

ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA

III/3935 Senorady – hranice kraje

Diagnostický průzkum vozovky

Objednatel:

Správa a údržba silnic Jihomoravského kraje, příspěvková organizace kraje
Žerotínovo náměstí 449/3
602 00 Brno

Datum zpracování: 30. 6. 2023

Výtisk č. 1

1 ZÁKLADNÍ ÚDAJE

1.1 IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název:	III/3935 Senorady – hranice kraje
Objednatel:	Správa a údržba silnic Jihomoravského kraje, příspěvková organizace kraje, Žerotínovo náměstí 449/3 602 00 Brno
Zhotovitel:	Centrum dopravního výzkumu, v. v. i., Líšeňská 2657/33a, 636 00 Brno

1.2 VŠEOBECNĚ

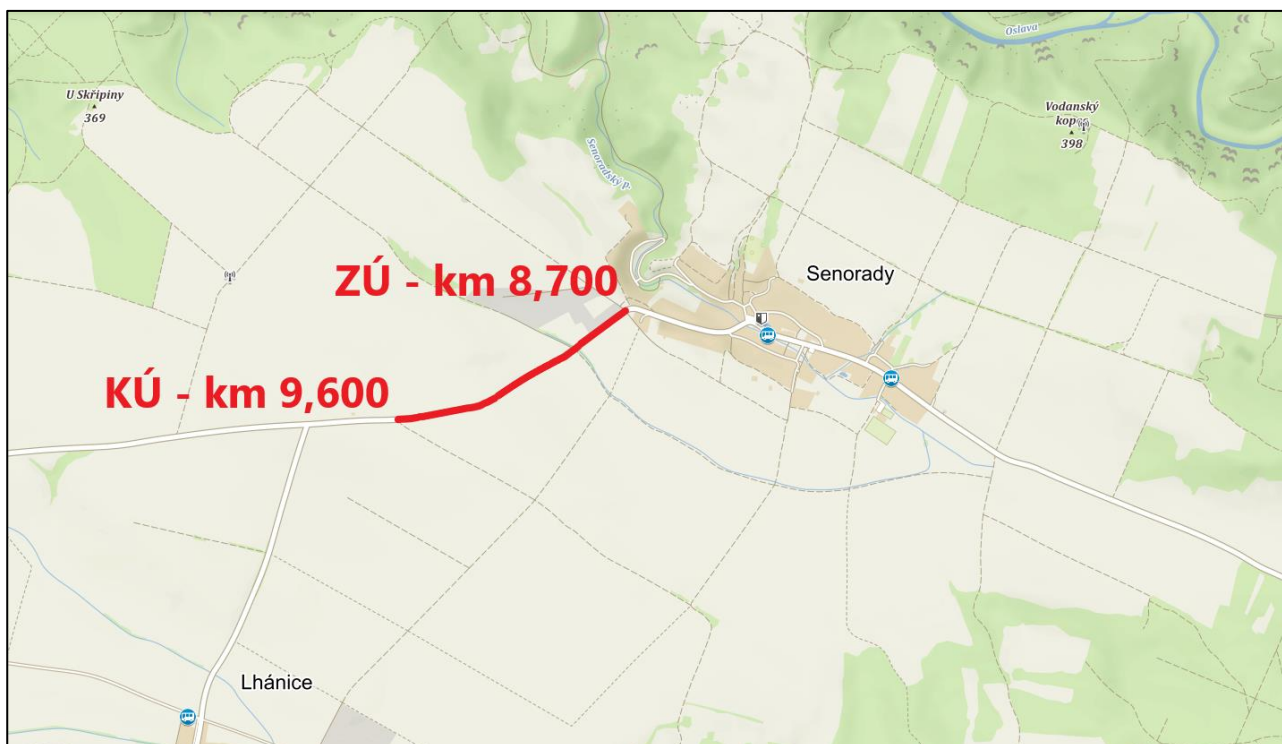
Na základě smlouvy provedl zhotovitel diagnostický průzkum vozovky silnice **III/3935 Senorady – hranice kraje**. Návrh opravy byl stanoven na základě těchto provedených činností:

- Vizuální prohlídka se záznamem poruch a fotodokumentací.
- Měření průhybů rázovým zařízením FWD, vyhodnocení únosnosti (zbytková životnost, zesílení).
- Odběr jádrových vývrtů a sond.
- Laboratorní zkoušky asfaltových vrstev – rozbor asfaltové směsi, analýza PAU.

