

## EXPERIMENTY PŘESNOSTI ZAŘÍZENÍ MĚŘICÍCH PARAMETRY POVRCHOVÝCH VLASTNOSTÍ VOZOVEK

### ACCURACY EXPERIMENTS OF EQUIPMENTS FOR MEASURING PARAMETERS OF PAVEMENT SURFACE PROPERTIES

Ladislav Bárta\*

#### Abstrakt

Jedním z důležitých nástrojů pro efektivní vynakládání finančních prostředků pro správu silniční infrastruktury je používání specializovaných systémů hospodaření s vozovkami (SHV). Tyto systémy se využívají v řadě zemí a od roku 2021 má SHV k dispozici i Ředitelství silnic a dálnic (ŘSD). Základním předpokladem pro korektní výstupy SHV je pořizování a udržování velkého množství dat o stavu silniční infrastruktury, zejména pak dat z měření proměnných parametrů vozovek (PPV). Tato data jsou měřena a do SHV se vkládají v pravidelných intervalech tak, aby mohla být korektně stanovena degrační funkce vozovky. Druhou podmínkou pro správné fungování SHV je pořizování korektních dat. Měřicí zařízení proto v pětiletých intervalech absolvují experimenty přesnosti podle technických podmínek ministerstva dopravy (MD) [3]. Zařízení následně získají oprávnění pro měření PVV na pozemních komunikacích v ČR. V průběhu platnosti oprávnění MD jsou zařízení dále kontrolována při pravidelných srovnávacích měřeních.

#### Abstract

One of the important tools for efficient use of funds for road infrastructure management is the use of specialized Pavement Management Systems (PMS). These systems are used in a number of countries, and the Road and Motorway Directorate (ŘSD) has a PMS at its disposal since 2021. The basic prerequisite for the correct PMS outputs is the acquisition and maintenance of a large amount of data describing the state of the road infrastructure, especially data from the measurement of variable pavement (roadway) parameters (VPP). This data is measured and entered in the PMS at regular intervals so that the degradation function of the pavement can be correctly determined. The second condition for the proper functioning of the PMS is the accuracy of the data captured.

The measuring devices therefore participate in accuracy experiments according to the technical conditions set by the Ministry of Transport at five-year

---

\* Bárta Ladislav, Ing., Ph.D., VUT v Brně, Fakulta stavební, Veveří 95, 602 00 Brno,  
tel.: +420 606 742 445, e-mail: Ladislav.Barta1@vutbr.cz

intervals [3]. The devices subsequently obtain Ministry of Transport authorization for measuring pavement variable parameters on roads in the Czech Republic. During the validity of the Ministry of Transport authorization, the devices are further inspected through regular comparative measurements.

## 1 Úvod

ŘSD provozuje SHV pro dálnice a silnice první třídy. SHV obsahuje a) informace o proměnných parametrech vozovek kam lze zařadit povrchové vlastnosti vozovek (PVV), poruchy vozovek, únosnost vozovek apod. a b) informace o neproměnných parametrech vozovek kam lze zařadit konstrukci vozovky, směrové a výškové vedení komunikace apod.

Tento článek se bude dále věnovat pouze problematice měření parametrů povrchových vlastností vozovek (PVV) se zaměřením na rovinnost vozovky popisovanou mezinárodním indexem podélné nerovnosti (parametr IRI) [1], [4]. V ČR se dále určují a) protismykové vlastnosti vozovek popisované součinitelem podélného tření (parametr  $f_p$ ) [2], [6], [7] a b) makrotextura vozovky popisovaná se střední hloubkou profilu (parametr MPD) [2], [5]. Všechny výše uvedené parametry se vyhodnocují pro 20 m úseky vozovky.

## 2 Posuzování zařízení

### 2.1 Organizace měření

Ministerstvo dopravy jmenuje tzv. vybranou organizaci pro přípravu a uspořádání experimentů přesnosti pro měřicí zařízení ucházející se o oprávnění MD pro sběr dat. Vybraná organizace dále pořádá i navazující srovnávací měření pro kontrolu zařízení v průběhu platnosti oprávnění MD a pravidelná měření přijatými referenčními zařízeními nebo přijatými referenčními metodami pro udržování znalosti hodnot PVV zkušebních povrchů v čase. Vybraná organizace dále stanovuje koordinátora, který je zodpovědný za praktickou realizaci jednotlivých druhů měření na zkušebním polygonu. Stanoven je také zástupce pro statistické vyhodnocení, jehož úkolem je zpracování a vyhodnocení naměřených dat.

