

**3/2025**  
**ROČNÍK 34**

# **METROLOGIE**

**ČASOPIS PRO METROLOGII,  
ZKUŠEBNICTVÍ  
A TECHNICKOU NORMALIZACI**





**METROLOGIE V PRAXI****Dr. Ing. Radek Strnad, PhD.**Možnosti používání umělé inteligence  
v laboratoři.....2**Ing. Václav Hora**Kalibrace dozimetrického přístroje DP – 86  
metodou komparace .....8**doc. Mgr. Ing. Jan Rybář, Ph.D.****Ing. Peter Onderčo; Ing. Barnabás Bartalos**  
Nastavování přitlaku sběracích hlavic  
u trolejbusů .....11**Ing. Martin Valenta**Aspekty kalibrace měřidel vlhkosti vzduchu a jejich  
interpretace v podobě přílohy osvědčení  
o akreditaci.....15**VĚDA A VÝZKUM****Doc. Ing. Olga Tůmová, CSc.****Doc. Ing. František Tůma, CSc.**  
Metodika DOE a její zjednodušené verze .....18**ZKUŠEBNICTVÍ****Ing. Magdaléna Charvátová, Ph.D.**Ochrana dřevěných konstrukcí proti požáru  
pomocí obkladů .....23**HISTORIE****Ing. František Hnízdil**

Měřidla jako rodinné památky .....25

**INFORMACE****Ing. Bc. Milan Škrdleta, MBA**ČMI posiluje infrastrukturu kvality: Nové kompetence  
v oblasti MDR a ISO 13485:2016 .....26**Mgr. Petr Barták**

Měření bezpečné vzdálenosti mezi vozidly .....27

**Ing. Jiří Kazda**

Informace o činnosti ČKS z.s.....31

**RNDr. Věra Ježková**

Přehled činností ČMS, z.s.....33

**Ing. Miroslav Čermák**Česká agentura pro standardizaci přináší  
novinky ze světa technických norem .....35

Nabídka akcí ČMS na II. pololetí roku 2025

**METROLOGY IN PRACTICE****Dr. Ing. Radek Strnad, PhD.**The Possibilities of Using Artificial Intelligence  
in the Lab .....2**Ing. Václav Hora**Calibrating the DP-86 Dosimetry Device Using  
the Comparison Method.....8**doc. Mgr. Ing. Jan Rybář, Ph.D.****Ing. Peter Onderčo; Ing. Barnabás Bartalos**  
Adjusting the Contact Pressure of Trolleybus  
Collector Heads .....11**Ing. Martin Valenta**Aspects of Calibration of Humidity Meters and Their  
Interpretation as an Annex to the Accreditation  
Certificate.....15**SCIENCE AND RESEARCH****Doc. Ing. Olga Tůmová, CSc.****Doc. Ing. František Tůma, CSc.**  
DOE Methodology and Its Simplified Versions .....18**TESTING****Ing. Magdaléna Charvátová, Ph.D.**Protecting Wooden Structures Against Fire  
with Cladding.....23**HISTORY****Ing. František Hnízdil**

Gauges as Family Heirlooms .....25

**INFORMATION****Ing. Bc. Milan Škrdleta, MBA**CMI Strengthens Its Quality Infrastructure: New  
Competences in the Field of MDR and ISO 13485:2016 ....26**Mgr. Petr Barták**

Measuring the Safe Distance Between Vehicles.....27

**Ing. Jiří Kazda**

Information on the activities of ČKS, z.s.....31

**RNDr. Věra Ježková**

Summary of the activities of ČMS, z.s.....33

**Ing. Miroslav Čermák**Czech Standardization Agency - News from  
the World of Technical Standards.....35The List of ČMS Events in the 2<sup>nd</sup> Half of 2025

## MOŽNOSTI POUŽÍVÁNÍ UMĚLÉ INTELIGENCE V LABORATOŘI

**Dr. Ing. Radek Strnad, PhD.,**

*Český metrologický institut*

### Abstrakt

Tento článek se zaměřuje na analýzu klíčových aspektů využití metod umělé inteligence v každodenní praxi metrologa. V první části se věnujeme teoretickým základům, které tvoří rámec pro další diskusi. Následně se zaměříme na praktické aplikace a příklady, které ilustrují význam a dopad zkoumaného tématu v reálném světě. Závěrem shrnujeme hlavní zjištění a navrhneme možné směry pro budoucí výzkum, které by mohly přispět k dalšímu rozvoji této oblasti.

### 1. Úvod

Informační technologie v posledních desetiletích prošly dynamickým vývojem, který spolu s nástupem internetu vedl k masivnímu sběru dat v dosud nevídaných objemech a formách. Objem a složitost dat neustále rostou, přičemž tempo tohoto růstu je exponenciální. Podle dostupných informací se uvádí, že 90 % všech dat vytvořených lidmi bylo generováno během pouhých posledních dvou let.

Rostoucí objem dat vyžaduje efektivní metody pro jejich ukládání, třídění a analýzu. Klíčovým prvkem je indexace, která usnadňuje vyhledávání v těchto datech. Cílem analýzy pomocí umělé inteligence je získat cenné informace, které mohou podpořit rozhodovací procesy.

Umělá inteligence (AI) představuje jednu z klíčových disruptivních technologií, která má potenciál zásadně transformovat jak individuální životy lidí, tak i celé společnosti. Tato technologie je schopna napodobovat lidské dovednosti, jako je učení a plánování, což ji činí jedním z nejvýznamnějších témat v oblasti technologií. V posledních letech jsme byli svědky rychlého pokroku v oblasti AI, která se začala uplatňovat v širokém spektru od zemědělství a průmyslu po různé služby. Generativní AI, včetně chatbotů a překladatelských systémů, se stala součástí každodenního života a usnadňuje řadu činností, včetně interakce s technologiemi, které používáme.

AI rovněž nese významný potenciál pro ekonomický rozvoj, neboť může zefektivnit pracovní procesy a zvýšit konkurenceschopnost firem. V reakci na tento technologický pokrok vypracovala Česká republika v květnu 2019 Národní strategii pro umělou inteligenci, jejímž cílem bylo podpořit výzkum a vývoj v oblasti AI a posílit spolupráci mezi odbornými institucemi a podnikatelským sektorem.

Vzhledem k rychlým změnám v technologickém prostředí a vzniku nových mezinárodních iniciativ došlo k významné aktualizaci této strategie. Výsledkem je **Národní strategie umělé inteligence České republiky 2030** <https://asociace.ai/schvaleno-toto-je-narodni-strategie-umele-inteligence-ceske-republiky-2030-naiss/>, která byla představena Ministerstvem průmyslu a obchodu v červenci 2024 po její prezentaci vládou. Tato nová strategie se zaměřuje na efektivní využívání AI a maximalizaci jejich přínosů pro rozvoj české společnosti a ekonomiky v budoucnosti.

**Aktualizace se soustředí na sedm klíčových oblastí:**

1. Výzkum a inovace – podpora vědecké práce v oblasti AI.
2. Vzdělávání a expertiza – zajištění vzdělávacích programů zaměřených na AI.
3. Dovednosti a trh práce – analýza dopadů AI na pracovní trh a přípravu pracovních sil.
4. Etika a právo – zkoumání právních a etických aspektů spojených s AI.
5. Bezpečnost – ochrana před bezpečnostními hrozbami spojenými s AI.
6. Průmysl a podnikání – využití AI k zvýšení efektivity v podnikatelském sektoru.
7. Veřejná správa a veřejné služby – zlepšení funkčnosti veřejné správy pomocí AI.

Celá strategie bude mít konkrétní implementační plány, které se budou pravidelně kontrolovat a aktualizovat, aby bylo možné reagovat na nové technologické trendy a vývoj v oblasti AI. Tímto způsobem chce Česká republika zajistit, aby plně využila potenciál AI k posílení konkurenceschopnosti a efektivity své ekonomiky a společnosti.

### 2. Využití metod AI v praxi metrologa

Metrologové mohou využívat techniky umělé inteligence k optimalizaci měření, analýz a kalibračních procesů. AI přispívá k efektivnějším metrologickým operacím, snižuje nejistoty a zvyšuje přesnost. Zde je několik konkrétních aplikací:

#### 1. Zpracování a analýza dat

- Strojové učení (Machine Learning, ML) se aplikuje na analýzu rozsáhlých datových sad z měření. AI je schopna odhalit závislosti, které tradiční metody mohou přehlédnout.
- Optimalizace měřicích modelů: AI může modelovat systematické chyby měřicích přístrojů a navrhnout potřebné úpravy.
- Predikce opotřebení a kalibrace: Prediktivní modely umožňují plánování kalibrací na základě historických dat, čímž se předchází selhání zařízení.

#### 2. Automatizace měřicích procesů

- Robotická metrologie: AI může řídit roboty, které provádějí měření na složitých dílech nebo na těžko přístupných místech.
- Systémy pro samooptimalizaci měření: AI může dynamicky upravovat měřicí parametry, aby dosáhla maximální přesnosti.
- Průmysl 4.0: Využití AI v metrologii je klíčové pro automatizované výrobní linky, kde se měření provádí v reálném čase.
- Adaptivní kontrola kvality: AI přispívá ke zlepšení výrobních procesů analýzou měřicích dat a navrhováním okamžitých úprav.
- AI pomáhá vytvářet adaptivní kalibrační plány na základě opotřebení, frekvence používání a změn prostředí.

- Prediktivní údržba: Prediktivní algoritmy umožňují odhadovat, kdy zařízení potřebuje servis, čímž snižují náklady spojené s neplánovanými prostoji.
- Internet věcí (Internet of Things, IoT) v kombinaci s AI umožňuje metrologům vzdáleně monitorovat stav přístrojů a shromažďovat data v reálném čase.
- AI může optimalizovat provozní parametry na základě těchto dat.

### 3. Nejistoty měření a kalibrace

AI může modelovat nejistoty spojené s měřicími procesy pomocí pokročilých algoritmů, jako jsou Bayesovské sítě. S pomocí AI lze simulovat a analyzovat různé scénáře, aby se zjistilo, jak změny parametrů ovlivňují výsledky měření.

### 4. Detekce anomálií

AI může identifikovat neobvyklé odchylky v datech a upozornit na potenciální chyby v měřicích zařízeních nebo procesech. Tato metoda je užitečná pro kontrolu kvality a zajištění stability měřicích systémů.

### 5. Zpracování obrazu a signálu

Metody počítačového vidění pomáhají analyzovat obrazy získané z měřicích přístrojů, jako jsou mikroskopy nebo skenery. Například při měření povrchových vlastností lze AI použít k analýze drsnosti nebo detekci vad.

Následující text se podrobněji zaměří na nejběžnější metody využívání AI, přičemž se zaměří především na metody analýzy dat.

## 3. Datová analýza

Datová analýza (DA) představuje systematický proces, jehož cílem je prozkoumat, vyčistit, transformovat a modelovat data, aby se odhalily nové vztahy, trendy a asociace, které mohou sloužit jako podklad pro informované rozhodování. Příklady aplikace datové analýzy zahrnují:

- zvýšení efektivity podniků;
- zvýšení zisku;
- optimalizaci produktů a služeb;
- identifikaci nejúčinnějších léků z dostupných účinných látek;
- určení optimální dávky účinné látky;
- analýzu vedlejších účinků léků;
- filtrování elektronické pošty od spamu;
- atd.

Hlavním problémem při identifikaci závislostí je určení správné struktury modelu. Jakmile je struktura známa, je relativně snadné nalézt její správnou parametrizaci, což zahrnuje deterministické a algoritmoizovatelné postupy. Nalezení správné struktury modelu představuje naopak nedeterministický problém, který vyžaduje heuristické přístupy a subjektivní metody. V důsledku toho se na počátku devadesátých let začaly rozvíjet metody umělé inteligence pro strukturální identifikaci.

## Rozdělení datové analýzy

Z hlediska rozdělení představuje datová analýza soubor různých přístupů, metod a technik. Obvykle se zmiňují následující:

- statistické učení
- umělá inteligence (Artificial Intelligence, AI)
- strojové učení (Machine Learning, ML)
- dolování z dat (Data Mining, DM).

Většina metod datové analýzy sdílí několik společných prvků. Mezi ně patří vstupní proměnné, které jsou označovány jako nezávislé proměnné či prediktory. Tyto proměnné mají vliv na výstupy, které jsou někdy nazývány jako odezvy. Podrobnější pohled na nejběžnější metody datové analýzy bude představen v následujících částech textu.

## Úlohy v datové analýze

Úlohy, které lze efektivně řešit pomocí datové analýzy, se dají přibližně rozdělit do několika hlavních kategorií, které nám pomáhají lépe porozumět různým metodám a technikám, jež jsou v této oblasti využívány. Tyto kategorie zahrnují:

- **klasifikace** – proces, při kterém se objekty zařazují do předem definovaných kategorií, jako jsou například dlužník versus platič, odpovídající versus neodpovídající, zdravý versus nemocný. Tento přístup je klíčový pro rozpoznávání vzorců a trendů v datech;
- **shlukování** – technika, která se zaměřuje na identifikaci vzájemně podobných objektů a jejich seskupování do homogenních skupin. Tento proces často probíhá bez předchozí znalosti definic těchto skupin, což umožňuje objevování skrytých struktur v datech;
- **predikce** – metoda, která se zabývá odhadem kvantitativních veličin v čase. Využívá pokročilé techniky, jako jsou neuronové sítě, a nachází uplatnění například při předpovědi cen akcií, počasí nebo nabídky a poptávky;
- **regrese** – technika, která je podobná predikcím, avšak s nižšími nároky na použité metody. Regresní analýza se často používá k určení vztahů mezi proměnnými;
- **asociace** – specifická metoda, která se zaměřuje na hledání asociací mezi různými objekty. Například v e-shopu může odhalit souvislosti mezi nákupem počítače a klávesnice, pečiva a dnem v týdnu, nebo ochranných roušek a dezinfekce;
- **dolování z textu** – technika, která se zabývá analýzou nestrukturovaných textů. Tato metoda často zahrnuje frekvenční analýzu slov a jejich převod na strukturovaná data pro další zpracování, což je užitečné například při prevenci kriminality, včasné detekci podvodů a zvyšování kvality zákaznické péče.

Z výše uvedeného výčtu je zřejmé, že aplikace metod umělé inteligence a podobných technik je velmi široká a rozmanitá. Když porovnáme možnosti AI s tradičními statistickými přístupy, pravděpodobně dospějeme k závěru, že pokrývají mnohem širší spektrum, než je běžné u statistických metod. To naznačuje, že umělá inteligence má potenciál transformovat způsob, jakým analyzujeme a interpretujeme data.

Pokud bychom se podívali ještě hlouběji, mohli bychom konstatovat, že statistika končí přibližně tam, kde začínají metody umělé inteligence a strojového učení. Tento přechod je pravděpodobně způsoben nejen širokým záběrem, který tyto stále relativně nové AI metody vykazují, ale také jejich vysokou uplatnitelností a rozmanitostí řešitelných úloh. V dnešní době se stává nezbytné, aby odborníci v oblasti datové analýzy byli obeznámeni s těmito moderními technikami a metodami, aby mohli efektivně reagovat na výzvy, které přináší rychle se měnící svět dat.

Je však důležité zdůraznit, že metody datové analýzy představují multidisciplinární obor, který spojuje různé, někdy i velmi odlišné, oblasti. Získání požadovaných informací samo o sobě nemusí vždy stačit, zejména v případech, kdy je třeba předložit získané výstupy jako podklady pro klíčová rozhodnutí. Datová analýza se tak stává kombinací matematiky (statistické přístupy), výpočetní techniky, ale i na první pohled nesouvisejících oborů, jako jsou psychologie, lingvistika, neurověda a další. Nejvyšší vedení firmy pravděpodobně bude vyžadovat jinou formu či zaměření při sdělení výsledků datové analýzy než například široká veřejnost nebo vědecká obec, což podtrhuje důležitost přizpůsobení komunikace různým cílovým skupinám.

### Strojové učení

Literatura o strojovém učení se obvykle dělí na dvě hlavní kategorie: učení s učitelem a učení bez učitele, což se v angličtině označuje jako *supervised learning* a *unsupervised learning*. Učení s učitelem se zaměřuje na to, jak získat konkrétní výstupní hodnoty na základě předem definované sady vstupních dat nebo měření. Tento proces zahrnuje trénink modelu na historických datech, kde jsou známy výstupy, což umožňuje algoritmu naučit se vzory a vztahy mezi vstupy a výstupy. Na druhé straně, učení bez učitele se zabývá situacemi, kdy nemáme k dispozici žádná měření na vstupu. V tomto případě se výstupem stává organizace dat, která může zahrnovat shlukování nebo klasifikaci informací. Cílem učení bez učitele je tedy odhalit skryté vzory a souvislosti v datech, což může být velmi užitečné pro analýzu a interpretaci komplexních datových sad. Z toho vyplývá, že „učitel“ v kontextu učení s učitelem představuje přítomnost vstupní proměnné, která řídí celý proces učení a umožňuje modelu se adaptovat a zlepšovat své predikce.

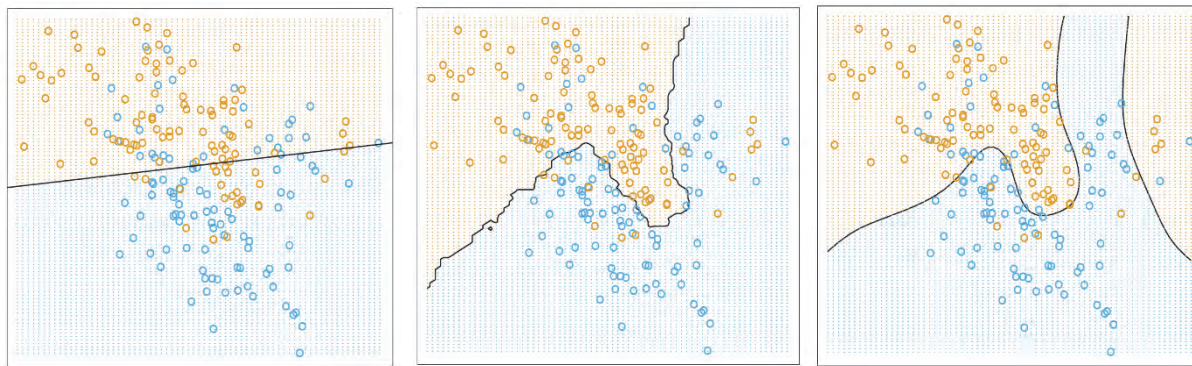
### Použití učení s učitelem

Existuje mnoho praktických příkladů, které ilustrují, jak se učení s učitelem aplikuje v reálném světě. Například jedním z nejběžnějších použití je třídění e-mailů, kde algoritmy rozlišují mezi spamem a normální poštou. Dalším příkladem je rozpoznávání číslic, což se využívá na displejích přístrojů, kde je potřeba automaticky identifikovat naměřenou hodnotu. Učení s učitelem se také používá v medicíně, například při sledování specifického antigenu, který může naznačovat tendenci vzniku rakoviny prostaty. Tento proces zahrnuje analýzu různých faktorů, jako je hmotnost prostaty, věk pacienta a další relevantní proměnné, aby se zjistily možné spojitosti a rizika. Tyto příklady ukazují, jak moc je učení s učitelem důležité pro rozvoj technologií a aplikací, které nám pomáhají lépe porozumět světu kolem nás a činit informovaná rozhodnutí.

V následujících odstavcích se podíváme na několik metod učení s učitelem, které se běžně používají v praxi a které přispívají k efektivnímu zpracování a analýze dat.

### Lineární metody pro regresi a klasifikaci

V literatuře se setkáváme s různými metodami, které se používají pro predikci, a mezi nimi vynikají dvě, které jsou považovány za jednoduché, avšak velmi účinné. První z těchto metod je známá jako metoda nejmenších čtverců, která se zaměřuje na minimalizaci odchylek mezi skutečnými hodnotami a hodnotami predikovanými modelem. Druhou metodou je metoda  $k$ -nejbližšího souseda, známá také jako  $k$ -nearest-neighbor, která se snaží přizpůsobit predikce na základě blízkosti datových bodů v prostoru. Cílem těchto metod je aproximovat funkci  $f(x)$ , kde  $x$  představuje vektor v  $p$ -rozměrném prostoru. Zatímco lineární modely, které využívají metodu nejmenších čtverců, mohou být někdy příliš zjednodušující a vést k predikcím, které jsou stabilní a hladké, mohou také vykazovat vysoký rozptyl a potenciální nepřesnost. Na druhé straně metoda  $k$ -nejbližšího souseda má tendenci poskytovat přesnější předpovědi, neboť se dokáže přizpůsobit různým hranicím v datech, avšak může mít problémy se stabilitou, zejména v případech, kdy jsou data rozptýlena. Pro ilustraci těchto dvou přístupů si můžeme vzít příklad klasifikační úlohy, kde porovnáme výsledky získané regresní metodou nejmenších čtverců a metodou  $k$ -nejbližšího souseda. Tento příklad je zobrazen na **obr. 1**, kde jsou



**Obr. 1:** Příklad dvourozměrné klasifikační úlohy. Třídy jsou zakódovány jako binární proměnná, kde modrá = 0 a oranžová = 1. Zleva: lineární regrese, 15 nejbližších sousedů, optimální bayesovská rozhodovací hranice.

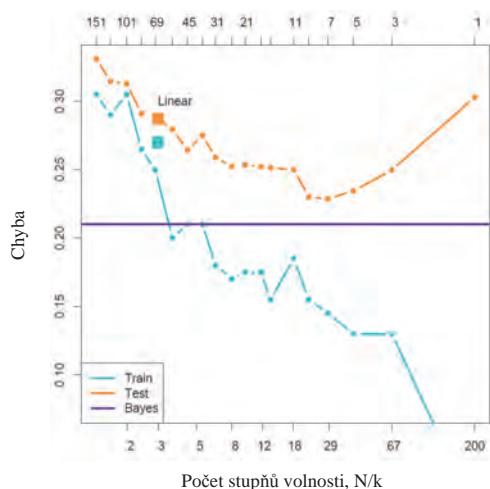
výsledky obou metod prezentovány ve dvou rozměrech, což nám umožňuje lépe pochopit jejich výhody a nevýhody.

Je zde vidět selektivita jednotlivých metod, kde opticky nejlépe vychází optimální bayesovská hranice.

### Přeučení lineárního modelu

Než se pustíme do další kapitoly, je nezbytné se podrobněji zaměřit na fenomén, který je známý jako přeučení. Tento jev může nastat v situacích, kdy se model příliš přizpůsobí specifickým rysům trénovacích dat, což může mít za následek, že model ztrácí schopnost generalizovat na nová, dosud neviděná data. Důsledkem přeučení je často zvýšení chybovosti, když se model pokouší aplikovat naučené vzory na data, která nebyla součástí tréninkového procesu. Proto je klíčové nejen vybrat vhodný typ modelu, ale také pečlivě zvolit počet stupňů volnosti a správně nastavit poměr mezi množstvím dat určených pro trénink, testování a validaci, pokud jsou validační data k dispozici, nebo pokud se plánuje provádět validační proces. V odborné literatuře se doporučuje optimální rozdělení dat v poměru 50/25/25 pro trénink, testování a validaci, avšak toto rozdělení může být variabilní v závislosti na konkrétní aplikaci a jejích požadavcích. V případech, kdy není možné provádět validaci, se doporučuje poměr 66/34, což může poskytnout lepší výsledky v některých scénářích.

Ačkoliv se v následujících kapitolách budeme přeučení dotýkat pouze okrajově, je důležité si uvědomit, že tento problém může nastat prakticky u každé z metod, které budou dále diskutovány, včetně neuronových sítí a stromových metod. Při parametrizaci modelu je nezbytné mít na paměti riziko přeučení a důsledně sledovat, jak se velikost chyby mění v závislosti na počtu stupňů volnosti modelu. Tímto způsobem můžeme lépe optimalizovat naše modely a zajistit, že budou schopny efektivně pracovat s novými daty, aniž by došlo k přeučení, které by mohlo negativně ovlivnit jejich výkon.



**Obr. 2:** Chybové křivky při simulaci. Trénovací vzorek byl 200, testovací 10 000. Chyba z testovacích dat je znázorněna oranžově, modře je chyba pro metodu  $k$ -nejbližšího souseda. Výsledky z lineární regrese jsou označeny oranžovým a modrým čtvercem. Optimální bayesovská chyba je fialově.

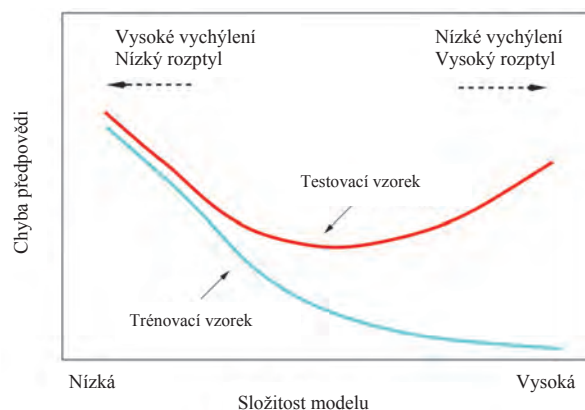
### Výběr struktury modelu a vliv jeho složitosti

Většina modelů, které jsou zde zmíněny, zahrnuje dva klíčové parametry, jež je nezbytné přesně určit: vyhlazování a komplexita. Správné určení a nastavení těchto dvou parametrů v rámci modelu je zásadní pro dosažení co nejnižší chyby predikce. Jak je znázorněno na **obr. 3**, tato skutečnost vyplývá z přímé závislosti mezi očekávanou chybou a vstupními hodnotami, které model zpracovává. Očekávaná chyba se totiž rovná součtu rozptylu odhadu, kvadrátu vychýlení a ireducibilní chyby. Tato rovnice, jak je uvedeno v rovnici (1), ukazuje, jak důležité je správně nastavit parametry pro optimalizaci výkonu modelu. Bez pečlivého určení těchto hodnot může dojít k výraznému nárůstu chybovosti, což by mohlo negativně ovlivnit výsledky a spolehlivost predikcí, které model poskytuje.

$$E(y_0 - \hat{f}(x_0))^2 = \text{Var}(\hat{f}(x_0)) + [\text{Bias}(\hat{f}(x_0))]^2 + \text{Var}(\varepsilon) \quad (1)$$

kde  $y_0$  je funkční hodnota (např. z měření, zatížená chybou měření  $\varepsilon$ ),  $\hat{f}(x_0)$  je hodnota odhadu – funkční hodnota z regrese metodou  $k$ -nejbližšího souseda,  $\text{Var}(\hat{f}(x_0))$ , resp.  $\text{Bias}(\hat{f}(x_0))$  je rozptyl odhadu, resp. vychýlení (oba získané z provedené regrese) a  $\text{Var}(\varepsilon)$  je ire-

ducibilní chyba. Vychýlení se někdy v českých textech označuje jako zaujatost (z ang. bias). Ireducibilní chyba je mimo naši kontrolu i při znalosti skutečné hodnoty  $y_0$ . Skutečná hodnota  $y_0$  je totiž vždy zatížena chybou měření, kterou nikdy neznáme přesně.

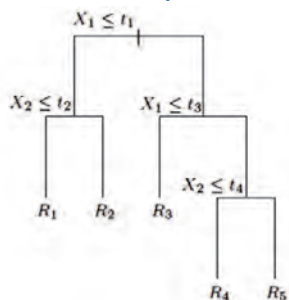


**Obr. 3:** Závislost chyby předpovědi na složitosti modelu.

V procesu práce s daty je klíčové začít výběrem správného typu modelu, který bude nejlépe vyhovovat specifikům daného úkolu. Tento výběr je zásadní, protože ovlivňuje celkovou efektivitu a úspěšnost analýzy. Jakmile je model vybrán, následuje důležité nastavení jeho komplexity, což je krok, který by se neměl podceňovat. Komplexita modelu by měla být přizpůsobena charakteristikám dat, se kterými pracujeme. Existuje široké spektrum různých modelů, z nichž si můžeme vybírat, a každý z nich má své výhody a nevýhody. Abychom učinili informované rozhodnutí, je nezbytné provést testování výkonnosti jednotlivých modelů. Tento

proces nám umožní porovnat, jak si různé modely vedou v praxi. U modelu, který jsme zvolili, je také důležité odhadnout chybu predikce, což nám poskytne cenné informace o tom, jak dobře model funguje na nových, neznámých datech. Pokud správně vyvážíme složitost modelu, můžeme dosáhnout optimální adaptace modelu na tréninková data, což povede k minimální chybě, když model nasadíme na testovací data. Tímto způsobem zajistíme, že model nebude ani přetřénovaný, ani nedotřénovaný, ale dosáhne optimálního výkonu, což je cílem každého analytického úsilí.

### Aditivní modely a stromové a přidružené metody



Obr. 4: Princip stromových technik.  $R$  značí jednotlivé buňky,  $X$  a  $t$  hodnoty, resp. třídicí pravidla

Techniky, které se zaměřují na učení s učitelem, představují důležitou součást metodologie strojového učení. Tyto techniky vyžadují specifickou strukturu pro neznámou regresní funkci, což znamená, že se snažíme najít vzory a vztahy v datech, které nám umožní předpovědět výstupy na základě vstupních informací. Mezi tyto techniky patří zobecněné aditivní modely,

které kombinují různé prediktory, dále stromové techniky, které se zaměřují na rozdělení dat do různých kategorií, a také pokročilé neparametrické metody, které nevyžadují předem stanovené parametry pro modelování dat.

