

Silnice II/592 Chrastava - Nádražní ulice

Diagnostický průzkum pomocí technologie GPR a FWD



BEYOND
THE
SURFACE

Silnice II/592 Chrastava - Nádražní ulice

Diagnostický průzkum pomocí technologie GPR, analýza dat
GPR a FWD

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Základní principy technologie GPR.....	1
2.1. Princip technologie GPR	1
3. Legenda a vysvětlení výstupů.....	3
4. Popis úseku a provedených zkoušek	4
5. Zpracování a interpretace dat.....	7
5.1 Tloušťky konstrukčních vrstev vozovky	7
6. Riziko vzniku kolejí typu 1 a 2.....	9
6.1 Riziko vzniku kolejí typu 1	9
6.2 Riziko vzniku kolejí typu 2	10
7. Shrnutí a závěry	11
Seznam obrázků.....	12
Seznam příloh	12

1. Úvod

Dne 25. května 2023 provedla společnost Roadscanners Central Europe s.r.o. diagnostické zaměření úseku silnice II/592 v obci Chrastava na Nádražní ulici. Zaměření bylo provedeno pomocí technologie georadaru (GPR) za použití kontaktní i bezkontaktní antény. Hodnoceny byly 2 měřené linie - linie pravého jízdního kola v prvním směru (pravý pruh) a linie pravého jízdního kola ve druhém směru (levý pruh). Současně s měřením pomocí georadarových antén, byl pořízen i videozáznam měřeného úseku s GPS souřadnicemi pomocí zařízení Road Doctor® CamLink.

Měření bylo provedeno v obou směrech celkem ve 2 měřených liniích. Délka linie byla stanovena dle měřících přístrojů na 463,81 m. Celkem bylo v rámci projektu zaměřeno 924,42 m komunikace.

Účelem měření bylo provést diagnostiku měřeného úseku, určit mocnosti konstrukčních vrstev a za pomoci dodaných referenčních dat (FWD) provést přepočet pevnostních charakteristik vozovky (SCI, BCI, BC).

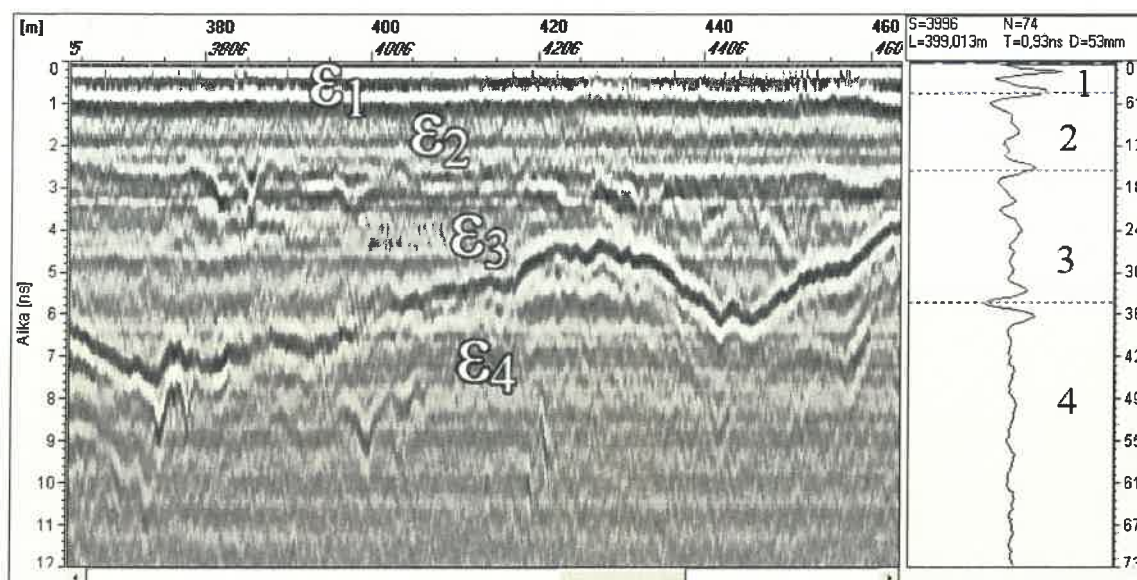
Tento dokument obsahuje výsledky analýzy založené na naměřených datech.

2. Základní principy technologie GPR

2.1. Princip technologie GPR

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 příjmu impulsu.

V případě častého opakování v krátkých intervalech lze získat výsledky v kontinuálním zobrazení (obrázek 1).



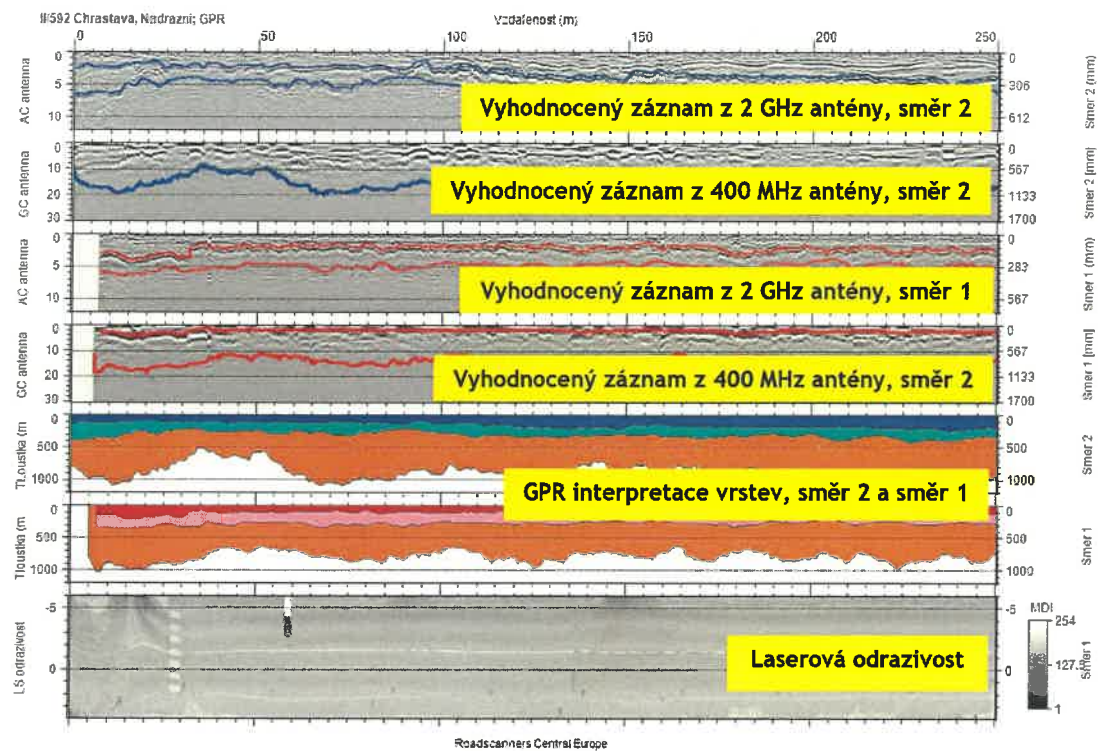
Obrázek 1. Profil měření georadarem s „horn“ anténou individuálním pulsem. Profil zobrazuje odraz od dvou vrstev s různými dielektrickými hodnotami (ϵ). Obrázek ve vrstvě 1 zobrazuje asfaltovou vrstvu, vrstva 2 zobrazuje vrchní podkladovou vrstvu, vrstva 3 zobrazuje spodní podkladovou vrstvu a vrstva 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.

