmentů (dokumentů hodnotících aktuální rizika) zaměřených na fentanylová analoga.

Jako výzva pro regulační autority se v tomto případě ukazuje nejenom obtížná legislativní regulace NPS, ale také jejich poměrně snadná dostupnost. Zatímco u "klasických" drog převládá poliční distribuce, u NPS dochází velmi často k on-line prodeji, který se u těchto látek rozmáhá stále více [6, 7]. NPS bývají nabízeny on-line na stránkách internetových obchodů (obr. 2), které jsou velmi často fyzicky v zahraničí. Jednoduchost a dostupnost takového nákupu představuje jen nízkou bariéru pro uživatele, který je schopen získat NPS bez nutnosti osobní interakce s prodejcem, registrace na jméno či ověření věku (obr. 3). Platba na těchto obchodech probíhá obvykle bankovním převodem, platební kartou či jinými způsoby internetových plateb, nevyjímaje ani kryptoměny (obr. 3C). Prodejci využívají běžných spedičních společností, přes které posílají produkty často zabalené v poštovních obálcích, uvnitř kterých jsou produkty zataveny do vzduchotěsných sáčků (obr. 3A). Jedná se tedy pravděpodobně o nejjednodušší způsob nákupu NPS. Regulovat tento trh je ale teoreticky možné, například monitorováním toku peněz, aktivitu návštěvníků na stránce, nebo přímo nařízením její blokace poskytovatelem webhostingu [7].

On-line obchody s NPS jsou však velmi resilientní [7, 8]. Pokud dojde k zablokování jednoho obchodu či služby, za relativně krátkou dobu se objeví další, který bude nabízet podobné, ne-li stejné zboží či služby. Některé z obchodů dokonce monitorují legislativu jednotlivých států a reagují na jejich změny úpravou své nabídky (obr. 4).

V posledních letech se nicméně ve spojitosti s drogovým trhem začíná stále častěji

Obr. 5: A) Nabídka části NPS na darkwebovém tržišti Nightmare market, B) Nabídka části NPS na již uzavřeném darkwebovém tržišti Dream market

zmiňovat problematika **darknetu**, resp. na něm se vyskytující **dark-webových tržišť** (obr. 5). Obchodování na darkwebovém tržišti sice není o mnoho složitější než nakupování na běžných webových e-shopech, nicméně pro uskutečnění nákupu jsou již potřeba alespoň elementární technické znalosti [7]. Na těchto tržištích se používají takzvané **kryptoměny** jako jediný způsob platby a veškerá komunikace mezi prodejcem a kupujícím je šifrovaná. Šifrovaná komunikace a použití kryptoměn značně komplikují monitorování takových transakcí [9, 10]. Přestože report EMCDDA vyzdvihuje důležitost problematiky darkwebových tržišť z hlediska prodeje malých objemů koncovým zákazníkům, je důležité nepodceňovat ani velkodávatele těchto látek, kteří zde uskutečňují prodeje v řádech stovek i tisíců gramů NPS [7, 11]. Jejich odběrateli jsou pak často menší přeprodejci, kteří saturují poptávku koncových zákazníků. Zejména v případě stimulačních látek, které patří mezi nejčastěji prodávanou skupinu drog na darkwebových tržištích, je třeba brát v úvahu, že transakce v řádech jen několika gramů mohou v realu představovat desítky až stovky dávek. Pokud se však zaměříme na prodeje látek ze skupin opioidů fentanylového typu nebo některých syntetických kanabinoidů, které bývají ještě řádově silnější než zmíněné stimulační látky, pak jednotky gramů těchto látek z hlediska počtu dávek již zcela jistě nejsou pro potřebu maloobchodu [7]. Velmi často se jedná o extrémně potentní substance s velmi výraznou toxicitou, což se projevuje i na množství s nimi asociovaných úmrtí. Toto nebezpečí dále umocňuje nejistota způsobená občasnou záměnou aktivních látek v přípravcích. Jako příklad lze uvést prodej disociativního anestetika ketaminu, jehož balení však místo ketaminu obsahovalo účinnější deschlorketamin [12]. Také byly zaznamenány záměny syntetických kanabinoidů ve směsích určených pro kouření, které jsou taktéž spojovány s řadou úmrtí [13–15]. Jednoduchá dostupnost NPS a jejich obtížná legislativní postihnutelnost tak postupně vyvíjí tlak na represivní složky státu, toxikologická a zdravotnická centra, která musí průběžně vyvíjet metody pro identifikaci těchto nových xenobiotik v neznámých fyzických vzorcích, či v biologických matricích.

Závěr

Nové psychoaktivní látky jsou spojovány s řadou úmrtí po celém světě. Nárůst prevalence těchto látek na evropském trhu a jejich snadná on-line dostupnost také zvyšují poptávku po účinných detekčních metodách schopných spolehlivé kvalifikace těchto látek. Pokud totiž nedojde k jejich efektivní legislativní regulaci, lze očekávat zvýšení jejich prostupu do širší společnosti a tomu odpovídající nárůst počtu jejich uživatelů. Případná legislativní regulace látky se odvíjí od hodnocení rizik (risk assessment), které by o ní mělo obsahovat co nejvíce relevantních informací. Získávání informací pro vypracování těchto podkladů k nebezpečným látkám spolu s přípravou detekčních metod pro jejich určení patří k hlavní náplni činnosti forenzních center.

Poděkování

Výzkum nových psychoaktivních látek byl financován z projektu Úřadu vlády ČR (NPS info; AA-07-20). Výpočetní zázemí bylo financováno z interního juniorského grantu rektora VŠCHT (JIGA) 2021 (č. 2103).

Literatura

- (1) European Monitoring Centre for Drugs and Drug Addiction. *European Drug Report 2021: Trends and Developments*; Lisbon, 2021.
- (2) Koščová, P.; Provazník, I. Racionální návrh léčiv s využitím farmakoforového modelování. *Chem. List.* 2016, *110*, 575–580.
- (3) Wohlfarth, A.; Weinmann, W. Bioanalysis of New Designer Drugs. *Bioanalysis* 2010, *2* (5), 965–979.
- (4) Poklis, J.; Poklis, A.; Wolf, C.; Mainland, M.; Hair, L.; Devers, K.; Chrostowski, L.; Arbefeville, E.; Merves, M.; Pearson, J. Postmortem Tissue Distribution of Acetyl Fentanyl, Fentanyl and Their Respective nor-Metabolites Analyzed by Ultra-high Performance Liquid Chromatography with Tandem Mass Spectrometry. *Forensic Sci. Int.* 2015, *257*, 435–441.
- (5) Hvozdvich, J. A.; Chronister, C. W.; Logan, B. K.; Golberger, B. A. Case Report: Synthetic Cannabinoid Deaths in State of Florida Prisoners. *J. Anal. Toxicol.* 2020.
- (6) Brunt, T. M.; Atkinson, A. M.; Nefau, T.; Martinez, M.; Lahaie, E.; Malzcewski, A.; Pazitny, M.; Belackova, V.; Brandt, S. D. Online Test Purchased New Psychoactive Substances in 5 Different European Countries: A Snapshot Study of Chemical Composition and Price. *Int. J. Drug Policy* 2017, *44*, 105–114.
- (7) Jurásek, B.; Čmelo, I.; Svoboda, J.; Čejka, J.; Svozil, D.; Kuchař, M. New Psychoactive Substances on Dark Web Markets: From Deal Solicitation to Forensic Analysis of Purchased Substances. *Drug Test. Anal.* 2021, *13* (1), 156–168.
- (8) Soska, K.; Christin, N. Proceedings of the 24th USENIX Security Symposium. In *Measuring the Longitudinal Evolution of the Online Anonymous Marketplace Ecosystem*; Washington, DC, 2015; pp 1–17.
- (9) Tisančín, J. Cryptocurrencies, Their Principle and Use In Illegal Trade. *Drugs Forensics Bull.* 2020, *26* (1), 21–26.
- (10) Omasta, A. Virtuální měny a jejich kriminalizace. *Drugs Forensics Bull.* 2019, *25* (2), 13–20.
- (11) European Monitoring Centre for Drugs and Drug Addiction and Europol. *Drugs and the Darknet: Perspectives for Enforcement, Research and Policy*; Luxembourg, 2017.
- (12) Hájková, K.; Jurásek, B.; Čejka, J.; Štefková, K.; Páleníček, T.; Sýkora, D.; Kuchař, M. Synthesis and Identification of Deschloroketamine Metabolites in Rats' Urine and a Quantification Method for Deschloroketamine and Metabolites in Rats' Serum and Brain Tissue Using Liquid Chromatography Tandem Mass Spectrometry. *Drug Test. Anal.* 2020, *12* (3), 343–360.
- (13) Hasegawa, K.; Wurita, A.; Minakata, K.; Gonmori, K.; Nozawa, H.; Yamagishi, I.; Watanabe, K.; Suzuki, O. Postmortem Distribution of MAB-CHMINACA in Body Fluids and Solid Tissues of a Human Cadaver. *Forensic Toxicol.* 2015, *33* (2), 380–387.
- (14) Westin, A. A.; Frost, J.; Brede, W. R.; Gundersen, P. O. M.; Einvik, S.; Aarset, H.; Slørdal, L. Sudden Cardiac Death Following Use of the Synthetic Cannabinoid MDMB-CHMICA. *J. Anal. Toxicol.* 2016, *40* (1), 86–87.
- (15) Adamowicz, P. Fatal Intoxication with Synthetic Cannabinoid MDMB-CHMICA. *Forensic Sci. Int.* 2016, *261*, e5–e10.

NOVINKY NA OI PRAHA V OBLASTI ELEKTRICKÝCH VELIČIN

Ing. Jan Kučera, Ph.D.; Ing. Martin Hudlička, Ph.D.; Ing. Karel Dražil; Ing. Jiří Zikán; Bc. Tomáš Hrubý

Český metrologický institut

Oblasti elektrických veličin se na ČMI OI Praha věnují dvě oddělení - oddělení primární metrologie elektrické impedance a elektrických veličin a oddělení primární metrologie vf elektrických veličin. V uplynulých letech bylo dokončeno několik projektů, ve kterých jsou ve spolupráci se zahraničními partnery řešeny aktuální problémy metrologie elektrických veličin, další jsou ve slibné fázi vývoje nebo přímo aplikace výsledků do praxe.

V souladu s Konceptí rozvoje národního metrologického systému ČR pro období let 2017 - 2021 došlo k rozšíření měřicích schopností všech tří státních etalonů (SE) provozovaných oddělením primární metrologie vf elektrických veličin. Změny dvou SE (vf výkon, vf činitel odrazu a přenosu) již schválil ÚNMZ v roce 2021, změny třetího SE (vf elmag. pole) budou předloženy ke schválení v roce 2022. V souvislosti s redefinicí jednotek SI došlo i ke změně u státního etalonu elektrického odporu na bázi kvantového Hallova jevu na oddělení primární metrologie elektrické impedance a elektrických veličin.

Na základě úspěšného řešení různých rozvojových projektů byly akreditovány nové veličiny a došlo též k rozšíření měřicího rozsahu u některých již akreditovaných veličin.

Článek přináší přehled o nově poskytovaných službách a zajímavých projektech z následujících oblastí:

- Kalibrace odporových mostů od 0,0001 Ω do 1 G Ω
- Návaznost etalonů a simulátorů vysokého odporu použitelných pro stejnosměrné měřicí napětí do 20 kV
- Návaznost mikroohmmetrů s vysokými měřicími proudy do 700 A
- Kalibrace měřičů povrchového izolačního odporu
- Kalibrace měřičů a měničů elektrického náboje
- Metrologické zajištění elektromobility
- Intenzita elektromagnetického pole
- Vf činitel odrazu a přenosu
- Vf výkon
- Elektromagnetická kompatibilita
- Mezinárodní projekty

Rozšíření rozsahu kalibrací odporových mostů od 0,0001 Ω do 1 G Ω

V souladu s konceptí národního metrologického systému ČR se v primární metrologické laboratoři podařilo zrealizovat kalibraci etalonů elektrického odporu až do hodnoty 1 G Ω pomocí kryogenního proudového komparátoru Magnicon CCC-1. Tímto krokem byla dosažena nová nezávislá validace vysokoohmové stupnice a je možné provádět kalibrace odporových mostů pro primární a sekundární laboratoře ve zvětšeném rozsahu do 1 G Ω oproti původnímu rozsahu

1 M Ω . Pro dlouhodobé zajištění služeb pod CIPM MRA bylo přistoupeno i k validaci kompletního měřicího rozsahu laboratoře do 100 T Ω použitím dvou nezávislých metod – pomocí postupného navazování konstanty pikoampérmetru a vysokoohmového Wheatstoneova můstku. V oblasti nízkoohmové byla realizována vedle kalibrace nízkoohmových mostů nově i kalibrace proudových extenderů pro DC nízkoohmové mosty pro poměry 0,1 až 0,001. Rekalibrace odporových mostů a proudových extenderů se provádí obvykle v několikaletých periodách nebo po zásahu při opravě.



Obr. 1: Příklad sestavy pro kalibrace nízkoohmových odporových mostů

Vývoj návaznosti etalonů a simulátorů vysokého odporu použitelných pro stejnosměrné měřicí napětí do 20 kV

V rámci rozvoje oddělení primární metrologie elektrické impedance a elektrických veličin ČMI byly zavedeny nové metodiky v oblasti měření vysokého a malého stejnosměrného elektrického odporu. V oblasti vysokého odporu pro vysoké stejnosměrné napětí (do 20 kV DC) byla zavedena metodika pro návaznost etalonů (zkušební návaznost byla provedena při 10 kV DC), kdy bylo nutné eliminovat specifické faktory ovlivňující výslednou hodnotu jako vyšší napěťová závislost, větší vliv svodových odporů, větší závislost na vlhkosti, vyšší rušení přes indukční a kapacitní vazby, triboelektrický a piezoelektrický efekt a delší doba nutná k ustálení hodnoty.



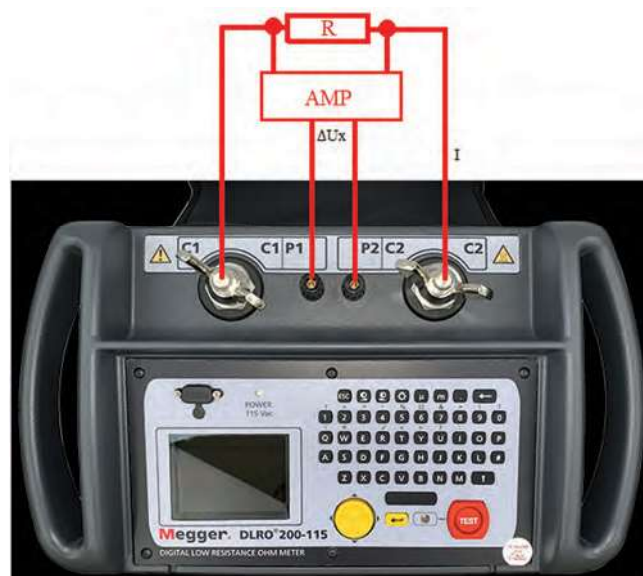
Obr. 2: Zapojení VN vysokoohmové dekády s uzemněním neživých částí

Dále byla v této oblasti zavedena metodika pro kalibraci měřidel vysokého odporu s třísvorkovým připojením (LINE, EARTH, GUARD), kdy etalon vysokého odporu byl realizován pomocí simulátoru T-článkem, který fungoval jako násobič malého a středního odporu. Tato návaznost byla zkušebně realizována pro napětí 10 kV DC v rozsahu do 400 GΩ.

Zajištění návaznosti různých typů mikroohmmetrů s vysokými měřicími proudy do 700 A

V oblasti kalibrace měřidel malého stejnosměrného odporu byla na oddělení primární metrologie elektrické impedance a elektrických veličin zavedena metodika využívající kalibrace pomocí simulátoru malého odporu s měřícím proudem do 700 A DC. Simulátor se skládal ze zesilovače úbytku napětí na referenčním odporu, kdy tento násobek

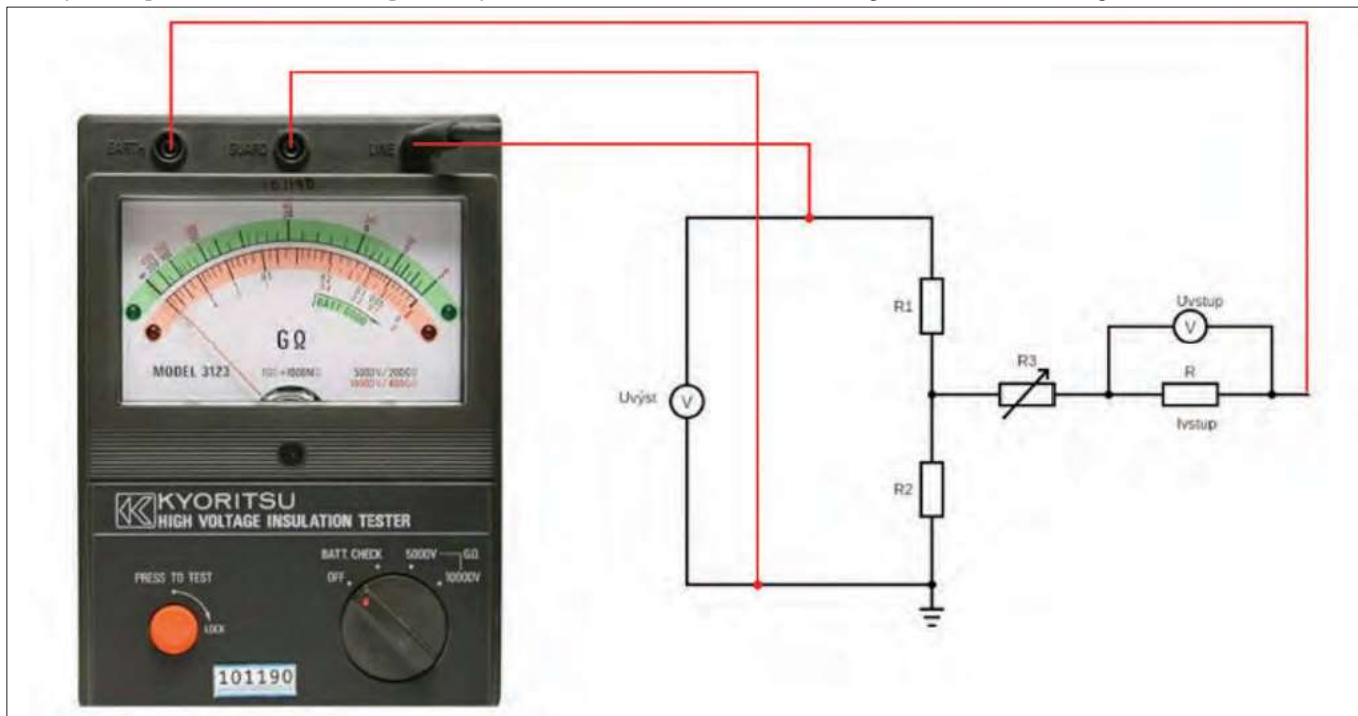
úbytku byl zaveden na napěťové svorky kalibrovaného měřidla. Tato metoda zvýšila využitelnost současných etalonů a zároveň rozšířila kalibrační schopnosti laboratoře.



Obr. 4: Zapojení referenčního odporu a zesilovače úbytku napětí

Kalibrace měřičů povrchového izolačního odporu

ČMI nedisponovalo dosud pracovištěm pro kalibrace měřičů povrchového izolačního odporu pro izolační materiály a antistatické textilie. Proto byl v rámci plnění koncepce rozvoje metrologického systému na oddělení primární metrologie elektrické impedance a elektrických veličin sestaven kalibrační postup na kalibraci měřičů povrchového izolačního odporu včetně řetězců speciálních měřicích sond



Obr. 3: Zapojení T-článku jako simulátoru vysokého odporu VN

pro měření povrchového odporu. Obecně se pro měření mohou používat ohmmetry/teraohmmetry s rozsahem do $1 \times 10^{15} \Omega$. Pro zajištění návaznosti se používají kalibrační přípravky navázané na laboratoř elektrického odporu.



Obr. 5: Příklad měření elektrometrem Keithley 6517A na kalibračním přípravku

Kalibrace měřičů a měničů elektrického náboje

V rámci rozvoje oddělení primární metrologie elektrické impedance a elektrických veličin byl zaveden nový podobor kalibrace DC měřičů elektrického náboje. Cílem bylo zajistit návaznost především pro měřiče zpracovávající signál například z detektorů ionizujícího záření. Podařilo se pokrýt nároky na definiční podmínky a identifikovat systematické chyby pro malé náboje, takže návaznost je zajištěna již od 100 fC, s nejistotou kalibrace už od 2 % a například pro 100 pC až 0,03 %.

Pro zajištění požadavků návaznosti v dalších oborech byly provedeny i práce v oblasti zajištění kalibrace šumových vlastností měničů AC náboje, takže lze v rozsahu minimálně 1 Hz až 20 kHz provádět kalibrace pro elektrický šum, zesílení a kmitočtovou odezvu.