Stromové techniky, jako je například rozhodovací strom, fungují na principu rozdělení zadané sady dat do jednotlivých buněk nebo oblastí. Tento proces zahrnuje použití jednoduchého modelu, který se snaží prokládat data a rozdělit je do různých kategorií. Tyto metody jsou velmi flexibilní a mohou být použity jak pro klasifikaci, tak pro regresi. Například, jednoduchým pravidlem může být přiřazení hodnoty 0 nebo 1 každé buňce, což nám umožňuje efektivně rozdělit data na základě určitých kritérií. Ilustrace tohoto přístupu je znázorněna na obr. 4, kde je vidět, jak se prostor prvků na vstupu rozkládá na menší bloky, kterým se snažíme přiřadit průměrnou hodnotu. Rozdělení na bloky se řídí binárním pravidlem, což je analogické k principu, na kterém fungují stromové techniky.

### Boostingové metody

Metody boostingu, které byly původně navrženy pro řešení problémů klasifikace, se ukázaly jako mimořádně účinné a úspěšné v širokém spektru aplikací. Tento inovativní koncept, jehož základ spočívá v kombinaci slabých klasifikátorů, se ukázal být natolik robustní, že byl adaptován a rozšířen i na úlohy regresní analýzy. V odborné literatuře jsou boostingové metody často považovány za významný pokrok v oblasti strojového učení a statistiky, neboť umožňují dosahovat vysoké úrovně přesnosti predikcí, což je klíčové pro úspěch v mnoha oblastech. Tyto metody se řadí do širší kategorie stromových metod, které se zaměřují na strukturované rozhodování a analýzu dat, a tím přispívají k lepšímu porozumění komplexním datovým strukturám.

Hlavním principem boostingu je proces, při kterém se vytváří série slabých klasifikátorů, které se následně kombinují do jednoho silného klasifikátoru. Tento klasifikátor, což je algoritmus určený k provádění klasifikace, se skládá z jednotlivých slabých klasifikátorů, které se váží podle jejich výkonnosti a schopnosti správně klasifikovat data. Celková predikce je pak výsledkem této kombinace, přičemž každému klasifikátoru je přiřazena váha, která odráží jeho důležitost a úspěšnost v rámci celého modelu. Tento přístup, jak je naznačeno v rovnicích a teoretických základech, ukazuje, jak lze efektivně zlepšit predikční schopnosti modelu a dosáhnout tak lepších výsledků v různých aplikacích, což je zásadní pro rozvoj a implementaci pokročilých analytických nástrojů v praxi.

$$G(x) = \text{sign} \sum_{m=1}^M \alpha_m G_m(x) \quad (2)$$

kde  $\alpha_m$  jsou koeficienty vypočtené boostingovým algoritmem a váženým příspěvkem každého daného  $G_m(x)$ . Objekty identifikované jako nesprávné nebo s vyšší chybou dostanou záměrně vyšší váhu. Objekty predikované správně dostanou naopak váhu nižší.

### Neuronové sítě

Název „neuronová síť“ a označení jejich základních komponent, tedy „neurony“, mají svůj původ v historickém vývoji, neboť se jedná o první pokusy o modelování procesů, které se snaží napodobit fungování lidského mozku. V tomto kontextu jsou jednotlivé neurony propojeny synapsí, které slouží jako kanály pro šíření elektrických signálů, což je klíčové pro přenos informací v rámci této struktury. Neuronová síť (NS) v oblasti strojového učení se dá chápat jako komplexní systém, který se skládá z mnoha vzájemně propojených jednotek, tedy neuronů, které mají za úkol předávat a transformovat signály pomocí specifických přenosových funkcí. Každý neuron má  $N$  vstupů, avšak pouze jeden výstup, což je důležité pro jeho funkci v rámci sítě. Neuronové sítě mohou být považovány za dvoustupňové modely, které se zaměřují na regresi nebo klasifikaci. Hlavní myšlenkou metod NS je přenést vstupy na lineární kombinace odvozených vlastností, což se děje v tzv. skryté vrstvě, a následně modelovat požadované cílové výstupy pomocí nelineárních funkcí. Tímto způsobem se neuronová síť stává nelineárním statistickým modelem, který je schopen zachytit složité vzory v datech. Na obr. 5 z odkazu [2] je znázorněno schéma jedné z neuronových sítí, které ilustruje její strukturu a fungování.

Neuronové sítě představují širokou škálu různých modelů a metod učení, které se neustále vyvíjejí a adaptují na nové výzvy. Mezi nejrozšířenější metody neuronových sítí patří pravděpodobně *Vanilla* neuronová síť, což je typ s jednou skrytou vrstvou, která využívá techniku zpětného šíření chyb, a je někdy označována jako jednovrstvý perceptron. Tato metoda se ukázala jako velmi efektivní pro různé úkoly strojového učení. Výhody a možnosti využití neuronových sítí budou podrobněji prozkoumány v dalších kapitolách, kde se zaměříme na jejich aplikace v praxi a na to, jak mohou přispět k pokroku v oblasti umělé inteligence a analýzy dat.

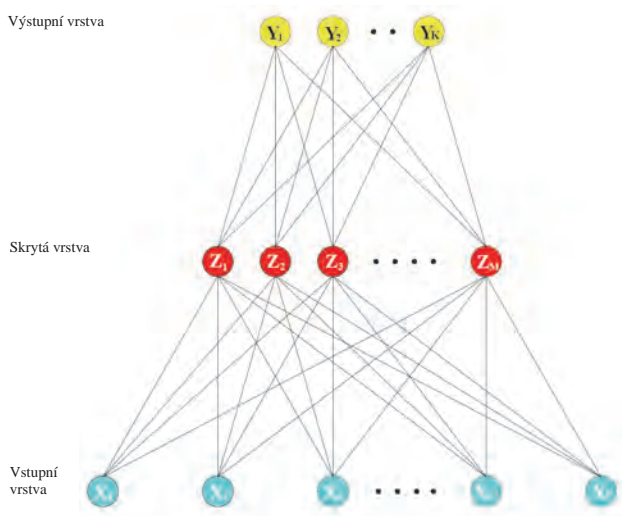
### Výhody neuronových sítí

V dnešní době se stává tvorba modelů chování různých systémů stále složitějším úkolem. Tradiční metody vyžadují pečlivou identifikaci a následnou náročnou fázi, během které se vytvářejí algoritmy, jež transformují množinu vstupních proměnných na výstupní. Naopak neuronové sítě představují revoluční přístup, neboť během svého učení mají schopnost neustále adaptovat svou strukturu a parametry. Tímto způsobem se přizpůsobují vlastnostem studovaného objektu, což výrazně zjednodušuje celý proces. Pro trénink neuronových sítí se využívá trénovací množina dat, která slouží jako vzor chování. Tyto sítě pak čerpají znalosti z trénovací množiny, přičemž tyto znalosti jsou uloženy v kvalitě vazeb mezi jednotlivými neurony, což je klíčové pro jejich funkčnost.

### Uplatnění neuronových sítí

Neuronové sítě nacházejí uplatnění v široké škále oborů a oblastí, kde se pracuje s daty. Mezi nejvýznamnější aplikace patří:

- komprese zvuku, která umožňuje efektivní ukládání a přenos audio informací;
- komprese videa, jež zajišťuje kvalitní záznamy s minimálními nároky na úložný prostor;
- rozpoznávání obrazů a obličejů, což je klíčové v oblasti bezpečnosti a uživatelského rozhraní;
- předpověď prodeje, která pomáhá firmám optimalizovat své strategie a plánování;
- validace dat, jež zajišťuje kvalitu a přesnost informací;
- řízení rizik (risk management), což je zásadní pro finanční instituce a podniky;
- práce a porozumění textu, známé jako zpracování přirozeného jazyka (Natural Language Processing, NLP), které umožňuje strojům rozumět lidské komunikaci;
- a mnoho dalších aplikací, které se neustále vyvíjejí.



**Obr. 5:** Schéma neuronové sítě s jednou skrytou vrstvou s dopředným šířením. Cílové hodnoty jsou  $Y_1, \dots, Y_K$ , vstupní hodnoty jsou  $X_1, \dots, X_p$ ,  $Z_1, \dots, Z_M$  (skrytá vrstva) jsou odvozené charakteristiky určené jako lineární kombinace vstupů.

Jak je patrné z výše uvedeného, uplatnění neuronových sítí je dnes velmi široké. Vzhledem k jejich prediktivní síle lze očekávat, že v budoucnu budou hrát ještě významnější roli, zejména v kombinaci s dalšími metodami strojového učení, což otevře nové možnosti a perspektivy v různých oblastech výzkumu a průmyslu.

### Srovnání vybraných metod DA

Existuje celá řada metod datové analýzy, které se mohou ukázat jako užitečné při řešení různých úloh, přičemž jejich efektivita závisí na specifickém typu úlohy a jejím zaměření. V této souvislosti je důležité provést podrobné porovnání aplikovatelnosti vybraných metod datové analýzy (DA) na základě různých charakteristik úkolu, což je podrobně zobrazeno v **tabulce 1**.

**Tabulka 1:** Porovnání vybraných charakteristik některých metod DA s učitelem.

| Charakteristika                                    | NS | SVM | SM | MARS | k-NN |
|--|----|-----|----|------|------|
| Zvládnání dat smíšeného typu                       | ▼  | ▼   | ▲  | ▲    | ▼    |
| Zvládnání chybějících hodnot                       | ▼  | ▼   | ▲  | ▲    | ▲    |
| Odolnost vůči odlehlým vstupním hodnotám           | ▼  | ▼   | ▲  | ▼    | ▲    |
| Tolerance monotónních transformací vstupů          | ▼  | ▼   | ▲  | ▼    | ▼    |
| Výpočetní škálovatelnost (velký počet dat, N)      | ▼  | ▼   | ▲  | ▲    | ▼    |
| Schopnost vypočítat se s bezvýznamnými vstupy      | ▼  | ▼   | ▲  | ▲    | ▼    |
| Schopnost extrahovat lineární kombinace vlastností | ▲  | ▲   | ▼  | ▼    | ●    |
| Interpreovatelnost                                 | ▼  | ▼   | ●  | ▲    | ▼    |
| Prediktivní síla                                   | ▲  | ▲   | ▼  | ●    | ▲    |

#### Legenda:

Dobré = ▲, Slušné = ●, Špatné = ▼.

Zkratky:

NS = neuronové sítě,

SVM = metoda podpůrných vektorů (Support Vector Machines),

SM = stromové metody,

MARS = vícedílné adaptivní regresní splajny (Multivariate Adaptive Regression Splines),

k-NN = k-nejbližší soused.

V současné době se vybrané metody strojového učení ukazují jako velmi efektivní nástroje pro kategorizaci dat. Tyto metody, pokud jsou kombinovány s dalšími analytickými technikami, mohou poskytnout hlubší vzhled do dat a odhalit dosud neznámé nebo nové vztahy mezi různými datovými body. Tímto způsobem se otevírá cesta k novým objevům a inovacím v oblasti datové analýzy, což může mít dalekosáhlé důsledky pro různé obory a aplikace.

#### 4. Závěr

Na základě důkladné analýzy [2, 3, 5, 7] lze s jistotou konstatovat, že zkoumané téma nese zásadní význam pro pochopení širších souvislostí v dané oblasti. Výsledky naznačují, že existuje celá řada neprozkoumaných aspektů, které si zaslouží naši pozornost a podrobnější zkoumání. Doporučujeme zaměřit se na konkrétní případy a experimentální studie, které by mohly přinést nové a cenné poznatky, a tím přispět k rozvoji teorie i praxe v této oblasti. Celkově lze říct, že tato problematika je nejen aktuální, ale také vyžaduje další výzkum a otevřenou diskusi mezi odborníky, aby bylo možné lépe porozumět jejímu významu a dopadu na praxi. Je nezbytné, abychom se této problematice věnovali s maximální pečlivostí a důvtipem, abychom mohli odhalit všechny její nuance a přispět k jejímu dalšímu rozvoji.



## KALIBRACE DOZIMETRICKÉHO PŘÍSTROJE DP – 86 METODOU KOMPARACE

Ing. Václav Hora

### 1. Úvod

Přístroj DP-86 je určen pro měření úrovně radiace záření  $\gamma$  v jednotkách Gy/h a Gy/s, viz [4]. Článek se zabývá kalibrací (přenosem) dávkového příkonu  $\dot{D}_E$  etalonem vyššího řádu (dále jen  $D_1$ ) na etalon řádu nižšího (dále jen  $D_2$ ), a to pomocí průměrných hodnot impulsů  $\bar{T}_1$  a  $\bar{T}_2$ . Kalibrace se provádí tak, že ve svazku ozařovače vyššího řádu ve zvoleném kalibrovaném bodu o příkonu  $D_1$  načteme pomocí příslušného čítače impulsů hodnoty  $T_{i1}$  ( $n = 35$ ) a posléze vypočteme  $\bar{T}_1$ . Na etalonu nižšího řádu hledáme analogicky (příslušným nastavením)  $\bar{T}_2$  ( $n = 35$ ). Naším cílem je, aby  $\bar{T}_2 \rightarrow \bar{T}_1$ . Pozornost je věnována optimálnímu kritériu nastavení  $\bar{T}_2$ .

### 2. Praktická část

Načítání hodnot impulsů  $T_{i1}$  bylo provedeno pomocí referenčního etalonu AČR (GI-1: svazky záření  $\gamma$ :  $^{137}\text{Cs}$ ). Jeho výrobcem je VF a.s. Černá Hora. Etalon je průběžně kalibrován ČMI OI Praha. Odečet impulsů  $T_{i2}$  byl proveden pomocí jednorúčelových kalibrátorů DP-86 (záření  $\gamma$ :  $^{137}\text{Cs}$ ). Výrobcem kalibrátorů byl ZMA Ostrov nad Ohří. Veškeré výpočetní operace (program) provedli pracovníci laboratoře v prostředí Microsoft Excel. Přístroj DP-86, sonda DP-86 a propojovací kabel přístroj-sonda musí být při načítání impulsů na etalonech totožné (kritérium opakovatelnosti). Na přístroji DP-86 je upraven výstup, kde je čítačem snímán počet impulsů za zvolený čas. Kalibraci provádíme jedenkrát za rok, kdy dojde k mírnému poklesu aktivity na etalonu DP-86.

#### Podmínka normality

Poissonovo rozdělení (dále jen Po ( $\mu$ )) je obecně nesymetrické. Vykazuje extrémní kladnou šikmost pro nízké hodnoty

#### 5. Použitá literatura

- [1] R. Strnad, Využití metod umělé inteligence v praxi metrologa, sborník příspěvků konference České metrologické společnosti, Kurz K 622-24, 9. prosince 2024.
- [2] R. Strnad, Využití metod umělé inteligence při identifikaci soustav (Dizertační práce), Praha: VŠCHT, 1997, p. 140.
- [3] L. Blažková a M. Uldrich, Využití dataminingových metod v praxi, *IT Systems*, pp. 2-3, 2011.
- [4] StatSoft Statistika, Úvod do data miningu, *StatSoft*, pp. 1-5, 2014.
- [5] <https://www.mpo.gov.cz/cz/podnikani/digitalni-ekonomika/umela-inteligence/>
- [6] ChatGPT, internetová verze.
- [7] T. Hastie, R. Tibshirani a J. Friedman, *The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction*, 2. editor, Springer, 2017.

parametru  $\gamma$  (říkáme, „že má dlouhý chvost“). Normovaný koeficient šikmosti je  $\mu_3 = \frac{1}{\sqrt{\gamma}}$  (normální rozdělení má tento koeficient rovný 0). Vidíme, že s rostoucím  $\gamma$  rychle  $\mu(u)$  konverguje k 0. Na základě simulací bylo zjištěno, viz [7], že **fakticky dojde k ztotožnění** křivek Po ( $\gamma$ ) a  $N(\mu; \sigma_2)$  při splnění podmínky

$$\frac{\sigma \bar{x}}{\mu} = \frac{\sqrt{\lambda/n}}{\lambda} = \frac{1}{\sqrt{n \cdot \lambda}} \approx \frac{1}{\sqrt{n \cdot \bar{T}}} \leq 0,1; \text{ tj. } \bar{N} \cdot n \geq 100 \quad (1)$$

Kritérium říká, že relativní nejistota průměru naměřených dat (na  $1 \sigma$ ) musí být rovna hodnotě 0,1 nebo menší. Buďto provedeme více měření při nižším  $\bar{N}$  (nižší  $\bar{N}$  znamená měřit kratší časový interval), anebo méně měření při vyšší hodnotě  $\bar{N}$ . Podmínce je potřebné věnovat hlavně pozornost při měření nízkých aktivit a při stanovování hodnot pozadí. Toto kritérium je sice obecné, ale nepatří pro neparametrické testy. Přechodu k normálnímu rozdělení věnujeme pozornost také proto, abychom mohli použít symetrický interval spolehlivosti. V našem případě kritérium nemusíme uvažovat, jelikož je vždy splněno. Je splněno i pro hodnoty pozadí. Toto kritérium je tedy v našem konkrétním případě zbytečné, ale je vhodné jej znát při načítání malých hodnot impulsů. V literatuře se uvádí kritérium měkčí, a to  $\bar{N} \cdot n > 9$ , např. [6]

U všech dvanácti souborů naměřených dat byl proveden test na normalitu, který potvrdil vysoký stupeň normality. V publikaci, viz [5], str. 89 jsou uvedeny koeficienty korelace. Podle tohoto pramene je závislost dat nulová při ( $0 < |r(\bar{T}_1; \bar{T}_2)| < 0,3$ ). Protože ve všech

příkladech jde o normální rozdělení, naměřená data jsou nezávislá. Hodnota tohoto koeficientu je uvedena v šestém řádku tabulky.

### 2.1 Načítání hodnot $T_{i1}$ pomocí etalonu GI-1

Nebudeme se dále podrobně zabývat technickými podrobnostmi vlastní kalibrace, ale jenom těmi, které mají zásadní význam pro daný experiment a hlavně vyhodnocení naměřených dat. V návodu k obsluze přístroje DP-86 je doporučeno šest hodnot (kalibračních bodů) dávkového příkonu. Jednotlivé hodnoty těchto příkonů jsou uvedeny v prvním řádku tabulky. V druhém řádku jsou uvedeny skutečné hodnoty, které se podařilo nejpřesněji nastavit kalibrátorem GI-1 pomocí systému DARS (zpracovatelem je rovněž VF a.s. Černá Hora). Ve zvoleném kalibračním bodě je měřidlo ozařováno zářičem, který je v pracovní poloze ozařovače a je nositelem nejistoty typu B, viz [9]. Ostatní zářiče jsou uloženy v zásobníku zářičů, v tzv. hnízdech. Může však dojít k určitému průniku záření z těchto hnízd (hodnota pozadí závisí na aktivitě použitého zářiče, aktuálním uspořádání zářičů v ozařovači a vzdálenosti  $d$  od kolimátoru). Veškeré hodnoty v tabulce jsou uvedeny k časům načítání, kdy nastavení hodnot kalibrátorem GI-1 je ke dni 4. 10. 2023. Nastavení hodnot šesti kalibrátorů DP-86 bylo provedeno 10. 10. 2023 (každý tento kalibrátor je určen k navázání jednoho kalibračního bodu). Hodnoty  $T_{i1}$  použijeme po odečtení pozadí při odečtu hodnot pozadí  $T_{ip}$  od hodnot  $T_{i1}$  /vztah (2)/.

Jestliže nemůžeme zanedbat pozadí, tj. platí  $\frac{\bar{T}_p}{\bar{T}_{1+p}} \geq 0,005$ , viz [8] musíme od této hodnoty odečíst pozadí, které je přítomno při načítání  $\bar{T}_1$ . Potom platí

$$\bar{T}_1 = \bar{T}_{1+p} - \bar{T}_p. \quad (2)$$

Pomocí vztahu (2) vypočteme jednoduše nejistotu hodnoty  $\bar{T}_1$  jako sumu nejistot veličin  $\bar{T}_{1+p}$  a  $\bar{T}_p$ .  $\bar{T}_{1+p}$  je průměrná hodnota impulsů naměřených v kalibračním bodě včetně pozadí a  $\bar{T}_p$  je průměrná hodnota impulsů pouze pozadí (zavřená clona na kalibrátoru GI-1). Pozadí musíme uvažovat pouze v bodě 0,008 mGy/s; velikost hodnot pozadí je max. do 10 impulsů/20s.

### 2.2 Načítání hodnot $T_{i2}$ pomocí kalibrátoru DP-86

Kalibrátorů DP-86 je celkem 6. Každý je opatřen tzv. závitovou tyčí, která jednoduše umožňuje jemně zmenšovat vzdálenost mezi zářičem ( $^{137}\text{Cs}$ ), zafixovaným na konci této tyče, a detektorem sondy DP-86. Odečítáme 35 hodnot impulsů  $T_{i2}$ . Program PC impulsy plynule přepočítává na průměr  $\bar{T}_2$ . Zmenšujeme vzdálenost zářič-detektor (po jednom roce došlo k určitému poklesu  $D_2$ ). Celou operaci opakujeme do doby, kdy dosáhneme podle kritéria optimální hodnoty  $\bar{T}_2$ . Kalibrátor je stíněn, má speciální uzávěr, takže pozadí je nulové. Jeho nejistotu výrobce neuvádí. Časový interval načtení hodnot  $T_{i2}$  od doby načtení hodnot  $\bar{T}_1$  kalibrátorem GI-1 musí být co nejkratší.

Výpočet kritéria kalibrace:

Neznáme rozptyly základních souborů  $\sigma_1^2$  a  $\sigma_2^2$ . Počet naměřených impulsů  $T_{i1}$  a  $T_{i2}$  musí být vyšší než 30. Příslušné impulsy jsou normálně rozděleny a jsou nezávislé. Proto rozptyly průměrů můžeme nahradit jejich nevyčýlenými odhady, tj.  $s_{i1}^2$  a  $s_{i2}^2$ , které mají obecně tvar

$$s^2 = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (T_i - \bar{T})^2 \quad (3)$$

Vytvoříme normovanou proměnnou

$$|t| = \frac{|\bar{T}_1 - \bar{T}_2|}{\sqrt{\frac{s_{11}^2}{n_1} + \frac{s_{12}^2}{n_2}}}, \text{ kde } n_1 = n_2 = 35$$

Tato náhodná veličina má normované normální rozdělení  $N(0;1)$  a pro daný počet odečtů kritickou hodnotu  $1,96 \doteq 2$ .

$$|k_{\text{krit.}}| = \frac{|\bar{T}_1 - \bar{T}_2|}{\sqrt{\frac{s_{11}^2}{n_1} + \frac{s_{12}^2}{n_2}}} < 2 \quad (4)$$

Kritérium (4) má pro nás zásadní význam. Nastavování hodnoty  $\bar{T}_2$  provádíme do té doby, kdy se hodnota difference v čitateli (4) co nejvíce blíží 0 (sedmý řádek v tabulce). Potom difference průměrů v čitateli vztahu (4) je minimální. **Můžeme konstatovat, že měřidlo je optimálně nakalibrováno.** Teprve po této operaci přistoupíme k výpočtu nejistot. Kritérium (4) je vlastně hypotéza o rovnosti dvou středních hodnot.

### 2.3 Výpočet nejistoty na základě naměřených dat

Výpočet dávkového příkonu je dán jednoduchým vztahem (modelem):  $D_2 = D_1 \cdot \frac{\bar{T}_2}{\bar{T}_1}$ .

Tab. č. 1

| Konvenčně pravá hodnota                         | 0,008 mGy/h          | 0,04 mGy/h           | 2 mGy/h     | 15 mGy/h          | 0,04 Gy/h            | 0,5 Gy/h             |
|---|----------------------|----------------------|-------------|-------------------|----------------------|----------------------|
| Nastavená hodnota                               | $7,97 \cdot 10^{-3}$ | $4,01 \cdot 10^{-2}$ | 2,02        | $1,51 \cdot 10^1$ | $4,05 \cdot 10^{-2}$ | $5,01 \cdot 10^{-1}$ |
| Čas načítání [s]                                | 20                   | 10                   | 5           | 2                 | 5                    | 2                    |
| Průměr $\bar{T}_1$ [imp]                        | 185                  | 477                  | 11538       | 33361             | 2448                 | 12617                |
| Průměr $\bar{T}_2$ [imp]                        | 184                  | 478                  | 11717       | 33512             | 2458                 | 12642                |
| Koeficient korelace $[r(\bar{T}_1; \bar{T}_2)]$ | 0,106                | 0,059                | 0,035       | 0,197             | 0,042                | 0,221                |
| Podmínka $ k_{\text{krit.}}  < 2$               | <b>0,03</b>          | <b>0,86</b>          | <b>0,01</b> | <b>0,94</b>       | <b>0,38</b>          | <b>0,60</b>          |
| Rozšířená nejistota U [%]                       | 7,54                 | 3,95                 | 2,16        | 2,12              | 2,37                 | 1,73                 |

Pomocí tohoto vztahu vypočítáme nejistotu  $D_2$  ve tvaru

$$u_{D_2}^2 = \left(\frac{\bar{T}_2}{\bar{T}_1}\right)^2 \cdot \sigma_{D_1}^2 + D_1^2 \left[ \left(\frac{1}{\bar{T}_1}\right)^2 \cdot \sigma_{\bar{T}_2}^2 + \left(-\frac{\bar{T}_2}{\bar{T}_1^2}\right)^2 \cdot (\sigma_{\bar{T}_{1,p}}^2 + \sigma_{\bar{T}_{1,r}}^2) \right]. \quad (5)$$

Nejistota etalonu GI-1 je  $\sigma_{D_1}^2$ , viz [9].  $\sigma_{\bar{T}_2}^2$  je nejistota typu A kalibrátoru DP-86  $\sigma_{\bar{T}_1}^2 = (\sigma_{\bar{T}_{1,p}}^2 + \sigma_{\bar{T}_{1,r}}^2)$  a jde o sumu nejistot typu A, uplatňující se při načítání impulsů ve svazku etalonu GI-1 včetně pozadí (pouze kalibrační bod 0,008 mGy/h). Nejistoty typu A mají tvar daný výrazem (3).

Ze vztahu  $D_2 = D_1 \cdot \frac{\bar{T}_2}{\bar{T}_1}$  vidíme, že při rovnosti obou průměrů by byla nejistota nulová. Intuitivně však cítíme, že

čím více se oba průměry budou lišit, tím bude nejistota větší. Provedeme nyní důkaz podmínky minimální nejistoty typu A.

Vyjádříme relativní nejistotu ze vztahu (5), tzn. vydělíme tuto rovnici čtvercem posledního vztahu (levou stranu vydělíme levou stranou a pravou stranu pravou). Zavedeme novou proměnnou, a to

$$\bar{T} = \bar{T}_1 + \bar{T}_2 \quad \Leftrightarrow \quad (\bar{T}_1 = \bar{T} - \bar{T}_2; \bar{T}_2 = \bar{T} - \bar{T}_1). \quad (6)$$

Ostatní veličiny ve výrazu (5) jsou konstanty vzhledem k proměnné  $\bar{T}_2$ . Touto úpravou jsme připravili vztah do výhodného tvaru.

$$\frac{u_{D_2}^2}{D_2^2} = \frac{\sigma_{D_1}^2}{D_1^2} + \left( \frac{1}{\bar{T}_2^2} + \frac{1}{(\bar{T} - \bar{T}_2)^2} \right) \sigma_{\bar{T}_2}^2. \quad (7)$$

Z matematické analýzy víme, že pokud je první derivace rovna nule a druhá derivace je kladná, jde o minimum této funkce. Závorku na pravé straně (7) budeme derivovat podle  $\bar{T}_2$ . Ostatní členy vzhledem k této proměnné jsou konstanty. Derivaci položíme rovnou nule. Po jednoduchých úpravách dostaneme, že  $\bar{T}_1 = \bar{T}_2$ . Druhá derivace je rovna

$$\frac{3}{(\bar{T}_1)^3} + \frac{3}{(\bar{T} - \bar{T}_2)^3} > 0. \quad \text{Tento vztah je vždy kladný.} \quad (8)$$

Tím je důkaz minimalizace nejistoty typu A proveden.

Přejdeme k výpočtu rozšířené nejistoty. Využijeme závěrů odvození nejistoty, viz [2] str. 2. Provedeme přeznačení: namísto  $u^2(\bar{K})$  napíšeme  $u_{D_2}^2$  v souladu s (5). Nejistotu odečtu neuvažujeme, viz [3] str. 6 – stať „Důležité poznámky“. Potom

$$\sigma_{D_1}^2 = F^2(d^*) \cdot F^2(t) \cdot u^2(K_0) + \dot{K}_0 \cdot F(t) u^2(F_d) + \dot{K}_0 \cdot F^2(d^*) \cdot u^2\left(F_{\frac{T_1}{2}}\right) + \dot{K}_0 \cdot F^2(d^*) \cdot u^2(F_t). \quad (9)$$

Nejistota je aktualizována na vzdálenost, čas a poločas. Dále jsou v ní zaneseny veškeré potřebné nejistoty typu A.

