

# Metody používané při hodnocení stavu pozemních komunikací v ČR



**Ing. Michal Janků**

V roce 2011 absolvoval Fakultu stavební VUT v Brně a v současné době zde pokračuje v doktorském studiu na Ústavu stavebního zkušebnictví. Současně pracuje jako výzkumný pracovník v Centru dopravního výzkumu, v.v.i., kde se věnuje nedestruktivním metodám a diagnostice dopravních staveb.

E-mail: michal.janku@cdv.cz

## Spolautoři:

Ing. Ilija Brezina

E-mail: ili.brezina@cdv.cz

Ing. Josef Stryk, Ph.D.

E-mail: josef.stryk@cdv.cz

Ing. Jiří Grošek, Ph.D.

E-mail: jiri.grosek@cdv.cz

**Článek popisuje procesy a metody sloužící k monitorování stavu pozemních komunikací či k jejich diagnostice. Autoři článku se osobně více než 3,5 roku podíleli na provádění běžných prohlídek silnic I. třídy v Jihomoravském kraji a zpracovali mnoho diagnostik na pozemních komunikacích v České republice. Na úvod jsou v článku charakterizovány typy jednotlivých prohlídek na pozemních komunikacích v ČR. Následuje přehled tradičních diagnostických metod včetně těch nových.**

Jen stěží se v České republice najde řidič motorového vozidla, který by se nikdy nevyjadřoval ke stavu té či oné pozemní komunikace. Nejčastěji si pak asi všimáme množství a velikosti výtluků na vozovce. Pravidelné kontroly stavu vozovek zabezpečuje i vlastník nebo správce dotčené komunikace a o jejím výsledku vede záznam. Tyto

► *Obr. 1 Bohužel občas typický stav silnic po zimním období*



prohlídky mají většinou charakter vizuální kontroly. Naopak podrobnější diagnostický průzkum zpravidla předchází plánované opravě či rekonstrukci vozovky a slouží jako podklad pro přípravu projektové dokumentace. Některé měření se také provádějí před uvedením nové vozovky do provozu. K tradičním zkoumaným parametrům nové vozovky patří měření jejích protismykových vlastností, měření průhybů a hodnocení únosnosti prostřednictvím rázového zařízení FWD, či odběr jádrových vývrťů a jejich vyhodnocení v laboratoři. Mezi novější metody lze zařadit georadar, s jehož pomocí je možné stanovit tloušťky vrstev vozovky. Laserové skenování umožňuje měřit proměnné parametry, jako je příčná a podélná nerovnost, a díky termokamerě lze mimo jiné určit teplotu asfaltové směsi při pokládce vrstev asfaltových vozovek.

## Prohlídky pozemních komunikací

Vykonávání prohlídek nařizuje a upravuje v České republice zákon o pozemních komunikacích č. 13/1997 Sb. V něm se mimo jiné píše, že vlastník nebo správce pozemní komunikace zajišťuje její prohlídky. Prohlídka se zaměřuje na posouzení dopadu zejména stavebních, technických a provozních vlastností pozemní komunikace na její bezpečnost. Vyhláška č. 104/1997 Sb. rozlišuje čtyři kategorie prohlídek podle rozsahu a frekvence provádění: běžné, hlavní, mimořádné a bezpečnostní inspekce komunikací; zařazených do transevropské silniční sítě

Z výše zmiňovaných jsou nejčastější běžné prohlídky, které se soustředí především na stav a správnou funkci dopravního značení, bezpečnostního zařízení a na závady ve sjezdovosti. Na dálnicích jsou vykonávány každým pracovním den, na silnicích I. třídy dvakrát týdně, na silnicích II. třídy dvakrát měsíčně a na silnicích III. třídy jednou měsíčně.

