



Univerzita
Pardubice
Dopravní fakulta
Jana Pernera

TECHNICKÁ ZPRÁVA

Identifikace: **GPR diagnostika vozovky silnice II/308 v úseku 7,50375 až 9,62700 km - Černilov**

Číslo zakázky: **SS595051/80/50250**

Číslo objednávky: **020-044-0142**

Objednatel: **SWIETELSKY stavební s.r.o.
Nádražní 486, 51721 Týniště nad Orlicí
IČ: 48035599
DIČ: CZ48035599
Zastoupený: Ing. Pavel Vacek**

Zhotovitel: **Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Katedra dopravního stavitelství
Studentská 95
532 10 Pardubice
IČ: 00216275
DIČ: CZ00216275
Zastoupený: Ing. Aleš Šmejda, Ph.D., vedoucí katedry**

Hlavní řešitel: **Aleš Šmejda**

Spoluřešitelé: **Vladislav Borecký
Pavel Lopour**

Datum vydání: **21. 11. 2019**

Kopie číslo: ...

Počet kopií: 4 paré, 1 digi

Počet stran: 20

Obsah:

1. Úvod	3
2. Lokalita	3
3. Obecné principy a metody měření	3
4. Podklady	4
5. Použité vybavení	5
6. Postup sběru dat	5
7. Diagnostika měřených úseků	7
U1 km 7,620 – 7,628 - vozovka před sjezdem (V2 7,800 (+172 m)).....	7
U2 km 7,904 – 7,912 - vozovka za zastávkou (V4 8,123 (+210 m))	10
U3 km 9,282 – 9,314 - před propustkem (V3 9,140 (-142 m)).....	13
U4 km 9,557 – 9,628 - sjezd až konec úseku (V5 9,540 (-17 m))	15
U5 km 8,054 – 8,061 - před sjezdem a domem č.p. 117 (V3 7,980 (-56 m)).....	18
8. Závěr.....	20

1. Úvod

Byla provedena diagnostika vozovky silnice II/308 - Černilov v úseku km 7,50375 až km 9,62700 dle projektového staničení. Tato diagnostika byla zaměřena na určení tloušťky konstrukčních vrstev vozovky a detekce nehomogenit (převážně zvodnělých míst) v podloží komunikace. Pro sběr dat byla použita sestava georadaru (GPR) Katedry dopravního stavitelství, DFJP Univerzity Pardubice od výrobce IDS, určená pro diagnostiku vozovek.



2. Lokalita

Byly provedeny 2 měřicí profily: profil AA - v pravém jízdním pruhu dle směru staničení a profil AB - v levém jízdním pruhu, proti směru staničení. Profily byly vedeny ve vnější jízdní stopě vozidla, cca 0,75 m od krajnice.

Detailní vyhodnocení bylo zaměřeno na 5 úseků:

1. 7,620 – 7,628 – vozovka před připojením místní komunikace
2. 7,904 – 7,912 – vozovka za autobusovou zastávkou (na úrovni SDZ)
3. 9,282 – 9,314 – před propustkem
4. 9,557 – 9,628 – konec měřeného úseku
5. 8,054 – 8,061 – před sjezdem účelové komunikace a domem č.p. 117

Vyhodnocení radargramů zahrnovalo výše uvedené úseky zvětšené o 10 m před a za uvedeným staničením.

3. Obecné principy a metody měření

Georadar (GPR) je druh radarového zařízení, které umožňuje detekci objektů a rozhraní pod zemským povrchem. Pomocí georadaru může být detekován jakýkoli objekt, který má odlišné EM vlastnosti než okolní zeminy, určena jeho velikost, tvar a poloha, a případně materiál ze kterého se skládá. GPR systém používá krátké diskrétní pulzy s centrální frekvencí v rozmezí od několika desítek MHz až po přibližně 2,5 GHz. Když impuls dosáhne rozhraní dvou materiálů s různými EM vlastnostmi, část energie se odrazí zpět, zatímco zbytek pokračuje dále do materiálu. Odražená energie je přijata, zaznamenána a zobrazena jako křivky skládající se

z amplitud na časové ose mezi vysláním a přijetím signálu. Pokud se měření opakuje s určitou frekvencí a anténa se pohybuje po měřicí linii, lze takto získat měřený profil.

Důležitým údajem při používání technologie GPR je znalost rychlosti šíření emitovaného elektromagnetického záření ve zkoumaných materiálech a vrstvách zemin a hornin. Jestliže je známa rychlost šíření a je změřen čas signálu mezi vysláním a příjmem odraženého signálu, je možné přibližně stanovit hloubku objektu, nebo dielektrického rozhraní (ale i tloušťky jednotlivých vrstev materiálů). Rychlost šíření je však proměnná a závislá na fyzikálních a dielektrických vlastnostech materiálu.

Nejjednodušší způsob určení hloubky (a stanovení rychlosti) je identifikace stávajících objektů, nebo rozhraní způsobující odraz, u kterých je (ať už provedením sondy, jádrového vývrtu nebo získáním informací z projektové dokumentace) známa hloubka.

4. Podklady

Jako podklad pro lokalizaci měřených úseků a stanovení tloušťky jednotlivých konstrukčních vrstev sloužila projektová dokumentace výstavby a oprav poskytnutá objednatelem a údaje z kontrolních jádrových odvrtů.

Projektová dokumentace – Silnice II/308 Slatina – Černilov, Černilov – Libřice, Libřice – hranice okresu RK byla vypracována Dopravně inženýrskou kanceláří Hradec Králové (DIK HK) v roce 2014. Kontrolní vývrty provedla firma Qualiform Slovakia (Skúšobňa stavebných hmôt Hradec Králové) v říjnu a listopadu 2016. Pro potřeby diagnostiky GPR byly použity údaje z odvrtů č. V2 (km 7,800), V4 (km 8,123), V3 (km 9,140), V5 (km 9,540), V3 (km 7,980).

Pozice provedených odvrtů se nicméně neshodovala s rozsahem staničení diagnostikovaných úseků. Pro určení tloušťek jednotlivých konstrukčních vrstev v diagnostikovaných úsecích (U1-U5 viz kap. 7) byly tyto údaje použity tedy pouze jako kontrolní, vycházelo se z hodnot rychlosti šíření EM signálu uvedených v odborné literatuře.

