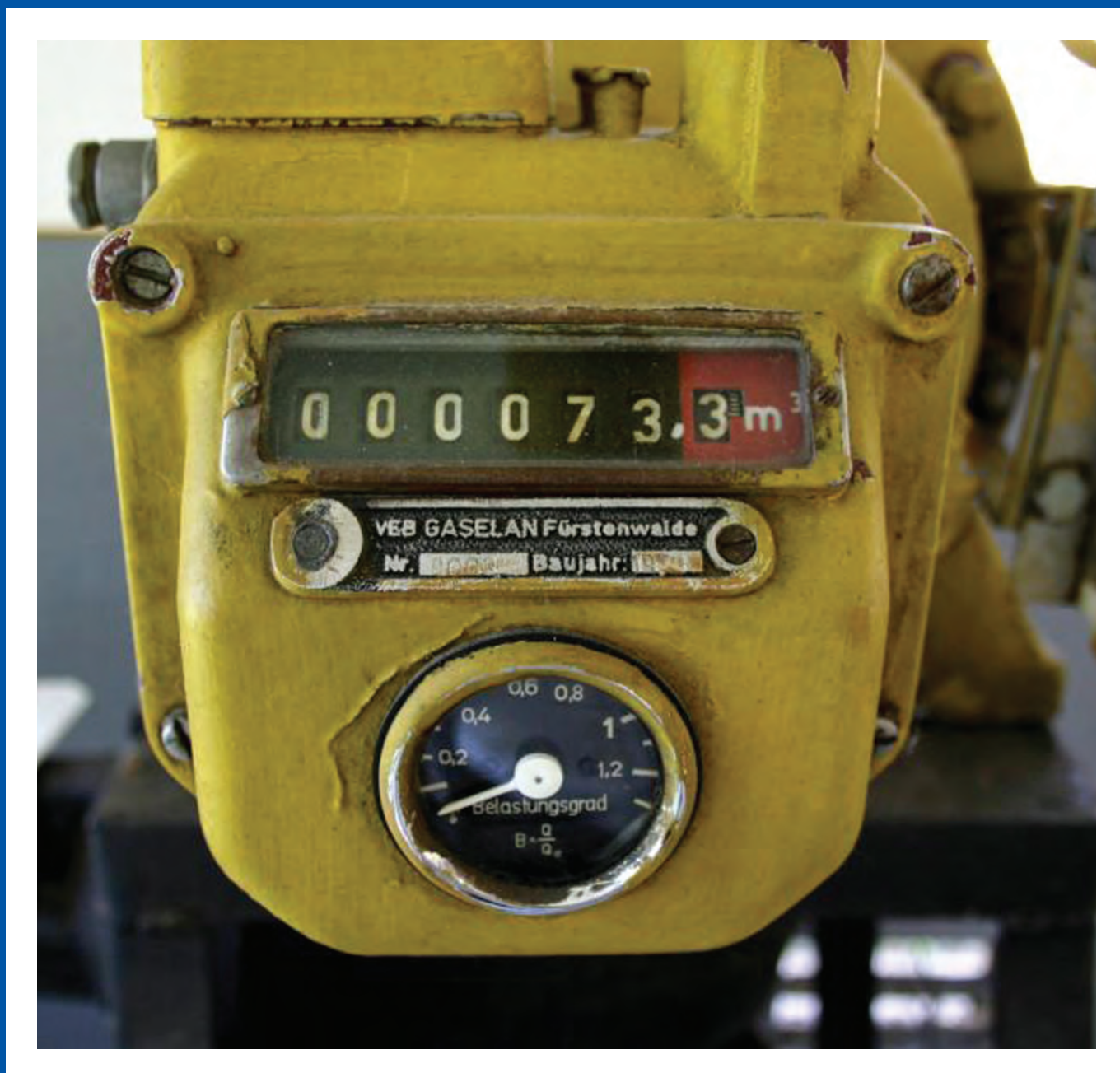


3/2017  
ROČNÍK 26

# METROLOGIE

VĚDECKÁ  
LEGÁLNÍ  
PRAKTICKÁ





## Vzpomínka

31. května 2017 zemřel Ing. Lubomír Šutek, CSc. (\* 7. 11. 1932 v Žilině). Celý svůj život věnoval Metrologii. Byl posledním technickým náměstkem Československého metrologického ústavu (ČSMÚ), prvním předsedou Slovenského Úřadu pro normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (ÚNMS SR) a prvním ředitelem Slovenské národní akreditační služby (SNAS).

Ing. Lubomír Šutek, CSc. byl od roku 1982 posledním technickým náměstkem ČSMÚ před jeho rozdělením na českou část, ČMI a slovenský SMÚ. V době, kdy ještě nebyl internet a zahraniční cesty byly výjimkou, se snažil organizovat přenos informací ke všem zainteresovaným pracovníkům v metrologii a o větší spojení metrologie v ČSMÚ a metrologie ve výrobních podnicích. Organizačně k tomu využíval ČSMÚ jako tehdy oficiální vedoucí pracoviště vědeckotechnického rozvoje. Organizoval odborné schůzky a zřizoval i odborné skupiny zájemců o metrologickou normalizaci, zejména OIML (byly to odborné skupiny značené SP a SR + číslo podle OIML). Zajistil také program tvorby skupiny skript pro oblasti metrologie a měření. Sám byl autorem jedněch skript z této řady pod názvem Statistka v metrologii. Mezi nezapomenutelné vzpomínky se řadí i oponentura státního plánu standardizace, kterou řídil a která se konala v den první manifestace v listopadu 1989 v Bratislavě. Oponentury proběhly úplné, v celém rozsahu, ale ve velkém tempu, aby všichni účastníci (slovenští řešitelé i moravští oponenti) se stihli s průvodem dostat včas na první listopadovou manifestaci v Bratislavě.

Čest jeho památce a díky za praktické spojování metrologie na Slovensku a v Českých zemích v době ČSMÚ.



**VĚDA A VÝZKUM**

<b>Ing. Petr Kovář, Ing. Jiří Šuráň, MBA</b> Evropský výzkumný projekt „Metrologie pro radiační sítě včasného varování v Evropě“ .....	2
---	---

**LEGÁLNÍ METROLOGIE**

<b>Ing. Zdeňka Pohořelá, Ing. Štěpán Mašek</b> Historie státní metrologie v Českých zemích .....	4
---	---

**ZKUŠEBNICTVÍ**

<b>Prof. Karel Pospíšil, Ph.D., LL.M.</b> <b>Ing. Jindřich Frič, Ph.D.</b> Přetvárné charakteristiky zemní pláně dopravních liniových staveb .....	6
--	---

**METROLOGIE V PRAXI**

<b>Ing. František Moler</b> Metrologická stanice JUSTUR .....	14
--	----

<b>Ing. Jana Dolejší, Bc. Jan Dolejší</b> Hluk z dopravy .....	16
---	----

<b>Doc. Ing. Jiří Horský, CSc.</b> Elektrostatický výboj (ESD) a jeho význam v běžném životě i v metrologii .....	18
--	----

<b>Doc. Ing. Jiří Pernikář, CSc.</b> <b>Doc. Ing. Miroslav Tykal, CSc.</b> MSA – (Measurement Systems Analysis) – Analýza systémů měření – Základní zásady pro výběr metody a aplikaci v praxi .....	25
--	----

<b>Ing. Antonín Šiška, Ing. Václav Hora</b> Modernizace technologického vybavení AMS K 97 – Laboratoř metrologie ionizujícího zařízení OLOMOUC .....	28
---	----

**INFORMACE**

<b>Doc. Ing. Jiří Horský, CSc.</b> Informace o práci Českého kalibračního sdružení (ČKS) .....	29
---	----

<b>Ing. Jan Tichý</b> Výroční zasedání výboru pro referenční materiály ISO/REMCO 2017 .....	32
--	----

<b>Prof. Ing. Jindřich Vítovec, DrSc.</b> <b>Ing. František Hnízdil</b> Certifikace odborné způsobilosti osob v oborech metrologické a zkušební činnosti .....	33
--	----

Nabídka akcí ČMS do konce roku 2017 – kurzy, semináře, konference .....	35
---	----

**PR**

<b>Amtest-TM s.r.o.</b> .....	36
<b>Coptis</b> .....	37
<b>ÚNMZ</b> .....	38
<b>ABF</b> .....	39

**SCIENCE AND RESEARCH**

<b>Ing. Petr Kovář, Ing. Jiří Šuráň, MBA</b> The European Research Project “Metrology for Radiological Early Warning Networks in Europe” .....	2
---	---

**LEGAL METROLOGY**

<b>Ing. Zdeňka Pohořelá, Ing. Štěpán Mašek</b> History of State Metrology in the Czech Lands .....	4
---	---

**TESTING**

<b>Prof. Karel Pospíšil, Ph.D., LL.M.</b> <b>Ing. Jindřich Frič, Ph.D.</b> Transformation Characteristics of Natural Soil in Traffic Infrastructure Constructions .....	6
---	---

**METROLOGY IN PRACTICE**

<b>Ing. František Moler</b> JUSTUR Metrology Station .....	14
---	----

<b>Ing. Jana Dolejší, Bc. Jan Dolejší</b> The Traffic Noise .....	16
--	----

<b>Doc. Ing. Jiří Horský, CSc.</b> Electrostatic Discharge (ESD) and Its Importance in Everyday Life and in Metrology .....	18
--	----

<b>Doc. Ing. Jiří Pernikář, CSc.</b> <b>Doc. Ing. Miroslav Tykal, CSc.</b> MSA – Measurement System Analysis – The Basic Principles for Method Selection and Application in Practice .....	25
--	----

<b>Ing. Antonín Šiška, Ing. Václav Hora</b> The Modernization of Technological Equipment AMS K 97 – Ionizing Radiation Metrology Laboratory OLOMOUC .....	28
--	----

**INFORMATION**

<b>Doc. Ing. Jiří Horský, CSc.</b> Information about the Activities of the Czech Calibration Association (ČKS) .....	29
---	----

<b>Ing. Jan Tichý</b> The Annual Meeting of the Committee on Reference Materials ISO/REMCO 2017 .....	32
--	----

<b>Prof. Ing. Jindřich Vítovec, DrSc.</b> <b>Ing. František Hnízdil</b> Certification of Professional Competence in Metrological and Testing Activities .....	33
---	----

Events Organized by ČMS by the End of 2017 – Courses, Workshops, Conferences .....	35
--	----

**PR**

<b>Amtest-TM s.r.o.</b> .....	36
<b>Coptis</b> .....	37
<b>ÚNMZ</b> .....	38
<b>ABF</b> .....	39

## EVROPSKÝ VÝZKUMNÝ PROJEKT „METROLOGIE PRO RADIAČNÍ SÍTĚ VČASNÉHO VAROVÁNÍ V EVROPĚ“

**Ing. Petr Kovář, Ing. Jiří Šuráň, MBA**

*Český metrologický institut*



### 1. Úvod

V případě radiologické hrozby má včasná a správná znalost koncentrace radioaktivních látek ve vzduchu, úroveň kontaminace půdy a úroveň dávkového příkonu v obydlených oblastech zásadní význam pro ochranu obyvatelstva před nebezpečím vnějšího ozáření a vnitřní kontaminace způsobené příjmem kontaminovaných potravin nebo vzduchu.

Všechny evropské země provozují síť včasného varování a v Evropě je umístěno cca 5000 stanic monitorujících dávkový příkon, ale pouze okolo 250 z nich měří též kontaminaci ovzduší. V hodinových intervalech jsou naměřená data odesílána do centrály EURDEP (European Radiological Data Exchange Platform) provozované Evropskou komisí.

Úkolem projektu byl vývoj metod pro harmonizaci hodnot naměřených v jednotlivých sítích při použití různých typů detektorů, tak aby byly porovnatelné v případě přeshraniční jaderné havárie. To umožní konzistentní sběr dat a jejich vyhodnocení tak, aby byla použitelná pro vydání nezbytných opatření zodpovědnými úřady. V rámci projektu byly též vyvinuty nové měřicí systémy založené na spektrometrických detektorech pro dosažení větší přesnosti při měření dávkového příkonu a rozšíření počtu stanic monitorujících kontaminaci ovzduší.

Zlepšení metrologického zabezpečení stanic včasného varování vede ke zvýšení ochrany obyvatelstva a k podstatnému snížení celkových nákladů na likvidaci jaderné havárie, které jsou například u černobylské havárie odhadovány na cca 400 miliard eur.

### 2. Vědecké a technické cíle projektu

- Vývoj nových detekčních systémů pro stanice včasného varování, umožňujících přesné stanovení dávkového příkonu a poskytujících informaci o radionuklidovém složení.
- Vývoj nových detekčních systémů se spektrometrickými detektory (např. LaBr<sub>3</sub>, CeBr<sub>3</sub>, CdZnTe a HPGe) pro měření kontaminace ovzduší.
- Validace a implementace společných měřicích a kalibračních postupů s cílem zajistit metrologickou návaznost dat vstupujících do centrální databáze EURDEP.
- Validace nových spektrometrických systémů pro výpočet dávkových příkonů a kontaminace ovzduší pomocí Monte Carlo simulací a srovnávacích experimentů.
- Vývoj zdokonalených metod pro měření a vyhodnocení nízkých koncentrací radonu v ovzduší řádu 300 Bq/m<sup>3</sup> a níže.
- Vývoj nových sofistikovaných protokolů pro analýzu dat s cílem zajištění rychlého šíření informací o radiologické situaci.

### 3. Výsledky

#### 3.1 Spektrometrické monitory koncentrace radionuklidů v ovzduší

Pro monitorování radioaktivity ovzduší byly vyvinuty a testovány tři prototypy monitorů pro měření aerosolů zachycených na filtrech a stanovení koncentrace umělých radionuklidů ve vzduchu. Tyto monitory umožňují nabírání vzorků s volitelnými průtokem vzduchu a dobou sběru, a měření vzorků pomocí spektrometrických polovodičových či scintilačních detektorů. Monitory mohou pracovat v manuálním, poloautomatickém, nebo automatickém provozu.

Ve slovinském metrologickém institutu (IJS) byl vyvinut kompaktní přenosný přístroj s CeBr<sub>3</sub> detektorem pro sběr a on-line měření vzorků aerosolů, pracující v síti 3G. Monitor byl kalibrován a testován ve spolupráci s National Physical Laboratory (NPL, Velká Británie) a bude využit ve stanicích jaderné elektrárny Krško.

Český metrologický institut ve spolupráci s firmou NUVA a.s. vyvinul nový systém pro měření koncentrace radionuklidů v ovzduší. Tento systém umožní plně automaticky dálkově ovládaný provoz zahrnující nabírání a měření filtrů, vyhodnocení spekter záření gama, stanovení aktuální koncentrace radionuklidů ve vzduchu a uložení změřených filtrů do depozitáře. Systém je založen na germaniovém HPGe detektoru s vysokým rozlišením pro identifikaci jednotlivých radionuklidů ve směsi. Systém byl testován a kalibrován ve spolupráci s NPL.

Ve španělském metrologickém institutu (CIEMAT) byl zdokonalen monitorovací systém, umístěný v areálu institutu. Tento systém měří vzorky filtrů pomocí HPGe detektoru a bude součástí španělské sítě včasného varování.

#### 3.2 Nové dozimetrické měřicí systémy se spektrometrickými detektory

Důvodem pro použití spektrometrických systémů (tzv. spektro-dozimetrických systémů) pro monitorování životního prostředí je získat kromě hodnot dávkového příkonu též informaci o radionuklidovém složení kontaminace ze spekter záření gama. Proto byly vyvinuty a uvedeny do provozu nové spektrometrické systémy a provedena řada experimentálních měření a Monte Carlo simulací. V těchto systémech byly použity Geiger-Muellerovy trubice či ionizační komory pro stanovení dávkových příkonů a polovodičové detektory CdZnTe, LaBr<sub>3</sub>, CeBr<sub>3</sub> a SrI<sub>2</sub>. Testovací měření byla provedena v radonové komoře PTB a svazcích záření gama v ozařovnách University of Barcelona (UPC) a PTB.

#### 3.3 Jednotné metrologické postupy a zajištění návaznosti kalibrací

V rámci projektu byla zlepšena metrologická návaznost kalibrací pro měření nízkých dávkových příkonů a koncen-



traci radionuklidů ve vzduchu, významná pro harmonizaci evropských sítí včasného varování. Podařilo se snížit nejistoty o 60 % až 70 % pro dozimetrické veličiny a o 50 % až 70 % pro měření koncentrací radionuklidů uvolňovaných při jaderné havárii. Byly vytvořeny postupy pro měření a kalibraci nových měřicích systémů.

### 3.4 Validace nových principů detekce

Bylo dosaženo významného pokroku v Monte Carlo simulacích za použití kódu PENELOPE a nové verze kódu DETEFF, který je schopen počítat základní parametry pro výpočet dávkového příkonu ze spekter záření gama. Zdokonalené verze byly použity při různých experimentech a testována jejich schopnost počítat dávku  $H^*(10)$  ze spekter nabraných detektorem  $\text{LaBr}_3$ . Referenční hodnoty byly získány ozařováním v různých fotonových svazcích kalibrační laboratoře UPC.

Byla vyvinuta metoda pro odstranění parazitního příspěvku přírodních radionuklidů a kosmického záření ze spekter záření gama nabraných HPGe detektorem při stanovení aktivity aerosolů s cílem snížit významně minimální detekovatelné aktivity pro umělé radionuklidy.

V PTB bylo provedeno první mezinárodní porovnání spektro-dozimetrických systémů v referenční podzemní kalibrační laboratoři, umístěné v bývalém solném dole, a stanici pro měření kosmického záření, umístěné na hladině jezera. Výsledky porovnání pomohou optimalizovat tyto nové měřicí systémy a validovat metody vyhodnocení naměřených dat.

### 3.5 Zdokonalení metod detekce a analýzy dat pro nízké koncentrace radonu

Měření provedená pomocí měřidel dávkového příkonu a spektrometrů v radonové komoře PTB ukázala, že nízké koncentrace radonu ve vzduchu neovlivňují významně měření dávkového příkonu. Bylo však zjištěno, že dceřiné produkty radonu, které se usazují na detektorech, mohou ovlivnit výsledky měření.

Měření byly též časově závislé koncentrace půdního radonu, koncentrace dceřiných produktů radonu ve vzduchu a dávkové příkony. Byly provedeny Monte Carlo simulace a výsledky porovnané s experimentálními hodnotami.

### 3.6 Nové sofistikované protokoly pro analýzu dat

Série měření přírodních úrovní dávkových příkonů provedená v letech 1988 až 2015 byla analyzována a nalezeny periodicity přisouzené různým fyzikálním efektům. Toto poznání bude využito ke snížení nejistot při měření dávkových příkonů ve stanicích včasného varování, zejména při posouzení vlivu přírodního pozadí.

Byla vytvořena databáze umožňující ukládání velkého množství spekter naměřených v sítích včasného varování. Toto je významné zvláště pro použití spektro-dozimetrických měřicích systémů. Databáze byla testována několika

síťovými operátory při rutinním provozu a poznatky budou použity pro její optimalizaci. To pomůže při konverzi dat a jejich výměně.

## 4. Impakt

Projekt byl sledován 29 odborníky z oblastí operátorů sítí včasného varování, institutů radiační ochrany, národních jaderných regulátorů, výrobců měřidel ionizujícího záření a univerzit, pro které byly organizovány dva semináře s prezentací výsledků projektu.

Přes 30 prezentací bylo uvedeno na mezinárodních konferencích, jako EURADOS, Science and Technology, ENVIRA, IAEA, ICRM a NRC9. 18 publikací bylo odesláno do impaktovaných časopisů, jako Journal of Instrumentation, Radiation Protection Dosimetry, Journal of Environmental Radioactivity a Applied Radiation and Isotopes. Výsledky projektu byly prezentovány v technických komisích IEC/TC45, CLC/TC45B a EURAMET TC-IR.

Implementace výsledků projektu přispěje ke zvýšení přesnosti měření dávkového příkonu a radioaktivity ovzdušší na stanicích sítí včasného varování v Evropě. V případě radiologického nebezpečí s přeshraničními důsledky budou doporučení Evropské komise vycházet z harmonizovaných dat národních sítí. Větší přesnost stanovení kontaminace půdy pomůže lépe definovat zakázané oblasti a evakuační zóny, což povede k redukci celkových nákladů. Včasné vyhodnocení kontaminace zemědělských produktů povede k rychlejšímu rozhodnutí o stažení kontaminovaných potravin z trhu.

Prokázání spolehlivosti dat z rutinních měření je významné pro obhajobu provozování a výstavbu nových jaderných zařízení v Evropě před veřejností.



*Projekt probíhal od června 2014 do května 2017 v rámci programu EMRP (European Metrology Research Programme) a účastnilo se ho 13 evropských metrologických institutů. Projekt byl společně financován Evropskou unií a partnerskými státy.*

## HISTORIE STÁTNÍ METROLOGIE V ČESKÝCH ZEMÍCH – (Díl pátý)

Ing. Zdeňka Pohořelá, Ing. Štěpán Mašek

Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví

Tento díl historií státní metrologie si vytkl za cíl zobrazit změny ve státní metrologii v kontextu dějinných událostí první poloviny 20. století. Úvodní a zároveň přelomovou událostí byl počátek 1. světové války. Kořeny tohoto konfliktu sahaly hluboko do historie vztahů mezi národy Evropy. Koncem 19. století se začíná projevovat Německé císařství se svou rozpínavostí, na kterou nelibě přihlížela Francie. Rakousko-Uhersko se po ztrátě vlivu v Německu obrátilo na Balkán, čímž narazilo na ruské zájmy. Ve snaze předejít celoevropskému konfliktu dochází k uzavírání dohod mezi jednotlivými evropskými státy (Trojspolek, trojdohoda, dvoustranné dohody...). Situace v Evropě se ale dále stávala neudržitelnou a po známém atentátu na následníka trůnu Františka Ferdinanda d'Este je rozpoután konflikt, který se rozrostl v nečekané rozměry a právem si vysloužil přívlastek 1. světová válka. Je zcela evidentní, že v době, kdy „mluví zbraně“ nelze počítat s významnými změnami v oblasti, která si říká metrologie.

Po ukončení 1. světové války dochází k zásadnímu dělení Evropy, což má významný dopad na české země. Rakousko-Uhersko se rozpadá a 28. října 1918 vzniká samostatné Československo. Se vznikem samostatného československého státu přechází řízení otázek metrologie z působnosti ministerstva obchodu do kompetence ministerstva veřejných prací. Pro

nově vzniklou vládu (9. 11. 1918) začíná období převratných reforem. Z tohoto pohledu je velmi zajímavé, že první nařízení týkající se dozoru státu nad měřením a měřidly vydává ministerstvo veřejných věcí již 20. listopadu 1918, jedná se o **nařízení č. 52/1918 Sb., o zřízení Československého ústředního inspektorátu pro službu cejchovní**. Měrová služba tak byla stabilizována a byly vytvořeny tři dozorní obvody pro Čechy, Moravu a Slovensko. V čele těchto obvodů byly jako měrové orgány vytvořeny Cejchovní inspektoráty v Praze, Brně a Bratislavě, které byly pod záštitou Ústředního cejchovního inspektorátu, sídlícího v Praze. Jak je zřejmé z příloženého **obr. 1**, jedná se o nařízení velmi jednoduše koncipované, ale splňující okamžité požadavky vyplývající z podmínek nově vzniklého státu. Nutno dodat, že cejchovní služba, kterou přebrala Československá republika, byla v Rakousku-Uhersku velmi dobře propracovaná, byly rozděleny kompetence okresních a zemských úřadů, zpracovány instrukce na cejchování jednotlivých druhů měřidel apod. Stačilo tedy službu přetransformovat do nových podmínek.

Ministerstvo veřejných prací svým dalším nařízením č. 73 ze dne 11. února 1919 pozměňuje některé člán-

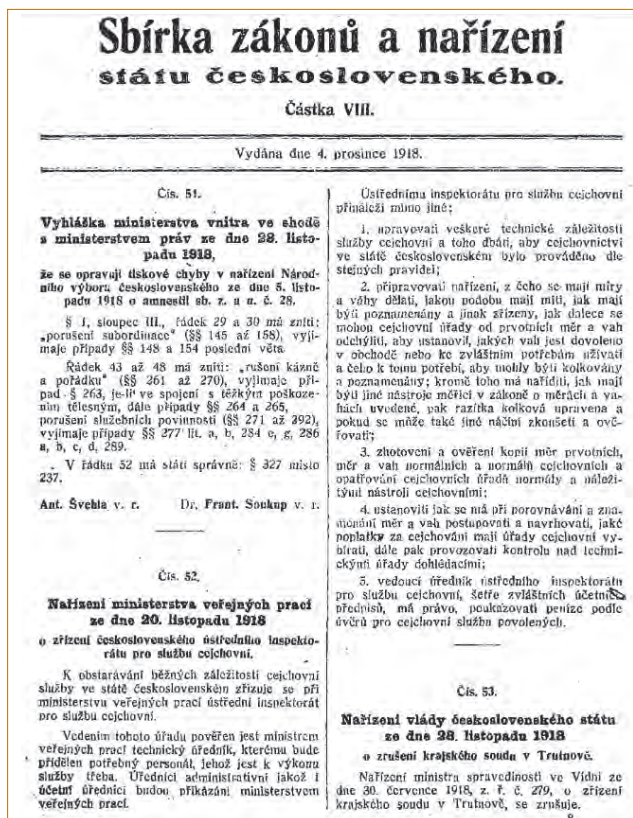
ky v cejchovním řádu, který je v platnosti od roku 1872 a v § 74 vyhláshuje, „všeobecnou značku cejchovní“, vzor je uveden na **obr. 2**.

Československý ústřední inspektorát mimo plnění svých

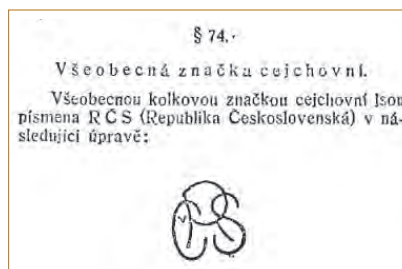
Obr. 2: Všeobecná značka cejchovní

základních povinností vydává svůj „Ústřední věstník státní služby cejchovní“, kde informuje o důležitých změnách a novinkách týkajících se cejchovní služby.

Jednou z „nemetrologických“ činností, kterou se Ústřední cejchovní inspektorát také zabýval, bylo vybavení pracovníků úřadu pracovními plášti. Protože se nám dostala do



Obr. 1: Nařízení ministerstva veřejných věcí č. 52/1918



Ústřední věstník státní služby cejchovní.

Cis. 6. Vydává Čsl. ústřední inspektorát pro službu cejchovní. V Praze dne 1. července 1924.

Obsah: Seznam cejchovních inspektorátů a cejchovních úřadů. — Hmíkové míry na mětko a stej a rovným dnem. — Závaží ze zinku a zinkové slitiny; zátky z olova, zinku a zinkové slitiny pro závaží a váhy. — Konstruktivní změna desetiné váhy stolní systém Frigola. — Přeslání Čs. ústředního inspektorátu pro službu cejchovní v Praze. — Ořební.

Seznam cejchovních inspektorátů a úřadů s udáním dne zahájení činnosti úřadů, jejich úřední značky, počtu úředních dnů a působnosti.

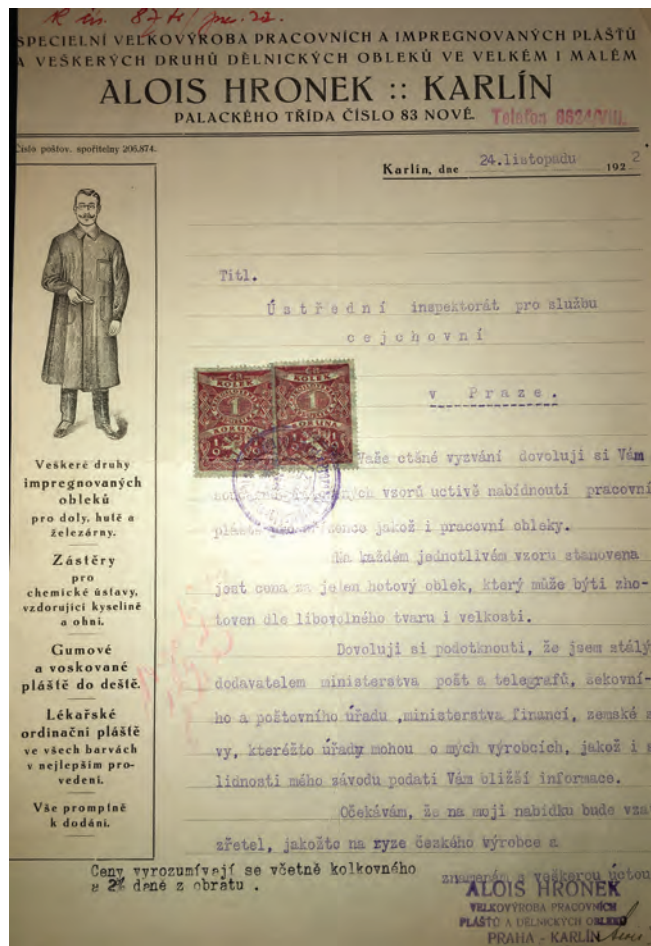
A. Cejchovní inspektoráty.

