

CROSS[®]



KLIMATOR

TECHNICKÉ POKYNY PRO INSTALACI A PROVOZ MOBILNÍCH SENZORŮ

Certifikovaná metodika

CROSS Zlín, a.s.

Hasičská 397

Louky

763 02 Zlín

Česko

Klimator AB

Geovetarcentrum, Naturgeografi

Box 460

S-405 30 Göteborg

Švédsko

PUBLIKOVANÁ VERZE:	2017
DATUM VYDÁNÍ:	2015-10-31
KONTAKTY:	
CROSS Zlín, a.s. Hasičská 397 Louky 763 02 Zlín Česko	Klimator AB Geovetarcentrum, Naturgeografi Box 460 S-405 30 Göteborg Švédsko
tel.: +420 577 110 211	tel.: +46 31-786 19 64
fax: +420 577 110 222	fax: +46 31-786 19 86
e-mail: info@cross.cz	e-mail: info@klimator.se
web: http://www.cross.cz	web: http://www.klimator.se

ZAŘAZENÍ DOKUMENTU:

Dokument byl vytvořen jako součást projektu TA03031377 „Automatizace postupu termálního mapování povrchu vozovek pomocí mobilních senzorů pro účely zimní údržby komunikací“, který byl podpořen z programu ALFA Technologické agentury ČR.

T A
Č R

OPONENTI:

Ing. Miroslav Soukup

Samostatné oddělení inteligentních
dopravních systémů, Ředitelství silnic a
dálnic ČR
Čerčanská 12, 140 00 Praha 4

tel.: +420 241 084 223

e-mail: miroslav.soukup@rsd.cz

prof. Ing. Dagmar Janáčková, CSc.

Ústav automatizace a řídicí techniky,
Fakulta aplikované informatiky Univerzity
Tomáše Bati ve Zlíně
Nad Stráněmi 4511, 760 05 Zlín

Tel.: +420 576 035 241

e-mail: janacova@fai.utb.cz

CERTIFIKAČNÍ ORGÁN:

Ministerstvo dopravy, náměstí L. Svobody 1222/12, 110 15 Praha 1

OBSAH

SEZNAM ZKRATEK.....	3
1 CÍL METODIKY.....	4
2 VLASTNÍ POPIS METODIKY	5
2.1 TECHNICKÉ POKYNY PRO INSTALACI MOBILNÍHO SENZORU	5
2.2 TECHNICKÉ POKYNY PRO PROVOZ MOBILNÍHO SENZORU	7
2.3 SPECIFIKACE TECHNICKÝCH A PROVOZNÍCH PARAMETRŮ	10
2.4 ŘEŠENÍ PROBLÉMŮ	11
3 SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ	12
4 POPIS UPLATNĚNÍ CERTIFIKOVANÉ METODIKY	13
4.1 TERMÁLNÍ MAPOVÁNÍ POVRCHU VOZOVEK.....	14
4.2 ONLINE INFORMOVÁNÍ ŘIDIČE A DISPEČERA.....	14
4.3 DISPEČERSKÝ PŘEDPOVĚDNÍ MODEL.....	15
4.4 OBJEKTIVIZACE KONTROLNÍCH JÍZD	15
5 EKONOMICKÉ ASPEKTY	17
6 SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY.....	18
7 SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZEJÍ METODICE	19

SEZNAM ZKRATEK

GPRS	General Packet Radio Service (Přenos dat GSM sítí)
LED	Light Emitting Diode (dioda emitující světlo)
ŘSD	Ředitelství silnic a dálnic ČR
WLAN	Wireless Local Area Network (Bezdrátová místní síť)

1 CÍL METODIKY

Předkládaná metodika obsahuje popis technických pokynů pro instalaci a následný provoz mobilních senzorů, určených pro měření klíčových meteorologických parametrů (teplota vzduchu, teplota povrchu vozovky, případně stav a kluzkost povrchu vozovky) při jízdě vozidla. Podmínky vycházejí ze zkušeností z provozu mobilních senzorů v Česku a ve Skandinávii a opírají se též o zjištění realizovaná při zpracování a analýze získaných dat z těchto senzorů.

Cílem metodiky je popsat a standardizovat postupy instalace a provozu mobilních senzorů tak, aby byla v konečném důsledku zajištěna maximální dostupnost dat a zároveň jejich přesnost a srovnatelnost, resp. jejich použitelnost pro následná zpracování, a to bez ohledu na konkrétní typ zařízení, technologii snímání či výrobce zařízení.