Konkrétní výpočet je převzat ze systému DARS (program výrobce VF a.s. Černá Hora). Nejistota kalibrátoru, vzdálenosti, času a poločasů je tímto systémem aktualizována na jeden den. Nejistotu (9) dosadíme do rovnice (5). Výsledný čtverec nejistoty  $u_{D_2}^2$  je čtvercem kombinované nejistoty typu  $u_{D_2}^2(c)$ . Veškeré složky nejistot mají normální rozdělení (vyjma nejistoty nastavení vzdálenosti, která má rozdělení rovnoměrné). Jejich suma je tedy opět rozdělením přibližně normálním, viz [1], str. 13, a proto můžeme použít koeficient rozšíření  $k_u = 2$ . Rozšířená nejistota má tvar  $U = 2 \cdot u_c$ .

$$D_2 = D_1 \pm 2 \cdot u_c = D_1 \pm U, \quad \text{pro } P = 0,95 \quad (10)$$

Relativní rozšířená nejistota v % je uvedena v osmém řádku tabulky. Vidíme, že nejistota v prvním sloupci, kde jsme správně podle [7], uvažovali vliv pozadí, je oproti ostatním nejistotám vyšší. Příčinou její vyšší hodnoty je právě toto pozadí.

### 3. Závěr

V článku jsme se zabývali kalibrací přístroje DP-86 pomocí etalonu řádu vyššího. Volili jsme přenos dat pomocí průměrných hodnot impulsů načtených na obou etalonech. Nastavení kalibračních bodů je při volbě impulsů nejpřesnější. Při načítání jednotlivých hodnot dávkového příkonu v jednotkách Gy/h nebo Gy/s bychom museli také na zvolených rozsazích navíc uvažovat rozlišitelnost měřidla, tedy nejistotu typu B, což by celkovou hodnotu nejistoty zvýšilo. Načtená data mají vždy normální rozdělení a jsou nezávislá. Provedli jsme výpočet podmínky minimální nejistoty s tím, že pro náš experiment je toto kritérium výhodné, protože nastavením chceme právě docílit  $\bar{T}_2 \rightarrow \bar{T}_1$ , což je také podmínka minimalizace nejistoty. Vztah (5) je důsledkem lineární aproximace výpočtu této nejistoty. Jak bylo řečeno, při splnění podmínky minimální nejistoty typu A nemusíme uvažovat rozlišitelnost měřidla. Proto její hodnota velikosti aproximace se také dále nezvyšuje. Výsledné rozdělení nejistoty (9) je přibližně normální, což nás opravňuje použít hodnotu koeficientu rozšíření  $k_u = 2$ .

### 4. Doporučená literatura

- [1] Vyjadřování nejistoty měření při kalibraci. Číslo publikace: EA 4/02 M: 2013; ČIA Praha, 2014
- [2] METROLOGIE – vědecká legální praktická 1/2025; ročník 34, str. 20; ÚNMZ Praha, 2025
- [3] METROLOGIE – vědecká legální praktická 3/2024; ročník 33, str. 5; ÚNMZ, Praha, 2024
- [4] Návod k obsluze dozimetrického přístroje DP – 86. FMNO; Praha, (rok tisku není uveden)
- [5] Blažková, V. a kol.: Statistika II. MZLU; Brno, 2009
- [6] Chald, A.: Matematiceskaja statistika s techničeskimi prilozhenijami; Moskva, III. 1956
- [7] Kubáček, L.: Ústní sdělení; UP Olomouc, leden 2006
- [8] Korobkov, B. N., Lukjanov V. B.: Metody prigatovlenija preparatov i obrobotka rezultatov izmerenij radioaktivnosti.; Moskva, Atomizdat, 1973

## NASTAVOVÁNÍ PŘÍTLAKU SBĚRACÍCH HLAVIC U TROLEJBUSŮ

<sup>1,2</sup> **doc. Mgr. Ing. Jan Rybář, Ph.D.**

<sup>1,2</sup> **Ing. Peter Onderčo; <sup>1</sup>Ing. Barnabás Bartalos**

<sup>1</sup>*Slovenská technická univerzita v Bratislavě, Strojnická fakulta*

<sup>2</sup>*Dopravní podnik Bratislava, a. s., Bratislava*

### Abstrakt

Nastavování přítlaku sběracích hlavic u trolejbusů se zabývá optimalizací kontaktu mezi sběrací soustavou a trolejovým vedením. Správné nastavení přítlaku je důležité pro zajištění spolehlivého elektrického spojení, snížení opotřebení komponentů a prevenci výpadků během provozu trolejbusu. Příspěvek shrnuje metody mechanického nastavení, vlivy provozních podmínek a představuje přístup k měření a nastavení přítlaku sběracích hlavic na trolejbusích. Pozornost je věnována rovnováze mezi dostatečným přítlakem pro udržení kontaktu a minimalizaci sil, které by mohly vést k nadměrnému opotřebení, nebo poškození trolejového vedení i sběracích hlavic. Měření je založeno na sběru dat a následném nastavení trolejbusové sběrací soustavy pro zabezpečení adekvátních provozních podmínek.

Klíčová slova: měření, přítlak, sběrací soustava, trolejbus

### Úvod

Spolehlivý provoz trolejbusové dopravy je úzce spjat s kvalitou a stabilitou elektrického spojení mezi trolejovým vedením a sběracími hlavicemi. Tyto hlavice, umístěné na konci sběračů (tzv. tyčí), zajišťují nepřetržitý odběr elektrické energie potřebné pro pohon vozidla. Parametrem ovlivňujícím funkčnost sběračů je přítlak hlavic na trolejové vedení – tedy síla, kterou jsou hlavice přitlačovány ke kontaktu. Nastavení optimálního přítlaku je zásadní nejen z hlediska provozní spolehlivosti, ale i z pohledu životnosti sběracích komponent a samotného trolejového vedení. Příliš nízký přítlak může vést ke ztrátám kontaktu, jiskření a přerušení napájení, zatímco příliš vysoký přítlak zvyšuje mechanické opotřebení a riziko poškození systému. Měření a nastavování přítlaku sběracích hlavic u trolejbusů je proto více než důležité. Cílem příspěvku je přiblížit používané metody a nástroje a rovněž poukázat na pravidelné kontroly, tedy měření a nastavování přítlaku v rámci údržby a bezproblémového provozu trolejbusových vozidel v praxi konkrétního dopravního podniku. [1; 2]

### Trolejbus a sběrací soustava

Trolejbus je dráhové vozidlo, které čerpá energii z nadzemního trolejového vedení pomocí dvou sběračů (tyčí s hlavicemi). Na rozdíl od tramvaje nemá koleje – jezdí po běžné silnici jako autobus, ale je poháněn elektřinou. Moderní trolejbusy často kombinují napájení z trolejí s bateriovým pohonem, což jim umožňuje dojet i mimo vedení, např. při objížďkách nebo v zastavbě bez infrastruktury. Z důvodu kombinace alternativních zdrojů napájení bývá i častá manipulace se sběrací soustavou vozidla, časté natrolejování (zvedání) a odpojování (spouštění)

od trolejového vedení. Nastavení sběrací soustavy hraje důležitou roli při jízdě vozidla (kvalita trolejového vedení; stav, resp. opotřebení a kvalita uhlíků; rychlost jízdy; geometrie trolejového vedení; povětrnostní podmínky – déšť, námraza, vítr; trasa jízdy – stav vozovky; zatížení vozidla; styl jízdy řidiče; technický stav trolejbusu; poruchy na vedení – výpadky napětí, uvolněné spoje, atd.). [3; 4; 5]

Sběrací soustava trolejbusu je klíčovou částí elektrického systému vozidla, která zajišťuje odběr elektrické energie z trolejového vedení. Zahrnuje několik navzájem propojených mechanických a elektrických komponentů. Jejím hlavním úkolem je udržovat trvalý, spolehlivý a bezpečný kontakt mezi trolejbusem a nadzemním napájecím (trolejovým) vedením. Sběrací soustava trolejbusu zahrnuje:

#### Sběrače (tyče)

- Dlouhé, zpravidla teleskopické, nebo kloubové tyče upevněné na střeše trolejbusu.
- Slouží k fyzickému propojení vozidla s trolejovým vedením.

#### Sběrací hlavice (botky)

- Umístěné na koncích sběračů, přímo se dotýkají trolejového drátu (vedení).
- Zajišťují elektrický kontakt, obsahují uhlíkové segmenty (uhlíky) nebo kluzné kontakty. Přítomnost uhlíku/kluzného kontaktu je důležitá pro vzájemnou interakci mezi trolejbusem a trolejovým vedením.

#### Přítlačné mechanismy

- Zajišťují, aby sběrací hlavice vyvíjely na trolej správný přítlak.
- Mohou být řešeny pomocí pružin, pneumatických nebo mechanických prvků.

#### Vodící klouby a upevňovací prvky

- Umožňují pohyb sběračů v různých směrech, aby se přizpůsobily změnám ve výšce a směru trolejí.

#### Izolační prvky

- Zabraňují přenosu elektrického proudu na konstrukci vozidla, čímž zajišťují bezpečnost provozu.

#### Zajišťovací a stahovací zařízení

- Umožňuje ovládání sběračů (zvednutí nebo spuštění).
- Může být mechanické, pneumatické nebo elektrické.

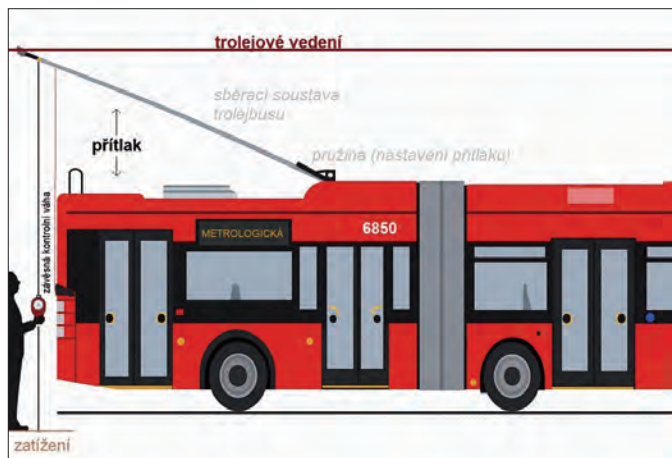
#### Kabelové propojení do elektrického systému vozidla

- Zajišťuje přenos elektrické energie ze sběrací hlavice do trakčního obvodu trolejbusu. [2; 3; 4]

### Měření a nastavování přítlaku sběracích hlavic

Přítlak sběracích hlavic (tzv. botek) u trolejbusů na trolejové vedení se běžně pohybuje v rozmezí 70 N až 130 N na jednu sběrací tyč, tedy přibližně 7 kg až 13 kg síly, optimální přítlak se potom v běžném provozu pohybuje na jedné sběrací tyči od 9 kg (~90 N) do 9,5 kg (~95 N); tyto hodnoty považujeme za doporučené pro provozní praxi. Optimální přítlak musí být dostatečný, aby byl udržen trvalý elektrický kontakt bez výpadků. Přítlak však nesmí být příliš vysoký, aby nedocházelo k nadměrnému opotřebení trolejového vedení ani sběrací hlavice. Ovlivňujícími faktory jsou potom například

typ sběrací soustavy (mechanická, pneumatická, pružinová), konstrukce sběrače (klasický, kloubový, moderní flexibilní), výrobce a konkrétní model trolejbusu, provozní podmínky (městský/nepřavidelný terén, zatáčky, frekvence rozjezdů). Měření a nastavování přítlaku sběracích hlavic u trolejbusů je častá údržbová činnost, která zajišťuje, že trolejbus bude mít stálý a kvalitní kontakt s trolejovým vedením. [4; 5] Potom tento kontakt zvládne rychlost jízdy vozidla vpřed do 90 km/h a rychlost jízdy vozidla vzad do 5 km/h, při maximálním úhlu natočení sběrače až  $\pm 55^\circ$ . [2]



Obr. 1: Schéma měření přítlaku u sběračů, resp. sběrače. Zdroj: generováno pomocí AI, upravené.



Obr. 2: Měření přítlaku na sběrací hlavici 2 (pravá) – Ing. Onderčo. Zdroj: Vlastní.



Obr. 3: Závěsná kontrolní váha TScale-CR do 100 kg/50 g. Zdroj: Vlastní.

Postup měření přítlaku je následující. Trolejbus musí být odstavený (v hale, na odstavné ploše, vedle vedení), vypnutý a zajištěný proti pohybu. Sběrače se po vizuální kontrole sklopí a pod sběrací hlavici sběrače se uchytí lano, pomocí karabiny se připevní k lanu, na jednom konci, druhý konec je zajištěn dole, osoba, která vykonává měření, jej zajistí nohou, vlastní zátěží. Součástí lana, obr. 1 a obr. 2, je závěsná kontrolní váha – obr. 3, kterou se měří hodnoty – hmotnost – tato udává přítlak sběrače. Hodnoty se pohybují v intervalech uvedených výše. Měření se vykonává na obou sběracích zvlášť, protože každý může mít jinou hodnotu přítlaku, podrobněji tabulka 1. [6; 7]

#### Postup měření v jednotlivých krocích:

1. Sklopení sběrače dolů, sběrací hlavice nesmí být v kontaktu s trolejí.
2. Umístění měřicího zařízení, zavěšení závěsné kontrolní váhy.
3. Pomalé zvednutí sběrače, po dosažení výšky lana (5500 mm) a ustálení je soustava připravena k měření.
4. Samotné měření (sběr dat).
5. Stejný postup se opakuje pro každý sběrač samostatně (levý i pravý sběrač).
6. Vyhodnocení měření.



Obr. 4: Kontrola a nastavení přítlaku pomocí pružin (1) – doc. Rybář. Zdroj: Vlastní.



Obr. 5: Kontrola a nastavení přítlaku pomocí pružin (2). Zdroj: Vlastní.

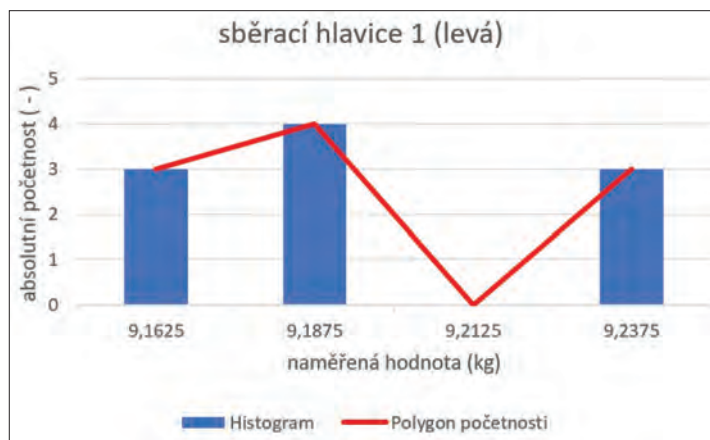
7. Nastavení/úprava přítlaku (předpětí pružin/regulace tlaku vzduchu).
8. Kontrolní měření správného přítlaku.

Po měření dochází ke kontrole, resp. nastavení přítlaku **obr. 4**, podle typu konstrukce sběrače. U pružinových sběračů **obr. 5**, se přítlak nastavuje pomocí předpětí pružiny.

To se dělá otáčením napínacího šroubu nebo táhla – tím se upravuje síla, kterou pružina tlačí sběrací hlavici k troleji. Jedná se o otáčení maticí, změření přítlaku atd., dokud není hodnota přítlaku v normě.

U některých typů vozidel jsou přítlaky řešeny pneumatickým systémem sběračů, přítlak je zde řízen tlakem vzduchu v systému. Ten se nastavuje pomocí regulátoru tlaku nebo změnou parametrů v řídicím systému. Vyžaduje přesnější kalibraci, často za pomoci diagnostického softwaru. [4; 5; 7]

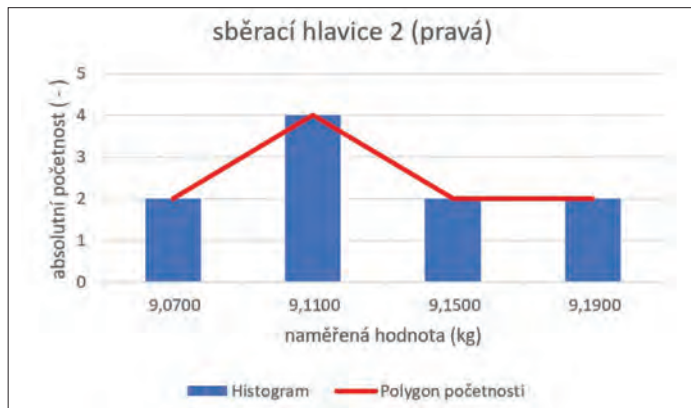
Měření se provádí při pravidelných technických prohlídkách (po určitém počtu najetých kilometrů). Také před nasazením nových sběracích hlavice, po opravě sběrače nebo v případech, kdy řidič hlásí výpadky napájení, jiskření nebo poskakování tyčí, tedy při podezření na



Graf 1: Histogram a polygon početnosti pro měření přítlaku na sběrací hlavici 1 (levá). Zdroj: Vlastní zpracování.

Tab. 1. Naměření a vyhodnocení dat přítlaku sběracích hlavice na trolejbusu Škoda 31 Tr SOR ev. č. 6850. Zdroj: Vlastní zpracování, [7; 8].

| Trolejbus ev. č. 6850           |                       |                                 |                       |
|---------------------------------|-----------------------|---------------------------------|-----------------------|
| sběrací hlavice 1 (levá)        |                       | sběrací hlavice 2 (pravá)       |                       |
| číslo měření                    | naměřená hodnota (kg) | číslo měření                    | naměřená hodnota (kg) |
| 1                               | 9,25                  | 1                               | 9,1                   |
| 2                               | 9,2                   | 2                               | 9,05                  |
| 3                               | 9,25                  | 3                               | 9,1                   |
| 4                               | 9,15                  | 4                               | 9,15                  |
| 5                               | 9,2                   | 5                               | 9,2                   |
| 6                               | 9,2                   | 6                               | 9,2                   |
| 7                               | 9,15                  | 7                               | 9,15                  |
| 8                               | 9,15                  | 8                               | 9,1                   |
| 9                               | 9,2                   | 9                               | 9,05                  |
| 10                              | 9,25                  | 10                              | 9,1                   |
| <b>průměr</b>                   | <b>9,2</b>            | <b>průměr</b>                   | <b>9,12</b>           |
| <b>st. odchylka</b>             | <b>0,0387</b>         | <b>st. odchylka</b>             | <b>0,0509</b>         |
| <b>nejistota typu A</b>         | <b>0,0122</b>         | <b>nejistota typu A</b>         | <b>0,0161</b>         |
| <b>nejistota typu B (dílek)</b> | <b>0,0144</b>         | <b>nejistota typu B (dílek)</b> | <b>0,0144</b>         |
| <b>kombinovaná nejistota</b>    | <b>0,0189</b>         | <b>kombinovaná nejistota</b>    | <b>0,0216</b>         |
| <b>rozšířená nejistota</b>      | <b>0,0378</b>         | <b>rozšířená nejistota</b>      | <b>0,0432</b>         |
| <b>k = 2; 95 %</b>              |                       | <b>k = 2; 95 %</b>              |                       |



**Graf 2:** Histogram a polygon početnosti pro měření přítlaku na sběrací hlavici 2 (pravá). Zdroj: Vlastní zpracování.

nesprávnou funkci. Důvodem může být také mimořádná událost, např. stržení sběrače, náraz do trolejového vedení, nehoda, kdy mohlo dojít k mechanickému poškození systému nebo kontroly přítlaku. Měření se provádí i při prediktivní údržbě, která je jedním z nástrojů pro předcházení poruchám v trolejbusové dopravě. [4]

Hodnoty přítlaku na jednotlivých sběracích hlavících, tedy sběracích posuzovaného trolejbusu v tomto případě vyšly v toleranci, tudíž splňují požadavky na provoz. Provedená kontrolní měření byla vyhodnocena statisticky a údaje jsou zpracovány v **tabulce 1**, dále v **grafu 1** a v **grafu 2**. Pravidelná kontrola, měření a nastavování přítlaku je pro bezpečnou a plynulou trolejbusovou dopravu jednou z hlavních pracovních náplní při údržbě trolejbusů, pomocí kalibrovaných měřidel se takto zabezpečuje interakce mezi trolejbusem a trolejbusovou infrastrukturou. [7; 8]

### Shrnutí a závěr

Sběrací soustava musí být pravidelně kontrolována a udržována, protože i drobná závada v této části trolejbusu může vést k výpadku trakčního proudu, a tím k zastavení vozidla v provozu. Frekvence nastavování a kontroly přítlaku sběracích hlavíc u trolejbusů není úplně jednotná – rozhodují zkušenosti pracovníků údržby, záleží na provozovateli, typu vozidla a intenzitě provozu, resp. výpravě vozidla a počtu najetých kilometrů. Nastavování přítlaku sběracích hlavíc u trolejbusů je nezbytné pro zajištění spolehlivého a bezpečného odběru elektrické energie z trolejového vedení. Optimální přítlak hlavíc na trolejové vedení zajišťuje stálý kontakt, minimalizuje opotřebení jak sběračů, tak i trolejí/trolejového vedení a omezuje vznik jiskření. Při nastavování se bere v úvahu typ sběrače, hmotnost hlavíc, napínací síla pružin a případné doporučení výrobce vozidla. [1; 2]

Správné nastavení přítlaku sběracích hlavíc je nezbytné pro efektivní provoz trolejbusu. Předchází se tím nejen technickým poruchám, ale i nadměrnému opotřebení jednotlivých komponentů. Pravidelná kontrola a údržba tohoto systému přispívá k prodloužení životnosti vozidel a ke zvýšení bezpečnosti provozu. [1; 2; 4]

### Poděkování

Děkujeme Strojnické fakultě Slovenské technické univerzity v Bratislavě, Dopravnímu podniku Bratislava, a. s., zejména oddělení Správy pevných trakčních zařízení a jejich technikům (R. Vajgel a M. László) za pomoc při měření přítlaku. V neposlední řadě patří poděkování projektu APVV-21-0216 s názvem „Pokročilé matematické a statistické metody pro měření a metrologii“ za podporu při přípravě tohoto příspěvku.

### Literární a internetové zdroje

- [1] BARNABÁS, B. *Meranie a nastavovanie prítlaku zberačov trolejbusu*. Bakalárska práca. Slovenská technická univerzita v Bratislave. Strojnícka fakulta. Ústav automatizácie, merania a aplikovanej informatiky. Vedúci záverečnej práce: doc. Mgr. Ing. Jan Rybář, PhD. Bratislava: Sjf STU BA, 2023. 58 s.
- [2] *Manuálna zberacia sústava LEKOV TSS 5.7 – ŠKODA 30 Tr; ŠKODA 31 Tr* [Sprievodná technická dokumentácia]. ©11-2010 Škoda ELECTRIC, a. s., DPB, a. s. [cit. 2025-04-14]. 17 strán.
- [3] HARÁK, M. *Trolejbusy v České a Slovenské republice a ve světě*. Praha: Grada Publishing, 2020. ISBN 978-80-271-2839-6.
- [4] RYBÁŘ, J., ONDERČO, P., VAJGEL, R., BARTALOS, B. Kontrola a měření trolejbusových tratí. In *Metrologie*. Roč. 34, č. 1 (2025), s. 1 - 6. ISSN 1210-3543.
- [5] RYBÁŘ, J., ONDERČO, P., VAJGEL, R. Metrologie, meteorologie a námrazová vozidla. In *Metrologie*. Roč. 34, č. 1 (2025), s. 7 - 9. ISSN 1210-3543.
- [6] EUROVÁHY. *Závesné kontrolné váhy. TS – CR do 100kg/50kg*. [online]. ©1997-2025 EUROVÁHY [cit. 2025-04-07]. Dostupné z: <https://www.eurovahy.sk/zavesne-kontrolne-vahy-do-1-000kg/1473/tscale-ts-cr-rozne-varianty>
- [7] CHUDÝ, V., PALENČÁR, R., KUREKOVÁ, E., HALAJ, M. *Meranie technických veličín*. Vydavateľstvo Bratislava: STU, 1999. 688 s. ISBN 80-227-1275-2.
- [8] KELEMENOVÁ, T., DOVICA, M. *Kalibrácia meračiek*. 1. vyd. Košice: TU v Košiciach. Edícia vedeckej a odbornej literatúry, 2016. 232 s. ISBN 978-80-553-3069-3.

XXIX. ročník medzinárodnej vedeckej konferencie

# TOP 2025

TECHNIKA OCHRANY PROSTREDIA

8. - 10. 10. 2025 | Ražské Teplice, Wellness hotel Diplomat

Organizátor:  
STU  
Sjf  
SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA  
BRATISLAVA

Partneri:  
RAŽSKÉ TEPLICE  
WELLNESS HOTEL  
DIPLOMAT

Konferencia sa koná v spolupráci s:  
MINISTERSTVO  
ŠKOLSTVA, VÝSKUMU,  
VÝVOJA A MLÁDEŽE  
SLOVENSKEJ REPUBLIKY

Hlavná téma: „Spájame vedu, priemysel a politiku pre udržateľnú budúcnosť národného hospodárstva“

## ASPEKTY KALIBRACE MĚŘIDEL VLHKOSTI VZDUCHU A JEJICH INTERPRETACE V PODOBĚ PŘÍLOHY OSVĚDČENÍ O AKREDITACI

**Ing. Martin Valenta**

*Český institut pro akreditaci, o.p.s.*

Cílem článku je seznámit čtenáře s obsahem úkolu Programu rozvoje metrologie (PRM) řešeného ČIA v roce 2024 pod č. VII/05/24 *Aspekty kalibrace měřidel vlhkosti vzduchu a jejich interpretace v podobě přílohy osvědčení o akreditaci* a výsledkem jeho řešení. Na řešení úkolu se již tradičně podíleli pracovníci Českého metrologického institutu, na tomto úkolu konkrétně pánové Ing. Jiří Bílek a Ing. Josef Vojtíšek.

Všechny úkoly PRM, řešené Českým institutem pro akreditaci, o.p.s., mají společný cíl, kterým je jednotnost a srozumitelnost informací, uváděných v přílohách osvědčení o akreditaci (POA). Protože každý obor kalibrací má své zvláštnosti, může být tato jednotnost mezi některými obory limitována. Uživatel POA ale musí mít jistotu, že pokud se mezi identickými informacemi laboratoří v jednom oboru objeví informace odlišná, znamená to rozdílný přístup laboratoře k některému z kritérií (metodika, použití etalonů, vyhodnocování měření atd.).

### 1. Zadání úkolu PRM VII/05/24

Dlouhodobou strategií ČIA je definovat rozsah akreditace dostatečně přesně a s maximální vypovídací schopností, smyslem řešení úkolů PRM je již trvalá snaha sjednocovat obsah POA vytvářením pomůcek, usnadňujících tvorbu POA pro různé obory. V případě tohoto úkolu se k tomu přidala skutečnost, že pro obor vlhkosti vzduchu nebyly rozsahy akreditace ve stávajících POA definovány dostatečně. Chyběl zde totiž podstatný parametr – teplotní rozsah, pro který udávaná CMC nejistota platí. Mezi odbornými posuzovateli je poměrně velká shoda na základním teplotním rozsahu blízkém standardnímu laboratornímu rozsahu, pro odlehlejší hodnoty od tohoto rozsahu už je shoda znatelně menší. Smyslem řešení zadaného úkolu tedy dále bylo odhalit kritická místa kalibrace měřidel vlhkosti vzduchu (z hlediska hodnot CMC nejistot i z hlediska jejich výpočtu) a doporučit vhodný postup, jak stanovit CMC nejistoty včetně příslušného teplotního rozsahu. Výstupem řešení jsou nejen stanovení reálně dosažitelných nejistot při kalibraci měřidel vlhkosti vzduchu v závislosti na teplotě prostředí a definování extrémních hodnot, jejichž dosahování by kalibrační laboratoř měla velmi pečlivě prokázat teoreticky i prakticky, ale také doporučení ke správnému uvádění rozsahu akreditace v oboru vlhkosti vzduchu v POA. Rozsah úkolu byl primárně zaměřen na nejběžnější měření relativní vlhkosti českých AKL v klimatických komorách (generátorech vlhkosti) s rozsahem (5 až 98) % RH a (0 až 100) °C.