Úřední značka inspektorátu obsahuje po levé straně monogramu RCS pořadové číslo inspektorátu, po pravé straně šestipokoj hvězdu.

Obr. 3: Příklad titulní strany věstníku z roku 1924



rukou právě jedna z nabídek takovýchto pláštů, přikládáme ji čtenářům pro zajímavost na obr. 4.



Obr. 4: Nabídka pracovních pláštů firmy Alois Hronek pro pracovníky Československého ústředního inspektorátu pro službu cejchovní

Ve 20. letech minulého století dochází k ekonomické stabilizaci nejen v Československu, ale v celé Evropě. Pro metrologii je zvláště důležitý rok 1922, kdy se Československo stalo členem

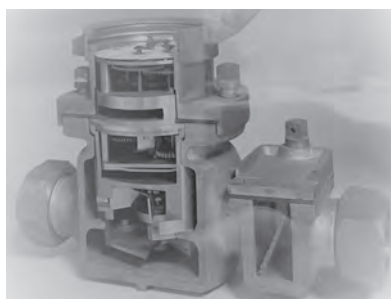


Obr. 5: Historický plynoměr

30. let, ale to už je v souvislosti se vzestupem zbrojní výroby a předzvěstí očekávání dalšího válečného konfliktu.

S rozvojem průmyslové výroby přibývá měřidel, mění se jejich provedení (viz obr. 5 a 6), požadavky na kvalitu, proto je nutno pozměnit i některé předpisy.

Metrické konvence. Do příznivého ekonomického vývoje těžce zasáhne v roce 1929 světová hospodářská krize, vlna dalšího hospodářského rozmachu přichází až v polovině



Obr. 6: Řez historickým vodoměrem

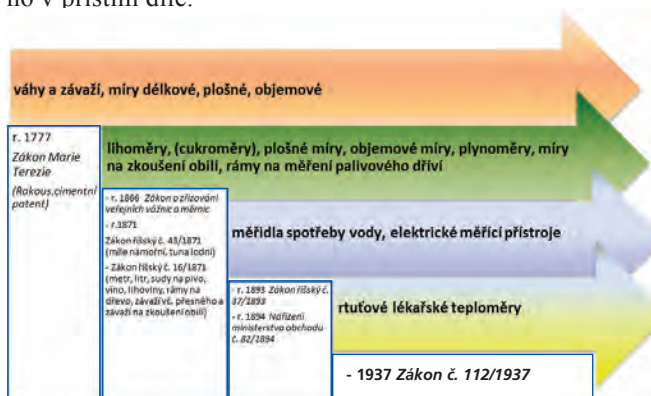
Například nařízení vlády č. 107 z 15. 6. 1934 rozšiřuje použití vodoměrů pro měření spotřeby vody o další druhy.

V této době se mezi měřidla kontrolovaná státem dostávají i měřidla sloužící k ochraně zdraví, jako první jsou zákonem č. 112 z 10. 6. 1937 zavedeny k povinnému úřednímu cejchování lékařské rtuťové teploměry.



Obr. 7: Historický lékařský rtuťový teploměr

Politický vývoj na konci 30. let je nepříznivý nejen pro rozvoj metrologie, ale na mnoho dalších let je zpomalen i ekonomický rozvoj vůbec. Po obsazení Sudet a vyhlášení Protektorátu Čechy a Morava a na počátku 2. světové války je ještě státní správa včetně cejchovních inspektorátů zachována, ale do čela jednotlivých úřadů jsou postupně dosazováni úředníci německé národnosti. Na většině úřadů je cejchovní služba spojena se službou puncovní. Po druhé světové válce se samozřejmě vedení úřadů vrací do českých rukou, avšak v očekávání dalších změn, kdy po únoru 1948 mohou zůstat v úřadech pouze zaměstnanci loajální s nově nastoupeným socialistickým režimem. Dalším důležitým mezníkem legální metrologie je rok 1962, kdy vešel v platnost Zákon o měrové službě, o kterém bude pojednáno v příštím díle.



Obr. 8: Graf vývoje regulace měřidel státem - pokračování

Literatura:

- [1] Metrologie její vývoj a současnost, Dr. Ing. Václav Šindelář, CSc. A Ing. Zdeněk Tůma (2002)
- [2] Sbírnka zákonů
- [3] Wikipedie

## PŘETVÁRNÉ CHARAKTERISTIKY ZEMNÍ PLÁŇE DOPRAVNÍCH LINIOVÝCH STAVEB

**Prof. Karel Pospíšil, Ph.D., LL.M.**

**Ing. Jindřich Frič, Ph.D.**

*Centrum dopravního výzkumu, Brno*

### Abstrakt:

Přetvárnými charakteristikami v dopravním stavitelství rozumíme obvykle deformační odezvu zeminy, sypaniny nebo vrstvy stmelěného materiálu na zatížení. Číselným vyjádřením deformační charakteristiky může být celá řada veličin. Jednou z nich je tzv. kalifornský poměr únosnosti a druhou moduly pružnosti či deformace. Zatímco kalifornský poměr únosnosti je ryze umělou, empirickou veličinou, moduly mají fyzikální podstatu známou i z jiných oblastí mechaniky, neboť vycházejí z Hookova zákona, podle kterého je modul konstantou úměrnosti mezi stavem napjatosti a relativní deformací. U zemin, sypanin či jiných silně heterogenních materiálů, které mnohdy ve svých pórech navíc obsahují vodu, nelze předpokládat lineární chování, a to ani v poměrně omezeném rozsahu měření. Znamená to, že už samo slovo „konstanta“ je problémem, neboť, kde není lineární chování, není ani konstanta úměrnosti. Z popsání skutečnosti vyplývá, že jakýkoli modul používaný v geotechnice či dopravním stavitelství, není ve své podstatě žádným modulem ve smyslu Hookova zákona, nýbrž jen smluvní charakteristikou, jejíž hodnota je silně závislá na způsobu jejího stanovení. Totéž platí o zmíněném kalifornském poměru únosnosti. Článek popisuje metodologické rozdíly ve stanovování kalifornského poměru únosnosti i modulů využívaných v praxi.

### 1. Úvod do problematiky

Deformační odolnost zemní pláňe, resp. pláňe železničního spodku, tzn. plochy nacházející se pod konstrukčními vrstvami vozovky, resp. pod železničním svrškem přímo ovlivňuje porušování konstrukce vozovky, resp. železničního svršku. Z tohoto důvodu se v moderní historii budování liniových dopravních staveb zavedla kritéria, která má zemní pláň, resp. pláň železničního svršku splňovat, aby konstrukce, která se na ní zbuduje, měla předpokládanou životnost.

Deformační charakteristiky se obvykle určují na zeminách s určitou mírou zhutnění. Podkladem pro určení míry zhutnění je výsledek laboratorní zkoušky, kterou se určí, jak lze danou zeminu zhutnit, tzn., určí hodnotu maximální reálně dosažitelné objemové hmotnosti. Tato hodnota se u soudržných zemin určí Proctorovou zkouškou [1-4] a u nesoudržných zemin v rámci zkoušky relativní ulehlosti [5]. Míra zhutnění se určí porovnáním hodnoty maximální laboratorně zjištěné objemové hmotnosti s hodnotou objemové hmotnosti dosažené na stavbě.

V dopravním stavitelství se význam pojmu únosnost poměrně liší od jeho významu v ostatním stavitelství. Zatímco

se obecně únosností rozumí schopnost tělesa, konstrukce či vrstvy přenést určité zatížení, aniž by došlo k její destrukci, v dopravním stavitelství se jí rozumí spíše schopnost konstrukce či vrstvy odolávat zatížení v mezích určité deformace. V české silničářské literatuře se sice pravděpodobně nevyskytuje ztotožnění pojmů únosnost a přetvárná charakteristika, ač se tomu tak v běžné komunikaci děje, avšak v železničářské literatuře lze toto ztotožnění najít, např. [6] a [7], kde se na str. 184 píše: „Únosnost pražcového podloží se vyjadřuje hodnotou modulu přetvoření...“.

Únosnost či přetvárné charakteristiky lze v zásadě zkoumat v laboratoři [8-11, 22-25] nebo také *in situ* (na stavbě) [12, 25-31].

Jak je ukázáno dále, zkoušky pro stanovení přetvárných charakteristik mají řadu parametrů, které, když se nastaví jinak, než je dáno normou, změní zásadně výsledek zkoušky. Přitom navazující předpisy stanovují hodnoty míry zhutnění a přetvárných charakteristik [25-28] tak, že předpokládají dodržení předepsaných parametrů zkoušek. Změna těchto parametrů, vedená např. snahou o zjednodušení či naopak zpřesnění dané zkoušky či jejího výpočtu, pak může vést k nedodržení předpokladů návrhu konstrukce vozovky či pražcového podloží a tím k ohrožení provozuschopnosti nebo životnosti liniové stavby.

### 2. Kalifornský poměr únosnosti – CBR

Před Druhou světovou válkou byla v USA představena metoda hodnocení únosnosti prostřednictvím kalifornského poměru únosnosti (California Bearing Ratio), ve zkratce CBR. Postup měření poměru únosnosti CBR byl od roku 1929 vyvíjen O. J. Poterem v California State Highway Departement a sloužil k dimenzování netuhých krytů vozovek. Za druhé světové války byl tento postup dále vyvíjen US-Corps of Engineers pro dimenzování vrchní stavby, zvláště pro zpevnění letišť a pojezdových drah.

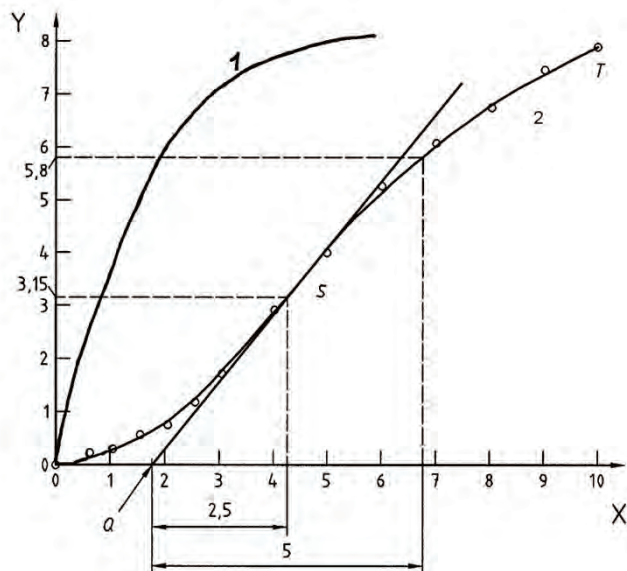
#### 2.1 Podstata metody stanovení poměru únosnosti CBR

Podstata této metody je poměrně jednoduchá. Do moždíře se umístí zemina o maximální objemové vlhkosti a optimální vlhkosti zjištěné Proctorovou zkouškou [1-4]. Zemina v moždíři se zatíží prstencovým závažím a umístí do lisu. Otvorem v prstenci se provleče zatěžovací penetrační trn lisu a spustí se zatěžování. To probíhá konstantní předepsanou rychlostí (např. 1,27 mm/min. [8, 9]). Lis musí být konstruován tak, aby „při jakémkoli“ odporu zeminy byl s to předepsanou rychlostí zatlačovat stále trn skrz prstencové závaží do zeminy umístěné v moždíři. V průběhu zkoušky se zaznamenává v předepsaných intervalech síla, kterou lis musí k zatlačování trnu vyvozovat [8-11], viz **obr. 2.1**.

Výsledkem zkoušky je poměr mezi silou, kterou bylo třeba vyvodit k zatlačení trnu do určité hloubky zkoumané zeminy (na **obr. 2.1** je to hloubka 2,5 nebo 5,0 mm), a silou uvedenou v normě. Podle [9] je pro penetraci 2,5 mm



normová síla 13,2 kN a pro penetraci 5,0 mm normová síla 20,0 kN, srov. (2.1). Hodnoty těchto normových sil byly stanoveny normotvůrcem na normovém materiálu. Z toho plyne, že má-li např. zkoušený materiál poměr únosnosti 5 %, má ve srovnání s normovým materiálem pětiprocentní únosnost.



Obr. 2.1: Vyhodnocení zkoušky poměru únosnosti CBR

Na ose X je vynesena hloubka penetrace v mm, na ose Y síla v kN. Hodnota poměru únosnosti CBR se stanoví pro penetraci 2,5 mm nebo 5,0 mm; v případě konkávní křivky (vlevo) se vzdálenost 2,5 mm resp. 5,0 mm měří od počátku souřadnicového systému, v případě, že měřením je proložena křivka konvexní (vpravo) vzdálenost 2,5 mm, resp. 5,0 mm se vynáší od průsečíku tečny křivky s osou X (vyznačeno v grafu) [9]

$$CBR = \frac{F}{F_{norm}} \cdot 100 \% , \quad (2.1)$$

kde

$F$  je síla potřebná k zatlačení normového trnu do zkoumané zeminy do předepsané hloubky

$F_{norm}$  síla potřebná k zatlačení normového trnu do normové zeminy do předepsané hloubky, pro penetraci 2,5 mm je  $F_{norm} = 13,2$  kN, pro penetraci 5,0 mm je  $F_{norm} = 20,0$  kN

Parametry provádění zkoušky CBR se drobně liší podle normy té které země. Většinou parametry zkoušky vycházejí z imperiálních jednotek, tzn. např. rychlost posuvu 1,27 mm/min. [8, 9]. Jiné normy je měnily na metrické hodnoty, např. 1,00 mm/min. [10] nebo 1,25 mm/min. [11]. Národní rozdíly byly i v hmotnosti závaží zatěžujícího zemín, v hloubce zatlačení trnu, pro kterou se CBR určuje, či dokonce vlhkosti zeminy, při které se CBR určuje (např. dnes zrušená ČSN 72 1016: 1992 [10] zaváděla speciálně pojatou zkušební vlhkost). Dnes platná ČSN EN 13286-47 [9] se opět přibližuje původním americkému pojetí, srov. ASTM D1883 [8]. Poněkud jiné parametry měl britský standard BS 1377 [11]. V USA je kodifikována nejen laboratorní podoba zkoušky, která se provádí podle výše citovaných předpisů, ale též polní zkouška ke stanovení poměru únosnosti, ASTM D4429 [12].

## 2.2 Význam poměru únosnosti

V literatuře se vyskytují rozdílné názory na to, co vlastně hodnota poměru únosnosti CBR vyjadřuje. Podle Siedeka a Vosse, 1955 [13] je zkouška CBR empirickou mírou pro únosnost zeminy. Naproti tomu podle Dempwolffa, 1952 [14] neposkytuje hodnota CBR žádnou informaci o únosnosti, protože se s vnikáním penetračního trnu nepokračuje do maxima. Podle toho je hodnota CBR pouze mírou pro deformaci závislou na napětí při dané rychlosti vniknutí. Dempwolff [14] vyjádřil rovněž pochybnosti o použití zkoušky CBR u zemín se silně hrubozrnnými podíly. Na základě poměrně malého průměru vnikajícího trnu se musí hrubozrnné podíly zeminy prosévat. Aby se spolehlivost posouzení zeminy zkouškou CBR dala lépe odhadnout, v literatuře se doporučuje, pro velký rozptyl výsledků zkoušky CBR u nesoudržných materiálů, provedení několika zkoušek pro zjištění poměru únosnosti CBR na stejně připravených vzorcích.

U šterkopískových zemín se vyskytuje často silně konvexní průběh křivky vniknutí zátěže, což podle Livneha a Greenstaina (1978) [15] ukazuje spíše na opěnění zeminy o moždíř, než na smyk zeminy při zkoušce. Siedek a Voss (1955) [13] rovněž zjistili, že pokud se zemina do moždíře ukládá ve více vrstvách, dochází k nerovnoměrnému zhutnění vrstev, tzn., že spodnější vrstvy jsou dále hutněny následnými vrstvami. Uvedení autotí v stejné publikaci dále ukázali, že maximální objemová hmotnost směsi roste, pokud se tatáž směs několikrát zhutní. Nastane zřetelné zjemnění zrna na úkor podílu hrubých zrn, protože se zrna vlivem péčovacích úderů rozbíjejí, nebo se části zrn odštěpí. Z toho usoudili, že zeminy se nemají používat pro Proctorovu zkoušku [1-4] ani pro zkoušku CBR opakovaně, ale má se používat vždy „čerstvá“ zemina.

## 2.3 Použití poměru únosnosti

V USA a potom i v některých evropských zemích byl zaveden přístup, který předpokládal, že když bude na stavbě dosaženo požadované míry zhutnění a současně zemina v laboratoři vyhoví nastavenému kritériu určité úrovně poměru únosnosti CBR, bude stavba v pořádku. Tento systém byl založen na empirickém přístupu a vyhovoval také pro empirický přístup k navrhování vozovek např. podle katalogu vzorových řešení. Uvedený přístup však přestal vyhovovat v situaci, kdy se začaly vozovky počítat, tzn., zavedl se systém vícevrstevnatých modelů [16, 17].

Výpočetní přístupy k návrhu vozovek totiž vesměs všechny počítají s moduly pružnosti jednotlivých konstrukčních vrstev. Systém založený na poměru únosnosti přestal stačit. Určitou cestou bylo hledat korelaci mezi poměrem únosnosti CBR a některým z modulů. Touto cestou se zabývalo a dosud zabývá řada pracovišť, včetně pracoviště autorů [18-21].

Ze značné různorodosti závěrů uvedených v citované literatuře vyplývá problém, který se do jisté míry týká obecně korelací různých veličin, tzn., že neplatí absolutně vždy, mají mnoho omezujících podmínek a korelují-li se principiálně fyzikálně významně odlišné veličiny, není korelace spolehlivá. Navíc autoři korelují s CBR různé moduly, které jsou samy o sobě dost neporovnatelné.

### 3. Moduly

Snahou o objektivizaci přístupu k určení přetvárných charakteristik zemin bylo zavedení posuzování prostřednictvím modulů. Modulem pružnosti se v Hookově zákoně obecně rozumí konstanta úměrnosti mezi zatížením a poměrnou deformací (3.1).

$$\sigma = E \cdot \varepsilon \text{ nebo } E = \frac{\sigma}{\varepsilon}, \quad (3.1)$$

kde

$\sigma$  je stav napjatosti tělesa [např. Pa],  
 $E$  (Youngův) modul pružnosti [např. Pa],  
 $\varepsilon$  poměrná deformace (zkrácení, prodloužení tělesa) [bez rozměru]

#### 3.1 Moduly určované u zemin

U zemin v zásadě neplatí vlastnost známá z některých homogenních materiálů, že modul je stejný při zatěžování i odlehčování. Z tohoto důvodu se u zemin rozlišuje modul pružnosti zjišťovaný při odlehčování dříve zatížené zeminy od modulu deformačního (přetvárného), který se v zásadě určuje při zatěžování zeminy.

Moduly lze obecně zjišťovat buď v laboratoři, např. jako podklad pro návrh vozovky, nebo na stavbě jako podklad pro kontrolu provedení zemních či stavebních prací. V geotechnice se obecně pro laboratorní zkoušky ke stanovení modulů používá zejména buď edometrické zkoušky [22] nebo zkoušky triaxiální [23] nebo zkoušky triaxiální dynamické [24], kde se vzorek cyklicky zatěžuje tak, aby se zbavil nepružné deformace a aby bylo možno stanovit modul pružnosti co nepřesněji. Bohužel určování laboratorních modulů není v dopravním stavitelství v ČR stále nijak časté, a proto se projektanti musí spoléhat buď na nepřilíš spolehlivé korelace s poměrem únosnosti *CBR*, nebo na tabulkové hodnoty.

Moduly určované *in situ*, tzn., na stavbě polními zkouškami na zemní pláni, lze rozdělit v zásadě na:

- **statické**, měřené statickou zatěžovací zkouškou,
- **dynamické** (rázové), měřené rázovým zařízením.

#### U statických modulů lze rozlišit:

- modul pružnosti, určovaný z odlehčovací větve grafu zatlačení/zatížení,
- modul deformace (přetvárnosti), určovaný ze zatěžovací větve grafu zatlačení/zatížení.

Youngův modul pružnosti, který je vztahem (3.1) definován pro jednoosé zatížení konečně dlouhého prutu, lze v podstatě použít ve stejné podobě u stanovení modulu pružnosti nebo přetvárnosti v edometru [22], kde má vzorek zeminy určitou výšku a lze tak zjistit poměrnou deformaci. V případě zemin na stavbě však poměrnou deformaci nelze stanovit, neboť se jedná o zatížení poloprostoru. Na základě Boussinesqovy teorie pružného poloprostoru byly odvozeny vztahy pro moduly pružnosti i přetvárnosti pružného poloprostoru takto:

$$E = d \cdot \alpha \cdot (1 - \mu^2) \cdot \frac{\Delta\sigma}{\Delta y}, \quad (3.2)$$

kde

$E$  je modul pružnosti nebo přetvárnosti zeminy  
 $d$  efektivní rozměr zatěžovací desky (u kruhové desky její průměr)  
 $\alpha$  součinitel tvaru a tuhosti zatěžovací desky (u kruhové tuhé desky  $\alpha = \pi / 4 = 0,79$ )  
 $\mu$  Poissonovo číslo zkoušené zeminy (bezrozměrná materiálová charakteristika, např. pro písek je rovna 0,20, pro jíl s vysokou plasticitou 0,40 – v tomto intervalu se pohybuje většina reálných zemin)  
 $\Delta\sigma$  přírůstek kontaktního napětí  
 $\Delta y$  přírůstek deformace  
 – pro modul pružnosti se uvažuje jen pružná deformace  
 – pro modul deformace (přetvárnosti) se uvažuje celková deformace (součet pružné i nepružné)

#### 3.2 Použití modulů

V dopravním stavitelství se pro návrh vozovek, jak bylo uvedeno dříve, používá modul pružnosti, jehož hodnoty jsou pro různé materiály tabelovány [25]. Pro kontrolu provedení zemní pláně či některých konstrukčních vrstev se používá zpravidla zkoušky vedoucí ke stanovení modulu přetvárnosti (deformace) [26].

Zatímco u poměru únosnosti *CBR* jsou výsledky zkoušky svázány úzce s volbou parametrů, jako je rychlost penetrace trnu, jeho velikost, volba referenční zeminy apod., u určení modulů sice odpadá vazba na referenční zeminu, avšak hodnota modulu je rovněž silně závislá na způsobu jeho měření. Jak je ukázáno dále, zatěžovací křivka (popisuje vztah mezi deformací a zatížením) není lineární, a proto je zřejmé, že velikost modulu, zejména deformačního, je silně závislá na napětí vneseném do zeminy či na maximální deformaci, při kterých se experiment ukončí. Nelze ani říci, zda volba vyššího zatížení bude mít za následek vyšší nebo nižší hodnotu deformačního modulu, neboť zatěžovací křivka je v některých případech konvexní, v jiných konkávní.

Z výše uvedeného plyne, že historicky je navrhování zakládání vozovek i železničních tratí vázáno na parametry, které byly určeny na základě zkušeností, empirie. Ti, co stanovovali limitní přípustné hodnoty, museli vědět, která hodnota je bezpečná. Museli vědět, že např.  $CBR = 5 \%$  [např. 27] je dostačující pro výstavbu vozovky nebo jiná hodnota *CBR* pro výstavbu vozovky vzletové a přistávací dráhy letiště, stejně jako to, že hodnota modulu přetvárnosti určovaná ve druhém zatěžovacím cyklu, viz dále,  $E_{def,2} = 45 \text{ MPa}$  je dostačující pro zřízení zemní pláně vozovky [25]. Důležitým předpokladem pro použití této empirie je to, že se hodnoty *CBR* či modulů musí zjišťovat za stejných podmínek, za jakých ona zkušenost vznikla. Jinak řečeno, snaha o zpřesnění či měnění způsobu určování modulů či jiných parametrů může vést k tomu, že se ve skutečnosti měří něco jiného, než s čím empiricky nastavené mezní hodnoty počítaly. Z toho může vyplynout, že návrh či provedení konstrukce vozovky nebo železničního spodku a svršku nemusí být bezpečný.

#### 4. Statické moduly určované *in situ*

V zahraničních i českých normách a jiných předpisech se vyskytuje celá řada různých statických modulů, jejichž správné použití je podmínkou úspěšného návrhu či kontroly deformačních charakteristik zemních konstrukcí. Vždy je nezbytné přesně znát definice modulů, s nimiž se pracuje. Jak je uvedeno výše, tyto předpisy rozlišují modul pružnosti a modul deformace. Moduly deformace se v některých normách nazývají moduly přetvárnosti, ve starší literatuře [7] také jako moduly přetvoření. Jde fakticky o synonyma. Moduly obdobného názvu i podobné fyzikální podstaty svádějí k vzájemnému zaměňování, neboť se liší jen poměrně malými odchylkami v metodice jejich stanovení. Tyto odchylky však mohou ve svém důsledku znamenat velmi rozdílné číselné hodnoty těchto modulů.

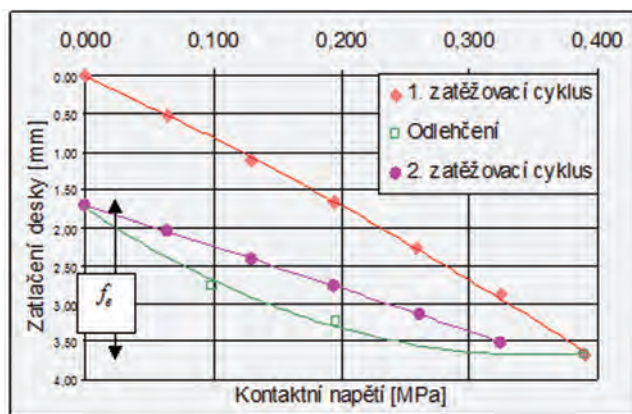
##### 4.1 Postup při měření statických modulů

V dalším textu popisované moduly se zjišťují zařízením, které se, zjednodušeně řečeno, skládá z kruhové ocelové desky o průměru 0,30 m nebo větším, která je pneumatickým zařízením, ručně nebo automaticky ovládaným, a zapřeným o protizátěž (kterou je zpravidla nákladní automobil), vtlačována v jednotlivých postupných zatěžovacích stupních do měřené zeminy. Přitom je, zpravidla automaticky, na každém zatěžovacím stupni zaznamenáváno kontaktní napětí a deformace zeminy (zatlačení do zeminy) [26, 29, 30].

Podle povahy měření po zatěžovacím cyklu sestávajícím z několika zatěžovacích stupňů, gradujících k maximálnímu zvolenému kontaktnímu napětí, následuje odlehčení, které zpravidla probíhá také v několika stupních. Po úplném odlehčení, kdy kontaktní napětí je rovno nule, avšak zatlačení pro trvalou deformaci měřené zeminy nikoli, může opět v několika stupních probíhat druhý zatěžovací cyklus. Výsledky měření se zaznamenávají do grafu kontaktní napětí/zatlačení. Ze zatěžovacích větví grafu lze zjistit modul deformace (přetvárnosti) v prvním, případně také druhém zatěžovacím cyklu, a z odlehčovací větve pak lze určit modul pružnosti.

