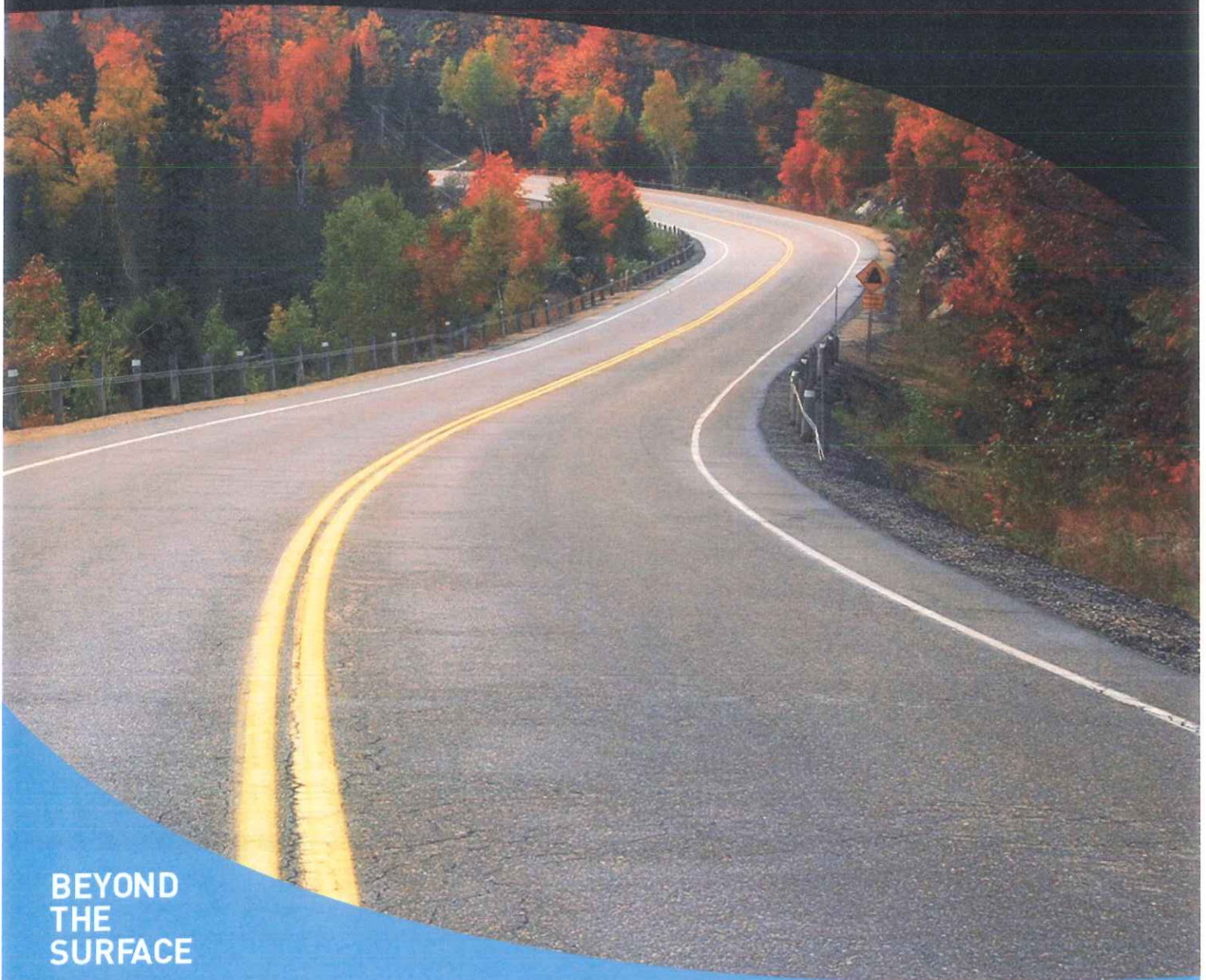


SILNICE II/392

Určení tloušťek vrstev komunikace a návrh rehabilitačních prací



BEYOND
THE
SURFACE

II/392

Určení tloušťky vrstev vozovky a návrh rehabilitačních prací
integrovanou analýzou dat GPR a FWD

Obsah

1. Úvod	1
2. Základní principy GPR metody	1
3. Popis úseku a provedených zkoušek	3
4. Zpracování a interpretace dat	4
4.1 Tloušťky konstrukčních vrstev vozovky	4
5. Riziko vzniku kolejí typu 1 a 2	7
5.1 Riziko vzniku kolejí typu 1	7
5.2 Riziko vzniku kolejí typu 2	9
6. Hodnocení úseku	11
7. Návrh zesílení	13
7.1 Systém odvodnění	13
7.2 Odfrézování části stávající asfaltové vrstvy, tvarování, pokládka nové ohrusné vrstvy	13
7.3 Výměna podloží s vyztužením (hluboké nebo mělké)	14
8. Shrnutí a závěry	15
PŘÍLOHY	16