### 2.2 Princip vyhodnocení

Předmětem vyhodnocení naměřených dat při experimentech přesnosti a při srovnávacích měření je a) stanovení shodnosti (preciznosti) a b) správnosti (pravdivosti) jednotlivých zařízení. Součástí statistického vyhodnocení je korelační analýza, při které se stanovují parametry vhodně zvolených regresních funkcí. Tímto způsobem je matematicky popsána míra vychýlení měření pořízených posuzovanými zařízeními od výsledků měření pořízených přijatými referenčními zařízeními nebo přijatými referenčními metodami. Nalezené funkční vztahy lze následně použít ke korekci měřených hodnot z hladiny posuzovaných zařízení na

hladinu hodnot referenčních. V této souvislosti se bude dále hovořit o tzv. převodních vztazích. Popisovaná problematika je ošetřena technickými podmínkami Ministerstva dopravy [3].

### 3 Měření jednotlivých parametrů

#### 3.1 Posuzovaná zařízení a referenční hodnoty

Měření parametrů PVV se provádí širokou škálou měřicích zařízení, která v reálném čase sbírají požadovaná data. Cílem experimentů přesnosti a srovnávacích měření je posouzení souladu úrovní měřených hodnot získaných posuzovanými zařízeními s požadovanými úrovněmi hodnot. Správné úrovně měření jednotlivých parametrů jsou v ČR určovány stanovenými referenčními zařízeními nebo stanovenými referenčními metodami.

#### 3.2 Měření parametru IRI

V roce 2023 se pořádal druhý národní experiment přesnosti pro osm zařízení určující parametr IRI a individuální experiment přesnosti pro dvě zařízení, která se národního experimentu přesnosti nemohla účastnit. Jednalo se o tři profilometry s laserovým snímačem vzdálenosti, o jeden profilometr s dvou hmotovým odezovým systémem, o dva profilometry s lineárním snímačem vzdálenosti, o jeden profilometr pro měření míry nerovnosti C a o tři mobilní mapovací systémy (MMS).



Obr. 1 – profilometr s laserovým snímačem vzdálenosti



Obr. 2 – Profilometr s dvou hmotovým odezovým systémem



Obr. 3 – Profilometr s lineárním snímačem vzdálenosti



Obr. 4 – profilometr pro měření míry nerovnosti C



Obr. 5 – jedno skenerový MMS



Obr. 6 – dvou skenerový MMS

Šest zařízení splnilo podmínky stanovené technickými podmínkami TP 207 [3] a na experimentech přesnosti uspěly. Čtyři zařízení na experimentech přesnosti neuspěly.

### 3.3 Referenční technologie pro určení parametru IRI

Přijatými referenčními zkušebními metodami jsou přesná nivelace, ruční profilometr (např. Dipstick) nebo jejich kombinace, viz. ČSN 73 6175 [1]. Tyto zkušební metody poskytují významně lepší výsledky v porovnání s posuzovanými zařízeními.