##### 4.2 Modul pružnosti

Metodika stanovení (statického) modulu pružnosti je popsána v ČSN 73 6190:1980 [29]. V této dosud platné normě je pro stanovení modulu pružnosti použito zatěžovací zkoušky



Obr. 4.1: Modul pružnosti; stupně a cykly zatěžovací zkoušky, vyznačení pružného zatlačení desky  $f_e$

prováděné deskou o průměru 357 mm. Zkouška prováděná podle této normy vyžaduje, aby na každém zatěžovacím stupni proběhlo úplné ustálení deformace a teprve pak se pokračovalo s přechodem (přetížením) na další zatěžovací stupeň.

Z obr. 4.1 je patrný grafický záznam zkoušky provedené se dvěma zatěžovacími cykly.

Výpočet modulu pružnosti je určen vztahem (4.1), srov. se vztahem (3.2), ze kterého přímo vychází:

$$E = \frac{\pi}{2} (1 - \mu^2) \frac{p \cdot r}{f_e} \quad [\text{MPa}], \quad (4.1)$$

kde

- $\mu$  je Poissonovo číslo zkoušeného prostředí,
- $p$  maximální tlak zatěžovací desky při provádění zkoušky [MPa],
- $r$  poloměr zatěžovací desky [m],
- $f_e$  maximální pružné zatlačení desky [m].

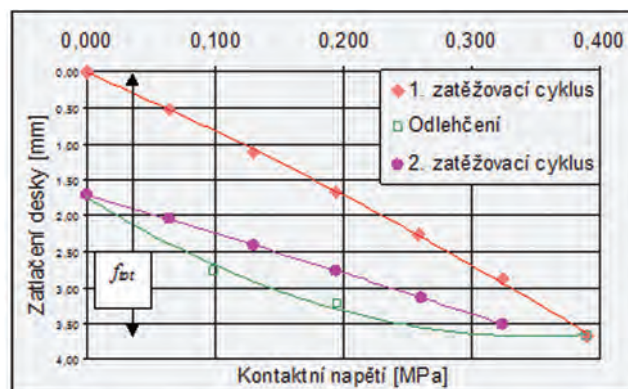
Pružné zatlačení desky  $f_e$  se zjistí z odlehčovací větve grafu kontaktní napětí/zatlačení, viz obr. 4.1.

##### 4.3 Moduly deformace (přetvárnosti)

Metodika stanovení (statického) modulu deformace je rovněž popsána v ČSN 73 6190: 1980 [29]. Metodika stanovení modulů přetvárnosti pak v přílohách ČSN 72 1006: 2015 [26].

Zkouška směřující ke zjištění modulu deformace  $E_0$  se provádí shodně jako u modulu pružnosti zatěžovací deskou o průměru 357 mm, avšak při výpočtu se bere v úvahu celková (totální) deformace  $f_{tot}$ , viz obr. 4.2 a vztah (4.2).

$$E_0 = \frac{\pi}{2} (1 - \mu^2) \frac{p \cdot r}{f_{tot}}, \quad (4.2)$$



Obr. 4.2: Modul deformace; stupně a cykly zatěžovací zkoušky, vyznačení celkového zatlačení desky  $f_{tot}$

##### 4.3.1 Železniční modul přetvárnosti

Modul přetvárnosti určený pro železniční stavitelství stanovovaný podle Přílohy B, ČSN 72 1006: 2015 [26], dále též jen železniční modul přetvárnosti, je obdobou modulu deformace podle ČSN 73 6190 [29], avšak měření se provádí zatěžovací deskou o průměru 300 mm, nikoli 357 mm.



Zmíněná příloha normy pevně stanoví, že zatížení se vnáší ve dvou cyklech – každý cyklus ve čtyřech zatěžovacích a odlehčovacích stupních. Největší kontaktní napětí pod deskou je 0,20 MPa (zatěžovací stupně 0,05 MPa, 0,10 MPa, 0,15 MPa, 0,20 MPa, odlehčovací stupně 0,15 MPa, 0,10 MPa, 0,05 MPa, 0 MPa). Podle zrušené normy ČSN 72 1006:1998 se mělo zatížení vnášet rovněž ve dvou cyklech, každý cyklus ve čtyřech zatěžovacích a odlehčovacích stupních, avšak na zemní pláni u méně únosných zemín se umožnilo snížení maximálního napětí a jednotlivých zatěžovacích stupňů na  $p = 0,1$  MPa (zatěžovací stupně 0,025 MPa, 0,050 MPa, 0,075 MPa, 0,10 MPa, odlehčovací stupně 0,075 MPa, 0,050 MPa, 0,025 MPa, 0 MPa). Z toho plyne, že se u některých zemín změnila revizí normy podmínky pro stanovení modulu přetvárnosti.

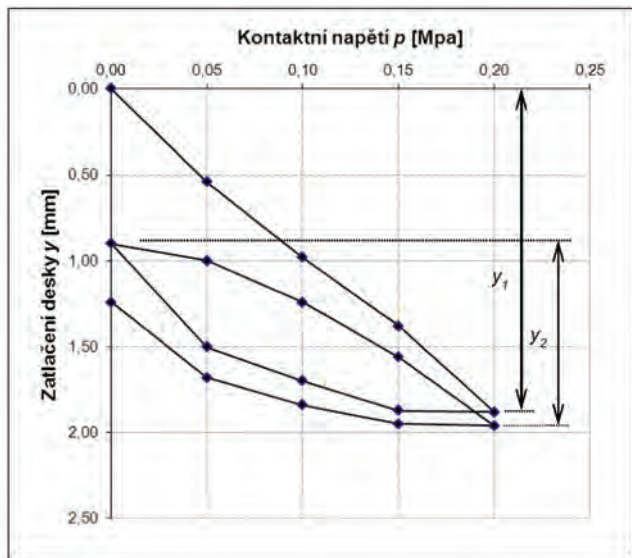
Železniční modul přetvárnosti se spočte podle vztahu (4.3).

$$E_1 = \frac{1,5 \cdot p \cdot r}{y_1}, \text{ pro první zatěžovací cyklus}$$

a

$$E_2 = \frac{1,5 \cdot p \cdot r}{y_2}, \text{ pro druhý zatěžovací cyklus} \quad (4.3)$$

Význam veličiny  $p$  je shodný jako ve vztahu (4.1), resp. (4.2). Význam veličiny  $y_1$  jako  $f_{tot}$  ze vztahu (4.2). Deformace  $y_2$  je celková deformace stanovená ve druhém zatěžovacím cyklu, viz obr. 4.3.



Obr. 4.3: Železniční modul přetvárnosti podle Přílohy B, ČSN 72 1006:2015 [26]

Komparaci vztahů (3.2), (4.2) a (4.3) je zřejmé, že konstanta 1,5 ve vztahu (4.3) nahradila funkci obsahující číslo  $\pi$  a Poissonovo číslo  $\mu$ , nebo jinak řečeno součinitel tvaru zatěžovací desky a materiálovou charakteristiku, jak ukazuje vztah (4.4).

$$1,5 = \frac{\pi}{2} (1 - \mu^2), \quad (4.4)$$

Vyjádřením Poissonova čísla  $\mu$  ze vztahu (4.4) zjistíme, že ve vztahu (4.3) se fakticky počítá s konstantní hodnotou Poissonova čísla  $\mu = 0,21$ , viz vztah (4.5). Tím se ze vztahu vytrácí jakákoli charakteristika měřené zeminy.

$$\mu = \sqrt{1 - \frac{1,5 \cdot 2}{\pi}} = 0,21, \quad (4.5)$$

### 4.3.2 Silniční modul přetvárnosti

V silničním stavitelství se používá modul přetvárnosti stanovovaný podle Přílohy A, ČSN 72 1006:2015 [26], který je obdobou modulu definovaného německou normou DN 18 134 [30], dále též jen silniční modul přetvárnosti. Určuje se také ve dvou zatěžovacích cyklech a ke svému stanovení rovněž využívá zpravidla desku o průměru 300 mm, může však využít i desky jiné, s průměrem 600 mm nebo 762 mm. I vztah pro počítání silničního modulu spočítání je formálně podobný vztahu pro výpočet železničního modulu, srov. vztah (4.3) a vztah (4.6) pro silniční modul  $E_{def}$ .

$$E_{def} = \frac{1,5 \cdot \Delta p \cdot r}{\Delta y}, \quad (4.6)$$

Obdobnost vztahů (4.3) a (4.6) je však ryze formální. Je to proto, že hodnoty  $\Delta p$  a  $\Delta y$  se neurčují z maximálních hodnot zatížení zatlačení, jak tomu je u vztahu (4.3), nýbrž se určují z křivek druhého stupně proložených naměřenými hodnotami podle vztahu (4.7).

$$y = a_0 + a_1 \cdot p + a_2 \cdot p^2, \quad (4.7)$$

kde  $y$  je zatlačení desky při napětí  $p$ ,  $a_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$  jsou regresní konstanty vypočtené podle (4.8).

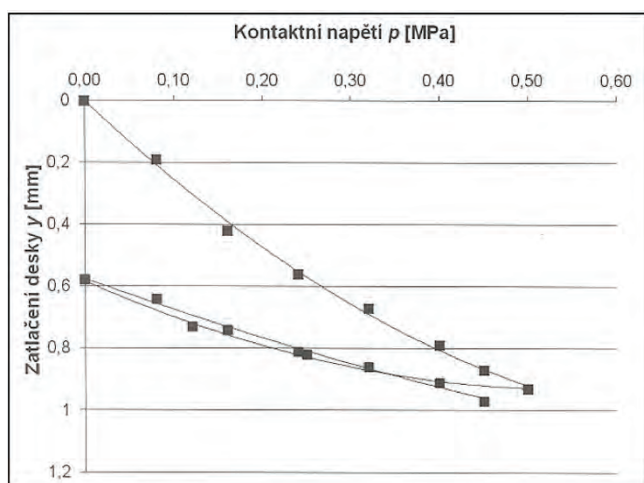
$$\begin{bmatrix} n & \sum p_i & \sum p_i^2 \\ \sum p_i & \sum p_i^2 & \sum p_i^3 \\ \sum p_i^2 & \sum p_i^3 & \sum p_i^4 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum y_i \\ \sum y_i p_i \\ \sum y_i p_i^2 \end{bmatrix}, \quad (4.8)$$

Modul přetvárnosti se pak určuje jako sečna regresní křivky v oboru kontaktního napětí  $p_1 = 0,3 p_{max}$  a  $p_2 = 0,7 p_{max}$ , kde  $p_{max}$  je maximální napětí a odpovídá napětí  $p$  při deformaci  $f_{tot}$  např. ve vztahu (5.2). Dosazením této úvahy do vztahu (4.6) a dalšími úpravami za použití vztahu (4.7) získáme výsledný vztah pro silniční modul přetvárnosti (4.9).

$$E_{def} = 1,5 \cdot r \cdot \frac{\Delta p}{\Delta y} = 1,5 \cdot r \cdot \frac{p_2 - p_1}{y_2 - y_1} = 1,5 \cdot r \cdot \frac{p_2 - p_1}{a_0 + a_1 \cdot p_2 + a_2 \cdot p_2^2 - a_0 - a_1 \cdot p_1 - a_2 \cdot p_1^2} = \frac{1,5 \cdot r}{a_1 + a_2 \cdot p_{max}} \quad (4.9)$$

Stejně jako u železničního modulu se i u silničního modulu vnáší zatížení ve dvou cyklech, avšak u silničního

musí mít každý cyklus nejméně šest zatěžovacích stupňů s přibližně stejně velkými intervaly a tři odlehčovací stupně. Maximální kontaktní napětí při prvním zatěžovacím cyklu je 0,50 MPa pro požadovanou hodnotu modulu přetvárnosti ve druhém zatěžovacím cyklu  $E_{def,2} \geq 45$  MPa nebo 0,25 MPa pro  $E_{def,2} < 45$  MPa. Uvedená příloha normy též stanoví, že v případě, že zatlačení desky v prvním cyklu zatěžovací zkoušky přesáhne hodnotu 7 mm, lze hodnotu maximálního kontaktního napětí upravit. Druhý zatěžovací cyklus se provede do úrovně kontaktního napětí odpovídajícího předposlednímu zatěžovacímu stupni prvního cyklu, viz **obr. 4.4**.



Obr. 4.4: Silniční modul přetvárnosti podle Přílohy A, ČSN 72 1006: 2015 [26]

Zde je třeba upozornit, že podle předchozí verze normy, tzn. ČSN 72 1006:1998, se sice zatížení vnašelo také ve dvou cyklech, každý cyklus měl mít nejméně šest zatěžovacích stupňů s přibližně stejně velkými intervaly a tři odlehčovací stupně, avšak norma jinak definovala maximální kontaktní napětí. Podle dříve platné úpravy při prvním zatěžovacím cyklu mělo být pro desku o průměru 0,30 m maximální kontaktní napětí  $p_{max} = 0,50$  MPa nebo odpovídající zatlačení desky 5 mm, pro desku o průměru 0,60 m  $p_{max} = 0,25$  MPa nebo odpovídající zatlačení desky 7 mm a pro desku o průměru 0,762 m  $p_{max} = 0,20$  MPa nebo odpovídající zatlačení desky 13 mm. Z uvedeného plyne, že mezní hodnoty pro provádění zkoušky se vztahovaly i na maximální deformaci. To znamená, že se u některých zemín změnily revizní normy podmínky pro stanovení modulu přetvárnosti.

#### 4.4 Shrnutí ke statickým modulům

Silniční a železniční modul přetvárnosti se kromě rozdílných požadavků na počet zatěžovacích stupňů, maximální kontaktní napětí a způsob výpočtu liší také způsobem provedení zkoušky. Zatímco u železničního modulu přetvárnosti se na každém zatěžovacím stupni musí čekat na úplné ustálení deformace, u silničního modulu přetvárnosti se čeká fixně 120 sekund, než lze zatížení zvýšit na další zatěžovací stupeň. Toto ustanovení bylo do českého prostředí implementováno faktickým převzetím německé normy

DIN 18 134 [30] do Přílohy A, ČSN 72 1006:1998. Z toho plyne hypotéza, že zejména u soudržných zemín s vodou v pórech dochází při stanovení železničního modulu v prvním i druhém zatěžovacím cyklu k větší konsolidaci měřené zeminy, a tím i k jiným výsledkům zkoušky než u zkoušky silniční.

Dalším tématem je nahrazení Poissonova čísla jakožto materiálové charakteristiky zkoumané zeminy pro všechny stejnou hodnotou, jak vyplývá ze vztahů (4.3) až (4.6). U železničního modulu toto zjednodušení platí desítky let, neboť to připouští fakt, že pláň železničního spodku musí být tvořena vždy zemínami nenamrzavými a propustnými (v případě, že nejsou k dispozici na místě, zřídí se pod plání železničního spodku podkladní vrstva z vhodného materiálu, která se uloží na zemní pláň tak, aby byla tato podmínka splněna; v případě, že vhodný materiál je na místě, je zemní pláň totožná s plání železničního spodku) [7].

U silničního modulu, kde však tak striktní požadavek na kvalitu zeminy na zemní pláni ve všech případech neplatí, k tomuto zjednodušení došlo až zavedením normy ČSN 72 1006: 1998 faktickým převzetím německé DIN 18 134 [30]. V dřívějších předpisech se s tímto zjednodušením nepočítalo. Nahrazením materiálové charakteristiky vyjádřené Poissonovým číslem  $\mu$  konstantou, stejnou pro všechny materiály, přitom dochází nutně k neporovnatelnosti starších zkušeností s výsledky nově získaných zkoušek.

Hodnota Poissonova čísla vyplývající z výpočtu (4.5) ukazuje, že se při všech měřeních počítá ve své podstatě s pískem, který má přibližně spočtenou hodnotu. U jílovitých zemín, kde je hodnota Poissonova čísla přibližně dvakrát vyšší, tj. 0,4, dochází k největším nepřesnostem, srov. vztah (4.10).

$$\frac{E_{def,pisek}}{E_{def,jil}} = \frac{1 - \mu_{pisek}^2}{1 - \mu_{jil}^2} = \frac{1 - 0,21^2}{1 - 0,40^2} = 1,14, \quad (4.10)$$

kde

$E_{def,jil}$  je modul přetvárnosti jílu  
 $E_{def,pisek}$  modul přetvárnosti písku  
 $\mu_{pisek}$  Poissonovo číslo písku  
 $\mu_{jil}$  Poissonovo číslo jílu

Důsledky výpočtu uvedeného v (4.10) prakticky znamenají, že bude-li měření provedeno na jílovité zemíně a vyjde výsledek např. 20 MPa, bude mít tato zemina ve skutečnosti hodnotu modulu o 14 % menší, což může právě u této zeminy vadit.

#### 5. Dynamické (rázové) moduly určované *in situ*

Požadavky na provádění rázových zkoušek stanoví ČSN 73 6192:1996 [31]. Tato norma rozlišuje tři základní skupiny zařízení pro provádění rázových zkoušek:

- **rázová zařízení skupiny A**, používaná obvykle pro zkoušky krytů tuhých i netuhých vozovek silničních komunikací, letištních a dalších dopravních ploch a pro zkoušky stmelených podkladních vrstev; může jich být použito i ke zkouškám nestmelených podkladních vrstev,

- **rázová zařízení skupiny B**, používaná obvykle pro zkoušky nestmelených podkladních vrstev a podloží v oblasti aktivní hloubky a další zkoušky, k nimž je možné použít rázová zařízení skupiny C,
- **rázová zařízení skupiny C** (lehké dynamické desky), používaná zejména pro kontrolu míry zhutnění hrubozrnných podložních zemin a sypanin, zemin zlepšených vápnem apod.

Ve stavební praxi se pro diagnostiku vozovek, určení jejich zbytkové životnosti apod. využívají zejména rázová zařízení skupiny A, zvaná též anglicky Falling Weight Deflectometer, ve zkratce FWD. Pro kontrolu zemních prací se obvykle používají rázová zařízení skupiny C, tzv. lehké dynamické desky, ve zkratce LDD. Protože je tento článek věnován zejména zemní pláni a její kontrole, bude další text věnován lehké dynamické desce.

### 5.1 Způsob měření lehkou dynamickou deskou (LDD)

Pro měření LDD se tuhá ocelová deska, zpravidla o průměru 300 mm, osadí na měřenou zeminu (zemní pláň). Na desku se přes kulový kloub nasune vodící tyč, po které se vlastní vahou spouští (padá) závaží. Závaží úderem na desku přes tlumič způsobí puls o délce 18 ms, kterým deska pružně zatlačí do zkoušené zeminy. Měření (pád závaží) se několikrát opakuje. Při každém pádu závaží se automaticky zaznamená deformace zeminy, kterou pád závaží vyvolal. Výška pádu je dána délkou vodící tyče, a je tudíž konstantní.

### 5.2 Výpočet modulu rázového deformace

Ke stanovení rázového modulu deformace  $M_{vd}$  při měření rázovým zařízením skupiny C se použije vztah (5.1).

$$M_{vd} = 1,5 \cdot \frac{r \cdot \sigma}{y_c}, \quad (5.1)$$

kde

- $r$  je poloměr zatěžovací desky, 0,15 m
- $\sigma$  kontaktní napětí
- $y_c$  deformace pod středem desky

Výpočet zpravidla provede zkušební zařízení zcela automaticky.

### 5.3 Shrnutí k rázovým modulům

Hodnota rázových modulů je úzce spojena s parametry měřicího zařízení, zejména s délkou a intenzitou impulsu síly, který do zeminy vnese. Dalším poznatkem z praxe je, že při měření musí technik měřicí desku přišlápnout tak, aby po odskoku závaží deska zůstala v kontaktu s podkladem. Intenzita či existence tohoto přišlápnutí může též ovlivnit výsledek zkoušky.

## 6 Diskuse a závěr

Předpisová základna, zejména pro navrhování vozovek, se postupně vyvíjí, mění, zpřesňuje. Bohužel ruku v ruce s tím nejdou práce na verifikaci předpokladů, na kterých jsou

návrhové metody postaveny. V roce 1998 byla do českého prostředí zavedena do přílohy A, ČSN 72 1006:1998 německá norma DIN 18 134, která z výpočtu modulu přetvárnosti odstranila materiálovou charakteristiku zeminy v podobě Poissonova čísla a místo ní pro všechny druhy zemin fakticky zavedla hodnotu, která odpovídá písku. To má za následek, že moduly přetvárnosti nejproblematictějších zemin jsou nadhodnoceny až o 14 %.

Výše uvedenou normou se též do českého prostředí vnesl požadavek na 120sekundové setrvání na každém zatěžovacím stupni namísto posečkání na ustálení deformace. To rovněž nadhodnocuje modul přetvárnosti, a to opět u problematičtějších soudržných zemin. Aplikace německého přístupu (kde se ovšem více dbá na kvalitu zemin v aktivní zóně a problém s méně kvalitními zeminami tam řeší jinak) do českého prostředí, kde pro aktivní zónu platí jiná pravidla, se jeví jako nepřipravená.

Dalším problémem je neexistující spolehlivá vazba mezi návrhem a provedením. V návrhu se předpokládá znalost modulu pružnosti podloží. Tato hodnota není téměř nikdy k dispozici a v lepším případě se dopočítává přes nespolehlivý korelační vztah z poměru únosnosti *CBR*, v horším případě se převezme z tabulek. To má často za následek, že po zřízení zemní pláně její parametry nevyjdou tak, jak předpokládá výpočet. Řešení tohoto problému spočívá, podle našeho názoru, v důsledném zavedení zjišťování modulů na zkušebních vzorcích v laboratoři, avšak v modifikovaných podmínkách, které například zohlední obor kontaktního napětí statické zatěžovací zkoušky prováděné *in situ* po zřízení zemní pláně.

Z metrologického pohledu upozorníme, že moduly zjišťované pro účely dopravního stavitelství jsou velmi úzce svázány s tím, jak je zkouška, která vede k jejich zjištění, definována. Nelze tedy jednotlivé moduly porovnávat či měřovat bez bližší znalosti jejich stanovení.

## Poděkování

Článek byl vytvořen za podpory projektu MŠMT Dopravní VaV Centrum LO1610 za použití výzkumné infrastruktury podpořené projektem CZ.1.05/2.1.00/03.0064 OP VaVpI a konzultací uskutečněných v rámci projektu INGO LG15037 s názvem Účast zástupců z České republiky ve výborech TRB (Transportation Research Board).

## Literatura

- [1] Day, Robert W. (2001). Soil Testing Manual: Procedures, Classification Data, and Sampling Practices. New York: McGraw Hill, Inc. pp. 293–312.
- [2] ČSN 72 1015: 1989. Laboratorní stanovení zhutnitelnosti zemin. Zrušena: 2009
- [3] ČSN EN 13286-2: 2011. Nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy - Část 2: Zkušební metody pro stanovení laboratorní srovnávací objemové hmotnosti a vlhkosti - Proctorova zkouška
- [4] ASTM D696: 2012. Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort.
- [5] ČSN 72 1018: 1970. Laboratorní stanovení relativní ulehlosti nesoudržných zemin. Platná norma



- [6] ČD S4 – Železniční spodek, České dráhy 1997
- [7] Klimeš, F. et al. Železniční stavitelství. SNTL. Praha. 1978
- [8] ASTM D1883, Test Method for CBR of Laboratory - Compacted Soils
- [9] ČSN EN 13286-47: Nestmelené směsi a směsi stmele-  
né hydraulickými pojivy - Část 47: Zkušební metoda pro  
stanovení kalifornského poměru únosnosti, okamžitého  
indexu únosnosti a lineárního bobtnání
- [10] ČSN 72 1016: 1992. Laboratorní stanovení poměru  
únosnosti zemin (CBR). Zrušena: 2009
- [11] BS 1377, Methods of Test for Soils for Civil Enginee-  
ring Purposes
- [12] ASTM D4429, Test Method for CBR (California Bear-  
ing Ratio) of Soils in Place
- [13] Siedek, P., Voss, R. – Über die Lagerungsdichte und den  
Verformungswiderstand von Korngemischen, Straße  
und Autobahn 6, Heft 8, pp. 273-277, 1955
- [14] Dempwolff, R. – Bemessung von Asphaldecken im Flug-  
platzbau. Bitumen, Heft 6, pp. 133-146, 1952
- [15] Livneh, M., Greenstain, J. – A Modified California Bear-  
ing Ratio Test for Granular Materials, American Socie-  
ty for Testing and Materials, Volume 1, No. 3, Philadel-  
phia, pp. 141-147, 1978
- [16] Špůrek, J. Silniční stavitelství II, SNTL Praha, 1979 –  
II. přepracované a doplněné vydání
- [17] Kreps, E., Krupský, E., Kučera, K., Šula, B. Betonové  
vozovky, SNTL Praha, 1956
- [18] Floss, R. Bodenmechanische Gesichtspunkte bei Aus-  
wahl und Dimensionierung von Straßenbefestigungen.  
Straße und Autobahn, pp. 17-26, January 1973
- [19] Schwabbaur, T., Fillibeck, J., Floss, R. Forschung Stra-  
ßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 852/2002,  
Ermittlung von Zusammenhängen zwischen dem  
CBR-Wert des Tragschichtmaterials und der Tragfähig-  
keit  $E_{v2}$  von Tragschichten ohne Bindemittel, Herausge-  
geben vom Bundesministerium für Verkehr, Bau- und  
Wohnungswesen. Munchen. 2002
- [20] Pospíšil, K. – Modul přetvárnosti podloží pozemních  
komunikací, Silniční obzor (6-7)2004. pp.170–172
- [21] Pospíšil, K., Die Vorhersehbarkeit des Verformungsmo-  
duls. Strasse und Autobahn (6)2005, pp. 313-318
- [22] ČSN EN ISO 17892-5: 2017. Geotechnický průzkum  
a zkoušení - Laboratorní zkoušky zemin - Část 5: Zkouš-  
ka stlačitelnosti v edometru postupným přitěžováním
- [23] ČSN CEN ISO/TS 17892-9: 2005. Geotechnický  
průzkum a zkoušení - Laboratorní zkoušky zemin -  
Část 9: Konsolidovaná triaxiální zkouška vodou nasy-  
cených zemin
- [24] ČSN EN 13286-7: 2005. Nestmelené směsi a směsi stme-  
lené hydraulickými pojivy - Část 7: Zkouška nestmele-  
ných směsí cyklickým zatěžováním v triaxiálním přístroji
- [25] Navrhování vozovek pozemních komunikací, Technic-  
ké podmínky Ministerstva dopravy č. 170 (TP 170),  
MD, 2004, 2010
- [26] ČSN 72 1006: 2015 a 1998 Kontrola zhutnění zemin  
a sypanin
- [27] Katalog vozovek pozemních komunikací, Technické  
podmínky Ministerstva dopravy a spojů ČR č. 78 (TP  
78), MSD ČR, 1995 (neplatný předpis, nahrazen TP 170)
- [28] Technické kvalitativní podmínky staveb pozemních ko-  
munikací, kapitola 4 – Zemní práce (TKP 4), MD ČR,  
Praha 2009
- [29] ČSN 73 6190: 1980 Statická zatěžovací zkouška podloží  
a podkladních vrstev vozovek
- [30] DIN 18 134: 1995 Plattendruckversuch
- [31] ČSN 73 6192: 1996 Rázové zatěžovací zkoušky voz-  
vek a podloží 1996



## Strategie EURAMET 2020

Jedno přísloví říká: „Vane-li vítr změn, stavějí někteří ochranné zdi, jiní ale větrné mlýny“. Zdá se, že metrologické orgány a národní metrologické instituty jsou těmi druhými a vyvíjejí užitečné nástroje, které umožní metrologické službě reagovat na vývoj, jehož tempo se stále zrychluje v nebyvalém rozsahu. Průměrné produktové cykly v mnoha sektorech se zřetelně snížily a roste komplexnost produktů a služeb. Čtenáři METROLOGIE si v této souvislosti jistě připomenou „Průmysl 4.0“ z čísla 2/2016.

S hodnocením situace a s cíli, které si kladou národní metrologické instituty jako základna metrologické návaznosti, je možné se seznámit na stránkách [www.euramet.org](http://www.euramet.org), kde je uvedena plná verze dokumentu „EURAMET Strategy 2020“. (EURAMET e. V. je sdružením pro spolupráci evropských národních metrologických institutů v oblasti fundamentální metrologie a je v rámci ujednání CIPM MRA tzv. regionální metrologickou organizací pro Evropu.)