1. Úvod

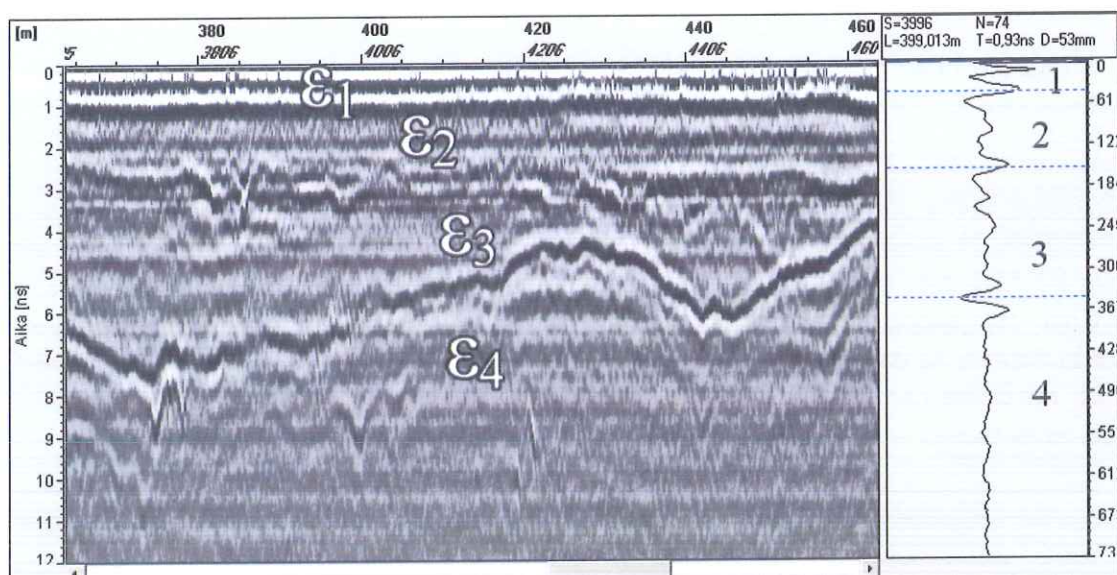
Dne 24. března 2015 provedla společnost Roadscanners Central Europe s.r.o. diagnostiku silnice II/392 Kralice n. O. - křižovatka s I/23 - křiž. s II/399, ve staničení km 19.370 - km 23.510. Začátek měření na silnici II/392 byl na křížení silnic II/392 a I/23 v obci Kralice n. Oslavou (49.1975600N, 16.2034531E). Konec měřeného úseku byl na křížení silnic II/392 s II/399 u obce Jinošov (49.2286681N, 16.1881178E). Délka měřeného úseku v jednom směru byla přibližně 4,178 km.

Zaměření bylo provedeno v jedné linii v každém směru pomocí technologie georadaru (GPR), současně byl pořízen videozáznam měřeného úseku s pomocí zařízení Road Doctor® CamLink. Účelem měření bylo vyhodnotit informace o tloušťce stmelených vrstev vozovky a její celkové konstrukci. Na základě výsledků vyhodnocení údajů GPR a dodaných dat z deflektometru (FWD) byl zpracován návrh rehabilitačních prací pro daný úsek silnice.

Tento dokument obsahuje výsledky analýzy založené na naměřených datech.

2. Základní principy GPR metody

Georadar se skládá z rádiového vysílače a přijímače, které spolupracují společně s GPR anténami. Princip georadarové metody spočívá v opakovaném vysílání vysokofrekvenčního elektromagnetického impulsu vysílací anténou do zkoumaného prostředí. V místech, kde je změna elektromagnetických vlastností prostředí, dochází k odrazu části energie vyslaného elektromagnetického impulsu a ta se registruje přijímací anténou. Tento impuls je získávaný z rozličných druhů vrstev, poruch spojitosti materiálu způsobených vlhkostí, nebo jinými příčinami. Je měřen čas vyslání a přijmutí impulsu. V případě častého opakování v krátkých intervalech lze získat výsledky v kontinuálním zobrazení (obr. 1).



Obrázek 1. Profil měření georadarem s „horn“ anténou individuálním pulsem. Profil zobrazuje odraz od dvou vrstev s různými dielektrickými hodnotami (ϵ). Obrázek ve vrstvě 1 zobrazuje asfaltovou vrstvu, vrstva 2 zobrazuje vrchní podkladovou vrstvu, vrstva 3 zobrazuje spodní podkladovou vrstvu a vrstva 4 filtrační vrstvu. Obrázek ukazuje, že dielektrická hodnota materiálu (vlhkost) se zvyšuje směrem dolů od povrchu vozovky, s výjimkou dielektrické hodnoty ve vrstvě 4 (ϵ_4), která je menší než hodnota v podkladní vrstvě a polarita odrazu je převrácená (černá čára uprostřed dvou bílých čar).