Obr. 7 – nivelační přístroj



Obr. 8 – Redukce patky latě



Obr. 9 – Ruční profilometr

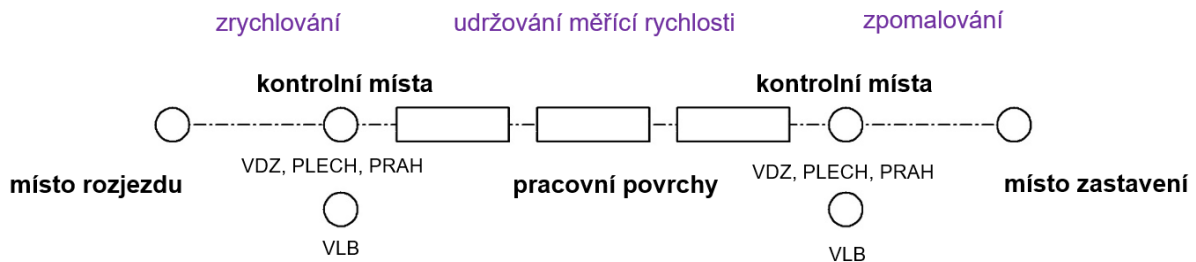
## 4 Zkušební polygon Pacov – Kámen

Zkušební povrchy pro měření parametru  $f_p$ , MPD a IRI jsou situovány do areálu bývalého vojenského letiště Pacov-Kámen nacházejícím se přibližně v geografickém středu ČR.

### 4.1 Pracovní linie

Vlastní měření povrchových vlastností vozovek se realizuje na pracovních liniích. V příčném směru je pro tyto linie v terénu vyznačeny půl metru širokým jízdním koridorem. V podélném směru jsou na jednotlivých liniích vyznačena a) místa rozjezdu a zastavení měřicích zařízení a b) místa pro kontrolu staničení zaznamenaných dat. Mezi kontrolními místy se nachází jeden nebo více zkušebních povrchů. V místě rozjezdu operátoři zařízení nastavují výchozí staničení pro záznam dat. V místech pro kontrolu staničení měřených dat se instaluje umělá nehomogenita povrchu vozovky. Tu pak lze identifikovat v záznamu měření. Pro

kontrolu správnosti navázání prostorových dat pořizovaných MMS do národního souřadnicového systému JTSK se dále používají tzv. vlíčovací body (VLB). Tyto body jsou rozmístěny v blízkosti linií.



Obr. 10 – Pracovní linie

Při profilovém měření parametru  $f_p$  se osvědčily kontrolní plochy v podobě hladkých povrchů tvořených kluznými plechy délky minimálně 6 m a vodorovné dopravní značení bez posypu délky alespoň 20 m. Šířka takto realizovaných povrchů je pak 0.5 m. Při profilovém měření parametru IRI se osvědčily kontrolní plochy uměle vytvořených nerovností v podobě příčných prahů umístěných alespoň 21 m od nejbližšího zkušební povrchu. U povrchů s vyššími hodnotami parametru IRI je pak vhodné umisťovat více těchto prahů s podélnými odstupy. Osvědčená délka, šířka a výška každého prahu je 10 x 60 x 2.5 cm. Jako kontrolní plochy pro profilové měření parametru MPD lze použít výše uvedené hladké i reliéfní povrchy. Doporučený rozměr VLB je 20 x 20 x 2 cm.



Obr. 11 – Koridor jízdy



Obr. 12 – Kontrolní místo – kluzný plech



Obr. 13 – Kontrolní místo – prahy



Obr. 14 – Kontrolní místo – vlíčovací bod

## 4.2 Vlastnosti pracovních povrchů

Pracovní povrchy pro parametr  $f_p$  a IRI jsou zřízeny oddělně. Pracovní povrchy pro parametr MPD se překrývají s pracovními povrchy pro parametr  $f_p$  a IRI. Jednotlivé měřené pracovní povrchy by měly být z pohledu jednotlivých parametrů homogenní v celém svém rozsahu. Dále je nutné, aby pro jednotlivé parametry pokryly celou škálu reálně měřitelných hodnot. Najít homogenní povrchy na stávajících komunikacích nebo nově vybudovat homogenní povrchy různých hodnot povrchových vlastností vozovek z hlediska parametru  $f_p$  nebo MPD není nijak problematické. Vše je zajištěno způsobem pokládky vrchních vrstev vozovky. Problém nastává v případě parametru IRI. Umělé vytvoření homogenních povrchů o středních a vyšších hodnotách parametru IRI je v zásadě nemožné. Současně geometrické přetvoření starých povrchů je v principu náhodné a k vytvoření homogenních povrchů také nevede. V tomto případě je proto před vyhodnocováním experimentů přesnosti a srovnávacích měření prováděna transformace v principu nehomogenních přímo měřených pracovních povrchů na pracovní povrchy homogenní. Tyto nové povrchy budou dále nazývány virtuálními pracovními povrchy.