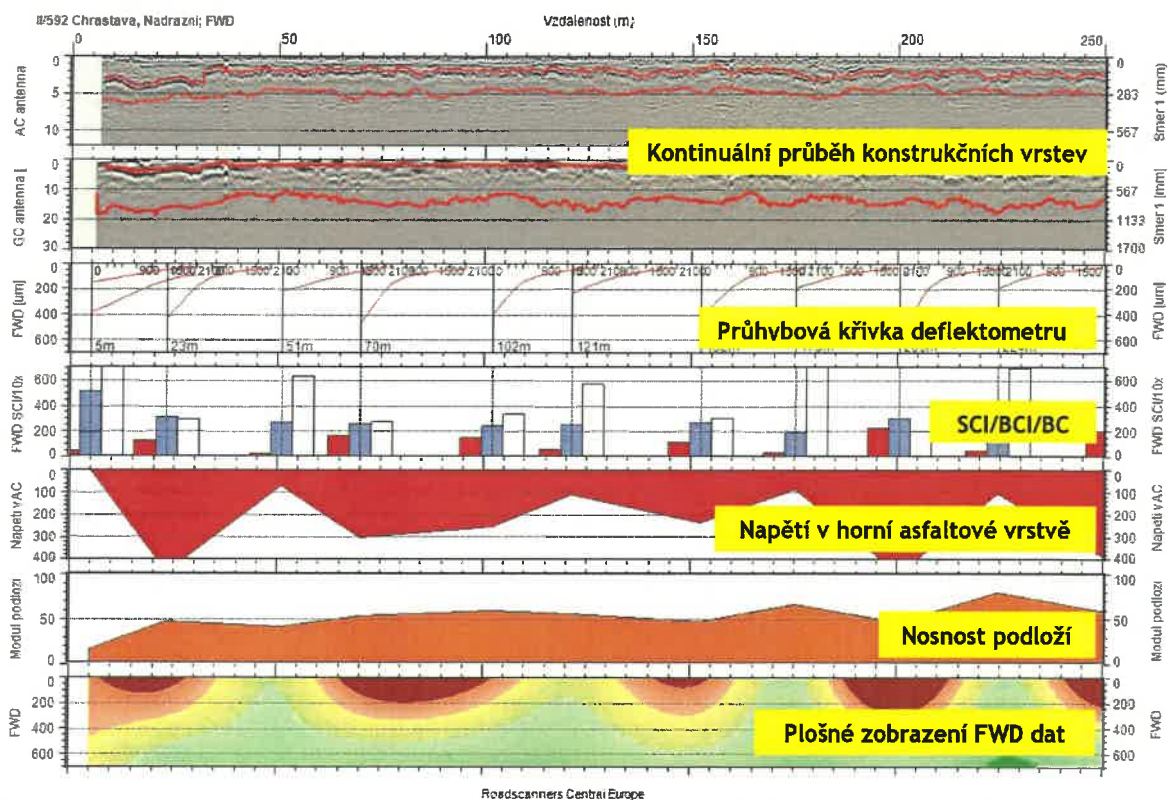
Vlnová délka antény ovlivňuje schopnost systému identifikovat objekty různých velikostí. Například vysoké frekvence antény s krátkou vlnovou délkou mají lepší rozlišení, ale menší hloubku průniku, zatímco nízké frekvence antény s delší vlnovou délkou mají hrubší rozlišení, avšak pronikají hlouběji do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



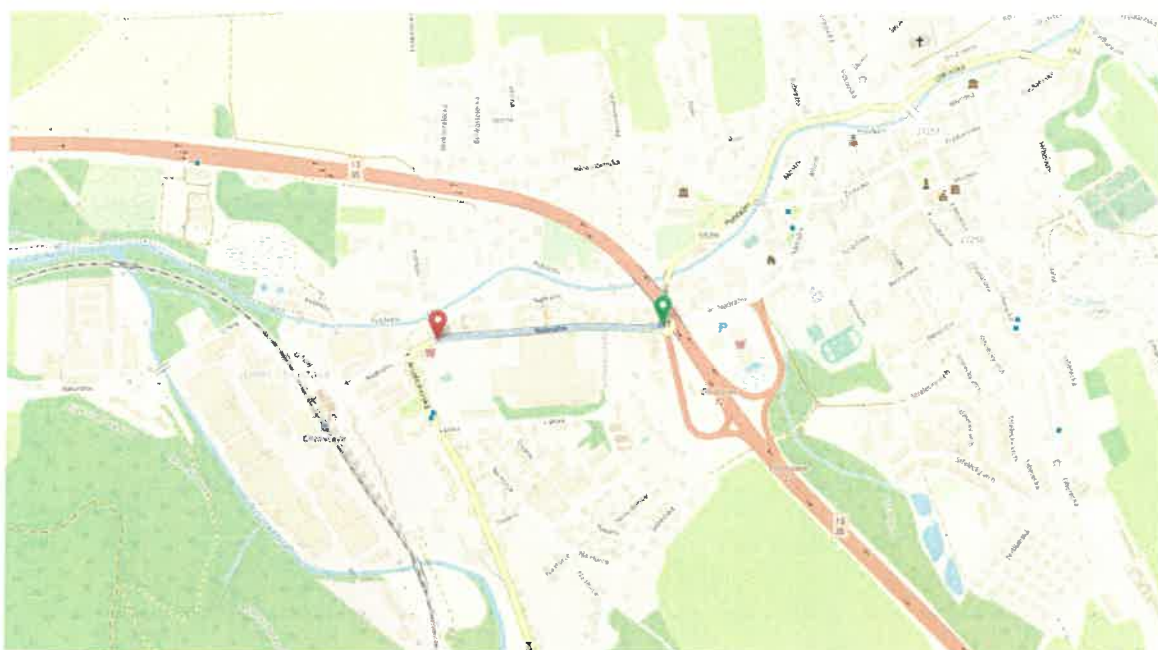
Obrázek 2 Průběhy záznamů, vyhodnocení a legenda