Obr. 6: Pracoviště s elektrometrem, referenčním etalonem kapacity a odporu

Metrologické zajištění elektromobility

V oblasti metrologického zajištění elektromobility spolupracuje oddělení primární metrologie elektrické impedance a elektrických veličin v rámci pracovní skupiny WELMEC WG11/SGe/ahg3 na problematice zajištění technické kompatibility stejnosměrných dobíjecích stanic

se SMĚRNICÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2014/32/EU (MID). Dále se v rámci skupiny OIML TC 12/p3 zpracovává dokumentace popisující metrologické a technické požadavky na dobíjecí stanice – schvalování typu, ověřování, opakované ověřování a zkoušky *in situ*. Požadavky se vztahují rovněž na změny, které mohou být provedeny na stávajících schválených zařízeních. Podrobná zpráva o rešerši a analýzách v oblasti předpisů i praktické problematiky elektromobility, včetně testovacího měření je pro zájemce dostupná v Metrologii č. 1/2021.

Intenzita elektromagnetického pole

V průběhu posledních let bylo postupně doplňováno vybavení laboratoře oddělení primární metrologie v elektrických veličin, aby bylo možno rozšířit provádění kalibrací měřidel intenzity elektromagnetického pole i trychtýřových antén o rozsah kmitočtů 18 GHz až 40 GHz. Byly pořízeny dvě sady trychtýřových antén vyrobené zakázkově s ohledem na optimální vlastnosti pro daný účel, vlnododové směrové odbočnice a další vlnododové i koaxiální prvky. Důležitou součástí je výkonový zesilovač, který je schopen dodat v pásmu 18 GHz až 40 GHz výstupní výkon řádově jednotek wattů. S využitím popsaného vybavení je možno v bezodrazové komoře ve zmíněném kmitočtovém pásmu realizovat s metrologickou návazností na jednotky SI intenzitu pole do 100 V/m.



Obr. 7: Ukázka měřicího pracoviště při ověřování dosažitelné intenzity pole v pásmu 18 GHz až 26,5 GHz

V oblasti metrologie intenzity elektromagnetického pole byla dále zpracována metoda kalibrace smyčkových antén v blízké zóně na základě užití zpřesněné aproximace průběhu pole v blízkosti vysílací antény. V důsledku toho je možno provádět kalibrace při vzdálenostech mezi vysílací a přijímací anténou srovnatelných s poloměry antén, což má za následek nárůst napětí na přijímací anténě ve srovnání s obvyklým měřicím uspořádáním. Byla provedena řada simulací i měření pro ověření přesnosti aproximace do kmitočtu 30 MHz. Porovnáním s ostatními dosud používanými metodami byla konstatována velmi dobrá shoda a významné zvýšení dynamického rozsahu měření anténního faktoru.

Na základě provedených prací bude v nejbližší době předložena ÚNMZ dokumentace ke schválení změn státního etalonu intenzity vf elektromagnetického pole.

Vf činitel odrazu a přenosu

Za účelem rozšíření možností státního etalonu vf činitele odrazu a přenosu byl v roce 2019 pořízen „nízkofrekvenční“ vektorový analyzátor obvodů s kmitočtovým rozsahem 9 kHz až 4,5 GHz. Nový analyzátor má ve srovnání s mikrovlnným analyzátozem používaným v laboratoři větší dynamický rozsah, což je přínosem zejména pro kmitočty v řádu desítek MHz. Tím bylo možno zlepšit měřicí schopnosti pokryté ujednáním CIPM MRA tak, že dolní mezní kmitočet byl snížen na 9 kHz a dynamický rozsah pro činitel přenosu byl v celém kmitočtovém rozsahu (zatím uznán jen do 26,5 GHz z důvodu absence ukončeného porovnání) zvýšen na 90 dB.

V letech 2018 – 2019 byla zajištěna metrologická návaznost pro vlnovod R400 (kmit. rozsah 33 GHz až 50 GHz) na základě měření rozměrů vzduchové linky, která slouží jako vypočítatelný etalon. V roce 2020 byly vybrány a zakoupeny tři vzduchové linky s konektory 2,4 mm (kmit. rozsah do 50 GHz) vhodné pro zlepšení nejistoty navázání pro měřicí bránu s konektorem 2,4 mm „female“. Tyto linky byly charakterizovány taktéž na základě měření rozměrů provedených v oddělení technické délky ČMI s typickou nejistotou 1 μm až 2 μm . Modelováním byly stanoveny elektrické vlastnosti linek a bylo úspěšně ověřeno jejich použití při charakterizaci bezodrazové zátěže. Na základě dosažených výsledků byla připravena dokumentace k vyhlášení změn státního etalonu vf činitele odrazu a přenosu. Změny byly v roce 2021 schváleny.

Na konec roku 2022 je plánována účast v mezinárodním porovnání CCEM.RF-K5d, které bude potvrzením měřicích schopností pro konektory typu 2,4 mm a je podmínkou pro uvedení v databázi KCDB.

Nově bylo akreditováno měření modulu činitele odrazu na konektorech typu N v kmitočtovém rozsahu 5 kHz až 18 GHz pro méně náročné kalibrace s využitím směrových můstků a odbočnic. Tento krok byl učiněn s cílem zefektivnit některé kalibrace a omezit nadměrné opotřebení zařízení státního etalonu.



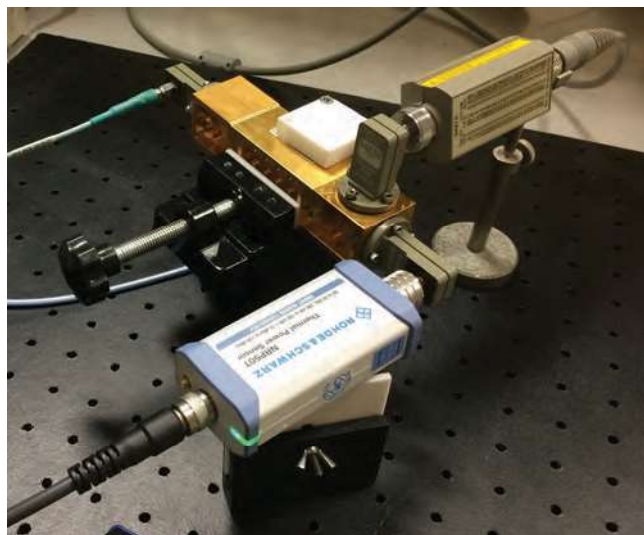
Obr. 8: Sada etalonových linek s konektory 2,4 mm pro kmitočty do 50 GHz s vypočítatelnými vlastnostmi

Vf výkon

Na rozdíl od výše zmíněných dvou státních etalonů není státní etalon vf výkonu primárním etalonem s vypočítatelnými vlastnostmi a je navazován prostřednictvím kalibrace

čidel v některých evropských národních metrologických institutech. V průběhu roku 2019 bylo doplněno potřebné vybavení a zajištěna metrologická návaznost, aby bylo možno provádět měření výkonu a kalibračního faktoru výkonových čidel v do té doby nepokrytém kmitočtovém pásmu 40 GHz až 50 GHz. Jako nejvhodnější pro zajištění návaznosti bylo vyhodnoceno použití termistorového vlnovodového čidla Millitech THM-22-RF00N (vlnovod R400). Vybavení laboratoře bylo rozšířeno o termočláňkové čidlo NRP50T firmy Rohde & Schwarz s konektorem 2,4 mm, vlnovodovou směrovou odbočnicí (R400) a několik různých adaptérů. Byla provedena řada experimentů a srovnávacích měření prokazujících správnost zvoleného způsobu řešení. Na základě dosažených výsledků byla připravena dokumentace k vyhlášení změn státního etalonu. Změny byly v roce 2021 schváleny.

Měření výkonu a kalibračního faktoru čidel v rozsahu do 50 GHz bylo v roce 2021 akreditováno.



Obr. 9: Měřicí sestava pro kalibraci výkonových čidel s konektory 2,4 mm v pásmu 33 GHz až 50 GHz

Elektromagnetická kompatibilita

V souvislosti se zakoupením vektorového analyzátoru obvodů pro pásmo 9 kHz až 4,5 GHz došlo ke zefektivnění kalibrace řady parametrů v oblasti elektromagnetické kompatibility (EMC). Jedná se zejména o vstupní impedanci vazebních a oddělovacích sítí na základě měření rozptylových parametrů (nová akreditace 3 Ω až 200 Ω v rozsahu 9 kHz až 400 MHz), měření přenosové impedance proudových sond pro zkoušky rušení po vedení (nová akreditace -65 dB(Ω) až +35 dB(Ω) v rozsahu 10 Hz až 400 MHz) apod. Pro účely kalibrace zařízení pro oblast EMC je nyní akreditací pokryto měření napětí (100 až 500) V na kmitočtech 10 Hz až 100 kHz, měření proudu v obvodu rámové antény do 400 A pro generátory podle ČSN EN 61000-4-8, napětí pro simulátory ESD (0,5 až 35) kV a měření modulu činitele odrazu na BNC konektorech v rozsahu 9 kHz až 3 GHz. Trvalá pozornost je věnována zpřesňování kalibrací generátorů impulzních průběhů podle norem ČSN EN 61000-4-2, -4-4, -4-5, -4-12, -4-18, automobilových norem ISO 7637-3 nebo ISO 16750-2 a dalších. Využívá se přesné



Obr. 10: Kalibrační snímač proudu podle normy ČSN EN 61000-4-2 ed. 2

charakterizace měřicí trasy, vysokorychlostního osciloskopu a pokročilých matematických metod zpracování naměřených průběhů. Za pozornost stojí kalibrace ESD generátorů, kterou je nyní možné provést podle celé řady norem (ČSN EN 61000-4-2:2008, ISO 10605:2008, ANSI C63.16, SAE J1113-13,

SAE J551-15, MIL-STD-461G) s příslušným nástavcem o definované impedanci a kalibračním snímačem proudu.

Nově je akreditováno také měření impulzní plochy u generátorů podle normy CISPR 16-1-1, které slouží pro kalibraci měřicích přijímačů s kvazivrcholovým detektorem. Ke kalibraci je použita metoda Fourierovy transformace časového průběhu impulzu, vektorové korekce zahrnující vliv použité měřicí trasy a sofistikované signálové zpracování.



Obr. 11: Ukázka kalibrace impulzního generátoru podle CISPR 16-1-1

Řešené mezinárodní projekty

GIQS – kvantový etalon impedance na bázi grafénu (2019-2022)

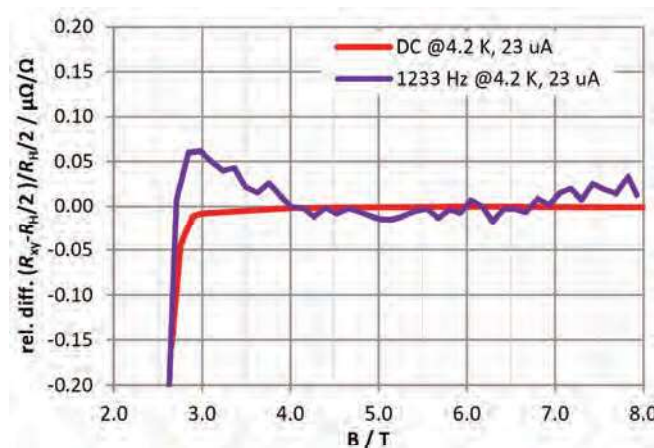


Cílem projektu je umožnit efektivní primární návaznost impedance (odpor, kapacita, indukčnost) na fundamentální konstantu.

Mezinárodní soustavy jednotek (SI) – von Klitzingovu konstantu. Projekt je nyní v závěrečné fázi a bylo dosaženo několika významných pokroků směrem k jeho cílům. Byly vyrobeny grafénové vzorky pro realizaci kvantového Hallova jevu, zkonstruovány nové a snadněji ovladatelné aparatury pro realizaci přímé návaznosti jednotek impedance na kvantový Hallův jev. Pokračují práce na kombinaci kryogenních systémů pro realizaci a měření odporu, proudu a napětí pomocí kvantových jevů. ČMI v rámci projektu rozšířil svůj digitální můstek o triple-series zapojení kvantového Hallova odporu, pracoval na potlačení injektáže parazitních nábojů do kvantových struktur, přispěl



návrhem a výrobou nového standardního držáku pro střídavé kvantové struktury, který je nyní uplatňován v řadě laboratoří. ČMI se podařilo jako jednomu z prvních institutů ve světě realizovat experimentálně přímou návaznost jednotky kapacity přímo na grafénový Hallův odpor pomocí digitálního můstku a referenčního hodinového signálu.



Obr. 12: Studený konec kryogenní vložky se zapouzdřeným grafénovým vzorkem, uzpůsobeným pro střídavá měření kvantového Hallova jevu (nahore). Příklad tvaru platů nakvantovaného grafénového vzorku ve stejnosměrném a střídavém režimu (dole)

VersICaL – Univerzální laboratoř pro kalibraci elektrické impedance založená na digitálních impedančních můstcích (2018-2021)



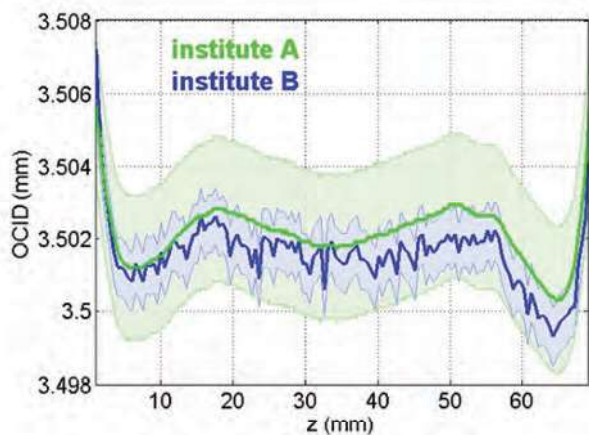
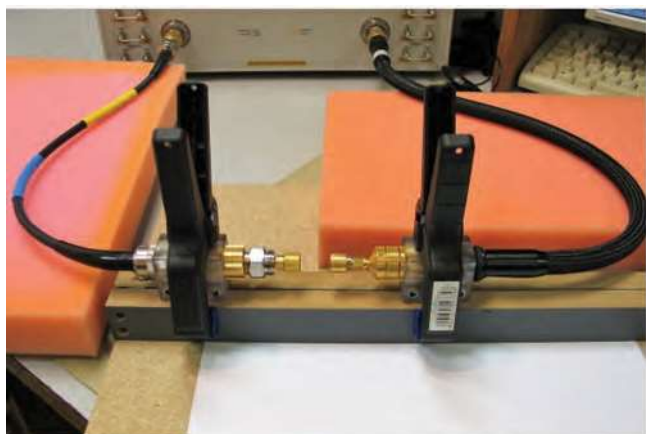
Cílem tohoto ukončeného projektu bylo zlepšení evropské měřicí infrastruktury pro měření elektrické impedance v oblasti audiokmitočtů. Toho bylo dosaženo vývojem univerzálních měřicích sestav (digitálních impedančních můstků) pro realizaci stupnice indukčnosti v rozsahu 1 mH až 10 H a stupnice kapacity v rozsahu 1 nF až 10 μF. ČMI společně s italským národním metrologickým institutem INRIM figuroval jako mentor pro nově se rozvíjející laboratoře. Podrobnosti o úspěšně dořešeném projektu byly popsány v Metrologii číslo 1/2022.

RFMW – Rozvoj měřicích schopností v oblasti vř a mikrovlnné metrologie (2016-2019)



Cílem ukončeného projektu bylo zlepšení měřicích schopností evropských národních metrologických institutů s menšími zkušenostmi

a vytvoření podmínek pro budoucí technickou kooperaci napříč instituty. ČMI se zapojil ve všech oblastech projektu, ať už jako příjemce nebo poskytovatel odborných znalostí v oblasti kalibrace vř výkonu (měření malých a velkých úrovní, vliv vyšších harmonických složek), primární návaznosti měření rozptylových parametrů, pokročilých metod kalibrace zařízení pro EMC, kalibrace smyčkových antén a dalších. Výsledkem projektu je řada technických postupů, několik mezinárodních porovnání, navázaná spolupráce s místními firmami a standardizačními orgány a v neposlední řadě možnost efektivnějšího zapojení do budoucích metrologických projektů na základě nově nabytých znalostí. Více informací viz <http://rfmw.cmi.cz/>.



Obr. 13: Primární návaznost měření rozptylových parametrů. Měření na analyzátoru obvodů (nahore) a mechanická charakterizace vnějšího vodiče vzduchové linky (dole).

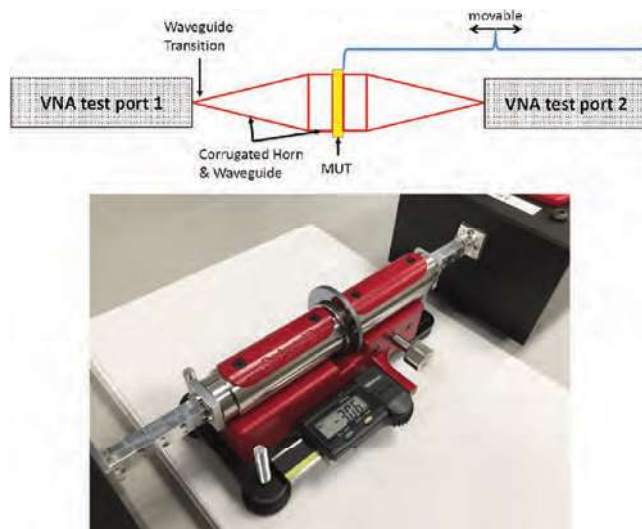
TEMMT – Elektrická měření na milimetrových a terahertzových kmitočtech pro komunikace a elektronické technologie (2019-2022)



Cílem projektu je vývoj metrologicky návazných metod měření v pásmu milimetrových a submilimetrových vln (100 GHz až 3 THz) pro komunikace v sítích páté a šesté generace (5G, 6G).

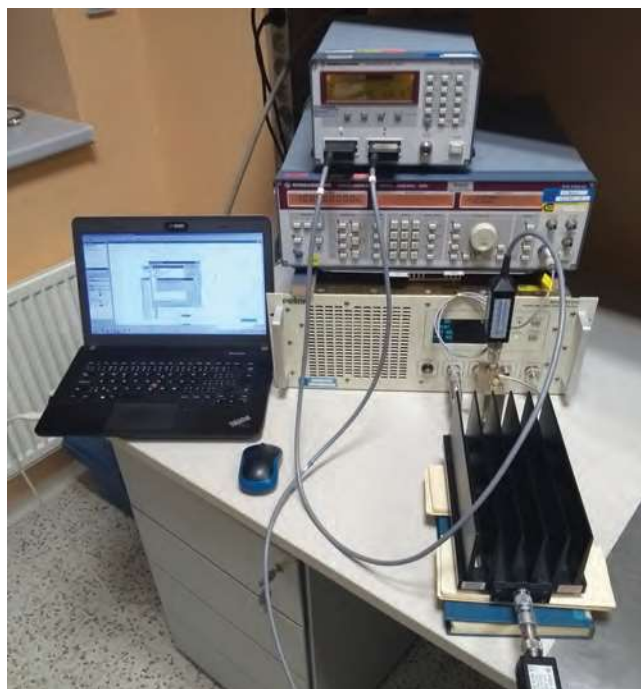
Jedná se zejména o měření výkonu, rozptylových parametrů a komplexní permitivity. Metrologická návaznost je důležitá

pro mnoho budoucích komunikačních aplikací – mobilní sítě 5G a vyšší, internet věcí, autonomně řízená vozidla, radiometry pro dálkový průzkum Země, bezpečnostní aplikace a další. ČMI se zapojil spolu se švýcarským institutem METAS v oblasti měření a vyhodnocení materiálových parametrů (komplexní permitivita) s použitím analyzátoru obvodů a speciálního vlnododového přípravku až do kmitočtu 750 GHz. Původním výsledkem je metoda pro analýzu nejistoty měření, která je založena na výběru optimálních kmitočtových bodů s minimální nejistotou. Metoda byla úspěšně použita v mezinárodním porovnání měření komplexní permitivity. Více informací viz <http://projects.lne.eu/jrp-temmt/>.