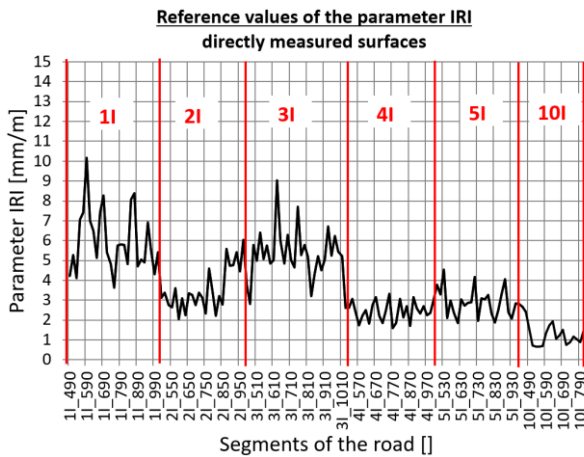
## 4.3 Pracovní povrchy pro měření parametru IRI

Zkušební polygon pro měření parametru IRI je tvořen 6 liniemi. Tyto linie se nacházejí na přistávací a vzletové dráze letiště, na pojezdových drahách letiště a na okolních obslužných komunikacích. Na každé pracovní linii se nachází 1 pracovní povrch. Délky pracovních povrchů jsou 5 x 540 m a 1 x 340 m. Hodnoty parametru IRI na těchto přímo měřených pracovních površích pokrývají celý rozsah používané klasifikační stupnice pro hodnocení stavu vozovek (tabulka 1).

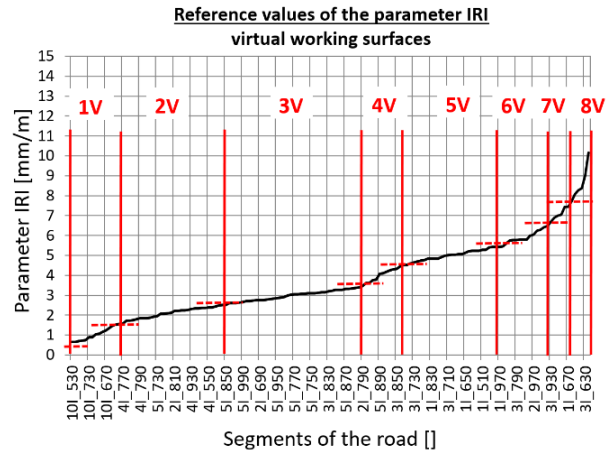
| Parameter  | Classification |           |           |           |       |
|------------|----------------|-----------|-----------|-----------|-------|
|            | 1              | 2         | 3         | 4         | 5     |
| IRI [mm/m] | < 2.0          | 2.0 - 3.0 | 3.1 - 4.2 | 4.3 - 6.3 | > 6.3 |

Tab. 1 – Klasifikace – Parametr IRI

Jednotlivé povrchy jsou však z důvodů výše popsaných značně nehomogenní (graf 1), proto se přistupuje k vytvoření virtuálních pracovních povrchů (graf 2). Prvně jsou úseky vozovky 20 m všech přímo měřených pracovních povrchů seřazeny vzestupně podle referenčních hodnot indexu IRI. Virtuální pracovní povrchy jsou následně vytvořeny tak, aby postupně obsahovaly úseky vozovky délky 20 m s hodnotami parametru IRI v rozmezí 0.5 – 1.5, 1.5 – 2.5, 2.5 – 3.5, 3.5 – 4.5, 4.5 – 5.5, 5.5 – 6.5, 6.5 – 7.5 a 7.5 – 10.0 mm/m.



Graf 1 – Skutečné povrchy pro parametr IRI



Graf 2 – Virtuální povrchy pro parametr IRI

## 5 Realizace měření

Účastníky experimentů přesnosti a srovnávacích měření jsou zástupce vybrané organizace, koordinátor experimentu přesnosti nebo srovnávacího měření, zástupce pro statické vyhodnocení dat, dohlížející pracovníci koordinátora a operátoři posuzovaných zařízení. Vlastnímu měření předchází příprava zkušebního polygonu a testy vybraných senzorů jednotlivých měřicích zařízení.