Použití mobilních meteorologických senzorů je součástí komplexního systému pro podporu zimní údržby pozemních komunikací. Mobilní senzory jsou jedním z nástrojů sběru dat, které jsou zdrojem meteorologických informací jak pro dispečera zimní údržby, tak i pro řidiče posypového vozidla. Mobilní senzory poskytují objektivně změřené údaje, které mají potenciál sloužit jak pro okamžité využití při řízení a provádění údržby, tak i jako datový zdroj pro dodatečné statistické zpracování a tvorbu tzv. termálních map, které jsou dalším nástrojem podpory zimní údržby. Blíže je využití mobilních senzorů rozvedeno v kapitole Popis uplatnění certifikované metodiky.

2 VLASTNÍ POPIS METODIKY

Mobilní senzory jsou zařízení určená k trvalé či dočasné montáži na vozidlo, zpravidla měřící tři základní parametry důležité pro zjištění podmínek na silnicích. Měření **teploty povrchu vozovky** při jízdě vozidla zajišťuje bezkontaktní infračervený senzor, který je chráněn válcovým krytem, jenž zamezuje vniknutí nečistot a chrání před přímým slunečním zářením. Další senzor snímá **teplotu vzduchu** tak, aby nebyla ovlivněna slunečním zářením nebo samotným vozidlem. Poslední používaný senzor opticky snímá povrch vozovky, aby určil **stav povrchu** a případně tzv. **kluzkost**, která popisuje riziko ztráty přilnavosti, resp. nebezpečí smyku.

Prostřednictvím **zobrazovacího displeje** uvnitř vozidla získává řidič okamžitou zpětnou informaci o teplotě povrchu vozovky a teplotě vzduchu, na kterou může reagovat změnou gramáže pospy v kritických místech udržovaného okruhu.

Připojení senzorů k **GPS modulu** zajistí lokalizaci jednotlivých měření. Senzory se tak stávají sofistikovanou mapovací aparaturou, která významně rozšiřuje využitelnost senzorů. Senzory mohou být integrovány do řídicí jednotky vozidla (tj. připojeny k ostatním GPS datům) a potažmo do stávajícího systému fleet managementu pro sledování vozidel. Případně mohou být senzory instalovány autonomně se samostatným GPS modulem, přenosem dat a speciální aplikací pro vizualizaci naměřených dat.

2.1 TECHNICKÉ POKYNY PRO INSTALACI MOBILNÍHO SENZORU

2.1.1 Instalace senzoru teploty povrchu vozovky

Infračervený senzor je **optické zařízení**, které musí být umístěno v souladu s doporučením od výrobce, zejména pak s ohledem na parametr vzdálenosti a úhlu vůči povrchu vozovky. Instalace infračerveného senzoru se typicky provádí do prostoru předního spoileru, anebo na zadní tažné zařízení (kontrolní vozidlo) či do krytého prostoru přední nápravy (údržbové vozidlo).

Pro umístění optického zařízení platí několik obecných pokynů, které je nutné bezprostředně dodržet:

- Vyvarovat se uchycení senzoru přímo nad stopu kol; tření způsobuje vyšší teplotu vozovky a měření by bylo vyšší než na jiných částech vozovky.
- Předejít vlivu horkých ploch motoru, výfuku a překážek mezi senzorem a povrchem vozovky.

- Použít dostatečně dlouhý přípojný kabel mezi senzorem a koncovým zařízením uvnitř vozidla.
- Využít přímé montáže pomocí šroubů nebo dočasné montáže za pomoci silných magnetů nebo robustních přísavek.

2.1.2 Instalace senzoru teploty vzduchu

Senzor teploty vzduchu nesmí být umístěn v blízkosti jiného zdroje tepla (motor, výfuk) a nesmí být vystaven přímému slunečnímu záření nebo místu, kde by sluneční záření výrazně ovlivnilo teplotu vzduchu v okolí senzoru. Senzor teploty vzduchu musí být umístěn na místě s dobrým prouděním vzduchu. Správným příkladem je prostor při podvozku vozidla, ale také prostor předního nebo zadního spoileru.