Hodnocení konstrukce vozovky bylo stanoveno posouzením stávajících parametrů dle TP 82 a TP 87.

2 LOKALIZACE ÚSEKU

- diagnostikovaný úsek: **III/3935 Senorady – hranice kraje** (viz obrázek 1)
- provozní staničení: **km 8,700 – 9,600**
- dopravní zatížení: **sčítací úsek 6-6640; $TNV_0 = 113$ [voz/24 h]**



Obrázek 1: Orientační situace diagnostikovaného úseku III/3935 Senorady – hranice kraje

3 STAV POVRCHU VOZOVKY

Na diagnostikovaném úseku provedena vizuální prohlídka s fotodokumentací. Grafický záznam poruch je uveden v příloze 1. Kompletní fotodokumentace je k dispozici v elektronické podobě na přiloženém disku. Název fotografie odpovídá místu staničení, ve kterém byl snímek pořízen.

VYHODNOCENÍ VIZUÁLNÍ PROHLÍDKY

Vyhodnocení stavu povrchu vozovky bylo provedeno na základě zatřídění poruch dle TP 82. Vyskytující se poruchy, včetně určení jejich souhrnného rozsahu, je uvedeno v tabulce 1.

Tabulka 1: Výsledky vizuální prohlídky vozovky

č. dle TP 82	Název poruchy	Porušená plocha [%] Četnost (č. 12, 14, 16) [ks/úsek]
07	Hloubková koroze	40
08	Výtluky	5
09	Vysprávký	10
18	Olamování okrajů vozovky	15
24	Místní pokles	10
25	Podélný pokles	2

4 VÝSLEDKY MĚŘENÍ RÁZOVÝM ZAŘÍZENÍM FWD

Na posuzovaném úseku byly provedeny rázové zatěžovací zkoušky, při kterých se měřily průhyby povrchu vozovky (viz příloha 2). Měření bylo provedeno rázovým zařízením FWD/HWD RODOS 2012 při zatížení, které je přibližně ekvivalentní s dotykovým tlakem návrhové nápravy. Průhyby byly zaznamenány na snímačích ve vzdálenostech 0, 300, 600, 900, 1200, 1500, 1800 a 2100 mm od osy zatížení. Průhyby byly měřeny v pravé jízdní stopě vozidel se střídavým umístěním v jízdních pruzích a normovány na sílu 50 kN teplotu 20 °C. Vzdálenost mezi diagnostikovanými body byla 25 m.

Pro vyhodnocení únosnosti byly použity tyto parametry:

- návrhová úroveň porušení: D1
- dopravní zatížení: $TNV_0 = 113$ [voz/24 h]; $TNV_k = 113$ [voz/24 h] \rightarrow TDZ = IV
- tloušťky vrstev konstrukce vozovky (viz příloha 3)

4.1 MĚŘENÉ PRŮHYBY, VÝPOČET RÁZOVÝCH MODULŮ PRUŽNOSTI

Z naměřených hodnot průhybů se vypočítaly pomocí zpětného výpočtu rázové moduly pružnosti jednotlivých konstrukčních vrstev vozovky a podloží. Rázové moduly pružnosti, změřené hodnoty průhybů na všech snímačích a grafické průběhy průhybů měřeného úseku (graf P2.1 - P2.2) jsou uvedeny v příloze 2.

4.2 STANOVENÍ ZBYTKOVÉ ŽIVOTNOSTI A NÁVRH ZESÍLENÍ

Vypočtené hodnoty rázových modulů pružnosti byly použity jako vstupní veličiny analytického návrhu konstrukce vozovky. U asfaltových vrstev byly moduly pružnosti opraveny na návrhovou teplotu dle TP 87. Analytickou návrhovou metodou se vypočítaly deformační charakteristiky:

- poměrné přetvoření na spodním líci asfaltem stmelených vrstev ε_t
- poměrné stlačení na povrchu podloží ε_z

Výstupem je maximální počet přejezdů TNV_{lim} odpovídající vypočítaným deformačním charakteristikám, ze kterého se při znalosti současného dopravního zatížení a prognóze jeho vývoje do budoucnosti vypočítala zbytková životnost vozovky. Veškeré hodnoty jsou uvedeny v příloze 2.