Běžné prohlídky se provádějí z jedoucího vozidla. V případě, že inspektor zahledne nějakou poruchu, odstaví bezpečně vozidlo a ide ji zaznamenat. V době, kdy zaměstnanci Centra dopravního výzkumu, v.v.i. (CDV), vykonávali běžné prohlídky silnic I. třídy v Jihomoravském kraji, byl záznam poruch prováděn chytřím mobilním telefonem. Při pořízení fotografie poruchy došlo zároveň k automatickému zaznamenání polohy díky GPS. Po doplnění komentáře byly záznamy odesílány odpovědným osobám na Ředitelství silnic a dálnic ČR.

Mezi nejčastěji zaznamenané poruchy patřily výtluky, vytržené nebo poničené směrové sloupky, vyvrácené značky a poškozená svodidla. Rychlost opravy se lišila podle typu poruchy a možnosti střediska či cestmistrovství, ke kterému náležel úsek silnice, na němž se nacházela porucha. Podle našich zkušeností byla většina výtluků obratem opravena. Horší situace panovala v případě poškozených svodidel, ta část čekala na opravu několik týdnů až měsíců.

Cílem hlavní prohlídky je zjištění stavebně-technického stavu komunikace, včetně jejích součástí a příslušenství. Hlavní prohlídka se provádí nejméně jednou za pět let, jinak vždy při uvedení nového nebo rekonstruovaného úseku komunikace do provozu a před skončením záruční doby. Hlavní prohlídka probíhá formou pochůzky a je při ní sledován stav vozovky a tělesa komunikace včetně krajnice. U poruch se zjišťuje jejich rozsah (plocha, délka) a umístění na vozovce. Jevy zjištěné v průběhu hlavní prohlídky jsou doplněny o dostupné údaje



► *Obr. 2 Měřiči vozidla TRT*

proměnných parametrů (drsnost, podélná a příčná nerovnost, zbytková životnost), změřené a vyhodnocené na základě příslušných norem. Mimořádnou prohlídku zajišťuje vlastník nebo správce mimo termíny běžných a hlavních prohlídek, a to zejména při náhlém poškození vozovky (např. dopravní nehodou, živelní pohromou), při výrazné změně dopravního zařízení (např. v důsledku nařízení objížďky) nebo při nutnosti získat vstupní data pro systémy hospodáření s vozovkou. Jak u hlavních, tak u mimořádných prohlídek silnic bývají často použity některé z dále uvedených diagnostických metod.

## Protismykové vlastnosti vozovky

U většiny dopravních nehod je za viníka označován řidič dopravního vozidla. Jako příčina nehody se v takových případech často uvádí nepřiměřená rychlost. V lepších případech končí nehody jen po-mačkanými plechy, v těch nejhorších naopak až těžkým zraněním nebo smrtí. Otázkou je, zda není tato daň příliš vysoká, zejména pak v případech, kdy poškozený ani nebyl řidičem vozidla. Nekvalitní vozovka se špatnými protismykovými vlastnostmi zvyšuje riziko smyku a prodlužuje brzdnou dráhu až o desítky metrů.

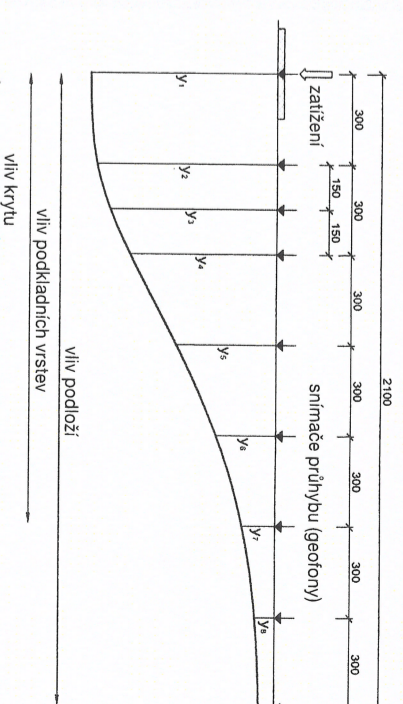
Protismykové vlastnosti zásadním způsobem ovlivňují bezpečnost silničního provozu. Prokázaly to různé výzkumné projekty, které porovnávaly počty dopravních nehod se stavem protismykových vlastností povrchu vozovky. Z porovnání vyplynulo, že na úsecích silnic I. třídy s hodnocením protismykových vlastností povrchu vozovky klasifikačním stupněm 5 – havarijní stav je šestkrát více než na úsecích s hodnocením klasifikačním stupněm 1 – velmi dobře protismykové vlastnosti. V současnosti se často používá termín „odpouštějící silnice“, což znamená, že pokud řidič udělá chybu, tak by silnice měla být v takovém stavu, aby řidič měl možnost svou chybu napravit, případně aby následky dopravní nehody byly minimalizovány.