Diagnostika vozovky na silnici II/308 v posuzovaných úsecích byla provedena společností IMOS BRNO, a.s. v prosinci 2013 (viz. zpráva č. 0821 V135093).

Zjištění konstrukčních vrstev a podloží vozovky byla provedena společností Global – Geo, s.r.o. v listopadu 2013 (viz. zpráva 195/11/13). Shrnutí charakteristik podloží komunikací je popsáno v této zprávě následovně:

Společným znakem celého vybraného úseku silnice je výskyt jílovitých zemin v podloží, vícero konstrukčních vrstev než bývá obvyklé (ŠD, ŠP, sanační vrstva), jejich vesměs nižší mocnosti (tl. 10 - 15 cm, zejména v případě nenamrzavých a mírně namrzavých sypanin typu ŠD, ŠP), nepravidelnosti v jejich uložení (ne všechny vrstvy se vyskytují ve všech sondách) a zejména pak „dohánění“ výsledné únosnosti na povrchu vozovky prostřednictvím stmelených vrstev (živičný kryt, živičná směs, ŠD s asfaltovou penetrací v celkové mocnosti 25 - 30 cm).

Podloží komunikace (zemní plán, část aktivní zóny) pod konstrukčními vrstvami tvoří soudržné zeminy tříd F4CS – F6CI – F7MH / saSi – clSi – siCl., vesměs pevné konzistence ($s_{I_c} > 1,00$), velmi nepropustné ($k < 1 \cdot 10^{-10} \text{ m.s}^{-1}$), vysoce namrzavé, s výškou kapilární vzlinavosti $h_s > 4,0 \text{ m}$, která jsou jako celek v přirozeném stavu pro aktivní zónu bez úpravy nevhodné. Vytvářejí příznivé prostředí pro úpravu vlastností pojivem (např. vápno).

5. Použité vybavení

Jako platformy GPR sestavy byl při měření použit ruční měřicí vozík. Použitá sestava výrobce IDS nese označení RIS Hi-Pave. Tento systém je dle výrobce určen pro použití v diagnostice konstrukce a podloží tuhých i netuhých vozovek, převážně pro určování tloušťek konstrukčních vrstev. Použita byla air-coupled anténa HN-2000 s centrální frekvencí 2 GHz a ground-coupled anténa TR DUAL-F 400/900 s frekvencemi 400 a 900 MHz. Pro určení staničení na měřicím profilu byl použit odometr připojený k měřicímu vozíku.

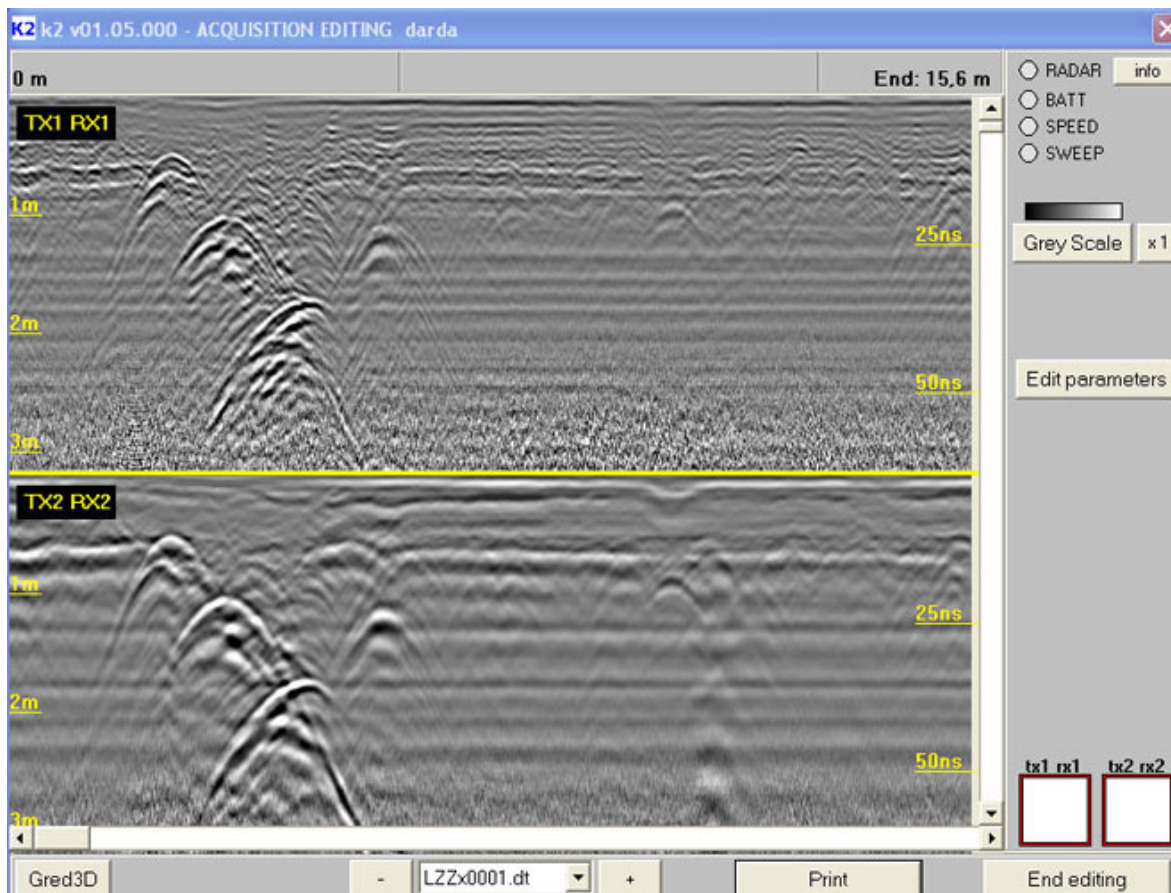


6. Postup sběru dat

Při sběru dat byl použit software K2 FAST WAVE navržený pro práci s IDS DAD FastWave řídicími jednotkami. Postup při práci s K2 Fast Wave se skládal z následujících kroků:

- Nastavení konfigurace
- Kalibrace sestavy
- Nastavení parametrů sběru dat
- Výběr měření
- Vlastní sběr dat
- Zpětné prohlížení a kontrola naměřených dat

Po sestavení systému a jeho upevnění na měřicí vozík následovalo jeho nastavení a kalibrace. Nejprve byl nastaven počet a druh antén, nastavena poloha vysílačů a přijímačů vzhledem ke zvolenému relativnímu souřadnicovému systému. Dále byla provedena kalibrace odometru. Po těchto činnostech následovalo vlastní nastavení pro sběr dat v programu K2 Fast Wave.