Jiným náhodně vybraným dokladem zájmu metrologických orgánů o řešení perspektivních úloh a možných nastá-

vajících problémů spojených s digitalizací, s cloudovými operacemi, se sdílením programového vybavení atd., jsou dva sešity časopisu PTB Mitteilungen, věnované tomuto tématu. Možná je pro nás zajímavý už jen výčet několika publikovaných příspěvků (PTB-Mitteilungen 4/2016 a 1/2017, viz [www.ptb.de](http://www.ptb.de)):

- Digitalizace v legální metrologii
- Kybernetická bezpečnost v době „průmyslu 4.0“
- Výzva informační bezpečnosti vložených systémů s hardwarovým přístupem
- Požadavky na konfiguraci provozních systémů
- Bezpečná architektura vložených systémů v legální metrologii
- Referenční software pro cloudové operace v legální metrologii
- Analýza rizik programového vybavení v rámci modulu B prokazování shody
- Standardy bezpečnosti pro digitalizaci spotřeby energie
- Měřicí technika pro průmysl 4.0

## METROLOGICKÁ STANICE JUSTUR

### Ing. František Moler

TZÚS Praha, s.p. pobočka Ostrava

Technický a zkušební ústav stavební Praha, s. p. na pobočce v Ostravě, v laboratoři Autorizovaného metrologického střediska K 69 v roce 2016 uvedl do provozu nové zkušební zařízení s příslušenstvím pod typovým označením PP30 T32 / 15-50 2x 10 SEMI 300.

Zkušební zařízení je určeno zejména pro kalibraci průtokoměrů na teplou a studenou pitnou vodu, objemové vodoměry a měřiče tepla a chladu s jejich členy v části: měřidla protečeného množství nosného média



Uvedené zkušební zařízení splňuje veškeré požadavky technických norem OIML R 49-2 Edice 2013, ISO 4064 edice 2014 a ISO 1434 edice 2016, popř. edice předchozí data typového schválení měřidla.

Zkušební zařízení vyhovuje i Nařízení vlády 464/2005Sb kterým se stanoví technické požadavky na měřidla a OOP (Opatření obecné povahy) vydávané ČMI.

Odborný metrologický posudek č. 6015-ME-P0008-16-„Zkušební zařízení na ověřování vodoměrů studenou a teplou vodou s pístovým etalonem PP30“ vydaný Českým metrologickým institutem potvrzuje schopnost zkušebního zařízení se zařadit do řetězce návaznosti národních nebo státních etalonů, které realizují jednotku v souladu s mezinárodním systémem jednotek SI.

### 1. Základní technické parametry

Zkušební zařízení bylo posouzeno podle požadavek na sekundární etalonové zařízení a je určeno pro zkoušky vodoměrů a průtokoměrných členů měřičů tepla:

- splňujících požadavky normy ČSN EN 14 154 nebo ČSN EN ISO 4064 nebo OIML R49 při průtocích  $Q_1$ ,  $Q_2$ ,  $Q_3$ ,  $Q_4$
- splňujících požadavky normy ČSN EN 14 34 při průtocích  $Q_p$ ,  $Q_s$ ,  $Q_s$
- připojení DN 15 až DN 50, G 3/4" až G 2 1/2"
- rozsahu průtoku (0,002 do 32) m<sup>3</sup>/h
- rozsahu teploty 10°C do 60°C

### 2. Popis zkušebního zařízení

Zkušební zařízení je:

- stacionární, se dvěma měřicími větvemi v rozsahu průtoku (0,002 až 32) m<sup>3</sup>/h, s uzavřeným systémem cirkulace vody,
- s napájecími panely a PC ovládacím systémem,
- s vážicím systémem pro určení konvenční hodnoty protečeného množství,
- s pístem pro určení konvenční hodnoty protečeného množství,
- s elektromagnetickým průtokoměrem pro určení konvenční hodnoty protečeného množství,
- s možností měření studené a teplé vody v rozsahu 10°C do 60°C

Zkušební zařízení využívá následovné metody zkoušení:

- hmotnostní metoda s váhami letným a pevným start/stop v rozsahu (1 až 32) m<sup>3</sup>/h
  - objemová metoda s pístem letným a pevným start/stop v rozsahu (0,002 až 7) m<sup>3</sup>/h
  - objemová metoda s elektromagnetickým průtokoměrem letným a pevným start/stop v rozsahu (1 až 32) m<sup>3</sup>/h
  - statickým tlakem
- Průtok je nastavován automaticky podle předdefinované procedury

### 3. Části zkušebního zařízení

Zkušební zařízení se skládá z následovných částí:

- zdroj vody připojený na dodávku vody ze sítě se zásobní nádrží
- upínací stůl se dvěma měřicími větvemi pro instalaci vodoměrů DN 15 až DN 50 pro maximální počet 10 ks,
- regulační část pro nastavení průtoku s elektromagnetickými průtokoměry,
- referenční systém pro určení konvenční hodnoty (hmotnostní s váhou nebo objemový s pístem nebo s průtokoměrem)
- chladicí zařízení
- systém pro zkoušku statickým tlakem
- napájecí panely a PC ovládací systém.

Hydraulické schéma zkušebního zařízení je uvedena v technické dokumentaci a detailní popis zkušebního zařízení a komponent je uvedený v technické dokumentaci ke zkušebnímu zařízení.

### 4. Základní technické a metrologické parametry

#### 4.1 Technické parametry

Průtok:	(1 až 32) m <sup>3</sup> /h	Letný a pevný start/stop, váhy
	(1 až 32) m <sup>3</sup> /h	Letný a pevný start/stop, elektromagnetický průtokoměr
	(0,002 až 7) m <sup>3</sup> /h	Letný a pevný start/stop, píst
Teplota vody:	(10 – 60) °C	
Tlak:	Max 6 bar vzduch Max 16 bar píst Max 11 bar čerpadla 32 bar voda	

<b>Váhy:</b>	300 kg / 2g	Mettler Toledo KCC300
<b>Píst:</b>	30L	Type PP30
<b>Průtokoměr:</b>	DN 20 (3 až 32) m <sup>3</sup> /h	Elektromagnetický průtokoměr Krohne Optiflux
<b>Teploměry:</b>	Čitelnost ± 0,01 °C Přesnost ± 0,01 °C Rozsah (15 do 85) °C	Sensor, PT 100A/4/A
<b>Tlakoměry:</b>	(1 až 32) bar Třída: 0,25%	Tlakový převodník DS 200

#### 4.2 Metrologické parametry

- Stabilita průtoku:  $\leq 0,7\%$
- Stabilita teploty:  $\leq 0,5\text{ °C}$  na studenou vodu (25 °C)
- $\leq 1,0\text{ °C}$  na teplou vodu (50 °C)
- Nejmenší měřitelné množství: 0,1 L
- Rozšířená nejistota:  $\leq 0,21\%$

Uvedená rozšířená nejistota měření byla určena v souladu s dokumentem EA-4/02. Uvedená rozšířená nejistota měření je součinem standartní nejistoty měření a koeficientu  $k$ , který odpovídá pravděpodobnosti pokrytí přibližně 95%, což pro normální rozdělení odpovídá koeficientu rozšíření  $k=2$ .

### 5. Posouzení schopnosti zařízení - vodoměrné stanice - provádět zkoušky.

Ověření/ posouzení vodoměrné stanice PP30 T32 / 15-50 2x 10 SEMI 300 bylo provedeno ČMI dle následovných parametrů:

- parametry vážicího systému,
- parametry pístu,
- těsnost upínacího systému, připojení a potrubního systému,
- stabilita průtoku,
- stanovení částečných vlivů nejistoty měření,
- kontrola zařízení v souvislosti s metrologickými parametry pro vodoměry a průtokoměrné části
- měřičů tepla, které budou na zkušební zařízení zkoušeny,
- opakovatelnost a reprodukovatelnost metrologických parametrů zkušebního zařízení,
- minimum protečeného množství vzhledem k přesnosti zkoušených měřidel.

Metrologická návaznost byla prokázána/ ověřena referenčními etalony ČMI pro

- Hmotnostní průtokoměr typ CMF 050, kalibrační list č. 6015-KL-P0066-16
- Hmotnostní průtokoměr typ CMF 010, kalibrační list č. 6015-KL-P0062-15.
- Hmotnostní průtokoměr typ CMF 200, kalibrační list č. 6015-KL-P0185-16

a kalibrace (funkční zkoušky) zkušebního zařízení se provádí ve stanovených termínech a rozsahu (váhy, píst, měření tlaku a teploty, elektromagnetické průtokoměry, ...) určených metrologickým řádem AMS K69.

Funkční zkoušky celého zkušebního zařízení se provádějí zejména pro ověření těsnosti upínacích systémů, připojení potrubního systému (speciálně část mezi měřidlem a vážicím systémem), těsnosti ventilů, stability průtoku v požadovaném čase, tedy ověření funkce celého zkušebního zařízení - vodoměrné stanice.

Tyto uvedené a další průběžné kontroly a zkoušky jsou součástí SW v modulu „SERVIS“ kde SW upozorňuje ob-

sluhu na provedení konkrétního úkonu ve stanoveném intervalu. Po provedení úkonu odpovědný pracovník AMS K69, resp. pověřený pracovník obsluhy zařízení potvrdí provedení se záznamem v PC zkušebního zařízení s automatickým restartem počítače limitu pro vykonání následné kontroly.

Teplota, barometrický tlak a vlhkost zkušebního prostředí v laboratoři je zajišťována on-line meteorologickou stanicí s přenosem naměřených údajů do PC zkušebního zařízení.

#### 5.1 Výpočet nejistot

Pro výpočet celkových nejistot měření jsou použity tzv. částečné nejistoty jednotlivých komponentů/ měřidel, které jsou součástí vodoměrné stanice a dalších vlivů působících při zkouškách:

- váhy, píst a elektromagnetické průtokoměry,
- roztažnost vody a použitého materiálu,
- měření teploty a hustoty vody,
- vliv teploty na roztažnosti potrubí,
- vliv stlačitelnosti potrubí,
- vliv přepínací klapky.

### 6. Závěr

Na základě výsledků zkoušek, posouzení a vyhodnocení prováděných ČMI bylo konstatováno, že zkušební zařízení určené na kalibraci a ověřování vodoměrů a průtokoměrných členů měřičů tepla je v uvedeném rozsahu v souladu s metrologickými a technickými požadavky pro zkušební zařízení uvedené v normách ČSN EN ISO 4064-2, ČSN EN ISO 4064-5 a ČSN EN 1434-5.

Stanovená doba kalibrace (funkční zkoušky) zkušebního zařízení je 2 roky.

Obsluha zkušebního zařízení má příslušná Osvědčení či certifikáty pro provádění zkoušek, laboratoř se zúčastňuje pravidelně MPZ organizovaných ČMI

Zkušební zařízení je využíváno zejména:

- K ověřování stanovených měřidel v rámci činnosti AMS K 69 ve smyslu znění autorizace
- Činností vyplývajícím z platné legislativy metrologie
- Ke kalibraci měřidel v rámci činnosti AKL č. 2275 při TZÚS Praha, s.p.
- V rámci Smlouvy s ČMI Brno pro metrologické zkoušky měřidel protečeného množství vody

#### Použité zkratky:

- MPZ mezilaboratorní porovnávání zkoušek
- AKL akreditovaná kalibrační laboratoř
- ČMI Český metrologický institut
- MP Metrologický předpis
- OOP Opatření obecné povahy

#### Literatura:

- [1] Odborný metrologický posudek ČMI Brno 2016
- [2] Dokumentace zkušebního zařízení
- [3] Dokumentace TZÚS Praha, AMS K 69
- [4] Technické a oznámené normy
- [5] Zákon č.505/90Sb. o metrologii v platném znění a prováděcí předpisy



## HLUK Z DOPRAVY

**Ing. Jana Dolejší, Bc. Jan Dolejší**

*Studio D – akustika s.r.o.*

### 1. ÚVOD

Žijeme v době, kdy jsme obklopeni vyšším hlukem, než kterému byli vystaveni naši předkové v minulosti. Hluk je velmi často označován jako velký problém současnosti zejména proto, že má negativní účinky na lidské zdraví, které se mohou projevovat nejen přímým poškozením sluchu. Nadměrná expozice člověka hluku totiž také nepříznivě ovlivňuje průběh nemocí jako je vysoký krevní tlak, srdeční infarkt, poruchy trávení apod.

Hluk lze nejjednodušeji popsat jako zvuk, který může být škodlivý pro zdraví, nebo také jako každý zvuk, který vnímáme negativně.

Právě z důvodu toho, že hluk má negativní účinky na lidské zdraví a jeho množství se v životním prostředí člověka neustále zvyšuje, upravují úroveň hluku - respektive jeho limity - právní předpisy.

Výrazným zdrojem hluku je doprava a to jak silniční, kolejová, vodní nebo letecká.

### 2. HLUKOVÉ MAPOVÁNÍ

Každý investor by před vybráním určitého pozemku pro akusticky chráněnou novostavbu měl znát, v jakém hlukovém pásmu se pozemek či stavba nachází, a zda vůbec bude vyhovovat pro daný účel. Hlukové pásmo se určí na základě zpracované hlukové mapy. Je nutné prověřit předpokládaný hluk 2 m před fasádou až do výšky projektovaných objektů.

Hlukové mapy v ČR se zpracovávají jak pro dobu denní, tj. 6 – 22 hodin, ale i pro dobu noční, tj. 22 – 6 hodin. Měření hluku je provedeno v jednom nebo více bodech pomocí přesného měřicího zařízení. Zároveň ale je nutné přesně zaznamenat podmínky, při kterých bylo měření provedeno.

Limity hluku jsou stanovené vždy v příslušném nařízení vlády, k dnešnímu dni je aktuální nařízení vlády 272/2011 Sb. ve smyslu změn 217/2016 Sb. z července 2016.

Hlukové mapy by se měly zpracovávat dle příslušných standardů. V Evropě jsou schváleny EU metody, z nichž vycházejí národní metody.

#### Železniční hluk:

ČSN ISO 9613-1,2

RMR-SRM II-1996 (EU Interim Method) a národní metody:

- CEN (UK)
- XP S 31-133 (Francie)
- RNR –SRM II (Holandsko)
- TemaNord:524 (Skandinávie)

- SEMIBEL (Švýcarsko)
- ONR 305011 (Rakousko)

#### Silniční hluk:

ČSN ISO 9613-1,2

XP S 31 – 133/NMPB + GUIDE du Bruit (EU Interim Method) a národní metody:

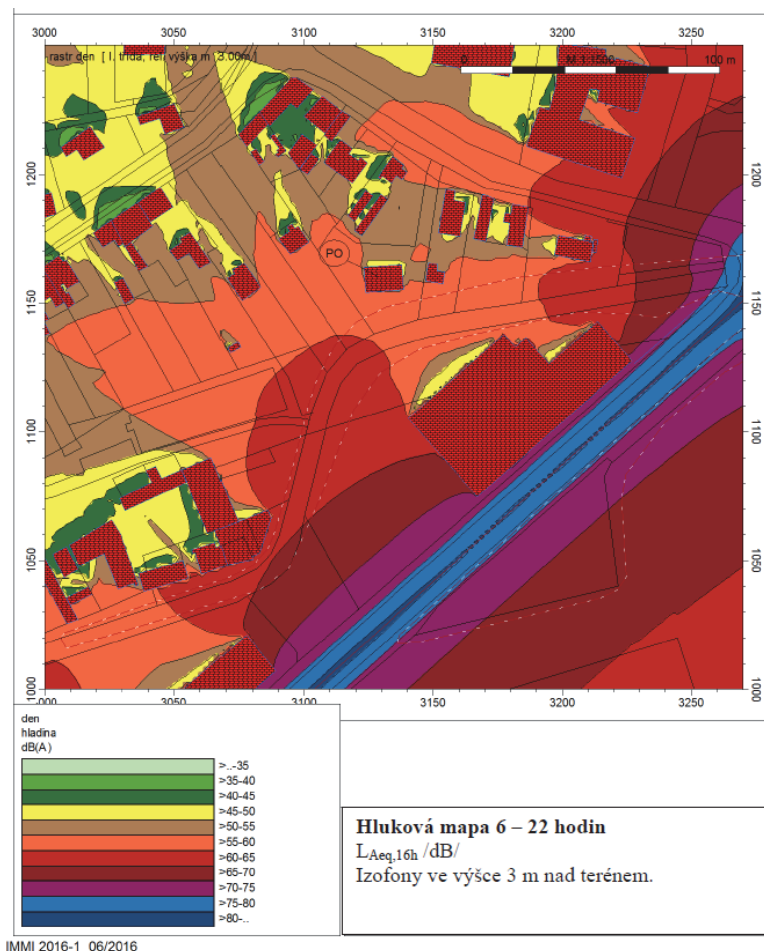
- CRTN (UK)
- XP S 31-133 ( Francie)
- RMW-SRMII (Holandsko)
- TemaNord :525 (Skandinávie)
- Emission models from StL – 86 and SOBROAD (Švýcarsko)
- RVS 04.02.11 (Rakousko)
- RLS-90 (Německo)
- MSZ (Maďarsko)
- Výpočet hluku z automobilové dopravy – manual (ČR)

#### Letecký hluk:

ČSN ISO 3891

ECAC.CEAC Doc. 29 - Segmentation ( EU Interim Method) a národní metody:

- ÖAL 24 ( Rakousko)



Obr. 1: Hluková mapa ze silniční dopravy

- AzB (Německo)
- DIN 45684

Příklad hlukové mapy je na **obr. 1**.

### 3. MĚŘENÍ HLUKU

Před zpracováním hlukové mapy je důležité na základě naměřených reálných hodnot provést kalibraci matematického modelu. Bez kalibrace skutečně naměřených a simulovaných hodnot se může výrazně snižovat vypovídající hodnota samotného modelu, a v důsledku i výsledné hlukové mapy.

Princip kalibrace spočívá v tom, že se provede měření pomocí mikrofону a měřicí ústředny v přesně definovaném bodě. Zde se umístí v blízkosti měřicího mikrofónu i takzvaná sčítací brána, která kromě sčítání vozidel současně měří rychlosti jednotlivých vozidel, jejich délku a směr pohybu. Na základě těchto údajů (hluk, počet vozidel, jejich typ a rychlost) se nastavují parametry výpočtu tak, aby se shodovaly simulované a měřené hodnoty.

Měření hluku ze silniční dopravy je nutné provádět po celých 24 hodin. Jakkoliv zjednodušené nebo zkrácené měření totiž výrazně zkracuje výsledné hodnoty akustického tlaku.

Měření hluku z dopravy se provádí podle následujících standardů:

#### Železniční hluk:

ČSN ISO 1996-1,2

ČSN EN ISO 11819-1

Metodický návod MZ ČR čj. Hem-300-11.12.01-34065

#### Silniční hluk:

ČSN ISO 1996-1,2

ČSN EN ISO 11819-1

Metodický návod MZ ČR čj. Hem-300-11.12.01-34065

#### Letecký hluk:

ČSN ISO 3891

### 4. STRUKTUÁLNÍ HLUK

Jedním z velmi důležitých problémů, které se sledují při vyhodnocování hluku z dopravy, je hluk šířený podložími.

Projektování a výstavba objektů v blízkosti kolejové dopravy (železnice, tramvajové tratě, metro) - zdroje hluku a vibrací šířených podložími - je složitější než projektování a ochrana objektů před hlukem šířeným vzduchem. U kolejové dopravy je velice významné šíření vibrací a strukturálního hluku, které mnohdy znehodnotí stavbu jako takovou, zvláště v případech, kdy nejsou již od začátku navrženy účinné protihlukové úpravy,

Je známo mnoho staveb, které nelze užívat tak, jak si investor představoval. Došlo k podcenění stavby jak ve fázi projektu, tak i v průběhu stavby. Proto již na začátku je nutné počítat i se stavebními úpravami, které ve výsledku sniží strukturální hluk, který vzniká šířením vibrací a strukturálního hluku a s tím souvisejícím vyzářováním

ze stavebních konstrukcí v interiérech akusticky chráněných prostor.

Samotný strukturální hluk je sekundárním efektem šíření vibrací podložími a stavebními konstrukcemi objektu, které se při dynamickém buzení objektu rozkmitají. Excitace způsobené kolejovou dopravou jsou navíc některými konstrukcemi dokonce zesilovány, a proto je nutné při správném návrhu dbát zvýšené opatrnosti.

Mechanické vibrace a vznikající druhotný zvuk (jinak řečeno strukturální hluk) jsou při dlouhodobé expozici pro člověka škodlivé. Vibrace šířící se z kolejové a silniční dopravy taktéž ovlivňují fungování strojů a zařízení a v některých případech výrazně poškozují jejich výkon nebo negativně ovlivňují jejich vlastnosti a produktivitu. A navíc, dynamické přetížení struktury budov může způsobit riziko poškození budov, například jako sesuny a trhliny (především případy těžké automobilové dopravy).

Emise strukturálního hluku musí být sníženy v místě jejich vzniku nebo přijímače díky opatřením přízpusobným konkrétním požadavkům a možnostem. Nejúčinnější systém „hmota-pružina-hmota“ (anglicky Mass-spring-system) je využíván v situacích, ve kterých je nejvyšší důraz kladen na ochranu před strukturálním hlukem a vibracemi.

### 5. PT

Pro měření hluku je důležité, aby laboratoře, které hluk měří, porovnaly své výsledky s ostatními laboratořemi. Každým rokem proto pořádá akreditovaný poskytovatel PT (Proficiency testing) porovnávací zkoušky i podle standardu ČSN ISO 1996 – pro měření hluku z dopravy. Test je organizován tak, že zúčastněné laboratoře měří ve stejném časovém úseku na předem vybraném úseku komunikace. Následně dochází ke statistickému zpracování výsledků. Zkoušek se účastní laboratoře z Česka, Slovenska, Německa, Rakouska, Řecka, Litvy, Srbska a jiných států.



Obr. 2: Foto z PT v Bělehradu ( Srbsko)

## ELEKTROSTATICKÝ VÝBOJ (ESD) A JEHO VÝZNAM V BĚŽNÉM ŽIVOTĚ I V METROLOGII

Doc. Ing. Jiří Horský, CSc.

### 1. Úvod

Již ve starověku, přesněji od 6. století př. n. l., řecký filozof Thales pozoroval přitažlivé síly, vznikající jako následek tření jantaru a byly popsány projevy přitažlivých a odpuzivých sil mezi zelektrizovanými tělesy. Řecké slovo pro jantar je ἤλεκτρον (elektron). Toto slovo se posléze stalo základem pro novější pojem „elektrina“. V současném pojetí označujeme jako zdroje těchto sil elektrické náboje, které třením na povrchích některých materiálů vznikají. Platí přitom, že existují dva druhy elektrického náboje (kladný a záporný), přičemž dva náboje stejného druhu se odpuzují, dva náboje opačného druhu naopak přitahují. aneb jak bylo uvedeno ve filmu Adéla ještě nevečeřela...třeme-li liščíím ohonem ebonitovou tyč, žáku Cartere, vzniká ...



Obr. 1: Elektrostatika je nejdéle známou oblastí z oboru elektrických veličin

Elektrostatický výboj ale nemusí vzniknout vždy jen vlivem okolní atmosféry, ale může být vytvořen i přímo v místnosti. Každý byt, laboratoř nebo dílna, která nemá regulaci vlhkosti, mívá obvykle v zimním období velmi malou relativní vlhkost prostředí. Každý z nás to už někdy zažil. Natáhnete ruku ke klice u dveří a najednou se ozve zapraskání, trochu to štípně a někdy je i vidět jiskřičku. Je to vlivem elektrostatické elektřiny, která člověku neškodí, ale citlivé elektronice by mohla. Elektrostatická elektřina může ničit všechna elektronická zařízení, kterými je dnešní člověk obklopen a bez kterých si nedovede už ani svůj život přestavit. Zvláště u složitých polovodičových elektronických zařízení může vést nejen ke katastrofickému poruše, která zařízení vyřadí, ale může i velmi málo pozorovatelným způsobem degradovat jejich vlastnosti, hlav-

ně zhoršením parametrů a spolehlivosti funkce a projevit se až po čase snížením spolehlivosti zařízení. Elektrostatický výboj je tvořen náhlým a krátkodobým elektrickým proudem mezi dvěma objekty s různým elektrickým potenciálem.

Příkladem elektrostatického výboje v přírodě je blesk.

Již kolem roku 1400 jsou záznamy o používání prostředků k ochraně skladů černého prachu v evropských a karibských námořních pevnostech proti výbuchu vlivem elektrostatiky. V roce 1860 už i papírny používaly zemnění, ionizaci vzduchu pomocí plamene a parní válečky k rozptýlení statického náboje vznikajícího při průchodu pásu papíru sušícím procesem.

V technice se jedná o vážný problém hlavně u elektronických součástek, a to hlavně v integrovaných obvodech, kde během nepostřehnutelného krátkého okamžiku dochází k zničení obvodu – pouhým dotykem s objektem o odlišném elektrickém potenciálu, jímž pro integrované obvody může být i sám člověk. (Lidské tělo se může nabít například, když sundáváme svetr, jehož materiál se tře s vlasy, nebo pokud vystupujeme z auta a oblečení se tře o povrch sedadla).

Elektrostaticky citlivé součástky nás provázejí všude, od mobilních telefonů až po elektroniku automobilů. Pro ochranu elektronických zařízení před elektrostatickým výbojem existují různá antistatická opatření, která mají zajistit bezpečné uzemnění elektrostatického náboje.

V praxi, kdy citlivá elektronická zařízení musí často pracovat v prostředí se silným rušením, vznikají mnohdy značně obtížné situace. Tak např. vstupní měřicí ústředna řídicího počítače se spojuje s výrobním technologickým procesem prostřednictvím množství čidel, k nimž často vedou i několik set metrů dlouhé přívodní kabely nesoucí signály nízkých úrovní mV a mA. Kabely jsou přitom často vystaveny působení silných rušivých polí schopných do nich indukovat napětí, dosahující desítek až stovek voltů. Tyto parazitní signály pak mohou být vyhodnoceny jako informace došlé z technologického procesu a mohou mít za následek nesprávný zásah (mnohdy automatický) s možným rizikem hospodářských škod, havárií, ale i ohrožení života či zdraví lidí. Z tohoto důvodu se přístroje opatřují všude, kde je to možné, ochranami a integrované obvody se navrhují tak, aby je náhodný elektrostatický výboj nezničil. Musel vzniknout zkušební obor, umožňující hodnocení tohoto vlivu. Je třeba si uvědomit, že všechny integrované obvody vyrobené technologií CMOS, u nichž to funkce umožňuje, mají ochranné prvky, které by měly případný vliv elektrostatického náboje zneutralizovat. Tuto ochranu však samozřejmě není možné použít vždy, například u vysokofrekvenčních obvodů a hlavně některých jejich částí, jako jsou přijímací a vysílací části, nebo podobná zařízení. V těchto případech nejsou uvedena obecnější opatření nikterak přehnaná. Své místo mají také různá opatření ve výrobních halách atd..

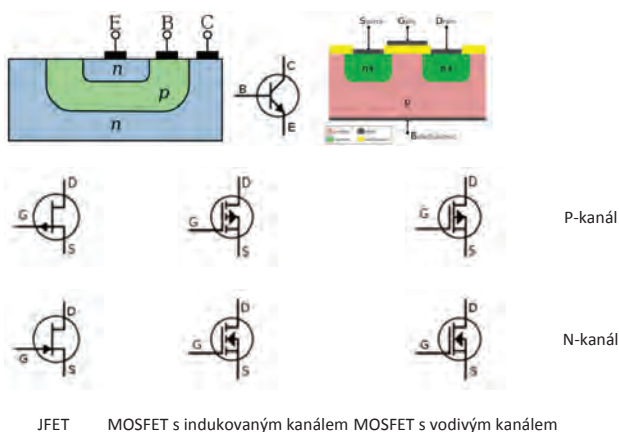


Vzájemné přitahování a odpuzování nabitých těles má i mnoho užitečných průmyslových aplikací, např. elektrostatické nanášení barev a naprašování, zachycování popílku v komínech, tisk na laserové tiskárně nebo fotokopírování. V některých případech mohou být ale elektrostatické náboje nebezpečné. Je to ve výbušném prostředí, které se vyskytuje například při výrobě a úpravě některých tkanin, papíru, prachů, plastů apod.. Velmi nebezpečné jsou náboje přenášené při čerpání hořlavých tekutin, např. benzínu.

Působení elektrostatického pole na pohybující se elektron se využívalo v elektronkách a osciloskopických obrazovkách. Výrazným mezníkem v historii elektroniky byl vynález tranzistoru. Přechod od elektronek k tranzistorům umožnil obrovskou miniaturizaci.



