

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF ROAD STRUCTURES

DIAGNOSTIKA VOZOVKY A NÁVRH OPRAVY

DIAGNOSTICS AND MAINTENANCE DESIGN

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MAREK SCHINDLER

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

prof. Ing. JAN KUDRNA, CSc.

BRNO 2012



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor 3647R013 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště Ústav pozemních komunikací

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student Marek Schindler
Název Diagnostika vozovky a návrh opravy
Vedoucí bakalářské práce prof. Ing. Jan Kudrna, CSc.
Datum zadání bakalářské práce 30. 11. 2011
Datum odevzdání bakalářské práce 25. 5. 2012
V Brně dne 30. 11. 2011

doc. Dr. Ing. Michal Varaus
Vedoucí ústavu



prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

TP 82 Katalog poruch vozovek

TP 87 Navrhování vozovek údržby a oprav netuhých vozovek

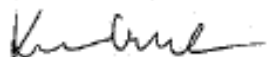
Zásady pro vypracování

Prostudovat uvedenou literaturu a provést vizuální prohlídku úseku silnice nejméně o délce 1 km, zpracovat dokumentaci a navrhnout další postup diagnostiky úseku pro návrh údržby a oprav.

Předepsané přílohy

Licenční smlouva o zveřejňování vysokoškolských kvalifikačních prací

1. Úvod
2. Popis metodiky zpracování BP
3. Vizuální prohlídka
4. Zhodnocení a návrh dalšího postupu
5. Závěr



prof. Ing. Jan Kudrna, CSc.
Vedoucí bakalářské práce

Bibliografická citace

SCHINDLER, Marek. *Diagnostika vozovky a návrh opravy: bakalářská práce*. Brno, 2012. 48s., 21s. příl. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební. Ústav pozemních komunikací. Vedoucí bakalářské práce prof. Ing. Jan Kudrna, CSc.

Abstrakt

Poruchy vozovek jsou nedílnou součástí užívání a stárnutí pozemních komunikací. Před návrhem jejich údržby a opravy je nezbytně nutné provést diagnostiku vozovky. Technické podmínky TP 82 a TP 87 popisují správné provedení diagnostických metod, způsoby jejich vyhodnocení a navrhování oprav vozovek. V bakalářské práci se zabývám provedením diagnostiky asfaltové vozovky s následným návrhem opravy, na silnici III/4301 v obci Nechvalín. Všechna měření, vyhodnocení, návrh opravy a fotodokumentace je součástí této práce.

Abstract

Failures of the roads are an integral part of the use and aging infrastructure. Before proposing their maintenance and repair is necessary to make the diagnosis of the road. Technical specifications of TP 82 and TP 87 describe the correct execution of diagnostic methods, their methods of evaluation and suggested repair of pavements. In the Bachelor's work I am making the diagnosis of asphalt, with the subsequent proposal for repairs on the road III/4301 in the village of Nechvalín. All measurements, evaluation, design, repair and photo documentation is included in this work.

Klíčová slova

Diagnostika, asfaltová vozovka, údržba, oprava, vizuální prohlídka

Key words

Diagnosis, The asphalt road, Maintenance, Repair, Visual inspection

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne

.....
podpis autora

Poděkování

Děkuji prof. Ing. Janu Kudrnovi, CSc., za odborné vedení práce a cenné rady.

Dále pak Ing. Květoslavu Urbancovi za zapůjčení materiálů týkajících se diagnostiky vozovky. Velké díky patří také společnostem Dopravoprojekt Brno a.s. a IMOS Brno a.s. za poskytnutí podkladů pro zhotovení práce.

Obsah

Úvod	9
Cíl	10
1 Diagnostika asfaltových vozovek	11
1.1 Základní pojmy	11
1.2 Klasifikace poruch	12
1.2.1 Druhy porušení	13
1.3 Mechanismy porušení asfaltových vozovek	13
1.3.1 Ztráta protismykových vlastností	14
1.3.2 Ztráta hmoty z krytu	14
1.3.3 Trhliny	15
1.3.4 Deformace vozovky	18
1.3.5 Hrboly	19
1.4 Sběr a vyhodnocení poruch	20
1.4.1 Sběr poruch	21
1.4.2 Hodnocení dle provozní způsobilosti	23
1.4.3 Stanovení dopravního zatížení	23
1.4.4 Hodnocení dle únosnosti konstrukčních vrstev	24
2 Návrh údržby a oprav asfaltové vozovky	28
2.1 Charakteristika stupňů odstranění poruch	29
2.1.1 Návrh běžné údržby	29
2.1.2 Návrh údržby	30
2.1.3 Návrh údržby a opravy	30
2.1.4 Návrh opravy zesílením vozovky	31
3 Praktická část	34
3.1 Základní údaje	34
3.2 Volba úseku	35
3.3 Lokalizace úseku	35
3.4 Hodnocení stavu povrchu vozovky – poruchy vozovky	36
3.4.1 Postup vizuální prohlídky	36
3.4.2 Výsledky a vyhodnocení	37