### 2. Uvádění rozsahů, nejistot a principů kalibrace v databázi KCDB národních metrologických institutů

Pro porovnání CMC národních metrologických institutů (NMI) zapsaných v databázi KCDB byly kromě ČMI použity informace z následujících NMI:

**Spojené Království**, NPL (National Physical Laboratory)

**Dánsko**, FORCE (FORCE Technology)

**Finsko**, MIKES (VTT Technical Research Centre of Finland Ltd, Centre for Metrology/Mittateknikan keskus)

**Francie**, LNE-CETIAT (Centre Technique des Industries A&eacuterauliques et Thermiques)

**Itálie**, INRIM (Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica)

**Německo**, PTB (Physikalisch-Technische Bundesanstalt)

**Norsko**, JV (Justervesenet)

**Polsko**, GUM (Główny Urząd Miar, Central Office of Measures)

**Rakousko**, E+E (E+E Elektronik)

**Ruská federace**, VNIIFTRI (Institute of Physical Technical and Radiotechnical Measurements, Rosstandart)

**Řecko**, EIM (Hellenic Institute of Metrology)

**Slovinsko**, MIRS/UL-FE/LMK (MIRS/University of Ljubljana, Faculty of Electrical Engineering/Laboratory of Metrology and Quality)

**Španělsko**, INTA (Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial)

**Švýcarsko**, METAS (Federal Institute of Metrology)

Záznamy v databázi obsahují jednak CMC nejistoty relativní vlhkosti a jednak CMC nejistoty teploty rosného bodu. Porovnáváno bylo celkem 15 NMI, z nichž 1 NMI má záznam pouze pro relativní vlhkost, 7 NMI má záznam pouze pro teplotu rosného bodu a 7 NMI má záznam pro relativní vlhkost i pro teplotu rosného bodu.

Hodnocení obsahu databáze KCDB je založeno na srovnání s jednotlivými sloupci přílohy OA, která je používána u českých akreditovaných kalibračních laboratoří. Kalibrovaná veličina je uváděna u všech porovnávaných laboratoří nejčastěji jako „vlhkost“, v lepším případě jako „relativní vlhkost“ nebo „teplota rosného bodu“. Jmenovitý rozsah a parametry tvoří základ pro uvedenou hodnotu CMC nejistoty, liší se někdy i významně v závislosti na laboratoři a skutečnosti, zda se jedná o kalibraci vlhkosti nebo rosného bodu. Uvedením parametru měření většina laboratoří respektuje teplotní vliv na jednotlivá měření relativní vlhkosti a CMC nejistota je vyjádřena pro různé teplotní rozsahy, případně pouze pro jeden. Identifikace kalibračního postupu se v KCDB běžně neuvádí vůbec.

#### 2.1 Teplota rosného bodu

Měřidlem je vždy rosnobodový vlhkoměr a rozsah měření je obvykle rozdělen na podrozsahy. Většina laboratoří ovšem nezmiňuje žádný parametr, některé laboratoře uvádějí teplotu okolí. Nejpodrobněji popsané parametry má rakouská E+E, která má kromě teploty okolí uveden i tlak a maximální průtok vzduchu. Metoda měření je naprosto různorodá, místy až originální, bohužel natolik, že inspirovat se zde nelze. Dalším překvapivým momentem je, že polovina porovnávaných laboratoří má alespoň u jednoho podrozsahu uvedeno rozmezí CMC nikoli pevně definovanou hodnotu, což ne zcela respektuje definici CMC.

## 2.2 Relativní vlhkost

Měřidlem je obvykle vlhkoměr relativní vlhkosti nebo snímač relativní vlhkosti. Pro uvádění CMC používají všechny laboratoře jeden nedělený rozsah, vlastní CMC je uváděna pro různé teplotní rozsahy konkrétními hodnotami, vzorcem i rozsahem (v jednom případě). Teplota vzduchu je většinou jediným parametrem, jedna laboratoř udává i teplotu okolí. Metoda měření je stejně různorodá jako u teploty rosného bodu.

## 3. Uvádění rozsahů, nejistot a principů kalibrace v zahraničních přílohách OA

K posouzení přístupu některých evropských akreditačních orgánů byly zvoleny kalibrační laboratoře fy TESTO, která je mj. také výrobcem měřidel relativní vlhkosti vzduchu. Firma TESTO má v Evropě několik akreditovaných kalibračních laboratoří, akreditaci jim uděluje příslušný akreditační orgán země, ve které laboratoř působí. Přestože se mateřská společnost evidentně snaží o identické služby svých laboratoří, jsou v přílohách OA patrné rozdílné přístupy ve struktuře a úplnosti popisu CMC, které by měly jednoznačně stanovit způsob měření relativní vlhkosti vzduchu, použité etalony a kalibrovaný rozsah relativní vlhkosti vzduchu ve vazbě na jeho teplotu. Z toho dále vyplývá i způsob uvádění nejistot měření platných v rámci deklarované CMC.

Do porovnání byly zahrnuty laboratoř švýcarská, rakouská, francouzská, německá a anglická. Aby se porovnání nezaměřilo pouze na jednu společnost, do porovnávání byly dále zahrnuty i jiné laboratoře ze Spojených států, Finska a Švýcarska.

Kalibrovaná veličina je uváděna u všech posuzovaných příloh jako vlhkost (humidity), někdy vhodněji jako relativní vlhkost. Při měření rosnobodovým se jedná o měření teploty rosného bodu. Ohledně veličiny by mělo být zřejmé, že se jedná o vlhkost vzduchu příp. vlhkost konkrétních plynů. Předmět kalibrace ve formě konkrétních typů měřidel je uváděn nejčastěji velmi obecně nebo vůbec. Rozsahy hodnot relativní vlhkosti vzduchu jsou u některých příloh uváděny ve vazbě na společnou nejistotu měření, jiné přílohy uvádějí diskrétní hodnoty relativní vlhkosti vzduchu a vztahné nejistoty k této hodnotě. Většina příloh respektuje teplotní vliv na jednotlivá měření relativní vlhkosti vzduchu a její nejistota měření je vyjádřena pro různé teplotní rozsahy. Většina příloh také používá absolutní vyjádření nejistoty měření, tj. hodnoty v % RH u relativní vlhkosti a ve °C u teploty rosného bodu. V jediném případě je nejistota uváděna lineární rovnicí v závislosti na velikosti hodnoty relativní vlhkosti vzduchu. Jako princip kalibrace je v posuzovaných přílohách často uvedena pouze kalibrace porovnáním, častěji s referenčním měřidlem než s generátorem vlhkosti. Některé přílohy princip kalibrace vůbec neuvádějí. Pro jednoznačné posouzení CMC by měly být obě zmíněné informace uvedeny úplně a jednoznačně.

Identifikace postupů nejsou v posuzovaných přílohách s výjimkou německé a francouzské laboratoře TESTO uváděny.

## 4. Přílohy OA kalibračních laboratoří v ČR

Přílohy OA kalibračních laboratoří v ČR postrádaly informaci o teplotě – podstatném parametru, při které je kalibrace prováděna, resp. který ovlivňuje nejistotu kalibrace, a tedy i hodnotu CMC nejistoty. Ve zprávě jsou okomentovány všechny vydané POA pro obor vlhkost vzduchu, komentáře jsou věnovány jednotlivým informacím na POA a případně jejich souvislostem.

Předmět kalibrace je obvykle stručný a obecný, občas lze pouze odhadovat, zda se jedná i o kalibrace klimatických komor. Někdy je předmět kalibrace rozdělen do více kategorií, v jednom případě je příloha (nevhodně) rozdělena na dvě části právě kvůli předmětu kalibrace. V některých případech jsou vyloučeny určité druhy měřidel, např. psychrometry, v tomto konkrétním případě by zřejmě měly být vyloučeny i rosnobodové vlhkoměry. Jediná hodnota nejistoty pro celý teplotní rozsah je poměrně diskutabilní.

Pochybnosti vyvolávají extrémní hodnoty, např. rozsah (5 až 10) % RH při nízkých teplotách, který je obvykle mimo možnosti klimatických komor. Nepříjemností spíše formální jsou písařské chyby, když třeba u nejistoty chybí symbol RH nebo když je u jednotky °C odkaz na poznámku 4, v níž je pak uveden zcela jiný teplotní rozsah kalibrace relativní vlhkosti vzduchu, než je o parametrech měřené veličiny uvedeno v tabulce.

Jestliže jsou hodnoty nejistot neobvykle malé, nabízí se otázka, zda byly nejistoty správně vypočteny a zda byly zahrnuty všechny složky nejistoty.

V principu kalibrace nebývá uveden druh etalonu a způsob generování vlhkosti, čímž se snižuje hodnota uvedených informací. Obvyklá formulace o porovnání s etalonem princip nijak nevysvětluje, vazba nejistoty na použitý etalon nebývá zřejmá a často nejsou známy ani způsob generování vlhkosti, ani typ vztahného etalonu. Stejně tak nejasné je konstatování, že generování relativní vlhkosti vzduchu zajišťuje „kalibrátor vlhkosti“.

Celkové zhodnocení se věnuje jednotlivým prvkům POA souhrnně v kontextu ostatních laboratoří, případně i laboratoří zahraničních.

## 5. Teoretické aspekty měření vlhkosti vzduchu za vyšších teplot

Přestože předchozí kapitoly hodnotily zcela konkrétní dokumenty, v nichž byly popisovány schopnosti jednotlivých kalibračních laboratoří, teprve tato kapitola se věnuje měření vlhkosti vzduchu podrobně bez provázání s konkrétní laboratoří nebo konkrétní praxí, ale prochází obor jako celek. Ve svém úvodu shrnuje v jednoduchosti podstatné aspekty procesu kalibrace, protože závislost relativní vlhkosti vzduchu na teplotě je komplikovaná. Této závislosti je proto věnována úvodní část kapitoly, další se věnují jednotlivým způsobům měření.

Prvním z nich je měření teploty rosného bodu, tedy bodu, kdy je při dané teplotě vzduch vlhkostí nasycen. Detekuje se přesným měřením povrchové teploty v okamžiku vzniku první kapky, což je teoretická teplota

rosného bodu, která se pochopitelně velmi obtížně detekuje. V praxi se zjišťuje rovnoměrná vrstvička malých kapiček vody nebo krystalků ledu po celém povrchu zrcátka. Rosnobodový vlhkoměr je považován za nej přesnější přístroj pro měření vlhkosti vzduchu, při vhodné kalibraci může být nejistota měření relativní vlhkosti vzduchu kolem  $\pm 0,5$  % RH, její velikost je ale na teplotě závislá. Rosnobodový vlhkoměr je spolehlivým základním přístrojem, jeho nevýhodou je pomalá dynamická odezva a také podstatně vyšší cena. Dále se v této kapitole podrobně řeší vlivy při kalibraci, doplněné vzorcí výpočtu vlhkosti vzduchu i citlivostních koeficientů, řešeny jsou zdroje nejistot, podmínky správné činnosti rosnobodového vlhkoměru, chyby měření teploty a chyby realizace rosného bodu.

Následující část se věnuje psychrometrickému měření vlhkosti vzduchu. I v tomto případě jsou probrány výhody a nevýhody metody, způsoby výpočtu, zdroje nejistot a chyby výpočtu i vlivy na psychrometrické měření při praktickém použití.

Část věnovaná kapacitním snímačům vlhkosti začíná konstrukcí a principem činnosti kapacitního snímače a popisem vlastností polymerních senzorů. Kapacitní snímače vlhkosti vzduchu jsou velmi rozšířené, proto je jim věnován větší prostor, nicméně základní struktura informací zůstává stejná jako u předchozích typů, tedy zdroje chyb a jejich závislosti, obtíže při interpretaci výsledků, obtíže při sestavování charakteristiky snímače. Dále jsou to chyby vlhkosti při různých teplotách a při různých způsobech zatěžování.

Shrnutí opakuje, že stanovení nejistoty měření relativní vlhkosti vzduchu není jednoduché, naopak je těžké dobrat se malých hodnot nejistot. Nejlepších výsledků lze dosáhnout použitím rosnobodového vlhkoměru, úskalí jednotlivých snímačů jsou popsána v textu a je na čtenáři, aby posoudil, jaký způsob měření je pro něj nejvhodnější.

## 6. Podmínky používání a způsoby zajištění návaznosti různých typů etalonových vlhkoměrů při různých teplotách

Tato rozsáhlá část zprávy se opět dělí podle typů vlhkoměrů. Pro každý typ jsou uvedeny základní podmínky při kalibraci daného měřidla, především je to samozřejmě teplota okolí. Dále je pro každý typ vlhkoměru uveden podrobný výpočet nejistoty měření.

Pro rosnobodové vlhkoměry jsou uvedeny tabulkové hodnoty závislost teploty rosného bodu (bodu ojinění) a teploty okolí na relativní vlhkosti a hodnoty přibližné citlivosti teploty rosného bodu (bodu ojinění) na relativní vlhkosti doplněné podrobným příkladem výpočtu.



Pro psychrometrické vlhkoměry je podrobný příklad výpočtu uveden tabulkovými hodnotami závislosti mokré a suché teploty na relativní vlhkosti a hodnotami přibližné citlivosti mokré teploty na relativní vlhkosti. Doplněny jsou i matematický model psychrometrické rovnice, určení koeficientů citlivosti a podrobně rozebrané standardní nejistoty psychrometrického koeficientu, barometrického tlaku a suchého a vlhkého teploměru.

Kapacitní vlhkoměry jsou v této části pojaty skromněji, zpráva ale uvádí obdobné informace jako u předchozích dvou typů.

## 7. Doporučení pro tvorbu přílohy osvědčení o akreditaci v oboru vlhkosti vzduchu

Doporučení pro tvorbu POA je koncipováno tak, aby byla příloha osvědčení o akreditaci pokud možno co nej-jednodušší a obsahovala, stejně jako v jiných oborech, parametry pro dosažení co nejnižší nejistoty měření. Některá doporučení také vyplývají z komentářů u jednotlivých příloh osvědčení nebo z jejich celkového hodnocení. Jejich pořadí odpovídá záhlaví tabulky, v souladu s úkolem i jeho řešením je největší prostor věnován parametrům měřené veličiny. Pro jednotlivé druhy měřidel jsou uvedeny možné teplotní rozsahy, pro které platí CMC nejistota při kalibraci v konkrétním teplotním bodě nebo bodech. Předpokládá se uvedení CMC nejistoty přímo v % RH nebo vzorcem. Podstatná jsou doporučení k principu kalibrace, která shrnují, jaké skutečnosti je třeba v textu principu uvést.

## 8. Seznamování odborné veřejnosti s výstupy z úkolu

Odborné veřejnosti je standardně k dispozici závěrečná zpráva s řešením úkolu. Kromě ní a zde uvedeného článku je další cestou, jak se informace dostávají k veřejnosti, také již obvyklý seminář, kde autoři zprávy osobně představili účastníkům své závěry i způsob, jak k nim dospěli.

### Závěr

Autoři řešení úkolu i autor článku děkují oponentům a pracovníkům ÚNMZ zapojeným do řešení úkolu i všem ostatním nejmenovaným kolegům, kteří k řešení jakkoli napomohli, ale nejsou zde jmenováni. I jejich zásluhou se podařilo dosáhnout cíle úkolu PRM VII/05/24 *Aspekty kalibrace měřidel vlhkosti vzduchu a jejich interpretace v podobě přílohy osvědčení o akreditaci*.

**FOR ARCH**

36. MEZINÁRODNÍ STAVEBNÍ VELETRH

**PVA**  
EXPO PRAHA

**16.–20. 9. 2025**

Odkaz na elektronické vstupenky ke stažení:

<https://is.abf.cz/vystavovatel/>

[voucher?v=9500eda8470708b624565f3083c5a6ec](https://is.abf.cz/vystavovatel/voucher?v=9500eda8470708b624565f3083c5a6ec)

## METODIKA DOE A JEJÍ ZJEDNODUŠENÉ VERZE

**Doc. Ing. Olga Tůmová, CSc.**

*Západočeská univerzita v Plzni, FEL*

**Doc. Ing. František Tůma, CSc.**

*Západočeská univerzita v Plzni, FAV*

### Úvod

V návaznosti na články Metodika DOE a její uplatnění v praxi – část I. a II., uveřejněné v číslech Metrologie 3/2022 a 4/2022, budou nyní popsána určitá zjednodušení, která povedou k významnému zmenšení počtu jednotlivých pokusů.

V minulých člancích bylo konstatováno, že nejvyšší stupeň organizovanosti experimentů vykazuje úplný faktorový experiment s ekvidistantními vzdálenostmi úrovní. Takové experimenty jsou však svým rozsahem obvykle náročné časově i finančně. Proto, pokud je to možné, se snažíme experimenty zjednodušit, abychom i při menším počtu replikací získali dostatečnou informaci o sledovaném objektu. Příklady takových zjednodušení jsou uvedeny v tomto článku.

V člancích uveřejněných v r. 2022 jsme vysvětlili základní pojmy (např. rozdíl mezi pojmy **pokus** a **experiment**, vzorkování, navrhování a tvorba experimentů DOE – Design of Experiments, analýza rozptylu ANOVA – Analysis of Variance), základní kroky potřebné pro navrhování, experimenty s tzv. elementární organizací, experimenty faktorové a jejich výhody použití, modely odezev pro jednofaktorový experiment, dvoufaktorový experiment s interakcemi i bez interakcí a třífaktorový experiment bez interakcí nebo s interakcemi 1., popř. 2. řádu. Dále byla popsána realizace experimentu a poté analýza a vyhodnocení experimentu. Také byla zmíněna metoda ANOVA, která na základě rozboru variability pozorovaných hodnot náhodných veličin umožňuje dělat závěry o parametrech ( $a_i$ ,  $b_j$ ,  $c_k$  atd.) zvolených modelů odezev. Analýza rozptylu a metody mnohonásobných pozorování jsou vhodnými nástroji pro statistické vyhodnocování výsledků experimentů.

### 1. Faktoriální experimenty obecně

Faktoriální experimenty poskytují metodiku pro studium vzájemných vztahů mezi mnoha faktory, které jsou v experimentu uvedeny a jejichž možný vliv experimentátor sleduje. Takové experimenty jsou mnohem účinnější než experimenty, kdy jsou jednotlivé faktory sledovány odděleně. [5] [15]

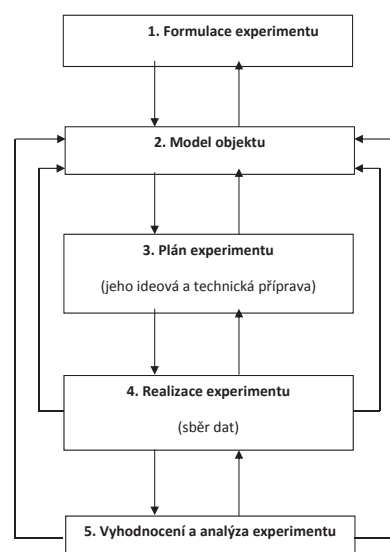
#### Každý experiment se skládá z následujících kroků:

- Návrh a rozsah veličin vstupujících do experimentu – získáme formulaci experimentu
- Redukce počtu parametrů (faktorů) – připravíme model objektu
- Provedení experimentu podle schváleného návrhu a podle předepsaných podmínek – připravíme plán experimentu a provedeme jeho realizaci

d) Analýza a zhodnocení výsledků

e) Závěry pro další řešení

Tento postup lze také vyjádřit i graficky, a to včetně vazeb mezi jednotlivými částmi. V každé další části návrhu se můžeme vracet, abychom předchozí část vhodně upravili.



Obr. 1: Graf jednotlivých částí experimentu a jejich vzájemné vztahy

#### Postup při výběru kontrolovaných veličin (stanovení vlivu faktorů) pro plán experimentu a počtu opakování pokusů:

- pro faktory se zvolí dvě nebo více úrovní, na které se faktory během experimentu nastaví;
- z počtu faktorů a příslušných stupňů vyplývá jako plán experimentu sled kombinací stupňů faktorů, které je možno přehledně zobrazit v podobě matice (v pravouhlém poli).

Obvykle je tato matice označována jako „**plán experimentu**“. Vliv rušících veličin může být zachováním konstantního stavu buď vyloučen anebo pomocí randomizace nebo tvorbou bloku při určování plánu může být kontrolovaným způsobem zohledněn.

Jsou-li zohledňovány všechny kombinace faktorových stupňů, jedná se o kompletní (úplný) faktoriální plán pokusů.

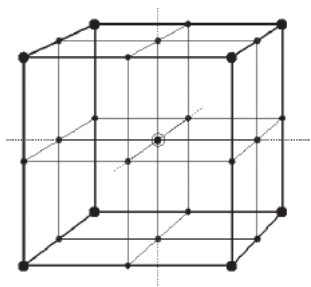
#### Příklady:

V **tab. 1** je uvedena nejjednodušší kombinace: nastavení 2 úrovní (-, +) a 2 faktorů (A, B).

Na **obr. 2** je grafická ukázka návrhu experimentu o 3 úrovních (-, 0, +) a 3 faktorech.

Tab. 1: Plán experimentu  $2^2$  (2 úrovně, 2 faktory, bez interakcí)

| Číslo pokusu | A | B |
|--------------|---|---|
| 1            | - | - |
| 2            | + | - |
| 3            | - | + |
| 4            | + | + |



Obr. 2: Zkušební body (-, 0, +) faktoriálního experimentu  $3^3$

Zde mohou být zohledněny vlivy všech faktorů a všech vzájemných působení těchto faktorů. Vzájemné působení se vyskytuje tehdy, když vliv jednoho faktoru na cílovou veličinu závisí na nastavení stupně jiného faktoru (dvojitě působení) nebo více dalších faktorů (vyšší vzájemné vlivy). Použitím předchozích znalostí o vzájemných vlivech je pak možné rozsah pokusů zredukovat (viz články v Metrologii 3/2022 a 4/2022). Redukce rozsahu postupů vhodným ošetřením vzájemného ovlivnění je charakteristická pro tzv. **Taguchiho postup**. [16]

Jednotlivý pokus opakovaný za zdánlivě shodných podmínek dle zkušeností neposkytuje vždy stejné výsledky. Při zohlednění systémového šumu (tzn. nekontrolovatelného vlivu rušících veličin), nastavitelnosti faktorových stupňů a zohlednění otázek, z nichž experiment vychází (tj. snaha o zlepšení systému, týkající se cílové veličiny), se zvolí přijatelný počet pokusů z hlediska nákladů.

### Provedení experimentu za předepsaných podmínek

Důležité je vyhnout se situaci, kdy by jiné netestované faktory ovlivnily výsledky. Experimenty můžeme provádět v laboratorních nebo provozních podmínkách. Je nejvhodnější tyto experimenty provádět v náhodném pořadí. Důležité je také provádět jednotlivé pokusy v co nejkratším čase, abychom vyloučili vliv časových změn na výsledek experimentu.

### Analýza a zhodnocení výsledků, závěry pro další řešení

Jednotlivé fáze experimentu spočívají především v nalezení kombinace faktorů, která dává nejlepší výsledek, a dále v určení relativního podílu jednotlivých faktorů na kvalitu výstupu. K tomu jsou zapotřebí zejména dva nástroje, a to ANOVA (Analysis of Variance) a mnohonásobná regrese. Z výsledků lze získat jak důležité závěry, tak i některé další otázky, které je poté potřeba otestovat v dodatečných experimentech.

U velmi složitých a finančně a časově náročných experimentů je vhodné provádět tzv. **přípravný experiment** (v některé literatuře je uveden pojem **nástupní experiment**), ve kterém se ověří, zda jsou dobře nastaveny úrovně sledovaných veličin, a tím i jejich sledované vzájemné souvislosti.

Před provedením experimentu je nutné omezit možné vnesení strannosti tím, že nejsou omezeny různé rušivé podmínky. Minimalizaci vlivu rušivých podmínek dosahujeme „znáhodněním“ nebo různým „seskupováním do

bloků“ – znáhodněné bloky, latinské čtverce, řecko-latinské čtverce, vyvážené neúplné bloky apod.

Nejmenším možným experimentem je testování 1 faktoru na 2 úrovních; to znamená, že máme jen úrovně A1, A2 (můžeme také označovat -, +).

Častým experimentem je testování 2 faktorů na 2 úrovních, což znamená, že musíme provést 4 pokusy o úrovních: A1B1, A1B2, A2B1 a A2B2, kde úroveň 1 je nižší a úroveň 2 vyšší, viz **tab. 1**.

Pokud provedeme experiment se 3 faktory na 2 úrovních, provedeme celkem 8 pokusů o úrovních: A1B1C1, A2B1C1, A1B2C1, A2B2C1, A1B1C2, A2B1C2, A1B2C2, A2B2C2 viz **tab. 2**.

Tab. 2: Plán experimentu  $2^3$  (2 úrovně, 3 faktory bez interakcí)

| Číslo pokusu | A | B | C |
|--------------|---|---|---|
| 1            | - | - | - |
| 2            | + | - | - |
| 3            | - | + | - |
| 4            | + | + | - |
| 5            | - | - | + |
| 6            | + | - | + |
| 7            | - | + | + |
| 8            | + | + | + |

Takto bychom mohli pokračovat i pro další kombinace; lze vypočítat:

$$(\text{počet úrovní})^{\text{počet faktorů}} = \text{počet pokusů v daném experimentu}$$

Protože se zvyšujícím se počtem faktorů se dramaticky zvyšuje počet kombinací, nelze v praxi vždy testovat všechny tyto kombinace.

Genichi Taguchi, jeden z významných představitelů teorie řízení kvality, proto sestavil sadu speciálních tabulek (tzv. ortogonální soustavy), podle kterých lze provádět jen část z celkového počtu pokusů, a přesto získat maximální množství informací. Toto je základ metodiky DOE, která je často využívána jak v oblasti teoretického bádání, tak i v průmyslové praxi – viz odst. 3 a 4 tohoto příspěvku. [14]

## 2. Experimenty s faktory ve 2 úrovních

**Soustava L-4** je nejmenší ortogonální soustavou, kde:

L = latinské čtverce

4 = počet pokusů v experimentu

Sloupce indikují možnost přiřazení faktoru

Řádky indikují podmínky pro jednotlivé pokusy (úrovně jednotlivých faktorů)

Tab. 3: Ortogonální soustava L-4 (počet sloupců = počet pokusů – 1)

| Sloupec      | 1      | 2      | 3      |
|--------------|--------|--------|--------|
| Faktor       | A      | B      | C      |
| Číslo pokusu | Úroveň | Úroveň | Úroveň |
| 1            | 1      | 1      | 1      |
| 2            | 1      | 2      | 2      |
| 3            | 2      | 1      | 2      |
| 4            | 2      | 2      | 1      |

Sloupce v soustavě jsou ortogonální a vyvážené (ve sloupcích je stejný počet 1 a 2).

Pokud bychom měli jen 2 faktory, bude 3. sloupec nevyužitý, a proto jej do tabulky neuvedeme (úrovně tohoto faktoru jsou rovny 0), viz **tab. 1**.

**Tab. 4:** Ortogonální soustava L-8 (počet sloupců = počet pokusů – 1)

| Sloupec      | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      |
|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Faktor       | A      | B      | C      | D      | E      | F      | G      |
| Číslo pokusu | úroveň | úroveň | úroveň | úroveň | úroveň | úroveň | úroveň |
| 1            | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      |
| 2            | 1      | 1      | 1      | 2      | 2      | 2      | 2      |
| 3            | 1      | 2      | 2      | 1      | 1      | 2      | 2      |
| 4            | 1      | 2      | 2      | 2      | 2      | 1      | 1      |
| 5            | 2      | 1      | 2      | 1      | 2      | 1      | 2      |
| 6            | 2      | 1      | 2      | 2      | 1      | 2      | 1      |
| 7            | 2      | 2      | 1      | 1      | 2      | 2      | 1      |
| 8            | 2      | 2      | 1      | 2      | 1      | 1      | 2      |

Pokud potřebujeme pro experiment pouze 2 úrovně jednotlivých faktorů, pak použijeme obecně tyto následující soustavy. (Je patrné, jak geometricky rostou počty pomocných výpočtů, které uvádějí maximální počet kombinací v dané ortogonální soustavě).

| Ortogonalní soustavy | Počet použitých faktorů | Pomocný výpočet                    |
|----------------------|-------------------------|------------------------------------|
| L-4                  | 2 – 3                   | $2^3 = 8$                          |
| L-8                  | 4 – 7                   | $2^7 = 128$                        |
| L-12                 | 8 – 11                  | $2^{11} = 2\,048$                  |
| L-16                 | 8 – 15                  | $2^{15} = 32\,768$                 |
| L-32                 | 16 – 31                 | $2^{31} = 2,1474834 \cdot 10^9$    |
| L-64                 | 32 – 63                 | $2^{63} = 7,7884404 \cdot 10^{33}$ |

### 3. Experimenty s faktory ve 3 úrovních

Pokud potřebujeme pro experiment 3 úrovně jednotlivých faktorů (1, 2, 3), pak použijeme obecně tyto ortogonální soustavy:

| Ortogonalní soustavy | Počet použitých faktorů | Pomocný výpočet                  |
|----------------------|-------------------------|----------------------------------|
| L-9                  | 2 – 4                   | $3^4 = 81$                       |
| L-18                 | 5 – 7                   | $3^7 = 2\,187$                   |
| L-27                 | 5 – 13                  | $3^{13} = 1,594\,323 \cdot 10^6$ |

**Tab. 5:** Ortogonální soustava L-9, počet faktorů 4, počet úrovní 3

| Sloupec      | 1      | 2      | 3      | 4      |
|--------------|--------|--------|--------|--------|
| Faktor       | A      | B      | C      | D      |
| Číslo pokusu | úroveň | úroveň | úroveň | úroveň |
| 1            | 1      | 1      | 1      | 1      |
| 2            | 1      | 2      | 2      | 2      |
| 3            | 1      | 3      | 3      | 3      |
| 4            | 2      | 1      | 2      | 3      |

|   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
| 5 | 2 | 2 | 3 | 1 |
| 6 | 2 | 3 | 1 | 2 |
| 7 | 3 | 1 | 3 | 2 |
| 8 | 3 | 2 | 1 | 3 |
| 9 | 3 | 3 | 2 | 1 |

### Vyvážené neúplné bloky

V některých případech experimentů není možné vytvořit homogenní skupiny – bloky tak rozsáhlé, aby ve všech případech byly aplikovány všechny úrovně daného faktoru. V těchto případech lze použít tzv. **neúplné bloky**, u nichž počet prvků (úrovní) v bloku je menší než celkový počet  $t$  úrovní faktoru. Velmi často se využívá vyvážených neúplných bloků, které jsou charakteristické tím, že určitá  $n$ -tice (většinou dvojice) daných úrovní se vyskytuje ve společném bloku se stejnou četností jako  $n$ -tice jiných úrovní.