Pokud to konstrukce měřicího zařízení umožňuje, je účelné (ne však nezbytně nutné), aby mobilní senzor dokázal připojit dva samostatné senzory teploty vzduchu. V takovém případě je doporučeno jeden senzor umístit do **referenční výšky** zhruba 2 metry nad povrch vozovky (pro srovnání s teplotami měřenými na stacionárních meteorologických stanicích) a druhý senzor umístit ve spodní části vozidla tak, aby snímal **přízemní teplotu** těsně nad vozovkou. Při instalaci dvou senzorů teploty vzduchu musí být zajištěno oddělené zpracování těchto dvou teplot a separátně tyto dvě hodnoty musejí být též ukládány, resp. odesílány do externí databáze.

Ačkoliv senzor teploty vzduchu nelze přímo kalibrovat uživatelem, je možné provést **kontrolu ponořením senzoru** do nádoby s ledem a vodou. Senzor teploty vzduchu by měl naměřit hodnotu 0 °C.

2.1.3 Instalace senzoru stavu povrchu vozovky

Optický senzor stavu povrchu vozovky je určen k instalaci převážně na kontrolní vozidlo zimní údržby komunikací. Stejně jako u senzoru teploty povrchu je důležité dodržet předepsané parametry vzdálenosti a úhlu vůči povrchu vozovky. Doporučuje se umístit senzor do prostoru, kde nebude vystaven přímému vlivu proudění vzduchu jedoucího vozidla, z důvodu rizika zvýšeného znečištění optické čočky. Instalace senzoru je tak primárně přizpůsobena pro upevnění na tažné zařízení nebo střešní nosníky, umožňující polohovatelnost pro sledování stavu povrchu vozovky za vozidlem. Konkrétně by měl senzor sledovat prostor v ose jízdní stopy.

K ochraně před znečištěním optické čočky by mělo být tělo senzoru uloženo v pouzdře s otevřeným spodním krytem. Navzdory ochrannému krytu senzoru je vzhledem k doporučenému umístění nutné provádět pravidelné čištění optické čočky.

2.1.4 Obecné pokyny k instalaci senzorů

Způsob instalace mobilních senzorů na konkrétním vozidle zásadně ovlivňuje rozhodnutí, zda se bude jednat o trvalou montáž na dané vozidlo, anebo dočasné připevnění, při kterém dojde k demontáži zařízení, a to buď po každé jízdě, anebo po určité době provozu (např. období zimní sezóny).

Z obecných pokynů k instalaci senzorů lze uvést:

- Před instalací si zajistit potřebnou délku vedených kabelů.
- Použít silikonovou vazelínu na externí kabelové spoje a šrouby pro předejití korozi.
- Neprovádět mechanické opravy vozidla, je-li mobilní senzor nainstalovaný a zapnutý.
- Vypojit záporný pól napájení, jsou-li instalovány kabely mobilního senzoru.
- Vyvarovat se poškození kabelů použitím průchodek v místech kovové karosérie.

2.1.5 Instalace zobrazovacího displeje

Způsob zobrazení měřených dat závisí na použitém typu mobilního senzoru. Může se jednat o samostatný displej, ale také o grafické zobrazení na mobilním zařízení (telefon, tablet). Možnost umístění zobrazovacího displeje se vozidlo od vozidla liší. Důležité je, aby řidiči nic nebránilo ve výhledu na kontinuálně měřená data a aby bylo zajištěno nepřetržité napájení displeje přes baterii vozidla 12/24 V DC. Nejčastěji používaným umístěním displeje je horní panel přístrojové desky nebo čelní sklo. Zobrazovací displej by měl být umístěn, pokud možno, v zorném poli řidiče, ale zároveň nesmí příliš omezovat výhled řidiče z vozidla.

Alternativně lze pro zobrazení naměřených dat ve vozidle použít již existující displej, např. integrovaný na palubní desce nebo displej sypací nástavby v případě sypače, a to za předpokladu, že mobilní senzor lokálně poskytuje data a je integrován se zmíněným displejem.

2.2 TECHNICKÉ POKYNY PRO PROVOZ MOBILNÍHO SENZORU

2.2.1 Provozní podmínky mobilního senzoru

Připojení senzoru k vozidlu má v podstatě dvě varianty. Buď půjde o integraci do **řídící jednotky vozidla**, nebo půjde o zcela **autonomní instalaci**. V prvním případě lze využít stávajícího systému pro sledování vozidel, který bude pouze rozšířen o data ze senzoru, která bude společně s ostatními daty posílat vlastní komunikační cestou. V druhém případě musí být senzor vybaven vlastním **dataloggerem**, který zajistí jednak zpracování dat a jednak jejich přenos do centrální databáze po vlastní datové lince – tedy zcela nezávisle na systému daného vozidla.