Konkrétně byl zvolen časový interval (*time window, range*) [ns] záznamu odraženého signálu pro každou jednotlivou frekvenci. Pro frekvenci 2000 MHz byla tato hodnota na 15ns a pro frekvence 400 a 900 MHz na 40 resp. 60 ns. Poté byla zadána předpokládaná rychlost šíření [m/ns] v diagnostikovaném médiu. Na základě těchto hodnot byla předběžně vypočtena maximální hloubka, ze které byl odražený signál zaznamenáván. Po určení časového intervalu bylo další fází nastavení počtu vzorků (512) pro záznam stopy odražené vlny. Následovalo nastavení faktoru odometru. Posledním krokem byla automatická kalibrace systému pro konkrétní prostředí na každém z měřených profilů.

7. Diagnostika měřených úseků

Diagnostika jednotlivých úseků je níže rozdělena do části popisující současný stav (včetně identifikace poruch vozovky) a části vyhodnocení, kde je obsažena interpretace pořízených radargramů.

Níže uvedené radargramy s grafickými poznámkami jsou pouze ilustrativní, zjednodušené výstupy z programu ReflexW. Identifikace a určení pozic rozhraní a vyhodnocení anomálií a stanovení tloušťky konstrukčních vrstev probíhalo za použití více algoritmů vyhodnocení záznamu, které nemohou být sloučeny v jeden souhrnný grafický výstup.

U1 km 7,620 – 7,628 - vozovka před sjezdem (V2 7,800 (+172 m))

Současný stav



Souvrství vozovky dle projektu: hloubka

50 ACO 11+	50
70 ACP 16+	120
200 RS CA	320
200 GE (ŠDa)	520



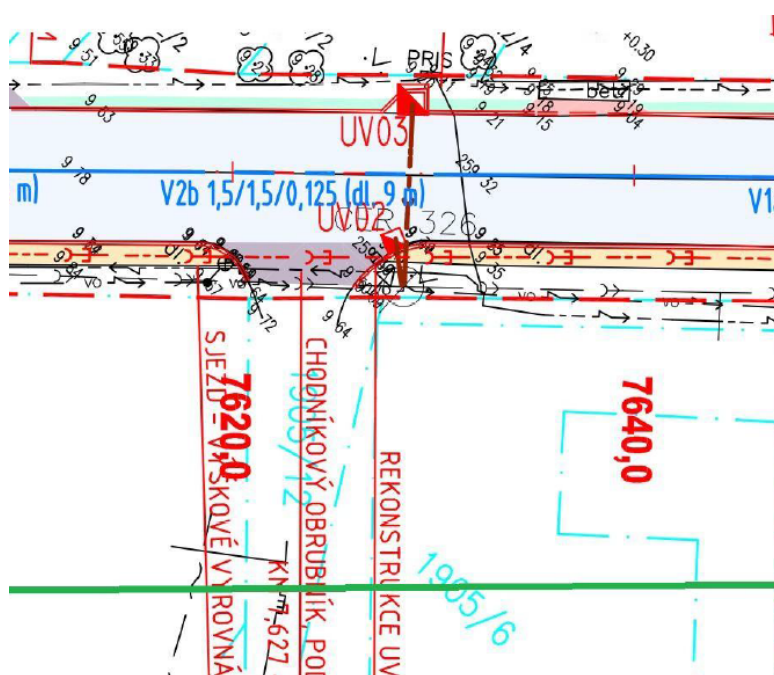
Na základě vizuální prohlídky úseku byly dle katalogu TP 82 tyto poruchy vozovky:

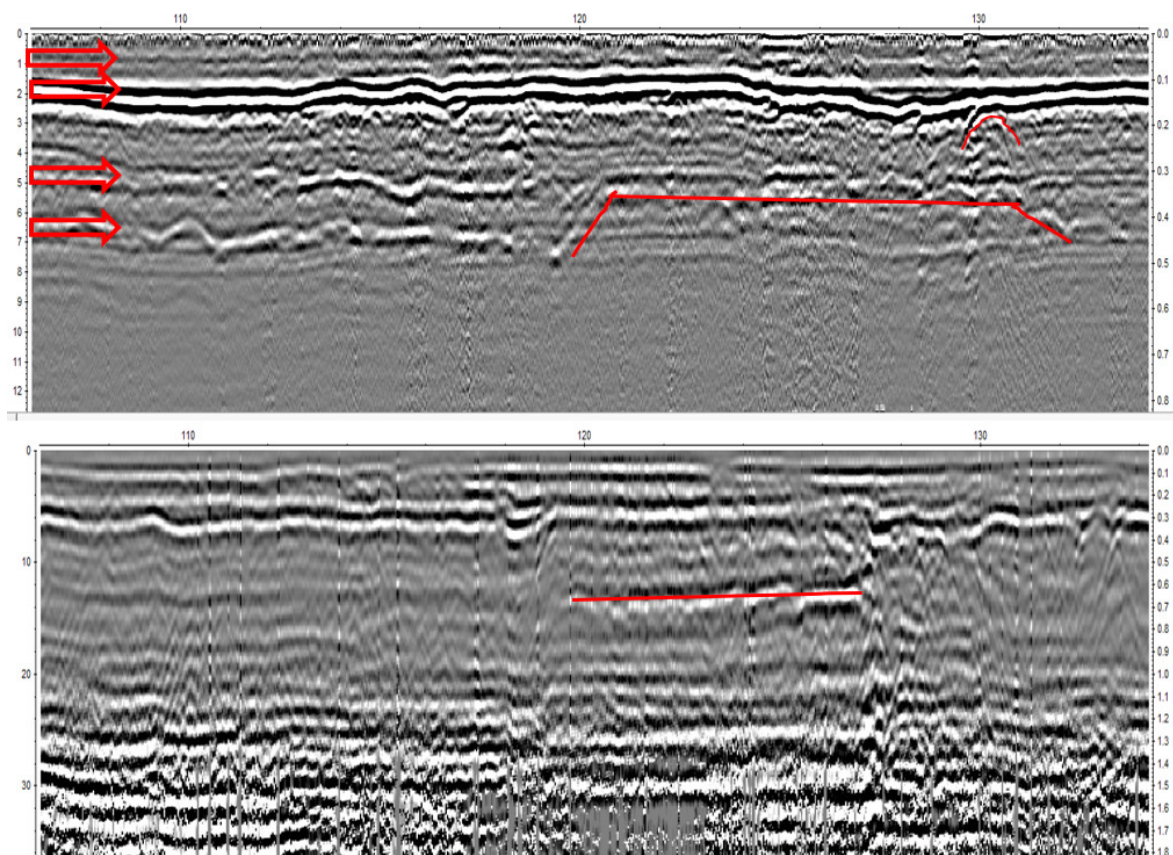
- příčná nerovnost / místní pokles,
- síťové trhliny