Obrázek 3 Průběhy dat, vyhodnocení a legenda

4. Popis úseku a provedených zkoušek

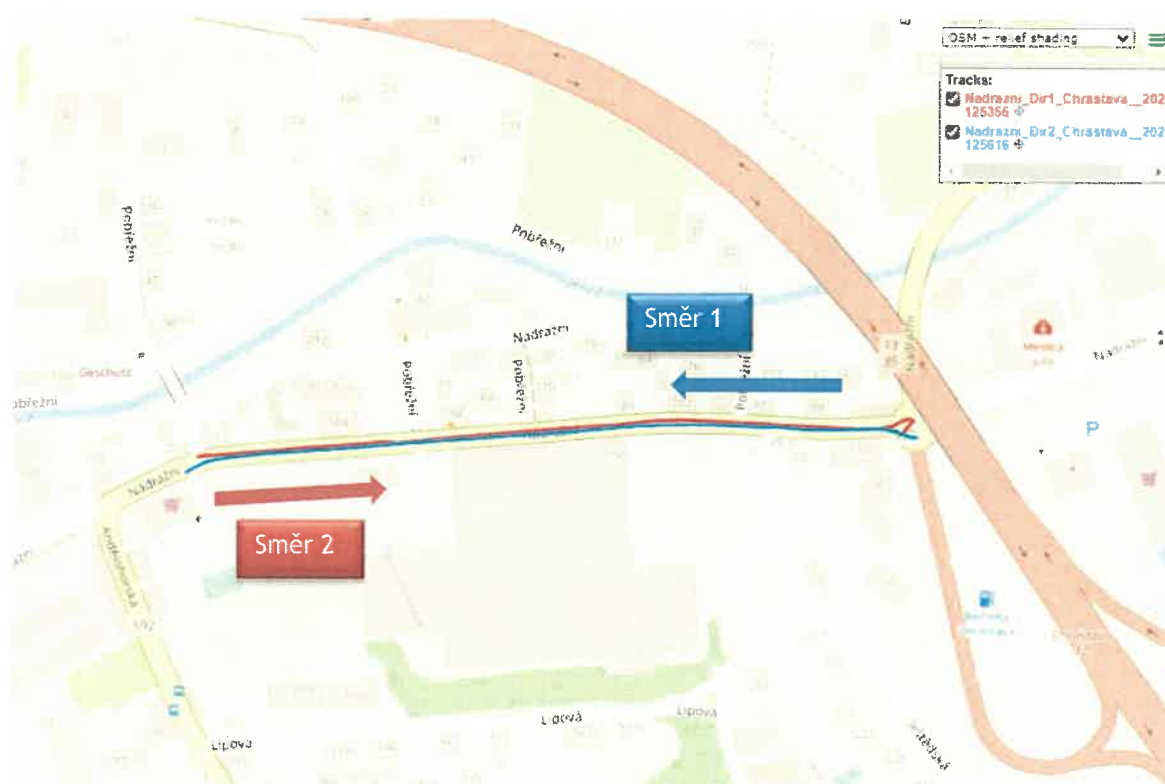
Měřený úsek silnice II/592 Chrastava, Nádražní je dlouhý 463,81 m v jednom směru. Měření bylo započato v okružné křižovatce na křížení silnic II/592 s obecní silnicí Nádražní ulice v obci Chrastava. Konec měřeného úseku byl v křižovatce typu T v obci Chrastava při samoobsluze s popisným číslem Nádražní 94. Silnice má v tomto úseku 2 jízdní pruhy, zaměření bylo provedeno v každém směru jedenkrát, vyhodnoceny byly 2 zaměřené linie. Denní intenzita dopravy na daném úseku je dle výsledků celostátního sčítání dopravy z roku 2020 průměrně 71 těžkých nákladných motorových vozidel, 2810 osobních a dodávkových vozidel a 23 jednostopých motorových vozidel za 24 hodin.



Obrázek 4 Náhledová mapa měřeného úseku silnice II/592 Chrastava, Nádražní ulice. Mapový podklad: www.openstreetmap.org



Obrázek 5 Detailní mapa měřeného úseku silnice II/592 Chrastava, Nádražní ulice. Mapový podklad: www.openstreetmap.org



Obrázek 6. Mapa měřeného úseku silnice II/592 Chrastava, Nádražní ulice. Mapový podklad: www.openstreetmap.org



Obrázek 7. Začátek a konec měřeného úseku ze zařízení CamLink

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”. Taktéž bylo pořízeno digitální video s GPS souřadnicemi.



Obrázek 8. GPR měřicí systém společnosti Roadscanners CE vybavený 2 GHz “horn” anténou a 400 MHz ground-coupled anténou před vozidlem. Videokamera s GPS přijímačem a laserový skener jsou upevněny na střeše vozidla, 3D akcelerometr na zadní nápravě vozidla.