Sledování polohy vozidla při měření je přirozenou nutností aplikace. **Místo, datum a čas** jsou nezbytné parametry každého datového záznamu, bez nichž nelze neúplný záznam dále korektně využít pro další zpracování (s výjimkou krátkých přerušení, která lze celkem úspěšně dodatečně doplnit ze sousedních měření). Senzor zde opět může využít řídicí jednotky vozidla, případně pokud tato možnost není dostupná, tak musí zajistit lokalizaci a sledování času ve vlastní režii.

Dalším prvkem provozu zařízení je **napájení**. To by mělo být vždy výhradně závislé na provozu daného vozidla. Provoz senzoru by měl být aktivován se spuštěním motoru vozidla. Po vypnutí motoru by mělo být zajištěno, že naměřená data budou odeslána do zpracovatelského centra.

Klíčovým parametrem pro využitelnost naměřených dat pro zamýšlené účely je kadence, resp. **frekvence měření**. Některé stávající systémy pro sledování pohybu vozidel jsou nastaveny na registraci dat každou minutu nebo každých 30 sekund. Obojí nastavení je pro dané účely nedostatečné vzhledem ke vzdálenosti, kterou za tuto dobu může vozidlo urazit.

Doporučit lze ideální nastavení měření **každou sekundu** s tím, že z praktického hlediska lze tolerovat kadenci co **10 sekund**. Tento interval odpovídá také intervalu, který je v současné době vyžadován zadavatelem údržby silnic při sledování aktivity vozidel údržby v rámci aktuálních dodavatelských smluv o zajištění údržby silnic I. třídy.

Přenos dat nelze direktivně dopředu omezovat na výčet pouze určitých způsobů. Hlavním cílem je zajistit bezztrátový přenos naměřených dat do zpracovatelského centra. A to buď přímým spojením, případně přes zprostředkovatelská úložiště. Pokud je např. senzor připojen do řídicí jednotky vozidla, pak se nabízí, aby data senzoru byla přidána k ostatním datům vozidla, která jsou odesílána do databáze provozovatele vozidla. Z této databáze se pak nastaví přenos dat do centrální databáze.

Přenos dat by měl probíhat prioritně bez zpoždění, tedy **online**, a to chronologicky podle data a času pořízení dat. Případné zpoždění v odeslání dat by v online režimu nemělo být větší než 3 minuty od pořízení dat. Systém by zároveň měl být vybaven **interní pamětí** dostatečné kapacity, která by měla být využita ve chvíli, kdy není dostupný online komunikační signál nebo dojde k jiné poruše, která zamezí online přenosu dat. Zařízení musí být schopné odeslat takto uložená data po obnovení komunikačního signálu. V případě poruchy zařízení musí potom existovat přiměřeně jednoduchý způsob, jakým data ze zařízení stáhnout v offline režimu, například pomocí SD karty, aby mohla být data následně doplněna do centrální databáze.

Měření teploty vozovky optickým principem vyžaduje (podle zvolené technologie) jistou **dobu adaptace** senzoru na venkovní podmínky (náběh senzoru do provozního stavu s garancí přesnosti měření), zvláště je-li senzor instalován na vozidle, které je po dobu své pohotovosti garážováno. V takovém případě by mělo být vozidlo ponecháno venkovnímu prostředí, avšak doba náběhu by neměla překročit 10 minut od spuštění vozidla, což by mohlo omezit provozuschopnost vozidla, resp. přesnost měření.

Nastavení provozních veličin by se mělo zpravidla provádět pomocí uživatelského rozhraní, které může mít podobu palubní jednotky s displejem nebo samostatného mobilního zařízení. Přenos nastavení z uživatelského rozhraní k senzorům (lokální přenos dat) se doporučuje za pomoci kabelu nebo bezdrátové komunikace Bluetooth či WLAN.

Uživatelské rozhraní by mělo umožnit nastavení tzv. **alarmu**, jehož aktivací se spustí vizuální a zvukové varování na nebezpečí výskytu námrazových jevů na povrchu vozovky. Za mezní hodnotu spuštění alarmu je možné brát pokles teploty pod +3 °C, příp. pod +1 °C. Další užitečnou funkcí zobrazovacího zařízení by mohla být automatická korekce jasů displeje pro denní a noční použití. Pokročilé funkce se dále odvíjí od vybavenosti palubní jednotky nebo mobilní aplikace.