3.5	Dopravní zatížení	39
3.6	Rázové zatěžovací zkoušky	40
3.6.1	Měřená data	40
3.6.2	Vyhodnocení měření únosnosti	41
3.6.3	Kopané sondy	42
3.7	Zhodnocení výsledků diagnostického průzkumu	42
3.8	Návrh údržby a opravy vozovky	43
3.8.1	Silnice III/4301, část 1	43
3.8.2	Silnice III/4301, část 2	45
3.8.3	Silnice III/4301, část 3	46
Závěr		47
Seznam použitých zdrojů		48
Seznam použitých zkratk		49
Seznam příloh		50

Úvod

Jako téma bakalářské práce jsem zvolil „Diagnostiku vozovek a návrh opravy.“ V teoretické části nejprve vysvětlím zásady diagnostiky asfaltových vozovek dle TP 82 Katalog poruch netuhých vozovek, a dále pak principy, dle kterých se provádí údržba a oprava asfaltových vozovek u pozemních komunikací, dle TP 87 Navrhování údržby a oprav netuhých vozovek.

V Praktické části se budu zabývat skutečnou pozemní komunikací, a to asi 1500 m dlouhým úsekem silnice III/4301 v obci Nechvalín. Tuto silnici spravuje Jihomoravský kraj, který je i hlavním investorem stavby. Silnice spojuje obce Kyjov (11 800 obyv.) a Ždánice (2 700 obyv.) Provedu hodnocení stavu asfaltové vozovky diagnostickými metodami, a to vizuální prohlídkou s grafickým záznamem do formulářů, tuto prohlídku případně doplním i údaji z měření únosnosti deflektometerem, Součástí měření budou i kopané/vrtané sondy na zjištění stavu podkladních vrstev a mocnosti vozovky. Na základě zjištěných faktů provedu posouzení příčin vzniku poruch, jejich rozsah a intenzitu, poté samotný návrh oprav a také způsob odstranění příčin vzniku poruch.

Podklady jsem získal od firmy Dopravoprojekt Brno. Obsahují zaměření stávajícího stavu komunikace, jakož i sítí a kanalizace. Diagnostiku provádím ve spolupráci se společností IMOS Brno, která mi poskytne hodnoty z měření na přístrojích určených k diagnostice vozovek (rázový deflektometr FWD).

Diagnostika vozovek a navrhování jejich oprav a údržby je nedílnou a velmi důležitou součástí péče o silniční síť v ČR. Pozemní komunikace jsou vystaveny vzniku vad a nerovností zejména vlivem klimatických změn, zatížení dopravou, prosakováním vody do svrchních částí vozovky i podloží, nekvalitním provedení prací i jiných vlivů.

Tyto vady snižují komfort dopravy, způsobují problémy v plynulosti a bezpečnosti silničního provozu. Zvyšují náklady na provoz a údržbu dopravních prostředků. Pro zachování kvality silničních sítí v ČR je nutné poruchy vyhledat a odstranit.

Cíl

Cílem mé bakalářské práce je uceleně popsat a shrnout diagnostiku asfaltových netuhých vozovek, zákonitosti vzniku poruch a zjišťování příčin vzniku těchto poruch. Na základě těchto znalostí poté provést diagnostiku vozovky, včetně sběru dat a provedení diagnostiky na reálném úseku silnice III/4301. Dále pak navrhnout technologický postup oprav těchto poruch pro návrhové období (v ČR 25 let), tak aby se poruchy znovu neprojevíly.

1 Diagnostika asfaltových vozovek

Vzhledem k tomu, že převážná většina vozovek pozemních komunikací v České Republice je tvořena asfaltovými povrchy, rekonstrukce a opravy těchto vozovek jsou nedílnou součástí péče o silniční síť v ČR. Diagnostika vozovky je základním a prvním krokem při provádění jakékoliv údržby. Z dat získaných diagnostikou se poté vychází pro stanovení rozsahu oprav, správného technologického postupu, jakož i použitých materiálů. Také slouží ke stanovení vzniku vad a následnému odstranění těchto vlivů.

Je nezbytně nutné, aby diagnostiku, tedy zatřídění poruch a jejich sběr, prováděly kvalifikované a zkušené osoby s patřičným vybavením. Stejně tak měření na diagnostických přístrojích (rázový deflektometr) a laboratorní zkoušky, musí provádět akreditované osoby a laboratoře.

1.1 Základní pojmy

Diagnostika vozovek – je souhrn činností, zkoušek, měření a jiných metod, sloužících k hodnocení kvality vozovek u pozemních komunikací. Určuje rozsah poruch, důvody jejich vzniku a pomáhá nám při návrhu údržby nebo opravy silničních sítí. [1]

Mechanismus porušení – je souhrn mechanických, fyzikálních, chemických a jiných procesů, které způsobují poškození a porušení povrchu nebo konstrukce vozovky. [2]

Poruchy vozovek – vznikají kumulací poškození a dochází tak k poruchám: povrchu, obrusné vrstvy, krytu vozovek, všech asfaltových vrstev, konstrukce vozovky a podloží. [2]

Sběr poruch – zatřídění poruch je prvním předpokladem správného návrhu údržby nebo opravy. Druhým předpokladem je stanovení rozsahu poruch, jejich plošného výskytu a jejich četnosti. Toto se provádí při sběru poruch. [2]

Vizuální prohlídka – je souhrn činností směřujících k objevení a záznamu viditelných poruch. [2]

Systém hospodaření s vozovkou – poskytuje aktuální a objektivní informace o stavu pozemní komunikace a jeho cílem je optimalizace stavebních činností pro údržbu nebo opravu, tak aby byly technicky i ekonomicky využity vložené prostředky. [3]

1.2 Klasifikace poruch

Klasifikací poruch rozumíme zařazení poruch dle jejich významu, výskytu a druhu poruch. Zatříděním a stanovením jejich rozsahu vytvoříme podklady pro návrh údržby a opravy. Poté můžeme charakterizovat stav vozovky, její únosnost a spolu s ostatními vlastnostmi získanými diagnostickým průzkumem vytvořit podklady pro ekonomické rozhodování o technologiích údržby a opravy.