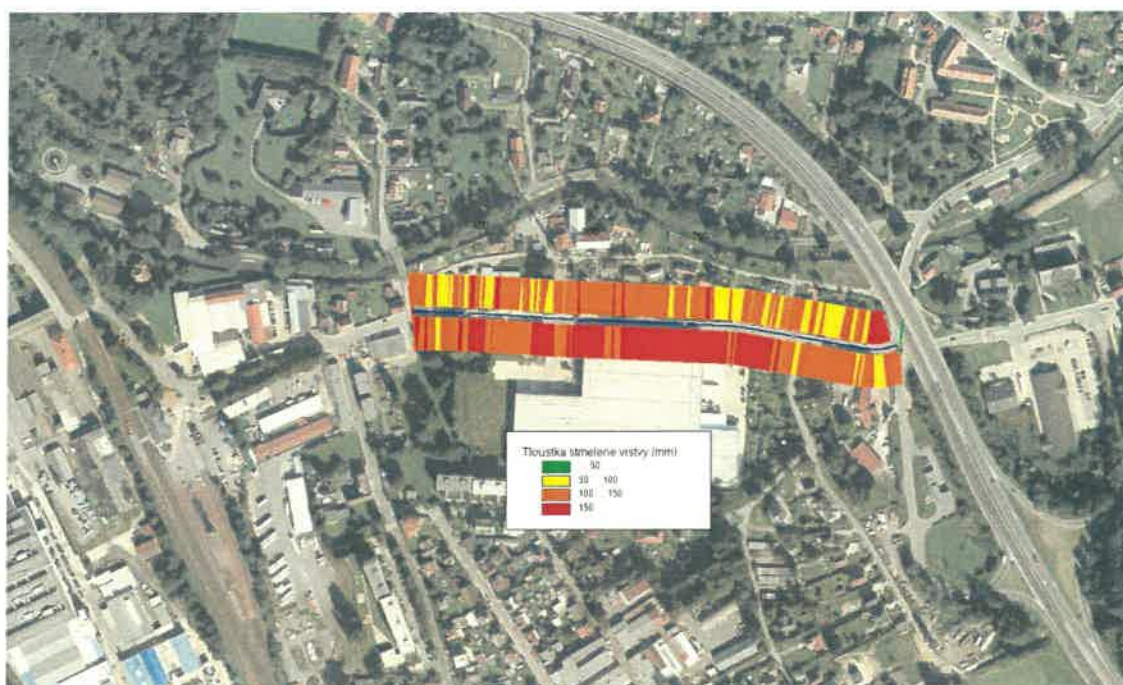
5. Zpracování a interpretace dat

Údaje z GPR byly zpracovány a vyhodnoceny v softwaru Road Doctor 3®. Zároveň byly do softwaru importovány i dodané údaje z měření deflektometrem (FWD) a záznam digitálního videa pro komplexní interpretaci.

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

5.1 Tloušťky konstrukčních vrstev vozovky

Úsek silnice II/592 tvoří stmelené vrstvy s průměrnou tloušťkou 115,78 mm a nestmelené podkladné vrstvy s průměrnou tloušťkou 280,98 mm. Celková tloušťka konstrukce dosahuje hodnoty průměrně 814,02 mm v prvním směru (pravý pruh vozovky). Ve druhém směru jsou hodnoty stmelené vrstvy s průměrnou tloušťkou 151,83 mm, nestmelené podkladné vrstvy s průměrnou tloušťkou 305,62 mm a celková tloušťka konstrukce se pohybuje na průměrné hodnotě 893,63 mm. Podélné profily s interpretací - hodnocením průběhu vrstev - včetně dodaných dat FWD silnice II/592 jsou zobrazeny v přílohách 1 této zprávy.



Obrázek 9. Tloušťka stmelených vrstev (asfaltových vrstev) v jednotlivých hodnocených liniích úseku (pravá, levá ve směru staničení) na mapě.



Obrázek 10. Tloušťka podkladních nestmelených vrstev v jednotlivých hodnocených liniích úseku (pravá, levá ve směru staničení) na mapě.

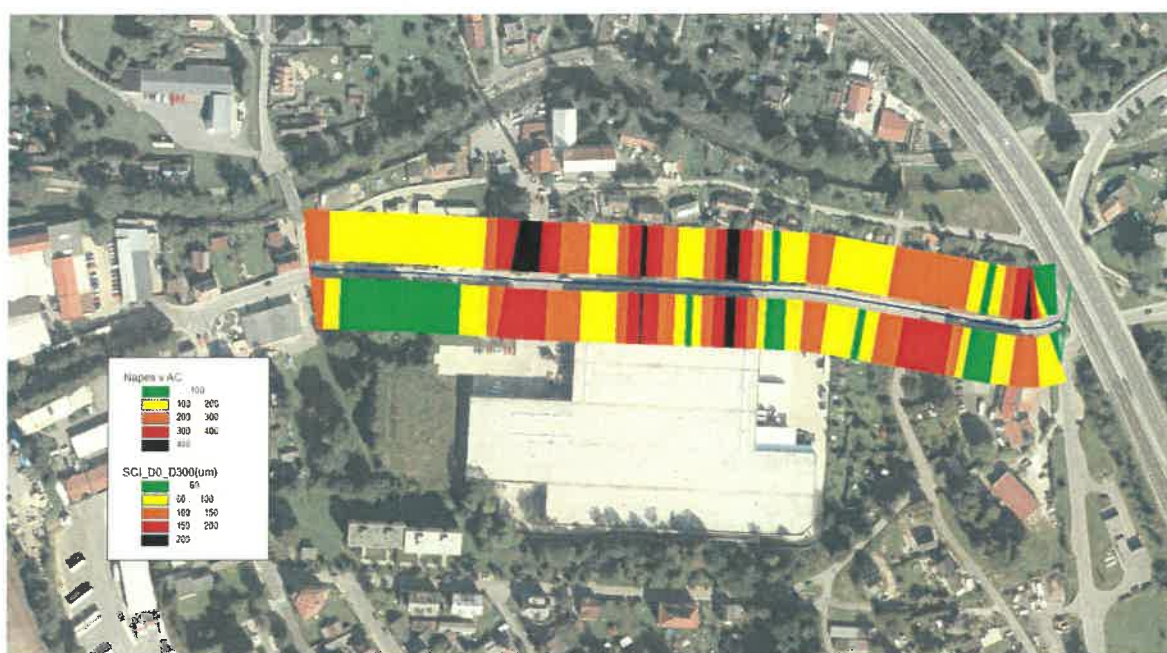


Obrázek 11. Celková tloušťka konstrukce vozovky v jednotlivých hodnocených liniích úseku (pravá, levá ve směru staničení) na mapě.

6. Riziko vzniku kolejí typu 1 a 2

6.1 Riziko vzniku kolejí typu 1

Na základě výzkumného projektu ROADDEX (www.roadex.org) v EU je vznik kolejí typu 1 popisován jako problém slabých vrchních vrstev vozovky. V této analýze jsou deformační hodnoty počítány ze spodku podkladní vrstvy, která se používá jako indikátor nebezpečí vzniku kolejí typu 1. Pouze 4 % hodnot napětí analyzovaného úseku dosahuje pod 100 mikro deformačních jednotek a 44 % hodnot dosahuje 100-200 mikro deformačních jednotek a až 30,6 % hodnot dosahuje 200 -300 mikro deformačních jednotek a tím spadá do kategorie s vysokým rizikem vzniku kolejí typu 1. Obdobně, téměř 80 % hodnot povrchového indexu křivosti (SCI 300) je nižších než 150 μm . Téměř celá sekce představuje zvýšené riziko vzniku kolejí typu 1, jak lze vidět na mapě (obrázek 12).