Obr. 14: Měření materiálových parametrů v pásmu (140-220) GHz

FutureCom – Vř elektrická měření pro budoucí komunikační aplikace (2021-2024)



Obr. 15: Metrologicky návazné měření vysokých výkonů pro měření PIM (typ. >100 W)



Evropští výrobci telekomunikačních zařízení, mobilní operátoři a regulátoři čelí stále větším výzvám s ohledem na přenosovou rychlost a energetickou účinnost zařízení. Vyšší datové rychlosti znamenají vyšší spotřebu energie a použití vyšších kmitočtů pro zesilovače, integrované obvody a desky s plošnými spoji. Implementace pokročilých technologií jako jsou komunikace 5G nebo autonomní vozidla klade velmi vysoké nároky na měření v reálných provozních (tedy nikoliv laboratorních) podmínkách. Projekt si klade za cíl

vyvinout měřicí schopnosti pro charakterizaci systémů a zařízení v reálných provozních podmínkách, včetně odpovídajících klimatických podmínek. Úlohou ČMI v tomto projektu je vývoj návazných metod pro charakterizaci pasivních intermodulací (PIM) pro komunikační sítě, tzn. nežádoucích kmitočtových složek vznikajících na pasivním nelineárním prvku (konektor, kabel, anténa) při buzení vysokými výkonovými úrovněmi. Jedná se o poměrně novou, teoreticky málo popsanou oblast s množstvím potenciálních vlivů na chybu měření (použité materiály, klimatické podmínky, vibrace apod.). Více informací viz <http://www.futurecom.unicas.it/>.



VÝSLEDKY PROJEKTU EMPRESS2 – ZLEPŠENÍ MĚŘENÍ TEPLoty PRO VĚTŠÍ EFEKTIVITU PRŮMYSLOVÝCH PROCESŮ

Ing. Lenka Strnadová Šindelářová

Český metrologický institut



Úvod

Tento článek vznikl jako představení zajímavého projektu Empress2 (celým názvem v anglickém jazyce: Enhancing process efficiency through improved temperature measurement 2). Mezi hlavní cíle projektu patřilo vyvinout snímače teploty s nízkým driftem pro teplotu nad 2 000 °C, dále kontaktní senzory optimalizované pro aplikace tepelného zpracování materiálů do teploty přibližně 1 350 °C, vytvoření metody pro měření povrchové teploty s definovanou metrologickou návazností do teplot přibližně 500 °C a vypracování technické normy pro definici teploty plamene při spalování paliv. Na projektu spolupracovalo 20 metrologických institutů (včetně Českého metrologického institutu) a partnerů financovaných Evropskou asociací národních metrologických institutů (EURAMET).

Hlavním koordinátorem projektu byl Dr. John Pearce (National Physical Laboratory, UK, dále „NPL“). Loga klíčových partnerů jsou uvedena na **obr 1**.

Tento projekt je pokračováním projektu EMPRESS (14IND04), kde bylo dosaženo značného pokroku zejména ve vývoji funkčních prototypů několika nových teploměrů, včetně fosforového teploměru, stabilních termoelektrických článků a přenosného etalonu plamene. Všechny jsou zaměřeny na zavádění systému návaznosti k Mezinárodní teplotní stupnici z roku 1990 (dále ITS-90) v průmyslových aplikacích. Projekt EMPRESS2 staví na tomto vývoji. V tomto textu jsou výsledky shrnuty podle jednotlivých cílů projektu. Tam, kde jsou uvedeny nejistoty, tak odpovídají faktoru pokrytí $k = 2$.

Cíl 1: Implementovat návaznost měření povrchové teploty v průmyslových aplikacích

Vývoj fosforové termometrie je založen na dlouhodobé snaze mnoha metrologických institutů o implementování metrologické návaznosti při měření teploty povrchu. V tomto projektu byl rozsah vyvíjených systémů omezen do teploty 750 °C a kombinován s metodami kvantitativní termografie za účelem stanovení emisivity povrchu. Nejistota měření povrchové teploty pomocí fosforové termometrie je menší než 3 °C při 750 °C.

Byly vyvinuty tři typy teploměrů:

- Teploměr pro měření povrchové teploty rovinných útvarů a jejího rozložení (včetně mapy emisivity).



Obr. 1: Partneri evropského projektu EMPRESS2.

- Teploměr pro sledování prostorového rozložení teploty výkovku.
- Systém optických vláken pro dálkové měření teploty pomocí fosforové termometrie se specifickou aplikací při určování teploty brzdových destiček/kotoučů automobilů.

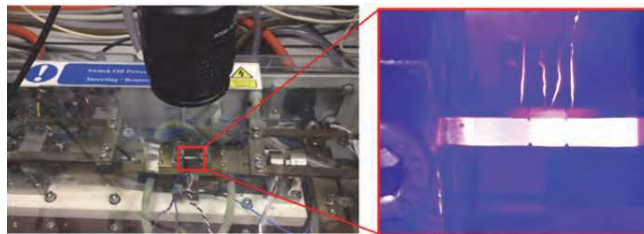
Přesnost bezkontaktní povrchové termometrie kriticky závisí na znalosti emisivity povrchu. Fosforová termometrie je založena na zkoumání tenkého fosforového povlaku (dříve naneseného na povrch) po excitaci UV zářením. Měření změny fluorescence s časem nebo měření poměru dvou vlnových pásem lze nalézt teplotu nezávislou na emisivitě povrchu, radiaci pozadí a středních úrovních zúčastněných médií mezi povrchem a přístrojem (tj. kouř atd.). Kombinací fosforové termometrie a termografie je možné nezávisle určit emisivitu povrchu a výrazně snížit nejistoty měření teploty.

Pro měření povrchové teploty v procesech, jako jsou slévání a kování, je vyžadována dobrá přilnavost ke kovovému podkladu. Toho se dosahuje testováním čtých keramických pojiv, slinovacích receptur a procesů potahování, aby se srovnaly koeficienty tepelné roztažnosti povlaku a kovového podkladu v celém teplotním rozsahu, aby se zabránilo mechanickým deformacím.

Měření je dále ovlivněno i podmínkami prostředí, tj. atmosférou pece (vakuová, plynová nebo elektrická pec) a přítomností maziva na bázi grafitu v průběhu procesu kování. Nejistota měření ve všech zde popsaných aplikacích je menší než 3 °C.

Brzy po startu EMPRESS 2 NPL vyvinul prototyp zobrazovací fosforového teploměru s poměrem intenzit fluorescence, který dokáže měřit teploty od 20 °C do 450 °C. Použitý termografický fosfor byl Mg4FGeO6:Mn. Zobrazovací fosforové termometrické systémy obvykle využívají poměr intenzit emise fosforu ve dvou diskretních pásmech vlnových délek, měřených současně pomocí dvou kamer sledujících stejný povrch. Mohou však nastat potíže se zápisem obrazu (požadavek na prostorové zarovnání dvou obrazů) v důsledku zkreslení čočky, nevhodných pozorovacích úhlů a zarovnání kamery, což může vést k velkým teplotním chybám. Vyvinutá technika poměru intenzit v časové doméně se těmito potížím vyhýbá zachycením dvou snímků v různých časech během procesu rozpadu fosforescence pomocí jediné monochromatické kamery.

Každý pixel fotoaparátu integruje světlo shromážděné během doby expozice. Pečlivým výběrem vhodného expozičního času, spolu s načasováním každé expozice (image gating), je možné shromáždít dvě specifické časově integrované části křivky rozpadu fosforu. Doba rozpadu fosforu lze pak rychle a jednoznačně vypočítat z poměru těchto dvou signálů a vztáhnout ji k teplotě pomocí kalibrace. U této techniky nejsou žádné požadavky na vysoké snímkové frekvence a uspokojivé výsledky lze získat pomocí relativně levné kamery (za předpokladu, že je k dispozici vhodný software pro spouštění a ovládání expozice). **Obr. 2** ukazuje typický příklad plošného měření teploty v průmyslovém prostředí.



Obr. 2: Fosforová termometrie aplikovaná na rovinný objekt, který prochází mechanickým testováním. Vpravo je detail zaměření termokamerou. Převzato z (1).

Dalším příkladem použití fosforového teploměru NPL byla charakterizace fotovoltaických článků. Přesné měření jejich teploty není vždy jednoduchou záležitostí. Často je třeba dělat kompromisy mezi přesností a prostorovým rozlišením, aby bylo možné provést buď kvantitativní jednododová měření (např. pomocí termočlánků) nebo kvalitativní prostorová měření (např. termokamerou). V této práci byla demonstrována fosforová termometrie pro měření teploty zapouzdřeného křemíkového fotovoltaického článku s nejistotou menší než 1 °C.



Obr. 3: Nahore: SNM kontejner na stojanech v provozu. Dole: Kontejner SNM v laboratoři v NPL prochází fosforovými termometrickými testy (světlý svislý pruh je fosfor na plechovce, červená skvrna je místo, kde je snímána povrchová teplota). Převzato z (1).

Anglická společnost Sellafield Ltd. má za úkol vyřadit z provozu historická jaderná zařízení v lokalitě Sellafield ve Spojeném království a zajistit bezpečné a efektivní skladování jaderného materiálu souvisejícího s výrobou energie (z celé Velké Británie), včetně vyhořelého paliva a štěpného materiálu získaného přepracováním paliva. Spolehlivé měření teploty povrchu je klíčovým ukazatelem v širokém spektru činností v závodě Sellafield, jako jsou například:

- spolehlivá povrchová termometrie průduchů mezilehlých odpadních nádob,
- zajištění spolehlivé povrchové termometrie pro speciální jaderné materiály ve skladovacích kontejnerech nové generace (obr. 3), a
- zajištění spolehlivé povrchové termometrie pro stojan na vyhořelé palivo v nádržích.

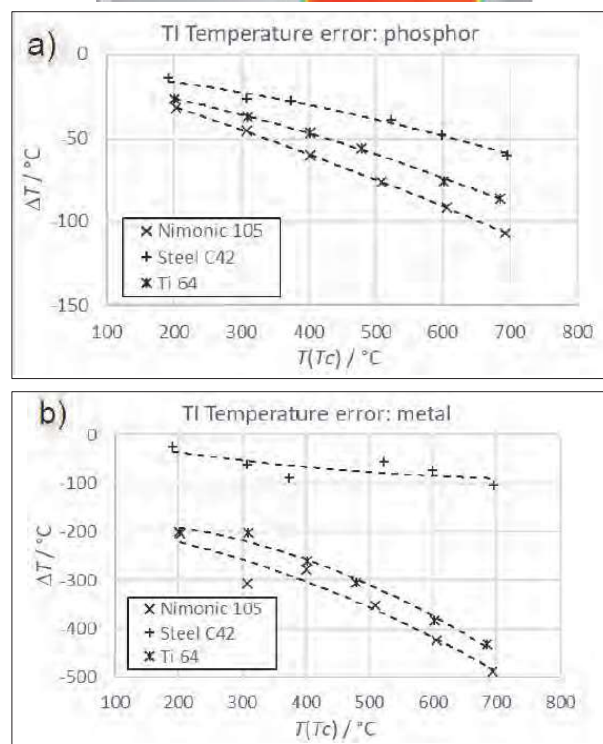
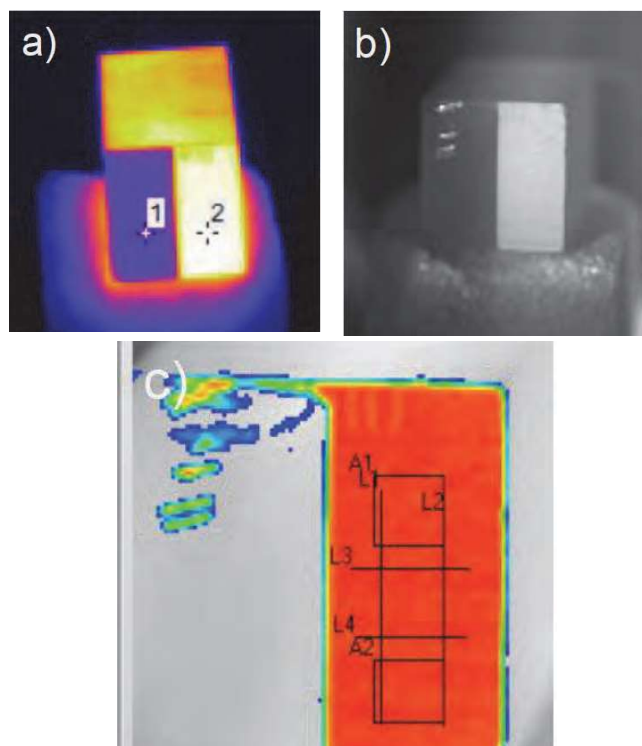
Vybrané systémy byly nasazeny v jednotlivých aplikacích a rozhodnutí o trvalém nasazení bude učiněno v letech 2023/24.

Aplikace a kalibrace fosforového povlaku v průmyslovém procesu

Fosforové povlaky lze stříkat v tloušťce kolem 35 μm , přičemž zůstávají odolné a homogenní. Pokud jsou požadovány větší intenzity signálu, mohou být povlaky aplikovány i v silnější vrstvě. Bodová měření jsou v současnosti spolehlivě realizovatelná, což také bylo prokázáno v předešlém projektu EMPRESS, i když byla měření prováděna při nižších teplotách od asi 20 $^{\circ}\text{C}$ do 200 $^{\circ}\text{C}$. Pro vysokoteplotní fosfor byly dokončeny tři kalibrační cykly, od 20 $^{\circ}\text{C}$ do 750 $^{\circ}\text{C}$, s použitím fosforu $\text{Mg}_4\text{FGeO}_6\text{:Mn}$ a pojiva typu 643-2. To prokázalo nejistotu měření menší než 3 $^{\circ}\text{C}$ až 10 $^{\circ}\text{C}$ pro teploty pod 600 $^{\circ}\text{C}$ a mezi 600 $^{\circ}\text{C}$ a 750 $^{\circ}\text{C}$. Kromě systému vysokoteplotní pece byla vyvinuta a testována další malá píčka se safírovým okénkem až do 1 000 $^{\circ}\text{C}$. Toto nové zařízení poskytuje schopnost rychlého tepelného cyklování a *in situ* kalibrace fosforového termometrického systému.

Společnost AFRC dodala k testování šest různých vzorků kovů využívaných v leteckém, ropném a automobilovém průmyslu. Dodávané materiály jsou z nástrojové oceli H13, Inconel 718+ (slitina na bázi niklu), C42 MOD (mikrolegovaná ocel), Ti64 a Ti-10-2-3 (slitiny titanu) a Nimonic 105 (slitina na bázi nikl-kobalt-chrom).

Zkoušky v průmyslu byly prováděny ve společnosti AFRC s použitím systému vyvinutého NPL na širokém spektru běžných slitin. Kovové vzorky byly z poloviny jedné strany potaženy fosforem (MFG) a zahřáty pomocí indukčního systému až do 700 $^{\circ}\text{C}$. Pro měření byl použit optimalizovaný fosforový povlak (pojivo, rozpouštědlo, fosfor) a optimalizovaný cyklus žhání, aby se minimalizovalo riziko delaminace. Vzorky byly ohřívány pomocí 15 kW indukčního ohřívacího systému Ambrell Ekoheat ve spojení s velkou indukční cívkou. Přídavná termokamera (LAND ARC-8-22-1000-HF) byla použita k měření teploty kovu a fosforového povlaku, aby bylo možné vypočítat emisivitu. Shrnutí těchto měření je uvedeno na obr. 4.



Obr. 4: Nahoře: Snímky pořízené a) z termokamery Land, ukazující místa měření pro (1) holý kov a (2) fosforový povlak; b) fosforový teploměr – nezpracovaný luminiscenční obraz měřený při 630 nm; c) fosforový termosnímek zobrazující čáry/oblasti měření. Graf 1: chyba teploty s termovizí (hlavně kvůli neznámé emisivitě, nastavené na hodnotu 1) při pozorování na fosforovém povlaku. Graf 2: chyba teploty s termovizí při pohledu na holý kov; zde je emisivita mnohem nižší (tj. holý kov je lesklejší), což způsobuje velmi velké chyby měření. To ukazuje, jak lze fosfor použít ke zvýšení emisivity a také ke „kalibraci“ měření, tj. k odvození emisivity *in situ* pro korekci měření tepelného zobrazování. Převzato z (1).

Cíl 2: Snížit nejistotu měření teploty v průběhu procesu

Systematický výzkum řady různých platina-rhodiových (Pt-Rh) termočlánků v projektu EMPRESS ukázal, že nejstabilnějším termočlánkem (alespoň v teplotním rozsahu 1 324 °C až 1 492 °C) je Pt-40%Rh versus Pt-6%Rh. To je způsobeno kombinovanými účinky termoelektrického driftu v důsledku odpařování oxidů Pt a Rh. Byla také navržena předběžná referenční funkce. V pokračování tohoto projektu národní metrologické instituty („NMI“) systematicky určovaly jeho referenční funkci. Byly využity výsledky jiných projektů, jako např. HIMERT, HiTeMS a EMPRESS. Užitečnost optimalizovaného termočlánku byla prokázána zkouškami ve výrobě průmyslových pecí a dalšími zkouškami na pracovištích spolupracovníků, např. aplikace výroby plaveného skla.

Druhá část aktivit skupiny NMI v oblasti termočlánků se týká dvoustěnného termočlánku s minerální izolací a kovovým pláštěm (MI) vyvinutého společností UCAM ve spolupráci s CCPI. Ty vykazují termoelektrickou stabilitu blízkou se termočlánkům z ušlechtilých kovů, alespoň do 1 200 °C. První zkoušky termočlánků typu K a N s tímto designem byly provedeny společností UCAM v průmyslové vakuové peci. Bylo nutné provést další ověření funkčnosti navrženého designu pomocí synchronizovaných měření několika zúčastněných NMI. To zahrnovalo systematické sledování rychlosti driftu dvoustěnných a konvenčních termočlánků a optimalizaci geometrie stěny. Studoval se také postupný rozklad vnitřního materiálu pomocí izolačního odporu nad 600 °C, kdy se keramická izolace stává vodivou, což způsobuje chyby měření.

Standardizace termočlánků Pt-40%Rh vs. Pt-6%Rh

Cílem tohoto úkolu je stanovit referenční funkci vztahu mezi termoelektrickým napětím a teplotou pro termočlánky Pt-40%Rh vs. Pt-6%Rh v teplotním rozsahu mezi 0 °C a 1 769 °C na vzduchu. To je založeno na sadě nejméně 5 (z 11 zkoumaných) vysoce termoelektricky stabilních a homogenních podobných termočlánků nebo na jednom nebo dvou „master“ termočláncích (speciálně vybraných pro své jedinečné vlastnosti). Všechna požadovaná měření jsou navázána na ITS-90 na základě měření elektromotorického napětí (dále „emf“) termočlánku v pevných bodech teplotní stupnice a pomocí porovnání.

Jedenáct termočlánků Pt-40%Rh vs. Pt-6%Rh bylo zkonstruováno společnostmi PTB, NPL, CEM, CMI a TUBITAK s použitím materiálů, které poskytla společnost JM, a další termočlánky byly poskytnuty slovinským (UL) a dánským (DTI) institutem. Všechny byly použity při stanovení referenční funkce. Bylo provedeno tepelné zpracování po montáži společnostmi PTB, CEM, CMI, NPL a TUBITAK. Byl vytvořen protokol o měření, aby byl výsledek mezi jednotlivými partnery porovnatelný. Vedlejšími produkty této činnosti byl revidovaný průvodce osvědčenými postupy EURAMET pro kalibraci termočlánků, obsahující nové, zdokumentované informace o typických hodnotách termoelektrické homogenity pro řadu termočlánků.

Pomocí standardních postupů v jednotlivých institutech byla provedena měření s přímou návazností na teplotní stupnici ITS-90 v pevných bodech, eutektických bodech a pomocí porovnání. Deset z jedenácti termočlánků splnilo specifikované požadavky na stabilitu (rychlost driftu v bodě mědi (1 084,62 °C) menší než 0,5 mV během 50 hodin žilání při 1 350 °C). Pro určení referenční funkce byly použity následující obecné principy:

- Kalibrace porovnáním poskytuje nejvíce datových bodů, a proto byla považována za klíčový úkol pro stanovení referenční funkce.
- Měření v pevném bodě byla provedena pro kontrolu stability termočlánků Pt-40%Rh/Pt-6%Rh během měření porovnáním, ale byla také použita pro stanovení referenční funkce.
- Byly provedeny opakované testy homogenity termočlánků Pt-40%Rh/Pt-6%Rh.

Pro každý termočlánek byly získány různé počty párů teplota-emf. Data termočlánků CEM-2018-1 a CEM-2018-2 pokrývala nejširší teplotní rozsah a rozdíl mezi nimi byl menší než rozšířená nejistota. Dále vykazovaly dobrou termoelektrickou homogenitu a stabilitu. Jednou z podmínek pro provedení proložení metodou nejmenších čtverců pro určení vztahu emf-teplota termočlánku je to, že všechna data pocházejí z jednoho termočlánku anebo ze sady statisticky nerozlišitelných termočlánků. Na základě všech naměřených dat byla proto pro konstrukci referenční funkce zvolena data termočlánků CEM.

Výsledná referenční funkce byla podrobena rozsáhlé analýze, která dospěla ke konečnému řešení pomocí dvou polynomů, jednoho od 0 °C do 660,323 °C (bod tuhnutí hliníku) a druhého nad 660,323 °C. Referenční funkce vztahuje termoelektrické napětí emf v jednotkách mV k teplotě t v jednotkách °C:

Koeficienty jsou uvedeny v **tabulce 1**.