2.2.2 Kontrola senzoru a kalibrační měření

Výrobce zařízení musí stanovit optimální intervaly kalibrace. Výhodou senzoru je indikace potřeby kalibrace uživateli. V ostatních případech je vhodné provádět pravidelná ověřovací měření, kterými se zjistí potřeba kalibrace senzoru.

Ověřovací a kalibrační měření lze obecně doporučit vždy před začátkem nové zimní sezóny. Podle provozních podmínek (např. míra znečištění) lze doporučit optimální interval ověřovacích měření jedenkrát za měsíc. V tomto intervalu by mělo docházet taktéž k základní kontrole funkčnosti senzoru a jeho případnému čištění.

Před softwarovou kalibrací je vždy nutné provést očištění senzoru (především optických součástí) a revizi případných mechanických poškození senzoru, jeho upevnění a kabeláže.

Postup ověřovacího a kalibračního měření musí být stanoven výrobcem senzoru. Výrobce musí stanovit, zda podporuje kalibraci uživatelem svépomocí, nebo zda kalibraci provádí výhradně výrobce či jeho servisní partneři.

2.3 SPECIFIKACE TECHNICKÝCH A PROVOZNÍCH PARAMETRŮ

Níže je uvedena specifikace technických a provozních parametrů, která je obecně platná pro všechny různé typy senzorů a je brána jako doporučená.

Pracovní teplota	-30 °C až +60 °C
Rozsah měření teploty	-30 °C až +60 °C
Přesnost měření teploty	±0,5 °C, přinejhorším ±1,0 °C
Vstupní napětí	12/24 V DC
GPS modul	Palubní jednotka / mobilní zařízení / datalogger
Frekvence měření	1 s, přinejhorším 10 s
Doba náběhu senzoru	Maximálně 10 minut
Stupeň krytí	IP65
Spotřeba	Maximálně 10 W
Zobrazovací zařízení	LED / LCD displej / smartphone
Lokální přenos dat	Kabel / Bluetooth / WLAN
Globální přenos dat	GPRS
Měření kluzkosti	Opticky (rozsah 0,00 až 1,00)
Stav povrchu vozovky	Suchý, vlhký, mokrý, sníh a led
Sériová komunikace	RS-232 / RS-485 / USB

2.4 ŘEŠENÍ PROBLÉMŮ

Data se v průběhu výkonu nepřenáší do centrální databáze

- Problém může být v nekorrektním nastavení SIM karty, v dočasném výpadku GPRS komunikace nebo nesprávném nastavení na straně odesílatele nebo příjemce dat.

Data se po skončení výkonu nepřenesla do centrální databáze

- Záložní akumulátor nezajistil dostatečné napájení pro zápis dat na SD kartu nebo pro odeslání dat GPRS modulem po vypnutí motoru vozidla. Je-li změřené napětí menší nebo rovno jmenovitému napětí akumulátoru, proveďte servisní nabití akumulátoru mimo vozidlo. V případě opakujícího se problému je nutné akumulátor vyměnit.

Displej nezobrazuje žádná data senzoru

- Ujistěte se, že je senzor zapojený do řídicí jednotky vozidla nebo externí palubní jednotky. Je-li senzor zapojený a displej nezobrazuje žádná data, zkontrolujte spoj na kabelu. Není-li zjištěna zřetelná závada, kontaktujte výrobce senzoru a postupujte podle zadaných pokynů.
- Bezdrátová komunikace Bluetooth / WLAN nepřenáší data na mobilní zařízení. Příčinou může být trvale slabý signál nebo dočasná ztráta spojení. Vypněte a znovu zapněte službu bezdrátové komunikace Bluetooth / WLAN.

Senzor měří v rozporu s uvedenou přesností

- Měří-li senzor mimo uvedený rozsah přesnosti, informujte se u výrobce o možnostech kalibračního měření. Jsou-li po provedeném kalibračním měření hodnoty stále nepřesné (odchylka vyšší než ± 3 °C) a/nebo nelze kalibrační měření provést, je nutné zaslat senzor na kalibraci výrobci.