Vyhodnocení

Na základě pořízených radargramů byly za použití tabulkových hodnot rychlosti šíření EM signálu v materiálech určeny následující tloušťky a hloubky rozhraní konstrukčních vrstev v tomto úseku. Označení vrstev vyplývají pouze z projektové dokumentace. V rámci diagnostiky GPR nebyly provedeny žádné odběry nebo zkoušky konstrukčních materiálů.

<u>Souvrství vozovky</u>	<u>hloubka</u>
45-55 ACO 11+	45-55
65-90 ACP 16+	110-160
190-230 RS CA	370-400
150-180 GE (ŠDa)	550-580



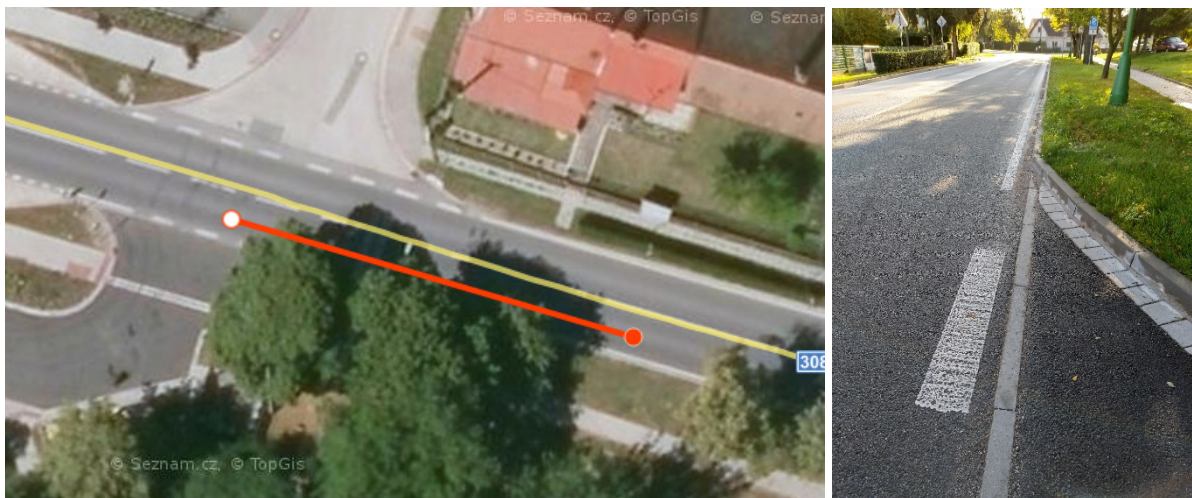


Zpracováním naměřených dat a interpretací radargramů byly v tomto úseku zjištěny následující skutečnosti a stanoveny níže uvedené předpoklady:

- v očekávané hloubce dle projektové dokumentace byly detekovány vrstvy krytu a vrstvy podkladní; určené intervaly hloubek rozhraní jednotlivých vrstev jsou uvedeny výše;
- v místě napojení místní komunikace byla zjištěna změna charakteru a polohy rozhraní spodní podkladní vrstvy a podloží; ve stejném místě bylo v hloubce 0,65 m zjištěno rozhraní materiálu se silným odrazem, které nebylo na základě projektové dokumentace očekáváno; přechod mezi podkladní vrstvou a podloží byl nejednoznačný; uvedené anomálie mohou souviset se zvýšenou přítomností vody v konstrukci ve spodní podkladní vrstvě spojenou s infiltrací jemnozrnných materiálů do této vrstvy nebo způsobem provedení podkladní vrstvy v místě sjezdu místní komunikace;
- v radagramu byla dále identifikována stávající uliční vpust'.

U2 km 7,904 – 7,912 - vozovka za zastávkou (V4 8,123 (+210 m))