Zhoršený stav vozovky hodnotí běžný řidič většinou podle nerovnosti či množství výtluků. Špatné protismykové vlastnosti naopak často pozná, až když je pozdě. V praxi se k měření užívá vozidlo TRT.

Pro zjištění kontinuálního průběhu součinitele podélného tření se používá jednodolový závěs s měřicím kolem rovnoběžným se směrem pojezdu umístěným v levé jízdní stopě. Hydraulicky ovládané brzdění měřicího kola umožňuje při měření na pozemních komunikacích nastavení poměru skluzu na 25 %, což odpovídá systémům ABS v automobilech. Snímače měří rychlost vozidla a rychlost měřicího kola. Stály kontakt měřicí pneumatiky se zkoušeným povrchem lze nastavit v rozmezí 700–1300 N. Řidiči a regulační technika ve vozidle umožňuje automatický provoz měřicího zařízení ve zvoleném režimu, výpočetní technika se stará o záznam a vyhodnocování měřených veličin v reálném čase. Měření se provádí na vodním filmu tloušťky 0,5 mm, proto je vozidlo vybaveno dávkovacím zařízením a nádrží s vodou.



► *Obr. 3 Rázové zařízení FWD pro měření průhybů vozovek*



► *Obr. 4 Průhybová křivka vnesená z výsledků měření rázovým zařízením FWD při použití devíti snímačů průhybu*

## Diagnostika a hodnocení únosnosti vozovky

Diagnostika a hodnocení vozovek z hlediska jejich únosnosti se obvykle provádí měřením průhybů povrchu vozovky rázovým zařízením FWD (Falling Weight Deflectometer), které zatěžuje vozovku stacionárním impulzním zařízením. Rázové zařízení FWD umožňuje nastavit parametry zatížení tak, aby se blížily reálnému zatížení kol pohyblivých se vozidel.

Rázové zařízení FWD je tradiční zařízení používané pro měření průhybů, které zatěžuje povrch vozovky tlumeným rázem, jenž odpovídá zatížení kolem nápravy nákladního vozidla. Rázy jsou generovány pádem břemene na gumové tlumiče a přenašejí se přes kruhovou zatěžovací desku na povrch zkoušeného místa vozovky. Součástí zařízení jsou zároveň snímače, které měří odezvu vozovky na toto dynamické zatížení. Omezením pro měření zařízením FWD jsou především teplotní podmínky. Teplota povrchu vozovky při měření musí být v rozsahu 5–30 °C.

Výstupem z měření na diagnostikovaných bodech lobvykly s odstupem 25 m mezi jednotlivými body) jsou hodnoty průhybu v různých vzdálenostech od osy zatížení tvořící průhybovou křivku. Cílem měření je vyhodnotit únosnost konstrukčních vrstev vozovky a jejího podloží na základě změřených dat. Na hodnocení únosnosti vozovek se používají komplexní výpočtové programy. Zjišťuje se zbytková životnost vozovky a tloušťka potřebného zesílení, přičemž se počítá s rázovými moduly pružnosti vrstev určenými zpětným výpočtem z průhybové křivky změřené na povrchu vozovky.