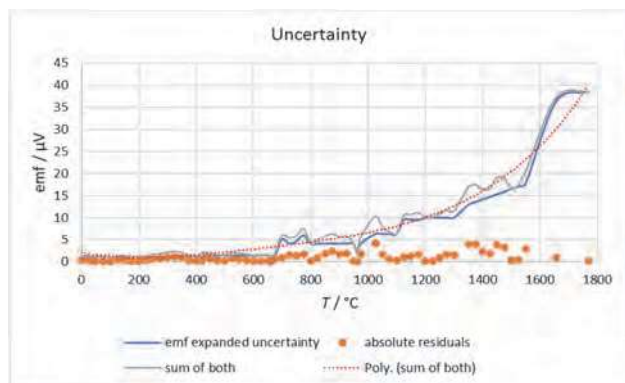
Tabulka 1: Navržené koeficienty referenční funkce. Převzato z (1).

Koeficienty	pod 660,323 °C	nad 660,323 °C
a_0	0	71435,3813
a_1	0,137315647	-568,1009491
a_2	0,006333794	1,941456131
a_3	-3,65645E-06	-0,003686384
a_4	8,80882E-09	4,29132E-06
a_5	-1,13502E-11	-3,12896E-09
a_6	5,40932E-15	1,39612E-12
a_7		-3,48828E-16
a_8		3,73963E-20

Nejistota spojená s referenční funkcí byla také pečlivě analyzována a je znázorněna na **obr. 5**.

Byla provedena řada testů termočlánků Pt-40%Rh vs. Pt-6%Rh v průmyslových podmínkách. To zahrnuje výrobu plaveného skla do 1 550 °C v Dánsku, výrobu křemenného skla ve Spojeném království a zkoušky v závoďe na výrobu oceli v České republice, aby se prokázala

dosažená stabilita termočlánků a platnost nové referenční funkce emf-teploty.



Obr. 5: Nejistota referenční funkce. Převzato z (1).

Optimalizace stability dvoustěnných termočlánků do 1 200 °C

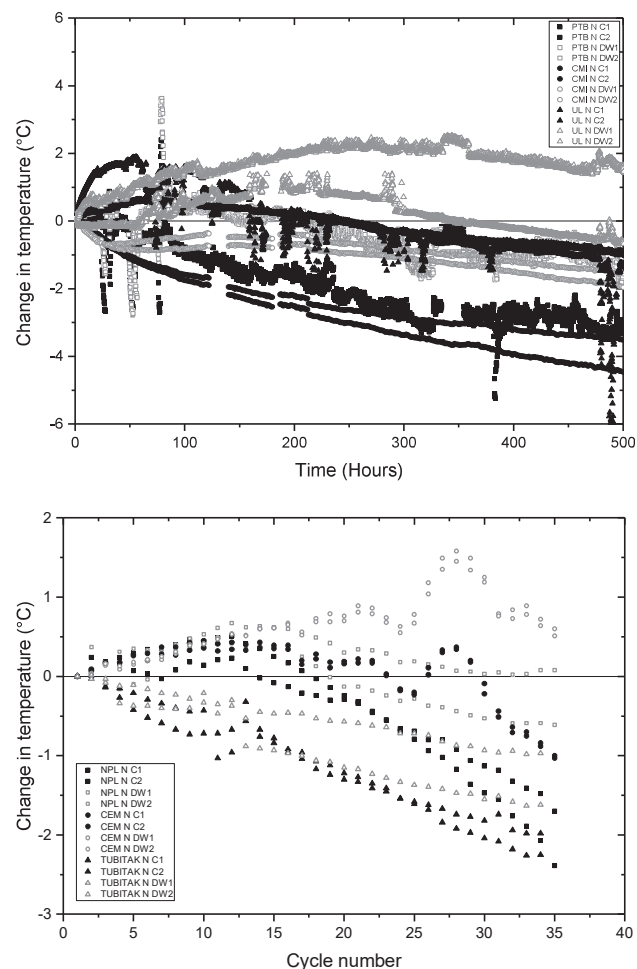
Cílem tohoto úkolu je optimalizovat konstrukci dvoustěnných MI (mineral insulated) termočlánků a vytvořit základ pro standardizaci dvoustěnných MI termočlánků typů K a N. Byly provedeny srovnávací testy s použitím dvoustěnných MI termočlánků za účelem nalezení optimálního poměru tloušťky vnitřní a vnější stěny. Kromě toho byla zkonstruována sada dvoustěnných termočlánků a prozkoumány jejich vlastnosti ve srovnání s konvenčními termočlánky MI stejného typu.

Byla dokončena všechna srovnávací měření pro metrologickou charakterizaci dvoustěnných a konvenčních termočlánků MI stejné geometrie (vnější průměr 3 mm) typu K a N s ohledem na jejich termoelektrickou stabilitu a homogenitu. Zde byly mezi šesti partnery realizovány dva různé protokoly měření. Tři partneři provedli izotermické testy stability MI termočlánků při 1 200 °C a tři partneři provedli termocyklické stabilizační testy MI termočlánků mezi 300 °C a 1 150 °C. Jako standard sloužil termoelektricky stabilní referenční termočlánek typu R a typu S. Kromě toho byly provedeny kalibrace termočlánků typu K a N v eutektickém pevném bodě Fe-C před a po dvou různých žháních, aby se ověřily účinky driftu. Dále byla ověřena termoelektrická homogenita termočlánků typu K a N při 200 °C v kapalinových lázních. Pro testy elektromagnetického pole bylo testováno osm termočlánků MI: čtyři termočlánky typu N (dva konvenční a dva dvoustěnné) a čtyři termočlánky typu K (dva konvenční a dva dvoustěnné). Termočlánky byly testovány při 5 různých teplotách: -196 °C, 0 °C, 125 °C, 250 °C a 500 °C.

Abyste bylo možné zkoumat vliv různých geometrií dvoustěnných termočlánků typu K a N na jejich chování ve srovnání s ekvivalentními konvenčními a „standardními“ dvoustěnnými termočlánky, byly prověřeny následující tři různé alternativní konstrukce: tenkostěnný design s užší stěnou, než bývají standardní, a dva s různými tloušťkami stěn (silnější, než bývají standardní). K posouzení driftu termočlánků byly použity dvě různé zkušební metodiky.

Kromě toho byla provedena metalurgická zkoumání vzorků prvků typu N v elektronovém mikroskopu za použití WDS (Wavelength Dispersive X-Ray Spectroscopy). Tímto způsobem by mohla být identifikována možná kvalitativní korelace výsledků driftu s ohledem na geometrii (tloušťku pláště) a nečistoty v drátech termočlánku.

Dvoustěnné termočlánky mohou překonat konvenční termočlánky, pokud je zvolena vhodná geometrie. Zejména standardní dvoustěnné a tlustostěnné dvoustěnné konstrukce vykazují lepší stabilitu v izotermických testech než konvenční termočlánky typu N. Pouze „tenkostěnné“ dvoustěnné termočlánky vykazovaly větší drift ve srovnání s konvenčními termočlánky. Testování v tepelně cyklických podmínkách zhoršuje drift konvenčních termočlánků a pomocí technik elektronové mikroskopie byla zjištěna vyšší úroveň kontaminace u konvenčních termočlánků při testování v tepelně cyklických podmínkách ve srovnání s izotermickými testy. Zdá se, že drift dvoustěnných termočlánků je do značné míry necitlivý na podmínky tepelného cyklování. Na druhé straně termočlánky s dvojitou stěnou vykazovaly větší poruchovost, pokud byly vystaveny těžkým a dlouhodobým podmínkám tepelného



Obr. 6: Reprezentativní grafy termoelektrického driftu termočlánků MI typu K a N jako funkce času během izotermické expozice vysoké teploty (nahore) a během testů tepelného cyklování mezi pokojovou teplotou a zvolenou vysokou teplotou (dole). Převzato z (1).

cyklování. To není neočekávané vzhledem k tomu, že vnější vrstva je vyrobena z materiálu Inconel 600, který má funkci ochrany snímacích prvků před okolním prostředím a je tenčí než plášť běžného termočládku.

Přestože byly navrženy a vyrobeny různé geometrie dvoustěnných termočládků pro identifikaci vlivu geometrie na stabilitu senzorů, nebylo možné identifikovat jasný vztah mezi driftem a poměrem tloušťky vnitřní stěny. Výsledky driftu různých senzorů (zejména standardního dvoustěnného a obou „tlustostěnných“ dvoustěnných konstrukcí) se liší pouze v omezené míře.

U termočládků typu K byly testovány dvě různé šarže. Různá složení materiálu typu K vyvolávají různou stabilitu. To platí jak pro konvenční, tak i pro dvoustěnné termočládky. Nebyl potvrzen pozitivní vliv dvoustěnných termočládků oproti konvenčním. Tyto výsledky jsou v kontrastu s předchozími výsledky získanými z jiných šarží dvoustěnných termočládků typu K, dříve testovaných nezávisle na UCAM a CCPI. Důvod této nesrovnalosti není jasný a vyžadoval by další šetření. Lze konstatovat, že například zkoumanými termočládky typu K a N je nevhodnějším dvoustěnným provedením z hlediska stability druhý „silný plášť“ dvoustěnné geometrie pro termočládky typu K, zatímco standardní dvoustěnný design byl nejlepší pro termočládky typu N. To může naznačovat, že nejlepší geometrie dvojité stěny se může lišit pro různé typy termočládků. Nejistota byla menší než 3 °C pro dvoustěnné i konvenční jednostěnné termočládky MI. Výsledky vybraných testů termoelektrického driftu jsou znázorněny na obr. 6.

Posouzení průrazu izolačního odporu termočládků MI do 1 200 °C

Cílem tohoto úkolu bylo prozkoumat problematiku průrazu izolace pro MI termočládky a provést měření izolačního odporu dvoustěnných a konvenčních MI termočládků typů K a N. Z praxe je známo, že za určitých podmínek mají konvenční termočládky problémy s porušením izolačního odporu při vysokých teplotách. Při provozu při vyšších teplotách lze u dvoustěnných termočládků předpokládat větší problémy s izolačním odporem. To je způsobeno menším množstvím izolačního materiálu.

Izolační odpor reprezentativních termočládků MI byl charakterizován při teplotách do 1 160 °C se současným měřením chyby indikované teploty *in situ* srovnáním s referenčním termočládkem typu R. Zajímavé je, že existuje systematický vztah mezi izolačním odporem a chybou indikované teploty. Při dané teplotě s poklesem izolačního odporu dochází k odpovídající stále zápornější chybě v měření teploty. Přestože měření mají poměrně velkou nejistotu, trend je zřejmý u všech teplot nad 600 °C a s rostoucí teplotou se postupně zvyrazňuje. Kromě toho korelace mizí při teplotách pod cca 600 °C, což je v souladu s dobře zavedeným snížením účinků průrazu izolačního

odporu pod touto teplotou. Ve skutečnosti bylo zjištěno, že extrapolovaná chyba pro nulový izolační odpor se zvyšuje s teplotou, což poskytuje solidní důkaz, že chyba měření skutečně svědčí o izolačním odporu a lze ji v zásadě použít jako její indikátor.

Protože nebylo jasné, zda by mohlo dojít k dalšímu porušení izolačního odporu (v důsledku např. kontaminace nebo jiné mikrostrukturální změny) v rané fázi životnosti senzoru nebo při velmi dlouhé době expozice, bylo ze strany UCAM a CCPI rozhodnuto vystavit senzory na delší dobu různým teplotám při průběžném sledování izolačního odporu. Tento přístup byl použit za účelem maximalizace pravděpodobnosti detekce možného průrazu izolačního odporu i v případech, kdy by k tomu došlo dočasně. Kromě toho byl současně měřen teplotní signál testovaných termočládků, aby se detekovaly náhlé nebo progresivní změny izolačního odporu, které by mohly naznačovat porušení izolace. Bylo provedeno několik testů s použitím konvenčních termočládků typu K k vyvolání porušení izolace, včetně izotermických testů v rozsahu od 800 °C do 1 300 °C a náročných cyklických testů s maximálními teplotami 1 100 °C, 1 200 °C a 1 300 °C. V jednom případě bylo zjištěno porušení izolace při izotermické zkoušce při 1 300 °C, ale stav nebylo možné reprodukovat vícenásobným opakováním stejného testu.

Závěr

Příspěvek shrnul základní výsledky mezinárodního projektu EMPRESS 2 se zaměřením na aplikace fosforové termometrie při průmyslových měřeních povrchové teploty. Druhá část příspěvku se zabývala metrologickou charakterizací nového typu termoelektrického snímače teploty a vlivu designu dvoustěnného termočládku z obecných kovů na jeho stabilitu a homogenitu.

Výsledky výzkumu byly využity při několika průmyslových aplikacích v různých zemích, včetně České republiky. Bližší informace lze získat u autorky příspěvku na lstrnadova@cmi.cz.

Více detailních výsledků je možné nalézt v literatuře [1]

Literatura

- [1] Publishable Summary for 17IND04 EMPRESS 2 Enhancing process efficiency through improved temperature measurement 2, dostupné na https://www.euramet.org/download/?tx_eurametfiles_download%5Bfiles%5D=34852&tx_eurametfiles_download%5Bidentifier%5D=%252Fdocs%252FEMRP%252FJRP%252FJRP_Summaries_2017%252FIndustry%252F17IND04_Publishable_Summary.pdf&tx_eurametfiles_download%5Baction%5D=download&tx_eurametfiles_download%5Bcontroller%5D=File&cHash=9ffc0ad71953bd703832d653e3816a7b



PRACHOVÉ ČÁSTICE V APLIKOVANÉM A ZÁKLADNÍM VÝZKUMU

Ing. Milada Chudičková, Ph.D.

Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví

Vlivem znečištění ovzduší se u člověka prokazatelně zvyšuje nemocnost a úmrtnost, a to v širokém spektru dopadů, od respiračních a kardiovaskulárních onemocnění až po neurologické diagnózy a epigenetické změny. Znečištění ovzduší ročně způsobí smrt 9 milionům lidí, a to zejména v překotně se rozvíjejících zemích, jako je Indie nebo Čína, které rovněž patří mezi přední producenty škodlivin v ovzduší. Vysoká míra znečištění vzduchu se dále týká řady světových metropolí, počínaje Mexico City a Rio de Janeirem, za nimiž následuje evropský Milán, dále Ankara, Tokio a Moskva. Látky, které svou povahou nejvíce přispívají k znečištění vzduchu, jsou podle Světové zdravotnické organizace (World Health Organization, dále WHO) zejména: prachové částice, ozon vyskytující se při povrchu země, oxid uhelnatý, oxid siřičitý, oxidy dusíku a olovo. [1, 11]

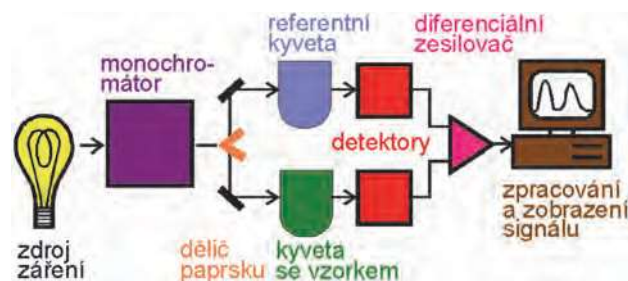
Je zřejmé, že celá problematika znečištění životního prostředí je nesmírně komplexní a pro potřeby tohoto textu ji bude třeba poměrně zjednodušit. Proto se článek dále zaměří na znečištění ovzduší prachovými částicemi, jeho měření, dopad na lidské zdraví a souvislosti ze světa základního výzkumu.

Znečištění ovzduší negativně ovlivňuje i kvalitu půdy a vody a je stále velkým problémem současného světa, ačkoli se zejména ve vyspělých zemích rozvíjí řada iniciativ na nadnárodní úrovni, které si kladou za cíl míru znečištění v prostředí postupně snižovat. Mezi hlavní zdroje spadají nepřekvapivě velké průmyslové provozy, elektrárny a spalovací motory, v menší míře se na znečištění vzduchu podílí například zemědělství, a z těch, které nemusí přímo souviset s lidskou činností, lze uvést spíše pro zajímavost třeba sopečnou aktivitu, rozsáhlé lesní požáry nebo prachové bouře.

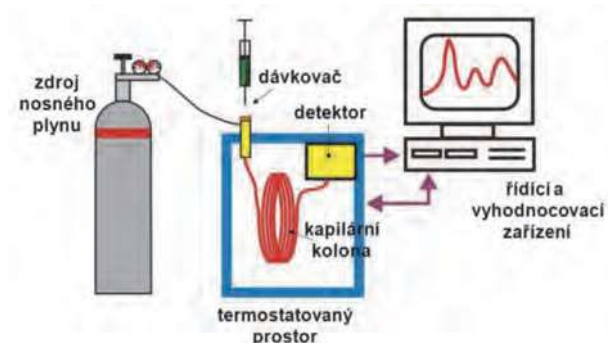
Monitoring kvality ovzduší v ČR

Obecné požadavky na hodnocení kvality ovzduší stanovuje směrnice Evropského parlamentu a Rady 2008/50/ES, o kvalitě vnějšího ovzduší a čistším ovzduší pro Evropu (dále „směrnice“), na kterou odkazuje český zákon č. 201/2012 Sb. Podle této směrnice musí být primárním zdrojem pro hodnocení kvality ovzduší výsledky stacionárních měření, které mohou být dále doplněny o výsledky získané modelováním, tak aby výsledná mapa znečištění poskytovala dostatečný přehled prostorového rozložení koncentrací znečišťujících látek v ovzduší. [6] V závislosti na okolnostech a dostupných informacích (zda je identifikována konkrétní škodlivina a její zdroj, jaké jsou předchozí znalosti koncentrací včetně odchylek a fluktuací v čase a prostoru, atd.) lze tato primární měření obsahu škodlivin v ovzduší provádět několika způsoby či jejich kombinacemi: manuálním odběrem vzorku ovzduší a jeho následnou laboratorní analýzou buďto spektrofotometricky (**obr. 1**) nebo plynovou chromatografií

(**obr. 2**), měřením koncentrace přímo na daném místě a v daném čase a nebo kontinuální analýzou prostřednictvím měřicí stanice. [7]



Obr. 1: Princip spektrofotometrických metod: srovnává se intenzita zdroje záření s intenzitou dopadající na detektor, množství absorbovaného záření je přímo úměrné koncentraci látky v roztoku; zdroj DocPlayer a studijní materiály VŠCHT [12]



Obr. 2: Princip plynové chromatografie: kvalitativní a kvantitativní analýza plynů, která umožní separaci jednotlivých složek plyné směsi jejich rozdělením na dvě fáze: na pohyblivou plynou fázi a nepohyblivou kapalnou či pevnou fázi. Rozdělení složek mezi fáze jsou dána jejich rovnovážnými distribučními konstantami, ty jsou specifické pro každý druh analytu, pro jeho fázi a teplotu a rostou s rostoucí molekulovou hmotností; zdroj SlidePlayer a studijní materiály Přírodovědecké fakulty UK [13, 14]

V našem prostředí je to Český hydrometeorologický ústav (dále ČHMÚ), který v souladu s požadavky směrnice provozuje Státní síť imisního monitoringu, akreditovanou dle ČSN EN ISO/IEC 17025:2018. Stanice monitorují suspendované prachové částice, oxidy dusíku, oxid siřičitý, oxid uhelnatý, přízemní ozon, polycyklické aromatické uhlovodíky, benzen a těžké kovy. Výstupy z této automatizované monitorovací sítě vypovídají o kvalitě ovzduší v reálném čase a jsou rozšiřovány o zpřesňující výsledky manuálních měření. [7]

Prachové částice a zdravotní rizika

Složitost problematiky znečištění prostředí se odráží i v popisech dopadů na lidský život. Samotné stanovení míry nemocnosti a úmrtnosti v důsledku znečištění ovzduší nevyjadřuje dopady na jedince žijící v dané populaci zcela přesně. V devadesátých letech minulého století proto WHO zavedla univerzální míru pro srovnání celkového zdraví

a předpokládané doby dožití v populacích různých zemí: celkový počet let zdravého lidského života, které byly v dané populaci ukráteny předčasným úmrtím nebo nemocí, zkráceně DALYs (Disability-adjusted life years). Tímto způsobem lze sjednotit a srovnat v rámci jedné kategorie i krátký život bez postižení s dlouhým životem s postižením. Na ztrátách v počtu těchto ve zdraví prožitých let se (kromě znečištěného ovzduší) dále významně podílí i zátěž způsobená nadměrným hlukem v prostředí, a to dokonce výrazněji. V epidemiologických studiích je obecně obtížné (nejen) tyto dva činitele a jejich důsledky od sebe oddělit, proto bývají uváděny společně [1, 5]. Zvláště je lze zkoumat v podstatě jen v prostředí základního výzkumu, pomocí *in vivo* studií.