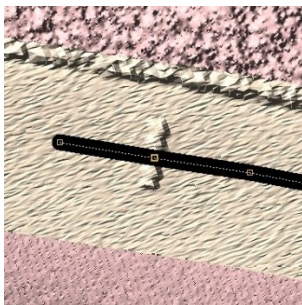
### 5.1 Měření parametru IRI

Určení referenčních hodnot přesnou nivelací nebo ručním profilometrem Dipstick je poměrně časově náročné. Tato měření proto probíhají předem. U parametru IRI se obecně nepředpokládá jeho závislost na měřicí rychlosti. Tento předpoklad se přesto ověřuje měřeními v rychlostech 40, 60 a 80 km/h. Počet měření každého povrchu jednotlivými zařízeními v každé rychlosti je 5.

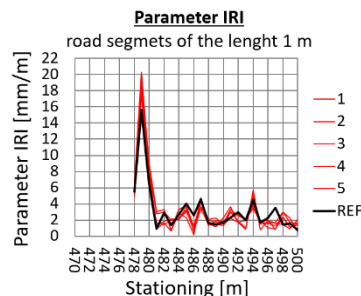
### 5.2 Kontrola pořízených dat

Data s hodnotami jednotlivých měřených parametrů jsou ukládána pro úseky vozovky délky 1 m. Před statistickým vyhodnocením se využije obrazů kontrolních míst v záznamu dat ke kontrole staničení. V případě profilometrů se totiž poměrně často objevují nesoulady ve staničení, které řádově dosahují jednotek až desítek metrů. Data, která vzájemně polohově nekorespondují, se proto dodatečně zpřesní za použití transformací. Kvalita ztotožnění dat pořízených profilometry se potom pohybuje kolem 1 m. Data získaná MMS běžné polohově korespondují v jednotkách centimetrů. Následně jsou počítány průměrné hodnoty jednotlivých měření

pro dvacetimetrové úseky vozovky a pro celé virtuální zkušební povrchy. Takto připravená data pak vstoupí do statistického vyhodnocení. Následující obrázek a graf ukazuje polohově zpřesněná data se záznamem parametru IRI po 1 m v místě příčného prahu.



Obr. 15 – Práh v digitálním modelu povrchu vozovky.



Graf 3 – Práh v podélném profilu s hodnotami parametru IRI

## 6 Statistické vyhodnocení měření

Statistické vyhodnocení provádí zástupce pro statistické činnosti jmenovaný vybranou organizací. Předmětem zpracování jsou a) průměrné hodnoty měřených parametrů na 20 m úsecích vozovky a b) průměrné hodnoty měřených parametrů pro celé přímo měřené nebo virtuální zkušební povrchy. Cílem zpracování dat je ověření platnosti stávajících převodních vztahů určených na předchozích experimentech přesnosti pro přepočítání měřených hodnot pořízených jednotlivými zařízeními do hladiny hodnot, která je definována přijatým referenčním zařízením nebo přijatou referenční metodou. Korelační analýzou je s využitím dat aktuálního experimentu dále určen nový převodní vztah. Použitelnost tohoto vztahu je následně prověřena. Na závěr jsou stanoveny charakteristiky přesnosti pro jednotlivá zařízení.

### 6.1 Přímo měřené hodnoty parametru IRI na 20 m úsecích vozovky

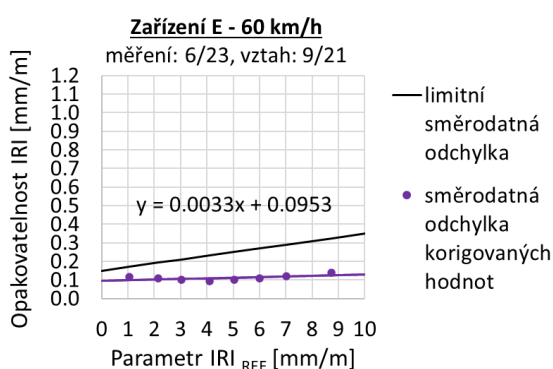
Následující grafy dokumentují výsledky měření zařízení s označením E. Zobrazeny jsou hodnoty parametru IRI na všech 20 m úsecích vozovky (pět opakovaných měření příslušného zařízení a referenční hodnoty).