4.3 SHRNUÍ VÝSLEDKŮ

V příloze 2 je vypočítáno prosté zesílení vozovky pro každý měřený bod. Ve statistickém zpracování je vypočítán 15 % percentil zesílení, tzn., že pouze 15 % vozovky může být poddimenzováno. V návrhu opravy je vypočítáno zesílení pro navrženou opravu tak, aby výsledná životnost po opravě dosahovala **25 let** pro dané dopravní zatížení včetně predikovaného nárůstu. V tabulce 2 je uvedena zbytková životnost a prosté zesílení vozovky diagnostikovaného úseku.

Tabulka 2: Zbytková životnost a teoretické prosté zesílení vozovky

Název komunikace	Provozní staničení ZÚ – KÚ [km]	Dopravní zatížení TNV_k [voz/24 h]	Zbytková životnost [roky]	Tloušťka prostého zesílení [mm]
III/3935 Senorady – hranice kraje	8,700 – 9,600	113	1,4	90

5 JÁDROVÉ VÝVRTY A SONDY

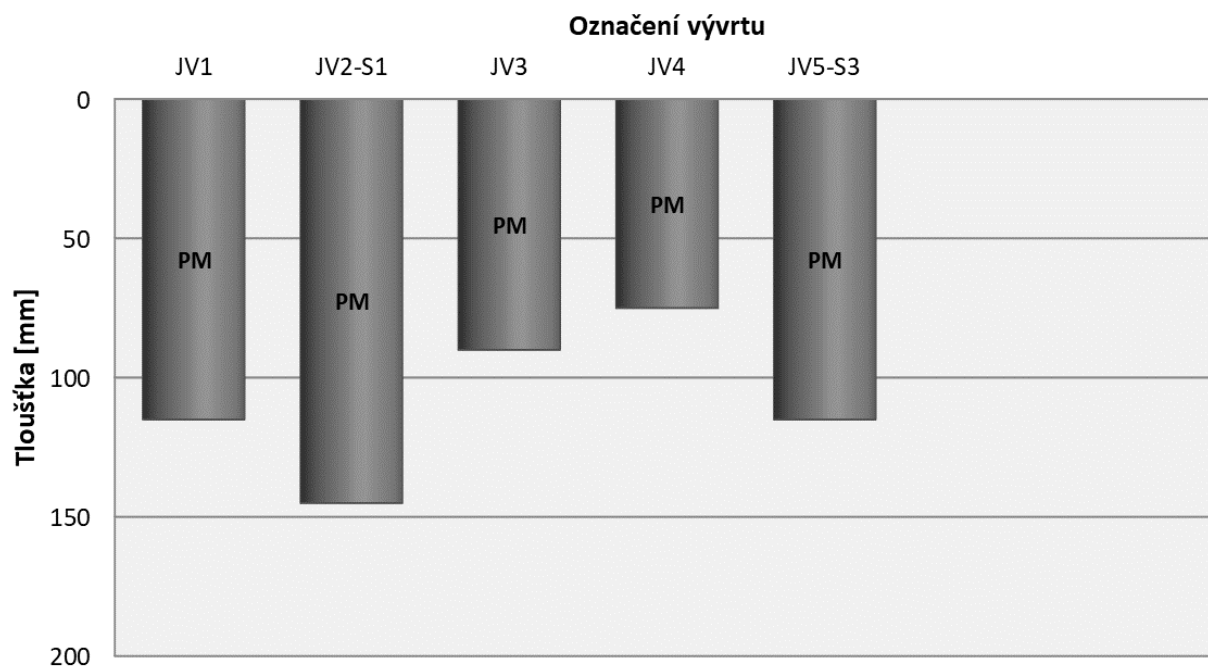
Pro účely zjištění údajů o konstrukci vozovky a jejího podloží byly odebrány jádrové vývrty, vrtané a kopané sondy. Místa odběru byla vybrána na základě vizuální prohlídky. Dokumentace jádrových vývrtů a sond je uvedena v příloze 3.