Technický stav pozemní komunikace ovlivňují tyto parametry:

- bezpečnost silničního provozu
- plynulost, rychlost, komfort silničního provozu
- další porušování konstrukce vozovky.

Z nich pak plynou sociální a finanční škody:

- ztráty na lidských životech, zdraví, a majetku
- zvýšené náklady na provoz a údržbu dopravních prostředků
- realizací údržby a oprav

Pro vymezení požadavků potřebných k odstranění poruchy je nutné určit velikost zasažené oblasti pozemní komunikace, a to jak plochu porušení, tak hloubku porušení (počet zasažených vrstev). Proto při klasifikaci poruch rozlišujeme 2 skupiny rozdělení. Jsou to *zatřídění poruch a rozsah poruch*. [2,4]

Zatřídění poruch: tímto rozumíme určení, které konstrukční vrstvy vozovky a podloží jsou zasaženy, které je nutné ke stanovení technologií údržby a opravy. Základní rozdíl je v místě vzniku poruchy, je-li to na povrchu vozovky, šíří se poškození do spodních vrstev podloží působením vody, klimatu a zatížení dopravou. V takovém případě je však včasným provedením opravy možné zpomalit nebo zastavit další porušování podloží. [2,4]

Nejhorší poruchy však vznikají v podloží a zemním tělese, většinou působením podzemní vody, nebo nekvalitním provedením prací při výstavbě. Pak je porušena celá konstrukce vozovky a je nutné provádět rozsáhlé opravy.

Rozsah poruch: stanovuje velikost a vývoj v ploše vozovky, je důležité pro stanovení rozsahu údržby nebo opravy. [2,4]

1.2.1 Druhy porušení

Poruchy vozovek zatřídíme do skupin, přičemž každá skupina může mít více druhů a každý druh může mít několik typů. V zásadě je třeba rozeznávat poruchy podle typu konstrukce vozovek: poruchy vozovek s asfaltovým krytem, a s cementobetonovým krytem. Já se budu zabývat asfaltovými vozovkami.

Rozlišujeme poruchy:

- povrchové, zapříčiněné účinky dopravního zatížení, klimatickými podmínkami respektive i vlastnostmi materiálu v obrusné vrstvě.
- konstrukční, příčinou těchto je únava materiálu, jejich degradaci a to zejména nadměrným namáháním podkladních vrstev.
- způsobené vodním režimem v podloží, příčinou kterých jsou změny v podloží, změny vlhkosti a objemové hmotnosti zemin a s tím spojené fyzikálně-mechanické vlastnosti.
- způsobené mechanickým nebo chemickým poškozením vozovky

1.3 Mechanismy porušení asfaltových vozovek

Na obrusné (povrchové) vrstvy vozovky se používají asfaltové směsi různých vlastností, které nazýváme asfaltovými betony. Tyto vlastnosti jsou ovlivněny různými faktory a frakcí kameniv ale i druhů asfaltů. Jako každý materiál podléhá i asfaltový beton korozi a opotřebení vlivem klimatu, teplot a dopravního zatížení.

Asfalt plní v asfaltovém betonu funkci pojiva. Je to však specifický materiál, na který má velmi výrazný vliv teplota. Jeho vlastnosti se při různých teplotách velmi výrazně liší, a to může mít velký vliv na poruchy vozovky. Při nízkých teplotách (podle druhu od -10°C do 5°C) anebo vysokých rychlostech zatížení (pak může být teplota o 10°C vyšší), se chová jako pevná a křehká hmota. Naopak při vysokých teplotách (40°C až 65°C) a dlouhodobém zatížení se chová jako hustá kapalina.

Tyto základní vlastnosti asfaltu ovlivňují chování vrstvy a také porušení vrstvy a poté i celé vozovky ztrátou hmoty, trhlinami a deformacemi. [2,5]

1.3.1 Ztráta protismykových vlastností

Je charakteristická poklesem součinitele tření. Rozeznáváme podélný součinitel tření (f_p) a boční součinitel tření (f_b). Vizuálně se projevuje hladkým lesklým povrchem. Porucha nastává zejména tehdy, když se použije lehce vyhladitelné kamenivo ve směsi anebo je ve směsi měkký asfalt s velkou tepelnou citlivostí. Vývoj poruchy je závislý na intenzitě dopravního zatížení. Zhoršuje se vytlačováním kameniva, když proniká na povrch asfaltová malta. Ztrátu drsnosti (protismykových vlastností) definují 2 kategorie.