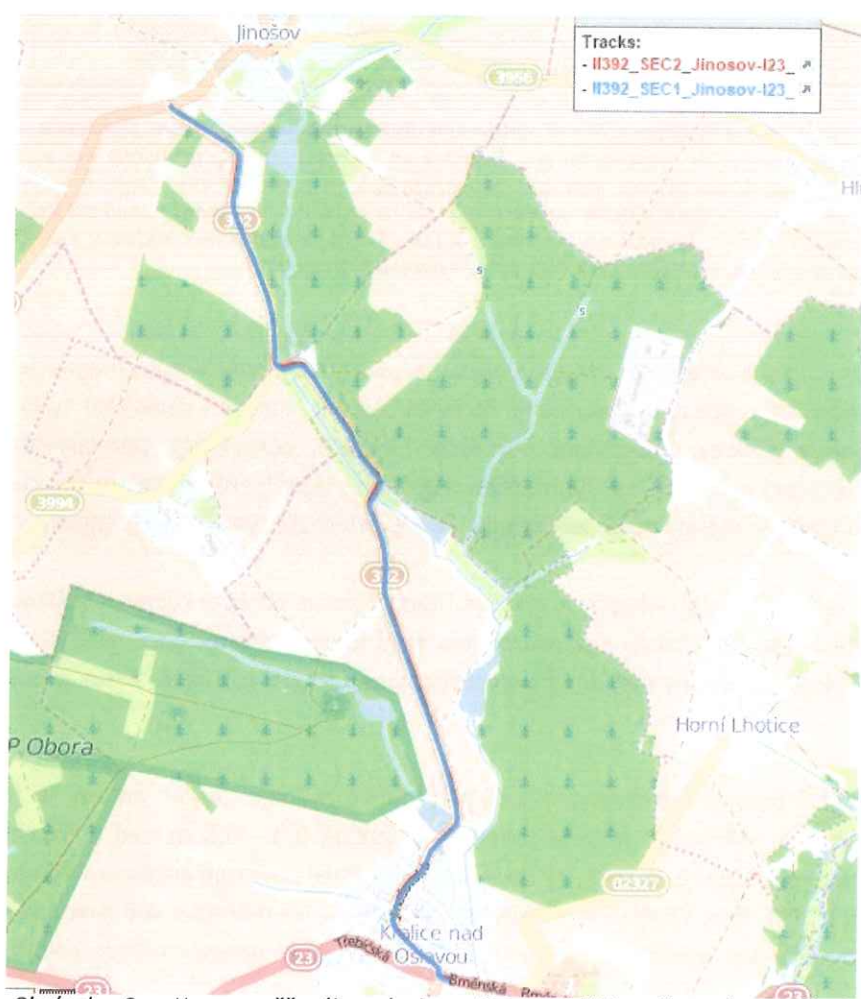
Obecně platí, že rychlost šíření vln a jejich odrazu je ovlivněna permitivitou, magnetickou citlivostí a elektrickou vodivostí materiálu. Zobrazuje variabilitu v závislosti na celkovém typu používaného asfaltu, typu pojiva (živice), přítomnosti vodivých minerálů, pórovitosti, poruchovosti a nakonec účinku soli a akumulaci materiálu ve výplni pórů a poruch. Nejdůležitější vlastností, která ovlivňuje elektrický signál GPR, je dielektrická permitivita, která ovlivňuje rychlost GPR signálu v materiálu.

Vlnová délka antény ovlivňuje schopnost systému identifikovat objekty různých velikostí. Například vysoké frekvence antény s krátkou vlnovou délkou mají lepší rozlišení, ale menší hloubku průniku, zatímco nízké frekvence antény s delší vlnovou délkou mají hrubší rozlišení, avšak pronikají hlouběji do materiálů.

Antény typu „horn“ pracují s frekvencí 1-2 GHz. Hloubka průniku „horn“ antény je limitována na přibližně 1 m. Během měření je anténa zavěšená přibližně 0,3 - 0,5 m nad měřeným povrchem. Rychlost jízdy během měření je vysoká, až do 90 km/hod. Další použitou anténou v tomto měření byla anténa s frekvencí 400 MHz, s měřicí hloubkou přibližně 3 m. Při měření s 400 MHz anténou je nutný bližší kontakt s měřeným povrchem, a proto je rychlost jízdy během měření přibližně 40 až 50 km/hod.

3. Popis úseku a provedených zkoušek

Měřený úsek silnice II/392 Kralice n. O. - křižovatka s I/23 - křiž. s II/399 je dlouhý přibližně 4,178 km v jednom směru. Měření bylo započato na křížení silnic II/392 a I/23 v obci Kralice n. Oslavou (49.1975600N, 16.2034531E). Konec měřeného úseku byl na křížení silnice II/392 s II/399 u obce Jinošov (49.2286681N, 16.1881178E). Délka měřeného úseku v jednom směru byla přibližně 4,178 km. Silnice má v tomto úseku 2 jízdní pruhy, zaměření bylo provedeno v jedné linii v každém pruhu. Denní intenzita dopravy na daném úseku je dle výsledků celostátního sčítání dopravy 2010 průměrně 52 těžkých motorových vozidel, 445 osobních a dodávkových vozidel a 12 jednostopých motorových vozidel za 24 hodin.