Zesílení, případně rekonstrukce vozovky se navrhuje v případě, že je vozovka hodnocena jako neúnosná. Tloušťka zesílení se odvíjí od předpokládaného dopravního zatížení, kvality materiálu zesilující vrstvy, únavových procesů ve vozovce apod.

Pro hodnocení únosnosti z měření průhybu vstupují do výpočtu rázových modulu pružnosti tloušťky vrstev vozovky. Ty se obvykle zjišťují odběrem jádrových vývrťů po pravidelných vzdálenostech (např. po 250 m). Tento přístup však nemůže zaručit optimální výsledky, neboť vnitřní skladba konstrukce vozovky je známa pouze v místě odebrání jádrového vývrťu.

Současná praxe ukazuje na nezbytnost doplnění informací z jádrových vývrťů o kontinuální měření georadarem pro průběžné stanovení tlouštěk vrstev vozovky a nalezení jejich případných anomálií, což pozitivně ovlivní výpočet rázových modulu pružnosti, optimalizaci návrhu a snížení finančních nákladů na opravu konstrukce vozovky.

## Jádrové vývrťy

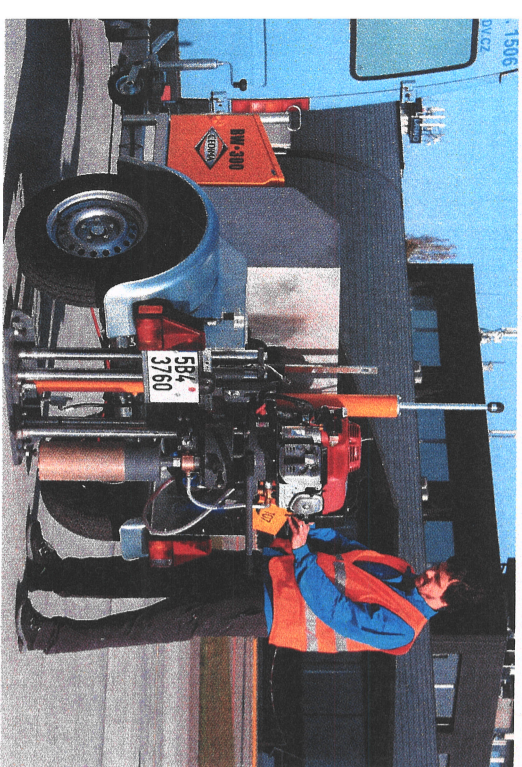
Odběr vzorků vrstev vozovky umožňuje vysvětlit příčiny poruch vozovky a získat doplňující informace pro návrh opravy. Slouží ke zjištění stavu konstrukce vozovky, jejího krytí, podkladních vrstev a podloží. V současnosti představuje odběr jádrových vývrťů v kombinaci se zařízením FWD nejčastější typ diagnostického průzkumu vozovky. Jádrové vývrťy jsou odebírány za účelem zjištění typu, tloušťky a stavu porušení smíšených vrstev konstrukce vozovky a zároveň pro potřebu získání dostatečného množství materiálu asfaltových vrstev pro jeho laboratorní posouzení. V silniční laboratoři lze zjišťovat například kvalitu spojení jednotlivých vrstev, obsah asfaltového pojiva a zrnitost směsi kamenná, mezerovitost asfaltové směsi, míru zhuštění a mezerovitost vrstvy, odolnost asfaltové směsi proti trvalým deformacím či vlastnosti zpětně získaného asfaltového pojiva. Na jádrových vývrťech odebraných z cementobetonového krytí lze určit pevnost betonu v tlaku a v tahu za ohybu. CDV je dále schopno nad rámec stanovení fyzikálně-mechanických vlastností vyhodnocovat vzorky polarizačním mikroskopem (petrografie kamennal), skenováním elektronovým mikroskopem, energetivě disperzním analyzátořem a petrografickým či chemickým rozbořem.