Obrázek 12. Hodnoty napětí (nahoru, vpravo ve směru staničení) a SCI200 (dolu, vlevo ve směru staničení) zobrazené na mapě.

6.2 Riziko vzniku kolejí typu 2

Podle výzkumu ROADDEX (www.roadex.org) je vznik kolejí typu 2 popsán jako problém ve slabém a neúnosném podloží. Pro stanovení rizika vzniku kolejí typu 2 je využívána analýza kombinace hodnot modulu podloží a BCI hodnot vypočtených z údajů FWD. Parametry získané na analyzovaném úseku silnice II/592 poukazují na poměrně vysoké riziko vzniku kolejí typu 2. Pouze 30 % hodnot modulu podloží je nižších než 30 MPa. Hodnoty modulu podloží jsou zobrazeny na mapě (obrázek 13) společně s odpovídajícími hodnotami BCI (podkladový index křivosti). Přibližně 98 % hodnot podkladového indexu křivosti BCI (BCI; D900-D1800) je vyšších než 40 mikro metrů, což znamená, že konstrukční vrstvy silnice na těchto místech již neplní správně svoji funkci a riziko pro vznik kolejí typu 2 je extrémně vysoké.

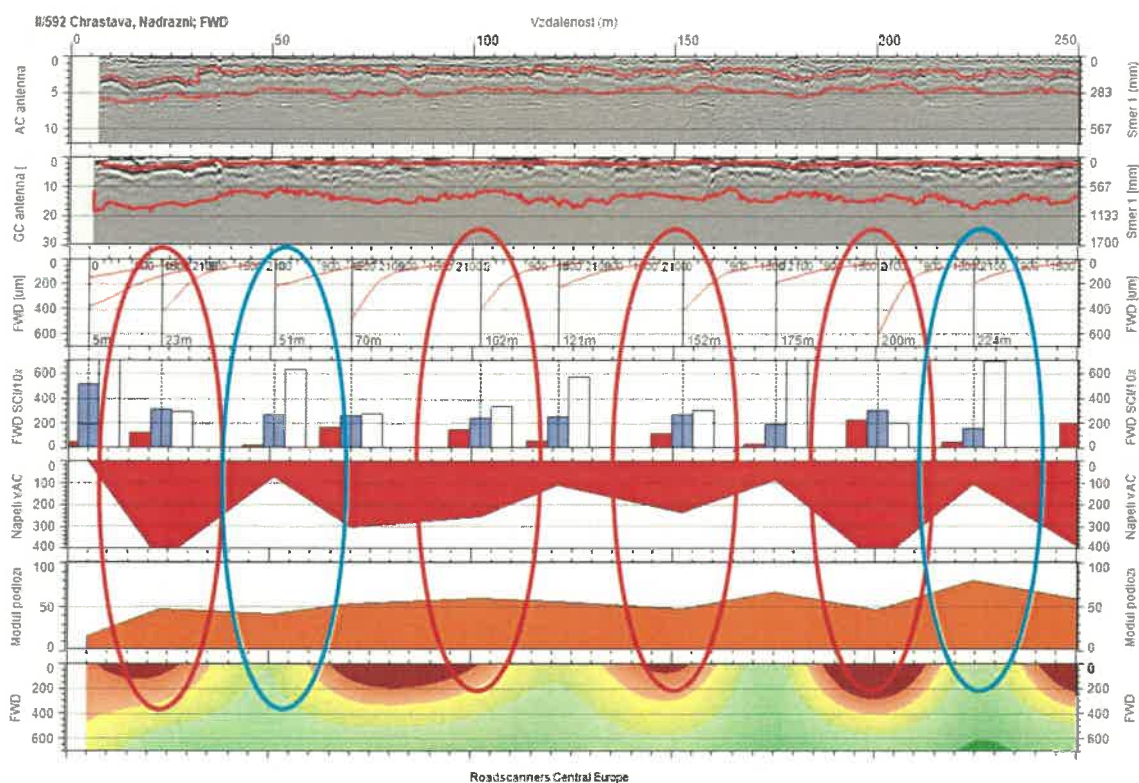


Obrázek 13. Hodnoty modulu podloží (nahoru, vpravo ve směru staničení) a BCI podkladového indexu křivosti (dolu, vlevo ve směru staničení) zobrazené na mapě.

7. Shrnutí a závěry

Zpracovaná interpretace tloušťek konstrukčních vrstev vozovky a následná diagnostika byla založená na výsledcích dat georadaru (GPR) a deflektometru (FWD). Asfaltová vrstva analyzovaného úseku silnice II/592 je po vizuální stránce v pořádku, ale data z deflektometru prokazují, že napětí uvnitř vrstvy je nad 300 mikro deformačních jednotek což indikuje vznik mikrotrhlin uvnitř asfaltové vrstvy a její krátkou životnost. Tuhost horní asfaltové vrstvy je nízká a povrchový index křivosti (SCI) dosahuje průměrné hodnoty 93 μm . Asfaltovou vrstvu lze považovat za nedostatečnou s průměrnou tloušťkou dosahuje hodnoty 115,78 mm v prvním směru a 151,83 mm v druhém směru. Únosnost vozovky ukazuje velice nestabilní až nesrozumitelné hodnoty, protože se velice liší v rámci jednoho jízdního pruhu vid'. obr. 14 (červené sekce kriticky slabé, modré sekce velice únosné). Velice nízké hodnoty pro podkladní/nestmelené vrstvy, což v kombinaci se slabým podložím a vysokým napětím v asfaltové vrstvě snižuje celkovou únosnost vozovky.

Vzhledem na aktuální technický stav nárůst intenzity dopravy kvůli plánovanému navýšení dopravy do areálu RENWON o 104 (88 + 16) nákladních automobilů za den neovlivní stav ani provozní způsobilost konstrukce vozovky.