Také při dělení prachových částic dle velikostních kategorií a zdravotních rizik s nimi spojených je třeba si uvědomit, že jde o dělení do značné míry umělé, protože se jednotlivé množiny překrývají. Ačkoli se tedy s rostoucí velikostí jejich schopnost pronikat do lidského těla snižuje, lze větší částice označit za méně nebezpečné jen relativně (obr. 3). Pevné prachové částice (*particulate matter*, dále PM) v atmosféře vznikají v důsledku plynovo-částicové konverze z organických par: oxidací organických par vznikne částice, na ní tyto páry kondenzují a částice postupně roste koagulací a další kondenzací. V tomto případě se jedná o částice s velikostí menší než 1 μm (označují se jako PM1), případně menší než 0,1 μm (PM0,1). Pokud se v atmosféře vyskytují v primární podobě, v níž byly uvolněny ze zdroje (například saze, popílek, minerální prach či pylová zrna), tyto částice bývají zpravidla větší než 1 μm . Až do velikosti 2,5 μm přitom hovoříme o jemných částicích, které se označují jako PM2,5 a velmi dobře pronikají hluboko do struktury plic a do krevního oběhu. Hrubší částice s průměrem do 10 μm (PM10) vznikají například mechanickým obrušováním, spalováním dřeva a fosilních paliv. Pro srovnání, průměr lidského vlasu se pohybuje mezi 50-70 μm . [1, 4, 6]

Částice PM2,5 bez ohledu na délku expozice prokazatelně souvisí s rozvojem akutní nasofaryngitidy, tedy zánětu nosohltanu. Dlouhodobá expozice v řádu let je pak spojena s rozvojem onemocnění dýchacích cest (astma, zápal plic), kardiovaskulárních onemocnění včetně aterosklerotických změn a vysokého krevního tlaku, zvýšením kojenecké úmrtnosti, zvýšeným rizikem poškození vývoje nervové

soustavy a rozvojem zánětlivého prostředí v mozku. [1, 3, 11] Škodlivost PM2,5 dále zvyšuje i jejich schopnost vázat polycyklické aromatické uhlovodíky prokazatelně mutagenní a karcinogenní povahy, takže ve výsledku vykazují PM2,5 nejzřetelnější souvislost s úmrtností v důsledku znečištění ovzduší, a to i ve srovnání s celkovým znečištěním, způsobeným jak prachovými částicemi, tak i oxidy síry, dusíku atd. Rovněž se prokázala vazba mezi expozicí PM2,5, rozvojem chronických kardiometabolických stavů a zhoršenými prognózami a úmrtími u COVID-19. [1, 2, 11]

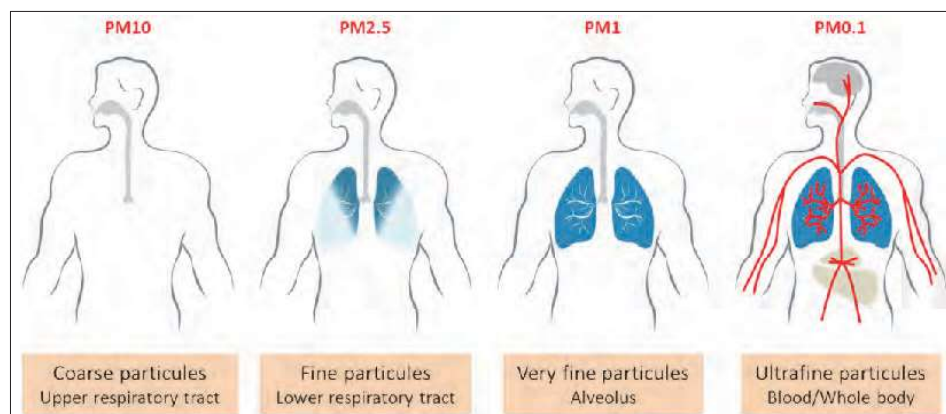
Jak už bylo řečeno, do množiny P10 spadají i částice z předchozích velikostních kategorií a také jejich zdravotní dopady jsou podobné. Ačkoli se usazují zpravidla už na průduškách, stále mohou proniknout až do plicních sklípků a krevního oběhu. Funkce průdušek se vlivem P10 samozřejmě zhoršuje, ať už prostým podrážděním až po rozvoj alergií, astmatu či chronické obstrukční plicní nemoci. Dále také P10 přispívají k rozvoji kardiovaskulárních onemocnění a jsou opakovaně zmiňovány ve studiích zabývajících se vazbou mezi tímto typem znečištění a onemocněním diabetem druhého typu, a to zejména prostřednictvím téměř univerzálního zdroje poškození tkání: zvýšeného oxidativního stresu a rozvoje zánětlivého prostředí. [5, 11]

Doporučení a zákonem dané imisní limity

Ačkoli obecně neexistuje „zdravá“ míra znečištění ovzduší, lze se řídit doporučeními WHO a udržovat průměrné denní koncentrace částic P10 pod 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a P2,5 pod 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (obr. 4, sloupec AQG level). Evropské země vesměs tento denní limit splňují, jak je vidět i v aplikaci WHO Air Quality. [8]

Pollutant	Averaging time	Interim target				AQG level
		1	2	3	4	
PM ₁₀ , $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Annual	35	25	15	10	5
	24-hour*	75	50	375	25	15
PM _{2.5} , $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Annual	70	50	30	20	15
	24-hour*	150	100	75	50	45

Obr. 4: Hodnoty pro průměrné denní a roční koncentrace P2,5 a P10, v režimu přechodných a doporučených limitů kvality ovzduší (Air Quality Guidelines, AQG) dle WHO [8]



Obr. 3: Dopad jednotlivých velikostních kategorií na lidské dýchací cesty, potažmo celý organismus; převzato z Encyclopédie de l'Environnement [9]

Podobně se pohybují optimální hodnoty stanovené americkou agenturou pro ochranu prostředí (Environmental Protection Agency, dále EPA): průměrná denní koncentrace P10 v prostředí by se měla udržovat pod hranici 54 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a denní koncentrace P2,5 pod 15,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. S hodnotami v rozmezí (0-50) $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pracuje také zjednodušený barevný Air Quality Index (AQI), vyvinutý touto organizací v osmdesátých letech minulého století (obr. 5). V současnosti funguje v podobě aplikace AirNow

pro rychlou orientaci a přehled. Ačkoli je EPA primárně zaměřena na monitoring stavu ovzduší v USA, tato organizace sbírá i data z kanadských a mexických stanic a ze svých ambasád a konzulátů, proto rovněž poskytuje poměrně ucelený celosvětový přehled. Reálně se podle údajů EPA i WHO koncentrace znečištění částicemi P10 za 24 hodin v rámci USA pohybuje mezi 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ až 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. [6, 8]

AQI Category	AQI Value	24-hr Average PM _{2.5} Concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24-hr Average PM ₁₀ Concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Good	0 - 50	0 - 15.4	0 - 54
Moderate	51 - 100	15.5 - 40.4	55 - 154
USG	101 - 150	40.5 - 65.4	155 - 254
Unhealthy	151 - 200	65.5 - 150.4	255 - 354
Very Unhealthy	201 - 300	150.5 - 250.4	355 - 424
Hazardous	301 - 500	250.5 - 500.4	425 - 604

Obr. 5: Air Quality Index (AQI) ve vztahu ke koncentracím PM_{2,5} a PM₁₀, převzato z US EPA [6]

Mimo tato doporučení jsou pak legislativně stanoveny imisní limity a povolené počty jejich překročení. Imisní limit pro průměrnou denní koncentraci PM₁₀ v České republice dle zákona č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, v platném znění, je v současnosti stanoven na 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ s povoleným počtem překročení 35x za rok, a roční limit je stanoven na 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Pro denní průměrnou koncentraci PM_{2,5} není v České republice stanoven limit, pro roční průměrnou koncentraci PM_{2,5} je limit 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. [7]

Ústředním orgánem pro obor ochrany čistoty ovzduší je úsek kvality ovzduší ČHMÚ. Podle I. části jejich Předběžného zhodnocení pro rok 2021 byl loňský rok co do kvality ovzduší velmi příznivý, a to zřejmě i v souvislosti s pandemickou situací. Tato zpráva zahrnuje neverifikované údaje ze sítě stanic s automatizovaným měřením. Celkové koncentrace sledovaných znečišťujících látek (konkrétně PM₁₀, PM_{2,5}, přízemní ozon, NO₂, CO a SO₂) dosáhly za posledních deset let nejnižších až druhých nejnižších hodnot a roční imisní limit pro P10 (40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) nebyl překročen na žádné stanici v rámci ČR, a to potřeby v řadě, po letech 2019 a 2020. 24hodinový imisní limit pro P10 (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) za minulý rok překročily pouze 4 měřicí stanice z celkového počtu 118, všechny leží v ostravské aglomeraci, kam spadá i jediná smogová situace za loňský rok, vyhlášená právě z důvodu vysokých koncentrací P10. Imisní limit pro roční průměrnou koncentraci P2,5 (20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) byl v minulém roce překročen na 10 stanicích z celkového počtu 86, až na jednu (zlínskou) spadají všechny tyto stanice opět do ostravské aglomerace. II. část Předběžného zhodnocení kvality ovzduší ČHMÚ bude zahrnovat koncentrace těžkých kovů a látek na bázi benzenu, které byly získány na základě manuálních měření a měla by být vydána v dubnu tohoto roku. [7]

Základní výzkum

Jako vždy, základní výzkum nabízí i pro komplexní potřeby mapování důsledků znečištění ovzduší těžko nahraditelné nástroje, jelikož umožní aplikovat jednotlivé škodlivé činitele zvlášť nebo ve zvolených kombinacích, a zároveň udržovat konstantní ostatní proměnné, které jinak výrazně přispívají k celkovému zdravotnímu stavu jedince (genetické pozadí, dieta, spánkový a pohybový režim). Toto je zásadní zejména v případě kardiovaskulárních a respiračních onemocnění, která jsou sama o sobě poměrně komplexní a často multifaktoriální. Ve zvířecích modelech se pracuje zejména s hlodavci jako jsou **myši a morčata**. Klasickým experimentálním nastavením je **intranasální aplikace testované látky** (zde prachových částic zvolené velikosti) rozpuštěné ve sterilním solném roztoku či fosfátovém pufru. Jde tedy o období aplikace nosních kapek a v toxikologických studiích se tento přístup dlouhodobě používá, zejména pro modelování vlivu vyšších expozic, dosahovaných spíše v pracovním prostředí než v běžném ovzduší. Vyžaduje ovšem alespoň mírnou sedaci zvířete, aby se zabránilo kašli v důsledku vdechnutí tekutiny. Podobně pak funguje intratracheální expozice, ta již vyžaduje hlubší anestezii, která je sama o sobě rizikem a obecně vnáší do hry prvek, který se nedá dost dobře přenést na lidskou studii. Rovněž množství tekutiny, která zde slouží jako nosič, je omezené, při větším množství nebo neopatrné manipulaci zvířeti způsobí otok plic. [10]

Vzhledem k tomu, že menší nerozpustné částice (PM_{2,5} - PM_{0,1}) pronikají po vdechnutí do krve a mohou tak přímo působit na homeostázu, dalším ze způsobů modelace zdravotních dopadů znečištění ovzduší je **intra-venózní aplikace roztoku s částicemi** ocasní žíly do krevního oběhu pokusného zvířete nebo **intrapertoneální injekce**, kde je třeba určité zručnosti a zkušenosti, aby se zamezilo poranění okolních tkání. Rovněž je třeba dbát na vhodnou teplotu aplikovaného roztoku (tedy nejméně pokojovou, optimálně shodnou s teplotou těla zvířete, aby nedošlo k rozvoji šoku). V těchto dvou případech je nevýhoda zjevná: zcela se obchází dýchací cesty, takže srovnatelnost výsledků s člověkem je proto nižší. [1, 10]

Další možností je **inhalace skrze nos**, se širokým spektrem aplikací, od vzorků ovzduší nasbíraných v reálném prostředí po komerčně dodávané vzorky a směsi o různých koncentracích (výfukové plyny, tabákový kouř). Je to technicky méně náročná varianta, která je vhodnější spíše pro krátkodobé obecné studie vlivu chemických látek na zdraví, protože ani zde nejde o přesný model expozice, které je vystaven člověk. [10]

Nejpřesnějším modelem je pak technicky náročnější **celotělová expozice**, kdy se do uzavřeného testovacího prostředí, které je zároveň obydlím zvířete, vhání vzduch s definovaným a monitorovaným obsahem škodlivin. Takto lze aplikovat přesně definovaný aerosol, který vzniká na místě kondenzací a růstem částic pomocí již zmíněné plynovo-částicové konverze, takže se poměrně přesně napodobí konkrétní míry znečištění, které se v ovzduší skutečně vyskytují. Pomocí filtrů lze modelovat různé úrovně zátěže, jako negativní kontrola pak může sloužit prostředí,

do něhož se stejným způsobem vhání pouze čistý vzduch. Rovněž lze zapojit simulace dalších vlivů prostředí, jako je teplota a vlhkost vzduchu, hluk či naopak ticho, nevhodná dieta či pohybový režim, zkrátka velmi přesně simulovat různé vlivy a prostředí, v nichž se lidé reálně pohybují. Návrh jakékoli zvířecí studie samozřejmě musí schválit etická komise a každý takový projekt pak podléhá veterinárnímu dozoru. [10]

Aktuálním příkladem vědecké studie v rámci lidské populace může být interdisciplinární projekt Zdravé stárnutí v průmyslovém prostředí (Healthy Aging in Industrial Environment, dále HAIE), jehož hlavním řešitelem je Lékařská fakulta Ostravské univerzity. Projekt HAIE mimo jiné zkoumá, jakým způsobem ovlivní lidské zdraví dlouhodobé sportování v prostředí s výrazně znečištěným ovzduším, v ostravské průmyslové aglomeraci. Srovnávají se proto charakteristiky sportovců a lidí bez fyzické aktivity, kteří žijí na Ostravsku, s charakteristikami ne/sportovců žijících v oblasti s nízkou mírou znečištění, konkrétně v jižních Čechách. Celkový plánovaný počet účastníků v této studii je úctyhodných 1300 lidí osob například uvedenými skupinami. Sleduje se celá řada tělesných a výkonnostních parametrů, jako jsou plicní a srdeční funkce či krevní tlak, hladiny markerů zánětu a oxidačního stresu v krvi, ale také kognitivní schopnosti a psychosociální funkce. Lze předpokládat, že celkový přínos, který pravidelná sportovní aktivita pro lidské zdraví má, bude v důsledku znečištění snížena. Zrovna tak oprávněně lze ale očekávat i snížení negativního dopadu znečištěného ovzduší vlivem pravidelného sportování. Na výsledky této unikátní tuzemské studie se proto vyplatí si počkat do příštího roku, kdy budou prezentovány odborné veřejnosti formou vědeckých publikací. [11]

Použitá literatura

- [1] Manisalidis I, Stavropoulou E, Stavropoulos A, Bezirtzoglou E. Environmental and Health Impacts of Air Pollution: A Review. *Front Public Health*. (2020) 8:14. Dostupné z: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpubh.2020.00014/full>
- [2] Dockery DW, Pope CA, Xu X, Spengler JD, Ware JH, Fay ME, *et al.* An association between air pollution and mortality in six U.S. cities. *N Engl J Med*. (1993) 329:1753–9. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8179653/>
- [3] Patten KT, González EA, Valenzuela A *et al.* Effects of early life exposure to traffic-related air pollution on brain development in juvenile Sprague-Dawley rats. *Transl Psychiatry*. (2020) 10, 166. Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/s41398-020-0845-3>
- [4] Landlová L, Cupr P, Franců J, Klanova J, Lammel G. Composition and effects of inhalable size fractions of atmospheric aerosols in the polluted atmosphere: Part I. PAHs, PCBs and OCPs and the matrix chemical composition. *Environ Sci Pollution Res Int*. (2014). Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24488522/>
- [5] Eze IC, Schaffner E, Fischer E, Schikowski T, Adam M, Imboden M, *et al.* Long-term air pollution exposure and diabetes in a population-based Swiss cohort. *Environ Int*. (2014) 70:95–105. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24912113/>
- [6] US EPA (Environmental Protection Agency) (2017). Dostupné z: <https://www.epa.gov/clean-air-act-overview/air-pollution-current-and-futurechallenges>
Link přímo na aplikaci: <https://www.airnow.gov/>
- [7] Kvalita ovzduší na území České republiky v roce 2021. Předběžné zhodnocení. I. část. Zhodnocení koncentrací PM10, PM2,5, O₃, NO₂, SO₂ a CO. Úsek kvality ovzduší, ČMHÚ Praha-Komořany. Dostupné z: https://info.chmi.cz/zpravy/UKO_AIM2021/
- [8] WHO global air quality guidelines. Particulate matter (P2,5 and P10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Executive summary. Geneva: World Health Organization. (2021) Licence: [CCBY-NC-SA 3.0 IGO](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/). Dostupné z: <https://whoairquality.shinyapps.io/AirQualityStandards/>
- [9] Airborne particulate matter and their health effects. *Environ Sci Med*. (2019). Dostupné z: <https://www.semanticscholar.org/paper/Airborne-particulate-matter-and-their-health/60e9d3d05671a533db47cfbc43bf220ac65a5da4>
- [10] Shang Y, Sun Q. Particulate air pollution: major research methods and applications in animal models. *Environ Dis*. (2018) 3(3): 57–62. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6756763/>
- [11] Cipryan L, Kutac P, Dostal T, *et al.* Regular running in an air-polluted environment: physiological and anthropometric protocol for a prospective cohort study (Healthy Aging in Industrial Environment Study – Program 4). *BMJ Open* (2020) 10: e040529. Dostupné z: <https://bmjopen.bmj.com/content/10/12/e040529>
Link přímo na projekt 4HAIE: [4HAIE – Program 4 – 4HAIE – Centrum diagnostiky lidského pohybu](#)
- [12] Metody molekulové spektroskopie – spektrofotometrie, luminiscenční metody. DocPlayer. Dostupné z: <https://docplayer.cz/38655488-6-metody-molekulove-spektroskopie-spektrofotometrie-luminiscenncni-metody.html>
- [13] Schéma plynového chromatografu. SlidePlayer. Dostupné z: [slide_15.jpg \(960×720\) \(slideplayer.cz\)](https://slideplayer.cz/960x720/slide_15.jpg)
- [14] Plynová chromatografie. Základní přednáška – teorie. DocPlayer. Dostupné z: <https://docplayer.cz/4380816-06-plynova-chromatografie-gc.html>

Použitá legislativa a normy

- [1] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2008/50/ES, o kvalitě vnějšího ovzduší a čistším ovzduší pro Evropu
- [2] Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, ve znění účinném k 1. 1. 2022
- [3] ČSN EN ISO/IEC 17025:2018 Všeobecné požadavky na kompetenci zkušebních a kalibračních laboratoří

RADRON – MINIATURNÍ DRON SCHOPNÝ LOKALIZOVAT ZDROJE IONIZUJÍCÍHO ZÁŘENÍ

Ing. Jan Rusňák, Ph.D.

Český metrologický institut

V rámci výzkumu financovaného TAČR vzniká unikátní dron schopný rychle a přesně lokalizovat zdroje ionizujícího záření. V tomto projektu spojili své síly vědci z oddělení fundamentální metrologie ionizujícího záření v ČMI se skupinou Multi-robotických systémů z elektrotechnické fakulty ČVUT a s odborníky z firmy ADVACAM vyvíjejícími pokročilé pixelové detektory ionizujícího záření.



Obr. 1: RaDron – bezpilotní letecký prostředek pro lokalizaci zdrojů ionizujícího záření.

Tak jako Spielbergovy Čelisti vytvořily ze žraloka bílého v kolektivním lidském vědomí nejnebezpečnějšího zvířecího zabijáka (přestože např. hroší zvládnou během jednoho roku zabít více lidí, než žraloci za posledních 500 let dohromady), tak 50 let života ve strachu z nukleárního holocaustu během Studené války položilo základ celospolečenské radiofobie, kterou havárie Černobylské jaderné elektrárny ještě více umocnila. A tak i dnes jakákoliv porucha na jaderném zařízení, záměr vybudovat dlouhodobé úložiště jaderného odpadu, transport radioaktivního materiálu, či pouhá potencialita hrozby jeho zneužití vyvolávají mezi lidmi natolik silné obavy, že případná mediální či politická reakce je povětšinou přehnaná a svými negativními důsledky může předčít i původní hrozbu. I to by měl být důvod, proč je potřeba neustále usilovat o maximální bezpečnost jaderných provozů, zajistit co nejvyšší kontrolu bezpečnosti produkce, skladování a transportu radioaktivních materiálů a především ujišťovat širokou veřejnost, že případná rizika jsou neustále analyzována a je jim předcházeno a i v případě nepředvídatelných událostí máme prostředky, jak jejich dopad minimalizovat.