Obrázek 2. Mapa měřeného úseku silnice II/152. Mapový podklad: www.openstreetmap.org

Měření georadarem (GPR) bylo provedeno pomocí zařízení GSSI SIR-30 se dvěma anténami, 2 GHz anténou typu "horn" a 400 MHz anténou typu "ground coupled" (obr. 3). Taktéž bylo pořízeno digitální video s GPS souřadnicemi.



Obrázek 3. GPR měřicí systém společnosti Roadscanners CE vybavený 2 GHz "horn" anténou a 400 MHz anténou před vozidlem. Videokamera s GPS přijímačem a laserový skener je upevněn na střeše vozidla.

4. Zpracování a interpretace dat

Údaje z GPR byly zpracovány a vyhodnoceny softwarem RoadDoctor3®. Zároveň byly do softwaru importovány i údaje z měření deflektometrem (FWD) a záznam digitálního videa pro komplexní interpretaci a analýzu rizik.

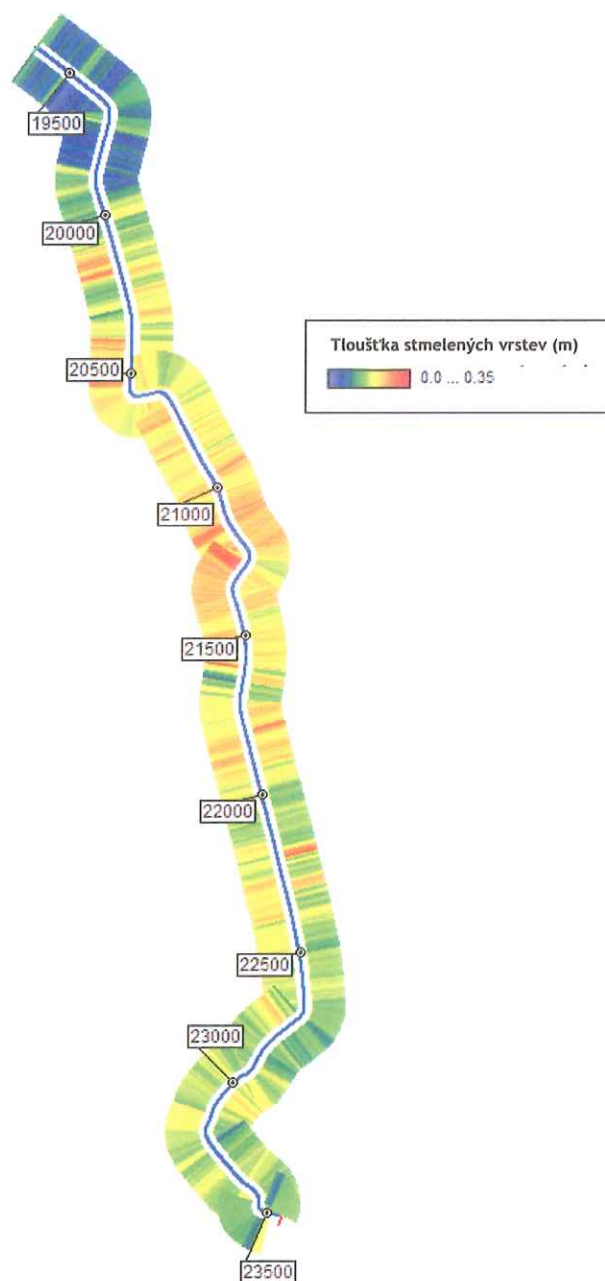
Interpretace údajů byla provedena pro 2 nejdůležitější rozhraní tohoto průzkumu a to pro spodek asfaltové vrstvy a rozhraní mezi konstrukcí vozovky a podloží/násypem.

4.1 Tloušťky konstrukčních vrstev vozovky

Vzhledem k rozdílným tloušťkám konstrukčních vrstev lze měřený úsek vozovky II/392 rozdělit do 3 částí. Na začátku úseku až do staničení km 20,000 je konstrukce vozovky tenčí. Následně, od km 20,000 do km 22,000 jsou stmelené vrstvy silnější (přibližně 30-35 cm). Od staničení km 22,000 do konce úseku jsou stmelené vrstvy vozovky opět mírně tenčí. Průměrná tloušťka stmelených vrstev je 18-19 cm v obou měřených liniích. Tloušťka stmelených vrstev je znázorněna na obrázku 4.

Průměrná tloušťka celkové konstrukce vozovky je 65 cm. Na začátku a na konci úseku je tloušťka nejnižší (nejtenčí úsek). Kolem staničení km 22,000 je tloušťka konstrukce nejvyšší, v některých místech i více než 100 cm. Celkovou tloušťku konstrukce vozovky znázorňuje obrázek 5.

Podélné profily s interpretací - hodnocením průběhu vrstev - jsou zobrazeny v příloze hodnotící zprávy.