Současný stav



Souvrství vozovky dle projektu: hloubka

50 ACO 11+	50
70 ACP 16+	120
200 RS CA	320
200 GE (ŠDa)	520



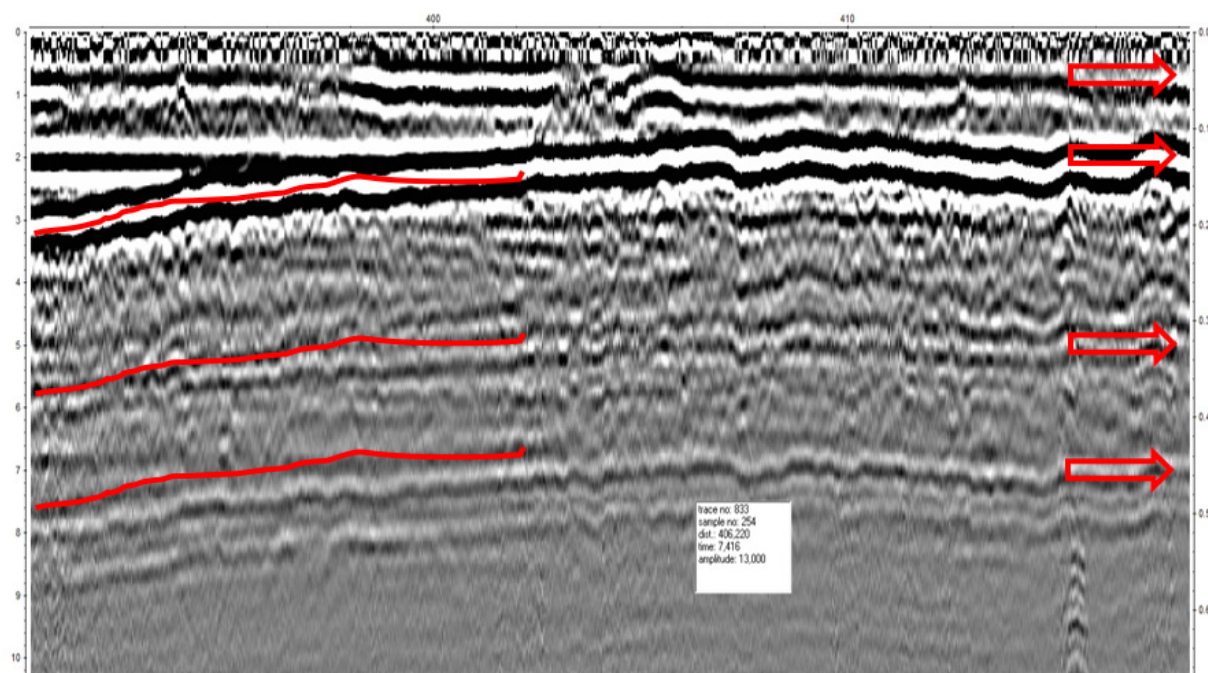
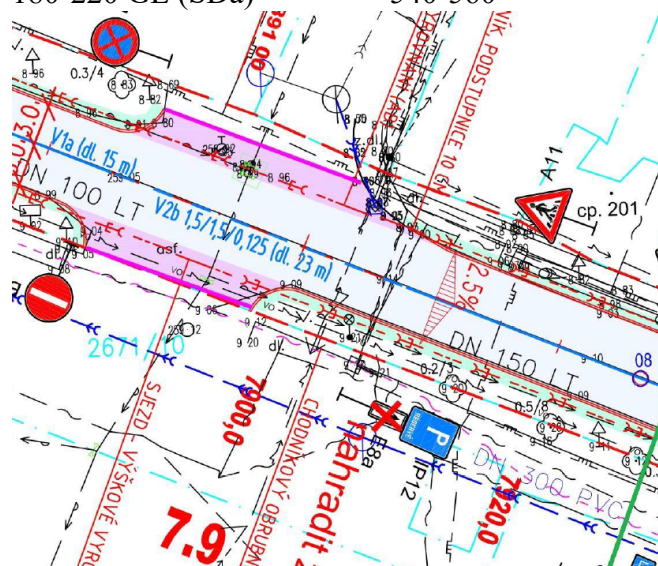
Na základě vizuální prohlídky úseku byly dle katalogu TP 82 tyto poruchy vozovky:

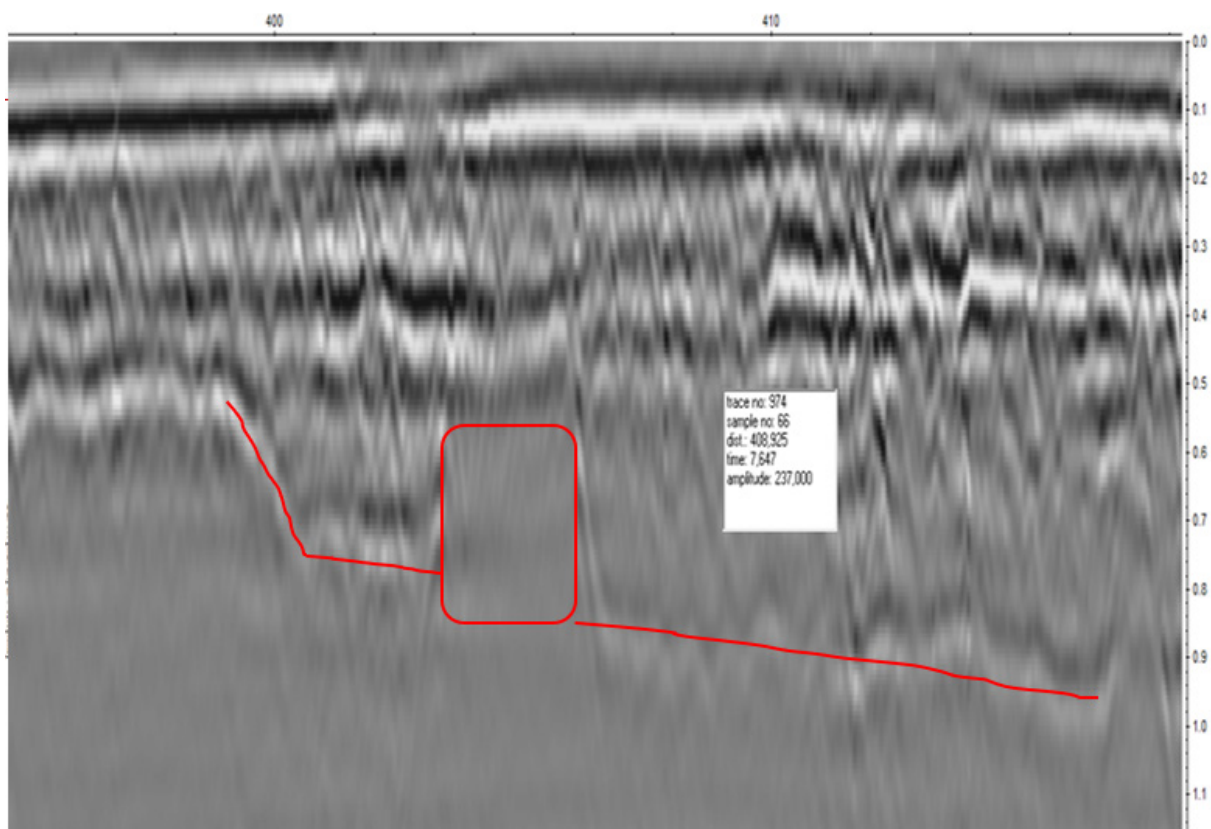
- příčná nerovnost / místní pokles,
- síťové trhliny

Vyhodnocení:

Na základě pořízených radargramů byly za použití tabulkových hodnot rychlosti šíření EM signálu v materiálech určeny následující tloušťky a hloubky rozhraní konstrukčních vrstev v tomto úseku. Označení vrstev vyplývají pouze z projektové dokumentace. V rámci diagnostiky GPR nebyly provedeny žádné odběry nebo zkoušky konstrukčních materiálů.