Senzory neměří korektní data

- Mobilní senzor občas vyžaduje určitou dobu náběhu, je-li umístěn na vozidle, které je garážováno. Vyčkejte alespoň 10 minut do začátku měření.

3 SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ

Technické pokyny pro instalaci a provoz mobilních senzorů byly do projektu vloženy jako samostatný výsledek právě s ohledem na reálnou nedostupnost či neexistenci **uceleného dokumentu**, který by shrnoval klíčové zásady, které je potřebné dodržet tak, aby byla získaná data z mobilních meteorologických senzorů využitelná v segmentu silničního hospodářství.

V posledních letech se v Česku více a více objevují snahy zavést do provozu v údržbě komunikací podpůrné mobilní senzory, ať už teploměry nebo kluzkoměry. Z toho vyplynula reálná potřeba **specifikace podmínek jejich instalace a provozu**. V resortu dopravy dosud chyběla podrobnější a obecná specifikace požadavků na instalaci a provoz těchto senzorů.

Z určitého pohledu tyto podmínky nepřinášejí novost v postupech, avšak jejich přínos je ve **standardizaci** a shrnutí zásadních podmínek do jediného dokumentu, který má v Česku své jasné uplatnění (viz následující kapitolu).

Podmínky též obecně (bez konkretizace zařízení či výrobce) specifikují **minimální požadované parametry** zařízení – zejména přesnost a rozsah měření teplot, frekvenci měření – a další důležité zásady – např. propojení s GPS modulem, vazba na centrální databázi.

4 POPIS UPLATNĚNÍ CERTIFIKOVANÉ METODIKY

Tento dokument standardizuje požadavky na mobilní meteorologické senzory ve vztahu ke kvalitě měření a použitelnosti naměřených dat pro využití v oblasti zimní údržby komunikací. Přitom takové využití je v podstatě trojí:

- 1) zabezpečení **termálního mapování** správcem komunikace,
- 2) **online informování** řidiče prostřednictvím zobrazovacího displeje nebo dispečera zimní údržby prostřednictvím napojení do softwaru pro sledování vozidel,
- 3) online vstup do **dispečerského předpovědního modelu**.

Výše uvedená použití se dotýkají primárně mobilních teploměrů... V případě senzorů pro mobilní měření stavu povrchu vozovky a kluzkosti lze údaje využít pro **objektivizaci kontrolních jízd**.

Technické pokyny jsou v podstatě obecně platné i pro zahraniční použití, nicméně v českém prostředí naleznou v zásadě dvojí uplatnění. Podmínky byly sestaveny primárně jako potenciální **technická příloha** smluv o zajištění údržby komunikací, kdy v Česku správce silnic (Ministerstvo dopravy nebo Ředitelství silnic a dálnic) zadává údržbu třetímu subjektu. Smlouva o údržbě typicky zahrnuje požadavky na technické vybavení vozidel údržby. V případě předepsání mobilních meteorologických senzorů do výbavy vozidel údržby tak zadavatel údržby může připojit odkaz na tyto technické pokyny, aby zajistil kvalitu a dostupnost dat, která budou na úrovni centrální databáze využitelná pro další zpracování.

Sekundárně mohou technické pokyny využít přímo **provozovatelé vozidel**, kteří mají zájem instalovat a provozovat mobilní meteorologické senzory pro vlastní využití (tedy bez vazby na požadavek zadavatele jako součást smlouvy o zajištění údržby silnic). Typicky se jedná o zhotovitele údržby silnic, kde je v zimním období jasná vazba na potřebu kvalitních meteorologických informací z terénu – ať už pro řidiče, nebo pro dispečera zimní údržby.

V neposlední řadě mají mobilní meteorologické senzory potenciál být zdrojem dat též pro **dopravní aplikace meteorologických výstrah**, které mohou s velmi podrobným prostorovým rozlišením varovat účastníky silničního provozu před závadami ve sjízdnosti.

Ze všeobecného pohledu jsou tedy mobilní senzory jednak nástrojem pro **optimalizaci zimní údržby** a jednak prostředkem pro **sběr dopravních informací**.

4.1 TERMÁLNÍ MAPOVÁNÍ POVRCHU VOZOVEK

Termální mapování povrchu vozovek je technika, kterou se zjišťuje **prostorová variabilita teploty** povrchu vozovek za klíčových zimních povětrnostních podmínek. Takové údaje pak slouží především k analýze rozmístění silničních meteorologických stanic a také jako datový vstup pro předpovědní modely používané pro podporu zimní údržby komunikací. Termální mapování je tedy prostředkem pro sofistikovanou klimatologickou analýzu silniční sítě.