Obrázek 4. Tloušťka stmelených vrstev úseku na mapě. Červená místa znázorňují sekce, kde tloušťka stmelených vrstev je vyšší než 35 cm.

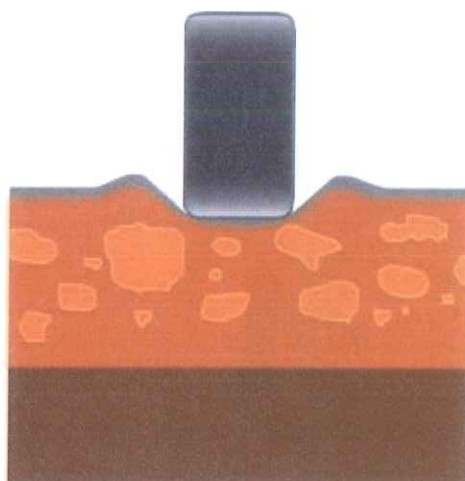


Obrázek 5. Celková tloušťka konstrukce vozovky zobrazená na mapě. Červená místa znázorňují sekce, kde je celková tloušťka konstrukce vozovky vyšší než 100 cm, modrá místa znázorňují sekce, kde je celková tloušťka konstrukce mírně nižší než 40 cm.

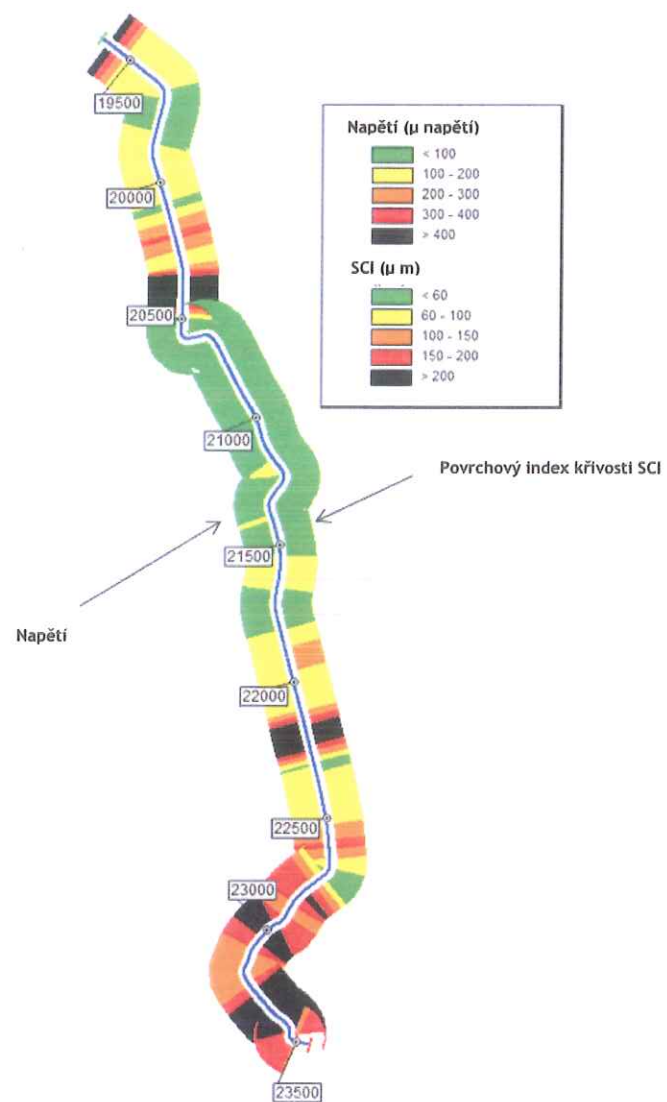
5. Riziko vzniku kolejí typu 1 a 2

5.1 Riziko vzniku kolejí typu 1

Na základě výzkumného projektu ROADDEX v EU (www.roadex.org), je vznik kolejí typu 1 popisován jako problém slabých vrchních vrstev vozovky (obrázek 6). V této analýze jsou deformační hodnoty počítány ze spodku podkladní vrstvy, která se používá jako indikátor nebezpečí vzniku kolejí typu 1. Více než polovina (65,6 %) naměřených hodnot napětí analyzovaného úseku dosahuje pod 200 mikro deformačních jednotek, 22,05 % naměřených hodnot napětí dosahuje nad 300 mikro deformačních jednotek. Povrchový index křivosti (SCI 200) dosahuje v 36,8 % hodnot pod 60 mikrometrů. Tyto hodnoty znázorňuje mapa na obrázku 7. Riziko vzniku kolejí typu 1 je střední - mírné, nejvyšších hodnot dosahuje kolem staničení km 20,500, km 22,200 a na konci měřeného úseku.