Obr. 2: Vývoj aktivních elektrických součástek. Elektronky (používané cca od roku 1920 do roku 1975) nebyly na vliv elektrostatiky citlivé, u polovodičů je citlivost větší



Obr. 3: Po základním objevu hrotového tranzistoru v roce 1948 se polovodiče bouřlivě rozvíjely. Obr. 3 ukazuje základní druhy tranzistorů

Tranzistory MOSFET, kde elektrické pole hradla G působí na vodivost kanálu D-S jsou základním aktivním prvkem většiny současné elektroniky, ve většině oblastí vytlačily klasické bipolární tranzistory. Dnes dokážeme na polovodičové destičce jediného integrovaného obvodu realizovat až desítky milionů součástek. Moderní součástky jsou ale na elektrostatický náboj citlivé a protože elektronika nás nyní obklopuje všude, v denním životě i v práci, je další text věnován psán hlavně z pohledu vlivu elektrostatiky na elektroniku.

Technologie CMOS (Complementary Metal–Oxide–Semiconductor, doplňující se kov-oxid-polovodič) je používána v převážné většině integrovaných obvodů. Používá se na výrobu čipů včetně mikroprocesorů, jednočipových počítačů a elektronické paměti typu SRAM, ale také na

příklad na obrazové senzory. Jednotlivé generace technologie CMOS se označují jedním číslem představujícím šířku hradla tranzistorů na čipu. Čím menší velikost tranzistoru, tím nižší je možné používat napětí (čímž se snižuje spotřeba energie) a tím je možné dosáhnout vyšších frekvencí a rychlosti v digitálních obvodech a umístit více prvků na čipu. Integrované obvody se využívají ve veškeré spotřební elektronice, ale i různých vědeckých zařízeních, např. na umělých družicích. Některá zařízení obsahující integrované obvody, jsou například:

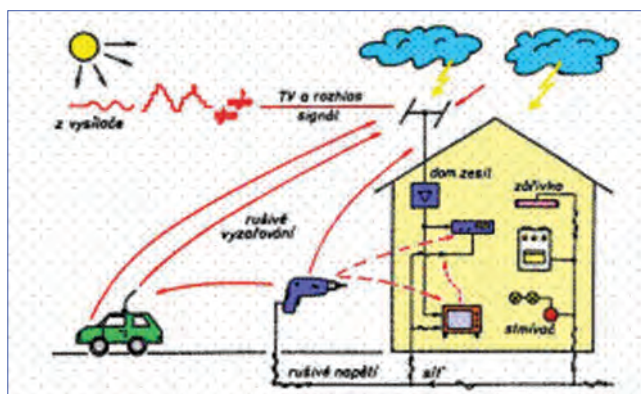
- televize, videa, satelitní přijímače, dálková ovládání,
- rádia, CD či MP3 i MP4 přehrávače,
- digitální hodinky, kalkulačky,
- mobilní telefony, vysílačky, GPS přijímače,
- fotoaparáty, digitální fotoaparáty,
- počítače, tiskárny, monitory, PDA,
- automobily, letadla a další dopravní prostředky,
- lékařské, vědecké a měřicí přístroje.

**Moorův zákon** je empirické pravidlo, které roku 1965 vyslovil chemik a spoluzakladatel firmy Intel Gordon Moore. Původní znění bylo: „Počet tranzistorů, které mohou být umístěny na integrovaný obvod, se při zachování stejné ceny zhruba každých 18 měsíců zdvojnásobí.“ Toto empirické pravidlo stále ještě platí a umožnilo bouřlivý rozvoj techniky a rychlý růst realizace elektronických zařízení.



Obr. 4: Princip elektrostatického výboje do součástky a varovný symbol označující citlivost zařízení na elektrostatický výboj

## 2. Další podobné pojmy



Obr. 5: EMC – Elektromagnetická kompatibilita (slučitelnost) EMC je schopnost zařízení, systému či přístroje vykazovat správnou činnost i v prostředí, v němž působí jiné zdroje elektromagnetických signálů (přírodní či umělé), a naopak svou vlastní „elektromagnetickou činností“ nepřipustně neovlivňovat své okolí, tj. nevyzařovat signály, jež by byly rušivé pro jiná zařízení. (To ale není to tématem tohoto příspěvku.)



Obr. 6: LPS Lighting Protection System je ochrana proti bleskům. Týká se také elektrických výbojů, ale není to téma tohoto příspěvku. Vlevo je kresba prvního vědeckého pokusu Benjamina Fraklina, když se v roce 1752 snažil svést k zemi blesk přes mokvý provázek z vypuštěného draka. Franklin pokus přežil, ne ale ti, co ho po něm opakovali. Vpravo je moderní bleskosvod necitlivě umístěný na soše

### 3. Rozdělení materiálů z hlediska elektrostatiky

V současnosti je nejvíce používáno rozdělení materiálů podle jejich povrchového odporu přesto, že tento není vlastností čistě materiálovou, ale je do značné míry ovlivňován relativní vlhkostí vzduchu, drsností a stavem povrchu. Materiály s nejnižším povrchovým odporem od  $1 \cdot 10^2 \Omega$  až do  $1 \cdot 10^5 \Omega$  jsou zařazeny jako materiály elektrostaticky **vodivé**. Sem patří většina kovů, tkaniny s podílem kovového vlákna, silně vodivě dotované plasty apod. Tyto materiály se používají jednak jako ochranné a stínící, ale i jako zemniče pro odvedení vzniklého náboje.

Materiály, jejichž povrchový odpor je  $\geq 1 \cdot 10^5 \Omega$  až  $< 1 \cdot 10^{11} \Omega$  jsou uváděny jako materiály **elektrostaticky ztrátové – dissipativní**. Je možné je používat jako stínící, ochranné, jako plochy pracovišť, ale nelze je využít jako vlastní zemničí vodiče. Do této kategorie patří většina anti-staticky upravených plastů a tkanin.

Materiály s povrchovým odporem  $\geq 1 \cdot 10^{11} \Omega$  jsou pak považovány za materiály **izolační**. Nelze je používat ani jako ochranné či stínící. Naopak jejich výskyt je třeba na pracovištích s elektrostaticky citlivými součástkami omezit na nejvyšší přijatelnou míru. Sem se řadí izolanty v klasickém slova smyslu.

#### 3.1 ESD a měření

ESD testování je poměrně nový a perspektivní obor velkého významu, ale existuje již řada doporučení a norem, které musí jednotlivá zařízení splňovat a tyto podmínky musí být kontrolovány, proto musí být tento obor zabezpečen měřením.

#### 3.2 Základní používané pojmy

- **Elektrostatický výboj** (Electrostatic Discharge, **ESD**) je speciální typ elektrostatického přetížení, vyvolaný jednorázovým rychlým výbojem mezi dvěma objekty. Vznikne v případě, pokud dojde k postupnému vytvoření elektrostatického napětí mezi předmětem a jeho okolím a poté k spontánnímu výboji v podobě impulzu elektrického proudu.

- **Elektrostatické přetížení** (Electrical Overstress, **EOS**) je poruchový mechanismus, kde dochází k přetížení napětím, proudem nebo výkonem.
- **Human Body Model** (HBM) představuje manipulaci člověka s integrovaným obvodem (IO).
- **Charged Device Model** (CDM) představuje automatickou manipulaci s IO.
- **Machine model** (model strojního zařízení) představuje výboj sedícího pracovníka přes kovový, dobře vodivý nástroj.

#### 3.3 Terminologie ESD

- **Dielektrikum** - Izolační materiál, který nese elektrické pole s nízkým průtokem proudu.
- **Elektrický náboj** - Absence nebo nadbytek elektronů.
- **Elektrostatické pole** - Přitahující nebo odpuzující síla v prostoru, vzniklá v důsledku přítomnosti elektrického náboje.
- **Elektrostatické stínění** - Bariéra nebo kryt, omezující průnik elektrostatického pole,
- **Elektrostatický náboj** - Elektrický náboj v klidu.
- **Elektrostatický potenciál** - Rozdíl napětí mezi měřným bodem a referenčním bodem.
- **Elektrostatický výboj (ESD)** - Rychlý, spontánní přenos elektrostatického náboje mezi tělesy o různých elektrostatických potenciálech, který byl vyvolán přímým kontaktem nebo indukovan elektrostatickým polem.
- **ESCS** - Elektrostaticky citlivá součástka.
- **ESDS** - Součástka citlivá na elektrostatický výboj (Electrostatic Discharge Sensitive Device).
- **EPA** - Vyhrazený prostor ESD, kde lze manipulovat s ESCS s přijatelným rizikem poškození, které souvisí s elektrostatickým výbojem nebo polí.
- **Faradayova klec** - Vodivý kryt, jenž tlumí stacionární elektrostatické pole.
- **Ionizátor** - Zařízení určené ke generování kladných a záporných vzduchových iontů.
- **Měrný objemový odpor** - Poměr stejnosměrného napětí na jednotku tloušťky k velikosti proudu na jednotku plochy, procházejícího materiálem. Udává se v ohmcentimetrech.
- **Měrný povrchový odpor** - U elektrického proudu protékajícího napříč povrchem, poměr poklesu stejnosměrného napětí na jednotku délky k povrchovému proudu na jednotku šířky; jde v podstatě o odpor mezi dvěma protilehlými stranami čtverce a je nezávislý na velikosti čtverce; vyjadřuje se v ohmech/čtverec.
- **Objemový odpor materiálu** - Poměr stejnosměrného napětí k proudu, protékajícímu mezi dvěma elektrodami, nebo specifikovaná konfigurace, která se dotýká protilehlých stran materiálu; uvádí se v ohmech.
- **Odpor mezi dvěma body** - Odpor v ohmech změřený mezi dvěma elektrodami, položenými na libovolný povrch.
- **Odpor vůči zemi** - Odpor v ohmech, změřený mezi jednou elektrodou umístěnou na povrchu, a zemí.

- **Povrchový odpor** - Poměr stejnosměrného napětí k proudu, protékajícímu mezi dvěma elektrodami stanovené konfigurace, jež se dotýkají téže strany materiálu. Udává se v ohmech.
- **Triboelektrické napětí** - Generování elektrostatických nábojů, jsou-li dva materiály v kontaktu, nebo se vzájemně třou a poté jsou odděleny.
- **Málo se nabíjející** (L: Low Charging) - Původně nazývaný „antistatický“ balicí materiál, který minimalizuje jakékoliv generování náboje.
- **Elektrostaticky vodivý** (C: Conductive) - Balicí materiál s povrchovým odporem  $\geq 1 \times 10^2 \Omega$  až  $< 1 \times 10^5 \Omega$ .
- **Elektrostaticky disipativní** (D: Dissipative) - Balicí materiál s povrchovým odporem  $\geq 1 \times 10^5 \Omega$  až  $< 1 \times 10^{11} \Omega$ .
- **Elektrostaticky stínící** (S: Shielding) - Balicí materiál s bariérou zamezující průniku proudu.
- **Izolující** - Balicí materiál s povrchovým odporem  $\geq 1 \times 10^{11} \Omega$ .



Obr. 7: Rozdělení materiálů podle vodivosti

#### 4. Co je ESD

Elektrostatický výboj (Electrostatic discharge, ESD) vznikne, pokud dojde k postupnému vytvoření elektrostatického napětí mezi předmětem a jeho okolím a poté k spontánnímu výboji v podobě impulzu elektrického proudu. Ve velmi krátkém čase dojde k přeskočení elektrického výboje a ke vzniku velkého napětí a proudu na měřené součástce. Pokud je místem takového výboje integrovaný obvod, může dojít k jeho poškození nebo zničení.

Podle původu můžeme zdroje ESD dělit na dvě skupiny:

- přírodní zdroje,
- zdroje uměle vytvořené lidskou činností.

Podle možností průchodu elektrostatického výboje:

- Elektrostatický výboj mezi nabitým předmětem (např. lidským tělem) a uzemněným obvodem. K tomu dochází např. v případech, kdy člověk manipuluje s elektrickým zařízením, nebo integrovaným obvodem.
- Elektrostatický výboj mezi nabitým obvodem a uzemněným zařízením. K tomu dochází např. v případech strojové manipulace s integrovanými obvody, při dotyku testovacím nástrojem apod..

Je možná zvláštní, že při každém dotyku kovového předmětu nevidíme jiskry nebo necítíme elektrický výboj. Je to proto, že úroveň elektrického náboje záleží na daných materiálech a na prostředí. V **tabulce 1** jsou uvedeny příklady. V praxi je elektrostatický výboj většinou spojen s lidskou interakcí. Pokud je jakýkoliv systém předmětem lidského působení, lze očekávat vytvoření elektrostatického výboje. Samozřejmě také stroj může způsobit elektrostatický výboj, například při automatické manipulaci při testování nebo při automatickém osazování desek plošných spojů. Následkem elektrostatického výboje může dojít k funkčnímu nebo parametrickému poškození obvo-

du. Následkem může být i latentní poškození, které nelze zjistit pomocí testovacích přístrojů, ale které se projeví až při následném použití v praxi (po čase). Výrobci integrovaných obvodů provádějí testování ESD u každého nového výrobku jako součást standardního procesu zavádění nových produktů do výroby v souladu s požadavky jejich zákazníků.

Tab.1: Elektrostatické napětí jako funkce relativní vlhkosti

Elektrostatické napětí jako funkce relativní vlhkosti (RV)	20% RV [kV]	80% RV [kV]
Chůze po vinylové podlaze	12	0.25
Chůze po syntetickém koberci	35	1.5
Zdvihnutí plastové tašky	20	0.6
Posun polystyrénové krabice po koberci	18	1.5
Odstranění krycí pásky z PC desky	12	1.5
Smršťovací fólie na PC desce	16	3.0
Zaměření odsavače cínu	8	1.0
Použití mrazicího spreje	15	5.0

#### 5. Testovací modely ESD

Výrobci a uživatelé integrovaných obvodů vyvinuli metody pro testování ESD na základě příkladů elektrostatických výbojů z praxe. Modely specifikující průběh vybíjecího proudu pro dané elektrostatické napětí potvrzují, že vybíjecí proud procházející integrovaným obvodem, generující napěťové rozdíly a zahřívající jeho interní struktury, je odpovědný za většinu poruch způsobených ESD. V podstatě by úroveň citlivosti na ESD měla umožnit porovnání s úrovněmi elektrostatického napětí měřeného ve výrobním procesu.

Human Body Model (model lidského těla) je nejběžněji používaným modelem. Machine model (model strojního zařízení) byl vyvinut v devadesátých letech minulého století v Japonsku jako nejhorší případ HBM. Charged Device Model (Model elektrostaticky nabitě součástky) má hlavní význam pro výrobu integrovaných obvodů a je zde uveden pro úplnost. Má simulovat výboj z nabitého integrovaného obvodu jedním ze svých pinů do nízkoimpedančního uzemnění.

Transmission Line Pulse (TLP) Model je testování pomocí pulzu, který je generovaný přenosovým vedením a slouží jako vývojový nástroj k charakterizaci poruchy.

Jakákoliv porucha jednotlivého pinu znamená poruchu celého zařízení na příslušné hodnotě napětí. Pro různé typy aplikací (např. automobilový průmysl, medicína, vojenství nebo spotřební produkty), platí různé požadavky.

#### 6. Typy poškození

Poškození integrovaných obvodů vlivem elektrostatického výboje (ESD) vytváří různé typy poruch. Nejběžnější selhání integrovaného obvodu vlivem elektrostatického



výboje (ESD) se projevuje jako zvětšený zbytkový proud (leakage) nebo zkrat odporového charakteru některých vstupně výstupních vývodů (pinů). Ostatní běžné poruchy jsou například nadměrný napájecí proud, funkční poruchy, nebo někdy i odpojené vývody. Poškozené vývody způsobující selhání integrovaného obvodu mohou být jen někdy identifikovány pomocí měření voltampérových charakteristik jednotlivých vývodů poškozeného integrovaného obvodu. Zejména to platí v případě poškození integrovaného obvodu, které může být uvnitř obvodu a je velmi obtížné ho zjistit prostřednictvím měření charakteristik jednotlivých vývodů.

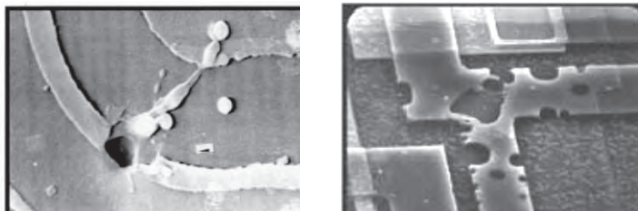
Následky poškození integrovaného obvodu vlivem elektrostatického výboje jsou obvykle katastrofální a jedinou možností opravy je vyměnit celý poškozený integrovaný obvod. Stres vlivem elektrostatického výboje ale může někdy způsobit jen skryté vady nebo zhoršení parametrů, jako např. zvýšené svodové proudy, které nejsou indikovány během měření parametrů a funkčnosti integrovaného obvodu po stresu z elektrostatického výboje. Tyto skryté vady mohou ovlivnit životnost zařízení a jeho spolehlivost, proto jsou znalosti o nich velmi důležité.

Poškození integrovaných obvodů můžeme klasifikovat do následujících tří kategorií:

- Roztavení vodivých spojů nebo odporů.
- Poškození polovodičových přechodů nebo kontaktů.
- Poškození dielektrické izolace.

Podle toho, jaký mechanismus způsobil poškození obvodu, rozlišujeme dva vlivy:

- Poškození vlivem velkého proudu (roztavení vodivých spojů nebo odporů, roztavení polovodičových přechodů, poškození kontaktů mezi polovodičem a spoji).
- Poškození vlivem velkého napětí (průraz dielektrické izolace).



Obr. 8: Katastrofická (vlevo) a skrytá porucha (vpravo) polovodičové součástky

## 7. Elektrostatika a měření

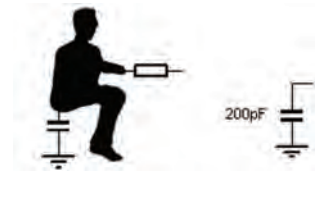
Elektrostatika způsobuje asi třetinu ze všech poruch, kterými se setkáme u polovodičů.

Ve všech pracovištích, kde se setkáme s elektronickým zařízením ještě s nezapouzdřeným a neopatřeným všemi plánovanými ochrami, snažíme se omezit možnost vzniku elektrostatického náboje. Stejná pravidla platí i pro laboratoře, ve kterých se budeme stále více setkávat s elektronikou.

Pro elektrostatické namáhání vystačíme v převážně většině případů 3 modely, jak už bylo uvedeno výše.



Obr. 9: HBM - human body model podle normy: MIL883 method 3015, AEC-Q100-002, JESD22-A114-B



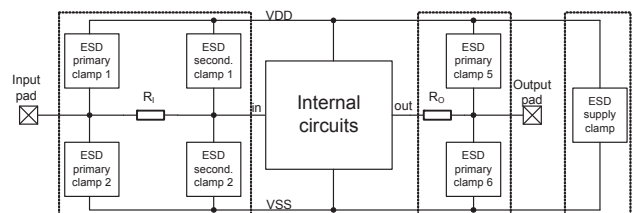
Obr. 10: MM - machine model podle normy: AEC-Q100-003, JESD22-A115-A



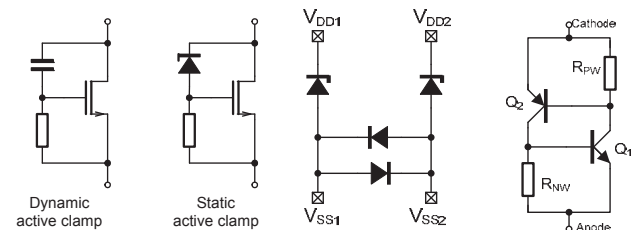
Obr. 11: CDM - charged device model podle normy: AEC-Q100-011, JESD22-C101-A

Zkušební signál podle normy	Principální schéma spojení	Časový průběh zkušebního signálu	Parametry zkušebního signálu
<p>6</p> <p>Plumene oscilační vlny 0,1/1 MHz</p> <p>ČSN EN 61000-4-12</p>	<p><math>Z_L = 200 \Omega</math></p>		<p><math>U_0 = 0,25 \dots 4 \text{ kV}</math></p> <p><math>f = 1/T = 0,1/1 \text{ MHz}</math></p> <p><math>T_1 = 75 \text{ ns}</math></p> <p><math>U = 0,5 U_0</math></p> <p>po 3 až 6 periodách</p> <p><math>f_1 = 1/T_1 = 40/400 \text{ Hz}</math></p>
<p>7</p> <p>Elektrostatická výboje</p> <p>ČSN EN 61000-4-2</p>	<p>Výboj vzduchovou mezerou</p>		<p><math>U = 2 \dots 15 \text{ kV}</math></p> <p><math>I_m = 5 \dots 70 \text{ A}</math></p> <p><math>T_1 = 5 \text{ ns}</math></p> <p><math>\tau = 30 \text{ ns}</math></p>
	<p>Kontaktní výboj</p>		<p><math>U = 2,4 \dots 8 \text{ kV}</math></p> <p><math>I_m = 7,5 \dots 15 \dots 22,5 \dots 30 \text{ A}</math></p> <p><math>T_1 = 0,7 \dots 1 \text{ ns}</math></p>

Obr. 12: Při zkouškách EMC se pro oblast ESD používají zkoušky podle ČSN EN 61000



Obr. 13: Každý CMOS integrovaný obvod konstruovaný pro vysokou spolehlivost obsahuje uvnitř řadu ochranných prvků, které ale zvyšují cenu i složitost obvodu



Obr. 14: Příklady některých vestavěných ochranných prvků v integrovaných obvodech

### 7.1 Měření odporu z hlediska ESD v laboratoři

#### Odpor mezi dvěma body

Jedná se o měření odporu mezi dvěma body na povrchu pomocí megaohmmetru se dvěma sondami. Norma EN

61340-5-1 specifikuje měřicí napětí, vzdálenost sond od sebe (300 mm osově), hmotnost sondy, průměr a tvrdost dotykové plochy sondy.

### Odpor vůči zemi

Měří se pomocí megaohmmetru, jehož jedna sonda je umístěna na povrchu a druhá svorka je připojena k bodu uzemnění.

### Prověřování ionizátorů vzduchu

Monitor s nabitou deskou testuje účinnost ionizátoru tak, že měří dobu, kterou vytvořené vzduchové ionty potřebují k vybití desky pro sběr plovoucích iontů, jež byla předem nabita na zadanou úroveň kladnými nebo zápornými ionty.

## 7.2 Kontrola elektrostatických polí

Pro kontrolu elektrostatických polí, která bývala dříve velmi problematická již dnes existují potřebné přístroje – fieldmetry a elektrostatické voltmetry.

Většina ručních měřičů vyžaduje provádět měření v pevné vzdálenosti od objektu (typická vzdálenost je jeden palec). Vyráběná zařízení zpravidla vyžadují, aby měřený objekt měl určité minimální rozměry. Objekty s rozměry menšími než minimálními nemusejí při měření dávat přesný údaj.

Existují už i bezkontaktní přístroje, umožňující přesná měření v širokém rozsahu vzdáleností mezi sondou a povrchem, a mohou kontrolovat malé nabitě oblasti na testovaném povrchu. Vyšší bodová rozlišovací schopnost je užitečná k lokalizaci nábojů na nehomogenních materiálech.

Kontrola oděvů se provádí podobnými přístroji jako v případě pracovních povrchů. Při měření rezistivity mezi dvěma body by měl být šev látky umístěn mezi měřicími sondami.

## 8. Prvky kontroly - měření elektrostatických polí

Boj proti vlivu elektrostatické elektřiny probíhá ve dvou směrech. Je to:

- Ochrana přístrojů, vestavěná výrobcem.
- Omezení možnosti vzniku elektrostatického náboje úpravami laboratoře.

Čtvrtletní kontroly pracovišť jsou obvykle zaměřeny na:

- Měření elektrostatických polí a potenciálů vyskytujících se uvnitř vyhrazeného prostoru, které by neměly přesáhnout 10 kV/m a 100 V.
- Kontrolu označení vyhrazeného prostoru a použitých obalů.
- Elektrickou kontrolu ESD podlah, regálů, vozíků, sedadel, použitých oděvů, popřípadě ionizátorů.

Měření elektrostatických polí a potenciálů vyskytujících se uvnitř vyhrazeného prostoru je jedna neúčinnějších metod jak odhalit problém s výskytem elektrostatických nábojů a ověřit nápravná opatření.

Kontrola označení vyhrazeného prostoru a použitých obalů je v podstatě vizuální kontrolou stavu ve vyhrazeném prostoru pro práci s elektrostaticky citlivými součástkami.

Elektrická kontrola použitých oděvů by měla prověřit zejména stávající stav používaných oděvů. Antistatický

oděv nedělá antistatickým použitý „žlutý štítek“, ale ve tkaná vodivá vlákna, která se mohou časem přerušit (zejména praním). Parametry, jejich meze a měřicí metody jsou stanoveny normou EN 61340-5-1. Kontrolu výběrovým způsobem provádí a dokumentuje koordinátor ESD nebo jím pověřená osoba.

Norma doporučuje testovat funkci ionizátorů podle jejich důležitosti ve výrobním procesu. Méně kritická místa mohou vyžadovat pouze roční kontrolu funkce, naopak kritická i měsíční kontrolu.

## 9. Zánik elektrostatických nábojů

Statická elektřina se projevuje jako volný náboj rozložený po tělesech, nebo jako náboj vázaný k povrchu polarizovaných izolantů. Náboje stejného znaménka se odpuzují a náboje nestejných znamének se přitahují. To tedy znamená, že kolem každého elementárního náboje se vytváří elektrostatické pole. Náboj je tady jak příčinou pole tak následkem. Z hlediska fyzikální podstaty jsou podmínky vzniku elektrostatického náboje velmi rozmanité a mechanismus vzniku a účinků je velmi složitý. V porovnání s jinými fyzikálními disciplínami lze říci, že právě pro svoji složitost a nesnadnost zjišťování nejsou tyto jevy dosud dostatečně prozkoumány.

Základním principem vzniku elektrostatického náboje je vznik elektrické elektrizovatelné dvojvrstvy. Tato dvojvrstva může vznikat při všech skupenstvích. Jedná se tedy o přírodní jev a musí být tedy pro vznik náboje splněny tyto podmínky:

- musí dojít k rozdělení elektrické dvojvrstvy,
- specifický odpor elektrizovatelné látky musí být  $10^8$  až  $10^9$  ohmů,
- dalším fyzikálním jevem je i kumulace náboje při opakovaném tření, kde se nám materiály mohou nabít na vysoká napětí řádu až deseti tisíc voltů.

Elektrostatické náboje mohou být snadno eliminovány z vodivých materiálů uzemněním.

Toto uzemnění však nesmí být přímé, ale přes soustavu vybíjecích rezistorů, aby při vybíjení nedocházelo k jiskrovým výbojům. Energie těchto výbojů by mohla způsobit poškození elektrostaticky citlivých součástek. Vybíjecí rezistory tedy zajišťují pozvolné vybíjení vzniklých nebezpečných nábojů. Hodnoty rezistorů jsou dány normami tak, aby časové konstanty přechodových dějů byly optimální. Rezistory se zařazují nejen mezi elektrickou „zem“ a vybíjecí místo, ale i mezi jednotlivá vybíjecí místa pracoviště vzájemně. V nedávné minulosti některé normy předepisovaly odvádět náboje samostatným zemním vodičem. To přinášelo velké komplikace zejména tam, kde se antistaticky ošetřovala stávající pracoviště. Dnes je běžné použití zemního vodiče síťového rozvodu.

V případě nevodivých materiálů mohou být elektrostatické náboje neutralizovány pouze ionizací vzduchu. Ionizátory produkují kladné a záporné ionty, které účinně neutralizují obě polarity náboje. Při neutralizaci elektrostaticky citlivých zařízení je třeba použít ionizátory s vyváženou ionizací. Nevyváženost iontů totiž může indukovat

napětí na součástce a může způsobit její zničení. Vyvážená ionizace znamená, že bez ohledu na čas a umístění by nemělo být v oblasti ionizace zaznamenáno žádné elektrické napětí. V elektronickém průmyslu by nevyváženost neměla převýšit  $\pm 30$  V.