Výstupem termálního mapování jsou zejména tzv. **termální mapy** a termální fingerprinty. Termální mapy s vysokým detailem rozlišují teplotní charakteristiky jednotlivých úseků silnic. Mapování dokáže na trase komunikace úspěšně odhalit jak lokality reprezentativního charakteru, které typově vyjadřují teplotní chování většiny úseků silnic v oblasti, tak i místa riziková, tzv. cold spots (chladné skvrny), kde lze teoreticky s předstihem detekovat nebezpečné podmínky oproti okolním úsekům. Znalost těchto kritických míst v silniční síti je významná při exponovaných zimních situacích pro včasný zásah zimní údržby a efektivní ošetření nebezpečných úseků, kde meteorologické podmínky zhoršují sjízdnost komunikací.

Výstupy termálního mapování (termální mapy) v současné době neslouží jako přímý nástroj, se kterým by dispečer zimní údržby pracoval při své každodenní činnosti, ale jsou zakomponovány jako datový zdroj do dispečerského předpovědního modelu (viz dále).

4.2 ONLINE INFORMOVÁNÍ ŘIDIČE A DISPEČERA

Provádění zimní údržby komunikací je založeno na rozhodování dispečera zimní údržby a na výkonu posádek vozidel zimní údržby v terénu. Dispečer i řidič posypového vozu potřebují ke své činnosti podrobné **informace o meteorologické situaci** na svěřeném úseku, resp. **informace o sjízdnosti**.

Bezprostředním uživatelem výstupů z mobilních senzorů je řidič posypového vozidla. Prostřednictvím zobrazovacího displeje v kabině vozidla získává řidič okamžitou zpětnou informaci o teplotě a stavu povrchu vozovky a teplotě vzduchu, na kterou může reagovat změnou gramáže posypu v kritických místech udržovaného okruhu.

Měření mobilních meteorologických senzorů vhodně doplňuje měření silničních meteostanic. Ty sice měří kontinuálně v čase, nicméně pouze na několika izolovaných místech – na některých úsecích silnic přitom stacionární meteostanice i dnes stále chybí. Použití mobilních senzorů účinně zvyšuje množství objektivně získaných informací, které řidič i dispečer zimní údržby mohou využít pro své rozhodování o tom, které úseky silnic ošetřit, v jakém časovém horizontu, jakou intenzitou, případně s jakou prognózou vývoje teplot.

Měření mobilními senzory je oproti měření meteostanic **prostorově kontinuální a velmi podrobné**, ale na druhou stranu pro konkrétní úseky **časově diskrétní**. Dohromady tyto dva datové zdroje, společně ještě s údaji termálního mapování, tvoří nepostradatelný podklad pro komplexní popis chování silniční sítě v celé její délce.

4.3 DISPEČERSKÝ PŘEDPOVĚDNÍ MODEL

Dispečerský předpovědní model v obecném slova smyslu je výpočetním systémem, který na základě vstupních dat pravidelně generuje **speciální aplikovanou předpověď** podmínek na silnicích, potažmo sjízdnosti, kterou využívá zejména dispečer zimní údržby při řízení a plánování údržby.

Vstupními daty jsou typicky údaje silničních meteostanic a obecný předpovědní model počasí. Nově mezi vstupní data lze zařadit právě data z mobilních senzorů, které svým prostorovým rozlišením dokáží zpřesnit předpovědi modelových výpočtů pro ty úseky silnic, kde v daný moment, resp. v nedávné minulosti, projelo vozidlo s mobilním senzorem.

Výstupem předpovědního modelu je typicky **předpovědní mapa** jednak předpokládané teploty povrchu vozovek a jednak stavu povrchu vozovek, tj. sjízdnosti. Předpověď je cílena na dílčí úseky silnic, přitom podrobnost a přesnost předpovědi závisí na hustotě vstupních meteorologických dat. Údaje mobilních senzorů mají potenciál významně **zvýšit přesnost a podrobnost** těchto aplikovaných předpovědí, protože z podstaty svého měření poskytují větší prostorový detail než stacionární silniční meteostanice a obecný meteorologický model.