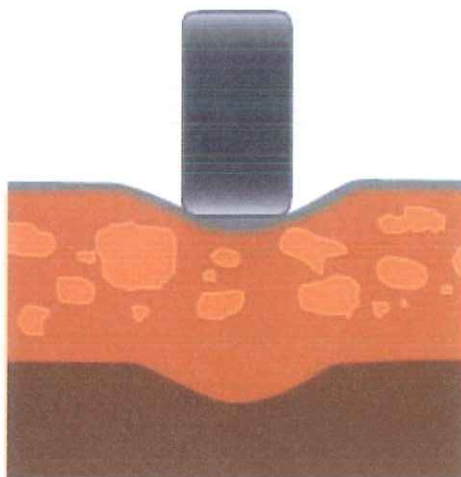
Obrázek 6. Riziko vzniku kolejí typu 1



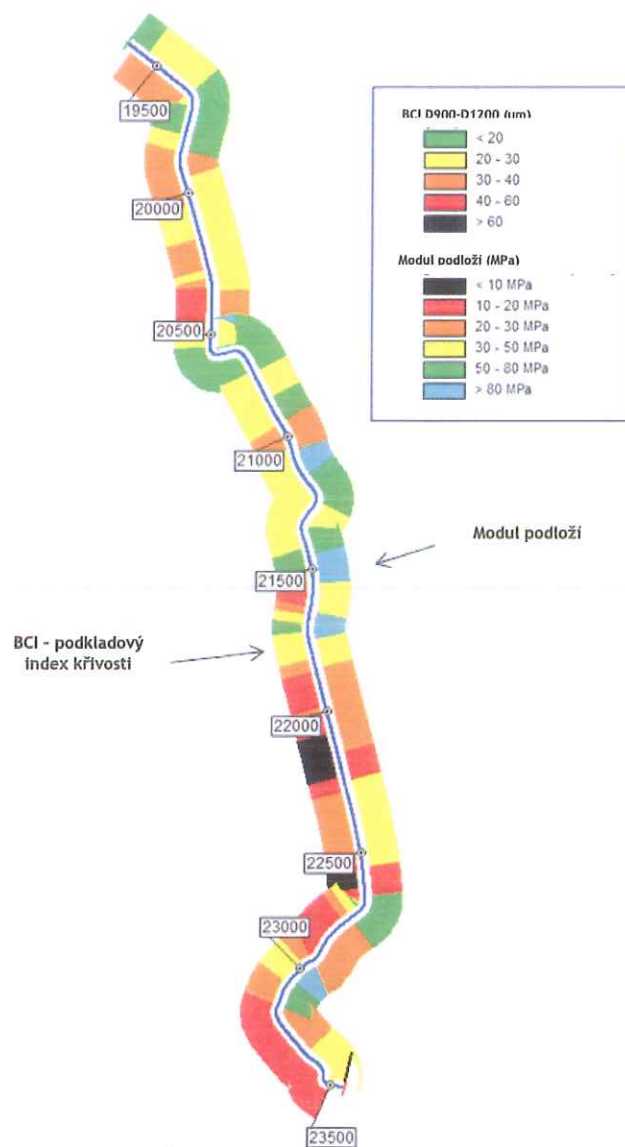
Obrázek 7. Hodnoty napětí (vlevo) a SCI200 (vpravo) zobrazeny na mapě.

5.2 Riziko vzniku kolejí typu 2

Podle výzkumu ROADEX je vznik kolejí typu 2 popsán jako problém ve slabém a neúnosném podkladu (obrázek 8). Pro stanovení rizika vzniku kolejí typu 2 je využívána analýza kombinace hodnot modulu v podloží a BCI hodnot vypočtených z údajů FWD. Na silnici II/392 naměřené parametry poukazují na střední - mírné riziko vzniku kolejí typu 2. Pouze 26,5 % hodnot je nižších než 30 MPa, 11,97 % hodnot modulu podloží je vyšších než 80 MPa. Hodnoty modulu podloží jsou zobrazeny na mapě na obr. 9 společně s odpovídajícími hodnotami BCI (podkladový index křivosti). 30,86 % hodnot podkladového indexu křivosti BCI (BCI; D_{900} - D_{1200}) je vyšších než 40 mikro metrů.