Je-li  $t$  počet všech úrovní faktoru, počet prvků v bloku  $k$  a počet bloků  $b$ , platí, že  $k < t$ , takže prvkům každého bloku lze přiřadit jen  $k$  z  $t$  úrovní daného faktoru. Nejjednodušší případ nastává, jestliže se každá  $i$ -tá úroveň faktoru vyskytla pouze v  $r$  blocích ( $r < b$ ) a v každém bloku bude daná úroveň pouze jedenkrát (obecně  $x$ -krát).

Za výše uvedených podmínek platí pro celkový počet pokusů vztahy:

$$n = t r = b k$$

$$r (k - 1) = x (t - 1)$$

**Znáhodněné bloky** lze považovat za zvláštní případ vyvážených neúplných bloků pro  $t = k$ ,  $b = r$ ,  $x = r$ .

|    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|
|    | B1 | B2 | B3 | B4 |
| A1 | C1 | C2 | C3 | C4 |
| A2 | C2 | C3 | C4 | C1 |
| A3 | C3 | C4 | C1 | C2 |
| A4 | C4 | C1 | C2 | C3 |

|    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|
|    | B1 | B2 | B3 | B4 |
| A1 | C1 | C2 | C3 | —  |
| A2 | C2 | C3 | —  | C1 |
| A3 | C3 | —  | C1 | C2 |
| A4 | —  | C1 | C2 | C3 |

Latinský čtverec – úplný blok (matice)

Zkrácený čtverec – neúplný blok (matice)

Další možností návrhu experimentu je **řecko-latinský čtverec**, který vznikne spojením 2 latinských čtverců.

**Tab. 6:** Uspořádání 1. latinského čtverce

| Řádky $i$ | Sloupce $j$ |       |       |       |
|-----------|-------------|-------|-------|-------|
|           | 1           | 2     | 3     | 4     |
| 1         | $A_1$       | $A_2$ | $A_3$ | $A_4$ |
| 2         | $A_2$       | $A_1$ | $A_4$ | $A_3$ |
| 3         | $A_3$       | $A_4$ | $A_1$ | $A_2$ |
| 4         | $A_4$       | $A_3$ | $A_2$ | $A_1$ |

Tab. 7: Uspořádání 2. latinského čtverce

| Řádky <i>i</i> | Sloupce <i>j</i> |                |                |                |
|----------------|------------------|----------------|----------------|----------------|
|                | 1                | 2              | 3              | 4              |
| 1              | B <sub>1</sub>   | B <sub>3</sub> | B <sub>4</sub> | B <sub>2</sub> |
| 2              | B <sub>2</sub>   | B <sub>4</sub> | B <sub>3</sub> | B <sub>1</sub> |
| 3              | B <sub>3</sub>   | B <sub>1</sub> | B <sub>2</sub> | B <sub>4</sub> |
| 4              | B <sub>4</sub>   | B <sub>2</sub> | B <sub>1</sub> | B <sub>3</sub> |

Tab. 8: Uspořádání řecko-latinského čtverce:

| Řádky <i>i</i> | Sloupce <i>j</i>              |                               |                               |                               |
|----------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|                | 1                             | 2                             | 3                             | 4                             |
| 1              | A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> | A <sub>2</sub> B <sub>3</sub> | A <sub>3</sub> B <sub>4</sub> | A <sub>4</sub> B <sub>2</sub> |
| 2              | A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> | A <sub>1</sub> B <sub>4</sub> | A <sub>4</sub> B <sub>3</sub> | A <sub>3</sub> B <sub>1</sub> |
| 3              | A <sub>3</sub> B <sub>3</sub> | A <sub>4</sub> B <sub>1</sub> | A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> | A <sub>2</sub> B <sub>4</sub> |
| 4              | A <sub>4</sub> B <sub>4</sub> | A <sub>3</sub> B <sub>2</sub> | A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> | A <sub>1</sub> B <sub>3</sub> |

Obdobně jsou naznačeny kombinace v **tab. 9**: *Plán třífaktorového experimentu 2<sup>3</sup> s interakcemi*.

Tab. 9: Plán experimentu 2<sup>3</sup> (2 úrovně, 3 faktory s interakcemi 1. a 2. řádu)

| Číslo pokusu | A | B | C | AB | AC | BC | ABC |
|--------------|---|---|---|----|----|----|-----|
| 1            | - | - | - | +  | +  | +  | -   |
| 2            | + | - | - | -  | -  | +  | +   |
| 3            | - | + | - | -  | +  | -  | +   |
| 4            | + | + | - | +  | -  | -  | -   |
| 5            | - | - | + | +  | -  | -  | +   |
| 6            | + | - | + | -  | +  | -  | -   |
| 7            | - | + | + | -  | -  | +  | -   |
| 8            | + | + | + | +  | +  | +  | +   |

Tab. 10: Plán úplného vyváženého pětifaktorového experimentu

|    |    | A1 |    |    |    |    |    |    |    | A2 |    |    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|    |    | B1 |    |    |    | B2 |    |    |    | B1 |    |    |    | B2 |    |    |    |
|    |    | C1 | C2 | C3 | C4 | C1 | C2 | C3 | C4 | C1 | C2 | C3 | C4 | C1 | C2 | C3 | C4 |
| D1 | E1 | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  |
|    | E2 | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  |
| D2 | E1 | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  |
|    | E2 | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  |

Tab. 11: Plán pětifaktorového experimentu zkráceného na jednu čtvrtinu

|    |    | A1 |    |    |    |    |    |    |    | A2 |    |    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|    |    | B1 |    |    |    | B2 |    |    |    | B1 |    |    |    | B2 |    |    |    |
|    |    | C1 | C2 | C3 | C4 | C1 | C2 | C3 | C4 | C1 | C2 | C3 | C4 | C1 | C2 | C3 | C4 |
| D1 | E1 |    |    | +  |    | +  |    |    |    |    |    | +  |    | +  |    |    |    |
|    | E2 |    | +  |    |    |    |    |    | +  |    |    | +  |    |    |    |    | +  |
| D2 | E1 |    |    |    | +  |    | +  |    |    |    |    | +  |    | +  |    |    |    |
|    | E2 | +  |    |    |    |    | +  |    |    | +  |    |    |    |    | +  |    |    |

V **tab. 10** je ukázka úplného a v **tab. 11** zkráceného pětifaktorového experimentu, kde faktory A a B mají 2 úrovně, faktor C má 4 úrovně, faktory D a E mají 2 úrovně.

Pro získání úplného experimentu provedeme 64 pokusů, zatímco u zkráceného experimentu se provede jen 16 pokusů.

Uvedený zkrácený experiment lze také zapsat do následující matice:

|                |                |
|----------------|----------------|
| A1 B1 C1 D2 E2 | A1 B2 C1 D2 E2 |
| A1 B1 C1 D2 E2 | A1 B2 C1 D2 E2 |
| A1 B1 C2 D1 E2 | A1 B2 C2 D1 E2 |
| A1 B1 C3 D1 E2 | A1 B2 C3 D1 E2 |
| A1 B1 C4 D2 E2 | A1 B2 C4 D2 E2 |
| A2 B1 C1 D2 E2 | A2 B2 C1 D2 E2 |
| A2 B1 C1 D2 E2 | A2 B2 C1 D2 E2 |
| A2 B1 C2 D1 E2 | A2 B2 C2 D1 E2 |
| A2 B1 C3 D1 E2 | A2 B2 C3 D1 E2 |
| A2 B1 C4 D2 E2 | A2 B2 C4 D2 E2 |

Z ukázek je patrné, že zkrácené faktorové experimenty podstatně zrychlí i zlevní dobu pro získání výsledků měření. Ale je nutné upozornit i na to, že u zkráceného experimentu dochází k určité nepřesnosti v informaci o působení účinků faktorů a jejich vzájemných interakcí na sledovanou odezvu. Ve zkráceném experimentu zjistíme jednotlivé hlavní účinky faktorů a účinky interakcí (i různých řádů) jen dohromady, nikoliv samostatně, jak je tomu u úplného experimentu. Někdy ovšem z podstaty sledovaného experimentu interakce vyšších řádů ani neexistují, a pak řešení pomocí zkráceného experimentu pro vyhodnocení úplně stačí.

#### 4. Analýza rozptylu - ANOVA

Po provedení experimentu je třeba naměřená data vyhodnotit, což se většinou provádí analýzou rozptylu. Analýza rozptylu je metoda, která umožňuje dělat závěry o parametrech ( $a_i, b_j, c_k$ , atd.) ve zvoleném modelu na základě rozboru variability pozorovaných hodnot náhodných veličin.

Tímto způsobem porovnáváme větší počet náhodných výběrů, které jsou navzájem nezávislé. Prověřujeme hypotézu  $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_m$ , kde  $m > 2$  a  $\mu$  jsou střední hodnoty základních souborů s normálním rozdělením a rozptylem  $\sigma^2$ . Analýzu rozptylu lze chápat také jako zobecnění  $t$ -testu.

## 5. Závěr

Metoda DOE je velmi výhodná při navrhování experimentů a s pomocí ANOVA zajistíme nezávislé hodnocení výsledků provedeného experimentu se zvolenou pravděpodobností. Uvedenou metodiku lze dobře využít jak pro experimenty technické [3] [4] [5] [8] [14] [15] [16], tak pro experimenty z oboru přírodovědného nebo medicínského [6] [7] [10] [11] [12] nebo [13].

Metodu ANOVA pro vyhodnocení experimentu používáme zejména proto, že příčinou velké variability mohou být i další relativně skryté vlivy, které jsme na počátku experimentu neodhadli, a proto musíme takový experiment znovu opakovat s tím, že budeme podmínky opět formulovat a hledat vhodné redukce počtu parametrů, které vstupují do námi navrženého experimentu. Pokud je navrhovaný experiment rozsáhlý, pak se doporučuje provést nejdříve tzv. přípravný experiment bez opakování (nebo s minimem opakování), při kterém zjistíme, zda zvolený rozsah jednotlivých faktorů byl navržen správně.

Při navrhování lze také doporučit, aby byly odebírány vhodné vzorky, které bude možné pak mezi sebou porovnávat. Některé obory mají k tomu i vytvořené normy, jak je uvedeno např. v [18] [19] [20] [21] [22].

## Literatura:

- [1] Likeš, J.: Navrhování průmyslových experimentů, SNTL Praha 1968
- [2] Anděl J.: Matematická statistika, SNTL Praha 1978
- [3] Meloun, Militký: Statistické zpracování experimentálních dat. Edice PLUS, Praha 1994
- [4] Tůmová, O.: Infrahluk v dopravních prostředcích (statistické vyhodnocení); dílčí VZ pro SVÚ III-09-5/02, VŠSE Plzeň 1990
- [5] Tůmová O.: Měření signálů s velmi nízkými kmitočty; disertační práce, VŠSE Plzeň/ ČVUT Praha 1990
- [6] Tůmová O.: Statistické vyhodnocení charakteru toxických účinků etanolu ovlivněných vysokými dávkami vitamínu C, výzkumná zpráva pro LF UK v Plzni, Plzeň 1996
- [7] Tůmová O.: Statistické vyhodnocení dynamického charakteru toxických účinků etanolu, výzkumná zpráva pro LF UK v Plzni, Plzeň 1996
- [8] Tůmová O.: Navrhování experimentů a jejich vyhodnocování v praxi; habilitační práce, ZČU Plzeň 1996
- [9] Tůmová O.: Vybrané partie teorie měření a experimentů, preprint ZČU, 1997
- [10] Zloch Z., Tůmová, O.: Hodnocení některých patobiologických reakcí hlodavců na akutní a chronickou intoxikaci alkoholem; sborník abstrakt MEDI 97, vědecké konference Plzeňské lékařské dny a Akutní stavy v medicíně, Plzeň 1997
- [11] Tůmová O., Zloch Z.: Statistické vyhodnocení vlivu omezeného příjmu potravy na různé ukazatele oxidačního poškození a antioxidační ochrany (1. díl), výzkumná zpráva pro LF UK v Plzni, Plzeň 2003
- [12] Tůmová O., Zloch Z.: Statistické vyhodnocení vlivu omezeného příjmu potravy na různé ukazatele oxidačního poškození a antioxidační ochrany (2. díl), výzkumná zpráva pro LF UK v Plzni, Plzeň 2004
- [13] Tůmová O., Zloch Z.: Statistické vyhodnocení vlivu potravní restrikce na ukazatele antioxidační ochrany a oxidačního poškození, výzkumná zpráva pro LF UK v Plzni, Plzeň 2005
- [14] Tůmová O., Tomková Z.: Návrhy experimentů při diagnostikování interaktivních dějů v elektrotechnice, výzkumná zpráva MSM 4977751310, Plzeň 2006
- [15] Tůmová O.: Metrologie a hodnocení procesů, BEN Praha 2009
- [16] Blescharz P.: Základy metody DOE, Repronis Ostrava 2005
- [17] ČSN ISO 3534-3:2019 *Statistika – Slovník a značky – Část 3: Navrhování experimentů*
- [18] ČSN ISO 11648-1:2004 *Statistická hlediska vzorkování hromadných materiálů – Část 1: Obecné principy*
- [19] ČSN ISO 11648-2:2003 *Statistická hlediska vzorkování hromadných materiálů – Část 2: Vzorkování sypaných materiálů*
- [20] ČSN 01 5110 *Vzorkování materiálů Základní ustanovení*
- [21] ČSN 01 5111 *Vzorkování sypaných a zrnitých materiálů*
- [22] ČSN 01 5112 *Vzorkování kapalin a pastovitých materiálů*
- [23] ČSN 01 5113 *Vzorkování plynů*
- [24] ČSN ISO 5725 *Přesnost (správnost a shodnost) metod a výsledků měření*
- [25] ČSN P ISO/TS 21749:2007 *Nejistoty měření v metrologických aplikacích Opakovaná měření a hierarchické experimenty*
- [26] TNI 010115:2009 *Mezinárodní metrologický slovník – Základní a všeobecné pojmy a přidružené termíny*



Živá věda ze ZČU se letos opět vrací mezi veřejnost a tentokrát promění náměstí Republiky ve vědeckou laboratoř. Dne 19. září od 8,30 do 19,00 h pod vedením odborníků ze ZČU budou mít návštěvníci možnost objevovat svět vědy a poznání prostřednictvím různých experimentů. Řadu zajímavostí si mohou dokonce vyzkoušet na vlastní kůži.

Vstup: volný

Určeno pro: veřejnost

Více informací na <https://dnyvedy.zcu.cz/>

## OCHRANA DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ PROTI POŽÁRU POMOCÍ OBKLADŮ

Ing. Magdaléna Charvátová, Ph.D.

PAVUS, a.s.

### Abstrakt

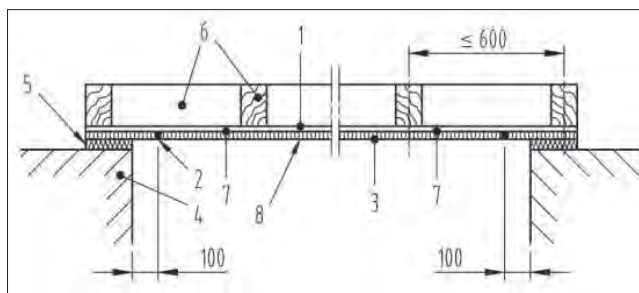
Článek je zaměřen na požární zkoušky obkladů se schopností ochrany proti požáru. Pojem „obklad“ se týká vnější části povrchu svislého prvku uvnitř budovy (např. stěn, příček a obvodových stěn) a spodní části vodorovného prvku nebo nakloněného prvku (např. stropů, střešních a podhledů), které mohou být namáhány požárem zdola. Požární zkoušky obkladů se schopností ochrany proti požáru se provádí v požární zkušebně PAVUS, a.s. Článek se ve stručnosti zabývá provedením a vyhodnocením požárních zkoušek, klasifikací a možností dalšího využití obkladů s klasifikační třídou K.

### 1. Úvod

Zkušební metoda pro stanovení účinnosti obkladu chránit během specifikovaného působení požáru podkladní výrobky je podrobně popsána v ČSN EN 14135:2004 Obklady – Stanovení požárně ochranné účinnosti (česká verze evropské normy). V současnosti se připravuje nová verze této zkušební normy, oficiální hlasování o konečném návrhu ve Výboru Evropské komise pro standardizaci je plánováno na 24. 7. 2025. Klasifikace do tříd  $K_1$  nebo  $K_2$  se provádí podle klasifikační normy požární odolnosti ČSN EN 13501-2. V České republice však doposud není tento způsob ochrany zakotven v návrhových normách řady ČSN 73 080xx, které slouží pro projektanty staveb. To je hlavní důvod, proč u nás zatím není poptávka po zkoušení podle této zkušební normy. V jiných evropských zemích má tento způsob ochrany své pevné místo (zejména u dřevěných konstrukcí) a lze již při návrhu staveb s touto klasifikací pracovat. Možné využití této zkušební normy také v podmínkách ČR by se dalo nalézt u konstrukcí ze dřeva a následného zatřídění druhu konstrukční části. První zmínku o klasifikační třídě K bude možné najít v nově připravované Příloze K normy ČSN 73 0802 Požární bezpečnost staveb – Nevýrobní objekty.

### 2. Požární zkoušky obkladů

Zkouška se provádí tak, že se zkoušený obklad připevní na spodní stranu vodorovně orientovaného podkladu a zahřívá se zespuďu po určitou dobu ve vodorovné zkušební peci dle normové teplotní křivky (viz ČSN EN 1363-1). Jako podklad pod zkoušenou obkladovou desku (například sádkartonovou desku) se používají podkladní dřevotřískové desky tloušťky  $(19 \pm 2)$  mm bez požárně retardační úpravy s objemovou hmotností  $(680 \pm 50)$  kg/m<sup>3</sup>. Případně lze využít i jiné podkladové materiály s nízkou objemovou hmotností (menší než 300 kg/m<sup>3</sup>) nebo jiné specifické materiály dle zkušební normy. Příklad osazení zkušební vzorku v řezu viz **obr. 1**.



Legenda

- 1 dřevotřísková deska
- 2 spoj
- 3 zkoušený obklad
- 4 stěna pece
- 5 minerální vlna
- 6 dřevěný trámeček o rozměrech nejméně 45 x 95 mm
- 7 termoelektrický článek na spodní straně dřevotřískové desky
- 8 spodní strana

**Obr. 1:** Příklad osazeného zkušební vzorku pro stanovení požárně ochranné účinnosti obkladu podle EN 14135

Pohled na zkušební vzorek z neohřívávané strany (NS) před požární zkouškou viz **obr. 2**. Během zkoušky se zaznamenává vzrůst teploty v peci a ve zkušební vzorku a tlak v peci. Obklad se pozoruje a zaznamená se okamžik jeho poškození (pohled na zkušební vzorek z ohřívávané strany (OS) během zkoušky viz **obr. 3**). Současná verze normy předepisuje, že je třeba vzorek vyjmout z pece a uhasit na něm jakékoliv hoření okamžitě po ukončení zkoušky. S ohledem na obtížně predikovatelné chování vzorku po zkoušce je tento úkon poměrně náročný na provedení ze strany zkušebny. Způsob hašení za použití kádě s vodou, do které se vloží vzorek bezprostředně po zkoušce, je patrný z **obr. 4**. Po požární zkoušce se zjišťuje poškození obkladu i podkladu, pohled na ohřívávanou stranu vzorku viz **obr. 5**.



**Obr. 2:** Pohled na zkušební vzorek (NS) před požární zkouškou



Obr. 3: Pohled na zkušební vzorek (OS) během požární zkoušky



Obr. 4: Vložení vzorku do kádě s vodou po požární zkoušce



Obr. 5: Pohled na OS po ukončené zkoušce

### 3. Vyhodnocení a klasifikace požární zkoušky

Oblkady s klasifikací K mají poskytnout požární ochranu konstrukcím za obkladem (např. dřevěnému rámu s izolací ve stěnové nebo stropní konstrukci). Podle druhu podkladu za deskou jsou definovány dvě třídy s klasifikací K – třídy  $K_1$  a  $K_2$ .

Účinnost požárních ochranných  $K_1$  10 zahrnuje podklad s hustotou nejméně  $300 \text{ kg/m}^3$  po dobu působení normového požáru 10 minut. Kritéria klasifikace zahrnují omezení vzrůstu teploty (průměrná teplota měřená na neohřívané straně obkladu nesmí během zkoušky přesáhnout  $250 \text{ }^\circ\text{C}$  a maximální teplota měřená na kterémkoliv místě na tomto povrchu nesmí překročit počáteční teplotu o více než  $270 \text{ }^\circ\text{C}$ ) a rozsah poškození podkladu (tj. zaznamenaná se poškození spáleného materiálu, zuhelnatělého materiálu, roztaveného a smršťeného materiálu).

Účinnost požárních ochranných  $K_2$  10 /  $K_2$  30 /  $K_2$  60 zahrnuje všechny podkladové materiály po dobu působení normového požáru 10 / 30 / 60 minut. Kritéria klasifikace zahrnují omezení vzrůstu teploty (průměrná teplota měřená na neohřívané straně obkladu nesmí během zkoušky přesáhnout  $250 \text{ }^\circ\text{C}$  a maximální teplota měřená na kterémkoliv místě na tomto povrchu nesmí překročit počáteční teplotu o více než  $270 \text{ }^\circ\text{C}$ ) a rozsah poškození podkladu (tj. zaznamenaná se poškození spáleného a zuhelnatělého materiálu).

### 4. Závěr

Na základě této evropské zkušební metody je možné stanovit účinnost požární ochrany obkladů, která je klasifikována třídami  $K_1$  nebo  $K_2$ . Pomocí jasně definovaného a odzkoušeného obkladu a jasně definovaného podkladu je možné účinně chránit danou konstrukci za požáru, případně oddálit počátek zuhelnatění chráněné dřevěné konstrukce. S touto klasifikací účinnosti ochrany proti požáru  $K_1$  nebo  $K_2$  již pracuje připravovaná změna ČSN 73 0802, jejíž nová Příloha K byla vypracována pro stanovení pravidel pro dřevostavby, s cílem vyššího využití dřeva ve stavebnictví. Její publikace se očekává v polovině letošního roku. Předpokládáme tedy, že i tento způsob ochrany konstrukcí proti požáru si v ČR najde své místo.

### Seznam literatury

- [1] ČSN EN 14135 Oblkady - Stanovení požárně ochranné účinnosti
- [2] ČSN EN 13501-2 Požární klasifikace stavebních výrobků a konstrukcí staveb - Část 2: Klasifikace podle výsledků zkoušek požární odolnosti a/nebo kouřotěsnosti kromě vzduchotechnických zařízení
- [3] ČSN 73 0810 Požární bezpečnost staveb - Společná ustanovení
- [4] Záznamy z požární zkoušky poskytla firma Saint-Gobain Construction Products CZ a.s., divize Rigips



**PAVUS, a.s.**  
Komplexní služby v oblasti  
požárního zkušebnictví  
a certifikace

Prosecká 412/74,  
190 00 Praha 9-Prosek

<https://www.pavus.cz>

## MĚŘIDLA JAKO RODINNÉ PAMÁTKY

**Ing. František Hnízdil**

*Česká metrologická společnost*

Funkční měřidla se vyskytují snad ve všech domácnostech, podnicích, laboratořích či jiných pracovištích. Když svoji funkčnost ztratí, stanou se zdánlivě nepotřebné a končí třeba někde ve sběru nebo ve šrotu.

Avšak není tomu tak vždy. Na řadu přijdou jejich další vlastnosti a schopnosti, které je sice vyřazují z dosahu metrologie, ale už ne tak z oblasti zájmu jejich majitelů – vzpomínek či estetických vlastností. V mnoha domácnostech, dílnách i laboratořích je pak najdeme v zasklených skřínkách, na poličkách, pověšené na stěně nebo uložené někde stranou v šuplíku.

Vážou nás k nim vzpomínky nebo se nám líbí, jsou prostě krásné. To platí nejen o starých hodinách, ale také třeba o zajímavém posuvném měřítku, které používal už váš děda.

V zásadě se vždy mluví o vlastnostech funkčních měřidel a jejich udržování a používání, ale myslím si, že i ta stará, vysloužilá, neseřiditelná, poškozená měřidla si zaslouží alespoň krátkou zmínku. Nemusíme být zrovna vášnivými sběrateli, abychom si je připomněli a trochu se občas na ně podívali.

S naší cestou po starých měřidlech můžeme začít třeba v kuchyni.

Nejčastějšími měřidly v kuchyni jsou určitě váhy. Přece se nezbavíte krásných starých rovnoramenných vah, které jsou už velice nepraktické, nepřesné a složité na instalaci a používání. Šup s nimi na skříňku s nádobím, a aby vypadaly rozkošně, zbývá poslední problém – budou se muset občas vyčistit.

Podobně jsou na tom starší sklonné váhy, které jsou dnes nahrazovány moderními pohodlně obsluhovatelými váhami elektronickými.

Dalším reliktem jsou závaží. Krásně poslouží jako těžítka na psacím stole v pracovně.

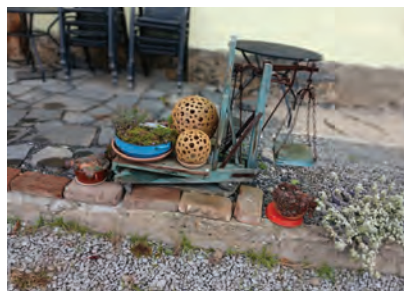
Občas se můžete setkat se zajímavým přístupem k měřidlům i u některých drobných podnikatelů. Příkladem by mohla být jedna rybárna na okraji Kokořínska. Celoročně si zde můžete koupit různé druhy živých ryb, a než vám obsluha rybu vykuchá a připraví k odběru, můžete si na stěně prohlédnout



staré nerovnoramenné váhy, které majitel pietně uchovává jako vzpomínku na své předky. Jednou z nich je váha, která kdysi sloužila skutečně k měření (vážení) prodávaných ryb. Je kovová, nese stopy působení vlhkého prostředí rybárny, a dnes by se už jen těžko dala zprovoznit. Další váha je také zajímavá, i když nikdy nebyla k vážení používána. Je totiž zhotovena ze dřeva a sestrojil ji

evidentně podle té první dřívější majitel - snad jako pokus ušetřit nebo jen z čiré radosti. Dnes jsou z nich hezké dekorace prodejního prostoru vedle van s rybami, pracovního stolu a nových funkčních a ověřených vah.

Na další možnost použití vah dlouho po jejich životnosti můžete narazit také na nádvoří nebo zahrádce cukrárníčky a kavárny v Kravařích u České Lípy. Zde mají starou decimální váhu, sloužící jako květinová polička. Její kovové součásti již dávno vyzly za své, ale ve své nové funkci září množstvím barev květů, motýlů a jiného hmyzu a myslím si, že dělá návštěvníkům docela radost.



Pokud se poohlédneme po bytě, určitě narazíme na hodiny. To jsou měřidla, která jako výstavní „klenot“ slouží skoro primárně už ve funkčním stavu přímo od výrobce. Dekorativnost je jejich primární vlastností. Sice je dnes každý z nás také nahradí digitálními hodinami, ale tichý tikot starých mechanických hodin je (alespoň pro mě) příjemnější než nehybné, občas v pravidelných intervalech přeblikávající svítící oko displeje digitálek.

Hodiny jsou pro téma tohoto článku asi nejzajímavější. Málokdo se zbaví starých pendlovek, i když už dávno neměří čas, ale na zdi jsou stále klenotem. Jsou to také asi jediná měřidla, kde se výrobce zaměřuje nejen na jejich funkci – měření času – ale také na jejich estetickou hodnotu. To platí pro hodiny stojící i visící v místnosti, stejně jako pro kapesní nebo náramkové osobní hodinky. Ceny takových hodin a hodinek tomu také odpovídají.

Podobnou skupinou domácích měřidel jsou barometry, vlhkoměry a teploměry. Ty jsou také vyráběny s ohledem na jejich dekorativnost, ale i funkčnost.