## 10. Omezení možnosti vzniku elektrostatického náboje úpravami pracoviště

Elektrostatické náboje lze odstraňovat uzemňováním vodivých součástí zařízení, zvyšováním vnitřní vodivosti zařízení, zvyšováním relativní vlhkosti vzduchu, antistatickými úpravami, ionizací vzduchu apod. V zásadě však tyto náboje nemohou primárně ohrozit bezpečnost obsluhy působením průchodu vybíjecího proudu, mohou ale poškodit citlivá zařízení pro měření malých proudů a velkých odporů a mohou ovlivnit nejistotu měření.

Nejlepším způsobem je předejít vzniku statické elektřiny. Vhodná je řízená vlhkost v laboratoři (kolem 50%). Je potřebné, aby laboratoř měla na všech dílech pracoviště stejný potenciál jako její okolí. Tedy je třeba všechno, co je možné, uzemnit. Nejlépe je opatřit laboratoř speciální antistatickou podlahovou krytinou. Tyto krytiny se montují na síť z měděných pásků, která odvede možný náboj. Měřicí pracovní plocha, by měla mít povrch ze stejného antistatického materiálu a společný zemnicí bod. Oblečení, které by mohlo způsobit vznik elektrostatického náboje musí být překryto antistatickým pracovním oděvem. Nedoporučuje se oblékat pod něj prádlo a oděvy z hedvábí, polyesteru nebo vlny. Tyto látky tvoří elektrostatický náboj. Je vhodné používat ochrannou obuv proti elektrostatickému výboji ve spojení s polovodivou nebo antistatickou podlahou.

## 11. Elektrostaticky chráněné pracoviště (electrostatic protected area, EPA)

Prostor EPA musí být zřízen všude, kde se manipuluje s výrobky citlivými na ESD. Vstup do EPA prostorů musí být omezen pouze pro personál, který má ukončené příslušné ESD školení. Neškolení jednotlivci musí být v prostoru EPA doprovázeni školeným personálem. Ochrana před nebezpečnými elektrostatickými jevy je normativně zpracována zejména v normách řady IEC 61340 (pro evropské státy je to řada EN 61340), pod společným názvem: Elektrostatika. Pro plnění požadavků ESD se stanovuje koordinátor, který odpovídá za zavedení požadavků pro ESD pracoviště do programu, včetně sestavení, dokumentování, udržování a ověřování shody s tímto programem. Koordinátor ESD je odpovědný za všechny záležitosti, které se vztahují k ochraně součástek ESD na pracovišti.

Zřízením a správným použitím chráněné oblasti EPA nebo ESD, bude úroveň poruch během výroby a později v životě součástky minimalizována. Účelem je zajistit prostředí, kde práce s použitím elektronických součástek citlivých na ESD, podsestav, jako jsou desky s plošnými spoji a sestavy ale i opravy se provádí v bezpečí před ESD.

Existuje mnoho různých opatření, která mohou být použita k zajištění bezpečného prostředí pro ESD, ale je třeba pečlivě analyzovat, jaká opatření jsou nutná. Základem

je ESD pracovní stůl a přídatná zařízení. Používá se ESD pracovní stůl s ESD páskami, ESD sedadla, atd., s cílem zajistit, aby pracovní stůl, sedadlo i pracovník byl uzemněn (přes vysokou resistanci z bezpečnostních důvodů spíše disipativní). U mnoha typů oblečení z umělých vláken, se může se generovat vysoká úroveň statické elektřiny. Kravaty, které nosí muži jsou toho velmi dobrým příkladem. Často jsou vyrobeny z umělých vláken a generují velmi vysoké úrovně statické elektřiny.



Obr. 15: Příklad měření odporu na oděvu pro ESD pracoviště

Obuv s ESD pásky: Mnoho lidí bude chtít používat své vlastní boty a tudíž alternativou je použít popruh na boty, který poskytuje svodovou cestu k zemi. Jinou alternativou je použití ESD návleků na boty, které poskytují svodovou cestu k zemi.

Je obvykle možné ihned použít podsestavu v rámci konečné montáže, ale ne vždy. V důsledku toho je třeba skladovat mnoho součástí a podsestav. Aby se zabránilo poškození je proto nezbytné, aby byla přijata během skladování preventivní opatření ESD. Použití skladovacích zásobníků ESD a jiných nádob, je stejně důležité jako použití ESD tašek. Vyloučení materiálu generujícího statickou elektřinu je nutné a znamená to vyloučení mnoha materiálů, které se používají v každodenním životě, protože by mohly generovat velké množství statické elektřiny. Tyto materiály by měly být za každou cenu z EPA prostoru vyloučeny. Například pěnový polystyren vytváří velmi velké množství statické elektřiny a nesmí být nikdy dovolen do EPA oblasti. Také některé formy bublinkové fólie nejsou dobré, i když byly vyvinuty některé typy pro použití jako ESD obalu.

Plastové kelímky jsou také velmi špatné, pokud jde o zachování statické elektřiny (nápoje by tak nemělo být dovoleno konzumovat v pracovní oblasti) a mnoho dalších plastových položek není vhodné užívat, protože plast je velmi dobrý izolátor. Někteří lidé dokonce používají speciální ESD papír namísto běžného papíru pro tisk a poznámky, i když opatření, jako jsou tato nejsou vždy prováděna. Proto všechny pro práci nedůležité izolanty (plasty a papíry), jako jsou hrnky na kávu, obaly obuvi a osobní předměty, musí být odstraněny z pracovního EPA prostoru nebo i ostatních míst, kde se manipuluje s nechráněnými součástkami (například opravy).



## 12. Závěr

Moderní domácnost i každá laboratoř je a bude stále více přeplněna elektronikou, ve které jsou používány elektrostaticky citlivé součástky. Jsou to v domácnosti nejen počítače, televizní přijímače i mobilní telefony, ale všemožné přehrávače a elektronika je už i v hračkách. Zabudované elektrostaticky citlivé součástky v elektronice by měly být konstrukcí výrobku chráněny, ale je dobré znát požadavky a opatření, která mají vliv na ESD. Dostupným a většinou postačujícím opatřením je zabránit vzniku příliš suchého prostředí. Také při výrobě oblečení už použití elektrostaticky neošetřených umělých vláken není tak výrazné, jako v minulosti.

Elektrostatický náboj a jeho výboj není vždy jen nepříjemností, mnohdy může mít i závažné následky. Proto jsou opatření proti jeho možnému vzniku a destruktivnímu působení dělána všude a na všech dostupných a ekonomických úrovních.

V elektronické výrobě a v laboratořích a při opravách jsou požadavky přísnější a tam, kde je to potřebné, se pra-

coviště řeší individuálně s využitím celé řady technických i organizačních opatření, jako pracoviště EPA. Jaká to jsou opatření a proč to musí být použita, bylo stručně ukázáno a vysvětleno v tomto článku.

## 13. Literatura

Ochrana před nebezpečnými elektrostatickými jevy je normativně zpracována v mezinárodních normách řady IEC 61340 a vychází z norem ANSI/ESD S20.20, pro evropské země je to řada EN 61340.

Pro Českou republiku to pak jsou normy ČSN EN 61340 pod společným názvem – Elektrostatika.

- [1] ČSN EN 61340 Elektrostatika
- [2] HANDBOOK 8739.21 *NASA workmanship manual for electrostatic discharge control*
- [3] ANSI/ESD S20.20-2014 *Association Standard for the Development of an Electrostatic Discharge*



# MSA – (MEASUREMENT SYSTEMS ANALYSIS) – ANALÝZA SYSTÉMŮ MĚŘENÍ – Základní zásady pro výběr metody a aplikaci v praxi

**Doc. Ing. Jiří Pernikář, CSc.**

*VUT Brno, fakulta Strojního inženýrství*

**Doc. Ing. Miroslav Tykal, CSc.**

*Universita obrany, Brno*

Způsobnost měřicích a kontrolních procesů závisí na řadě činitelů. MSA není jediná metoda, ale celý soubor metod, které na základě metod matematické statistiky vyhodnocují spolehlivost těchto procesů. Ze zkušenosti metrologů z praxe se často uvádí případy, kdy výsledek kontrolního testu přináší jednoznačně nesprávné výsledky. Běžně se stává, že například způsobnost měřidla s rozlišením 0,01 mm při kontrole rozměru s tolerancí 1 mm nevyhovuje, což je absurdní. Příčinou tohoto nesprávného výsledku je výběr nesprávné metody MSA.

Přítom je potřeba rozlišovat procesy měřicí a procesy kontrolní. U procesů měřicích je základní otázkou přesnost měření, která se kvantifikuje pomocí nejistoty měření.

**Přesnost měření** sestává ze dvou složek:

- **Pravdivost (správnost) měření** (dříve strannost), která je kvantifikována systematickou chybou,
- **Preciznost** za podmínek opakovatelnosti (**opakovatelnost**) a **preciznost** za podmínek reprodukovatelnosti (**reprodukovatelnost**), která se kvantifikuje pomocí parametrů variability (rozpětí, nebo směrodatná odchylka).

U kontrolních procesů se hodnotí způsobnost procesu ke spolehlivému rozhodnutí, jestli je kontrolovaný rozměr v požadované toleranci.

V dalším bude proveden popis a hodnocení nejpoužívanějších metod hodnocení způsobilosti kontrolních a měřicích procesů.

## 1. Kontrola míry rozlišení

**Míra rozlišení (%)**  $MR = \frac{R}{T} 100 (\%)$ ,  
kde:  $R$  je rozlišení  
 $T$  je tolerance

Pro:  $MR \leq 5\%$  je rozlišení vhodné,  
 $MR \geq 5\%$  je rozlišení nevhodné.

Tato metoda je jednoduchá, ale její spolehlivost je poměrně velmi nízká. Pokud je  $MR$  významně vyšší než 5%, můžeme proces prohlásit za nezpůsobilý. V opačném případě se doporučuje provést další test.

## 2. Nejmenší kontrolovaná tolerance $T_{min}$

Použitelnost kontrolního prostředku ve fázi plánování se zjišťuje vyhodnocením nejmenší kontrolované tolerance  $T_{min}$  v závislosti na mezní hodnotě způsobnosti  $G_{pp}$  a nejistotě měření kontrolního prostředku  $u_{PM}$

$$T_{min} = \frac{6u_{PM}}{G_{pp}}$$

kde:  $u_{PM}$  je nejistota měření

Podle stupně přesnosti se pro mezní hodnotu  $G_{pp}$  doporučuje 0,2 až 0,4.

### 3. Hodnocení pomocí parametrů $c_g$ , $c_{gk}$

Tento postup slouží pro hodnocení měřidel, u kterých nedochází k ovlivňování výsledků měření obsluhou. Jedná se zejména o měřicí automaty a absolutní měřidla.

Při hodnocení pomocí  $c_g$  a  $c_{gk}$  se posuzuje měřidlo z hlediska **strannosti** a **opakovatelnosti**.

Tento postup je založen na opakovaném měření **kontrolního etalonu**, který představuje konvenční (referenční) hodnotu. Tato hodnota by měla být totožná se středem tolerance. Předpokládá se přitom, že náhodná veličina – naměřená hodnota – se řídí zákonem normálního rozdělení.

Při aplikaci této metody je nutné dodržet následující podmínky:

- optimálně 30 opakování měření kontrolního etalonu,
- měření provádí jedna osoba, nebo skupina osob,
- měření se realizuje jedním měřidlem,
- měření se realizuje jedním postupem,
- během měření jsou zajištěny stejné podmínky okolního prostředí,
- měření probíhá v relativně krátkém časovém intervalu.

**Opakovatelnost** je dána vztahem:

$$c_g = \frac{0,2T}{6s_g}$$

kde:  $T$  je tolerance měřeného rozměru,  
 $s_g$  je výběrová směrodatná odchylka výsledků měření kontrolního etalonu,

a jsou dány vztahy:

$$T = HMR - DMR,$$

kde:  $HMR$  je horní mezní rozměr,  
 $DMR$  je dolní mezní rozměr,

$$s_g = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_g)^2}$$

kde:  $n$  je počet měření za podmínek opakovatelnosti (min. 25),

$x_i$  je výsledek  $i$ -tého měření,

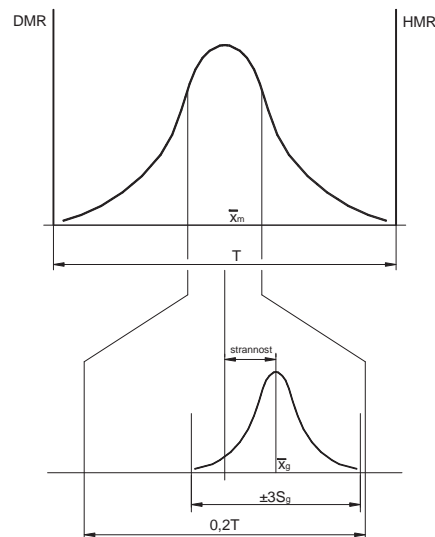
$\bar{x}_g$  je výběrový průměr výsledků měření kontrolního etalonu.

**Strannost** je dána vztahem:

$$c_{gk} = \frac{0,1T - |\bar{x}_g - x_m|}{3s_g}$$

Faktory  $c_g$ ,  $c_{gk}$  určují, zda výsledek měření kontrolního etalonu leží s pravděpodobností 99,73 % ve zvoleném pásmu tolerance měřidla. Šířka tolerance měřidla je stanovena na 20% šířky tolerance kontrolovaného rozměru. Grafické znázornění výsledků měření etalonu vzhledem k toleranci je na **obr. 1**.

Hodnoty těchto indexů určují způsobilost měřidla pro daný účel, ke kterému má sloužit. **Tab. 1** určuje mezní hodnoty pro schválení, nebo zamítnutí měřidla na základě velikosti tolerance měřeného rozměru.



**Obr. 1:** Znázornění  $c_g$ ,  $c_{gk}$  vzhledem k toleranci

**Tab. 1:** Mezní podmínky způsobilosti kontrolního procesu.

Tolerance	Mezní hodnoty
$T \leq 50 \mu$	$C_g, c_{gk} \geq 1$
$T > 50 \mu$	$C_g, c_{gk} \geq 1,33$

#### Poznámky:

- a) Etalon, který reprezentuje konvenční (referenční) hodnotu  $x_m$  jako střed tolerance není potřeba speciálně vyrábět. K danému účelu poslouží libovolný z vyrobených kusů, jehož rozměr bude pro daný případ reprezentovat referenční hodnotu  $x_m$ , která se změří s dostatečnou přesností (nejistotou měření).
- b) Pokud kontrolu vyrobených kusů provádí více operátorů, doporučuje se provést vyhodnocení reprodukovatelnosti měření. Jednotliví operátoři změří za podmínek opakovatelnosti postupně 10x vybraný kus. Z naměřených hodnot se u každého operátora vypočítá aritmetický průměr  $\bar{x}$  a rozpětí  $R = x_{\max} - x_{\min}$ . Pokud některý z operátorů vykazuje výrazně odlišné hodnoty než ostatní, musí se z této kontroly vyřadit. Reprodukovatelnost se vyhodnotí jako rozpětí  $R = \bar{x}_{\max} - \bar{x}_{\min}$ .
- c) Vzhledem k tomu, že  $c_g \geq c_{gk}$ , stačí pro rozhodování o způsobilosti kontrolního procesu vyhodnotit pouze  $c_{gk}$  – strannost.

### 4. Hodnocení způsobilosti měřidla pomocí metody R&R

Tato metoda bývá někdy nazývána **metodou průměrů a rozpětí**. Vyšetření způsobilosti se provádí na několika skutečných výrobcích. Metoda spočívá v opakovaném měření

jednoho rozměru několika různých kusů stejného výrobku několika pracovníky (každý pracovník měření hodnot skupiny výrobků několikrát zopakuje), zjištění opakovatelnosti EV (variability měřicího zařízení při opakovaném měření jedním pracovníkem), reprodukovatelnosti AV (variability hodnocení při opakovaném měření různými pracovníky) a celkové variability měření R&R% vyjádřené v procentech vzhledem k toleranci výrobku nebo vzhledem k proměnlivosti procesu (variabilitě výrobku). Opakovatelnost a reprodukovatelnost je možné pomocí této metody posuzovat individuálně.

Pokud je  $R\&R\% < 10$ , je systém měření vyhovující. Pokud je  $R\&R\%$  v rozmezí 10-30, je podmíněčně vyhovující (systém měření může být přijatelný podle důležitosti aplikace, nákladů na měřidlo, nákladů na opravy a podobně). Pokud je  $R\&R\% > 30$ , je systém měření nevhovující. Parametr  $ndc$  (počet rozlišitelných kategorií neboli citlivost měřicího systému) musí dosahovat alespoň hodnoty 5.

#### Postup při aplikaci metody R&R:

- zajistí se výběr  $n > 5$  dílů (optimálně 10) a díly se očíslojí,
- stanoví se počet opakovaných měření 2 – 10, optimálně 3,
- Stanoví se počet operátorů a označí se jako A, B, C, (možnost stanovit 2-10).

#### Některé praktické zkušenosti při aplikaci metody R&R Hodnocení způsobilosti měřidla

Často se stává, že při kontrole méně přesných rozměrů (velké tolerance) test způsobilosti měřidla vyjde negativně, i když je podle zkušenosti způsobilost vyhovující. Jako příklad je možno uvést výsledky protokolu o vyšetření způsobilosti měřidla metodou R&R uvedeném na stránce [www.trestik.cz](http://www.trestik.cz):

Měřidlo: digitální posuvné měřidlo, rozlišení: 0,01 mm  
 Tolerance: 1 mm  
 Počet pracovníků: 3  
 Počet opakování: 2  
 Počet kusů: 10

Výsledek: **R&R 25,14 [%] měřidlo je pouze podmíněčně způsobilé !!!!!**

**Přitom Míra rozlišení MR = 1 [%] !!!! - což je hodnota víc než uspokojivá.**

#### Důvod nespolehlivosti metody pro daný účel:

1. Metoda R&R pomocí opakovatelnosti (Repeatability) a reprodukovatelnosti (Reproducibility) vyhodnocuje celkovou variabilitu dvou zcela nezávislých procesů:
  - výrobního a
  - kontrolního.

#### Definice:

Opakovatelnost je těsnost shody naměřených hodnot získaných při opakovaných měření jednoho rozměru na jednom kusu za podmínek opakovatelnosti.

#### Podmínky opakovatelnosti měření:

- stejné měřidlo
- stejný postup měření,
- stejný obslužný personál,
- stejné pracovní podmínky a stejné místo měření,
- opakování měření na stejném objektu v krátkém časovém úseku.

**Opakovatelnost** se kvantifikuje pomocí charakteristiky variability (proměnlivosti souboru).

V praxi se používá nejčastěji **rozpětí**, nebo **směrodatná odchylka**.

2. Naměřené hodnoty se nesrovnávají s hodnotou referenční! Nehodnotí se systematická chyba jako parametr strannosti.
3. Podle zadání změří 3 operátoři postupně 10 výrobků, každé měření se 2x opakuje.

Největší vliv na variabilitu procesu měření podle této metody má variabilita výrobního procesu, se kterou kvalita měřidla nesouvisí. Variabilita výrobního procesu se hodnotí samostatně pomocí **ČSN ISO 16 269-6: Statistická interpretace údajů. Stanovení statistického tolerančního intervalu**.

Pomocí této normy se dá jednoduše a naprosto spolehlivě schopnost výrobního procesu zajistit dodržením požadované tolerance vyráběného rozměru.

Metoda R&R vyjadřuje společně variabilitu výrobního a měřicího procesu, což není vhodné. Výrobní a měřicí procesy jsou na sobě zcela nezávislé a tudíž vyhodnocovat průměr a variabilitu ze dvou nezávislých statistických souborů není možné.

#### Poznámka:

Kdyby se hodnotila způsobilost absolutně přesného měřidla při měření rozměru s velkou tolerancí na 10-ti kusech, tak by s velkou pravděpodobností metoda R&R vyhodnotila toto měřidlo jako nezpůsobilé.

#### Závěr:

**Používání metody R&R pro hodnocení způsobilosti měřidla se nedoporučuje!**

#### Literatura

- [1] PERNIKÁŘ, J. - TYKAL, M. : Strojírenská metrologie II, 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství, CERM, 2006. 180 s. ISBN 80-214-3338-2.
- [2] VDA 5: Způsobilost kontrolních procesů. 1. vyd. Praha: Česká společnost pro jakost 2004. 112 s. ISBN 80-02-01656-4.
- [3] Ing. Bednář Josef, PhD. MSA-Analýza systému měření, MŠMT 1M06047 – CQR
- [4] MEAGHER, J.: MSA- an Alternative Method for Estimating Percentage Tolerance, New Hampshire Ball Bearings, Inc. <http://www.spcpress.com>
- [5] WHEELER, D. J. : An Honest Gauge R&R study. NHBB, Jan. 2009



## MODERNIZACE TECHNOLOGICKÉHO VYBAVENÍ AMS K 97 - Laboratoř metrologie ionizujícího zařízení OLOMOUC

**Ing. Antonín Šiška**

**Ing. Václav Hora**

*VZ 551240 Olomouc*

Laboratoř metrologie ionizujícího záření (LMIZ) AČR v Olomouci byla uvedena do provozu na přelomu let 1995/1996. Hlavním dodavatelem technologie byla firma VF, a.s. Černá Hora u Brna.

Cílem vybudování LMIZ bylo zabezpečit potřeby AČR v oblasti kalibrací a ověřování měřidel IZ. LMIZ v současnosti provádí ověřování a kalibrace všech typů měřidel IZ AČR, kalibrace pracovních etalonů a školení obsluh metrologických středisek AČR.

Zařízení sloužilo ke spokojenosti uživatele 20 let bez podstatných závad.

S nárůstem počtu ověřovaných a kalibrovaných měřidel, jakož i s nárůstem počtů moderních typů měřidel vázaných na SW komunikaci vyvstala potřeba dalšího rozvoje pracoviště a v roce 2003 proběhla generační obměna SW vybavení LMIZ.

V uplynulých dvaceti letech LMIZ prováděla 1000 ÷ 2000 ověření stanovených měřidel a kalibrací pracovních měřidel ročně. Dále pak zabezpečovala kalibrace pracovních etalonů v oblasti ionizujícího záření.

Vzhledem k poločas rozpadu použitých radionuklidových zářičů ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ) bylo zřejmé, že po roce 2015 již nebude ozařovač splňovat všechny požadavky norem pro

provádění ověření a kalibrací. Zároveň poslední zkoušky dlouhodobé stability ukázaly, že životnost zářičů se blíží ke konci. Proto bylo rozhodnuto o výměně zářičů.

V souvislosti s výměnou zářičů však bylo nutné měnit také ozařovač, neboť původní byl vyroben před platností Atomového zákona, a tudíž nebyl certifikovaný.

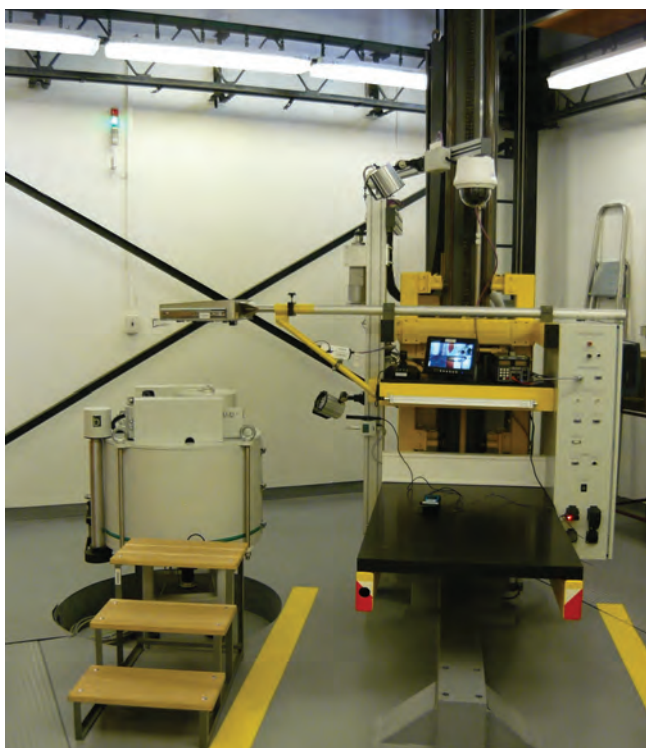
V průběhu let 2014÷2015 byla vyčleněná potřebná finanční částka k modernizaci LMIZ tak, aby technická úroveň laboratoře odpovídala potřebám AČR. Výběrové řízení vyhrála opět firma VF, a.s. Černá Hora, která byla dodavatelem veškeré technologie LMIZ.

Nové URZ byly dodány již v novém certifikovaném ozařovači GI-16.

Parametry použitých zářičů umožňují nastavení příkonu kermy ve vzduchu od úrovně pozadí až do hodnoty 10 Gy/h. Byla renovována stávající kalibrační plošina zejména za účelem zvýšení přesnosti posunu a možnosti realizace konektorů potřebných k připojování ověřovaných a kalibrovaných měřidel.

Nově instalovaný řídicí SW DARS mimo jiné umožňuje:

- Ověřování a kalibraci měřidel kermy a příkonu kermy ve vzduchu.
- Ověřování a kalibraci měřidel aktivity a plošné aktivity pomocí příslušných etalonů.
- Ovládání systému ozařovače.
- Nastavování vzdálenosti od zářiče s přesností na 1 mm.
- Výpočet aktuálního dávkového příkonu s aktualizací na den.



Obr. 1: Nový ozařovač



Obr. 2: Pracoviště operátora

- Výpočet nejistoty měření při ověřování a kalibraci v souladu s EA-4/02 M:2013.
- Archivaci a prezentaci dat systému.
- Evidenci údajů o všech měřidlech, která byla ověřována, nebo kalibrována v LMIZ.
- Evidenci údajů o provedených metrologických výkonech.
- Evidenci postupů provádění jednotlivých metrologických výkonů.
- Evidenci převzatých a předaných měřidel.
- Verifikaci jednotlivých svazků ozařovače.
- Tvorbu kalibračních metodik pro měřidla.
- Průběžnou kontrolu dodržování podmínek technických možností zařízení (vazba mezi příkonem, výškou a průměrem svazku).

Řídící systém DARS pomocí metodik zjednodušil a zefektivnil ovládání celého zařízení při provádění rutinních metrologických výkonů. Použití ozařovače GI-16 zrychlilo výměnu zářičů a tím i provádění jednotlivých činností při kalibracích.

K celkové modernizaci LMIZ přispěla také výměna stávající nevyhovující klimatizace tak, aby v souladu s příslušnými normami byly zabezpečeny normální zkušební podmínky pro ověřování a kalibrace měřidel.

Výměna zářičů tedy přispěla k celkové modernizaci zařízení, použití certifikovaného ozařovače a nejnovějšího SW vybavení pracujícího na PC s Windows 10. Instalované zářiče budou minimálně 20let zabezpečovat požadovaný příkon kermy ve vzduchu ionizujícího záření pro provádění ověření a kalibrací měřidel ionizujícího záření.

Systém zabezpečuje dodržování a nepřekročení limitů pro radiační pracovníky při práci s ionizujícím zářením v duchu Vyhlášky č. 422/2016 „O radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje“. Je konstruován s požadavkem minimálního ozáření radiačních pracovníků.

Naše dosavadní zkušenosti s novým systémem jsou pozitivní. Systém DARS zásadním způsobem zkvalitnil zabezpečení činnosti LMIZ určené k provádění ověřování stanovených měřidel a k provádění kalibrací pracovních měřidel.