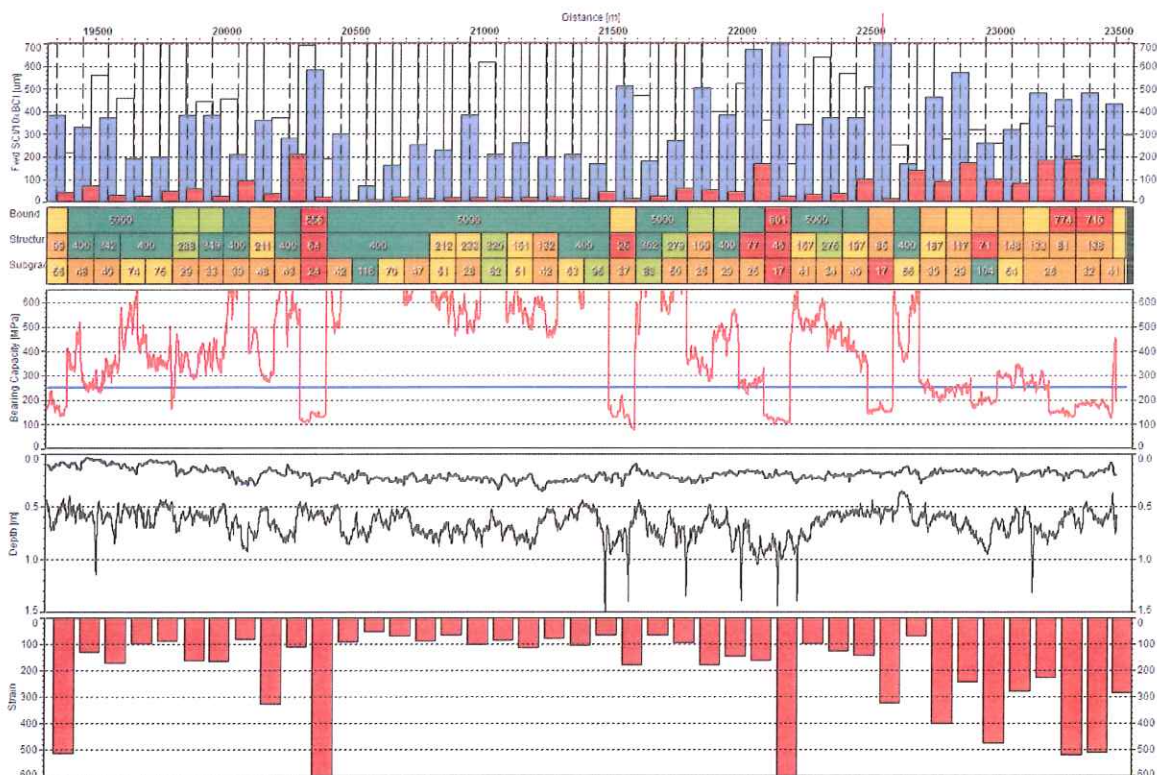
Obrázek 8. Riziko vzniku kolejí typu 2.



Obrázek 9. Hodnoty modulu podloží a BCI podkladového indexu křivosti na mapě.

6. Hodnocení úseku

Analýzovaný úsek vede v počátku přes obec, okolo staničení km 20,135 se nachází most a za ním již vede silnice krajinou. Silnice je úzká, v některých místech jsou proti sobě stromy na obou stranách. Únosnost vozovky je převážně na dobré úrovni, v některých místech únosnost klesá z důvodu slabšího podloží. Obrázek 10 představuje shrnutí stavu celého analyzovaného úseku - převážně je stav na dobré úrovni s místy slabšími úseky.



Obrázek 10. Zobrazení výstupů FWD z daného úseku v softwaru RoadDoctor3®, výsledky rázových zatěžovacích zkoušek zobrazeny jako SCI (červený sloupec), 10xBCI (fialový sloupec), hodnoty modulu stmelěných i nestmelěných vrstev a podloží (zelená=dobrá, červená=nízká); červená linie (okno 3) zobrazuje původní únosnost. Černé linie (okno 4) zobrazují GPR interpretaci tloušťky stmelěných vrstev a celkové konstrukce vozovky. Červené sloupce (okno 5) představují hodnoty napětí v asfaltové vrstvě přepočtené teplotním faktorem materiálu.

Na obrázcích 11 a 12 jsou typické ukázky okolí silnice v měřeném úseku. Obrázek 11 ukazuje začátek měřeného úseku, kde silnice vede obcí. Na obrázku 12 je zobrazeno okolí silnice na konci měřeného úseku, silnici zde vede krajinou obklopena poli a stromy blízko silnice.



Obrázek 11. Okolí silnice v úseku vedoucím obcí, ve staničení km 19,565.



Obrázek 12. Okolí silnice v úseku vedoucím krajinou, ve staničení km 22,548.

Hlavním důvodem vzniku poruch na silnici je nedostatečný systém odvodnění - jeho špatný stav nedovoluje vodě volně odtékat z povrchu silnice. Přítomnost vody dále způsobuje poruchy, zejména podélné trhliny (zamrzáním) a poruchy krajnic (tyto jsou viditelné především na vnitřních stranách směrových oblouků silnice).

Taktéž horší stav povrchu silnice je částečně způsobem přítomností vody. Na začátku úseku, v části intravilánu obce, je systém odvodnění řešen pomocí obrubníků a voda svedena do kanalizačních šachet. Na konci úseku by měl být systém odvodnění řešen tradičními příkopy, avšak v mnoha místech,

kde jsou stromy blízko silnice, příkopy chybějí. Silnice je vedena převážně v zářezu, což způsobuje problémy se zajištěním správně fungujícího odvodnění.