Obecně tedy lze říci, že hodiny a váhy jsou přímo předurčeny k použití jako „rodinné šperky“. U jiných oborů měření jsou měřidla konstruována daleko pragmatičtěji a praktičtěji, protože v dílnách se na krásu zase až tak nehledí.

Přesto můžete narazit na výjimky. V domácí dílničce po otcích jsem narazil na zděděnou nádherně propracovanou posuvku. I po těch letech jejího provozování je po kalibraci stále použitelná. Ale měli byste to srdce ji trápit měřením? Mám ji v dílně vystavenou na čestném a chráněném místě.

Ve starých domech a ve starých podnikových provozech takových měřidel najdete plno. Je jen na vás, co s nimi uděláte. Myslím si, že při likvidaci patří měřidla mezi předměty, které před vyhozením mnohokrát obrátíte v ruce a pak je raději odložíte na někdy příště. Ona mezitím ještě zestárnou, a o to obtížnější bude je vyhodit. Věřím, že nakonec zůstanou někde na čestném místě v bytě, dílně, garáži či na zahrádce.

Budou mít svou legendu, která se bude v rodině tradovat.

## ČMI POSILUJE INFRASTRUKTURU KVALITY: NOVÉ KOMPETENCE V OBLASTI MDR A ISO 13485:2016

**Ing. Bc. Milan Škrdleta, MBA**

*Český metrologický institut*



*„Český metrologický institut (ČMI) rozšiřuje služby v oblasti zdravotnických prostředků, reaguje na požadavky evropské legislativy zřízením specializovaných složek ČMI MEDICAL a Certifikačního orgánu pro certifikaci systémů managementu (COSM ČMI). Nově nabízí posuzování shody zdravotnických prostředků podle MDR i certifikaci systémů managementu kvality dle ISO 13485:2016. Díky propojení technické, metrologické a certifikační odbornosti poskytuje komplexní služby pod jednou střechou“.*

Český metrologický institut (ČMI), příspěvková organizace zřízená Ministerstvem průmyslu a obchodu ČR, představuje dlouhodobě klíčový pilíř národní infrastruktury kvality. Jeho činnost zahrnuje metrologii, standardizaci a posuzování shody, čímž významně přispívá k bezpečnosti a důvěryhodnosti výrobků a služeb na českém i evropském trhu.

V reakci na rostoucí požadavky evropské legislativy v oblasti zdravotnických prostředků a systémů managementu kvality zřídil ČMI dvě specializované organizační složky, ČMI MEDICAL, zaměřenou na posuzování shody zdravotnických prostředků podle nařízení (EU) 2017/745 (MDR), a Certifikační orgán pro certifikaci systémů managementu (COSM ČMI), který se věnuje certifikaci systémů řízení kvality dle normy ISO 13485:2016 (dále jen „ISO 13485“). Na základě těchto kroků a vynaloženého úsilí byl ČMI jakožto oznámený subjekt č. 1383 v prosinci 2023 oznámen (notifikován) pro posuzování shody podle MDR a v prosinci 2024 ČMI získal akreditaci od Českého institutu pro akreditaci, o.p.s. (ČIA) jakožto certifikační orgán č. 3266 pro certifikaci systémů managementu kvality pro poskytování zdravotnických prostředků a příslušných služeb.

COSM ČMI kromě certifikace systémů managementu kvality zdravotnických prostředků, resp. kromě provádění prvotních certifikačních, dozorových, speciálních a recertifikačních auditů, nabízí také audity dodavatelských řetězců pro výrobce zdravotnických prostředků, tzv. audity druhou stranou (zákaznické audity) a jiné audity, které jsou prováděny na základě specifikovaných požadavků a zakončeny podrobnou zprávou z auditu. Audity dodavatelských řetězců umožňují výrobcům ověřit způsobilost svých dodavatelů a distributorů a zajistit tak integritu celého dodavatelského řetězce. Dále COSM ČMI provádí také certifikační audity výrobců, dodavatelů, resp. distributorů a poskytovatelů servisu zdravotnických prostředků, které jsou zakončeny udělením certifikátu potvrzujícího shodu

s požadavky normy ISO 13485 a souvisejícími regulatorními předpisy. Tímto způsobem ČMI podporuje transparentnost, sledovatelnost a kvalitu v celém životním cyklu zdravotnického prostředku.

Jedinečnou výhodou ČMI je schopnost nabídnout komplexní služby v oblasti metrologie, posuzování shody zdravotnických prostředků a certifikace systémů managementu kvality – vše pod jednou střechou. Tento integrovaný přístup umožňuje efektivní koordinaci jednotlivých procesů, minimalizaci administrativní zátěže, zkrácení doby potřebné k uvedení výrobku na trh a vyšší míru souladu s regulatorními požadavky EU.

ČMI aktivně podporuje výrobce, zplnomocněné zástupce, dovozce, distributory, poskytovatele servisu i další subjekty působící v oblasti zacházení se zdravotnickými prostředky. Díky odbornému zázemí a zkušenostem nabízí pro širokou odbornou veřejnost pravidelné odborné semináře a workshopy, kterých se účastní se svými příspěvky také ČMI MEDICAL a COSM ČMI.

Certifikace systému managementu kvality zdravotnických prostředků pod ČMI přináší důvěryhodnost a prestiž díky akreditaci a statutu oznámeného subjektu. Zajišťuje soulad s evropskými i národními předpisy a umožňuje spolupráci se zkušeným týmem odborníků s hlubokou znalostí metrologie, regulace zdravotnických prostředků a systémů managementu kvality. Proces certifikace nebo převodu certifikace je navržen jako jednoduchý a transparentní, bez zbytečných prodlev a nadbytečné administrativní zátěže. Strukturovaný dialog při podání žádosti o certifikaci, recertifikaci nebo přechod od jiného certifikačního orgánu zajišťuje hladký průběh celého procesu. Zájemci o certifikaci, recertifikaci nebo převod certifikace se mohou obrátit na ČMI prostřednictvím oficiálních stránek ČMI nebo mohou využít konkrétních kontaktů.

Rozšířením svých služeb ČMI reaguje na aktuální potřeby trhu a posiluje svou roli jako důvěryhodného partnera českého průmyslu. Nabízí komplexní řešení pro zajištění souladu zdravotnických prostředků s požadavky MDR a ISO 13485. Díky propojení metrologických, technických a regulatorních kompetencí ČMI nabízí komplexní služby pod jednou střechou, čímž významně přispívá k uvádění bezpečných a účinných zdravotnických prostředků na trh EU a posiluje svou roli jako důvěryhodný partner českého průmyslu.

Autor: Ing. Bc. Milan Škrdleta, MBA, je vedoucím Certifikačního orgánu Českého metrologického institutu pro certifikaci systémů managementu. V oblasti zacházení se zdravotnickými prostředky a jejich regulace se pohybuje více než 25 let, působí jako lektor, technický expert ČIA a auditor v oblasti MDR a ISO 13485. Je autorem stěžejní části komentovaného vydání normy ISO 13485, kterou vydala Česká společnost pro jakost, z.s. a Česká agentura pro standardizaci. Toto komentované vydání propojuje požadavky normy ISO 13485 s požadavky MDR.

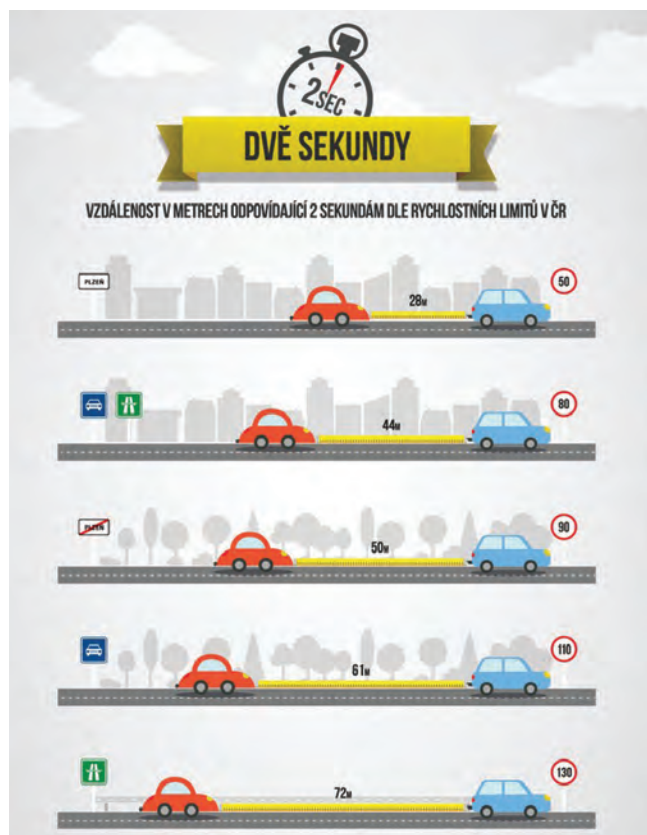
## MĚŘENÍ BEZPEČNÉ VZDÁLENOSTI MEZI VOZIDLY

**Mgr. Petr Barták**

*Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví*

**Řidič by měl dodržet odstup od před ním jedoucího vozidla na vzdálenost, během níž stačí bezpečně zastavit. Jak ji ale změřit?**

V zákoně o silničním provozu je bezpečná vzdálenost definována, ovšem značně neurčitě: „*Řidič vozidla jedoucí za jiným vozidlem musí ponechat za ním dostatečnou bezpečnostní vzdálenost, aby se mohl vyhnout srážce v případě náhlého snížení rychlosti nebo náhlého zastavení vozidla, které jede před ním.*“ Nikde žádná měřitelná hodnota, ať v metrech, nebo jiných jednotkách. Důsledkem je skutečnost, že řidiči ji nedodržují, v důsledku čehož se nedodržování bezpečné vzdálenosti řadí mezi nejčastější příčiny dopravních nehod – je to pátý nejčastější důvod karambolu. I když se statistikou zařazování přestupků do jednotlivých kapitol můžeme polemizovat, protože vůbec nejčastější příčinou je nesprávný způsob jízdy, tedy všeobjímající pojem, pod který se schová kde co. Policejní statistiky navíc říkají, že nehodovost významně neklesá, a přitom škody z ní astronomicky narůstají. A zabránit tomu není jak. Stejným zákonem se totiž musí řídit i policie, ta se ale nemá o co opřít. Kontrola ani následné trestání nedodržování bezpečné vzdálenosti u nás tak neprobíháji. Postihy hrozí až tehdy, když dojde k dopravní nehodě.



Obr. 1: Zdroj: Dekra

### Metry, sekundy?

Pouhá znalost základů fyziky potvrzuje, že se bezpečná vzdálenost nutně liší podle hmotnosti vozidla, jeho velikosti i rychlosti, v neposlední řadě na ni má vliv také počasí a s tím související stav vozovky. Laicky řečeno, jinou bezpečnou vzdálenost od vpředu jedoucího vozu má na dálnici za mokra nákladní souprava, a zcela odlišnou osobní vůz za sucha na silnici 2. třídy (okresce) - rozdíl dosahuje desítek metrů. Konkrétněji osobní auta by na suché vozovce měla mít mezi sebou odstup v rychlosti 50 km/h minimálně 28 m, při 90 km/h (tedy mimo obec) už 50 m, na dálnici při limitní povolené rychlosti 130 km/h nemalých 72 m. Dodržují to však jen nemnozí, vzdálenost v metrech z jedoucího auta lze jen odhadovat.



Česko se tak po vzoru dalších evropských zemí řídí limitem v sekundách, který říká, že minimální bezpečná vzdálenost činí dvě sekundy od projetí vpředu jedoucího vozidla stejným místem. Pokud je vzdálenost, kterou za tu dobu vozidlo ujede, kratší, tedy vozidlo pravidlo nedodržuje, nastupují v zahraničí tvrdé sankce, jak se o tom přesvědčují tuzemští řidiči zejména v Rakousku a Německu. V celé západní a severní Evropě se za ni pokutuje, zadržují nebo dokonce odeberají řidičská oprávnění.



Jenže říkat si jednadvačet jednadvačet celou cestu třeba z Karlových Varů do Zlína nebo jet pomalu, a tím vlastně vytvářet překážku v provozu, v praxi také příliš nejde. Moc nepomáhají ani bílá “obrácená věčka“ na některých úsecích dálnic – je jich zatím velmi málo. Ke slovu tak nutně přicházejí měřicí přístroje, nejčastěji jde o kombinaci snímající rychlost a vzdálenost. Nejdále jsou v tomto směru v Rakousku a Německu, tamní policisté bezpečnou vzdálenost sledují různými způsoby: ze služebního vozidla nebo pomocí stacionárních kamer, ale také speciálními systémy. Sazby pokut jsou jasně dané a s měřením se řidiči setkávají zejména na dálnicích a dalších rychlostních komunikacích. O jejich zkušenosti mají zájem i další evropské země, měřicí přístroje sledující zároveň rychlost a bezpečnou vzdálenost se podle vyjádření rakouské policie testuje také v Nizozemsku. Po očku je sleduje i Česká republika.

### Měření u sousedů

Ke sledování dodržování bezpečného odstupů mezi vozidly a rychlosti motorových vozidel na bázi videa se používají systémy řízení dopravy VKS (Verkehrskontrollsystem – měřicí systém pro překročení vzdálenosti a rychlosti) od společnosti Vidit Systems. VKS je v Rakousku schváleno Spolkovým úřadem pro metrologii a zeměměřičtví



**Obr. 2:** Systémy VKS monitorující rychlost a dodržování bezpečné vzdálenosti jsou obvykle umísťovány na dálničních mostech

(Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen - BEV), u našich západních sousedů pak Národním metrologickým institutem Německa (Physikalisch Technische Bundesanstalt - PTB).

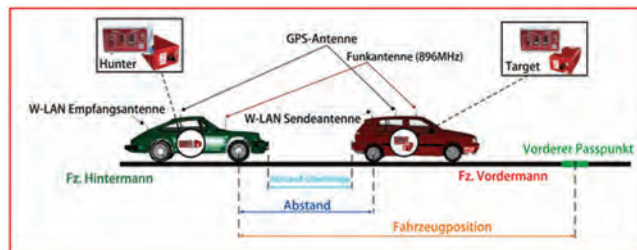
Na rozdíl od přestupků proti překročení rychlosti je postihování přestupku nedodržování bezpečné vzdálenosti založeno na určitém chování na konkrétním úseku silnice. Sledují se různé další faktory jako změny jízdního pruhu či chování vozidla vpředu, které jsou posuzovány měřicím pracovníkem během zpracování. Systém VKS pokrývá měřicí rozsah minimálně 150 metrů. Zorné pole kamer je však podstatně delší, v závislosti na průběhu vozovky – to znamená, že plynulost provozu a chování potenciálního pachatele přestupku lze sledovat a vyhodnocovat v delším časovém horizontu. Systémy VKS se používají výhradně na dálnici a dálniční síti. Pro místo měření nebo instalaci kamer je proto nutný nadjezd monitorovaného úseku silnice.

Počítačový VKS je založen na individuálním obrazovém vyhodnocení digitalizovaného videozáznamu dopravní situace. Základem měření vzdálenosti je záznam dvou poloh vozidla zobrazených na videozáznamu ručním zaměřováním na ně pomocí měřicí čáry, využitím značení na silnici (kontrolních bodů) a individuálního souboru měřicích bodů. Pomocí matematického postupu lze určit vzdálenost vozidla z poloh měřicí linie. Časová informace potřebná pro měření rychlosti je automaticky určena systémem VKS na základě stanoveného počtu celých snímků videa mezi dvěma dopravními situacemi s pevnou snímkovou frekvencí videa (40 ms), popisuje fungování systému VKS jeho výrobce.

**Srovnávací testování**

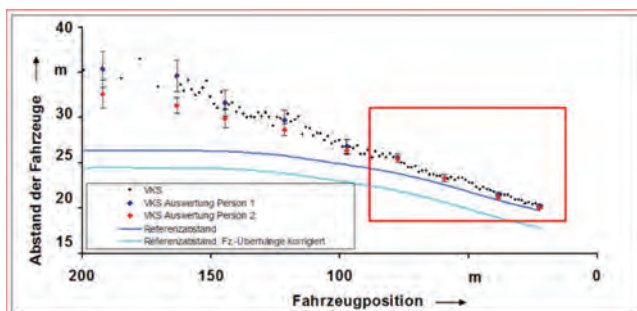
V případě běžných zařízení pro měření rychlosti se schvalovací zkoušky provádějí pomocí srovnávacích měření v reálném silničním provozu. U VKS je naopak správnost měření vzdálenosti ověřena pomocí pevných referenčních bodů. Jasný a snadno srozumitelný test tohoto postupu pro širokou veřejnost však chyběl. Proto byla odchylka měření podrobně analyzována i v podmínkách skutečných jízdních manévrů dvou zkušebních vozidel s fází brzdění a akcelerace. Výrobce uvádí, že každé z použitých zkušebních vozidel bylo vybaveno vysoce kvalitními inerciálními systémy DGPS od společnosti Oxford Technical Solutions Ltd. (**obr. 3**), které umožňovaly určit hodnotu vzdálenosti mezi dvěma vozidly použitými jako

referenční s nejistotou měření 3 cm. Kromě toho byla určena poloha zadní části vozidla vzhledem k přednímu kontrolnímu bodu VKS s relativní nejistotou 2 cm. To umožnilo následnou časovou synchronizaci referenčních vzdáleností (měřicí cyklus 10 ms) s údaji o vzdálenostech zjištěnými systémem VKS.



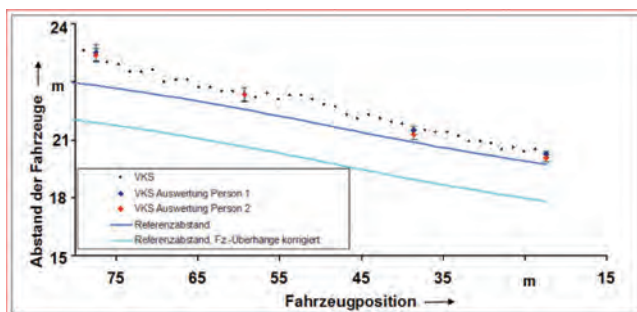
**Obr. 3:** Stanovení referenční vzdálenosti mezi dvěma použitými zkušebními vozidly (relativní poloha) a vzdálenosti k přednímu kontrolnímu bodu VKS (absolutní poloha). Zdroj: Vidity Systems

Srovnání s referenční čarou znázorněnou tmavě modrou barvou na **obr. 4** ukazuje, že vzdálenosti vozidel zjištěné při použití VKS jsou v celém rozsahu měření (poloha vozidla do 200 m od předního kontrolního bodu) ve prospěch dotyčné osoby. Jak Vidity Systems dále popisuje, vzhledem k tomu, že VKS systematicky zvětšuje ručně cílené měřicí čáry vždy o jeden pixel, existují podle očekávání větší odchylky pro vzdálenější polohy vozidel než pro blízkou vzdálenost.



**Obr. 4:** Porovnání vzdáleností mezi dvěma vozidly dodávanými VKS s referenčními daty poskytnutými použitými inerciálními systémy DGPS (znázornění celého měřicího rozsahu VKS). Zdroj: Vidity Systems

**Obr. 5** ukazuje zvětšení části oblasti detailního záběru orámované červeně na **obr. 4**. I zde jsou vzdálenosti VKS vždy bez výjimky ve prospěch dotyčné osoby. Světle modrá



**Obr. 5:** Porovnání vzdáleností mezi dvěma vozidly dodávanými VKS s referenčními daty poskytnutými použitými inerciálními systémy DGPS (znázornění v blízkém dosahu VKS). Zdroj: Vidity Systems

křivka ukazuje hodnotu fyzické vzdálenosti, která vyplývá ze vzdáleností mezi nárazníky zúčastněných vozidel, tj. s přihlédnutím k převisům vozidla.

Srovnávací měření byla dle Vedit Systems provedena s velmi vysokým metrologickým úsilím a působivě dokázala, že hodnoty vzdáleností VKS jsou za všech okolností vždy velkorysé ve prospěch dotčené osoby, a to i při zohlednění jiných ovlivňujících faktorů (např. statistické kolísání při vícenásobných hodnoceních).

### A co Česko?

Policie ČR by tento nebo podobný systém v budoucnu též zvažovala zavést. V současnosti je však celý proces „u ledu“. „*Téma bezpečné vzdálenosti a její kontroly se podle našich informací bude posouvat do dalších let. Minimálně se ho nepodaří vyřešit v tomto volebním období,*“ uvádí Michal Hodboď z Ředitelství služby dopravní policie. Jak dále uvádí, policie chce hledat řešení, které je plně automatizované. „*Abychom mohli hledat efektivní nástroj, potřebujeme legislativu, nebo alespoň její návrh, která stanoví, co se bezpečnou vzdáleností vlastně rozumí. Následně budeme hledat technické řešení,*“ dodává Hodboď. To ale podle něj vzhledem k tomu, že se legislativa neposouvá, není možné, protože řešení nelze ušít na míru neexistující legislativě. „*Pokud bude daná právní norma, rozhodně budeme hledat zařízení, které bude stanoveným měřidlem, aby bylo možné jej používat k ukládání správních trestů,*“ uzavírá policista. Než se tedy bude u nás dodržování bezpečné vzdálenosti skutečně objektivně sledovat a vyhodnocovat, uplyne ještě mnoho vody.



Obr. 6: V Česku i v dalších letech půjde bezpečnou vzdálenost mezi vozidly měřit jen s pomocí „obrácených věček“ na dálnicích

### Jak to funguje

Dokazování nedodržování bezpečné vzdálenosti je složitý proces. Kromě rychlosti se zohledňuje zaznamenané chování při řízení v dopravním prostředí a doba trvání přestupku. Ke splnění těchto požadavků je potřeba, aby bylo konkrétní nedodržení bezpečné vzdálenosti událostí zdokumentováno kamerou z vyvýšeného místa, třeba na dálničním mostě, a to digitálními obrazy odolnými proti neoprávněné manipulaci. Na lehkou váhu přitom nelze brát ani požadavky na ochranu osobních údajů. Proto jsou za pomoci obrazové analýzy zaznamenávány výhradně takové případy, v nichž existuje konkrétní podezření na nedodržení bezpečné vzdálenosti nebo překročení rychlosti.

Pouze v takovém případě pak vzniká složka případu, která je doplněna o „identifikační data“ konkrétního vozidla z kamery zarovnané s jízdním pruhem. Tyto soubory s konkrétními podezřeními se následně posuzují na kalibrované vyhodnocovací stanici VKS 4.5, schválené metrologickými instituty. Vyškolení měřící pracovníci s pomocí vyhodnocovacího programu provádějí výpočty skutkových okolností každého případu metodou 2D nebo 3D, v závislosti na typu měřicího místa. Další správa a přepočítání na příslušné pokutové řízení se provádí pomocí programu VKS dB na přídavném počítači.

Sluší se dodat, že kromě výše uvedených přestupků je systém schopen odhalovat a postihovat také tzv. sloní závody, tedy vzájemné předjíždění kamionů v místech, kde je to zakázáno například dopravním značením (obr. 7).



Obr. 7: Systém VKS dokáže postihovat i předjíždění nákladních aut v místech, kde to mají zakázáno. Zdroj: Vedit Systems

### Pravidlo dvou sekund?

Bezpečný odstup vyjádřený dvěma sekundami zohledňuje rychlost a dá se odhadnout z běžné reakční doby řidiče. Ta se pohybuje v rozmezí 0,7 až 1,5 sekundy. Může ji však ovlivnit mnoho faktorů, a proto se zaokrouhluje nahoru na 2 sekundy. I tak ale identická bezpečná vzdálenost vyjádřená v sekundách není u různých vozidel myslitelná. Policií i odborníky na bezpečnost dopravy nejčastěji zmiňované dvě sekundy platí zejména pro řidiče osobních vozidel. Šoféři autobusů, nákladních vozidel, ale i motocyklisté by měli dodržet odstup minimálně 2,5 až 3 sekundy.

### Co říká zákon o silničním provozu

- (1) Řidič vozidla jedoucí za jiným vozidlem musí ponechat za ním bezpečnou vzdálenost, aby mohl zastavit vozidlo v případě náhlého snížení rychlosti nebo náhlého zastavení vozidla, které jede před ním.
- (2) Řidič motorového vozidla o maximální přípustné hmotnosti převyšující 3 500 kg, jízdní soupravy, jejíž

celková délka přesahuje 10 m, a zvláštního vozidla musí mimo obec zachovávat za vozidlem jedoucím před ním takovou vzdálenost, aby se předjíždějící vozidlo mohlo před něj bezpečně zařadit; to neplatí, připravuje-li se k předjíždění, při předjíždění a při souběžné jízdě.

*Zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů (zákon o silničním provozu), § 19*

### Statistika nehodovosti v ČR

Policie České republiky šetřila například v roce 2023 celkem 94 945 dopravních nehod. Podle policejních statistik při těchto nehodách bylo 455 osob usmrčeno, 1751 zraněno těžce a 23 936 zraněno lehce. Policie tedy řeší v průměru 270 střetů za den, přičemž se jedná pouze o nehody vyšetřované policií. K menším škodám do 200 tisíc Kč stačí vyplnit záznam o dopravní nehodě a není potřeba policisty volat.

### Systém měření bezpečné vzdálenosti v Rakousku



V Rakousku je každoročně nahlášeno přibližně 170 000 přestupků proti překročení rychlosti a nedodržení bezpečné vzdálenosti. Pomocí systému VKS se provádí měření vzdálenosti a rychlosti od roku 2000. Systém měření bezpečnosti vozidel podrobně přiblížil v následujícím rozhovoru **Jochen Heiling**, delegát Rakouska v OPG ROADPOL (organizace věnující

se plánování a prosazování bezpečnosti silničního provozu v rámci Evropy).

### Proč si Rakousko vybralo pro měření bezpečného odstupu vozidel v silničním provozu právě systém založený na čase?

V §18/1 pravidel silničního provozu (StVO) se pouze uvádí, že při jízdě za sebou musí být dodržena taková vzdálenost, která umožní vozidlu jedoucímu za ním bezpečně zastavit, i když vozidlo vpředu prudce zabrzdí. Neexistuje žádná konkrétní hodnota vzdálenosti. Taková hodnota by samozřejmě závisela na ujeté rychlosti. Obecným pravidlem v Rakousku je reakční doba jedna sekunda. Tato časová hodnota však v pravidlech provozu nebyla ukotvena, ale časové intervaly byly specifikovány pouze pro určitá opatření. V praxi současné nařízení počítá s 1 až 0,8 sec bez penalizace, dále pak 0,8 až 0,4 sec a také 0,4 až 0,2 sec je postihováno jako trestný čin. Odstup do 0,2 pak představuje trestný čin, a navíc ztrátu technické způsobilosti.

### Jak se měření vyhodnocuje?

Pro měření jsou zapotřebí dva policisté. Na místě měření je nainstalována přestupková a identifikační kamera pro každý jízdní pruh a následně nastavena podle návodu k obsluze. Přestupková kamera je nutná pro měření VKS (Verkehrskontrollsystem – měřicí systém pro překročení vzdálenosti a rychlosti) a identifikační kamera slouží pro evidenci registračních značek. VKS je založen na měření časové vzdálenosti a měří

všechny jízdní pruhy současně. Měření není plně automatické. Důstojník sleduje předvýběr. Druhý policista zkontroluje a změří případ zaznamenaný systémem. V případě přestupku je tato skutečnost nahlášena a předána příslušnému orgánu. Při nahlášení přestupku policista také ukládá jednotlivé snímky z měřicího systému a odesílá je úřadům.

### Na jakých přístrojích jej měříte?

V Rakousku se používá VKS 4.0 System od společnosti Vedit. Systém je založen na videu a využívá fotogrammetrickou analýzu k měření ujeté vzdálenosti a rychlosti. Je instalován ve vozidle (Volkswagen T6). Skládá se z hardwarových komponent, jako jsou kamery, stativy, kabeláž a IT jednotky tvořené dvěma počítači. Všechny tyto komponenty vyžadují odpovídající skladovací prostory. Prostor je vyžadován také pro obsluhu a vyhodnocovací personál.

### Jsou přístroje dostatečně přesné?

Zařízení je schváleno kalibračními autoritami v Rakousku a Německu pro automatické měření rychlosti a vzdálenosti. Kupříkladu měření rychlosti má toleranci měření 3 km/h až do hodnoty 100 km/h a 3 % od hodnoty 100 km/h výše. Celý proces měření musí být v případě podezření generované systémem VKS proveden ručně osobou vyškolenou k měření a automaticky potvrzen. Systém poskytuje průkazné datové záznamy, které lze využít v úředním řízení, výsledkem je velmi malý počet námitek.

### Jsou známy případy, kdy bylo policejní měření zpochybněno sankcionovanými motoristy? Nebo pokud motorista následně vyhrál spor u soudu?

Měřicí zařízení nejnovější generace jsou přesná a jako další důkaz jsou k dispozici fotografie. Protože se jedná o složité činnosti, jsou k tomuto úkolu trvale přiděleni úředníci, kteří provádějí měření vzdálenosti, myslím proto, že toto zařízení dává smysl. Shrneme-li to, nejsou známy téměř žádné případy, kdy by námitky byly úspěšné, pokud je zařízení provozováno v souladu s předpisy a zaměstnanci jsou dostatečně kompetentní.