Souvrství vozovky	hloubka
60-65 ACO 11+	50-65
60-80 ACP 16+	125-140
210-240 RS CA	340-370
180-220 GE (ŠDa)	540-560





Zpracováním naměřených dat a interpretací radargramů byly v tomto úseku zjištěny následující skutečnosti a stanoveny níže uvedené předpoklady:

- v očekávané hloubce dle projektové dokumentace byly detekovány vrstvy krytu a vrstvy podkladní; určené intervaly hloubek rozhraní jednotlivých vrstev jsou uvedeny výše;
- ve staničení km 7,903 - 7,923 byla detekována přítomnost vody zasahující z podloží až do podkladní vrstvy (pokles rozhraní kryt/podklad);
- ve staničení km 7,909 se pravděpodobně nachází zvodnělé místo - silný útlum signálu (na radargramu výše znázorněno červeným obdélníkem).

U3 km 9,282 – 9,314 - před propustkem (V3 9,140 (-142 m))

Současný stav



Souvrství vozovky dle projektu: hloubka

50 ACO 11+	50
70 ACP 16+	120
200 RS CA	320
200 GE (ŠDa)	520



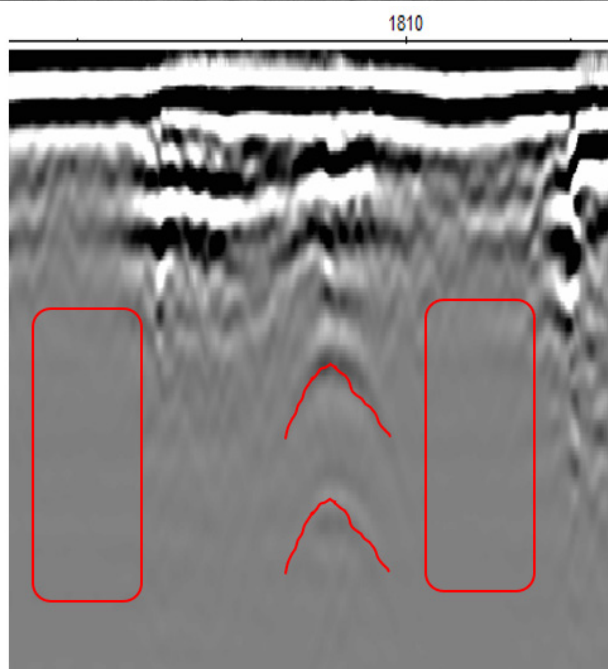
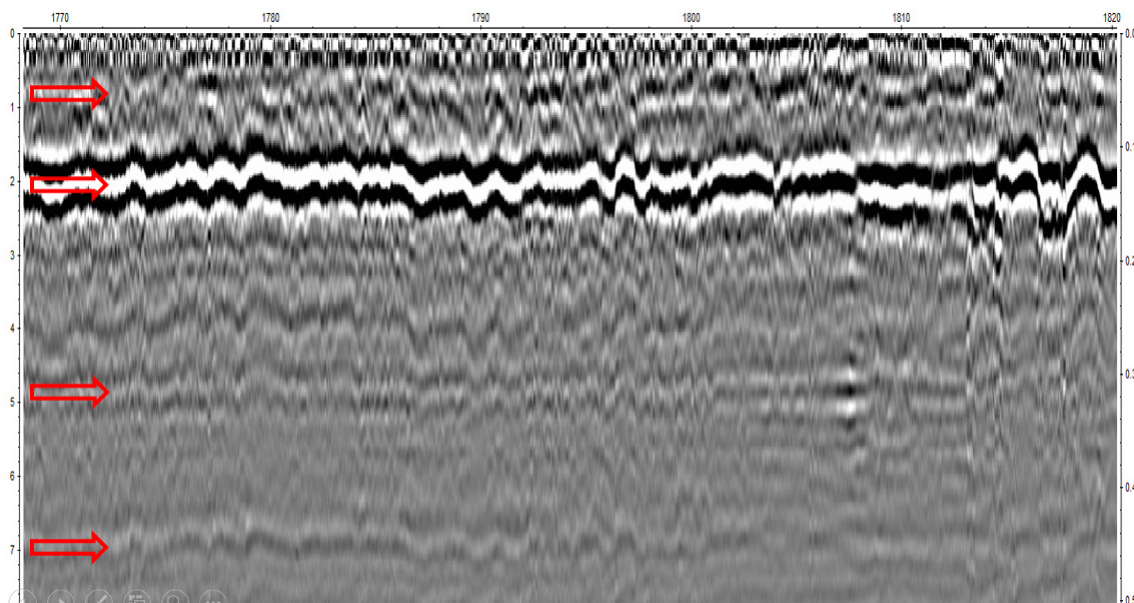
Na základě vizuální prohlídky úseku byly dle katalogu TP 82 tyto poruchy vozovky:

- příčná nerovnost / místní pokles,
- síťové trhliny

Vyhodnocení:

Na základě pořízených radargramů byly za použití tabulkových hodnot rychlosti šíření EM signálu v materiálech určeny následující tloušťky a hloubky rozhraní konstrukčních vrstev v tomto úseku. Označení vrstev vyplývají pouze z projektové dokumentace. V rámci diagnostiky GPR nebyly provedeny žádné odběry nebo zkoušky konstrukčních materiálů.

Souvrství vozovky	hloubka
40-60 ACO 11+	40-60
75-85 ACP 16+	120-140
240-260 RS CA	370-390
190-200 GE (ŠDa)	560-580



Zpracováním naměřených dat a interpretací radargramů byly v tomto úseku zjištěny následující skutečnosti a stanoveny níže uvedené předpoklady:

- v očekávané hloubce dle projektové dokumentace byly detekovány vrstvy krytu a vrstvy podkladní (slabé rozhraní obrusné a ložné vrstvy pravděpodobně z důvodu průniku vody trhlinami z povrchu vozovky); určené intervaly hloubek rozhraní jednotlivých vrstev jsou uvedeny výše;
- ve staničení km 9,312 je detekován umělý objekt - spodní a vrchní stěny propustku jsou na radargramu výše znázorněny červenými hyperbolami);
- v těsné blízkosti propustku (cca 2m) po obou stranách byly detekovány zóny s výrazným útlumem signálu, způsobeným pravděpodobně zvodněním v podloží souvisejícím s konstrukcí a funkcí odvodňovacího zařízení (na radargramu výše znázorněno červenými obdélníky).