Obrázek 14. Hodnoty dat z FWD zařízení zobrazující průhybovou křivku, povrchový index křivosti SCI, podpovrchový index křivosti BCI a nosnost konstrukce vozovky BC. Napětí v asfaltové vrstvě, nosnost podloží a nosnost konstrukce vozovky

Seznam obrázků

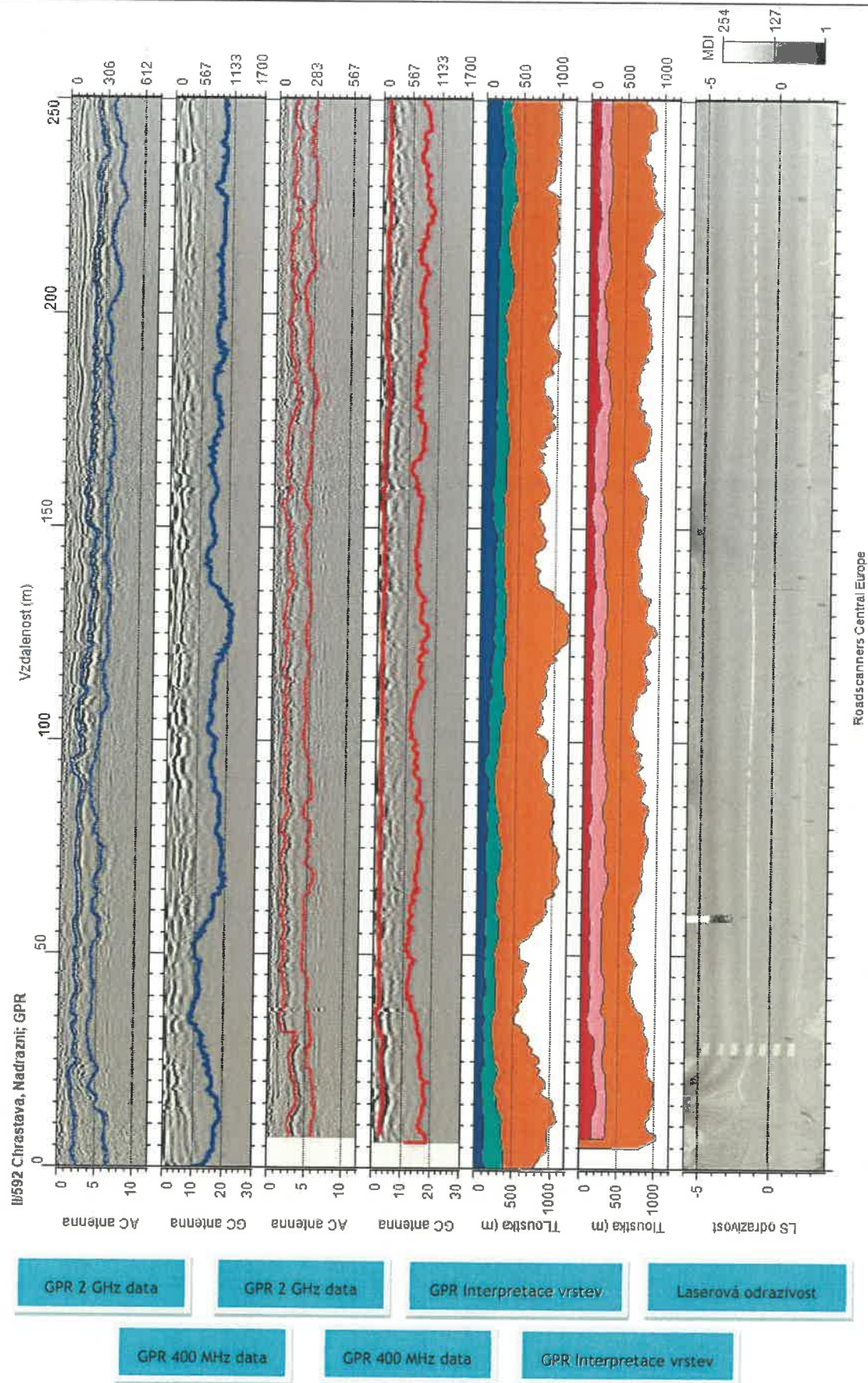
Obrázek 1. Profil měření georadarem s "horn" anténou individuálním pulsem. Profil zobrazuje odraz od dvou vrstev s různými dielektrickými hodnotami (ϵ). Obrázek ve vrstvě 1 zobrazuje asfaltovou vrstvu, vrstva 2 zobrazuje vrchní podkladovou vrstvu, vrstva 3 zobrazuje spodní podkladovou vrstvu a vrstva 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).	2
Obrázek 2 Průběhy záznamů, vyhodnocení a legenda	3
Obrázek 3 Průběhy dat, vyhodnocení a legenda	3
Obrázek 4 Náhledová mapa měřeného úseku silnice II/592 Chrastava, Nádražní ulice. Mapový podklad: www.openstreetmap.org	4
Obrázek 5 Detailní mapa měřeného úseku silnice II/592 Chrastava, Nádražní ulice. Mapový podklad: www.openstreetmap.org	5
Obrázek 6. Mapa měřeného úseku silnice II/592 Chrastava, Nádražní ulice. Mapový podklad: www.openstreetmap.org	5
Obrázek 7. Začátek a konec měřeného úseku ze zařízení CamLink	6
Obrázek 8. GPR měřicí systém společnosti Roadscanners CE vybavený 2 GHz "horn" anténou a 400 MHz ground-coupled anténou před vozidlem. Videokamera s GPS přijímačem a laserový skener jsou upevněny na střeše vozidla, 3D akcelerometr na zadní nápravě vozidla.	6
Obrázek 9. Tloušťka stmelných vrstev (asfaltových vrstev) v jednotlivých hodnocených liniích úseku (pravá, levá ve směru staničení) na mapě.	7
Obrázek 10. Tloušťka podkladních nestmelných vrstev v jednotlivých hodnocených liniích úseku (pravá, levá ve směru staničení) na mapě.	8
Obrázek 11. Celková tloušťka konstrukce vozovky v jednotlivých hodnocených liniích úseku (pravá, levá ve směru staničení) na mapě.	8
Obrázek 12. Hodnoty napětí (nahoru, vpravo ve směru staničení) a SCI200 (dolu, vlevo ve směru staničení) zobrazené na mapě.	9
Obrázek 13. Hodnoty modulu podloží (nahoru, vpravo ve směru staničení) a BCI podkladového indexu křivosti (dolu, vlevo ve směru staničení) zobrazené na mapě.	10
Obrázek 14. Hodnoty dat z FWD zařízení zobrazující průhybovou křivku, povrchový index křivosti SCI, podpovrchový index křivosti BCI a nosnost konstrukce vozovky BC. Napětí v asfaltové vrstvě, nosnost podloží a nosnost konstrukce vozovky	11