Jádrové vývrťy jsou nejběžněji odebrány silniční vrtačkou umístěnou na podvozku přívěsu. Součástí je nádrž s vodou o objemu 200 l na chlazení jádrové korunky při vrátání. Pro pohon vrtačky se používá benzínový motor o výkonu 5 kW, který je také součástí soupravy.

## Georadar

Tato metoda je založena na opakovaném vysílání vysokofrekvenčního elektromagnetického (EM) signálu v rozsahu od několika set MHz do několika GHz do zkoumaného prostředí. Tento signál se částečně odrazí od rozhraní vrstev či případných nehomogenit a je zpětně zaznamenaná měřícím zařízením. Mezi nejčastější aplikace v oblasti

► Obr. 5 Odběr jádrového vývrťu



dopravní infrastruktury patří stanovení tlouštěk konstrukčních vrstev vozovek, detekce dutin pod krytem vozovky, detekce nadměrného obsahu vody v konstrukčních vrstvách vozovek apod.

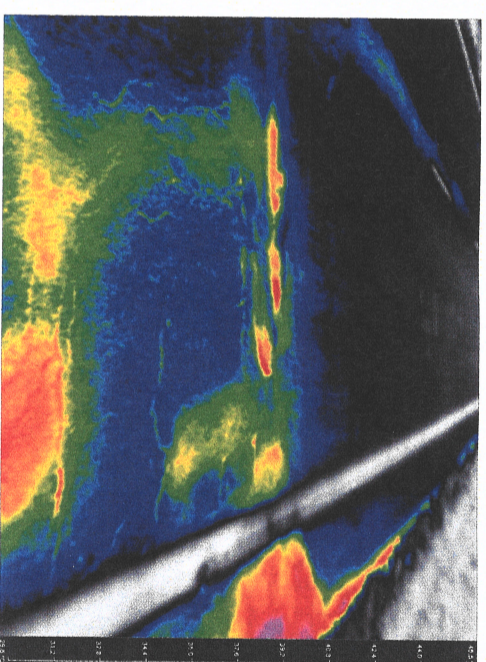
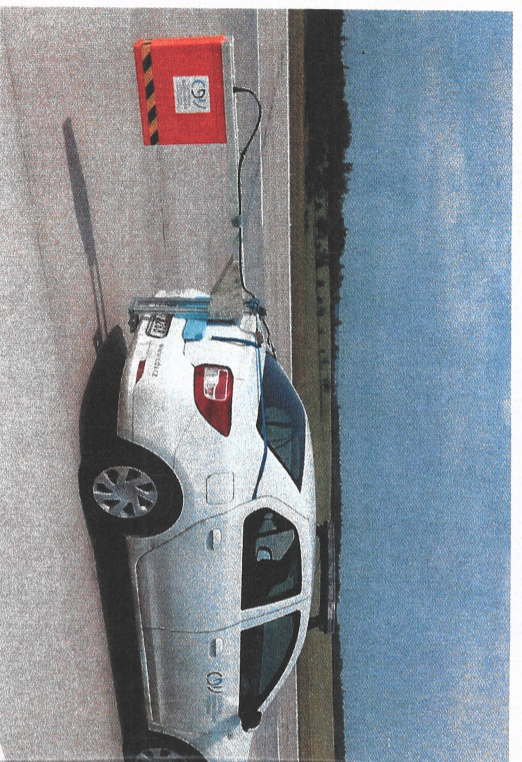
Tloušťky konstrukčních vrstev vozovky se dopočítají ze změněného času průchodu signálu konstrukčními vrstvami vozovky a ze známé rychlosti šíření EM signálu. Obvykle se pro účely upřesnění rychlosti šíření EM signálu provádí minimálně jeden jádrový vývrť. Nejistota při stanovení tlouštěk konstrukčních vrstev vozovek se pohybuje v rozsahu 3–15 %, v závislosti na porušení vrstev, druhu materiálu jednotlivých vrstev a požadovanému hloubkovému dosahu použité antény. Podle našich zkušeností jsou pro účely kontinuálního měření tlouštěk krytových vrstev vozovek vhodné rychlosty, tzv. horní antény s centrální vysílací frekvencí 1 až 2 GHz. Díky tomu, že jsou tyto antény uchyceny cca 0,5 m nad zemí, je možné s nimi měřit za běžného provozu bez jeho omezení. Pro účely měření tlouštěk podkladních vrstev vozovek je vhodné použít antény s centrální vysílací frekvencí 400 až 900 MHz, které mají větší hloubkový dosah. Měření s těmito anténami je však potřeba provádět těsně nad vozovkou, případně je nutné je táhnout přímo po povrchu. Vzhledem k nižší rychlosti měření, obvykle rychlosti chůze, se tyto antény hodi spíše pro lokální měření.