Odběr jádrových vývrtů a vrtaných sond byl proveden v akreditovaném režimu. Kopané sondy byly provedeny mimo akreditovaný režim.

Základní informace získané z odebraných jádrových vývrtů a sond jsou uvedeny v tabulce 3, 4 a grafu 1, 2.

Tabulka 3: Základní údaje o jádrových vývrtech

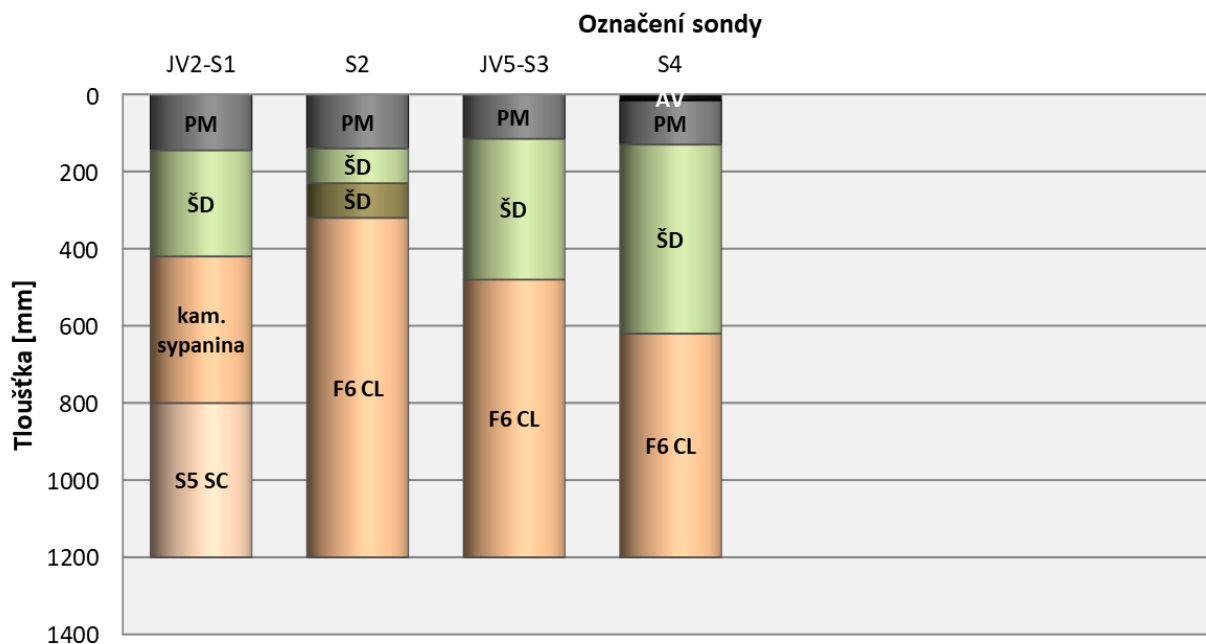
Označení	Staničení [km] jízdni pruh	Tloušťka AV [mm]	Podkladní vrstva	Nespojení AV [hloubka v mm]
JV 1	0,050 – P	115 (PM)	ŠD	-
JV 2 – S 1	0,180 – L	145 (PM)	ŠD	-
JV 3	0,320 – P	90 (PM)	ŠD	-
JV 4	0,590 – L	75 (PM)	ŠD	-
JV 5 – S 3	0,720 – P	115 (PM)	ŠD	-