U4 km 9,557 – 9,628 - sjezd až konec úseku (V5 9,540 (-17 m))

Současný stav

Souvrství vozovky dle projektu: hloubka

50 ACO 11+	50
70 ACP 16+	120
200 RS CA	320
200 GE (ŠDa)	520



Na základě vizuální prohlídky úseku byly dle katalogu TP 82 tyto poruchy vozovky:

- rozpad krytu vozovky
- podélná trhлина ve středu jízdního pásu,
- síťové trhliny – „prolomení vozovky“ v levém jp,
- ztráta asfaltového tmelu

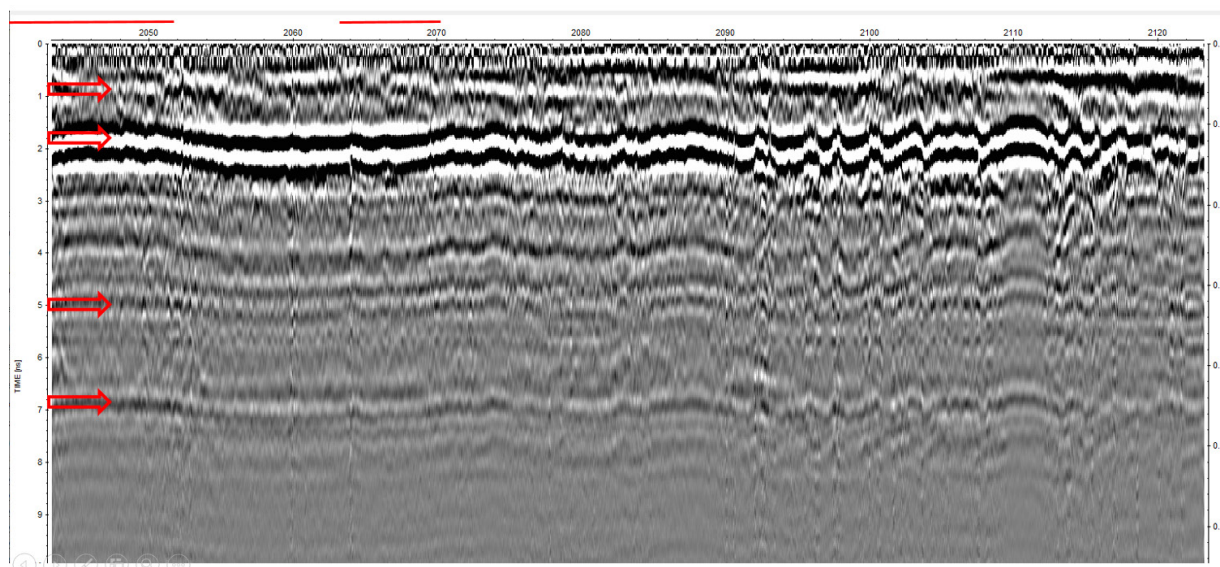


Vyhodnocení:

Na základě pořízených radargramů byly za použití tabulkových hodnot rychlosti šíření EM signálu v materiálech určeny následující tloušťky a hloubky rozhraní konstrukčních vrstev v tomto úseku. Označení vrstev vyplývají pouze z projektové dokumentace. V rámci diagnostiky GPR nebyly provedeny žádné odběry nebo zkoušky konstrukčních materiálů.

Souvrství vozovky	hloubka
35-55 ACO 11+	35-55
70-90 ACP 16+	115-140
170-190 RS CA	350-380
180-220 GE (ŠDa)	550-560

U4 2000



Zpracováním naměřených dat a interpretací radargramů byly v tomto úseku zjištěny následující skutečnosti a stanoveny níže uvedené předpoklady:

- v očekávané hloubce dle projektové dokumentace byly detekovány vrstvy krytu a vrstvy podkladní (slabé rozhraní obrusné a ložné vrstvy pravděpodobně z důvodu průniku vody trhlinami z povrchu vozovky); určené intervaly hloubek rozhraní jednotlivých vrstev jsou uvedeny výše;
- zvýšená vlhkost v oblasti rozhraní vrstev krytu a podkladu (silné odrazy v krytu, násobná rozhraní v podkladu).

U5 km 8,054 – 8,061 - před sjezdem a domem č.p. 117 (V3 7,980 (-56 m))

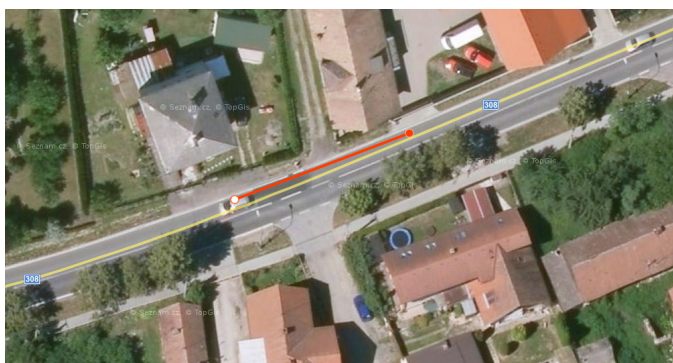
Současný stav

Souvrství vozovky dle projektu: hloubka

50 ACO 11+	50
70 ACP 16+	120
200 RS CA	320
200 GE (ŠDa)	520

Souvrství sanace: hloubka

40 ACO 11+	40
------------	----



Na základě vizuální prohlídky úseku byly dle katalogu TP 82 tyto poruchy vozovky:

- síťové trhliny,
- deformace vozovky,
- oprava se sanací podkladních vrstev

Vyhodnocení:

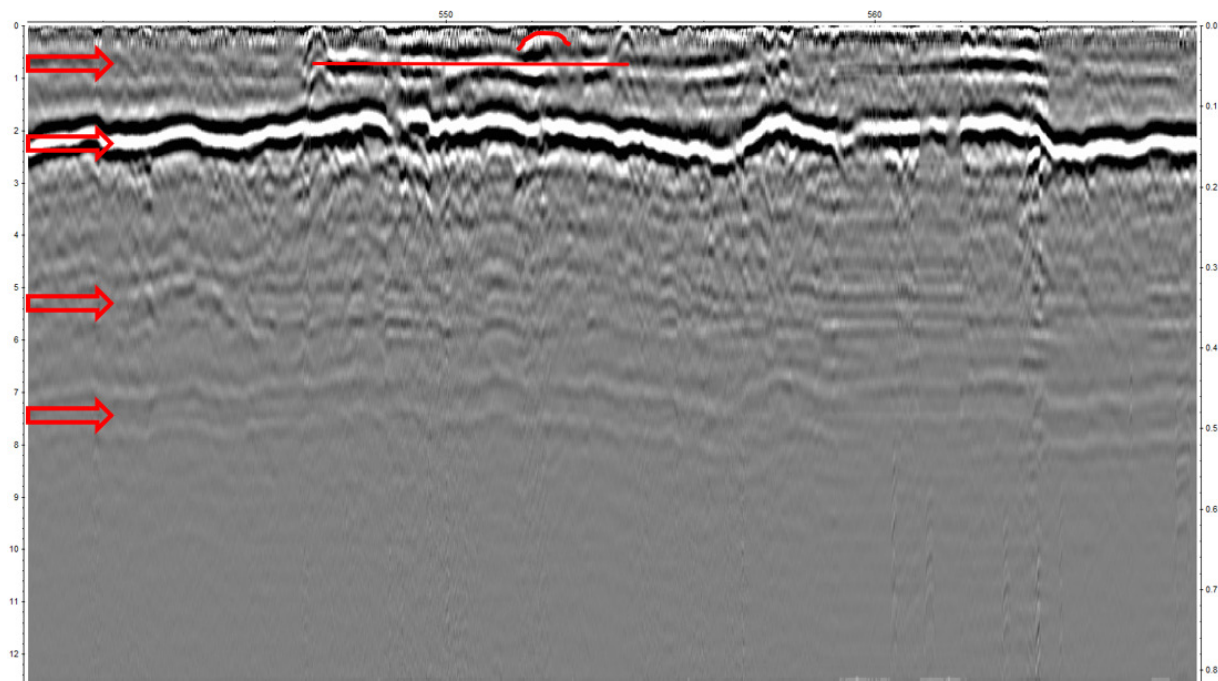
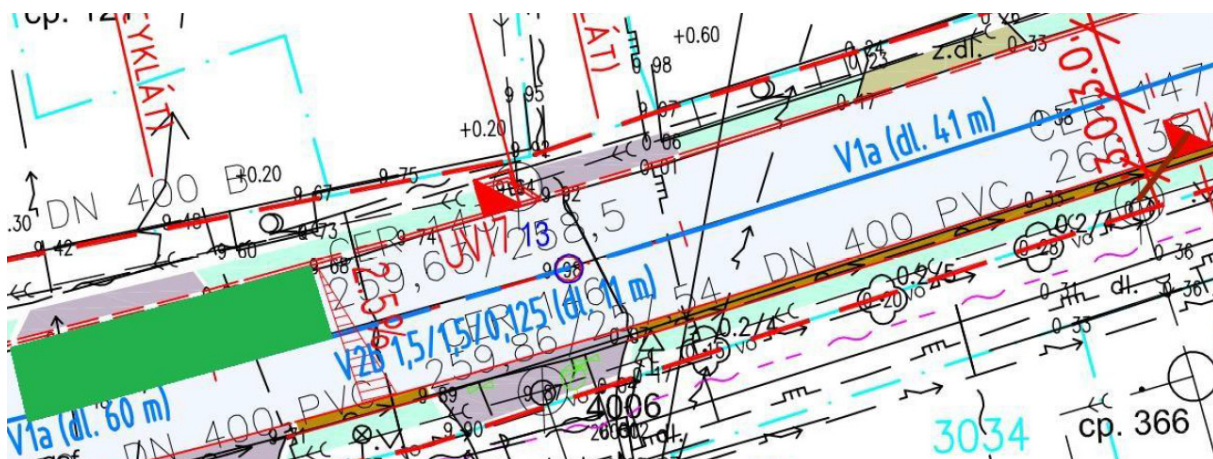
Na základě pořízených radargramů byly za použití tabulkových hodnot rychlosti šíření EM signálu v materiálech určeny následující tloušťky a hloubky rozhraní konstrukčních vrstev v tomto úseku. Označení vrstev vyplývají pouze z projektové dokumentace. V rámci diagnostiky GPR nebyly provedeny žádné odběry nebo zkoušky konstrukčních materiálů.

Souvrství vozovky hloubka

50 ACO 11+	50
70-105 ACP 16+	120-155
210-245 RS CA	330-400
180-220 GE (ŠDa)	530-580

Souvrství sanace hloubka

35-55 ACO 11+	35-55
---------------	-------



Zpracováním naměřených dat a interpretací radargramů byly v tomto úseku zjištěny následující skutečnosti a stanoveny níže uvedené předpoklady:

- v očekávané hloubce dle projektové dokumentace byly detekovány vrstvy krytu a vrstvy podkladní (velmi slabé rozhraní obrusné a ložné vrstvy pravděpodobně z důvodu průniku vody trhlinami z povrchu vozovky); určené intervaly hloubek rozhraní jednotlivých vrstev jsou uvedeny výše;
- ve staničení km 8,050 lokalizována sanace o délce cca 8m (na radargramu výše znázorněno vodorovnou červenou úsečkou) - ohraničená zálivkou s povrchovým odrazem, detekována uliční vpust' (bočním odrazem);
- byly zaznamenány méně zřetelné odrazy rozhraní podkladních vrstev pravděpodobně způsobené zvýšenou vlhkostí v této oblasti;

8. Závěr

Byla provedena diagnostika vozovky silnice II/308 v úseku km 7,50375 až km 9,62700 dle projektového staničení. Tato diagnostika byla zaměřena na určení tloušťky konstrukčních vrstev vozovky a detekce nehomogenit (převážně zvodnělých míst) v podloží komunikace.

Byly provedeny 2 měřicí profily: profil AA - v pravém jízdním pruhu dle směru staničení a profil AB – v levém jízdním pruhu, proti směru staničení. Profily byly vedeny ve vnější jízdní stopě vozidla, cca 0,75 m od krajnice.

Na řešených úsecích byly v drtivé většině detekovány konstrukční vrstvy s tloušťkami odpovídajícími projektové dokumentaci za použití rozmezí tabulkových hodnot rychlosti šíření EM signálu v materiálech. V posuzovaných úsecích nebyly k dispozici údaje z jádrových vývrtů nebo kopných sond. Uvedené tloušťky jsou tedy pouze orientační bez ověření.

Kromě lokálních nehomogenit popsaných v kapitole 7 byla detekována převážně místa s vyšším výskytem vlhkosti v konstrukčních vrstvách a podloží komunikace, případně lokální zvodnění.