Zhoršení protismykových vlastností:

- ztráta makrotextury povrchu vozovky (vyhladění povrchu krytu) – nastává uzavřením povrchu do hladké vrstvy bez vystupujících zrn plniva.
- ztráta mikrotextury povrchu vozovky (pocení povrch krytu) – nastává vyhlazením zrn plniva v povrchu vlivem dopravního zatížení. [2,4]

1.3.2 Ztráta hmoty z krytu

Spojení větších zrn asfaltových směsí je tvořeno asfaltovým tmelem (směs asfaltu a kameniva do 2 mm). Účinkem vody, stárnutím asfaltu a zatížením vozidly dochází k vypírání obrusné vrstvy kameniva a k uvolňování asfaltového tmelu. Následně poté dochází k obnažování větších zrn v asfaltové směsi, které se potom vylamují z povrchu, až dojde k odstranění celé obrusné vrstvy. Ponechá-li se tento proces bez povšimnutí, postupuje dále do dalších vrstev vozovky.

Vizuálně se projevuje otevřenou strukturou povrchu obrusné vrstvy, degradaci povrchu velmi významně napomáhá působení mrazu a chemické ošetřování silnic v zimním období. V konečné fázi vede ke vzniku výtluků.

Rozeznáváme tyto stádia porušení povrchu:

- ztráta tmelu (povrchová koroze) – odlupování obrusné vrstvy, vznikají různobarevné mapy.
- vylamování hrubého kameniva (hloubková koroze) - vznikají nerovnosti v povrchu do hloubky 6-20 mm. Uvolňují se již větší zrna ve směsi.
- výtluk v obrusné vrstvě – vylamují se zrna vyšší frakce nebo celé části směsi. Působením kol vozidel se rozšiřuje a prohlubuje. Může vést ke vzniku trhlin, může vznikat i v místech lokálních oslabení vozovky.
- výtluk v krytu – je konečným stádiem neopravených konstrukčních poruch. Rozpad obrusné vrstvy vozovky, případně celého krytu. [2,4]

1.3.3 Trhliny

Obyčejně vznikají ve vozovce v důsledku konstrukce vrstev krytu, následkem špatných styků vrstev na pracovních spárách. Dále také nedostatečnou únosností podloží a úložné vrstvy.

Šířka trhlin může být několik milimetrů až několik centimetrů. Podle směru rozeznáváme trhliny *příčné* a *kolmé*.

Příčné trhliny: směřují kolmo na osu vozovky

Kolmé trhliny: které jsou kolmé na osu vozovky [2.4]

1.3.3.1 Reflexní trhliny

Na mnoha komunikacích v ČR byly používány stmelené podkladní vrstvy. Jsou to materiály stmelené hydraulickými pojivy, cementem, popílkem nebo struskou. Mají vyšší pevnost a křehkost, jejich výhodou je však pouze vyšší pevnost a s nástupem MZK se od nich začalo upouštět.

Jednou z jejich nevýhod je tvorba reflexních trhlin. Ty vznikají v důsledku teplotních změn a smršťování, tyto jevy vyvolají u křehkých podkladních vrstev dilataci a prasknou. Takto vzniknou příčné trhliny přes celou délku vozovky, které se následně mohou prokopírovat do asfaltového krytu.

Platí pravidlo, že čím vyšší je pevnost podkladu, tím menší jsou vzdálenosti mezi trhlinami, ta se pohybuje mezi 3 m až 30 m. Rozšiřování trhlin pokračuje, proniká jimi voda a jsou zanášeny nečistotami.

Rozeznáváme tyto stádia:

- úzká trhlina
- široká trhlina
- odlamování hran trhliny
- narušení spojení mezi vrstvami, vznik podružných trhlin, jako mozaikových trhlin
- vytváření hrbolu vyplněním trhlin, při teplotních pohybech

Vzniku reflexních trhlin se dá předcházet několika kroky. Jako podporou vzniku mikrotrhlin dosáhneme přejezdy vibračním válcem po čerstvě položené vrstvě. Dále je to vytvoření spár nebo vrypů v čerstvě položené vrstvě, nebo zvýšením vrstvy asfaltového krytu.

[2,6]

1.3.3.2 Mrazové trhliny

Asfalt je materiál, jehož vlastnosti jsou přímo závislé na teplotě. Při vysokých teplotách vykazuje nízkou a při nízkých teplotách vysokou viskozitu. Se snižující se teplotou se zvyšuje elasticita a tuhost a snižuje se relaxační schopnost. Materiál se smršťuje a vzniká napětí, které když překročí pevnost v tahu asfaltové směsi, vede k tvorbě trhlin. Riziková teplota začíná kolem -20°C . Obzvláště kritické je rychlé ochlazení při nízké teplotě.

Trhliny se tvoří převážně kolmo ke směru jízdy, ale v kombinaci s vysokým dopravním zatížením vznikají i ve směru jízdy. Tvoří se u povrchu, ale opakovanými poklesy teploty a erozivním působením vody postupují směrem dolů, až narazí na spojení obrusné vrstvy s ložní nebo podkladní vrstvou vozovky. Pak se šíří buď dále do hloubky, nebo naruší spojení vrstev.