Graf 1: Vývrty – tloušťky vrstev vozovky

Tabulka 4: Základní údaje o sondách

Označení		JV 2 – S 1		S 2		JV 5 – S 3	
Staničení [km] jízdní pruh		0,180 – L		0,450 – L		0,720 – P	
Konstrukční vrstvy – materiál, tloušťka [mm]	1	PM	145	PM	140	PM	115
	2	ŠD	275	ŠD	90	ŠD	365
	3	-	-	ŠD	90	-	-
Podloží [mm]		kam. sypanina S5 SC	380 400	F6 CL	880	F6 CL	720
Σ hloubka [mm]		1 200		1 200		1 200	
Označení		S 4		-		-	
Staničení [km] jízdní pruh		0,830 – L		-		-	
Konstrukční vrstvy – materiál, tloušťka [mm]	1	AV	15	-	-	-	-
	2	PM	115	-	-	-	-
	3	ŠD	490	-	-	-	-
Podloží [mm]		F6 CL	580	-	-	-	-
Σ hloubka [mm]		1 200		-		-	



Graf 2: Sondy – tloušťky vrstev vozovky

6 LABORATORNÍ ZKOUŠKY ASFALTOVÝCH VRSTEV

6.1 ROZBOR ASFALTOVÉ SMĚSI

Na základě odebraných jádrových vývrtů a sond byly získány informace o konstrukci diagnostikované vozovky. Vzhledem k nevhodnosti zjištěných vrstev k provedení laboratorních zkoušek ke stanovení vlastností vzorku neznámé asfaltové směsi nebyly tyto zkoušky oproti objednávce provedeny.

6.2 STANOVENÍ POLYCYKlickÝCH AROMATICKÝCH UHLOVODÍKŮ (PAU)

Obsah polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU) v asfaltových vrstvách byl zjišťován plynovou chromatografií. **Při použití znovuzískaných asfaltových směsí je nutné postupovat podle vyhlášky č. 130/2019 Sb.** Výsledky zkoušek jsou uvedeny v tabulce 5 a v příloze 4.

Tabulka 5: Rozbor asfaltových vrstev – stanovení PAU

Označení	Staničení analyzované plochy [km]	Hloubka zkoušených vrstev [mm]	Σ PAU [mg/kg]	Kvalitativní třída
JV 2 – S 1	0,000 – 0,450	0 – 145	12,9	ZAS – T2
JV 5 – S 3	0,450 – 0,900	0 – 115	4,16	ZAS – T1

7 NÁVRH OPRAVY VOZOVKY

Návrh opravy vychází z výsledků vizuální prohlídky poruch vyskytujících se na diagnostikovaném úseku vozovky, rázových zkoušek provedených zařízením FWD, odběru jádrových vývrtů a sond a provedených laboratorních rozborů.

Na diagnostikovaném úseku silnice III/3935 se vyskytují poruchy ze skupin ztráta hmoty a deformace. Vozovka je porušena především četnými vysprávkami a výtluky v místě okrajů vozovek, které způsobují nepravidelné nerovnosti povrchu vozovky.

Konstrukční poruchy se na úseku nevyskytují, avšak analýza průhybů změřených rázovým zařízením FWD prokázala nízkou únosnost, vyčerpanou zbytkovou životnost vozovky a nízké hodnoty rázových modulů pružnosti všech vrstev vozovky.

Kryt konstrukce vozovky se skládá z penetračního makadamu nízké tloušťky (90 - 145 mm), přičemž stmelená část PM má tloušťku maximálně 75 mm (většinou je tloušťka nižší). Podkladní vrstvy tvoří štěrkodrt proměnlivé tloušťky (180 - 490 mm). Podloží tvoří jíl F6 CL (nevhodná zemina do aktivní zóny vozovky). V sondě S 1 byla zastižena kamenitá sypanina a písek S5 SC. Vzhledem k nízkému dopravnímu zatížení a stavu poruch, které neindikují vliv neúnosného podloží, lze toto podloží pod konstrukcí vozovky ponechat.

Výsledky stanovení obsahu polycyklických aromatických uhlovodíků jsou příznivé (ZAS-T1 a ZAS-T2).

Vozovka vykazuje:

- poškozené stmelené vrstvy,
- podkladní vrstvy, které je možné využít pro recyklaci za studena na místě podle ČSN 73 6147,
- funkční podloží, do kterého není nutné zasahovat.

Z uvedených důvodů je nutné:

- vybudovat nové podkladní vrstvy a umožnit zpětné použití vrstev vozovky recyklací na místě podle ČSN 73 6147,
- zhotovit nový kryt vozovky.