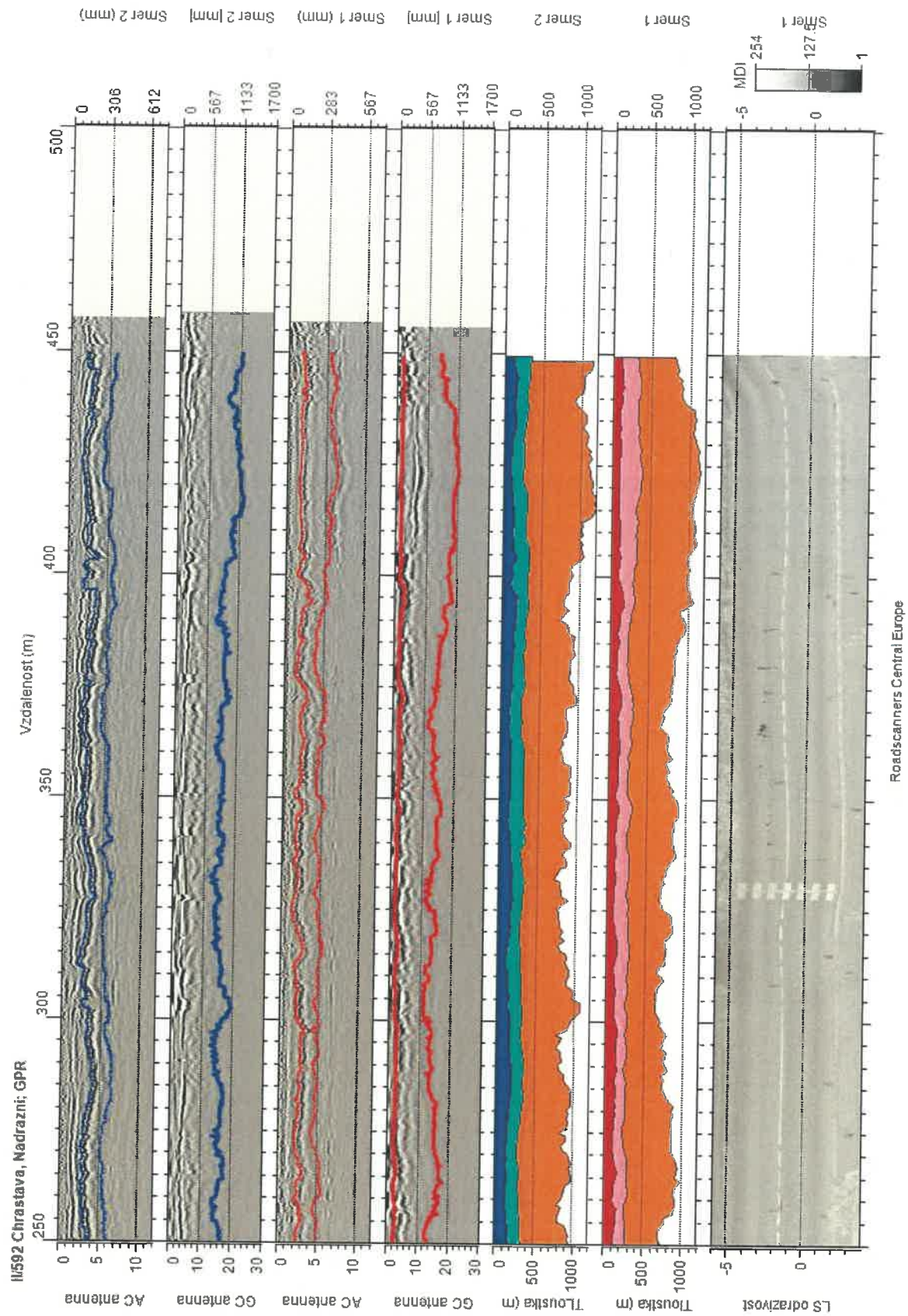
Seznam příloh

Příloha 1. Profily měřených linií silnice II/592 Chrastava, Nádražní ulice zobrazené v programu Road Doctor 3®, vyhodnocení dat GPR.

Příloha 2. Profily měřených linií silnice II/592 Chrastava, Nádražní ulice zobrazené v programu Road Doctor 3®, vyhodnocení dat GPR a FWD.

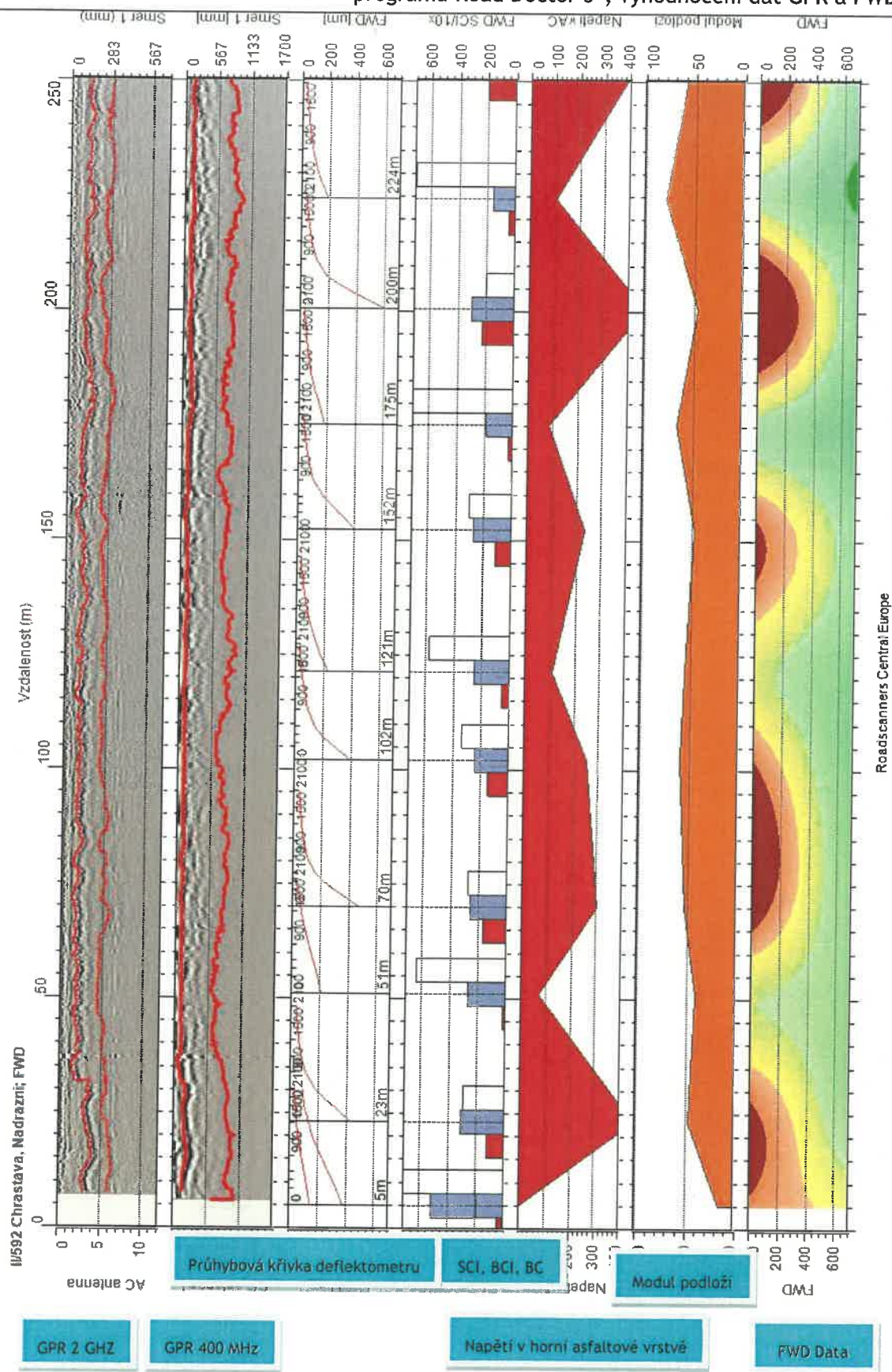
Příloha 1. Profily měřených linií silnice II/592 Chrastava, Nádražní ulice zobrazené v programu Road Doctor 3®, vyhodnocení dat GPR