Z vyhodnocení je na první pohled patrná velikost šumu dat a různé vychýlení měřených dat. Z grafu 4 je zřejmé, že stávající převodní vztah 9/21 pořízená data převádí do hladiny referenčních hodnot nekorektně. Nový převodní vztah 6/23 viz. graf 5 však uvedený problém eliminuje.

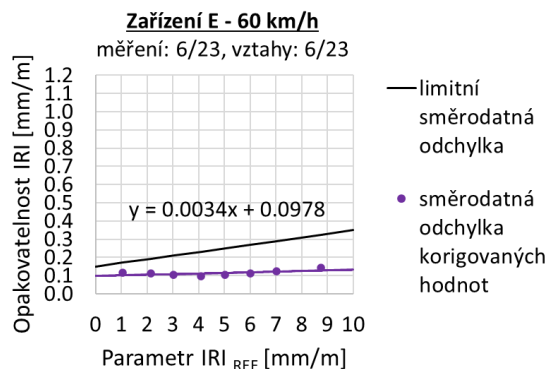


### 6.3 Opakovatelnost určení parametru IRI na úsecích vozovky délky 20 m

Jedná se o schopnost měřicího zařízení pořizovat za stejných podmínek shodné výsledky. Opakovatelnost je vyjadřována ve formě směrodatné odchylky. Následující grafy popisují opakovatelnost uvažovaného měřicího zařízení po korekci měřených hodnot převodními vztahy 9/21 a 6/23 na úroveň referenčních hodnot. V grafech je též zobrazena akceptovatelná mez opakovatelnosti měřených dat.



Graf 8 – Opakovatelnost IRI – vztah 9/21 (Zařízení E, 60 km/h)

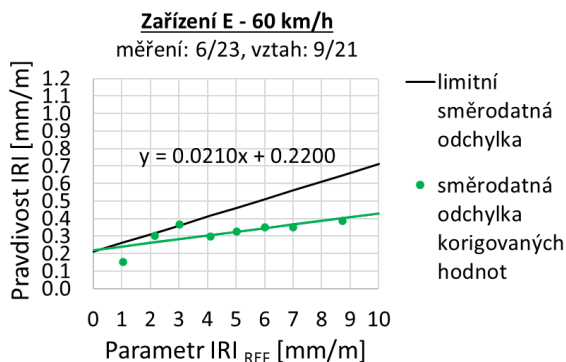


Graf 9 – Opakovatelnost IRI – vztah 6/23 (Zařízení E, 60 km/h)

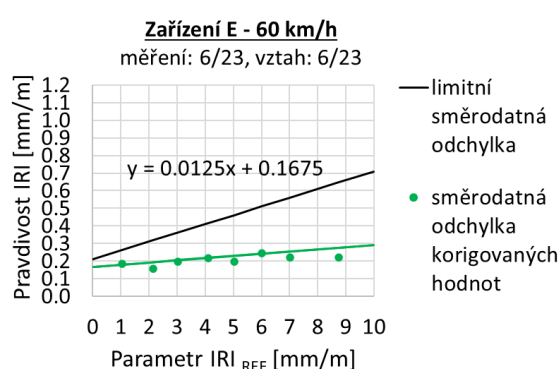
Uvažované zařízení má z pohledu stanovených limitů v obou případech vyhovující opakovatelnost.

### 6.4 Pravdivost určení parametru IRI na úsecích vozovky délky 20 m

Jedná se o schopnost měřicího zařízení pořizovat pravdivé výsledky. Jedná se o komplexní charakteristiku přesnosti zahrnující jak opakovatelnost, tak vychýlení měření. Pravdivost je vyjádřena ve formě směrodatné odchylky. Následující grafy popisují pravdivost uvažovaného měřicího zařízení po korekci měřených hodnot převodními vztahy 9/21 a 6/23 na úroveň referenčních hodnot. V grafech je též zobrazena akceptovatelná mez pravdivosti měřených dat.