### Jak často je třeba přístroje kalibrovat?

Každé tři roky – v souladu se zákonem o vahách a mírách.

### Kolik jedno zařízení na sledování bezpečné vzdálenosti stojí a jak rychle se vynaložené peníze vrátí?

Cena technického systému bez vozidla se pohybuje kolem 100 000 eur (v přepočtu tedy asi 2,5 milionu korun, pozn. redakce), o něco více či méně, v závislosti na výbavě. Předpokládám, že pokud jsou zařízení intenzivně používána, v krátké době se vynaložené prostředky vrátí. Pokud vím, neexistuje nic takového jako zařízení na měření vzdálenosti, které by se zcela snadno používalo. Proto je kladen důraz na dobrý výcvik a časté využívání těchto vyškolených policistů. I proto jsou výsledky měření důvěryhodné a mohou být použity jako důkaz u soudu.

### Víte, že...

...rakouský systém se používá nejen v alpské republice, ale také v celém Německu, kde dodržování bezpečné vzdálenosti hlídá okolo stovek jednotek?

## INFORMACE O ČINNOSTI ČESKÉHO KALIBRAČNÍHO SDRUŽENÍ Z.S.

**Ing. Jiří Kazda**

předseda výboru ČKS

**Úvod**

České kalibrační sdružení je zájmovým sdružením akreditovaných a autorizovaných laboratoří a dalších zájemců o metrologii, a hlavně o oblast kalibraci pracovních měřidel a ověřování stanovených měřidel. V rámci ČKS působí sekce pro ověřování tachografů. Počet členů sdružení je v současné době 97.



Volební urna ČKS

ČKS v prvním pololetí 2025 pořádalo nejprve **67. odbornou konferenci** ve dnech 15. a 16. 4. 2025 v hotelu Skalský Dvůr. Součástí jarních konferencí bývá schůze spolku. Tentokrát se po čtyřech letech konaly volby do výboru ČKS a kontrolní komise. Na schůzi spolku byli členové seznámeni se:

- zprávou o činnosti výboru od poslední konference a činností spolku od poslední schůze spolku v roce 2024,
- zprávou o hospodaření spolku za rok 2024,
- zprávou o revizi hospodaření za rok 2024,
- plánem činnosti na další období v roce 2025,
- změnami ve stanovách ČKS:
  - sekretariát ČKS vede od začátku roku paní **Hana Kohutková**,
  - ČKS má nové sídlo na adrese **Nové sady 988/2, 602 00 Brno**

Dále se uskutečnily volby do výboru ČKS a kontrolní komise. Do funkce členů výboru byli zvoleni:

- předseda výboru **Ing. Jiří Kazda**,
- místopředsedové výboru **Ing. Pavel Urban** (JSP, s.r.o.) a **Jan Hlavatý** (TACHTEK Solutions, s. r. o.),
- členové výboru: **Milan Beneš** (ČEZ, a. s.), **Ing. Jana Horská, PhD** (EG.D, a. s.), **Ing. Vladislava Hýblová** (TachTax, s. r. o.), **RNDr. Pavel Klenovský** (ČMI), **Ing. Miroslav Netopil** (ITC, a. s.) a **Ing. Daniel Šťastný** (ČMI).

Do funkce členů kontrolní komise byli zvoleni:

**Ing. Vladislav Šmarda** (Enbra, a. s.), **Karel Hyánek** (Meros, s. r. o.) a **RNDr. Martin Příbyl** (PORSYS).

Navržené usnesení bylo všemi přítomnými členy spolku jednomyslně schváleno.

Vlastní odborná konference proběhla s drobnými úpravami programu.

**První den jednání**

- V první přednášce Ing. Zbyněk Veselák (ředitel Odboru metrologie ÚNMZ) seznámil účastníky s **Aktuálními informacemi z ÚNMZ**, zejména se změnami směrnice starého a nového přístupu a s plánovanými změnami a přezkumem směrnic MID a NAWID.

- Ing. Jiří Růžička, MBA (ředitel ČIA) se věnoval **Aktuálními informacím z ČIA**, a to mezinárodní spolupráci, výsledkům evaluace ČIA, přeshraničním akreditacím a revizím dokumentů ČIA – MPA.
- RNDr. Pavel Klenovský (ředitel pro certifikaci a posuzování shody měřidel ČMI) ve svém příspěvku informoval o **Aktualitách z ČMI a mezinárodní metrologie**. Jednalo se zejména o připomenutí 150. výročí Metrické konvence a její historie, aktuální vývoj v digitálních kalibračních certifikátech, současné priority EURAMET, aktuality z OIML a Welmecc e.V. a připravovanou revizi MID.
- Po polední přestávce Ing. Erich Ludwig (ČMI OI Brno) ve své prezentaci na téma **Požadavky pro získání Osvědčení o metrologické, technické a personální způsobilosti k ověřování stanovených měřidel** vysvětlil srozumitelnou formou požadavky MP002 a zdůraznil jeho návaznost na ČSN EN ISO/IEC 17025:2018. V souladu s MP vysvětlil postup dotčených subjektů (ČMI vs. AMS) při prověřování způsobilosti.
- V odpoledním programu po schůzi spolku pokračoval přednáškou Doc. Ing. Petr Beneš, Ph.D. (Ústav automatizace a měřicí techniky VUT Brno) s názvem **Měření vibrační kalibrace snímačů pro laboratorní i průmyslové aplikace**, ve které informoval o principech snímačů vibrační a jejich kalibraci.
- Poslední příspěvek prvního dne měl Ing. Martin Valenta (garant rozvoje akreditace KL ČIA) na téma **Akreditace kalibračních laboratoří – aktuality z posuzování**. Věnoval se aktuálními informacím z ČIA – odboru, praktickým problémům při akreditacích a praktickým otázkám z provozu laboratoří.

**Druhý den jednání**

- Druhý den zahájila Ing. Lenka Kňazovická, Ph.D. (ČMI OI Praha) s příspěvkem **Metrologické zabezpečení měření teploty nad 1000 °C**. Popsala možnosti měření termoelektrickými články a bezdotykovými teploměry a zajištění návaznosti v ČMI.
- V další přednášce **Aspekty kalibrace měřidel vlhkosti vzduchu a jejich interpretace v podobě přílohy osvědčení o akreditaci** Ing. Jiří Bílek (ČMI OI Brno) seznámil s výsledky úkolu PRM VII/5/24. Úkol byl řešen ve spolupráci ČIA a ČMI.
- Petr Kubesa (Kalibrátory, s. r. o.) ve svém příspěvku **Použití a úskalí validačních systémů ve farmacii a potravinařství** poukázal na problémy při měření teplot.
- Petr Moravec (Kalibrátory, s. r. o.) v přednášce **Těsnost, odvzdušnění kapalného média, adiabatický jev a další důležité aspekty při kalibraci tlakoměrů z Beamex Blogu** probral důležité vlivy, na které je potřebné se zaměřit při kalibraci tlakoměrů.
- V poslední přednášce **Identifikace a hodnocení rizik v kalibračních laboratořích s využitím umělé inteligence** Ing. Pavel Urban (JSP, s. r. o.) ukázal na praktickém příkladu využití umělé inteligence.

Sekce tachografů měla také zajímavý program řešící aktuální problémy AMS tachografů.

### První den jednání

- Po schůzi spolku došlo k rozdělení a v první přednášce s názvem **Dopravci a MP2** Ing. Vojtěch Máša (ČESMAD BOHEMIA) přednesl velice zajímavý příspěvek z „druhé strany“, a to pohled na „balíček mobility“ a jeho implementaci do praxe ze strany dopravců v ČR.
- Následoval příspěvek Mgr. Jakuba Soběslava (Mechanika Teplice) **Praxe z aplikace balíčku mobility**, kde informoval o možných problémech při výměnách tachografů za tachograf dle aktuální přílohy IC.
- Poslední příspěvek této sekce dodal oblíbený přednášející pan Pplk. Ing. Aleš Maxa (rada, Policejní prezidium). Jeho téma **Manipulace s tachografy a jejich kontrola** bylo prokládáno krátkými historkami z praxe, většinou s vtipným zakončením.

### Druhý den jednání

- Druhý den zahájil RNDr. Martin Příbyl (PORSYS) přednáškou na téma **Ochrana osobních dat v praxi AMS**. Uvedl příklady dat osobního a veřejného charakteru a chování AMS v praxi vzhledem k archivaci a nakládáním s daty zákazníků AMS.
- Pokračoval Ing. Jiří Novotný (CDV Brno), který jako obvykle přednesl poutavý příspěvek na téma **Dálkové odhalování případné manipulace nebo zneužití tachografu** a jeho vztah k AMS. Vysvětlil problematiku diagnostiky a využití záznamu tachografu událostí a závad a jejich včasnou kontrolu v AMS po zjištění řidičem a dopravcem.
- Poslední přednášející Jan Hlavatý (TACHTEK Solutions, s. r. o.) se v přednášce **Retrofitting – podmínky vybavení AMS a praxe** věnoval výměnám tachografů GEN2V2. Obsah přednášky má zároveň sloužit jako „manuál“ k případnému řešení problémů při výměnách tachografů v AMS. Součástí přednášky byl také přehled všech verzí tachografů VDO od roku 2006 na základě změn požadavků ES a nových ES (změn přílohy IB ES 3821/85 a přílohy IC ES 165/2014).

ČKS v prvním pololetí dále uspořádalo dne 29. 5. 2025 seminář z oblasti elektrických veličin na téma **Praxe v kalibrační laboratoři elektro**. Seminář se uskutečnil ve spolupráci s ČMI a konal se ve firmě Meros, s. r. o. Zubří.

- Zahájení semináře provedl Karel Hyánek (Meros, s. r. o.) jako odborný garant.
- V první přednášce **Kalibrace osciloskopů** Lukáš Gazda, taktéž Meros, s. r. o. probral praktické provádění kalibrací analogových a digitálních osciloskopů.
- Adam Pavliš (H Test) v příspěvku **Spektrální analyzátor** seznámil posluchače s principy spektrálních a signálových analyzátorů, a to jak digitálních, tak i analogových. Věnoval se doporučeným postupům měření s těmito přístroji.
- V přednášce **Analýza falešných součástek** Ing. Petr Neumann, Ph.D. (Ústav elektroniky a měření, Univerzita

Tomáše Bati ve Zlíně) ukázal na problematiku nepůvodních (neoriginálních) polovodičových součástek, což je skrytá hrozba pro zpracovatele i uživatele v spolehlivosti a životnosti konečných výrobků.

- Ing. Pavel Jáníš (ČMI Praha) se ve svém příspěvku věnoval **Kalibraci vysokého napětí**. Popsal především praktické zkušenosti ze zkušebnictví i metrologie.
- V příspěvku **Praktické měření výkonu** Ing. Michal Hedvíček (ČMI Brno) seznámil přítomné s měřením výkonu v primárních laboratořích ČMI a běžných kalibračních laboratořích a se zkušenostmi s používanými etalony.
- Poslední přednášku **Kalibrace revizních přístrojů, včetně praktické ukázky** Martin Křenek (Meros, s. r. o.) probral prakticky provádění kalibrace těchto přístrojů.

Na závěr semináře někteří účastníci využili možnost exkurze s praktickými ukázkami v akreditované kalibrační laboratoři.

### ČKS uspořádá ve druhém pololetí roku 2025:

- Seminář **Kalibrace a měření teploty a vlhkosti** ve dnech 6. a 7. října 2025, který se bude konat tradičně v **hotelu Skalský dvůr v Lísku u Bystřice nad Pernštejnem**.
- **68. Odbornou konferenci ČKS** ve dnech 3. a 4. listopadu 2025. Konference bude zaměřena na aktuální problémy kalibračních laboratoří a Autorizovaných metrologických středisek. Konference se také bude konat tradičně v **hotelu Skalský dvůr v Lísku u Bystřice nad Pernštejnem**.



#### Po schůzi spolku došlo ke změnám:

- ČKS má nové sídlo na adrese:  
**Nové sady 988/2, 602 00 Brno**
- sekretariát ČKS vede od začátku roku  
**paní Hana Kohutková, mob. 607 082 570**

Podrobná nabídka všech akcí ČKS je upřesňována vždy pro následující pololetí a je trvale k dispozici na webových stránkách ČKS, [www.cks-brno.cz](http://www.cks-brno.cz), e-mail: [sekretar@cks-brno.cz](mailto:sekretar@cks-brno.cz). Na těchto stránkách naleznete rovněž další informace a odkazy.

## PŘEHLED ČINNOSTÍ ČESKÉ METROLOGICKÉ SPOLEČNOSTI, Z.S.

**RNDr. Věra Ježková**

*Česká metrologická společnost, z.s.*



Česká metrologická společnost, z.s. (ČMS) je jednou ze zakládajících společností Svazu českých vědeckotechnických společností. Jako profesní organizace odborníků z oboru metrologie a zkušebnictví působí od roku 1990.

Předmětem činnosti České metrologické společnosti, z.s. je především:

- Vytváření platformy pro spolupráci, rozvíjení, propagování a výměnu informací v oblasti legální, vědecké a průmyslové metrologie.
- Zajišťování a organizace vzdělávacích aktivit ve všech oborech metrologie a jejich šíření prostřednictvím odborných kurzů, seminářů a konferencí.
- Spolupráce s Úřadem pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (ÚNMZ) na řešení úkolů „Programu rozvoje metrologie“.
- Spolupráce s Českým metrologickým institutem, vysokými školami, průmyslovými, výzkumnými a odbornými organizacemi.
- Certifikace odborné způsobilosti pracovníků pro metrologickou a zkušební činnost, kterou provádí certifikační místo zřízené ČMS – „Certifikační orgán č. 3008“, akreditovaný Českým institutem pro akreditaci, o. p. s. (ČIA).

Podmínkou pro naplňování těchto činností je mít ke spolupráci dostatečné množství odborníků, a to nejenom z řad z odborných institucí (ÚNMZ, ČMI, VŠ), ale také z průmyslových, výzkumných a odborných organizací. ČMS pro spolupráci oslovuje členy i nečleny ČMS - odborníky metrologických institucí, kteří jsou pilířem odborných akcí ČMS, a rovněž odborníky průmyslových a odborných organizací, kteří jsou ochotni sdílet a předávat své zkušenosti zájemcům o metrologii.

### Pořádání odborných akcí

V průběhu prvního pololetí roku 2025 ČMS uspořádala pět odborných akcí.

Již v lednu proběhl kurz „*Elektromagnetická kompatibilita – základní kurz*“, který nabídl ucelený náhled do problematiky elektromagnetické kompatibility (EMC) zařízení určených především pro prostředí domácností a průmyslu. Kurz byl zaměřen na vysokofrekvenční část EMC, která se standardně dělí na dvě části zkoušek – měření elektromagnetických emisí zařízení a testování elektromagnetické odolnosti zařízení.

V březnu se konal jednodenní kurz „*Základy podnikové metrologie*“. Tento kurz představuje a zobecňuje základní pravidla pro zabezpečení, vedení a řízení metrologie v organizacích, neboť správně nastavená pravidla pro zajištění metrologického systému firmy vedou k zákonnému zabezpečení jednotnosti a správnosti měřidel a měření a současně slouží k podpoře systému managementu kvality.

Kurz „*Základy měření osvětlení a světelná technika*“ se pořádal rovněž v březnu a poskytl základní informace pro orientaci v oboru měření osvětlení a ve světelné technice zájemcům, kteří potřebovali získat základní poznatky v této oblasti. Kurz uvítali také účastníci, kteří se s problematikou měření osvětlení setkávají v rámci své funkce, anebo se chystají pracovat v různých oblastech tohoto oboru měření.

Kurz „*Měření vnitřního elektrického osvětlení*“, který byl realizován v květnu, poskytl zájemcům přehled o odborných a technických aspektech metrologie elektrického osvětlení v interiérech a základní informace o činnosti metrologických pracovišť, která tato měření provádějí:

Kurzy „*Základy měření osvětlení a světelná technika*“ a „*Měření vnitřního elektrického osvětlení*“, pořádané Českou metrologickou společností, z.s., jsou součástí bloku čtyř kurzů, které se problematikou měření osvětlení zabývají - *Základy osvětlení a světelné techniky, Měření vnitřního elektrického osvětlení, Měření vnitřního denního osvětlení, Měření venkovního elektrického osvětlení*, z nichž poslední dva jmenované budou realizovány v druhé polovině roku 2025.

Poslední pořádanou akcí v první polovině letošního roku byla „*Konference ČMS - Novinky v oblasti legální, vědecké a průmyslové metrologie*“, která se konala 23. května v Praze.

Konference nabídla účastníkům aktuální informace a nové poznatky z průřezových oblastí metrologie v podání přednášejících z předních metrologických institucí a organizací - Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (ÚNMZ), Českého metrologického institutu (ČMI), zástupců významných průmyslových a odborných organizací.

Konference se osobně zúčastnil **Ing. Jiří Kratochvíl**, předseda ÚNMZ, a ve svém úvodním vystoupení zdůraznil význam metrologie a standardizace, neboť měření, metrologická pravidla a technické normy jsou základem kvality nejenom v průmyslu, ale prakticky ve všech procesech a činnostech v organizacích. Podpořil potřebu konání konferencí a dalších odborných akcí, které Česká metrologická společnost, z.s. organizuje.

**Ing. Zbyněk Veselák** z ÚNMZ, ředitel odboru metrologie, podal podrobné informace k vyhlášce č. 127/2024 Sb., kterou je novelizována vyhláška č. 345/2002 Sb., kterou se stanoví měřidla k povinnému ověřování a měřidla podléhající schválení typu. Uvedl, že novelizací vyhlášky dochází na jedné straně k částečnému rozšíření současného rozsahu regulace v oblasti legální metrologie, na druhé straně ke zrušení regulace u některých druhů měřidel. Regulace je dále v řadě případů zpřesněna v reakci na evropské i národní požadavky. Jedná se tak o nejdůležitější novelu z hlediska metrologické regulace k zákonu č. 505/1990 Sb., o metrologii, v platném znění.

**Ing. David Mahovský z ČMI OI Praha** představil účastníkům aktuální informace k problematice digitálního kalibračního certifikátu, se zaměřením na přechod od tradičních tištěných kalibračních listů k digitálním kalibračním certifikátům, přehled vhodných formátů a možnosti jejich aplikace v rámci kalibrační laboratoře.

Předmětem zajímavé přednášky **Ing. Lenky Kňazovické, Ph.D., z ČMI OI Praha** byly zásadní informace ke 150. výročí vzniku Metrické konvence, která byla základem pro vytvoření nových forem mezinárodní spolupráce v oblasti vědy, s cílem vytvoření univerzální dekadické soustavy jednotek jako nezbytné podmínky pro další rozvoj vědy, techniky a výroby.

**Dr. Ing. Radek Strnad, Ph.D., ředitel ČMI OI Praha**, představil problematiku stanovování a potvrzování nejistot laboratoře, což je stále živé téma. Příspěvek doplnil praktickými zkušenostmi při výpočtu nejistot různými metodami. Uvedl rovněž užitečné informace k případnému využití umělé inteligence (AI) ke stanovení nejistot a upozornil na rizika chybných výsledků.

V odpoledním bloku konference byly do programu zařazeny přednášky odborníků z praxe.

**Ing. Vojtěch Čech ze společnosti Škoda Auto, a. s.**, Centrum analýz - funkční zkoušky vozu, legislativa, představil ve svém příspěvku metody a poznatky týkající se funkčních zkoušek vozů, které nejsou běžně prezentovány.

V příspěvku pana **Miroslava Marka ze společnosti Palstat, s. r. o.** se účastníci konference měli možnost seznámit s variantami rozsahu řešení/příslušnými moduly pro řízení metrologie v průmyslových nebo odborných organizacích a laboratořích pomocí systému Palstat CAQ.

Na závěr konference **Ing. Eliška Vedralová z VŠCHT v Praze, ÚCHOP**, v interaktivní přednášce prezentovala chemometrické techniky, které se používají v terénu ke kvalifikaci a kvantifikaci nelegálních psychotropních látek s využitím mobilní NIR spektrometrie.

## Certifikační místo

Další významnou oblastí působnosti ČMS je činnost certifikačního orgánu č. 3008 - Certifikačního místa pro certifikaci způsobilosti pracovníků pro metrologickou a zkušební činnost, akreditovaného ČIA. Toto certifikační místo trvale zajišťuje činnost (certifikace, recertifikace, rozšíření certifikátů, prodloužení platnosti certifikátů) v oborech a rozsahu dle přílohy k osvědčení o akreditaci a v návaznosti na požadavky žadatelů. Pravidelné posuzování ČIA proběhlo v lednu 2025.

## Program rozvoje metrologie

ČMS se již řadu let podílí na úkolech „Programu rozvoje metrologie“ (PRM) ve spolupráci s ÚNMZ a v této činnosti má zájem nadále pokračovat. Nejinak je tomu v letošním roce, kdy se ČMS podílí v rámci PRM na zpracování jednoho vzorového kalibračního postupu „*Kalibrace digitálních teploměrů*“, dále na revizi sedmi kalibračních postupů, na zpracování šesti metodických postupů měření a na překladu pěti dokumentů OIML/WELMEC.

## Spolupráce s odbornými institucemi

Pro ČMS je významná dlouhodobá spolupráce s odbornými institucemi ČR v oblasti metrologie, a to především s ÚNMZ a ČMI. Tato spolupráce umožňuje získávání aktuálních informací prakticky ze všech oborů metrologie. V jejím rámci se odborníci z těchto institucí podílí odbornými přednáškami na akcích ČMS. Účast odborníků na akcích ČMS přispívá k vysoké úrovni pořádaných kurzů, konferencí a seminářů pro odbornou veřejnost.

Česká metrologická společnost, z.s. neformálně spolupracuje již více než dva roky se Slovenskou technickou univerzitou v Bratislavě (STU) prostřednictvím doc. Mgr. Ing. Rybáře, Ph.D., který je vysokoškolským pedagogem STU a je členem České metrologické společnosti, z.s. Neformální spolupráce se zaměřuje na šíření odborných informací a nových poznatků z průřezových oblastí metrologie pro odbornou veřejnost z průmyslových a odborných organizací, laboratoří a ze školství, a také na výměnu zkušeností při aplikaci metrologie do praxe. Docent Rybář se zúčastňuje spolu se studenty STU odborných kurzů nebo konferencí pořádaných ČMS nejenom pasivně (jako účastník), ale rovněž aktivně svými odbornými přednáškami.

## Členská základna ČMS

V průběhu roku komunikují členové výboru se členy ČMS především při osobním kontaktu, např. na pořádaných odborných akcích, prostřednictvím e-mailů a telefonických hovorů, na které ve většině případů lze také okamžitě reagovat. Výbor ČMS každoročně svolává členskou schůzi, na které členové výboru bilancují úspěšné a méně úspěšné, popř. neúspěšné aktivity uskutečněné v uplynulém období a rovněž předkládají návrh činnosti na další období. Na členské schůzi v rámci diskusí dochází k největší otevřené komunikaci mezi členy ČMS a členové často podávají konstruktivní návrhy na zlepšení činnosti ČMS. Na poslední členské schůzi, která se konala 9. 6. 2025, z otevřené diskuse vyplynula řada širších/obsáhlejších témat (podněty na zlepšení činnosti ČMS, zvýšení zájmu mladých lidí o metrologii, prezentace ČMS vůči širší veřejnosti aj.), která vyžadují postupné řešení a spolupráci dalších členů ČMS. V usnesení členská schůze požádala členy ČMS, aby do 14 dnů zaslali své náměty k činnosti ČMS a k formám komunikace mezi členy ČMS navzájem a s odbornou veřejností. Výbor ČMS se bude všemi náměty neprodleně zabývat.



Plánované akce ČMS na druhé pololetí najdete v tabulce na třetí straně obálky nebo na:

<https://www.spolky-csvts.cz/cms/kalendar-akci-cms>

## ČESKÁ AGENTURA PRO STANDARDIZACI – PŘINÁŠÍ NOVINKY ZE SVĚTA TECHNICKÝCH NOREM

Ing. Miroslav Čermák

Zdroj: Česká agentura pro standardizaci



Během prvního čtvrtletí roku 2025 byly vydány tyto technické normy v oblasti stavebnictví, akustiky, svařování, elektrických spotřebičů pro domácnost, elektroenergetiky, elektrotechniky v dopravě a inteligentních dopravních systému, kabelů a vodičů, vodních turbín a dalších technických oblastí:

### Stavebnictví

#### ČSN EN 15287-1 Komíny – Navrhování, provádění a převjímká – Část 1: Komíny a kouřovody pro otevřené spotřebiče paliv

Tato evropská norma popisuje způsob stanovení kritérií pro navrhování, provádění a označování systémových komínů, provádění individuálních komínů a vložkování stávajících komínů a kouřovodů pro otevřené spotřebiče paliv a používání komínových výrobků. Poskytuje rovněž informace o převjímkce komínu. Tento dokument platí pro komíny, na které se vztahují následující omezující podmínky: vzdálenost mezi podpěrami nepřekročí 4 m a výška nad posledním upevněním konstrukce nesmí přesáhnout 3 m a výška volně stojícího komínu nad nejvyšším upevněním konstrukce u komínů pravoúhlého průřezu není větší než pětinašobek nejmenšího vnějšího rozměru průřezu komínu. Postupy v této části popisované evropské normy platí pro komíny a kouřovody pro otevřené spotřebiče paliv. Postupy v části 2 této evropské normy platí pro komíny a kouřovody pro uzavřené spotřebiče paliv.

#### ČSN EN 15287-2 Komíny – Navrhování, provádění a převjímká – Část 2: Komíny a kouřovody pro uzavřené spotřebiče paliv

Tato evropská norma popisuje způsob stanovení kritérií pro navrhování, provádění a označování komínových systémů, provádění individuálních komínů a vložkování nebo přestavbu stávajících komínů, kouřovodů a přírodních vzduchových proudů pro uzavřené spotřebiče paliv a používání komínových výrobků. Poskytuje rovněž informace o převjímkce komínu.

Tento dokument platí pro komíny, na které se vztahují následující omezující podmínky:

- vzdálenost mezi podpěrami nepřekročí 4 m;
- výška nad posledním upevněním konstrukce nesmí přesáhnout 3 m;

- výška volně stojícího komínu nad nejvyšším upevněním konstrukce u komínů pravoúhlého průřezu není větší než pětinašobek nejmenšího vnějšího rozměru průřezu komínu.

Tento dokument nezahrnuje:

- komíny, které se používají pro kombinaci spotřebičů paliv s podtlakem vytvořeným ventilátorem v ústí komínu nebo spotřebičů paliv vyžadujících podtlak na spalinovém hrdle či spotřebičů s přirozeným tahem;
- instalace se sestavou typu C2.

#### ČSN EN 12209 Stavební kování – Mechanicky ovládané zámky a zapadací plechy – Požadavky a zkušební metody

Tato norma specifikuje požadavky a zkušební metody pro životnost, pevnost, bezpečnost a funkčnost mechanicky ovládaných zámků a jejich zapadacích plechů:

- pro použití ve dveřích v budovách;
- pro použití na požárně odolných a kouřotěsných dělených dveřích vybavených zavíracím zařízením, umožňujícím takové dveře spolehlivě zavřít, a tak dosáhnout samozavření v případě požáru;
- pro použití na dveřích blokujících požár k udržení požární celistvosti dveřní sestavy.

Tato norma zahrnuje zámky a jejich zapadací plechy, které jsou buď vyrobeny a umístěny na trhu jako celek výrobcem či více než jedním výrobcem, nebo sestaveny z podsestav vyrobených více než jedním výrobcem a navrženy pro použití v kombinaci. Tato norma specifikuje mechanicky ovládané zámky a zamykací systémy určené pro použití v rozdílných prostředích a bezpečnostních podmínkách, a tím vyžadujících rozdílné třídy. Nespecifikuje vícebodové zámky nebo jejich zapadací plechy, které specifikuje prEN 15685. Naopak specifikuje rozměry a vlastnosti požadované pro bezpečnost. Posouzení přínosu výrobku k požární odolnosti specifikovanou na požárně odolných a/nebo kouřotěsných dveřních sestavách je mimo předmět této evropské normy.

#### ČSN 73 6123-1 Stavba vozovek – Cementobetonové kryty – Část 1: Provádění a kontrola shody

Tato norma platí pro přípravu, provádění a prokazování shody cementobetonových krytů pozemních komunikací (včetně nemotoristických komunikací a dopravních ploch), letištních drah a ploch, skladovacích ploch; obecně všech cementobetonových krytů zatěžovaných dopravou, pokládáných mechanizovaným způsobem, zejména finišery. Je možné ji použít i pro jiné technologie, např. cementobetonový kryt ze superplastifikovaného betonu.

### Hutnictví

#### ČSN EN 10051 ed. 2 (42 0034) Kontinuálně za tepla válcované pásy a plechy střihané z širokého pásu z nelegovaných a legovaných ocelí – Mezní úchytky rozměrů a tolerance tvaru

Norma stanovuje mezní úchytky rozměrů a tolerance tvaru kontinuálně za tepla válcovaných plechů a pásů bez povlaku s maximální šířkou 2200 mm a maximální tloušťkou 25 mm z nelegovaných a legovaných ocelí. Platí také pro pásy válcované za tepla určené pro válcování za studena. Může být použita také pro oceli z jiných norem, například pro loďařství.