Po havárii jaderné elektrárny ve Fukušimě se věnovalo značné vědecké a technické úsilí na vývoj bezpilotních leteckých (UAV) a pozemních prostředků (UGV) schopných nasazení během takovýchto událostí, aby se tak minimalizovalo

riziko ozáření pro zasahující personál. Už několik dní po havárii byly nasazeny bezpilotní vrtulníky vybavené scintilačními gama detektory, aby monitorovaly vývoj radiační situace na zasažených územích v okruhu několika desítek kilometrů od elektrárny. V tomto případě však nebyla důvodem nasazení UAV ani tak obava o bezpečnost posádek, jako spíše prostý fakt, že pro tak velké množství letů nebyl dostatek kvalifikovaných pilotů. Následný vývoj a inovace se týkaly jak užitých UAV – od malých vícerotorových drohů po velké bezpilotní vrtulníky – tak zlepšování citlivosti, odolnosti a snižování hmotnosti detektorů [1-6].

Na poli bezpilotního radiačního mapování tak již mnoho prostoru pro inovace nezbyvá. Podívejme se ale na jiný scénář: ztráta nebo odcizení kompaktního radionuklidového zdroje a jeho co možná nejrychlejší a nejpřesnější lokalizace. Taková situace může nastat kupříkladu jako důsledek dopravní nehody při převozu radionuklidových zdrojů pro lékařské či vědecké účely. A co třeba noční měra všech bezpečnostních expertů – terorista pohybující se se špinavou bombou v městské zástavbě? A co další nepříjemná situace – úniku radioaktivních látek v úložišti jaderného odpadu z neznámého místa. Pro řešení výše zmíněných scénářů příliš mnoho vhodných prostředků prozatím neexistuje.

Zaplnit toto prázdno se snaží právě projekt RaDron, jehož hlavním výsledkem je plně autonomní bezpilotní letecký prostředek ovládaný umělou inteligencí a nesoucí miniaturní Comptonovu kameru založenou na pixelovém detektoru Timepix 3. Řídící software zpracovává data z detektoru a na jejich základě pak navádí stroj tak, aby se co nejvíce přiblížil ke zdroji záření, čímž se výrazně zvýší množství detekovaného záření a přesnost lokalizace se tak ještě zlepší (intenzita záření klesá s kvadrátem vzdálenosti). V závislosti na intenzitě zdroje a počáteční vzdálenosti je zdroj záření nalezen během několika desítek vteřin až jednotek minut s přesností do 1 m. Kromě toho, že operátor obdrží GPS souřadnice předpokládané pozice zdroje, dron kolem této lokace také krouží, či může na pozici zdroje přímo přistát, aby tak byla cílová oblast dobře patrná např. pro zasahující záchranáře. V dalším textu se podíváme na hlavní součásti celého systému poněkud podrobněji.

Comptonova kamera

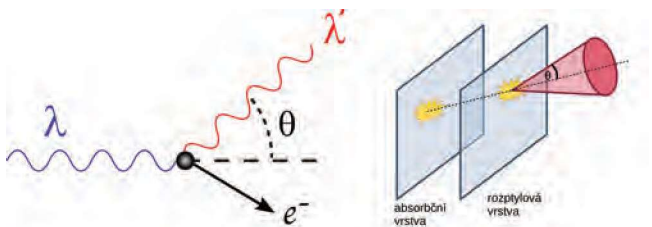
Krátká vlnová délka vysokoenergetického záření gama nedovoluje jeho fokusaci klasickými optickými prostředky, tak jak je to možné u viditelného světla. V medicíně se tak pro zobrazování gama záření používá detektorů osazených olověnými kolimátory. Nicméně taková zařízení jsou poměrně velká a mají vysokou hmotnost. Jejich nasazení v leteckém radiačním monitoringu je tak téměř vyloučeno. Alternativní možností je tzv. Comptonova kamera. Principem Comptonovy kamery je využití znalosti kinematiky Comptonova rozptylu pro určení směru přilétajícího fotonu

záření gama. Přilétávající foton interaguje s materiálem detektoru tak, že část své energie předá volnému elektronu, který je odražen, načež foton se zbytkem energie pokračuje po trajektorii, která je odchylena od původního směru o úhel θ (obr. 2) Pokud je odražený elektron detekován a jeho energie změřena (např. tak, že celou svou kinetickou energii využije na ionizaci svého okolí, čímž vytvoří el. náboj, který může být sebrán přiloženým elektrickým napětím) a zároveň rozptýlený foton ještě jednou reaguje s materiálem detektoru – tentokrát formou fotoefektu (tzn. předá veškerou svou energii volnému elektronu a původní foton zcela zanikne) – a vzniklý fotoelektron opět detekujeme, tak je možné na základě následující rovnice určit úhel θ :

$$\cos \theta = 1 - \left(\frac{1}{E'} - \frac{1}{E} \right) m_e c^2 \quad (1)$$

kde E je energie fotonu před rozptylem, E' je energie fotonu po rozptylu, m_e je klidová hmotnost elektronu a c je konstanta rychlosti světla ve vakuu.

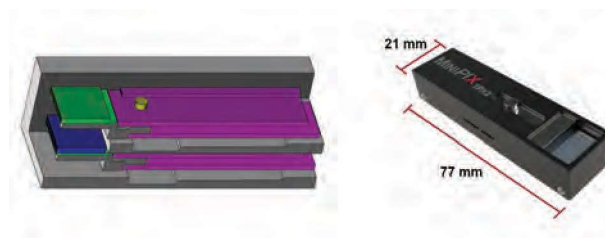
Kromě znalostí energie odraženého elektronu a fotoelektronu je potřeba také znát co nejpřesněji pozici první a druhé interakce. Pak totiž známe trajektorii rozptýleného fotonu. Ta nám spolu se znalostí úhlu θ vymezuje plochu, konkrétně plášť kužele, na které se nachází zdroj, ze kterého původní foton přilétl. Pokud takovýchto událostí zrekonstruujeme více, průsečík kuželových ploch nám teoreticky vymezí přesnou lokaci zdroje záření. V praxi je samozřejmě potřeba vzít v potaz nejistoty měření energií elektronů i pozic interakcí a výsledným průsečíkem tak není bod, ale malý objem s hustotou pravděpodobnosti výskytu skutečné pozice zdroje.



Obr. 2: Vlevo: Diagram Comptonova rozptylu. Vpravo: Ilustrace principu dvouvrstvé Comptonovy kamery.

Obecně Comptonova kamera sestává ze dvou vrstev [7]. Horní – rozptylová – vrstva je tenčí a tvořená materiálem s nižším atomovým číslem. V ní dochází ke Comptonovu rozptylu. Naopak spodní – absorpční – vrstva je silnější a tvoří ji materiál s vyšším atomovým číslem. V té dochází k fotoabsorbci rozptýleného fotonu. Nicméně nedávný výzkum ukázal, že celý koncept je proveditelný i s jedinou vrstvou [8]. A právě jednovrstvá Comptonova kamera je použita v projektu RaDron, neboť ve srovnání s dvouvrstvou variantou je lehčí a kompaktnější. Kamera použitá pro tento projekt – MiniPIX TPX3 (obr. 3) – váží pouhých 40 g a je vybavena senzorem Timepix3 tvořeným 2 cm silnou vrstvou CdTe. V té dochází jak k rozptylu, tak absorpci fotonu. Jelikož se jedná o pixelový detektor (256 x 256 pixelů, vzdálenost

mezi středy sousedních pixelů je 55 μm), je pozice obou událostí v rovině detektoru snadno určena na základě pozice zasažených pixelů. Třetí souřadnice je pak určena na základě doby sběru náboje a lze ji stanovit s přesností na 30 μm .



Obr. 3: Detektor MiniPIX TPX3. Vlevo: Monte Carlo model (dvouvrstvá varianta). Vpravo: Finální provedení.

UAV nosič

Jako nosič je použita víceúčelová kvadrukoptéra postavená na rámu Tarot 650 a vybavená palubním počítačem Intel NUC-i7. Informace o okolním terénu získává pomocí LiDARu Ouster OS1-16 3D a širokouhlé RGB kamery. Tyto údaje pak používá pro vytvoření počítačového modelu okolí, v němž následně řídicí software plánuje trasu dronu tak, aby se vyhnul všem případným překážkám. Jakmile své okolí dostatečně zmapuje, je dron schopen zcela autonomního letu, bez zásahu operátora, a to i v obtížnějších podmínkách, jako např. v zastavěných oblastech či dokonce ve vnitřních prostorech.



Obr. 4: Dron postavený vědci z FEL nesoucí LIDAR a detektor MiniPIX během testovacího letu.

Lokalizace zdroje

Rekonstrukce pozice zdroje je zkomplikována tím, že se celý měřicí systém neustále pohybuje. Řešení, při němž by letecký prostředek zaujal stacionární pozici, naměřil dostatečné množství dat, provedl výpočet odhadu pozice zdroje, přiblížil se a opět ve stacionární pozici nasbíral další data, by bylo velice těžkopádné a zdoluhavé. Má-li být celý systém použitelný v praxi, je třeba, aby byla data sbírána a vyhodnocována nepřetržitě po celou dobu letu. Jak ale z nepřesných dat (zatížených statistickými i systematickými nejistotami) a ze znalosti současné pozice, směru a rychlosti (opět zatížené nejistotami) co nejpřesněji odhadnout

skutečnou hodnotu měřené veličiny? Tento matematický problém je v letectví a kosmonautice dlouho znám a jeho řešením je rekurzivní algoritmus známý jako Kálmánův filtr [9]. Jako vstup je v každém kroku vyžadován vektor právě naměřených hodnot. Plášť kužele ovšem nepředstavuje vhodný objekt, se kterým může Kálmánův filtr pracovat. Z toho důvodu je algoritmus mírně upraven. První fází je inicializace. Po zachycení několika málo n prvních fotonů (5–8) je sestavena výchozí hypotéza pozice zdroje p – jedná se o bod s nejmenším součtem čtverců vzdáleností od povrchů těchto n kuželů. Poté je iniciován Kálmánův filtr. Na základě poslední dávky dat (v prvním kroku na základě pozice p) odhadne pozici zdroje x_k . Se zaznamenáním dalšího fotonu je odhadnutá pozice ortogonálně promítnuta na plášť kužele do bodu x_k' . Bod x_k' je následně považován za nově naměřenou hodnotu pozice zdroje a spolu s údaji o pozici, směru a rychlosti vrtulníku je použit pro nový odhad pozice zdroje x_{k+1} a celý proces se opakuje. Mezitím řídicí software naviguje vrtulník směrem ke zdroji, aby se tak navýšilo množství detekovaných fotonů. V případě ideálních podmínek (pouze jeden zdroj, zanedbatelné pozadí) algoritmus velice rychle konverguje ke správnému řešení.

Experimentální ověření

Prvotní testy byly provedeny v Českém metrologickém institutu (ČMI). V testovací oblasti o rozměrech 40 x 20 m byl umístěn zdroj Cs-137 o aktivitě 187 MBq. Dron nejprve začal celou oblast systematicky mapovat. Poté, co zachytil dostatečné množství fotonů, začal obkružovat domnělou pozici zdroje, jež se nadále zpřesňovala a po pár desítkách vteřin lokalizační algoritmus dokonvergoval ke správné pozici s odchylkou menší jak 1 m.

O několik týdnů později následoval další test, tentokrát na heliportu v areálu Státního úřadu pro jadernou, chemickou a biologickou ochranu (SÚJCHBO). V kulisách autobusové zastávky zde postávalo několik figurín, na zemi ležel jeden kufr, opodál odpadkový koš (obr. 5). Radioaktivní zdroj (Cs-137 o aktivitě 2 GBq) byl náhodně umístěn do kufru nebo do koše a dron měl za úkol pozici zdroje co nejrychleji odhalit a nad daným objektem (kufr nebo koš) se následně vznášet. Experiment se několikrát opakoval a objekt obsahující zdroj byl vždy spolehlivě identifikován.



Obr. 5: Hledání radioaktivního zdroje na autobusové zastávce – simulovaný scénář při testovacím letu v SÚJCHBO.

Výhled

Jak již bylo řečeno, funkčnost systému byla ověřena za téměř ideálních podmínek. Situace by se ale značně zkomplikovala, pokud by zdrojů záření bylo více a jejich aktivita by byla řádově srovnatelná a energetické spektrum stejné či podobné. V takovém případě je potřeba na základě dat nejprve odhadnout počet zdrojů záření, detekované fotony přiřazovat jednotlivým zdrojům (např. pomocí neurální sítě) a paralelně stanovovat hypotézy pro jednotlivé zdroje. Touto problematikou se momentálně zabýváme. Naproti tomu detekce pohybujícího se zdroje (např. prchající terorista) je principiálně možná již se stávajícím systémem a cílem dalšího experimentu plánovaného na léto 2022 bude právě simulace tohoto scénáře.

Závěr

V kolaboraci skupiny Multirobotických systémů z FEL ČVUT, firmy Advacam a ČMI vznikl unikátní bezpilotní radiační monitorovací systém schopný plně autonomního letu a přesné lokalizace zdrojů ionizujícího záření. Systém využívá vysoce pokročilou miniaturní jednovrstvou Comptonovu kameru, která umožňuje určovat směr dopadajícího záření gama. Existuje celá řada nebezpečných scénářů, kde by mohl být tento systém úspěšně nasazen. V současnosti jde o experimentální zařízení, nicméně už teď se jedná s případnými partnery o komercializaci celého systému. Výsledný produkt by se pak mohl, kupříkladu, stát součástí výbavy hasičského záchranného sboru, armády ČR, či specialistů ze SÚJCHBO.

Další informace a zajímavá videa z testování systému můžete nalézt na oficiálních stránkách projektu [10, 11] a Youtube kanálu [12].

Poděkování



Projekt RaDron (FW01010317) je spolufinancován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu Trend.

Literatura

- [1] Y. Sanada et al., "Aerial radiation monitoring around the Fukushima Dai-ichi nuclear power plant using an unmanned helicopter," *Journal of environmental radioactivity*, vol. 139, pp. 294–299, 2015.
- [2] J. Towler, B. Krawiec, and K. Kochersberger, "Radiation mapping in post-disaster environments using an autonomous helicopter," *Remote Sensing*, vol. 4, no. 7, pp. 1995–2015, 2012.
- [3] J. Jiang, K. Shimazoe, Y. Nakamura, et al., "A prototype of aerial radiation monitoring system using an unmanned helicopter mounting a GAGG scintillator Compton camera," *Journal of Nuclear Science and Technology*, vol. 53, no. 7, pp. 1067–1075, 2016.

- [4] J. MacFarlane, O. Payton, A. Keatley, et al., “Light-weight aerial vehicles for monitoring, assessment and mapping of radiation anomalies,” *Journal of environmental radioactivity*, vol. 136, pp. 127–130, 2014.
- [5] G. Christie, A. Shoemaker, et al., “Radiation search operations using scene understanding with autonomous UAV and UGV,” *Journal of Field Robotics*, vol. 34, no. 8, pp. 1450–1468, 2017.
- [6] P. G. Martin, S. Kwong, N. Smith, Y. Yamashiki, O. D. Payton, et al., “3D unmanned aerial vehicle radiation mapping for assessing contaminant distribution and mobility,” *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, vol. 52, pp. 12–19, 2016
- [7] D. Turecek et al., “Compton camera based on Timepix3 technology,” *JINST* 13 C11022, 2018.
- [8] D. Turecek et al., “Single layer Compton camera based on Timepix3 technology,” *JINST* 15 C01014, 2020.
- [9] Linear Kalman Filters, online [<https://www.mathworks.com/help/fusion/ug/linear-kalman-filters.html>], datum přístupu 12. 4. 2022.
- [10] RaDron, oficiální stránka projektu, online [<http://mrs.felk.cvut.cz/projects/tacr-radron-project>], datum přístupu 12. 4. 2022.
- [11] RaDron, oficiální stránka projektu, online [<https://projects.advacam.com/projects/radron/index.html>], datum přístupu 12. 4. 2022.
- [12] Advacam RaDron Project, online [<https://www.youtube.com/watch?v=xeQpVx8FMhU>], datum přístupu 12. 4. 2022.



PROGRAM ROZVOJE ZKUŠEBNICTVÍ V ROCE 2021

Mgr. Václava Holušová

Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví

V roce 2021 pokračoval Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (ÚNMZ) v systémové podpoře státního zkušebnictví v České republice prostřednictvím svého dotačního nástroje zvaného **Program rozvoje zkušebnictví (PRZ)**. Příjemci finanční podpory byly vybrané subjekty posuzování shody, které působí v oblasti státem garantovaného zkušebnictví. V závislosti na druhu konkrétního právního předpisu se jedná buďto o **autorizované osoby**, které posuzují shodu podle českých (neharmonizovaných) právních předpisů, nebo o **notifikované osoby** či **oznámené subjekty**, které posuzují shodu výrobků s harmonizovanými právními předpisy a působí na úrovni celé Evropské unie.

Odbor státního zkušebnictví obdržel v prosinci 2020 celkem 77 nabídek, které posoudili pracovníci odboru státního zkušebnictví (garanti úkolů). Objem finančních prostředků zůstal na výrazně snížené úrovni, stejně jako v roce 2019. Garanti doporučili k realizaci 64 úkolů v celkové výši **4 800 000 Kč**, ale realizováno bylo nakonec jen 55 z nich. U 8 úkolů došlo ke zrušení smlouvy o dílo, 1 úkol nebyl poskytovatelem v navrhované výši akceptován, a smluvní vztah proto nebyl uzavřen. Celková částka k fakturaci pro 55 úkolů činila **4 257 000 Kč**, z toho 3 773 000 Kč bylo uhrazeno v roce 2021 a 484 000 Kč bylo uhrazeno až v letošním roce, protože úkoly nebylo možné z objektivních důvodů dokončit dříve (to se stává každý rok, protože některé aktivity pokračují i v prosinci, případně jsou některá jednání na evropské úrovni odsunuta až na začátek následujícího roku).

Finální znění PRZ pro rok 2021 schválil předseda ÚNMZ dne 21. března 2021. Následně byly schváleny ještě tři dodatky. Schválený plán PRZ na rok 2021 včetně všech dodatků

je vystaven na internetové stránce ÚNMZ <https://www.unmz.cz/statni-zkusebnictvi/program-rozvoje-zkusebnictvi>.

Úkoly byly tematicky tradičně rozděleny do pěti oblastí.

Část 1 Metodické zabezpečení jednotného postupu autorizovaných/notifikovaných osob, oznámených subjektů a uznaných nezávislých organizací při posuzování shody výrobků nebo personálu, podle platných nebo připravovaných právních předpisů

Tato část obsahovala 3 úkoly v celkové výši 530 000 Kč. To byl mírný pokles oproti 4 podpořeným úkolům v roce 2020. Podpořeno bylo metodické zabezpečení jednotného postupu autorizovaných osob při činnostech posuzování shody podle vyhlášky č. 358/2016 Sb. (vybraná zařízení pro jadernou energetiku). Dále byl podpořen vznik metodiky pro zabezpečení jednotného postupu při posuzování akustických vlastností na zařízeních pro snižování hluku ze silniční dopravy podle ČSN EN 14388:2006. Nechyběla ani každoroční revize cca 550 technických návodů pro posuzování shody stavebních výrobků podle nařízení vlády č. 163/2002 Sb. (neharmonizované stavební výrobky v kompetenci ČR).

Část 2 Zabezpečení koordinace jednotného postupu autorizovaných osob/notifikovaných osob, oznámených subjektů a uznaných nezávislých organizací

Tato část zahrnovala 13 úkolů za 1 083 000 Kč. Zabezpečení jednotných postupů pro činnost českých subjektů posuzování shody je závazek, který vyplývá z právních předpisů na evropské i národní úrovni, proto i počet podpořených úkolů a výše jejich dotace byly shodné s předchozím rokem.

Část 3 Mezinárodní spolupráce

Tato část zahrnovala 39 úkolů, na jejichž realizaci bylo vynaloženo 2 342 000 Kč. I v této oblasti byl rozdíl oproti roku 2020 zanedbatelný. Byla podpořena mezinárodní

spolupráce subjektů posuzování shody v následujících sektorech stanovených výrobků: stavební výrobky, spotřebiče plyných paliv, výrobky pro použití v prostředí s nebezpečím výbuchu, emise hluku, lanové dráhy a vleky, výtahy, strojní zařízení, tlaková zařízení, osobní ochranné prostředky, hračky, lodní výstroj, zdravotní prostředky a další. Zástupci českých subjektů posuzování shody se aktivně podílejí na tvorbě společných pravidel, která jsou závazná pro všechny evropské subjekty posuzování shody. Ostatní čeští posuzovatelé se s těmito pravidly seznamují obvykle 2x ročně na koordinačních poradách, jejichž organizační zajištění ÚNMZ podporuje v části 2 (viz výše).