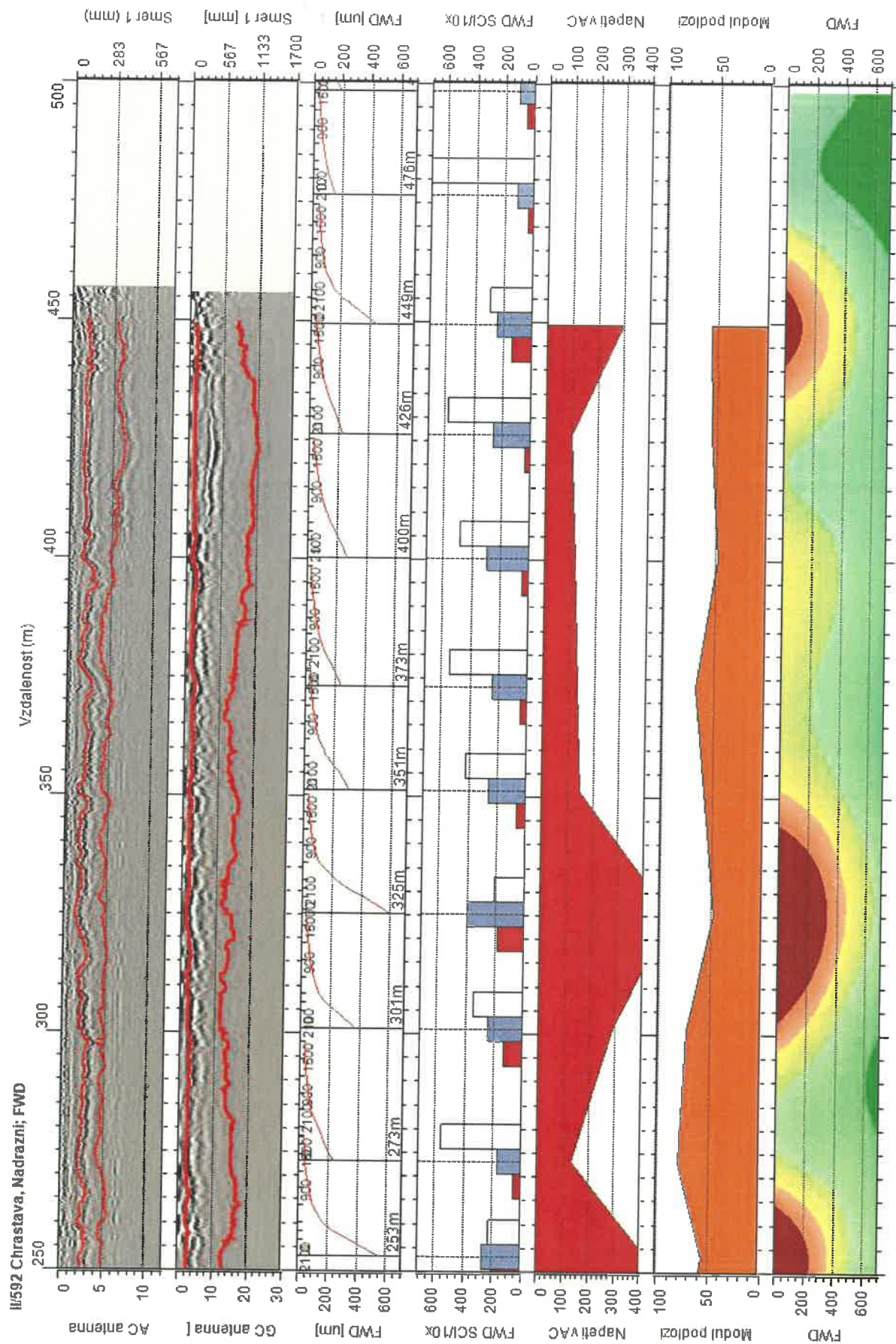




Smer 1
Smer 2
Smer 1 (mm)
Smer 2 (mm)
Smer 1 (mm)
Smer 2 (mm)

Příloha 2. Profily měřených linií silnice II/592 Chrastava, Nádražní ulice zobrazené v programu Road Doctor 3®, vyhodnocení dat GPR a FWD







Roadscanners Central Europe s.r.o
Ohradské náměstí 1621/5, 155 00 Prague 5, Czech Republic
Tel. int. +420 601 325 131

Rovaniemi, Main Office:
Roadscanners Oy, Varastotie 2, FI-96100 ROVANIEMI, Finland
Tel. int. +358 (0)207 815 660
Fax int. +358 (0)207 815 662
General enquiries: info@roadscanners.com

**BEYOND
THE
SURFACE**