Stádia mrazové trhliny:

- úzká trhlina části šířky vozovky
- úzká trhlina přes celou šířku vozovky
- větvená trhlina nebo vytváření menších trhlinek
- rozšiřování a prohlubování trhlin, se vznikem přidružených trhlin [2,7]

1.3.3.3 Mozaikové trhliny

Charakteristickým průvodním jevem těchto trhlin je větvení, s následným spojováním do sítí. Vznikají nepravidelně dlouhé trhliny, zprvu málo znatelné, které se však postupem času začnou šířit a prohlubovat, souběžně se směrem pohybu vozidel. Dále se trhlina zahušťuje a vzniká mozaiková trhlina, tou proniká do spodní části voda a vozovka dále eroduje, což může vést až k tvorbě výtluků. Tato trhlina zasahuje obrusnou vrstvu vozovky.

Známe několik příčin vzniku mozaikových trhlin. Prvním je zvýšené stárnutí asfaltu. Ve spolupůsobení dopravního zatížení a nízké teploty dochází ke vzniku trhlinek v nejvíce namáhaném průřezu, nebo v místech oslabení vrstvy (nevhodné kamenivo, vyšší mezerovitost). Trhlinky vznikají převážně na okraji jízdní stopy. Dále pak narušením spojení mezi podkladní a obrusnou vrstvou, a to buď vlivem působení vody, která pronikla trhlinkami pod kryt, nebo nedostatky při výstavbě (další vrstva kladena na mokrý, znečištěný povrch, nebyl proveden spojovací postřik).

Stádia vývoje mozaikové trhliny:

- krátké, nepatrné nepravidelné trhlinky
- větvení trhlín do stop vozidel i mimo ně, vznikají rozvětvené trhliny
- větvení trhliny do stop i mimo ně, vznik rozvětvené trhliny
- spojování trhlínek v síť trhlín
- plošné zvětšování a zahušťování sítě trhlín
- postupná eroze a vylamování částí vrstvy mezi trhlínami
- vznik výtluků mezi trhlínami

[2]

1.3.3.4 Síťové trhliny

Jejich vznik je zapříčiněn únavou asfaltových vrstev. K tomu dochází opakovaným zatěžováním v místě nejvyššího namáhání vozovky (vyšší zatížení, než na které je vozovka navržena, přetížené kamiony). Na spodním lici vrstev se narušují spojení mezi zrny, dochází k oslabení průřezu a zvýšenému namáhání podloží. Vznikají trhliny, které postupují směrem vzhůru vrstvou, až dorazí na povrch. Pak následuje erozivní působení vody, trhliny se rozšiřují, spojují v síť, s menší hustotou než u mozaikových trhlín, ale porucha zasahuje všechny asfaltové vrstvy. Dochází k zatlačování vozovky do podloží a vznikají trvalé deformace. Vzniká-li tento typ poruchy na okraji vozovky, dochází k olamování okrajů vozovky a propadání.

Odstranění vyžaduje zásah do konstrukčních vrstev vozovky, což je spojeno s vysokými náklady na opravu.

Vývoj síťové trhliny:

- podélná trhlina v místech nejvyššího namáhání (stopa vozidel)
- trhlina se rozšiřuje, prodlužuje a větví, vznikají síťové trhliny
- příčný hrbol zatlačováním podloží
- plošná deformace
- prolomení vozovky

[2,8]

1.3.3.5 Porušení pracovní spáry

Při napojování postupně kladených obrusných vrstev dochází k oslabení průřezu nedokonalým spojením pokládáných pásů. Prvně pokládaná vrstva není na kraji zcela zhutněna (válec nemůže jet po kraji pásu), dalším faktorem ovlivňující spojení vrstev je jejich

různá teplota (nedochází k dokonalému spojení pokládaných pásů).

Na spoji dochází k poruchám ztrátou hmoty a vzniku trhlin. Ztráta hmoty v prvně položeném pásu u podélné spáry a u napojeného pásu u příčné spáry. Příčné a podélné trhliny s vývojem jako u trhlin mrazových.

Tomuto jevu se dá předejít použitím finišeru na celou šířku komunikace, nebo pokládkou vrstev více finišery jedoucými za sebou a zhutněním celé obrusné vrstvy nejednou. Podobně se na stycích porušují také vysprávký. [2]

1.3.4 Deformace vozovky

Podle deformačních vlastností krytu rozeznáváme vozovky tuhé, netuhé a hybridní. Tuhé vozovky (cementobetonové) mají vysoký modul pružnosti 25 000 MPa. Vznikají jen pružné deformace, které nejsou závislé na teplotě. Hybridní vozovky mají podkladní vrstvu stmelenou cementem, a kryt asfaltem. Netuhé vozovky mají obrusnou i podkladní vrstvu stmelenou asfaltem, nebo nestmelenou podkladní vrstvu.

Netuhé vozovky jsou velmi závislé na teplotě, při vysokých teplotách vznikají v kombinaci s i krátkodobým zatížením trvalé deformace, které při opakovaném zatížení narůstají. Deformace vznikají také vlivem objemových změn v podloží, zemním tělese nebo také poruch zemního tělesa.