Část 4 Zdokonalování činnosti autorizovaných osob, oznámených subjektů a uznaných nezávislých organizací

V této části byly loni podpořeny jen 4 úkoly za 271 000 Kč (to představuje další pokles oproti roku 2020). Bylo podpořeno působení v rámci Evropské skupiny organizací pro požární zkoušení (EGOLF), aktivní účast na zasedání a přenášení informací z těchto zasedání na zainteresované subjekty. Stejný subjekt se účastnil na harmonizačních kurzech pro požární zkoušky / rozšířené aplikace výsledků zkoušek a požární klasifikace pořádaných EGOLF. Dále bylo podpořeno porovnání měřicích postupů a výsledků zkoušek zdravotnických roušek dle ČSN EN 14683:2019+AC:2019 - Zdravotnické obličejové masky. V oboru stavebních výrobků byl realizován seminář na téma postupů oznámených subjektů oznámených k nařízení EP a Rady č. 305/2011/EU (CPR) a postupů autorizovaných osob k nařízení vlády č. 163/2002 Sb. pro posuzovatele z řad českých oznámených subjektů a autorizovaných osob.

Část 5 Publikační a osvětová činnost

V jejím rámci bylo podpořeno 5 úkolů za 539 500 Kč (zde šlo o nárůst oproti pouhým dvěma úkolům v roce 2020, jeden úkol však byl přerazen z části 4).

V oboru stavebních výrobků pokračovala pravidelná měsíční aktualizace české a anglické verze Informačního portálu ÚNMZ pro stavební výrobky na adrese <https://www.unmz.cz/statni-zkusebnictvi/informacni-portal-unmz/informacni-portal-unmz-specializovany-na-pravni-a-technicke-dokumenty-v-oblasti-uvadeni-stavebnich-vyrobku-na-jednotny-evropsky-trh-c233/>. Po dvouleté pauze byla aktualizována interaktivní databáze legislativních předpisů ČR pro nebezpečné látky ve stavebních výrobcích – odkaz zde: http://www.sgpstandard.cz/editor/unmz/?u=unmz/uvod/prirucky/prz_21/zprava_21.htm. Byla také rekonstruována a aktualizována databáze požární klasifikace konkrétních stavebních výrobků, kterou lze najít na webových stránkách www.pavus.cz. Konání tradičních bezplatných seminářů pro výrobce a uživatele stavebních výrobků ani v roce 2020 podpořeno nebylo.

Posledním tématickým úkolem bylo vytvoření anglické verze příručky pro uvádění elektrických zařízení na trh, doplněné o kapitoly o strojních zařízeních, rádiových zařízeních a zdravotnických prostředcích (samozřejmě pouze těch, které využívají elektřinu).

Všeobecný záběr pak má publikace „Uvádění výrobků na vnitřní trh Evropského hospodářského prostoru. Postupy hospodářských subjektů. Služby zkušebních, inspekčních a certifikačních organizací České republiky – členského státu EU. Verze 2021“, kterou zpracovala Asociace akreditovaných a autorizovaných organizací. Publikace je zdarma ke stažení na odkazu <https://www.unmz.cz/wp-content/uploads/Uvadeni-stanovenych-vyrobku-na-trh.-Sluzby-zkusebnich-inspekcnich-a-certifikacnich-organizacich-Ceske-republiky-pro-hospodarske-subjekty-v-CR-Verze-2021-CZ.pdf>.

Výstupy všech úkolů jsou majetkem ÚNMZ a jsou uloženy v odboru státního zkušebnictví. Využit je mohou všechny subjekty posuzování shody, které působí podle příslušného právního předpisu, jehož se daný úkol týká.



PODPORA STÁTNÍHO ZKUŠEBNICTVÍ NA UKRAJINĚ V RÁMCI TWINNINGOVÉHO PROJEKTU EVROPSKÉ UNIE

Mgr. Václava Holušová

Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví

Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (ÚNMZ) je součástí česko-lotyšského konsorcia, které bylo na základě výběrového řízení vybráno k zajištění implementace Twinningového projektu s názvem „Posílení institucionální kapacity Ministerstva pro rozvoj hospodářství, obchodu a zemědělství Ukrajiny v oblasti národní infrastruktury kvality“ – referenční kód UA 18 ENI EC 01 20, který je plně financován z prostředků EU. Hlavním partnerem a příjemcem projektu je ukrajinské

Ministerstvo pro rozvoj, hospodářství, obchod a zemědělství a dalším přímým příjemcem některých dílčích výstupů projektu je také Národní akreditační agentura Ukrajiny.

Cílem je zvýšení hospodářské konkurenceschopnosti Ukrajiny a její integrace do vnitřního trhu EU prostřednictvím zlepšení národní infrastruktury kvality. Projekt chce přispět k vytvoření vnitrostátního systému infrastruktury kvality na Ukrajině, který bude kompatibilní se systémem EU. V tomto článku se budeme věnovat jen jednomu z cílů projektu, kterým je **přenos zkušeností ÚNMZ jakožto orgánu státní správy, který notifikuje subjekty posuzování shody v souladu s harmonizovanými právními předpisy EU pro uvádění výrobků na jednotný trh EU**. Obsahovou

stránku této části projektu zajistilo trio pracovníků odboru státního zkušebnictví ÚNMZ.

V listopadu 2021 a podruhé i v únoru 2022 navštívila Prahu skupina ukrajinských expertů, kteří si vyslechli úvodní prezentaci na téma předávání zkušeností českého oznamujícího orgánu. Přednášející seznámili své ukrajinské kolegy a kolegyně s tím, jak funguje ÚNMZ a v jakém právním rámci se pohybuje. Bylo třeba začít výkladem Nového legislativního rámce EU (New Legislative Framework – NLF) a vysvětlením, jak je zajištěn soulad české legislativy s evropskou. Ne všechny **stanovené výrobky** (tedy takové výrobky, které představují zvýšenou míru ohrožení oprávněného zájmu a u kterých proto musí být posouzena shoda) jsou již **harmonizované** – tedy pokryté společnými právními předpisy EU. Menší část výrobků stále ještě zůstává v působnosti národních právních předpisů a mezinárodní obchod s nimi je komplikovanější, protože nemohou nést označení CE.

První oblastí, která zajímala naše hosty z Ukrajiny, byly **praktické postupy, jimiž posuzujeme kompetenci žadatelů, kteří mají zájem být pověřeni funkcí tzv. třetí nezávislé strany v procesu posuzování shody výrobků**. Vzhledem k tomu, že všechny oznámené subjekty (anglicky „Notified bodies“) mají stejné právo vykonávat svou činnost v kterémkoliv členském státě Evropského hospodářského prostoru (tedy státech EU plus Island, Norsko a Lichtenštejnsko) a jejich klienty mohou být výrobci z různých států, je úloha oznamujících orgánů velmi zodpovědná. Tyto státní orgány ručí za to, že na společné evropské „hřiště“ pustí jen takové hráče, kteří neudělají svému domovskému státu ostudu. Odbor státního zkušebnictví ÚNMZ za léta své činnosti získal mnoho zkušeností a vytvořil si vlastní postupy, pomocí kterých jednotně a transparentně hodnotí způsobilost potenciálních oznámených subjektů. Máme propracované interní předpisy a kontrolní listy (checklisty), které podchycují veškeré aspekty činnosti subjektů posuzování shody, a to s ohledem na specifika těch sektorů průmyslu, ve kterých mají zájem působit. Ačkoliv principy Nového legislativního rámce jsou univerzálně platné, detaily se liší sektor od sektoru. Existují tedy odchylky pro stroje, stavební výrobky, hračky, zdravotnické prostředky, rádiová zařízení a další (zájemci mohou nalézt přehled všech oblastí, které patří do státem garantovaného zkušebnictví v gesci ÚNMZ, pod tímto odkazem: <https://www.unmz.cz/statni-zkusebnictvi/stanovene-vyroby/>). Ukrajinským kolegům jsme prezentovali naše postupy jak po teoretické stránce (včetně vazby na zákon č. 500/2004 Sb., správní řád), tak i po stránce praktické. Názorně jsme s nimi rozebrali příklady žádostí, které splňovaly všechny náležitosti, ale i žádostí, které jsme vrátili k doplnění nebo dokonce zamítli.

Ujistili jsme zástupce ukrajinských úřadů, že i v ČR je základem pro posouzení způsobilosti žadatele o oznámení

to, zda má či nemá svoji kompetenci ověřenou prostřednictvím nezávislé **akreditace**. V ČR poskytuje akreditační služby Český institut pro akreditaci, o.p.s., který umí zhodnotit schopnosti subjektů podle nespočtu různých kritérií. Pro účely zapojení do systému státního (státem garantovaného) zkušebnictví je zásadní akreditace podle akreditačních norem řady EN ISO/IEC 17000. Dokument EA 2/17 M:2020 předepisuje, jaký druh akreditace je v EU preferován pro jednotlivé sektory a způsoby (moduly) posuzování shody. Vysvětlili jsme kolegům z Ukrajiny, co se skrývá pod slovy „**akreditace pro účely oznámení**“ a jak se liší od akreditace, která není navázána na požadavky konkrétního harmonizačního předpisu (tedy směrnice či nařízení EU). V rámci své studijní návštěvy dostali ukrajinskí kolegové i speciální školení od pracovníků Českého institutu pro akreditaci, s nimiž mohli diskutovat různé finisy akreditace.

Druhou oblastí, která byla středem jejich zájmu, byly naše **praktické postupy, kterými monitorujeme činnost oznámených subjektů**. Nestačí totiž jednorázově prověřit žadatele předtím, než jim dáme důvěru, ale je také nezbytné sledovat jejich reálnou činnost a jejich výstupy i v následujících letech. V průběhu času se v nich totiž obvykle střídají pracovníci – někdy i na klíčových pozicích – a také se mění právní prostředí, ve kterém působí. Nemluvě o vývoji vědy a techniky, který by měli ve vlastním zájmu i v zájmu svých zákazníků sledovat. Pracovníci odboru státního zkušebnictví ÚNMZ si na každý rok sestavují plán kontrol, který zahrnuje řádné kontroly subjektů (cca jednou za 2 až 3 roky). I pro přípravu, provádění a vyhodnocování kontrol máme k dispozici interní postupy, které navíc průběžně aktualizujeme a doplňujeme. Ukrajinským kolegům jsme samozřejmě dali k dispozici naše metodiky i naše checklisty (přeložené do angličtiny). Na praktických příkladech jsme jim ukázali, jaké typy problémů při svých kontrolách nacházíme, a k tomu i jejich řešení. Představili jsme i naši „vlídnější tvář“, tedy naše školicí a publikační aktivity, metodická usměrňování a v neposlední řadě i každoroční finanční podporu koordinace a zdokonalování činnosti oznámených subjektů a jejich spolupráce s kolegy na evropské úrovni.

Dvě pracovnice odboru státního zkušebnictví se zapojily i do **analýzy ukrajinské legislativy**, s cílem odhalit její slabá místa a možný nesoulad s legislativou EU. Také vedly jeden workshop přímo v Kyjevě a chystaly se koncem února odcestovat na další. Pak bohužel promluvily ruské zbraně, a mírumilovné vzdělávací aktivity musely být pozastaveny. Doufáme, že jen dočasně. V této chvíli je Kyjev obklíčen a jeho obyvatelé mají mnohem vážnější starosti než to, zda je jejich právní prostředí v oblasti technické harmonizace dostatečně kompatibilní s legislativou EU. Až se situace uklidní, budou mít snad ještě větší motivaci udělat všechno pro vstup své země do Evropské unie. Včetně zdokonalení státního zkušebnictví.



STO LET OD PŘISTOUPENÍ ČESKOSLOVENSKA K ÚMLUVĚ O METRICKÉ KONVENCI

Ing. František Hnízdil

Česká metrologická společnost

Na konci letošního roku uplyne právě sto let od ukončení procesu oficiálního přistoupení Československé republiky k mezinárodní úmluvě o metrické soustavě. Metrická soustava vznikla a byla přijata již 20. května 1875 v Paříži. V té době k ní přistoupila také Rakousko-Uherská monarchie, jejíž byly české země součástí. Úmluva byla zveřejněna v rakouském říšském zákoníku v roce 1876, a v tomtéž roce rovněž ve sbírce zákonů uherských.

Můžeme říci, že se vlastně přijetím této vyhlášky v podstatě technicky nic nezměnilo, protože v té době se metrické jednotky na území Československa používaly již téměř půl století. Bylo třeba jen vyřešit právní náležitosti. Jednalo se *de facto* o oficiální prohlášení nástupnického státu, že k uvedené úmluvě přistupuje. Byl to právně nezbytný způsob legalizace metrické soustavy v Československé republice, protože tento stát vznikl spojením českých zemí, patřících k Rakousku s jeho právním řádem, a Slovenska, které přináleželo k Uhrám, majícím svůj vlastní zákonný systém. Na území Československa proto bylo přistoupení k metrické úmluvě jaksi dvojitě, protože rakouský Říšský zákoník vyhlásil přijetí roku 1876 a ve Sbírce zákonů uherských se tak stalo zákonným článkem II. v témže roce. V novém státě bylo nutné se přihlásit k jednomu legislativnímu zdroji.

Proces přijetí nové vyhlášky zabral v podstatě celý rok. Nejprve proběhlo schvalovací řízení v parlamentu, zakončené usnesením Národního shromáždění. To se stalo 17. února 1922.

Ratifikační listinu pak 31. května 1922 podepsali prezident republiky Tomáš G. Masaryk a ministr zahraničí Dr. Edvard Beneš.

Následovalo zaslání přístupní nóty do Paříže 21. června 1922 a její uložení v archivu francouzské vlády 23. září 1922. Tento úkon znamenal nabytí její mezinárodní působnosti.

Posledním krokem pak bylo zveřejnění *Vyhlášky ministra zahraničních věcí č. 351/1922 Sb. ze dne 24. listopadu 1922 o přístupu Československé republiky k mezinárodní úmluvě, sjednané dne 20. května 1875 v Paříži, o soustavě metrické* ve Sbírce zákonů a nařízení státu československého dne 9. prosince 1922 - **obr. 1**.

Oficiální přistoupení Československé republiky tak mělo vůči vzniku samotného státu zpoždění o více než čtyři roky.



Obr. 1: Kopie stránky Sbírky zákonů a nařízení státu československého, ve které byl text vyhlášky dne 9. prosince 1922 zveřejněn

ČMI POŘÁDÁ ŠKOLENÍ PRACOVNÍKŮ AMS A ÚŘEDNÍCH MĚŘIČŮ

Cílem školení je poskytnout základní informace o:

- související české a evropské právní úpravě metrologie,
- základech všeobecné metrologie,
- zavádění a udržování systému managementu kvality v Autorizovaných metrologických střediscích (AMS) a u subjektů Úředního měření (ÚM) a postupu pro získání Osvědčení o metrologické, technické a personální způsobilosti k ověřování stanovených měřidel pro AMS, resp. Osvědčení o technické a metrologické způsobilosti k výkonu úředního měření pro ÚM,
- postupu při udělování autorizace pro AMS a ÚM,
- postupu pro získání osobního dokladu způsobilosti k výkonu autorizované činnosti (Osvědčení, Certifikát) aj.

Podrobné informace najdete na: [Školení pracovníků AMS a úředních měřičů | Český metrologický institut \(cmi.cz\)](#)



Termín školení 28. a 29. června 2022

ZDRAVOTNICKÉ PROSTŘEDKY S MĚŘICÍ FUNKCÍ NA JEDNOTNÉM TRHU EU – DÍL 3. „LEGACY DEVICES“

Mgr. Svatava Lagronová, Ph.D.,

Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví

Úvod

V dalším dílu ze série článků o zdravotnických prostředcích s měřicí funkcí se zaměříme na tzv. „legacy devices“ a jejich uvádění na trh. Jak již bylo mnohokrát řečeno, celá oblast zdravotnických prostředků zaznamenala velké změny v regulaci. Předpisy, které upravovaly zdravotnické prostředky a aktivní implantabilní zdravotnické prostředky – směrnice Rady 93/42/EHS¹ (dále jen „MDD“) a směrnice Rady 90/385/EHS² (dále jen „AIMDD“) byly ke dni 26. 5. 2021 zrušeny a nahradilo je přímo použitelné nařízení EP a Rady (EU) 2017/745³ (dále jen „MDR“). Nařízení MDR klade velmi vysoké nároky na výrobce zdravotnických prostředků, oznámené subjekty i jiné hospodářské subjekty, a proto z důvodu hladkého přechodu na plnění požadavků nařízení MDR byla vytvořena přechodná ustanovení pod článkem 120 MDR. Podle odstavce 3 čl. 120 MDR je možné až do 26. 5. 2024 uvádět na trh (mimo prostředky s platným certifikátem podle požadavků MDR) i některé prostředky vyhovující směrnice MDD nebo AIMDD. Takové prostředky jsou nazvány „legacy devices“.

Nové požadavky při uvádění na trh „legacy devices“

V současné době je tedy důležité před uvedením zdravotnického prostředku na trh posoudit, zda mohou využít přechodná ustanovení pro „legacy devices“ nebo můj prostředek musím uvádět regulérně v souladu s požadavky nařízení MDR. Z vysvětlujícího dokumentu vydaného Koordinační skupinou pro oblast zdravotnických prostředků (dále jen „MDCG“) vyplývá, že „legacy devices“ jsou:

- prostředky, které jsou prostředky rizikové třídy I podle směrnice MDD, pro které bylo vypracováno ES prohlášení o shodě před datem 26. 5. 2021, a pro které postup posuzování shody podle MDR vyžaduje zapojení oznámeného subjektu (spadají dle klasifikačních pravidel přílohy VIII MDR do rizikové třídy IIa a vyšší), nebo
- prostředky, na které se vztahuje platný certifikát ES vydaný v souladu se směrnicí AIMDD nebo MDD před datem 26. 5. 2021.

Nicméně platí ještě jedna důležitá podmínka: u prostředků „legacy devices“ s platným ES certifikátem nebo

1 Směrnice Rady 93/42/EHS ze dne 14. června 1993 o zdravotnických prostředcích
 2 Směrnice Rady ze dne 20. června 1990 o sblížení právních předpisů členských států týkajících se aktivních implantabilních zdravotnických prostředků
 3 Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2017/745 ze dne 5. dubna 2017 o zdravotnických prostředcích, změně směrnice 2001/83/ES, nařízení (ES) č. 178/2002 a nařízení (ES) č. 1223/2009 a o zrušení směrnice Rady 90/385/EHS a 93/42/EHS

platným ES prohlášením o shodě nesmí proběhnout žádná podstatná změna. Pro posouzení, zda se jedná o změnu podstatnou či ne, byl vydán dokument MDCG 2020-3.

Prostředky „legacy devices“ mohou být uváděny na trh až do dne 26. 5. 2024, nicméně musí plnit požadavky nařízení MDR, pokud jde o sledování po uvedení na trh, dozor nad trhem, vigilanci a registraci hospodářských subjektů a prostředků místo odpovídajících požadavků směrnic. Mezi nové požadavky, které musí výrobci „legacy devices“ plnit, tedy patří konkrétně tyto články MDR:

Sledování po uvedení na trh

- čl. 10 odstavec 10** – výrobci uplatňují a průběžně aktualizují systém sledování po uvedení na trh;
- čl. 83 a 84** – popisují konkrétní požadavky na systém pro sledování po uvedení na trh a plán sledování po uvedení na trh;
- čl. 85** – Zpráva o sledování po uvedení na trh. Tento požadavek platí pouze pro výrobce prostředků rizikové třídy I. Zdálo by se, že tato povinnost se nebude týkat „legacy devices“, neboť mezi „legacy devices“ patří pouze ty prostředky rizikové třídy I, které dle nařízení MDR patří do rizikové třídy IIa a výše. Nicméně názor MDCG skupiny dle citovaného dokumentu MDCG 2021-25 je takový, že klasifikace „legacy devices“ se řídí pravidly směrnice MDD, a tudíž i výrobci prostředků, které podle MDR patří do vyšší rizikové třídy, budou zpracovávat zprávu o sledování po uvedení na trh, byl-li jejich prostředek podle MDD zařazen do rizikové třídy I.
- čl. 86** – Pravidelně aktualizovaná zpráva o bezpečnosti (dále jen „PSUR“). Výrobci prostředků třídy IIa, IIb a III jsou povinni vypracovat pro svůj prostředek PSUR obsahující souhrn údajů a závěrů analýz údajů sledování po uvedení na trh. Opět zde platí pravidlo, že klasifikace „legacy devices“ se řídí klasifikačními pravidly podle MDD, nikoliv podle MDR. Prostředky, které dříve spadaly pod AIMDD (která neobsahovala klasifikační pravidla), jsou jednotně klasifikovány jako riziková třída III.

Dozor nad trhem

- čl. 10 odstavec 12** – povinnost výrobce přijmout nezbytná nápravná opatření v případě, že se domnívá, že jeho výrobek není v souladu s platnou legislativou. V případě „legacy devices“ je platnou legislativou MDD nebo AIMDD.
- čl. 10 odstavec 14** – povinnost výrobce předložit na požádání příslušného orgánu všechny informace a dokumentaci nezbytné k prokázání shody prostředku.
- čl. 22** – Systémy a soupravy prostředků. Článek 22 se použije na systémy a soupravy kombinující „legacy devices“ a MDR prostředky.