## Laserové skenování

Moderní měřicí vozidla jsou vybavena technikou pro zaznamenávání proměnných parametrů vozovek a snímání jejich povrchu. Měřicí systémy snímají podélný profil a makrotexturu ve třech stopách. Laserové měřicí systémy vozidla dokáží skenovat povrch ve 3D s rozlišením lepší než jeden milimetr, přičemž zvládá jeden příčný sken každých 5 mm i při rychlosti 90 km/h. Vozidla také mohou disponovat systémem automatického rozpoznávání a klasifikace poruch vozovky (předešším thlin). Výhodou je, že všechna měření mohou probíhat současně, jsou synchronizována a georeferencována. Systém funguje při běžných rychlostech silničního provozu, na měřené komunikaci není proto potřeba nijak omezovat dopravu. Laserová měření nejsou závislá na světelných podmínkách, avšak nelze měřit na mokré vozovce. Automatizované zpracování dat poskytuje objektivní informace o stavu silniční sítě. Měřicí vozidlo vybavené laserovým systémem dokáže v krátkém čase poskytnout zásadní informace pro vlastníky a správce komunikací v oblasti kontroly a plánování běžné údržby a systémy hospodaření s vozovkou.

V praxi se měření provádí zejména u nových vozovek před jejich přijímkou, opakovaně se kontrolují parametry vozovek v průběhu záruční lhůty. Díky rychlosti měření lze kontrolovat stav vozovek během jejich životnosti rovněž u rozsáhlých sítí komunikací.

► Obr. 6 Měřicí vozidlo s georadarovou anténou



► Obr. 7 Termogram povrchu vozovky

## Termografie

CDV se zabývá i výzkumem v oblasti použití termografie při diagnostice vozovek pozemních komunikací. Při měření používá jak ruční termokameru, tak termokameru připevněnou na měřicí vozidlo. Výsledkem měření jsou termogramy znázorňující povrchové rozložení teplot na vozovce. Ukazuje se, že na některých termogramech jsou například trhliny ve vozovce lépe rozeznatelné než na běžných fotografiích.

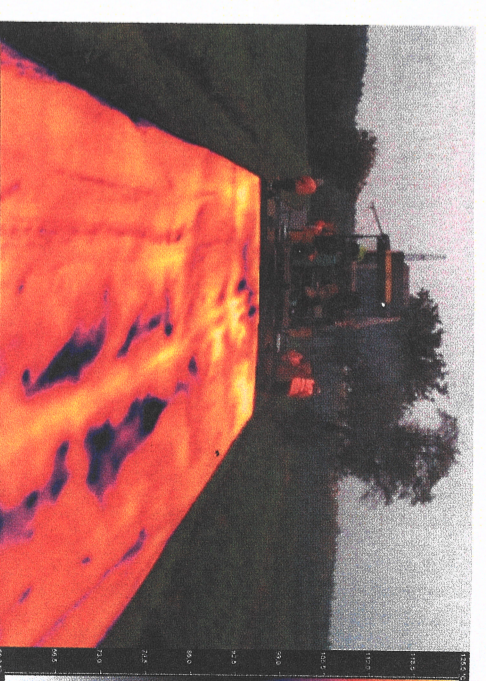
Termokameru lze využít i při pokládce asfaltových vrstev vozovky, kdy je důležité, aby asfaltová směs měla správnou teplotu. Přiliš studená směs zhoršuje zpracovatelnost, snižuje se schopnost asfaltovou vrstvu dostatečně zhužít. Výsledkem je zvýšená mezerovitost, která potenciálně může vést k budoucí tvorbě poruch. Případně může docházet k problémům spojených s přítomností vlhkosti v konstrukci. Hlavní příčiny nadměrného vychladnutí směsi jsou příliš dlouhý časový interval mezi nakládkou a vykládkou, nesprávné naložení nákladu a absence plachty či jiných prostředků určených k omezení nadměrného ochlazování směsi během přepravy. Termokameru lze využít jako nástroj pro ověření správné teploty asfaltové směsi při její pokládce, a tedy i pro kontrolu kvality práce. Termografie může do jisté míry přispět k prodloužení životnosti asfaltových vozovek a zároveň pomoci snížit náklady na budoucí opravy.