1.3.4.1 Deformace vozovky vlivem zatížení dopravou

Jedním z nejdůležitějších faktorů při vzniku deformací na vozovkách je intenzita a způsob dopravního zatížení. Druhým určujícím faktorem je teplota (v Česku až 60°C), při které k zatížení dochází. Ze známých vlastností asfaltu víme, že za vysokých teplot ztrácí pevnost, čímž snáze podléhá tlakovým silám od kol vozidel. Velikost vznikajících tlakové síly ovlivňuje hmotnost na nápravu (problém hlavně u kamionů) a rychlost vozidel. Zde platí úměra: čím nižší rychlost, tím vyšší deformace vozovky.

Dopravní zatížení způsobuje deformace:

- vyjeté koleje ve stopách kol vozidel
- prohlubně v místech častého stání vozidel
- vznik vln (rolet) před řízenými křižovatkami, v příčném směru, vznikajícím stáním a brzděním vozidel
- nepravidelné nerovnosti při brzdění, rozjíždění a v obloucích [2,9]

1.3.4.2 Deformace vozovky způsobené změnami podloží

V zemním tělese a podkladních vrstvách může při špatném návrhu technologie nebo provedení stavebních prací docházet ke změnám, které se následně projeví deformacemi na povrchu vozovky.

Možné příčiny vzniku:

- použití špatných materiálů v zemním tělese (nevhodné zeminy, nedostatečně stabilizované zeminy)
- sedání vrstev vozovky, podloží, nebo zemního tělesa (málo zhuštěné při výstavbě)
- změny způsobené pronikáním vody do podkladních vrstev nebo násypu (nedostatečné odvodnění, poruchy v asfaltovém krytu)
- porušení stability zemního tělesa (např. pohybem nestabilních vrstev pod násypem)
- opakované namáhání podloží dopravou
- sedání (dohutnění) u zásypů konstrukcí (mosty, šachty kanalizace)
- vyplavování materiálu z konstrukce podloží [2,9]

1.3.5 Hrboly

Projevují se jako zvýšená místa v povrchu vozovky, jako různé lokální vybouleniny až po plošné příčné i podélné zdvihy.

Mohou vznikat z mnoha důvodů, které nastávají ve všech konstrukčních vrstvách komunikace (povrch vozovky, obrusná vrstva, konstrukčních vrstvách i podkladních vrstvách). Nejčastěji se vyskytují v místech porušení konstrukce vozovky trhlinami.

Několik příkladů vzniku hrbolů:

- povrchové hrboly v místech opakovaných nátěrů trhlín (jen na povrchu vozovky)
- příčný hrbol, když je trhlina vyplněna nestlačitelným materiálem, při teplotních změnách dochází ke zdvihu okrajů trhlíny
- vybouleniny v asfaltu na cementem stmeleném podkladu (uzavření par)
- místní hrbol při nadzdvižení vozovky vlivem zmrzlé vody, proniklé do konstrukce
- podélný hrbol, při vytlačení podloží z ze stopy vozidel
- místní i plošný hrbol, při zvýšení objemu materiálu podloží nebo násypu (např. strusky, uhelné hlušiny, bobtnání jílu). [2,7]

1.4 Sběr a vyhodnocení poruch

Existuje několik parametrů, podle kterých se provádí posuzování stavu a návrh údržby nebo opravy pozemních komunikací. Základní rozdělení je na *proměnné parametry* a *neproměnné parametry*.

Proměnné parametry se mění nezávisle na naší vůli, a to účinkem provozu, klimatu, stárnutí materiálu. Mají význam pro zajištění bezpečného plynulého a pohodlného provozu vozidel.

Hlavní proměnné (provozní) parametry:

- únosnost (podkladní vrstvy)
- drsnost povrchu
- rovnost povrchu (deformace)
- stav povrchu (poruchy vozovky)

Je ještě několik vedlejších proměnných parametrů, patří k nim hlučnost, viditelnost povrchu v noci, rozhledové poměry, stav odvodňovacích systémů. [3,10]

Neproměnné parametry se podstatně nemění bez naší vůle (stavební činnost). Řadíme sem délku úseku, šířku vozovky, šířku zpevněných a nezpevněných krajnic, podélné a příčné sklony, horizontální a vertikální oblouky, materiál a tloušťku konstrukčních vrstev.

Stejně tak je mnoho způsobů sběru informací a jejich vyhodnocení. Cílem všech těchto činností je získat objektivní a aktuální informace o stavu pozemních komunikací. Na jejich základě potom vybrat, dle znalosti dostupných technologií, technicky i ekonomicky nejvýhodnější řešení oprav. Tento proces nazýváme *systém hospodaření s vozovkou (SHV)*.