## INFORMACE O PRÁCI ČESKÉHO KALIBRAČNÍHO SDRUŽENÍ (ČKS)

**Doc. Ing. Jiří Horský, CSc.**

za ČKS

### Zaměření spolku



České kalibrační sdružení je zájmovým sdružením všech zájemců o metrologii. Hlavním cílem sdružení je dvakrát ročně, na jaře a na podzim na odborných konferencích informovat zájemce o problematiku měření, podnikové metrologie, pracovníky kalibračních laboratoří a všechny další zájemce o novinkách a nových požadavcích vyplývajících z právních a technických předpisů v referátech, které přednášejí vedoucí pracovníci UNMZ, ČMI a ČIA a umožnit pracovníkům z praxe i osobní a neformální setkání s těmito pracovníky. Program konferencí je vždy doplněn referáty se zaměřením na problematiku metrologie pro rozšiřování přehledu a informací pro pracovníky, kteří se s měřením setkávají. Na konferenci jsou zváni i hosté ze zahraničí a cílem jejich vystoupení umožní porovnávání úrovně zajišťování metrologie v jednotlivých oblastech v ČR a zahraničí. ČKS pořádá podle potřeby a podle zájmu metrologů z praxe i další odborné semináře zaměřené na jednotlivá odvětví či obory měření. Tyto semináře bývají doprovázeny výstavkami a prezentacemi firem vyrábějících a dodávajících metrologický hardware a software a v případech, kdy je to možné, praktickým ukázkami kalibrací. Sdružení má tradici činnosti delší než čtvrt století

a počet členů sdružení přesahuje 100. Sdružení je členem Evropské organizace kalibračních laboratoří Eurocal a má uzavřenu dohodu o spolupráci s Kalibračním sdružením SR v Bratislavě (KZSR) pro koordinaci činnosti, výměnu zkušeností a osvědčených přednášek a společně pořádání akcí v oblasti metrologie. V rámci Sdružení působí sekce pro tachografy. Jejimi členy jsou převážně autorizovaná metrologická střediska pro ověřování tachografů, autorizovaní prodejci tachografů a další subjekty zabývající se problematikou autodopravy. Rozsahem své činnosti tato sekce poskytuje informace nejen k problematice ověřování tachografů, ale i k bezpečnosti dopravy obecně.

### ČKS uspořádalo v prvním pololetí roku 2017

Odborný seminář **Nejistoty měření, kalibrací a zkoušek** proběhl 28. 3. a 29. 3. 2017 v hotelu Skalský Dvůr, Lísek u Bystřice nad Pernštejnem. Byl to již čtvrtý seminář na téma nejistoty měření, kalibrací a zkoušek. Přestože šlo již o čtvrtý seminář, zájem o akci neklesl a byla vyčerpána celá možná ubytovací kapacita hotelu, kolem 160 účastníků. Stanovování nejistot má za sebou již dostatečnou historii a od svého zavádění a prošlo i určitým vývojem směřujícím k objektivnějšímu posuzování a sjednocování přístupů. Tento seminář byl obohacen o moderní pohledy a ukázky vývoje přístupů ke stanovení nejistot od RNDr. Pavla Klenovského. Prehistorické časy stanovování nejistot, kdy hodnocení bývalo často příliš optimistické, jsou již v převážné části praxe překonanou historií a na mnoha akreditovaných pracovištích se objevily i opačné přístupy,

jako je snaha udávat nejistoty větší, než jsou ve skutečnosti a tím se vyhnout možným problémům. V dosavadní praxi ve světě přetrvává, že pro stejný etalon a podobné podmínky navázání stále ještě udávají laboratoře do svých kalibračních schopností podstatně odlišné nejistoty. Také proto sílí mezinárodní tlak na správné započtení všech významných složek nejistoty, při čemž za významnou se považuje každá složka mající vliv nad 5 % z výsledné nejistoty. To je poměrně tvrdý požadavek, vyžadující porozumění měřené úloze. S opatrností je potřeba přistupovat i k měřením a vyhodnocením jejich nejistot, prováděným automatizovaně s využitím algoritmů naprogramovaných pro zjednodušení práce obsluhy. Obsluha by se neměla stát jen pasivním účastníkem procesu, zodpovědným jen za stisk odpovídajícího tlačítka a konstatování, že měření proběhlo a že odpovídající výsledek, včetně příslušné nejistoty, byl někde zobrazen a následně zaznamenán. Je důležité, aby obsluha dokázala rozpoznat případný nesprávný výsledek. I u laboratoří, které chtějí deklarovat v CMC nejistoty vyšší, než jsou dosažitelné, je snaha prosadit, že by měly být i tyto deklarované nejistoty opřeny o výpočet (v tomto případě s konzervativním nadhodnocením jednotlivých těžko kvantifikovatelných složek). Informace o nejistotách, které se kalibrací nebo zkouškou získají, jsou pro uživatele důležité. Neměly by být ani nadhodnoceny ani podhodnoceny, aby měly dobrou vypovídací schopnost pro zadavatele kalibrací a zkoušek. Mezilaboratorní porovnání je základní metoda validace systému měření, technické přípravy i stanovených nejistot měření. Přípravě a provedení porovnání musí proto být věnována velmi velká pozornost. V mnoha oborech a případech mohou být předpokládané nejistoty při porovnání ovlivněny chováním měřeného zařízení, které je při transportu při mezilaboratorním porovnání vystaveno zvýšenému namáhání než v obvyklé praxi v laboratoři. Pilotované porovnávací zkoušky jsou laboratoři přínosem, jen pokud je nejistota referenční hodnoty dostatečně malá a pokud je respektována i možná kolerace při navázání. Velkou část přednášek na semináři přednesli pracovníci ČMI, zejména RNDr. Pavel Klenovský, RNDr. Simona Klenovská a dále i Ing. Václav Duchoň, Ing. Alena Vospělová, Ing. Lenka Kňazovická, Ing. Ivan Kříž, Ing. Jiří Borovský a doplnili je pracovníci z praxe, Ing. Roman Honig, Ing. Petr Cuhra, Ing. Jiří Kazda, Doc. Ing. Jiří Horský, CSc..

Cílem první části semináře bylo seznámit pracovníky laboratoří přehledně a souhrnně se základy teorie nejistot v rozsahu nezbytně nutném pro pochopení a praktickou aplikaci výpočtu nejistot a dále vysvětlení používaných pojmů při výpočtu nejistot. Tento blok přednášek byl první den a přednášel hlavně generální ředitel ČMI RNDr. Pavel Klenovský. Tato část obsahovala kapitoly úvod do vyhodnocování experimentů obecně, GUM a jiné normy, historický vývoj, vyhodnocování nejistot typu A, zvláštní případy (včetně sdruženého odhadu rozptylu), Bayesovský přístup, Allanovy variance, nejistoty typu B, kombinovaná nejistota (včetně korelace - příklad) a rozšířená nejistota, vyjadřování výsledků měření, zaokrouhlování. Následovaly informace o nedokonalosti GUM a o jeho novelizaci, nejis-

toty a akreditace, požadavky normy ISO/IEC 17025:2005 a ISO/IEC DIS 17025:2016(E), nejistoty a CMC (historie, současná specifikace), praktické problémy s vyhodnocováním a interpretací nejistot (vliv kalibrovaného měřidla, časová stabilita mezi kalibracemi atd.), posuzování shody se specifikacemi na základě dokumentu JCGM 106, požadavky na shodu podle ILAC, normy GPS, nejistoty a MPZ, vzorec  $E_n$  podle statistické teorie, zlepšování CMC prostřednictvím MPZ, pár příkladů častých chyb při stanovení nejistot, vzorové příklady, porovnání výpočtu podle GUM a podle metody Monte Carlo. V některých případech je možné usuzovat, že určité pojmy, vztahující se k výpočtům nejistot (např. výběrová směrodatná odchylka, výběrová směrodatná odchylka průměru, koeficient citlivosti, stupeň volnosti apod.) nebyvají laboratořemi dostatečně pochopeny, laboratoře nemají dostatek času na vyhodnocení, nebo v nejhorsím případě ani případně laboratoře nedovedou s těmito pojmy pracovat.

V druhé části semináře pak byly prezentovány praktické postupy při výpočtu nejistot na příkladech pro jednotlivé obory měření v rozsahu nezbytně nutném pro pochopení a praktickou aplikaci výpočtu nejistot. Prezentovány byly praktické postupy při výpočtu nejistot na příkladech pro nejistoty v chemických laboratořích, nejistoty rutinního měření pH, určení nejistoty při měření teploty bezdotykovými teploměry a při jejich kalibraci, stanovení nejistoty měření při kalibraci snímače tlaku v souladu s revidovanou normou EA 4/02 M:2013, nejistoty kalibrací a měření v oblasti hmotnosti, stanovení nejistoty při měření tvrdosti a drsnosti povrchu a při kalibracích etalonů a přístrojů na měření tvrdosti a drsnosti povrchu, dobrá praxe v metrologii délky, nejistoty kalibrací a měření teplot, nejistoty kalibrací a měření elektrických veličin. Revize normy ISO/IEC DIS 17025:2016(E) v části 7.6 „Vyhodnocení nejistoty měření“ požaduje direktivně, že podle 7.6.1 „Laboratoř provádějící kalibrace, včetně jeho vlastního zařízení, musí vyhodnotit nejistotu měření pro všechny kalibrace“ a podle bodu 7.6.3 „Při hodnocení nejistoty měření musí být identifikovány a vzaty v úvahu všechny komponenty, které mají význam v dané situaci za použití vhodných analytických metod“. To tedy znamená, že v kalibrační laboratoři musí být nejméně jeden pracovník, který ovládá vyhodnocování nejistot. Kalibrační a měřicí schopnosti se označují CMC a jsou to nejistoty, které definují obsah a rozsah technické činnosti kalibrační laboratoře. Je to zásadní dokument, který definuje funkce měření, rozsah a hranice kalibračních činností, pro které má organizace schopnost zajistit činnost s definovanou a dokladovanou návazností a uvedenými nejistotami. Je proto důležité, aby CMC byly prezentovány způsobem, který je vědecky smysluplný a představuje jednoznačné informace snadno srozumitelné pro cílové uživatele. Metodický pokyn ČKS 1/2014 pro stanovení měřicích schopností CMC v oblasti elektrických veličin a metodický pokyn ČKS 2/2014 pro kalibrační schopnosti pro interně kalibrované etalony, které jsou výstupem úkolu plánu rozvoje metrologie UNMZ VII/10/14 a jsou přístupné na webu ČKS, doplňují obsah semináře.



Ve dnech 17. 5. a 18. 5. 2017 se uskutečnila v hotelu Skalský Dvůr, Lísek u Bystřice nad Pernštejnem **členská schůze** (17.5.2017) spolku. Program byl spojen s **54. odbornou konferencí** Českého kalibračního sdružení, z.s se zaměřením na změny předpisů, akreditaci a autorizaci metrologických pracovišť, harmonizaci v oblasti teploty, metrologii v oblasti geometrických veličin, tlaku a tachografů.

Zúčastnilo celkem 59 z celkového počtu 102 členů ČKS. Členská schůze zvolila nový výbor ČKS ve složení: Ing. Roman Honig, Doc. Ing. Jiří Horský, CSc., Ing. Jiří Kazda, RNDr. Pavel Klenovský, Ing. Jindřich Šabata, Karel Hyánek ml., Ing. Miroslav Netopil, Jan Hlavatý, Pavel Souček a dále zvolila revizní komisi ve složení: Miloš Kalista, Jiří Kouřil, Jaroslav Hořava.

Odborný program všeobecné sekce proběhl podle programu uvedeného v pozvánce na 54. konferenci.

První den jednání: Po zahájení konference vystoupil Ing. Zbyňka Veselák, ředitel odboru metrologie ÚNMZ na téma Aktuální informace z činnosti ÚNMZ. Po úvodním jednání vystoupil Ing. Milan Badal (ČIA) na téma Aktuality z oblasti akreditace. Důležitou informací byl popis stavu revize normy EN 17025 s přepokládanými termíny jejího zavádění. Následovalo vystoupení Ing. Jiřího Růžičky MBA, ředitele ČIA o.p.s. zaměřené na Aktuality z oblasti akreditace, zejména na novelizaci normy 17025. Dopolední společný program byl zakončen Aktuálními informacemi o Certifikačním orgánu pro certifikaci personálu při ČMI, které přednesli Ing. František Staněk, Ph.D. a Bc. Helena Svobodová. Odpolední program odborné konference pokračoval vystoupením zahraničního hosta, kterým byl tentokrát Carel Adolfs, z firmy Minerva IPM, Holandsko o zkušenostech z práce akreditovaných laboratoří v Holandsku. Simultánně přednášku překládal Ing. Roman Honig. První den jednání byl zakončen RNDr. Pavlem Klenovským, generálním ředitelem ČMI s informacemi z laboratorního výboru EA.

Program druhého dne byl zahájen vystoupením Ing. Jiří Mokroše, PhD s tématem Etalonové zařízení ČMI pro měření odchylek přímosti. Dále se pokračovalo přednáškou Ing. Jiří Víta z fy Hommel CS s.r.o. na téma Kalibrace měřicího snímače kruhoměru Roundscan, Ing. Marián Hubinský; ELSO Philips Service, spol. s r.o. vystoupil s příspěvkem na téma Nová metoda měření přítlaku. Následovalo vystoupení Milana Beneše, ČEZ, a.s., JE Dukovany na téma Konfirmace měřidel v oboru měření teplot. Poslední přednáškou byl příspěvek na téma Elektrické signály a prvky, odolnost zařízení s elektronikou EMC, ESD a kazítka záměrná i nechtěná v zařízeních s elektronikou, Doc. Ing. Jiří Horský, CSc.

Do výboru ČKS byl za **sekti tachografy** zvolen dosavadní člen výboru pan Pavel Souček, zástupce organizace KAR group, a.s., Ostrava, a nově pan Jan Hlavatý, zástupce organizace Mechanika Teplice, družstvo; závod Tachografy, Děčín. Program sekce tachografů v rámci 54. odborné konference, přilákal cca 49 účastníků z řad autorizovaných metrologických středisek, zástupců výrobců tachografů a přednášejících.

Samostatný program jednání sekce tachografy zahrnoval vystoupení zástupců v prvním dnu jednání sek-

ce: Český metrologický institut, Brno, AMS Martin Mück, Praha, MAHA Consulting s.r.o., Praha, Mechanika Teplice, družstvo; závod Tachografy, Děčín. Vystoupení zástupců v druhém dnu jednání sekce: Centrum služeb pro silniční dopravu, Praha, Centrum dopravního výzkumu, Brno, Mechanika Teplice, družstvo; závod Tachografy, Děčín. Shrnutí, diskuze a závěr jednání sekce tachografů. Následoval příspěvek Ing. Radima Bočánka (ČMI Brno) na téma Novinky v MPZ v roce 2017. Pan Patrik Mück (AMS Martin Mück, Praha) přispěl svým příspěvkem na téma Ověřování tachografů EFAS a systém školení. Ing. Petr Maha ze spol. MAHA Consulting s.r.o., krátce informoval přítomné o změnách v systému Stanic měření emisí. Zástupce výrobce tachografů a souvisejících zařízení p. Jan Hlavatý (Mechanika Teplice, družstvo; závod Tachografy, Děčín) uzavřel první den jednání příspěvkem Nový DTCO 3.0 a Workshop Tab – kooperace Wabco-Würth univerzální diagnostika Truck&Trailer. První den byl zakončen diskuzí.

Druhý den odborné konference zahájil Bc. Milan Špás z Centra služeb pro silniční dopravu opět zajímavým příspěvkem z oblasti Tachografy v provozu. Následovalo vystoupení Ing. Jiří Novotného z Centra dopravního výzkumu Brno odborným příspěvkem na téma Aktuality z dopravy týkající se tachografů. V naplánované části Požadavky AMS k řešení a diskuzi vystoupil se svými příspěvky (např. ohledně odhalování manipulace s tachografem pomocí zařízení AMT) Jan Hlavatý ze spol. Mechanika Teplice, družstvo. Druhý den jednání sekce tachografy ukončila společná diskuze. Následně bylo ukončeno jednání v sekci tachografů na 54. odborné konferenci ČKS.

Řada přednesených příspěvků sekce tachografů opětovně zdůraznila nutnost udržování a zvyšování odbornosti zaměstnanců AMS, vyvolanou neustálými změnami přepisů pro tachografy a inovacemi konstrukce tachografů a postupů jejich kontroly, rozvíjející se spolupráci s kontrolními orgány v oblasti dopravy, prohloubení vzájemné spolupráce při odhalování podvodů s digitálními tachografy.

## ČKS plánuje uspořádat ve druhém pololetí roku 2017 a na jaře 2018

Pro druhé pololetí 2017 a jaro 2018 byly naplánovány následující aktivity:

- 55. konference, termín 1.11. až 2.11.2017, místo konání Skalský dvůr, odborný garant Ing. Netopil.
- Seminář hmotnost, termín listopad 2017, místo konání dosud nestanoveno, odborný garant Střelec.
- Seminář elektrických veličin, termín jaro 2018 (březen), místo konání Dukovany, odborný garant Doc. Ing. Horský, CSc. .

Podrobná nabídka všech akcí ČKS je trvale k dispozici na webových stránkách ČKS, [www.cks-brno.cz](http://www.cks-brno.cz), e-mail: [cks-brno@volny.cz](mailto:cks-brno@volny.cz). Na těchto stránkách naleznete rovněž další informace a odkazy. Uvedené příspěvky vystupujících na 54. konferenci v sekci tachografy jsou uvedeny na webových stránkách ČKS pod adresou <http://www.webareal.cz/cks-tachografy>.

## VÝROČNÍ ZASEDÁNÍ VÝBORU PRO REFERENČNÍ MATERIÁLY ISO/REMCO 2017

**Ing. Jan Tichý**

*Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví*

### 1. Úvod

40. zasedání Výboru pro referenční materiály ISO/REMCO se konalo v Berlíně ve dnech 27. až 29. června 2017. Organizátorem byl BAM (Spolkový ústav pro materiály a zkoušení).

Jednání se zúčastnilo 29 účastníků, kteří reprezentují členské země, vybrané technické komise ISO a především spolupracující organizace jako jsou ILAC, CASCO, EU (JRC – IRMM), BIPM (CCQM) a další.

Pracovní a v současné době především ad hoc skupiny jsou vytvořeny pro řešení jednotlivých dílčích problémů, které zajímají ISO/REMCO. Jedná se především o revize existujících dokumentů (jako např. ISO pokynů, technických zpráv apod.) či návrhů nových dokumentů.

Účelem plenárního zasedání je zhodnocení práce mezi výročními zasedáními, seznámení účastníků s jednáním vedením, diskuse a návrhy řešení problémů a především závěrečné přijetí usnesení, které obsahuje i úkoly pro další období.

### 2. Splnění hlavních cílů: revize zásadních dokumentů

V současné době bylo dosaženo hlavních cílů, tj. jsou provedeny revize všech hlavních dokumentů, ISO Pokynů, které jsou již vydány. V době zasedání ještě nebyl publikován Pokyn (Guide) ISO 35, 2017, který je k publikaci připraven.

Systém dokumentů se opírá o nově vydanou normu ISO 17034 (prosinec 2016), která je základním dokumentem pro akreditaci výrobců referenčních materiálů. Základem pro zpracování nové normy byl Pokyn ISO 34. Vzhledem k tomu, že ISO/REMCO není normativním orgánem, ale jen technickým, byla zřízena společná pracovní skupina (JWG 43), která pracovala dva roky pod vedením CASCO na vytvoření nové normy shody, která se stala základem pro akreditaci výrobců referenčních materiálů. Navazujícími dokumenty jsou především Pokyny ISO: 30, 31 a 35.

### 3. Výsledky jednání

Jednání probíhalo v tradičním schématu: nejprve proběhlo úvodní plenární zasedání, poté se konala jednání pracovních a ad hoc skupin. Jednání ukončilo závěrečné plenární zasedání a schválení rezolucí.

Zasedání zahájila předsedkyně Dr. A. Bota, která přivítala účastníky, po jejím zahájení vystoupil za hostitelskou instituci (BAM) její ředitel Prof. U. Panne, jenž delegáty seznámil s historií a současností BAM.

Po jednání se uskutečnila návštěva laboratoří BAM: oddělení přípravy a charakterizace RM pro potraviny oddělení pro kovy a anorganické materiály, oddělení pro plynné směsi.

V rámci zasedání proběhla ještě dvě jednání vedení (CAG – Chairman Advisory Group). První se zabývalo přípravou vlastního zasedání a druhé návrhy rezolucí.

V současné době v rámci ISO/REMCO pracují tři Pracovní skupiny: WG 6 (propagace a brožura), WG 13 (RM pro kvalitativní analýzy) a WG 17 (členské státy a spolupracující organizace) a dvě Ad hoc skupiny AHG 4 (pro čisté látky) a AHG 5 (pro homogenitu a stabilitu – doplnění ISO Guide 35).

### 4. Práce v ČR

Český sekretariát patří k aktivnějším členům. Účastní se výročních zasedání, předkládá zprávy o činnosti, zodpovědně hlasuje o předkládaných návrzích dokumentů.

Získává informace od českých výrobců RM, o aktivitách v oblasti RM v ČR a z informací zpracovává výroční zprávu. Naopak směrem k výrobcům a k laboratořím přenáší informace z aktuálního dění ve Výboru pro referenční materiály ISO/REMCO, především vývoji a stavu dokumentů. To se děje prostřednictvím Technické komise pro chemická a biologická měření, na stránkách časopisu Metrologie a také na různých seminářích a konferencích v ČR věnovaných tomuto tématu.

Prostřednictvím Programu rozvoje metrologie a především z iniciativy Českého institutu pro akreditaci ve spolupráci s Eurachem-ČR se u nás přeložily všechny signifikantní dokumenty ISO/REMCO a jsou (resp. budou) k dispozici jako Technické normalizační informace (TNI) na internetových stránkách ÚNMZ.

### 5. Nejdůležitější usnesení a závěr

Všechny projednávané záležitosti jsou shrnuty v rezolucích, které byly závěrečným plenárním zasedáním odsouhlaseny. Dokument N 1509 uvádí schválené rezoluce ze 40. zasedání ISO/REMCO.

Rezoluce schvalují zprávu z minulého zasedání, ukládají pracovním skupinám a ad hoc skupinám zpracovat nové dokumenty na základě diskuse ze zasedání a připravit plány další práce.

#### Nejvýznamnější rezoluce:

**24/2017** se týká plánované revize normy ISO 17043, (pro poskytovatele MPZ): předsedkyni a vedení se ukládá zpracovat návrh dopisu k oslovení členů pracovní skupiny CASCO, která se bude zabývat revizí normy ISO 17043.

**26/2017** se týká revize Strategického byznys plánu

**27/2017** se týká prodloužení mandátu předsedkyně a místo předsedy ISO/REMCO

#### Zdroje

- [1] Jan Tichý, Zpráva ze zahraniční pracovní cesty na 40. zasedání ISO/REMCO, Německo, červen 2017
- [2] Prezentace Dr. Angélique Bota (SABS) a Dr. John Hammond (WG 6) přednesené na jednání ISO/REMCO, Německo, červen 2017
- [3] Rezoluce ze 40. zasedání ISO/REMCO, Německo, červen 2017, N 1509

## CERTIFIKACE ODBORNÉ ZPŮSOBILOSTI OSOB V OBORECH METROLOGICKÉ A ZKUŠEBNÍ ČINNOSTI

**Prof. Ing. Jindřich Vítovec, DrSc.**

**Ing. František Hnízdil**

*Česká metrologická společnost, z.s.*

Certifikát odborné způsobilosti umožňuje pracovníkovi prokázat vůči metrologickým pracovištím a zkušebním znalosti zvoleného oboru jak po stránce teoretické, tak praktické, včetně legislativního a normalizačního rámce. Získaný certifikát umožňuje prokazovat schopnosti a dává záruky odborné způsobilosti držitele orgánům dohlížejícím na činnost certifikovaných a akreditovaných pracovišť. V mnoha případech je vyžadován, například při akreditaci pracoviště.

Smyslem tohoto článku je seznámit čtenáře stručně s historií certifikačního orgánu (dále jen CM, certifikační místo) při ČMS a s postupem vlastní certifikace.

CM působí od roku 1993 jako nezávislá součást ČMS a na základě své akreditace, udělené Českým institutem pro akreditaci, o.p.s. pro obory uvedené v akreditačním osvědčení, provádí ověřování odborné způsobilosti osob jako certifikační orgán č. 3008. CM je akreditováno podle ČSN EN ISO/IEC 17024:2013.

### Historie vzniku certifikačního orgánu

#### CM ČMS

Již v roce 1991 navrhl Dr. Ing. Václav Šindelář, CSc. zaměřit činnost ČMS také na certifikaci personálu. Prvé úvahy vycházely z toho, co by měl pracovník v metrologii a zkušebnictví znát a umět. Zároveň byl záměr respektovat postavení pracovníka v laboratoři či zkušebně, podle toho, zda se jedná o vedoucího, odborného nebo řadového pracovníka. Proto bylo rozhodnuto uspořádat ověřování způsobilosti a vydávání certifikátů ve třech kvalifikačních úrovních. Při rozhodování bylo přihlédnuto k dokumentu OIML, zabývajícím se kvalifikací metrologů. (Dokument OIML D 14, pův. verze 1989.) Protože měření je i nedílnou součástí zkušebnictví, rozšířila se oblast vydávání certifikátů i na zkušební činnost.

Zpracováním základních materiálů pro činnost CM byli pověřeni Ing. Zdeněk Tůma a prof. Ing. Jindřich Vítovec, DrSc. Na základě práce této skupiny a po schválení usnesením sjezdu ČMS v roce 1993 bylo 6. 5. 1993 zřizovací listinou č.j. 232/93 vytvořeno *Certifikační místo pro certifikaci odborné způsobilosti pracovníků pro metrologickou a zkušební činnost*.

CM bylo poprvé akreditováno jako orgán pro certifikaci osob v březnu 1994. Tehdejší předseda ČMS Dr. Ing. Václav Šindelář, CSc. pak jmenoval vedoucím CM prof. Ing. Jindřicha Vítovece, DrSc., který je jím dodnes. Jeho zástupcem a manažerem kvality byl ustanoven Ing. Zdeněk Tůma. Dnes tuto funkci zastává Ing. František Hnízdil.

### Certifikace

Posouzení odborných znalostí a potřebných praktických zkušeností z požadovaného oboru, současné legislativy a platných odborných technických norem provádí CM podle podrobně zpracovaného certifikačního systému; ověření spočívá ve zkoušce, složené z následujících částí:

- písemné zkoušky ze základů metrologie nebo zkoušení,
- ústní zkoušky ze základů oboru, pro který se certifikát požaduje,
- z ověření praktických zkušeností a dovedností.

Zkouška se skládá před tříčlennou posuzovatelskou komisí, složenou ze zkušených pracovníků daného oboru, která posoudí, zda a do jaké míry žadatel prokázal nebo neprokázal požadované znalosti. CM pracuje se skupinou padesáti nezávislých renomovaných odborníků.

Ověření praktických dovedností spočívá ve vyřešení úkolu z měření, kalibrace nebo zkoušení včetně zpracování všech nezbytných výpočtů (nejistoty měření apod.) a vystavení záznamu o měření a závěrečného dokumentu (kalibračního listu, zkušební zprávy apod.).

### Kvalifikační stupně

Výše zmínění tři úrovně ověření způsobilosti pracovníka jsou podmíněny jeho vzděláním, dobou praxe a funkcí v laboratoři či zkušebně. Kritéria pro jednotlivé kvalifikační stupně jsou následující:

#### Metrolog I. kvalifikačního stupně

Samostatně navrhuje a realizuje úkoly měření v daném oboru, provádí a řídí činnosti metrologie ve státní a veřejné správě, v podnikové metrologii a v kalibrační laboratoři. Předpokládá se znalost metod a postupů měření, kalibrace a ověřování měřidel v daném oboru a případně samostatně navrhopvat metody nové, včetně provedení jejich validace. Musí být schopen interpretovat výsledky měření v souladu s požadavky oboru a zpracovat je do protokolu o měření.

#### Metrolog II. kvalifikačního stupně

Samostatně zajišťuje a realizuje běžná měření v oboru a rutinní činnosti kalibrační laboratoře v oboru certifikace, případně odborně řídí menší pracovní skupinu. Předpokládá se, že ovládá metody a postupy kalibrace a měření v daném oboru. Rovněž se předpokládá, že je schopen zpracovávat výsledky měření včetně výpočtu nejistot měření v souladu s požadavky uvedeného oboru.

#### Metrolog III. kvalifikačního stupně

Předpokládá se, že je schopen vykonávat rutinní činnosti měření a kalibrace specifikované pro daný obor.



**Zkušební technik I. kvalifikačního stupně**

Samostatně provádí a řídí činnosti zkušební laboratoře v oboru certifikace. Ovládá metody a postupy měření a zkoušení v daném oboru a samostatně navrhuje metody nové, včetně provedení jejich validace. Ovládat zpracování výsledků měření včetně postupu odhadu nejistot měření v souladu s požadavky daného oboru.