Graf 10 – Pravdivost IRI – vztah 9/21 (Zařízení E, 60 km/h)



Graf 11 – Pravdivost IRI – vztah 6/23 (Zařízení E, 60 km/h)

Uvažované zařízení má při použití převodního vztahu 9/21 pro dva virtuální pracovní povrchy pravdivost na hranici požadovaných limitů. Použití nového převodního vztahu následně mělo velmi příznivý vliv na pravdivost.

### 6.5 Porovnání měřicích zařízení určujících parametr IRI v ČR

V tabulce 2 jsou porovnány všechna oficiální měřicí zařízení určující parametr IRI v ČR. Jedná se o osm zařízení, která se zúčastnila druhého národního experimentu přesnosti v roce 2023 a dvě zařízení, která se účastnila individuálního experimentu přesnosti též v roce 2023. Pro každé měřicí zařízení je uvedena pravdivost určení parametru IRI pro hodnoty 2, 4 a 6 mm/m. Ve sloupci chybovost jsou dále uvedeny procenta dat, která byla vyloučena ze statistického vyhodnocení. Jednotlivá zařízení jsou dále ohodnocena symbolem 1 až 10. Měřicí zařízení ohodnocené symbolem 1 poskytuje nejkvalitnější výsledky. Měřicí zařízení ohodnocené symbolem 10 pak poskytuje nejméně kvalitní výsledky. Zařízení, která nespĺnila limity pravdivosti uvedené v tabulce 3, experiment přesnosti neabsolvovala úspěšně.

| Porovnání měřicích systémů                  |                                |              |              |           |           |
|---|--------------------------------|--------------|--------------|-----------|-----------|
| Měřicí systém                               | Pravdivost korigovaných měření |              |              | Chybovost | Hodnocení |
|   | IRI = 2 mm/m                   | IRI = 4 mm/m | IRI = 6 mm/m |           |           |
|   | Směrodatná odchylka            |              |              |           |           |
| []  | [mm/m]                         | [mm/m]       | [mm/m]       | [%]       | [pořadí]  |
| MMS (dvojice laserových skenerů)            | 0.19                           | 0.22         | 0.24         | 3.0       | 1         |
| profilometr (LIMAB laserový senzor)         | 0.18                           | 0.24         | 0.28         | 2.5       | 2         |
| profilometr (LIMAB laserový senzor)         | 0.16                           | 0.26         | 0.33         | 2.9       | 3         |
| MMS (jeden laserový skener)                 | 0.20                           | 0.28         | 0.34         | 2.6       | 4         |
| MMS (dvojice laserových skenerů)            | 0.26                           | 0.31         | 0.34         | 1.5       | 5         |
| profilometr (LIMAB laserový senzor)         | 0.21                           | 0.31         | 0.38         | 5.0       | 6         |
| profilometr (dvou-hmotový odezvoový systém) | 0.41                           | 0.51         | 0.61         | 10.9      | 7         |
| profilometr (lineární měření vzdálenosti)   | 0.37                           | 0.69         | 1.37         | 27.9      | 8         |
| profilometr (lineární měření vzdálenosti)   | 0.44                           | 0.76         | 1.51         | 28.4      | 9         |
| profilometr (měření míry nerovnosti C)      | 0.81                           | 1.17         | 1.54         | 50.0      | 10        |

Tab. 2 – Pravdivost parametru IRI (úseky vozovky délky 20 m)

Nejlepší výsledky poskytují zařízení typu laserový profilometr a mobilní mapovací systém. U profilometru s dvou-hmotovým odezvoovým systémem se pravděpodobně vyskytl problém se správností odezvy senzorů zrychlení. Profilometry se senzory lineárního měření vzdáleností jsou novou technologií. Tato technologie bude dodatečně doplněna senzory zrychlení. Profilometr pro měření míry nerovnosti C s dodatečnou transformací na parametr IRI je překonanou technologií. Na tomto profilometru je zanedbaná údržba a toto zařízení v současnosti prakticky nepořizuje žádná data. Selhání tohoto systému není překvapivé.