Jediný liniový dispečerský předpovědní model provozuje v Česku Ředitelství silnic a dálnic v rámci svého silničního meteorologického informačního systému, který používají všichni smluvní zhotovitelé údržby ŘSD. Model poskytuje předpověď na následujících 12 hodin pro všechny úseky dálnic a silnic I. třídy v prostorovém rozlišení na jednotlivé 1km úseky.

4.4 OBJEKTIVIZACE KONTROLNÍCH JÍZD

Mobilní teploměry a zejména pak mobilní senzory měřící při jízdě stav povrchu vozovky a případně též kluznost lze efektivně použít pro objektivizaci tzv. kontrolních jízd v rámci zimní údržby komunikací. Kontrolní jízdy jsou v zásadě dvojího typu:

- 1) **kontrolní jízda vykonávaná zhotovitelem** zimní údržby na pokyn dispečera zimní údržby za účelem zjištění potřeby následného zásahu posypového vozu a ošetření komunikace (tj. zmírnění závad ve sjízdnosti),
- 2) **kontrolní jízda vykonávaná inspektorem** silnic jako nástroj ověření, zda bylo provedené ošetření silnic dostatečné a v dané míře efektivní.

Kontrolní jízdy dosud bez použití mobilních senzorů často pozbývaly podrobnější zpětnou vazbu a formální podobu, byly nutně založeny na subjektivních dojmech posádky kontrolního vozidla a získané informace nebyly dostatečně podrobné.

Mobilní senzory, které snímají měřené parametry ideálně každou sekundu jízdy vozidla, měří **objektivně, kontinuálně** a naměřená data jsou uložena pro bezprostřední využití i pro dodatečné vyhodnocení. Jedná se tak o kvalitativně zcela jinou úroveň kontrolní jízdy a řádově podrobnější a efektivnější zdroj pro podporu rozhodování při řízení a provádění zimní údržby komunikací.

5 EKONOMICKÉ ASPEKTY

Vyčíslení nákladů na zavedení postupů uvedených v metodice není jednoznačné, neboť se jedná o soubor doporučení či požadavků, které mají vést k optimální instalaci senzorů a jejich smysluplnému provozu. Nelze tedy jasně vyčíslit, zda by náklady na instalaci či provoz senzorů při nedodržení metodiky byly vyšší či nižší.

Určité navýšení nákladů na provoz senzorů lze spatřovat v požadavku na 1sekundovou (resp. 10sekundovou) frekvenci měření. Taková frekvence klade vyšší nároky na datovou komunikaci, čímž potenciálně prodražuje provoz senzorů.

Požadované technické parametry uvedené výše jsou sestaveny jako minimální, resp. doporučené a nemají a priori diskvalifikovat žádná konkrétní zařízení, nicméně ze znalosti současné nabídky mobilních senzorů půjde vždy o zařízení, jehož pořízení a instalace se bude pohybovat v desítkách tisíc Kč. Předpokládaná životnost zařízení se však odhaduje na minimálně 5 let.

Co se týká ekonomického přínosu pro uživatele, ten je opět složitě vyčíslitelný, neboť provoz senzorů má spíše neekonomické benefity – jde např. o podporu rozhodování dispečerů zimní údržby komunikací. Ekonomický efekt lze však spatřovat v tom, že pokud budou data ze senzorů následně použita pro konstrukci termálních map, pak teoreticky nemusí na dané silniční síti proběhnout klasické termální mapování. V tom případě lze vyčíslit úsporu nákladů na sestavení termálních map jako rozdíl mezi cenou klasického mapování a mapování pomocí mobilních senzorů. Taková úspora se může pohybovat v jednotkách tisíc Kč na kilometr mapované silniční sítě.

6 SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY

- Tabler, R. D. [200-]: Comparison of RoadWatch and Control Products, Inc., Model 999J Infrared Sensors.
- Heitronics Infrared Radiation Thermometer CT09 (brochure).
- Surface Patrol Model 999J Owner's Manual. Quixote Transportation Technologies, 2006.
- Teconer Road Condition Monitor RCM411 (datasheet).
- Thornes, J. E. (2003): Thermal mapping and road-weather information systems for highway engineers. In Highway Meteorology, ed. by A. H. Perry & L. J. Symons, E & FN Spon, London.
- Vaisala Surface Patrol Pavement Temperature Sensor Series DSP100 (datasheet).

7 SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE

Technické pokyny jsou publikovány až jako součást závěrečné zprávy projektu, žádné publikace tudíž nepředcházely.