SHV se dělí na 2 stupně, a to *síťovou úroveň* a *projektovou úroveň*. V každé z těchto úrovní se posuzují jiné parametry stavu vozovky. [3,10]

Síťová úroveň slouží pro plánování údržby a opravy spravované sítě pozemní komunikace. Proces se cyklicky opakuje a vyhledávají se jím úseky, které nesplňují kritéria způsobilosti dle proměnných parametrů. Jsou důležité k tomu, aby se případná údržba nebo oprava provedla v pravý čas, za použití optimálních technologií, a tím pádem za příznivých ekonomických podmínek. Je důležitá pravidelnost (nejlépe 1x za rok) a pečlivost sledování jednotlivých parametrů. Dále musíme dbát na rychlost a efektivitu, k tomuto slouží multifunkční diagnostické prostředky, kterými můžeme sledovat více provozních parametrů najednou. [3]

Projektová úroveň je navazujícím stupněm síťové úrovně, jedná se o okamžité provedení opravy, na úsecích pozemních komunikací, které byly vybrány. Zpracovává se

optimální technologie a dokumentace pro zadání stavby. Odložením prací dochází ke zhoršení provozní způsobilosti a rozvoji poruch. [3]

1.4.1 Sběr poruch

Hodnocení stavu dle poruch vozovky je jakási inventura (soupis) poruch na určitém úseku. Poruchy jsou zaznamenány v katalogu poruch v TP 82, dle kterých se pak provádí jejich vyhodnocení. Sběr poruch se provádí několika způsoby:

Vizuální prohlídka se záznamem poruch do formulářů graficky nebo tabulkou: je prováděna pěší pochůzkou, za den se dá zpracovat 8-10 km. Používá se pro detailní záznam poruch při návrhu údržby a oprav, ale ne pro SHV. Zaznamenává se do formuláře, ten je buď ve formě tabulky s popisem poruch, nebo grafický, zakreslovaný do šířky vozovky v měřítku. Staničení poruch se určuje buď pásmem, nebo kolečkem, případně kalibrovaným měřičem vzdálenosti v autě. Je dobré zapisovat u poruch údaj v m² o jejich rozsahu. Příklad grafického formuláře viz příloha A1. [2,4]

Vizuální prohlídka se záznamem do počítače: provádí se z pomalu jedoucího vozidla, vybaveného přístroji na sběr dat, snímače ujeté vzdálenosti a notebookem. Přístroje jsou propojeny a díky speciálním programům pro sběr a vyhodnocení dat dochází k jejich rychlému vyhodnocení. Používá se pro síťovou úroveň SHV. Za jeden den se dá zpracovat až 80 km. [2,4]

Metoda digitálního videa, digitální fotografie: provádí se z jedoucího automobilu kamerami s vysokým rozlišením. Počet kamer závisí na šířce vozovky, pro šířku 4,5m jsou to 2 kamery, ale může jich být až 7, obraz z nich se spojuje do jednoho snímku. Na silnicích nejvyšší třídy s vysokou intenzitou dopravy. Kamery jsou propojeny s měřícím systémem vzdálenosti a s GPS, což umožňuje přesnou lokalizaci poruch. Poruchy se později zpracovávají pomocí speciálních programů. Výhodou této metody je přesnost, efektivita a možnost sledovat vývoj poruch. [2,11]

Sběr pomocí laserového zobrazovacího systému: je tvořen dvěma liniovými skenovacími kamerami. Jedná se o velmi moderní způsob, který nám umožňuje vytvořit 3D model příčného profilu vozovky. Dá se využít jak pro síťovou tak projektovou úroveň. Nedá se použít v noci a za špatných světelných podmínek. Snímaná šířka vozovky je 4 m, používá se na nejfrekventovanějších komunikacích a při speciálním měření. Jdou takto zaznamenávat nejen trhliny, ale i deformace, vodorovné značení, makrotextury, výtluků, vysprávek, atd. Tento systém představuje maximální dosažitelnou úroveň, při sběru poruch a vlastností vozovky. [2,11]

1.4.1.1 Pravidla pro sběr dat

Velmi důležitým faktorem při sběru poruch je přesná lokalizace jejich výskytu. Na dálnicích a silniční síti v ULS (uzlový lokalizační systém), se provádí s přesností na 1 m. Na ostatních komunikacích se dohodne předem jednoznačný systém staničení (vazba na vyznačený bod, liniový systém, provozní staničení). Pro správnou lokalizaci je nutné zaznamenat také směr měření.

Proces je ovlivněn podmínkami při měření, které mají vliv na kvalitu sběru. Jedná se zejména o klimatické vlivy a viditelnost při měření (děšť, mlha, snížená viditelnost, zasněžená nebo znečištěná vozovka). Rozhodující pro stanovení posuzovaného pásma je typ komunikace a účel využití dat.

Na silnicích I. třídy

- v každém jízdním pruhu
- v přídatném jízdním pruhu pro pomalá vozidla

Na silnicích II a III. třídy, MK, ÚK

- na celou šířku jízdního pásu, poruchy v jiných jízdních pruzích však musí být odděleny
- pro každý jízdní pruh zvlášť, jsou-li širší než 7 m a na komunikacích s vyšší dopravní intenzitou

U víceproudých křižovatek, se provádí měření jen v pruzích vbíhajících do křižovatky, v ostatních (odbočovacích), jen pro projektovou úroveň SHV, nebo na žádost objednatele. U víceproudých komunikací, se sběr provádí v každém pruhu.

Délkové a šířkové určení poruch se provádí s přesností na 0,1 – 1 m, závisí na použité metodě sběru. Porucha začíná na hranici přechodu mezi neporušenou vozovkou a porušenou. Délka poruchy se eviduje v metrech nebo kilometrech. U jednotlivých metod může být evidováno staničení středu poruchy a její plocha. U lokálních poruch se délka neeviduje. Šířku porušených ploch je možné vyjadřovat v procentech k neporušené ploše zkoumané oblasti. Šířku plošných deformací je nutné zaznamenávat.