Vigilance

- čl. 10 odstavec 13** – povinnost výrobce mít k dispozici systém pro zaznamenávání a ohlašování nežádoucích příhod a bezpečnostních nápravných opatření v terénu.
- čl. 87** – hlášení závažných nežádoucích příhod
- čl. 88** – hlášení trendu
- čl. 89** – analýza závažných nežádoucích příhod a bezpečnostních nápravných opatření v terénu (FSCA)
- čl. 90** – analýza údajů týkajících se vigilance

Registrace hospodářských subjektů

- čl. 29 a 31** – Registrace prostředků a registrace hospodářských subjektů. Registrace by měla probíhat pomocí databáze EUDAMED, nicméně při absenci plně funkčního EUDAMED platí zvláštní přechodná ustanovení v souladu s čl. 122, 123 odst. 3 písm. d), e) MDR.

Některé požadavky plynoucí z nařízení MDR v souvislosti s uváděním na trh „legacy devices“ se týkají také jiných hospodářských subjektů, jako jsou zplnomocněný zástupce, distributor a dovozce. Mezi takové požadavky patří:

- čl. 11 odstavec 3 písmena c) až g)** – povinnost zplnomocněného zástupce spolupracovat s příslušnými orgány dozoru nad trhem a s výrobcem ohledně stížností a hlášení od zdravotnického personálu
- čl. 13 odstavec 2 druhý pododstavec, odst. 4, odst. 6–8, 10** – Povinnosti dovozců. Kdykoliv je odkazováno na shodu s nařízením platí pro „legacy devices“ shoda s MDD nebo AIMDD.
- čl. 14 odst. 2, poslední pododstavec, odst. 4–6** – Povinnosti distributorů. Kdykoliv je odkazováno na shodu s nařízením platí pro „legacy devices“ shoda s MDD nebo AIMDD.
- čl. 31** – Registrace hospodářských subjektů. Registrace by měla probíhat pomocí databáze EUDAMED, nicméně při absenci plně funkčního EUDAMED platí zvláštní přechodná ustanovení v souladu s čl. 122, 123 odst. 3 písm. d), e) MDR.

Vhodný dozor „legacy devices“

Dozor nad „legacy devices“ zabezpečí podle článku 120 odst. 3 druhého pododstavce MDR notifikovaná osoba, která vydala certifikát podle MDD nebo AIMDD, a to až do konce platnosti daného certifikátu nebo do ukončení platnosti přechodných ustanovení, přestože notifikace této osoby pozbyla podle čl. 120 odst. 1 MDR platnost již dnem 26. 5. 2021. Postup takového vhodného dozoru, který musí zahrnovat

audit schváleného systému jakosti výrobce podle požadavků MDD nebo AIMDD a nové požadavky vztahující se na „legacy devices“ podle MDR, je popsán v dokumentu MDCG 2022-4. Takovýto vhodný dozor může probíhat podle několika různých scénářů, které jsou přizpůsobeny situaci výrobce nebo notifikované osoby. V případě, kdy výrobce uvádí na trh pouze „legacy devices“ a nehodlá s touto činností pokračovat po skončení platnosti přechodných ustanovení, budou dozorové činnosti ze strany notifikované osoby probíhat prakticky shodně jako to bylo požadováno podle MDD nebo AIMDD, pouze s přihlédnutím k novým aplikovatelným požadavkům podle MDR. Odlišná situace nastává v případě, kdy výrobce již svůj systém řízení kvality přizpůsobil požadavkům MDR, probíhá u něj certifikace podle MDR nebo uvádí již dokonce na trh některé prostředky s platným certifikátem MDR, a zároveň notifikovaná osoba je již oznámena i podle MDR. V takovém případě pak dozor nad „legacy devices“ může probíhat i podle požadavků MDR, včetně nového plánu vzorkování technické dokumentace.

Zdroje:

- [1] MDCG 2021-25 Regulation (EU) 2017/745 - application of MDR requirements to ‘legacy devices’ and to devices placed on the market prior to 26 May 2021 in accordance with Directives 90/385/EEC or 93/42/EEC https://ec.europa.eu/health/medical-devices-sector/new-regulations/guidance-mdcg-endorsed-documents-and-other-guidance_en#sec13
- [1] MDCG 2021-25 Nařízení (EU) 2017/745 – aplikace požadavků MDR na “legacy devices” a prostředky uvedené na trh před 26. květnem 2021 v souladu se směrnici 90/385/EHS nebo 93/42/EHS <https://www.niszp.cz/doporujici-pokyny-ek-cz>
- [1] MDCG 2022-4 Guidance on appropriate surveillance regarding the transitional provisions under Article 120 of the MDR with regard to devices covered by certificates according to the MDD or the AIMDD https://ec.europa.eu/health/medical-devices-sector/new-regulations/guidance-mdcg-endorsed-documents-and-other-guidance_en#sec10
- [1] Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2017/745 o zdravotnických prostředcích, změně směrnice 2001/83/ES, nařízení (ES) č. 178/2002 a nařízení (ES) č. 1223/2009 a o zrušení směrnic Rady 90/385/EHS a 93/42/EHS <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:02017R0745-20200424&from=EN>

**KONCEPCE ROZVOJE NÁRODNÍHO METROLOGICKÉHO SYSTÉMU ČR**

Usnesením vlády byla schválena nová Koncepce rozvoje národního metrologického systému České republiky pro období let 2022 – 2026. Tato koncepce navazuje na Koncepci rozvoje národního metrologického systému České republiky pro období let 2017-2021.

Podrobnosti na stránkách www.unmz.cz

„VŠEOBECNÁ METROLÓGIA“ ANEB PROPOJOVÁNÍ TEORIE S PRAXÍ

Mgr. Ing. Jan Rybář, Ph.D.
prof. Ing. Stanislav Ďuriš, Ph.D.

Slovenská technická univerzita v Bratislavě, Strojnická fakulta

Abstrakt

Význam metrologie v životě člověka si běžně ani neuvědomujeme. Celý dnešní svět je založen na metrologii a měření. Můžeme tedy říci, že se jedná o nejuniverzálnější studijní směr, který momentálně existuje, a my můžeme být hrdí, že právě u nás na Strojnické fakultě Slovenské technické univerzity v Bratislavě lze metrologii, měření a zkušebnictví studovat. A jak takové studium a metrologické začátky v rámci předmětu „Všeobecná metrológia“ a propojování teorie s praxí u našich studentů vypadá, to přibližuje tento příspěvek.

Úvod

Předmět „Všeobecná metrológia“ je vyučován v letním semestru posledního ročníku bakalářského studijního programu „Meranie a manažérstvo kvality v strojárstve“ na Strojnické fakultě Slovenské technické univerzity v Bratislavě. Přednášky z tohoto předmětu vede prof. Ing. Stanislav Ďuriš, Ph.D., cvičení má na starosti výzkumný pracovník Mgr. Ing. Jan Rybář, Ph.D. Student získá v rámci předmětu přehled o národních a mezinárodních organizacích v oblasti metrologie, seznámí se s realizací a přenosem jednotek a stupnic. V rámci toho získá přehled o zabezpečení metrologie v laboratořích, v technické praxi a v běžném životě. Metrologie a kvalita spolu jdou ruku v ruce, jejich zabezpečení je tedy pro život člověka velmi důležité. Nám blízké strojírenství je postavené na měření. Výroba automobilů si vyžaduje přesné měření délky a rozměrů vyrobených dílů, a to jak při výrobě, tak i později, například v rámci technických prohlídek. Při vážení automobilů a přepravě materiálů se využívá měření hmotnosti. Měří se také emise. Význam metrologie poznáme i na čerpací stanici v souvislosti s kvalitou pohonných hmot a měřením tlaku vzduchu v pneumatikách. Pokud nás na cestách zastaví policie, je to často kvůli naměřené rychlosti; při kontrole konzumace alkoholu se využívají analyzátoři dechu, které jsou metrologicky ověřené. [1; 2; 3]

Školní „Všeobecná metrológia“

V rámci předmětu „Všeobecná metrológia“ mají studenti 9 týdnů výuky v letním semestru. Přednášky probíhají v učebně s profesorem Ďurišem, cvičení v laboratoři a často i v terénu s doktorem Rybářem. Také jsou organizovány přednášky externistů, např. ze Slovenského metrologického inspektorátu (SMI). Naše externí doktorandka a pracovnice SMI, Ing. Anna Kováčiková, měla pro nás připravenou prezentaci na téma: „Metrologický dozor a dohľad v Slovenskej republike“. Následně studenti na cvičení prováděli experimenty, podobné činnostem inspektorů. Například si prakticky vyzkoušeli, zda je vhodnější prodávat borůvky na jednotky

objemu nebo na jednotky hmotnosti, a jaké požadavky na měřidla jsou s tím spojeny. Tedy co má větší objem - litr borůvek nebo kilogram borůvek? A co z toho má větší hmotnost? Také se uskutečnila exkurze ve Slovenském metrologickém ústavu (SMÚ), kde na oddělení chemie u RNDr. Zuzany Ďurišové, Ph.D. proběhlo velmi zajímavé cvičení s ukázkou ověřování analyzátorů dechu. [4; 5; 6]

Ve čtvrtém týdnu výuky se studenti věnovali zadávání, přípravě a práci na semestrálním projektu: jednalo se o výběr, fiktivní nákup a uvedení měřidla do jeho používání. V pátém týdnu semestru přišla na řadu exkurze do Technického skúšobného ústavu Piešťany (TSÚ). V rámci exkurze se studentům věnovali Ing. Igor Kuruc, CSc., ředitel Ing. Jaroslav Crkoň a Mgr. Katarína Cibíková. Hovořilo se o činnosti TSÚ, která zahrnuje například výherní přístroje, hračky a dětské kočárky, měření kvality rozvodné sítě elektrické energie, rádiové zařízení, zdravotnické elektrické přístroje, izotermické dopravní a přepravní prostředky, a množství dalších témat; možnosti uplatnění pro absolventy oborů spojených s měřením jsou nekonečné. Studenti prošli řadu laboratoří zaměřených na akustiku, zvukoměry, vibrace, momentové klíče, teplotu, vlhkost a další. [7]



Obr. 1: Společná fotografie účastníků (ze Sjf STU v Bratislavě) na exkurzi v TSÚ v Piešťanech, první zprava Ing. Igor Kuruc, CSc. Zdroj: Vlastní.



Obr. 2: Návštěva v laboratoři hmotnosti v rámci exkurze na OI ČMI Brno, na stole je k vidění Státní etalon hmotnosti České republiky, výklad k němu podává Mgr. Jaroslav Zůda, Ph.D. Zdroj: Vlastní. (Foto: Mgr. Ing. Jan Rybář, Ph.D.)

Šestý týden byla na programu medicínská metrologie a zápočtový test. V sedmém týdnu semestru byl cílem Oblastní inspektorát v Brně, regionální pracoviště Českého metrologického institutu (ČMI). V Brně se o nás postaral Ing. Zdeněk Vyhlička, v rámci exkurze byly studentům představeny veličiny teplota, tlak, technická délka a hmotnost. [8]

Osmý týden byl věnován dokončení semestrálních projektů. Poslední 9. týden semestru studenti nahlédli ve firmě Hexagon Metrology v Bratislavě pod vedením externího doktoranda Ing. Mateje Zábojníka do oblasti geometrických veličin, 3D měření, skenování a činností s tím spojených. Specializace na měřicí technologie a efektivní využití dat ve výrobě potvrdila důležitost propojení technologie, měření a kvality pro práci strojních inženýrů. [9]

Mimoškolní „Všeobecná metrologia“

V rámci studia metrologie se nabízí možnost, jak studentům propojit teorii s praxí, také v rámci mimoškolního vzdělávání. Studenti tak v Praze absolvovali kurz „Řízení metrologie v organizaci“. Mgr. Ing. Jan Rybář, Ph.D. a studenti Barnabás Bartalos a Peter Medrický, kteří v této oblasti řeší své bakalářské práce, měli možnost absolvovat jednodenní kurz, který jim vhodně rozšířil obzory studovaného oboru. Kurz byl organizován Českou metrologickou společností, pod vedením odborného garanta Ing. Josefa Vojtíška.

Další mimoškolní exkurze zahrnovaly Výzkumný a zkušební ústav (VZÚ) v Plzni, konkrétně jeho kalibrační laboratoře, pivovar Plzeňský prazdroj, kde nás zajímaly především měřicí metody a zabezpečení kvality při výrobě piva, a Západočeskou univerzitu v Plzni a její Fakultu elektrotechnickou. Na závěr semestru se studenti podívali i na 22. fórum metrologů v Praze.

Závěr

Příspěvek stručně popisuje, jak je možné uvést studenty do metrologie a měření obecně, tedy jak vhodně propojit teorii s praxí. Potvrdilo se, že pokud učitel dokáže u studentů vyvolat zájem o studovaný předmět, studenti už si sami najdou oblast, která je pro ně nejzajímavější, a každý už se následně věnuje veličině dle vlastního zájmu. Věříme, že mezi studenty najdeme nové příznivce tohoto jedinečného a svým pojetím univerzálního studijního směru, který je možné na naší fakultě studovat v rámci třístupňového studia: „Meranie a manažerstvo kvality v strojárstve (Bc.), Meranie a skúšobníctvo (Ing.) a Metrologia (Ph.D.)“ [1].

Poděkování

Děkujeme projektu KEGA 023STU-4/2020 a všem organizacím a lidem, kteří během semestru přišli s námi do kontaktu: Bez vašeho přispění bychom nedokázali zefektivnit vzdělávací proces a přiblížit studentům praxi tohoto oboru.

Literatura

- [1] Slovenská technická univerzita v Bratislave. *Strojnícka fakulta*. [online]. © 2022 Strojnícka fakulta. [cit. 2022-04-22]. Dostupné z: <https://www.sjf.stuba.sk>
- [2] Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. [online]. © 2022 UNMZ.CZ. [cit. 2022-04-14]. Dostupné z: <https://www.unmz.cz>
- [3] KLAPALOVÁ, Eva. *Jak se tvoří ideální modelové oko*. [online] © 2022 Strojnícka fakulta. ČOO, SJF STU. [cit. 2022-02-11]. Počet stran: 12. Dostupné na internete: https://www.sjf.stuba.sk/buxus/docs/docs/media/2019/COO_blok_1_2019_6-12.pdf
- [4] Slovenský metrologický inšpektorát. [online]. © 2022 Slovenský metrologický inšpektorát. [cit. 2022-03-29]. Dostupné z: <https://www.smi.sk>
- [5] ČEPELÍKOVÁ, Kateřina. *Co je vic, litr, nebo kilo borůvek? Inspekce zadržela prodej vzduchu*. 21. 6. 2021. [online]. Copyright © 1997 – 2022 Internet Info, s. r. o., Vitalita.cz největší server o zdraví. [cit. 2022-03-02]. Dostupné z: <https://www.vitalita.cz/clanky/co-je-vic-litr-nebo-kilo-boruvek-inspekce-zadržela-prodej-vzduchu/>
- [6] Slovenský metrologický ústav. [online]. © 2022 SMÚ (2015). [cit. 2022-03-21]. Dostupné z: <https://www.smu.sk>
- [7] Technický skúšobný ústav Piešťany, š. p. [online]. © 2008 – 2017 TSÚ Piešťany, š. p., AY Productions & Missberry, s. r. o.: Generuje AYCon CMS. [cit. 2022-04-01]. Dostupné z: <https://www.tsu.sk>
- [8] Český metrologický institut. [online]. © 2022 ČMI.CZ. [cit. 2022-04-09]. Dostupné z: <https://www.cmi.cz>
- [9] Hexagon Metrology. *Společnost Hexagon rozšiřuje v České republice a na Slovensku svůj sortiment o kompletní nabídku příslušenství pro měření na obráběcích strojích*. [online]. © 2022 Business Media CZ s. r. o. Technický týdeník.cz [cit. 2022-04-11]. Dostupné z: https://www.technickytydenik.cz/rubriky/denni-zpravodajstvi/spolecnost-hexagon-rozsiruje-v-ceske-republice-a-na-slovensku-svuj-sortiment-o-kompletni-nabidku-prislusenstvi-pro-mereni-v-obrabecich-strojich_50452.html



Obr. 3: Účastníci exkurze do pivovaru, fotografie v historickém sklepu, kde proběhla degustace nefiltrovaného a nepasterizovaného piva Pilsner Urquell. Zdroj: Vlastní.

NABÍDKA AKCÍ ČMS na II. pololetí roku 2022



Česká metrologická společnost, z.s.
Zakládající člen Českého svazu
vědeckotechnických společností
Novotného lávka 5, 110 00 Praha 1
tel.: 606 957 233
e-mail: cms-zk@csvts.cz
www.spolky-csvts.cz/cms



Místo a datum konání	Kód akce	Název akce
12. září 2022 ČSVTS Praha, učebna č. 318	K 585-22	Analýza a statistické zpracování dat II
3. říjen 2022 ČSVTS Praha, učebna č. 318	K 586-22	Spolehlivost a vybrané nástroje řízení v metrologii
17. říjen 2022 ČSVTS Praha, učebna č. 318	K 587-22	Plán rozvoje metrologie Nové dokumenty ČMS v roce 2021
14. listopad 2022 ČSVTS Praha, učebna č. 318	K 588-22	Řízení metrologie v organizaci

Místo a datum konání	Kód akce	Název akce
21. listopad 2022 ČSVTS Praha, učebna č. 213	K 589-22	Měření elektrických veličin s praktickými ukázkami kalibrace vybraných měřidel
listopad / prosinec 2022 ¹⁾ ČSVTS Praha	K 590-22	56. Základní kurz metrologie ¹⁾ termín bude upřesněn
Trvalá nabídka	K 90	Korespondenční kurz metrologie

Nabídka akcí ČMS může být v případě změn aktualizována. Aktuální informace budou zveřejněny na <https://www.spolky-csvts.cz/cms> v menu Odborné akce/ Kalendář akcí ČMS (<https://spolky-csvts.cz/cms/kalendar-akci-cms>). Další informace o připravovaných akcích včetně přihlášek ke stažení jsou/budou uváděny na webových stránkách ČMS www.spolky-csvts.cz/cms v menu Odborné akce/Kalendář akcí ČMS: <https://spolky-csvts.cz/cms/kalendar-akci-cms>.

ČESKÉ KALIBRAČNÍ SDRUŽENÍ, Z.S. POŘÁDÁ

ČLENSKOU SCHŮZI SPOLKU A 61. KONFERENCI
se zaměřením na aktuální problematiku kalibrací a digitalizaci v metrologii.



31. 5. a 1. 6. 2022
HOTEL Skalský Dvůr
Lísek u Bystřice nad Pernštejnem



Sekretariát Českého kalibračního sdružení si dovoluje upozornit, že veškerou korespondenci s námi adresujte na adresu: sekretar@cks-brno.cz. Ještě jednou také upozorňujeme na změnu čísla bankovního účtu: 2402116742/2010. Veškeré novinky také sledujte na našich webových stránkách: <http://www.cks-brno.cz/>.

Redakční rada:

Ing. Zdeňka Pohořelá (předsedkyně), Mgr. Kristýna Vančurová (místopředsedkyně), Ing. Miroslav Čermák, Mgr. Václava Holušová, Doc. Ing. Jiří Horský, CSc., Ing. František Jelínek, CSc., Ing. Jiří Kazda, Šárka Kotlíková, Ing. Pavel Nosek, RNDr. Klára Popadičová, Ing. Pavel Rubáš, Ing. Radek Sedláček, Ph.D., doc. RNDr. Jiří Tesař, Ph.D., Ing. Josef Vojtíšek. Prizvaní: PhDr. Bořivoj Kleník – šéfredaktor. Časopis vychází 4 x ročně. Cena výtisku 80,- Kč, roční předplatné 320,- Kč + poštovné a balné + 10 % DPH. Vydavatel: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (ÚNMZ) ve spolupráci s Českým metrologickým institutem, Českou metrologickou společností a Českým kalibračním sdružením. Sídlo vydavatele: ÚNMZ, Na Žertvách 132/24, 180 00 Praha 8. IČO: 48135267. Povolení tisku: registrace MK ČR 6111, MIČ 46 676, ISSN 1210-3543.

Místo vydávání: Praha. Datum vydání: květen 2022. Nakladatelský servis, předplatné a inzerce: PhDr. Bořivoj Kleník, Bezdědice 19, 294 25 Katusice, mobil: 603 846 527, e-mail: klenik@q-art.cz. Nevyžádané materiály se nevracejí. Za původnost a správnost příspěvků odpovídají autoři.

Foto na obálce:

Metrologie v digitální době – téma Světového dne metrologie 2022

Photo on the front page:

Metrology in the Digital Era – the Theme for the World Metrology Day 2022