## Závěr

V článku byly popsány jednotlivé diagnostické metody běžně používané v České republice, ale i ty, které na své hojnější nasazení teprve čekají. Při návrhu diagnostického průzkumu je vždy potřeba zvážit, v jak velkém rozsahu a které diagnostické metody použít. K tomuto účelu je potřeba správcům dopravní infrastruktury podat pomocnou ruku ve formě doporučení, zpracování vzorových příkladů uplatnění jednotlivých metod či uspořádání srovnávacích měření. Na všech těchto úkolech se podílí i zaměstnanci Centra dopravního výzkumu, v.v.i. ■

### Poděkování

Tento článek byl vytvořen za finanční podpory Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy v rámci programu Národní program udržitelnosti I, projektu Dopravní VaV centrum (LO1610) na výzkumné infrastruktuře pořízené z operačního programu Výzkum a vývoj pro inovace (CZ.1.05/2.1.00/03.0064).



► Obr. 8 Termogram z pokládky nízkoteplotní asfaltové směsi

### Zdroje:

- [1] NEKULA, L. Skutečně děláme vše pro to, aby silnice byly „odpouštějící“? In: *Konference Asfaltové vozovky 2015*. 24–25. 11. 2015, České Budějovice. Praha: PRAGOPROJEKT, 2015. ISBN: 978-80-903325-7-1.
- [2] ClevelerA Car – multifunkční diagnostické vozidlo. VARS [on-line]. VARS BRNO [cit. 2019-08-16]. Dostupné z: <http://www.vars.cz/cleveler-a-car-zakladni-informace-o-multifunkcnim-vozidle>.
- [3] JANKŮ, M. a J. STRYK. Využití infračervené termografie při pokládce asfaltových vrstev vozovky. In: *Konference Asfaltové vozovky 2017*. 28–29. listopadu 2017, České Budějovice. Praha: PRAGOPROJEKT, 2017. ISBN 978-80-9068809-0-6.
- [4] STRYK, J., M. JANKŮ, J. GROŠEK a I. BREZINA. Diagnostika objektů dopravní infrastruktury nedestructivními metodami. *Silniční obzor*. Praha: Česká silniční společnost, 2017, 78(12), 323-327. ISSN 0322-7154.

## english synopsis

### Methods Used in the Assessment of the State of Roads in the Czech Republic

The article describes processes and methods serving to monitor the state of roads and their diagnostics. The authors of the article contributed to the performance of regular inspections of class I roads in the South Moravian Region for more than three and a half years and have performed many diagnostics on roads in the Czech Republic. First, the article characterises individual types of inspections performed on the roads in the Czech Republic, followed by an overview of traditional diagnostic methods and the very latest methods.

### klíčová slova:

profilový silnic, georadar, rázové zařízení FWD, infračervená kamera

### keywords:

road inspections, ground-penetrating radar, falling weight deflectometer, thermal camera