**Zkušební technik II. kvalifikačního stupně**

Předpokládá se schopnost samostatně provádět zkušební činnost v oboru certifikace, případně vést menší skupinu pracovníků nebo menší zkušební laboratoř. Ovládá metody i postupy zkoušení v daném oboru a aplikuje je v praxi. Ovládá zpracování výsledků měření v souladu s požadavky oboru.

**Zkušební technik III. kvalifikačního stupně**

Je schopen samostatně ovládat rutinní zkušební činnosti v oboru certifikace a ovládá metody a postupy měření a zkoušení v daném oboru.

Pro jednotlivé kvalifikační stupně jsou následující požadavky s variantami podle dosaženého vzdělání a doby praxe:

Kvalifikační stupeň I.	VŠ technického nebo přírodovědného směru	3 roky
	VOŠ	5 let
	ÚSO technického směru	8 let
Kvalifikační stupeň II.	VŠ technického nebo přírodovědného směru	6 měsíců
	VOŠ	1 rok
	ÚSO technického směru	1rok
	ÚSV	3 roky
Kvalifikační stupeň III.	základní vzdělání	3roky
	vyučení	1 rok
	ÚSO technického směru	6 měsíců
	ÚSV	6 měsíců
	SO technického směru	6 měsíců

**Postup certifikace**

Postup certifikace si můžeme popsat na příkladu fiktivního zájemce. První co doporučíme při projevení zájmu o certifikaci odborné způsobilosti v oborech metrologie a zkušební techniky je vyhledat webové stránky ČMS, kde je celý postup dostatečně podrobně popsán a k dispozici jsou zde i veškeré potřebné formuláře žádosti o certifikaci a následně o její prodloužení, recertifikaci atd. Současně je důležité vědět, že pravidla akreditace ČIA nedovolují certifikačnímu orgánu provádět současně proškolení žadatele v daném oboru. Žádost již obsahuje veškeré potřebné informace potřebné k zahájení certifikačního procesu:

- identifikační údaje žadatele,
- přesný popis odbornosti, pro kterou bude certifikát vysta-

ven a požadovaný kvalifikační stupeň. Pro metrologickou kvalifikaci je také důležité upřesnit, zda bude žadatel ve zvoleném oboru provádět technologická či zkušební měření nebo provádět kalibrace měřidel,

- dosažené vzdělání,
- délku, druh a stručný popis dosavadní praxe a (z toho) praxe v rozsahu certifikace,
- další studium, kurzy, školení či stáže v rozsahu certifikace,
- ouhlas žadatele s plněním požadavků certifikace a poskytnutím jakýchkoli informací potřebných k certifikaci,
- souhlas žadatele se zpracováním jeho osobních údajů,
- datum vyplnění žádosti a podpis žadatele,
- přílohy žádosti musí dokládat požadovanou odbornou způsobilost.

Zasláním žádosti na certifikační místo ČMS se spouští certifikační proces. Vedoucí CM jmenuje posuzovatelskou komisi a stanoví datum a místo zkoušky (zpravidla pracoviště žadatele), které žadateli oznámí. Podmínkou k provedení zkoušky je také proplacení zaslání faktury.

Po ukončení zkoušky oznámí předseda PK účastníkovi zkoušky – žadateli - její výsledek. O udělení certifikátu rozhoduje vedoucí CM na základě hodnocení zkušební posuzovací komise (PK) a doporučení certifikační komise; ta vychází z přezkoumání výsledku a správnosti postupu posouzení a hodnocení. Certifikační komise zasedá na konci každého čtvrtletí. Seznam udělených certifikátů je zveřejněn na stránkách ČMS.

Platnost certifikátu je 5 let (v speciálních případech 3 roky) s možností dvojího prodloužení o 3 roky. Po skončení platnosti certifikátu je nutné požádat o získání nového certifikátu (provést recertifikaci).

Součástí certifikátu jsou *Zásady pro užívání certifikátu*, k jejichž dodržování zavazuje. Kontrole dodržování zásad slouží pravidelné dohledy, které provádí pracovníci certifikačního místa. Držitel certifikátu je povinen dodržovat následující zásady:

- Ve své činnosti postupuje věcně, čestně a v souladu s platnými normami a předpisy,
- průběžně aktualizuje svoje znalosti v daném oboru,
- oznamuje Certifikačnímu místu změny adresy a změny u zaměstnavatele včetně jeho adresy,
- jedenkrát ročně k 31. lednu zasílá CM přehled svých činností v oboru certifikace, účasti na vzdělávacích akcích apod.
- certifikát může používat jenom jeho nositel, je nepřenosný a nemůže být vztahován na širší kolektiv,
- certifikát může být použit pouze pro obor a jeho rozsah, který je na certifikátu uveden,
- možnost využívání certifikátu je omezena dobou jeho platnosti, která je na něm uvedena a kterou stanovuje pouze CM ČMS,
- v nabídkách služeb, pokud se odvolává na certifikát způsobilosti, musí být vždy jednoznačně uveden obor a jeho rozsah a kdo certifikát vydal,
- CM neodpovídá za škody způsobené výkonem činnosti držitele certifikátu,

### Dosavadní výsledky činnosti ČMS

Za 23 let své činnosti vystavilo certifikační místo více jak 1 500 certifikátů, z nichž více jak 800 je jich aktuálně platných a uvedených na webu ČMS. Na ukázkách několika oborů certifikátu je vidět, že příprava k certifikaci a samotný její postup jsou pružně přizpůsobeny pozici a specializaci práce žadatele. Certifikáty tak byly kromě metrologických činností ve všech v úvahu přicházejících oblastech měřených veličin vystaveny také například pro práci s měřením průtoku vody v otevřených korytech metodou hydrometrování, pro kalibraci ultrazvukových defektoskopů, pro měření zvukové izolace stavebních

konstrukcí, pro měření hluku v dopravě, pro kalibraci geodetických přístrojů, pro měření osvětlení a mnoho dalších specializací.

Kvalitu certifikačních postupů pravidelně prověřuje ČIA a také čas. To proto, že vlastní postupy nebylo zapotřebí principiálně měnit, pouze se formálně přizpůsobovaly novým požadavkům normy ČSN EN ISO/IEC 17024. Doufáme, že služeb certifikačního místa České metrologické společnosti, z. s. bude i v budoucnu využíváno alespoň tak, jako dosud a bude stálým přínosem pro zajišťování kvality a metrologie a zkoušení v České republice.



## NABÍDKA AKCÍ ČMS DO KONCE ROKU 2017 – KURZY, SEMINÁŘE, KONFERENCE



Česká metrologická společnost, z. s.  
Novotného lávka 5, 110 00 Praha 1  
tel./fax: 221 082 254  
e-mail: [cms-zk@csvts.cz](mailto:cms-zk@csvts.cz)  
[www.csvts.cz/cms](http://www.csvts.cz/cms)

Další podrobnosti o připravovaných akcích včetně přihlášek ke stažení jsou/ budou uvedeny na webových stránkách ČMS v menu „Odborné akce/Kalendář akcí ČMS“.

18. 10. 2017 ČSVTS Praha, učebna č. 315	K 529-17	Řízení metrologie v organizaci
24. 10. – 25. 10. 2017 ŠKODA Muzeum, Mladá Boleslav	Ko 530-17	Měřicí technika v automobilovém průmyslu

1. 11. 2017 ČSVTS Praha, učebna č. 315	K 531-17	Měření v elektrotechnice
13.11.2017 ČSVTS Praha, učebna č. 219	K 534 -17	Přehled fyziky pro stavební akustiku a základy její metrologie (1. kurz cyklu kurzů: Akustické veličiny a jejich měření ve stavební akustice)
6. 12. 2017 Klub Lávka	Ko 532-17	19. fórum metrologů
11. 12. – 14. 12. 2017 ČSVTS Praha, učebna č. 501	K 533-17	47. základní kurz metrologie



Česká metrologická společnost, z.s. ve spolupráci a s podporou ŠKODA AUTO a.s.

pořádá

ve dnech 24. 10. – 25. 10. 2017 v prostorách Muzea ŠKODA AUTO v Mladé Boleslavi,  
dvoudenní konferenci



### Měřicí technika v automobilovém průmyslu

ŠKODA



V rámci doprovodného programu bude

Exkurze na metrologická pracoviště ŠKODA AUTO, a.s.

Návštěva výstavních prostor Muzea ŠKODA AUTO

Podrobné informace budou uvedeny a průběžně aktualizovány na webové stránce ČMS: [www.csvts.cz/cms](http://www.csvts.cz/cms)



**Amtest-TM s.r.o.**

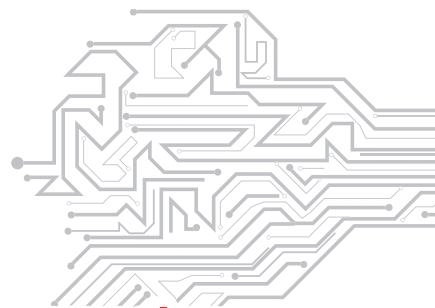
Svatováclavská 408  
686 01 Uherské Hradiště | Česká republika

E-mail: [supp@amtest-tm.com](mailto:supp@amtest-tm.com)

[www.amtest-tm.com](http://www.amtest-tm.com)

Telefon: +420 572 572 028

Fax: +420 572 544 216



## DODAVATEL PŘESNÉ MĚŘICÍ, KALIBRAČNÍ A TESTOVACÍ TECHNIKY

Amtest-TM s.r.o. je mezinárodně pracující společnost s téměř 45 letou tradicí dodávek přesné měřicí techniky pro kalibraci, testování a diagnostiku elektrických a neelektrických veličin v laboratorních i průmyslových podmínkách.

- odporové etalony (vzduchové nebo do olejové lázně, rozsah od 1 m $\Omega$  do 100 T $\Omega$ )
- etalonové bočníky (rozsah od 0.0001 do 0.10hm / 3000A - 10A)
- odporové měřicí mosty řady Accubridge® (měření od 1m $\Omega$  do 10P $\Omega$ , s extendry již od 1 $\mu\Omega$ )
- teplotní měřicí mosty řady Accubridge® (rozsah 0.01 $\Omega$ -100k $\Omega$ , přesnost v celém rozsahu (SPRT Ro  $\geq$  2.5 $\Omega$ ) až 15ppb)
- QHR - systém primárního etalonu odporu
- vzduchové a olejové kalibrační lázně (např. stabilita lepší než 2 mK)
- přepínače měřicích míst (10, 16 nebo 20 měřicích kanálů)
- programovatelné proudové a napěťové zdroje
- extendry k mostům pro měření malých odporů (až do 3000A)
- systémy pro testování transformátorů, VN kondenzátorů a „shunt“ reaktorů v energetice



**Measurements International**  
Metrology is Our Science, Accuracy is Our Business™



### etalonové kapacitní mosty

- **AH2550A (1 kHz)**
  - přesnost 5 ppm
  - stabilita lepší než 1 ppm/rok
  - rozlišení 0.5 attofarad a 0.15 ppm
  - teplotní koeficient 0.03 ppm/°C
- **AH2700A (50Hz-20kHz)**
  - přesnost 9 ppm (0.1kHz), 5 ppm (1kHz), 11 ppm (10kHz)
  - stabilita <1.9 ppm/rok (0.1kHz), <1.0ppm/rok (1kHz), <1.9 ppm/rok (10kHz)
  - rozlišení např. 0.8 attofarad a 0.16 ppm (1kHz)
  - teplotní koeficient např. 0.035 ppm/°C (1kHz)



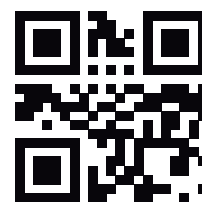
### etalonové kondenzátory

- **AH11A**
  - hodnoty dle volby zákazníka v rozsahu od 0.1 pF do 115 pF
  - stabilita větších kondenzátorů (100pF+) lepší než 0.3 ppm/rok
  - teplotní koeficient <0.01 ppm/°C





# Coptis®

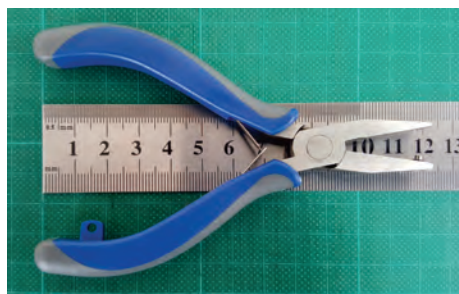


## VÝROBA KALIBRAČNÍCH ZNAČEK PRO METROLOGII a samolepicích štítků pro průmyslové využití

V naší stálé nabídce najdete více než 300 různých druhů kalibračních značek a štítků, které jsou neustále skladem. Standardní expedice skladových značek je 1 - 3 dny. Podle požadavku může být většina značek opatřena logem, QR kódem, případně identifikační značkou Vaší společnosti.

Pokud požadovanou značku nenajdete v naší nabídce, pošlete nám i jen rukou provedený náčrt a obratem Vám zašleme cenovou nabídku a vypracujeme grafickou podobu značky.

Výrobou kalibračních značek se zabýváme 26 let a dosud jsme nezaznamenali požadavek, který bychom nebyli schopni splnit k plné spokojenosti zákazníka.



**Coptis® KALIBRAČNÍ ZNAČKY**  
značky, štítky a samolepky pro metrologické účely

**Vzorník barev fólií**  
Samolepicí značky bez tisku.

**Značky bez tisku - jakýkoliv tvar a velikost.**

- Standardní jsou skladem kulaté značky 12 mm. Čisté štítky bez poleisu jsou dodávány v daných barevných pod jednotlivými čísly barev.
- Čísla barev slouží souzvně jako základní vzorník barev pro objednávky jakýchkoliv jiných kalibračních značek a samolepek.
- Čisté štítky dodáváme v násobcích 50 ks (u průměru 12 mm). Na zakázku vyrobíme jakýkoliv tvar a velikost, cena je podle kalkulace.

**Základní ceny**

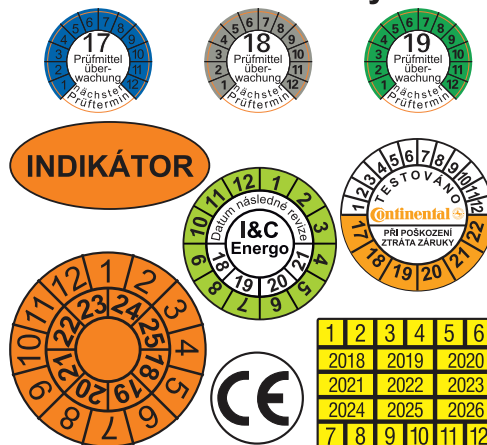
- jednotná cena standardní velikosti značky (12mm) je 0,32 Kč /kus
- u reflexní barvy 1,40 Kč/kus.
- u jiných velikostí cenu spočítáme
- Min. objednávk. množství je 50 - 150 ks - podle velikosti značky

**VZORNÍK BAREV FÓLIÍ**

Název barvy	číslo barvy
bílá	10
žlutá	22
červená	31
oranžová	35
fialová	43
modrá	53
zelená	64
šedá	74
reflexní	39

E-shop kalibračních značek najdete zde.

Přes 300 druhů kalibračních značek ze základní nabídky nakoupíte pohodlně od stolu v E-shopu na [www.kalibracky.cz](http://www.kalibracky.cz).



Tištěný katalog značek Vám zašleme na vyžádání, nebo si jej můžete stáhnout na [www.kalibracky.cz](http://www.kalibracky.cz) ve formátu pdf.



**PRACOVNÍ MĚŘIDLO STANOVENÉ**



**ZÁKAZ POUŽÍVÁNÍ**

COPTIS spol. s r.o. • Halasova 629, 703 00 Ostrava-Vítkovice  
Tel/fax: +420 596 111 682, e-mail: [coptis@coptis.cz](mailto:coptis@coptis.cz)

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

# Objednejte!

Chcete mít přehled o změnách v ČSN?  
Chcete mít přehled o všech změnách v normách?

## Věstník 2018

Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví

Věstník přináší:

**OZNÁMENÍ, INFORMACE, SDĚLENÍ** o nově vydávaných dokumentech pro oblasti:

- Harmonizované normy a určené normy
- České technické normy
- Metrologie
- Autorizace
- Akreditace
- Ostatní oznámení

**Objednávky předplatného  
zasílejte na adresu:**

PhDr. Bořivoj Kleník  
nakladatelský servis Q-art  
Bezdědice 19, 294 25 Katusice  
IČ: 17004438, DIČ: CZ500723418,  
tel.: 603 846 527

**e-mail: klenik@q-art.cz**

Ročník 2017		
<b>Věstník</b>		
ÚŘADU PRO TECHNICKOU NORMALIZACI, METROLOGII A STÁTNÍ ZKUŠEBNICTVÍ		
ČÍSLO 7	Zveřejněno dne 7. července 2017	
OBSAH:		
ČÁST A – OZNÁMENÍ	Strana:	
<b>Oddíl 1. Harmonizované normy a určené normy</b>		
ÚNMZ č. 76/17	o harmonizovaných normách	2
ÚNMZ č. 77/16	o určených normách	5
ÚNMZ č. 78/16	o zrušených určených normách nebo zrušených určených platných normách	6
<b>Oddíl 2. České technické normy</b>		
ÚNMZ č. 66/17	o vydání ČSN, jejich změn, oprav a zrušení	7
ÚNMZ č. 67/17	o schválení evropských norem k pitímu používání jako ČSN	16
ÚNMZ č. 68/17	o zahájení zpracování návrhů českých technických norem	28
ÚNMZ č. 69/17	o návrzích na zrušení ČSN	48
ÚNMZ č. 70/17	o veřejném projednání návrhů evropských norem CEN	49
ÚNMZ č. 71/17	o veřejném projednání návrhů evropských norem CENELEC	52
ÚNMZ č. 72/17	o veřejném projednání návrhů evropských telekomunikačních norem	72
<b>Oddíl 3. Metrologie</b>		
<b>Oddíl 4. Autorizace</b>		
ÚNMZ č. 73/17	o udělení autorizace pro Strojírenský zkušební ústav, s. p., Brno	56
ÚNMZ č. 74/17	o vzniku oprávnění pro TUV Rheinland Česká republika s.r.o., Praha	58
ÚNMZ č. 75/17	o vzniku oprávnění pro Vojenský technický ústav, s. p., Praha	59
<b>Oddíl 5. Akreditace</b>		
ČIA č. 07/17	o udělení, pozastavení a zrušení akreditací	60
<b>Oddíl 6. Ostatní oznámení</b>		
MO ČR č. 07/17	o vydání seznamu nových standardizačních dohod NATO, vydání doplňků ke standardizačním dohodám, o zrušení standardizačních dohod a přistoupení ke standardizačním dohodám	70
<b>ČÁST B – INFORMACE</b>		
ÚNMZ č. 07/17	Informačního střediska WTO o notifikacích Členů Dohody o technických překážkách obchodu (TBT), která je nedílnou součástí Dohody o zřízení Světové obchodní organizace (WTO)	77
<b>ČÁST C – SDĚLENÍ</b>		
ÚNMZ	o ukončení platnosti norem	82
ČIA	o dohodách o vzájemném uznávání výsledků akreditace	84

**Věstník vychází měsíčně!**

**Celoroční předplatné činí 1.800 Kč + DPH + poštovné a balné.**

vytápění

otvorové výplně  
stínící technika

elektrotechnika

ZABEZPEČENÍ

vzduchotechnika

dřevostavby

stavební prvky  
a materiály

bazény,  
sauny & spa

# FOR ARCH

## MEZINÁRODNÍ STAVEBNÍ VELETRH

🏠 stavba | ⚡ elektro a zabezpečení | 🔥 vytápění | 🏡 dřevostavby | 🏊 bazény, sauny & spa

**PVA**  
EXPO PRAHA

www.forarch.cz

# 19.-23.9.2017

GENERÁLNÍ PARTNER

**SKUPINA ČEZ**

ODBOBNÝ PARTNER

**tzbinfo**  
www.tzb-info.cz

OFICIÁLNÍ VOZY

**Ford**  
Go Further

Vstupenka neopravňuje k bezplatnému parkování. The entrance ticket does not entitle its holder to free parking.

# FOR ARCH

## MEZINÁRODNÍ STAVEBNÍ VELETRH INTERNATIONAL BUILDING TRADE FAIR

- 🏠 stavba | building
- ⚡ elektro a zabezpečení | electro and security
- 🔥 vytápění | heating
- 🏡 dřevostavby | wooden constructions
- 🏊 bazény, sauny & spa | swimming pools, saunas & spa

## ČESTNÁ VSTUPENKA COMPLIMENTARY TICKET



A02017000000667661

Držitel čestné vstupenky je na veletrhu hostem firmy:  
The holder of this ticket is a guest of the following company:

časopis  
**METROLOGIE**

Bez názvu firmy je vstupenka neplatná.  
Valid only with the name of the company given.

www.forarch.cz

# 19.-23.9.2017

Otvírací doba | Opening time 19.-22.9.2017 | 10.00-18.00 | 23.9.2017 | 10.00-17.00

GENERÁLNÍ PARTNER | GENERAL PARTNER | ODBORNÝ PARTNER | TECHNICAL PARTNER | OFICIÁLNÍ VOZY | OFFICIAL CARS

**SKUPINA ČEZ**

**tzbinfo**  
www.tzb-info.cz

**Ford**  
Go Further



# České stavebnictví se opět vrací k růstu, významnou podporou je pro něj také mezinárodní stavební veletrh FOR ARCH

Po nepříznivém roce 2016 se vývoj českého stavebního sektoru vrací do kladných hodnot, přičemž letošní odhady stavebních společností hovoří o nárůstu jeho výkonu o 2,7 procenta. Tyto předpovědi podporuje mimo jiné také objem zadaných veřejných zakázek na stavební práce, který byl již v prvních měsících oproti minulému roku dvojnásobný. Vývoji stavebnictví významnou měrou pomáhá také mezinárodní stavební veletrh FOR ARCH se svým bohatým programem pro odbornou i laickou veřejnost a celoroční působností. V pořadí osmadvacátý ročník veletrhu FOR ARCH se uskuteční ve dnech od 19. do 23. září v areálu PVA EXPO PRAHA v Letňanech.

Výkon českého stavebnictví se po nepříznivém roce 2016 vrátí v následujících dvou letech k mírnému růstu. Predikce stavebních společností jsou však spíše opatrné. Podle jejich odhadů by v roce 2017 mělo dojít k meziročnímu navýšení stavební produkce v průměru o 2,7 procenta, přičemž na kladném vývoji se shodly téměř tři čtvrtiny ředitelů a zástupců stavebních firem. Pesimističtější jsou ve výhledech na letošní rok především firmy zaměřené na inženýrské stavby a velké stavební společnosti. Dařit by se naopak mělo společnostem zaměřeným na pozemní výstavbu a malým a středním firmám. Kromě stavebních společností jsou ale do budoucna optimisticky naladěni i lidé plánující rekonstrukce a stavby svépomocí. V dlouhodobém horizontu by měl růst českého stavebnictví pokračovat dál v mírnějším tempu na úrovni 1,5 procenta.

Tyto predikce podporuje i aktuální vývoj v oblasti veřejných stavebních zakázek, kdy po roce s vysokým počtem zahájených výběrových řízení bylo v prvním měsíci letošního roku konkrétním stavebním firmám veřejnými investory zadáno 245 zakázek v celkové hodnotě 9,95 miliardy korun. To v meziročním srovnání představuje desetinový nárůst počtu a zároveň razantní, více než dvojnásobný nárůst objemu. Načrtnutý vývoj potvrzuje i fakt, že více než třetina stavebních firem (35 procent) má v současné době více práce než ve srovnatelném období roku 2016 a nasmulovaný mají zakázky na půl roku dopředu. Průměrné vytižení kapacit stavebních firem se přitom v průměru pohybuje na hladině 80 procent.

Významným způsobem pomáhá růstu stavebnictví a stavebním firmám zejména tři desítky let také mezinárodní stavební veletrh FOR ARCH, který je největší svého druhu v České republice a poskytuje vystavovatelům, stavebním odborníkům i laickým návštěvníkům jedinečnou možnost být v kontaktu s nejnovějšími oborovými trendy, které velmi často významně ovlivňují budoucí vývoj. Veletrh FOR ARCH navíc není jen několikadenní akcí, ale projektem s celoroční působností, podporující stavebnictví jako celek se všemi jeho jednotlivými obory. Děje se tak skrze řadu dílčích projektů, mezi kterými jsou například soutěžní přehlídky řemesel či soutěže architektů. Není proto divu, že si veletrh vede rekordně dobře také i v tomto roce, kdy již v prvních měsících zaregistroval o 30 procent více přihlášených vystavovatelů než v roce minulém.

Letošní 28. ročník FOR ARCH představí nově Technologické fórum, jehož cílovou skupinu tvoří české projektové a architektonické společnosti a studia společně s investory. Budou zde moci načerpat odborné a praktické informace o aktuálních trendech ve stavebnictví a o nejnovějších technologiích a produktech nabízených na českém i světovém trhu. Jedním z významných témat bude například přehled dotačních titulů, které mohou města a obce čerpat pro zlepšení infrastruktury, služeb a pro energetické úspory. Veletrh již navíc nebude rozdělen na několik souběžných veletrhů, ale dojde naopak k jeho spojení do jednoho celku pod značku FOR ARCH. Zároveň se mohou návštěvníci těšit na nový obor zaměřený na aktuální trendy a technologie v oblasti zabezpečovací techniky, systémů ochrany budov, bezpečnostních služeb a kybernetické ochrany.

## Generálním partnerem mezinárodního stavebního veletrhu FOR ARCH 2017 je Skupina ČEZ.

ČEKEJTE VÍC NEŽ JEN ELEKTŘINU NEBO PLYN

Že ČEZ vstoupil se svými zákazníky do 21. století, dokazují jeho inovativní produkty a služby. Ať si zákazníci vyberou jakkoli velké vylepšení domácnosti, vždy dostanou řešení, které ohleduplněji využívají energie, zvyšují komfort zákazníků a snižují chyťfe výdaje. Na kompletní nabídku produktů se můžete podívat na [www.cez.cz/sluzby](http://www.cez.cz/sluzby).

### BEZPLATNÉ PORADENSTVÍ:

STAVEBNÍ PORADENSKÉ CENTRUM ČKAIT – HALA 1  
určeno pro odbornou i širokou veřejnost v oblasti výstavby

PORADENSKÉ CENTRUM STÍNÍCÍ TECHNIKY  
A OTVOROVÝCH VÝPLNÍ – HALA 3

PORADENSKÉ CENTRUM MINISTERSTVA VNITRA ČR – HALA 4  
ochrana majetku a osob (ve spolupráci s Policií ČR  
a Cechem mechanických zámkových systémů ČR)

PORADENSKÉ CENTRUM ASOCIACE BAZENŮ A SAUN  
ČESKÉ REPUBLIKY – HALA 5

PORADENSKÉ CENTRUM DŘEVOSTAVEB – HALA 5

PORADENSKÉ CENTRUM VYTÁPĚNÍ – HALA 7

### ODBOBNÍ PARTNEŘI | PROFESSIONAL PARTNERS:



### PARTNEŘI | PARTNERS:



---

**Redakční rada:**

Ing. Jan Tichý (předseda), Ing. František Jelínek, CSc. (místopředseda), Ing. Emil Grajciar, Doc. RNDr. Jiří Tesař, Ph.D., Ing. Josef Vojtíšek, Doc. Ing. Jiří Horský, CSc., Ing. Milan Badal, Prof. Ing. Jaroslav Boháček, DrSc., Ing. Jan Klíma, Ing. Jiří Kazda, Mgr. Václava Holušová, RNDr. Klára Popadičová, Ing. Jaroslav Rajlich, Ing. Petr Pánek, CSc., Jitka Hrušková, PhDr. Bořivoj Kleník – šéfredaktor.

Časopis vychází 4 x ročně. Cena výtisku 80,- Kč, roční předplatné 320,- Kč + poštovné a balné + 15 % 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 2017. Nakladatelský servis, předplatné a inzerce: PhDr. Bořivoj Kleník, Bezdědice 19, 294 25 Katusice, tel./fax: +420 326 394 888, mobil: 603 846 527, e-mail: klenik@q-art.cz. Nevyžádané materiály se nevracejí. Za původnost a správnost příspěvků odpovídají autoři.

---

**Foto na obálce:**

Historický plynoměr

**Photo on the front page:**

Historical gas meter