## Akustika

**ČSN ISO 10844 (01 1683) Akustika – Specifikace zkušebních drah pro měření hluku vyzářovaného silničními vozidly a jejich pneumatikami**

Norma stanovuje základní charakteristiky povrchu zkušební dráhy určené k použití při měření emise valivého zvuku vozidel a jejich pneumatik. Provedení povrchu uvedené v této normě poskytuje konzistentní hladiny emise zvuku pneumatik nebo vozovky v širokém rozsahu provozních podmínek, včetně vhodných podmínek ke zkoušení zvuku vozidel; minimalizuje kolísání mezi místy; limituje pohltivost pro zdroje zvuku vozidla a je konzistentní s praxí stavby silnic.

## Svařování

**ČSN EN ISO 13585 (05 5905) Tvrdé pájení – Kvalifikační zkouška páječů a operátorů tvrdého pájení**

Norma specifikuje požadavky na kvalifikační zkoušky páječů a operátorů tvrdého pájení pro kovové materiály. Poskytuje obecná ustanovení o kvalitativních požadavcích na tvrdé pájení. Norma platí pro následující metody tvrdého pájení podle ISO 857-2 a ISO 4063:2009 s místním a celkovým ohřevem – 911 Infračervené tvrdé pájení, 912 Plamenné tvrdé pájení, 913 Laserové tvrdé pájení, 914 Elektronové tvrdé pájení, 916 Indukční tvrdé pájení, 918 Odporové tvrdé pájení, 919 Difuzní tvrdé pájení, 921 Tvrdé pájení v peci, 922 Tvrdé pájení ve vakuu, 923 Tvrdé pájení v pájecí lázni, 924 Tvrdé pájení v solné lázni, 925 Tvrdé pájení v tavidlové lázni, 926 Tvrdé pájení ponořením, 972 Obloukové pájení do úkosu. Norma se nevztahuje na personál obsluhující zařízení pro tvrdé pájení, který nemá přímý vliv na kvalitu spoje tvrdým pájením, např. personál provádějící výhradně vkládání/vykládání jednotky pro tvrdé pájení nebo pouze spouštějící pájecí cyklus při automatickém tvrdém pájení.

## Výtahy

**ČSN EN 81-21 ed. 2 (27 4003) Bezpečnostní předpisy pro konstrukci a montáž výtahů – Výtahy pro dopravu osob a osob a nákladů – Část 21: Nové výtahy pro dopravu osob a osob a nákladů v existujících budovách, z března 2025**

Norma stanovuje bezpečnostní předpisy pro nové výtahy pro dopravu osob a osob a nákladů trvale instalované v existujících budovách, kde za určitých okolností nemohou být splněny, vlivem různých omezení budovy, některé požadavky EN 8120:2020. Zabývá se následujícími omezeními a udává požadavky pro alternativní řešení – existující perforované stěny výtahové šachty; zmenšení dostupné šachty



výtahu, vyvažovací nebo vyrovnávací závaží; vyvažovací nebo vyrovnávací závaží v samostatné šachtě; zmenšené stavební rozměry, volné prostory a vřle vedoucí ke zmenšení dostupných prostorů pro horní část šachty a prohlubeň, zmenšení rozměrů zábradlí na střeše klece, zmenšení výšky ochranné prahové desky, zmenšení výšky prostor pro strojní zařízení (strojovny) a místnosti pro kladky, zmenšení dispoziční plochy pro vstupní a nouzové dveře, zmenšení dispoziční výšky šachetních dveří. Norma neplatí pro výtahy instalované před datem její publikace.

**ČSN EN 81-58 ed. 2 (27 4003) Bezpečnostní předpisy pro konstrukci a montáž výtahů – Přezkoušení a zkoušky – Část 58: Zkouška požární odolnosti šachetních dveří, z března 2025**

Norma specifikuje požadavky na požární odolnost šachetních dveří výtahu, které jsou určeny k tomu, aby po stanovený časový interval bránily šíření požáru přes šachetní dveře ze strany nástupišť a přes výtahovou šachtu v budovách. Požadavky na požární odolnost jsou vyjádřeny jako celistvost (E), izolace (EI) a radiace (EW). Používá se pro výtahové dveře instalované v otvorech výtahových šachet na nástupišťích a sloužící jako přístup do výtahové klece. Stanovuje rovněž způsob zkoušení a klasifikaci požární odolnosti šachetních dveří výtahu. Zkušební metoda platí pouze pro pece, u nichž jsou dveře namontovány ve svislé poloze. Zkušební metoda specifikuje měření celistvosti, a v případě potřeby měření radiace a tepelné izolace.

## Silniční vozidla

**ČSN EN 15194+A1 (30 9080) Jízdní kola – Jízdní kola s pomocným elektrickým pohonem – Jízdní kola EPAC**

Norma je určena pro jízdní kola EPAC (elektrokola) pro soukromé a komerční použití s výjimkou vozidel určených k pronajímání z neobsluhované stanice (bikesharing). Pokrývá všechna obecná významná rizika, rizikové situace a události jízdních kol s pomocným elektrickým pohonem, pokud se používají, jak je určeno a s podmínkou zneužití, která jsou rozumně předvídatelná výrobcem. Norma je určena pro kola s maximálním trvalým jmenovitým výkonem 0,25 kW, přičemž výkon se postupně snižuje, a nakonec se přerušuje, jakmile jízdní kolo EPAC dosáhne rychlosti 25 km/h nebo dříve, jestliže cyklista přestane šlapat.

## Zemědělské a lesnické stroje

**ČSN EN ISO 18497-1 (47 0650) Zemědělská strojní zařízení a traktory – Bezpečnost částečně automatizovaných, poloautonomních a autonomních strojních zařízení – Část 1: Zásady navrhování strojů a slovník, z března 2025**

Norma specifikuje zásady navrhování zemědělských strojních zařízení a traktorů, které se používají v zemědělství a mají částečně automatizované, poloautonomní a autonomní funkce. Kromě toho poskytuje pokyny k typu informací, které má výrobce poskytnout o bezpečných pracovních postupech (včetně informací o zbytkových rizicích). Účelem normy je pomoci při poskytování specifičtějších bezpečnostních požadavků, prostředků ověřování a informací pro používání k zajištění odpovídající úrovně bezpečnosti zemědělských strojních zařízení a traktorů s částečně automatizovanými, poloautonomními a autonomními funkcemi používanými stanoveným způsobem.

## Elektrické předpisy

**ČSN 33 2130 ed. 4 (33 2130) Elektrické instalace nízkého napětí – Vnitřní elektrické rozvody**

Norma stanovuje základní požadavky pro navrhování, provádění a rekonstrukce vnitřních silových a sdělovacích elektrických rozvodů ve stavbách bytové a občanské výstavby a ve stavbách s obdobným provozem. Dále stanovuje základní požadavky a zásady navrhování a instalace obnovitelných zdrojů elektrické energie (zejména fotovoltaických systémů) a pro nabíjení elektrických vozidel.

## Elektrické spotřebiče pro domácnost a podobné účely, elektromechanické ruční nářadí

**ČSN EN IEC 62841-4-6 (36 1510) Elektromechanické ruční nářadí, přenosné nářadí a žací a zahradní stroje – Bezpečnost – Část 4-6: Zvláštní požadavky na zahradní foukače, zahradní vysavače a zahradní vysavače s foukáním**

Tato norma platí pro v ruce držené a na zádech nesené zahradní foukače, zahradní vysavače a zahradní vysavače s foukáním. Tato norma neplatí pro ručně vedené zahradní foukače, ručně vedené zahradní vysavače a ručně vedené zahradní vysavače s foukáním, robotické zahradní foukače, robotické zahradní vysavače a robotické zahradní vysavače s foukáním, vysavače určené především pro použití v budově, pro čištění vodou nebo ošetřování zvířat a foukače určené především pro použití v budově nebo ošetřování zvířat.

## Elektroenergetika

**ČSN EN IEC 62896 (34 8123) Hybridní izolátory pro střídavé a stejnosměrné vysokonapěťové aplikace s napětím vyšším než 1000 V AC a 1500 V DC – Definice, zkušební metody a kritéria přijetí**

Norma platí pro hybridní izolátory určené pro AC a DC aplikace s napětím vyšším než 1000 V AC a 1500 V DC. Tyto izolátory se skládají z izolačního plného nebo

duťového jádra nesoucího zatížení, vytvořeného z keramiky nebo skla, z pláště (určeného geometrií, mimo izolační jádro) vyrobeného z polymerového materiálu a z koncových armatur připojených k izolačnímu jádru. Hybridní izolátory, na něž se norma vztahuje, jsou určeny k použití jako závěsné/kotevní tyčové a talířové izolátory, podpěrné izolátory pro vedení, staniční podpěrky a izolátory s dutým jádrem pro přístroje. Dokument definuje použité termíny, předepisuje zkušební metody a kritéria přijetí, ale neobsahuje požadavky, které se týkají volby izolátoru pro zvláštní provozní podmínky. Byly v něm provedeny modifikace termínů, definic a zkušebních postupů zahrnutých v IEC/TR 62039 a IEC 62217.

**ČSN EN IEC 62933-1 ed. 2 (36 4500) Systémy pro akumulaci elektrické energie (EES) – Část 1: Slovník**

Účelem této normy je poskytnout termíny a definice pro všechny publikace v rámci odpovědnosti TC 120, která se zabývá normalizací systémů pro akumulaci elektrické energie (EES), včetně parametrů zařízení, zkušebních postupů, plánování, instalace, bezpečnostní problematiky a problematiky související s okolním prostředím. Systém EES zahrnuje jakýkoli typ akumulace energie připojené do sítě, který dokáže jak akumulovat elektrickou energii, tak dodávat elektrickou energii (z elektřiny na elektřinu).

## Elektrotechnika v dopravě a inteligentní dopravní systémy

**ČSN EN IEC 63281-3-1 (30 6000) Elektrické přepravní prostředky – Část 3-1: Metoda zkoušek funkce pro celkovou dobu provozu elektrických koloběžek s ohledem na podmínky okolního prostředí skutečného používání**

Tato norma stanovuje zkušební metodu pro celkovou dobu provozu elektrické koloběžky pro přepravu jedné osoby s ohledem na teplotní podmínky skutečného používání, kdy je elektrická koloběžka provozována uživatelem při různých teplotách pro použití na silnici nebo na veřejných prostranstvích. Tato norma se nevztahuje na elektrické koloběžky pro osoby se zdravotním postižením nebo starší osoby. Norma nezahrnuje elektrické koloběžky pro přepravu nákladu.

**ČSN EN IEC 63281-3-2 (30 6000) Elektrické přepravní prostředky – Část 3-2: Metody zkoušek funkce pro mobilitu nákladních elektrických přepravních prostředků**

Tato norma platí pro elektricky poháněná přepravní zařízení pro použití na veřejných komunikacích nebo na veřejných prostranstvích, která jsou primárně navržena pro přepravu nákladu (nákladní elektrické přepravní prostředky). Typické aplikační prostředí nákladních elektrických přepravních prostředků zahrnuje: pro účely hotelů, restaurací, kancelářských budov, nemocnic, průmyslových/rekreačních parků, veřejných komunikací atd. Tato norma stanovuje kritéria funkce a související zkušební metody pro nákladní elektrické přepravní prostředky. Norma nezahrnuje požadavky na bezpečnost a funkci.

### ČSN ISO 23793-1 (30 0653) *Inteligentní dopravní systémy – Manévr pro minimalizaci rizika (MRM) při automatizovaném řízení – Část 1: Systémový rámec, zastavení v přímém směru a zastavení v jízdním pruhu*

Tato norma se zabývá minimálními požadavky na manévry pro minimalizaci rizika (MRM), které jsou reakcí systému ADS na provedení automatizovaného nouzového manévru za účelem dosažení stavu minimálního rizika (MRC). Dokument specifikuje klasifikační rámec pro MRM. Tento klasifikační rámec stanoví koncept provozu MRM, klasifikaci různých typů MRM a základní pravidla pro proces rozhodování o tom, který typ MRM je pro danou situaci vhodné provést. Dokument rovněž specifikuje minimální požadavky na strategii řízení a zkušební postupy pro dva nejjednodušší typy MRM: typ 1 – zastavení v přímém směru a typ 2 – zastavení v jízdním pruhu. Rozsah MRM popsany v tomto dokumentu zahrnuje minimální požadavky na chování ADS během akce MRM, od zahájení až po ukončení, s cílem dosažení stavu minimálního rizika (MRC). Bezpečnostní požadavky specifické pro akci MRM pro robustní návrh systému, jako jsou požadavky specifikované v normách ISO 26262 a ISO 21448, nejsou předmětem tohoto dokumentu. MRM popsané v tomto dokumentu jsou určeny pro použití v lehkých užitkových vozidlech vybavených systémem ADS úrovně 3 až 5.

Tato norma nezahrnuje metody detekce selhání ADS ani rozhodovací proces pro zahájení MRM. Je to proto, že existuje mnoho případů, které mohou iniciovat spuštění MRM, a neexistuje obecná shoda na klasifikaci těchto případů.

### Svítlidla

#### ČSN EN 50172 ed. 2 (36 0631) *Systémy nouzového únikového osvětlení*



Tato norma specifikuje požadavky na elektrickou instalaci specifické pro systémy nouzového únikového osvětlení spolu s dokumentací pro revizi, provoz a údržbu, a požadavky na zkoušky těchto systémů. Tato norma se nezabývá požadavky na náhradní osvětlení.

### Točivé elektrické stroje

#### ČSN EN IEC 60034-2-1 ed. 3 (35 0000) *Točivé elektrické stroje – Část 2-1: Standardní metody určování ztrát a účinnosti ze zkoušek (s výjimkou strojů pro trakční vozidla)*

Norma slouží ke stanovení metod určování účinnosti ze zkoušek a rovněž ke stanovení metod pro získávání jednotlivých ztrát. Dokument platí pro stejnosměrné stroje a pro střídavé synchronní a asynchronní stroje všech velikostí, na které se vztahuje rozsah platnosti IEC 60034-1, které jsou dimenzovány pro provoz ze sítě. Tyto metody je

dovoleno použít i pro jiné typy strojů, jako například pro rotační měniče, střídavé komutátorové motory a jednofázové asynchronní motory. Toto vydání normy obsahuje v porovnání s předchozím vydáním navíc harmonizaci uspořádání a požadavků s IEC 60034-2-2 a IEC 60034-2-3.

#### ČSN EN IEC 60136 (35 0801) *Rozměry, značení a zkoušení uhlíkových kartáčů a rozměry kartáčových držáků pro elektrické stroje*

Norma platí zejména pro kartáče a kartáčové držáky určené pro válcové komutátory a sběrací kroužky u elektrických točivých strojů. Některé její kapitoly mohou zahrnovat jiné konfigurace, jako například ploché komutátory nebo hladké disky. Dokument stanovuje rozměry kartáčů a jejich součástí, spolu s jejich tolerancemi: rozměry kartáčového bloku ( $t$ ,  $a$ ,  $r$ ), úhly  $\alpha$ , sražení hrany, lanka a standardní svorky. Zahrnuje rovněž konvenční označení hlavních rozměrů, značení kartáčů a zkušební metody pro kvalifikaci kartáčů po jejich výrobě (s výjimkou jakosti materiálu kartáče, která je zahrnuta v IEC 60413). V neposlední řadě také specifikuje rozměry kartáčových držáků, které jsou přiřazeny kartáčům.

### Poplachové a výstražné systémy

#### ČSN EN IEC 62676-2-11 (33 4592) *Dohledové videosystémy (VSS) pro použití v bezpečnostních aplikacích – Část 2-11: Video přenosové protokoly – Profily pro vzájemnou součinnost VMS a cloudových VSaaS systémů pro zabezpečení měst a orgány činné v trestním řízení*

Na základě funkcí IP videa nabízených souborem protokolů IEC 62676-2 tento dokument definuje profily minimálních požadavků pro systémy pro správu videa (VMS) a systémy cloudového video dohledu jako služby (VSaaS) s cílem optimalizovat propojení s třetími stranami. Definuje minimální požadované úrovně interoperability VMS od exportu videa až po výhradní ovládání videa za účelem vzdálené podpory, například v krizových situacích, regulačních vládních organizací, vnitrostátních orgánů činných v trestním řízení, soukromých společností poskytujících bezpečnostní služby, provozovatelů veřejné dopravy a dalších úřadů. Tato norma je určena k vytvoření společného technického základu pro národní předpisy vyžadující meziorganizační vzdálený, lokální přístup nebo přístup na místě, například tak, aby úřady mohly získat dočasný přístup k VSS v případě mimořádných situací.

### Prostředí s nebezpečím výbuchu

#### ČSN EN 50724 (37 8310) *Pevné ultrazvukové detektory úniku plynu (UGLD) – Obecné požadavky a zkušební metody*

Tato norma se vztahuje na UGLD (ultrazvukové detektory úniku plynu), které pracují na frekvenci mimo pásmo slyšitelnosti. Tento dokument platí pro pevné ultrazvukové detekční zařízení úniku plynu určené k zajištění indikace, výstražné signalizace nebo jiné výstupní funkce za účelem spuštění automatické nebo manuální ochranné

činnosti (činností). Tento dokument stanoví obecné požadavky pro navrhování, zkoušení a funkčnost, a popisuje zkušební metody, které platí pro UGLD. Tento dokument neplatí pro přenosné detektory plynů, které pro detekci úniku plynu používají ultrazvukové měření, ani pro detektory plynů, které pro detekci úniku plynu používají jiné měření než ultrazvukové.

## Kabely a vodiče

**ČSN 34 7007 ed. 3 (34 7007) Zkušební požadavky na silnoproudé kabelové soubory se jmenovitým napětím od 3,6/6 (7,2) kV do 20,8/36 (42) kV – Část 2: Kabely s impregnovanou papírovou izolací**



Tato norma specifikuje požadavky na provedení typových zkoušek kabelového příslušenství pro použití na silových kabelech s impregnovanou papírovou izolací, specifikovaných v HD 621.

**ČSN EN IEC 60228 ed. 2 (34 7201) Jádra izolovaných kabelů**

Tato norma specifikuje jmenovité průřezy jader v rozsahu od 0,5 mm<sup>2</sup> do 3500 mm<sup>2</sup> pro jádra elektrických silových kabelů a šňůr širokého rozsahu typů. Zahrnutý jsou rovněž požadavky na počty a rozměry drátů a hodnoty odporu. Mezi tato jádra patří plná, lanovaná a Millikenova, měděná, hliníková a jádra z hliníkových slitin v kabelech pro pevné instalace a jádra měděná flexibilní. Tato norma se nevztahuje na jádra pro telekomunikační účely. Použitelnost této normy pro určitý typ kabelu je uvedena v normě pro daný typ kabelu.

## Vodní turbíny

**ČSN EN IEC 63461 (08 5009) Peltonovy turbíny – Přejímací zkoušky na modelu**

Tato norma se používá při práci s modely Peltonových turbín v laboratoři, pro modely prototypů s výkonem nebo příkonem větším než 5 MW. Použití obsažených postupů, zde popsanych, není pro stroje s menším výkonem obecně opodstatněné. Použití normy pro takové stroje závisí na dohodě mezi odběratelem a dodavatelem. Norma se netýká otázek výlučně obchodního rázu, s výjimkou těch, které jsou nezbytně spojeny s provedením zkoušek. Norma nepojednává ani o konstrukčních detailech strojů, ani o mechanických vlastnostech jejich součástí, pokud nemají vliv na modelové charakteristiky nebo na vztah mezi charakteristikami modelu a prototypu. Obsahuje pravidla provedení zkoušek a předepisuje měření, která je třeba uskutečnit, je-li některá fáze zkoušek sporná. V případě rozporu mezi touto normou a jinými normami má přednost tato norma.

Norma se vydává v anglickém jazyce s národní přílohou s překladem terminologie.

## Bezpečnost strojních zařízení

**CLC/IEC/TS 63394 (33 2203) Bezpečnost strojního zařízení – Směrnice o funkční bezpečnosti řídicího systému souvisejícího s bezpečností**

V kontextu bezpečnosti strojních zařízení poskytuje sektorová norma IEC 62061 spolu s ISO 13849-1 požadavky pro výrobce strojů na návrh, vývoj a integraci řídicích systémů souvisejících s bezpečností (SCS) nebo s bezpečností souvisejících částí řídicích systémů (SRP/CS) v závislosti na použité technologii (mechanická, pneumatická, hydraulická a elektrická technologie) k provádění bezpečnostních funkcí. Tento dokument nenahrazuje ISO 13849-1 a IEC 62061. Tento dokument uvádí doplňkový návod na aplikaci IEC 62061 nebo ISO 13849-1.



ÚŘAD PRO TECHNICKOU  
NORMALIZACI, METROLOGII  
A STÁTNÍ ZKUŠEBNICTVÍ

### Volné služební místo

rada oddělení správních a odborných činností  
odboru státního zkušebnictví v Úřadu pro technickou  
normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví

Místem výkonu práce je Praha

### ÚNMZ nabízí tyto benefity:

pružnou pracovní dobu  
5 týdnů dovolené  
po zapracování možnost práce z domova  
indispoziční volno v rozsahu 5 dnů  
příspěvek na stravování (stravenka v hodnotě 170 Kč/den)  
příspěvek na penzijní připojištění  
možnost dalšího osobního rozvoje a odborného růstu  
(školení, kurzy, jazykové vzdělávání)

# Rodinné domy i veřejné budovy ze dřeva. Vše o trendech energeticky efektivních domů přinese FOR ARCH 2025

Mezinárodní stavební veletrh FOR ARCH 2025 se koná od 16. do 20. září v Letňanech a nabídne novinky pro ty, kteří plánují výstavbu nebo rekonstrukci. Důraz bude kladen na dřevostavby, chytré technologie, vytápění, bezpečnostní systémy, stavební materiály a dotace. Partnerem pro energetiku výstaviště PVA EXPO PRAHA je společnost PKV Build, s.r.o.



postavit 25 % nových rodinných domů ze dřeva. Na veletrhu se návštěvníci dozví více o této problematice na stánku Asociace dodavatelů montovaných domů (ADMD).

V souvislosti s dřevostavbami roste i poptávka po stínící technice. Venkovní stínění, jako rolety a žaluzie, se v roce 2024 podílelo na více než 56 % trhu. Tato technika pomáhá regulovat teplotu v budovách a šetřit náklady na chlazení a vytápění. Stínění se také stává součástí chytrých domácností, což zvyšuje komfort a energetickou efektivitu. Vnitřní stínění se zase čím dál častěji používá jako designový prvek.

Další důležitou součástí veletrhu budou informace o dotačních programech, především o programu **Nová zelená úsporám**, který vstoupil do nové etapy. Tento program nyní nabízí možnost získat zálohy na renovace ještě před jejich zahájením, což pomůže domácnostem s financováním energetických úspor. Novinkou je také možnost získat zvýhodněný úvěr na zateplení a související opatření.

Dřevostavby v Česku zažívají rychlý rozvoj. Moderní dřevěné domy jsou ekologické, energeticky efektivní a vznikají díky prefabrikaci a modulární výstavbě rychleji. Novostavby dnes běžně využívají solární panely, rekuperaci a chytré domácnosti. Od července 2025 budou platit nové požární normy, které umožní stavět dřevostavby až do výšky 22,5 metru, což otevře možnost výstavby vyšších dřevěných bytových a veřejných budov. Cílem státu je do roku 2035

Veletrh FOR ARCH 2025 přinese také vystavovatele z oblasti stavebních materiálů, vytápění, bezpečnosti, bazénů, elektrotechniky a energetických úspor. Součástí akce budou i konference, přednášky a workshopy, zaměřené na novinky ve stavebnictví. Akce probíhá současně s veletrhem nábytku a interiérů **FOR INTERIOR**.

Pro více informací navštivte [www.forarch.cz](http://www.forarch.cz).



Host firmy:



00AOC25000004480832

Přikládejte ke čtečce kódem nahoru.

## ČESTNÁ VSTUPENKA

NEPRODEJNÉ | Vstupenka neopravňuje k bezplatnému parkování.

# FOR ARCH

## 36. MEZINÁRODNÍ STAVEBNÍ VELETRH



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

**PVA** EXPO PRAHA  
**16.–20. 9. 2025**

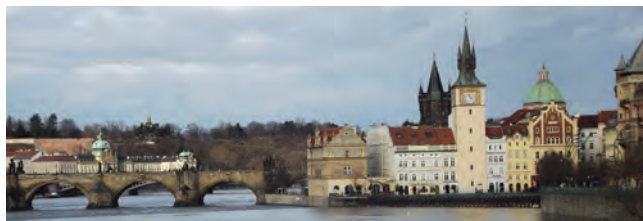


## PŘIPRAVOVANÉ AKCE ČMS NA II. POLOLETÍ ROK 2025



Česká metrologická společnost, z.s.  
Zakládající člen Českého svazu  
vědeckotechnických společností

Novotného lávka 5, 110 00 Praha 1  
tel.: 221 082 254, 606 957 233  
e-mail: [cms-zk@csvts.cz](mailto:cms-zk@csvts.cz)  
[www.spolky-csvts.cz/cms](http://www.spolky-csvts.cz/cms)



| Datum a místo konání  | Kód akce | Název akce   |
|---|----------|--|
| 25. září 2025<br>IMECO TH s.r.o.<br>Tyršova 1183,<br>664 42 Modřice       | K 639-25 | Měření úchylek<br>geometrických tolerancí<br>(zaměřeno na parametry<br>kruhovitosti, válcovitosti apod.) |
| 29. září 2025<br>ČSVTS, Praha,<br>Novotného lávka 5,<br>učebna č. 315     | K 628-25 | Měření vnitřního denního<br>osvětlení  |
| 13. říjen 2025<br>ČSVTS, Praha,<br>Novotného lávka 5                      | K 634-25 | Nejistoty měření ve<br>strojírenství<br>Způsoby výpočtu nejistoty  |
| 3. listopad 2025<br>ČSVTS, Praha,<br>Novotného lávka 5,<br>sál č. 318     | K 637-25 | Metrologie ve zdravotnictví  |
| 10. listopad 2025<br>ČSVTS, Praha,<br>Novotného lávka 5,<br>učebna č. 315 | K 629-25 | Měření venkovního<br>elektrického osvětlení  |

| Datum a místo konání  | Kód akce  | Název akce   |
|---|-----------|--|
| 24. listopad 2025<br>ČSVTS, Praha,<br>Novotného lávka 5,<br>učebna č. 315 | K 636-25  | Měření elektrických veličin<br>s praktickými ukázkami<br>kalibrace vybraných měřidel |
| 10. prosinec 2025<br>ČSVTS, Praha,<br>Novotného lávka 5                   | Ko 638-25 | 25. fórum metrologů  |
| 15. až 18. 12. 2025<br>ČSVTS, Praha,<br>Novotného lávka 5,<br>sál č. 315  | K 631-25  | 61. základní kurz metrologie   |
| Trvalá nabídka  | K 90      | Korespondenční kurz<br>metrologie  |

Nabídka akcí bude průběžně aktualizována. Aktuální nabídka včetně termínů konání a přihlášek ke stažení bude uvedena na:  
<https://www.spolky-csvts.cz/cms/kalendar-akci-cms>

Pokud máte zájem o aktuální informace a o termínech pořádaných akcí, registrujte se na:  
<https://www.spolky-csvts.cz/cms/content/registrace>

### Redakční rada:

Ing. Zdeňka Pohořelá (předsedkyně); Mgr. Kristýna Vančurová (místopředsedkyně); Mgr. Petr Barták; Ing. Miroslav Čermák; Mgr. Václava Holušová; doc. Ing. Jiří Horský, CSc.; Ing. Jiří Kazda; Ing. Pavel Nosek; RNDr. Klára Popadičová; Ing. Pavel Rubáš, Ph.D.; doc. Mgr. Ing. Jan Rybář, Ph.D.; Ing. Jakub Svatoš, Ph.D.; doc. RNDr. Jiří Tesař, Ph.D.; Ing. Josef Vojtíšek.

Prizvání: PhDr. Bořivoj Kleník – šéfredaktor.

Časopis vychází 4 x ročně. Cena výtisku 80,- Kč, roční předplatné 320,- Kč + poštovné a balné + 12 % 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, Biskupský dvůr 1148/5, 110 00 Praha 1. IČO: 48135267. Povolení tisku: registrace MK ČR 6111, MIČ 46 676, ISSN 1210-3543.

Místo vydávání: Praha. Datum vydání: srpen 2025. Nakladatelský servis, předplatné a inzerce: PhDr. Bořivoj Kleník, Bezdědice 19, 294 25 Katusice, mobil: 603 846 527, e-mail: [klenik@q-art.cz](mailto:klenik@q-art.cz). Nevyžádané materiály se nevracejí. Za původnost a správnost příspěvků odpovídají autoři.

### Foto na obálce:

Závěsná třmenová váha

### Photo on the front page:

Shackle-Type Crane Scale