7. Návrh zesílení

Návrh zesílení analyzovaného úseku se skládá ze dvou typů konstrukcí. Frézovaný materiál získaný ze stávajících obalovaných vrstev může být recyklován a opětovně použit jako podkladní vrstva na jiných stavbách. V slabých místech tohoto úseku silnice je řešením pro zesílení výměna podloží a podkladní vrstvy vozovky s výztuží v konstrukci vozovky (geogridu). V průběhu oprav by měla být věnována dostatečná pozornost správnému profilování a vyrovnání vozovky, aby voda ze silnice volně odtékala do příkopů a tím bylo zamezeno poruchám vznikajícím v důsledku špatného odvodnění.

Popis jednotlivých kroků návrhu modernizace silnice je uveden níže. Podrobný plán je prezentován dále v této zprávě a v příloze 3.

7.1 Systém odvodnění

Odvodnění je významným faktorem ovlivňujícím kvalitu silnice, a proto mu musí být v návrzích zesílení a oprav silnic věnována dostatečná pozornost. Obecně platí, že silniční konstrukce lépe a déle funguje v suchých podmínkách. Jak ukazují průzkumy, špatné odvodnění bývá hlavní příčinou poškození vozovek a způsobuje problémy s jejich dlouhodobou provozuschopností. Přesto však nejsou tyto poznatky v praxi často zohledněny, a jejich ignorace zapříčiňuje špatný systém odvodnění silničních sítí.

Zlepšení systému odvodnění a jeho údržba má významný vliv na snižování míry zhoršení kvality silnic. Výzkum projektu ROADDEX ukázal, že zlepšení systému odvodnění může až dvojnásobně prodloužit životnost vozovky. Investice do odvodňovacích opatření jsou tudíž rentabilní a přinášejí významné úspory každoročních nákladů na údržbu vozovek.

Příkopy po obou stranách vozovky by měly být otevřeny, aby umožnily volný odtok vody z vozovky, krajnice by měly být odstraněny po obou stranách vozovky, a to i pod svodidly. Důležitý je i správný sklon příkopu. V místech, kde je vozovka v zářezu a odvodnění nelze řešit tradičními příkopy by měla být zvážena možnost řešit odvodnění pomocí trativodů. V intravilánu by měla být prověřena správná funkčnost odvodnění pomocí obrubníků a kanalizačních šachet.

7.2 Odfrézování části stávající asfaltové vrstvy, tvarování, pokládka nové obrusné vrstvy

Poškození povrchu silnice II/392 je menšího rozsahu a únosnost vozovky v měřeném úseku je velmi dobrá. Navrhovaným řešením pro její zesílení je odfrézování vrchní části vozovky, její tvarování a pokládka nové vrstvy (50 mm). Povrch vozovky musí být důkladně vytvarován, aby umožnil volný odtok vody z povrchu vozovky. Hloubka frézování stávajícího asfaltu byla stanovena průměrem. Vyskytují-li se na opravovaném úseku lokální záplaty/opravy či výtluky, musí být hloubka frézování stanovena minimálně do hloubky dna výtluk či poruch. Frézování vozovky musí být provedeno

důkladně a do požadované hloubky. V případě nedostatečné hloubky frézování hrozí riziko, že se stávající poruchy a výtluky znovu objeví na nové ohrubné vrstvě ve stejných místech. Aby byla tato část návrhu zesílení splnila svůj účel, musí být zajištěn především funkční systém odvodnění vozovky.

7.3 Výměna podloží s vyztužením (hluboké nebo mělké)

Zvýšení nivelety vozovky není v tomto úseku možné, tudíž nejlepším navrhovaným řešením je výměna podloží a ložní vrstvy s použitím výztuže v konstrukci. Hloubka výměny podloží závisí na rozsahu zjištěného poškození a vlastnostech stávajícího materiálu. Důraz je třeba klást na přechodové části, kde je vhodné umístit přechodové klíny, aby bylo zabráněno náhlým změnám v tloušťkách jednotlivých vrstev konstrukce vozovky. Tato místa jsou velmi náchylná k poškození.

8. Shrnutí a závěry

Zpracovaná analýza a plán návrhu zesílení jsou založeny na integraci výstupů měření georadarem a deflektometrem. Analyzovaný úsek silnice vede na začátku intravilánem obce a následně mezi poli. Jedním z hlavních důvodů vzniku poruch na vozovce je špatný systém odvodnění. Zajištění fungujícího systému odvodnění je důležitou podmínkou pro zachování dobrého stavu vozovky. V nejslabších místech vozovky jsou navrženy náročnější postupy, jako například výměna podloží s použitím výztuže. V ostatních místech je dostačujícím řešením odfrézování vrchní části vozovky, její tvarování a pokládka nové asfaltové vrstvy.

V Praze dne 30. 4. 2015

Podpis: 

Zpracování: Annele Matintupa, M. Sc.
Tomi Herronen, M. Sc.
Ján Filipovský, PhD.
Překlad: Ing. Michaela Sekaninová



Roadscanners Central Europe s.r.o.
Ohradské náměstí 1621/5
155 00 Praha 5
IČ: 242 51 496 - DIČ: CZ24251496