OPRAVA VOZOVKY

- **Rozfrézování recyklační frézou do potřebné hloubky.**
- **Recyklace za studena na místě a zhotovit vrstvu RS 0/32 CA; 250 mm; ČSN 73 6147.**
 - Takto znovuzískaná asfaltová směs (recyklací za studena na místě) se podle vyhlášky č. 130/2019 Sb. zařazuje do třídy ZAS-T1 a ZAS-T2 a podle § 4 nestává odpadem a je vedlejším produktem.
 - Z důvodu zvýšení tuhosti konstrukce vozovky a potřeby proniknutí účinku zesílení podkladních vrstev do větší hloubky, byla zvolena tloušťka recyklace 250 mm.
 - Předpokládané dávkování asfaltové emulze 2,0 - 3,5 % v množství zbytkového asfaltu, dávkování cementu 2,5 - 5 %. Dávkování přísad bude upřesněno podle výsledků průkazní zkoušky.
- **Podle místních podmínek v době stavby provést infiltrační postřik PI-C v množství zbytkového pojiva 0,6 - 1,0 kg/m² dle ČSN 73 6129.**

- Infiltrační postřik se doporučuje provést v případě nutnosti udržení vlhkosti (např. v létě za horkého a suchého počasí) a zvýšení odolnosti proti dopravnímu zatížení staveništní dopravou.
- Pokud není provedení infiltračního postřiku z uvedených důvodů potřebné, doporučuje se postřik nerealizovat.
- Provést pokládku podkladní vrstvy ACP 16+ 50/70; 60 mm; ČSN 73 6121.
- Provést spojovací postřik PS-C v množství zbytkového pojiva 0,30 - 0,60 kg/m² dle ČSN 73 6129.
- Provést pokládku ohrubné vrstvy ACO 11+ 50/70; 40 mm; ČSN 73 6121.

8 POSOUZENÍ NAVRŽENÉ KONSTRUKCE VOZOVKY

Posouzení nově navržených konstrukcí bylo provedeno podle TP 170 + Dodatek (2010) výpočtem vrstevnatého poloprostoru a poměrného porušení pomocí programu LayEPS.

Posouzení vozovky : test typ3

Uroveň porušení	D1		počet kol	2
Návrhové období	25			
delta z	1.00	C1 = .50	poloměr otisku	120.3
delta k	1.00	C2 = 1.00	intenzita	.55
TNVo	113.	C3 = .70	vzdálenost kol	344.0
TNVc	515562.	C4 = 2.00		

Vrstvy :	čís.	materiál	tl.	spolupús.	poměrné porušení
	1	ACO +	40.	.000	.0000
	2	ACP +	60.	.000	.0269
	3	SC C3/4	250.	.000	.0000
		celkem	350.	min. tl.	550.

Podloží :	modul střední	50.	poměrné porušení	.5778
	modul jarní	50.		

index mrazu 600.
režim pendulární
nebezpečně namrzavé

9 ZÁVĚR

Oprava vozovky je založená na recyklaci současné vozovky do hloubky 250 mm a zhotovení nového krytu vozovky. Životnost konstrukce vozovky je 25 let. Celková tloušťka nově pokládaných asfaltových vrstev je 100 mm (niveleta se zvyšuje o 100 mm).

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1:** Vizuální prohlídka
Příloha 2: Výsledky měření rázovým zařízením FWD – průhyby vozovky, zbytková životnost a návrh zesílení
Příloha 3: Dokumentace jádrových vývrtů a sond
Příloha 4: Laboratorní zkoušky asfaltových vrstev – stanovení polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU)

Řešitelský kolektiv: Ing. Ilja Březina, Ph.D. Ing. Ondřej Machel
Ing. Jiří Grošek, Ph.D.

Brno, 30. 6. 2023

Za kolektiv řešitelů:

.....
Ing. Ilja Březina, Ph.D.

autorizovaný inženýr v oboru dopravní stavby
členské číslo ČKAIT: 1006818

Držitel oprávnění k provádění průzkumných a diagnostických
prací souvisejících s výstavbou, opravami, údržbou a správou
pozemních komunikací číslo 506/2021