| Limity pravdivosti pro parametr IRI |              |              |
|-------------------------------------|--------------|--------------|
| IRI = 2 mm/m                        | IRI = 4 mm/m | IRI = 6 mm/m |
| Směrodatná odchylka                 |              |              |
| [mm/m]                              | [mm/m]       | [mm/m]       |
| 0.31                                | 0.41         | 0.51         |

Tab. 3 – Limity pravdivosti pro parametr IRI (úsek vozovky délky 20 m)

## 7 Závěr

V roce 2023 úspěšně proběhly druhé národní experimenty přesnosti pro zařízení určující povrchové vlastnosti vozovek, a to konkrétně pro parametr  $f_p$ , IRI a MPD. Uvedenému předcházela revize technického předpisu TP 207 [3], který se experimenty přesnosti zabývá. Mimo již uvedených parametrů je zde popsána i problematika kontrol zařízení určujících průhyby vozovek a zařízení určujících tloušťky konstrukčních vrstev georadarem.

Obecně lze konstatovat, že jednotlivá měřicí zařízení pro určování hodnot parametrů PVV dodávají v různé míře vychýlené výsledky. Pro každé měřicí zařízení je proto určován převodní vztah pro korekci měřených hodnot na úroveň hodnot referenčních. Korigovaná data mají následně významně vyšší správnost (pravdivost). Hodnoty parametru IRI a MPD se u jednotlivých zařízení jeví jako nezávislé na měřicí rychlosti. Zařízení určující parametr  $f_p$  pak vykazují sníženou stabilitu měření v čase. Pro tato zařízení se proto dvakrát ročně pořádají pravidelná srovnávací měření a v případě potřeby se průběžně upravují převodní vztahy.

Lze také konstatovat, že do skupiny standardních profilometrů určující parametr IRI úspěšně vstoupily mobilní mapovací systémy. Tyto systémy lze velmi dobře využít pro diagnostiku geometrie a rovinnosti vozovek pozemních komunikací včetně určování parametru IRI v celé ploše vozovky.

## Literatura

- [1] ČSN 73 6175 – Měření a hodnocení nerovnosti povrchů vozovek. Česká technická norma, Český normalizační institut, 2015, 32 stran.
- [2] ČSN 73 6177 – Měření a hodnocení protismykových vlastností povrchů vozovek. Česká technická norma. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015, 20 stran.
- [3] TP 207 - Experiment přesnosti zařízení pro měření povrchových vlastností a dalších parametrů vozovek pozemních komunikací, Technické podmínky, Ministerstvo dopravy, L. Bárta, 2023, 58 stran.

- [4] EN 13036-5 – Road and airfield surface characteristic – Test methods – Part 5: Determination of longitudinal unevenness indices. European standard, 9019, 53 pages,
- [5] ISO 13473-1 – Characterization of pavement texture by use of surface profiles – Part 1: Determination of mean profile depth, international standard, 2019, 56 pages.
- [6] CEN/TS 15901-4 – Road and airfield surface characteristics – Part 4: Procedure for determining the skid resistance of pavements using a device with longitudinal controlled slip (LFCT): Tatra Runway Tester (TRT). Technical specification, 2010, 16 Pages.
- [7] CEN/TS 15901-12 – Road and airfield surface characteristics - Part 12: Procedure for determining the skid resistance of a pavement surface using a device with longitudinal controlled slip: the BV 11 and Saab friction tester (SFT), Technical specification, 2011, 12 Pages.
- [8] Experiment přesnosti pro zařízení určující součinitel podélného tření  $F_p$  konaný 9/2023 – Statistické vyhodnocení. Technická zpráva, L. Bárta, listopad 2023, 33 stran + přílohy.
- [9] Experiment přesnosti pro zařízení určující střední hloubku profilu MPD konaný 9/2023 – Statistické vyhodnocení. Technická zpráva, L. Bárta, listopad 2023, 28 stran + přílohy.
- [10] Experiment přesnosti pro zařízení určující mezinárodní index podélné nerovnosti IRI konaný 6/2023 – Statistické vyhodnocení. Technická zpráva, L. Bárta, prosinec 2023, 43 stran + přílohy.

Recenzoval: Ing. Zdeněk Drápela  
VARS BRNO a.s.