Dochází-li na některých úsecích pozemní komunikace k více poruchám, nebo jejich kombinaci je nutné zaznamenávat každou poruchu samostatně. Nelze-li rozlišit o jaký druh příčné trhliny jde, zaznamená se trhlina příčná široká 15. U vstupů inženýrských sítí, se zaznamenávají poruchy dle druhového rozlišení, stejně tak výskyt poklopů, vpustí atd. [2]

1.4.1.2 Vyhodnocení dat z vizuální prohlídky

Vyhodnocení se provádí podle TP 82 - Katalog poruch netuhých vozovek. Seznam poruch je uveden v tabulce 4 viz příloha A2. Vychází se z návrhové úrovně porušení pro jednotlivé komunikace. Viz. tabulka 6, příloha B. Posouzení stavu se provede podle přípustných % porušení, podle tabulky 5 viz příloha A3.

1.4.2 Hodnocení dle provozní způsobilosti

Hodnocení dle provozní způsobilosti lze dělat několika způsoby. Jsou to kritéria bezpečnosti dopravy a pohodlí jízdy. Tyto hlediska závisejí na faktorech rovnosti povrchu a protismykových vlastnostech. Na tyto hlediska mají návaznost číselné klasifikační stupně, které se využívají při návrhu údržby nebo opravy.

Klasifikační stupně:

- 1 nebo 2 – pro novou vozovku, odpovídá nárokům kontrolní zkoušky při převzetí stavby
- 2 nebo 3 - konec záruční doby, délka odpovídá smluvním podmínkám, ale nemůže být kratší než je minimální záruční doba, uvedená např. v TKP.
- 3 nebo 4 – pro kontrolu stavu v průběhu užívání, kdy se provádí běžná údržba obrusné vrstvy vozovky, nebo při spodní hranici klasifikačního stupně se zadává údržba nebo dokumentace pro opravu stavby.
- 4 nebo 5 pozemní komunikace nesplňuje požadavky provozní způsobilosti, je nutné provést údržbu nebo opravu [3]

Z důvodů omezeného rozsahu této práce se nebudu hodnocením dle provozní způsobilosti podrobněji zabývat.

1.4.3 Stanovení dopravního zatížení

Pro přesné vyhodnocení únosnosti konstrukčních vrstev, stejně tak pro přesný návrh údržby a opravy vozovky, je nutné stanovit dopravní zatížení. Dle požadované přesnosti můžeme vycházet z následujících možností.

Způsoby stanovení dopravního zatížení:

- pomocí tříd dopravního zatížení dle ČSN 73 6114
- sčítání dopravy
- z předpokládaného objemu přepravovaných hmot

Já jsem provedl stanovení dopravního zatížení dle sčítání dopravy, to je možné dvěma způsoby. Měřením přímo v terénu, nebo pomocí měření intenzity dopravy, které provádí ŘSD (Ředitelství silnic a dálnic), na některých komunikacích v ČR a je dostupné na webových stránkách. Výsledky dopravního zatížení na mnou diagnostikovaném úseku uvádím v praktické části této práce viz. 3.5, hodnoty získané z ŘSD a mnou naměřené údaje jsem porovnal v tabulce 8 viz. Příloha B1, podrobný výpočet zatížení dopravou je v příloze B2.

1.4.4 Hodnocení dle únosnosti konstrukčních vrstev

Únosností konstrukce vozovky rozumíme její schopnost odolávat působení statického zatížení a dynamického zatížení. Tuto vlastnost lze charakterizovat z několika hledisek, například jako poměr poměrného přetvoření a přípustného přetvoření v kritické vrstvě nebo poměr napětí a pevnosti materiálu. Hodnocení únosnosti vozovky spadá již do pokladů pro projektovou úroveň. [3]

1.4.4.1 Měření únosnosti vozovek

Měření únosnosti vozovek probíhá v souladu s ČSN 736192 – Rázové zatěžovací zkoušky vozovek a podloží, a provádí se jedinež rázovými zařízeními (deflektometry).

Deflektometr FWD: (Falling Weight Defl ectometer) je mobilní zařízení na zatěžovací zkoušky vozovek pomocí tlumeného rázu. Existuje mnoho typů FWD, ale všechny pracují na stejném principu. Závaží dopadne z určité výšky na tlumič, a tím se vytvoří ráz, který se přes roznášecí desku přenese do konstrukce vozovky. Vozovka se vlivem zatěžovací síly P (obvykle 50 kN – 150 kN) zdeformuje, tyto deformace jsou zaznamenávány devíti měřicími čidly. Každý deflektometr používaný v ČR musí mít oprávnění od Ministerstva dopravy, které se uděluje na základě srovnávacích testů.

Je také nutné zvolit optimální místa měření, mohou to být buď místa kde se vyskytují určité poruchy vozovky, příčiny jejich vzniku totiž mohou mít značný vliv i na únosnost, nebo se s přihlédnutím k účelu měření zvolí vzdálenost měřených bodů.

Maximální vzdálenosti měření:

- po 25 m – při návrhu zesílení nebo opravě vozovky s konstrukčními poruchami, při měření v nejvíce zatíženém pruhu vícepruhových komunikací, nebo při měření střídavě v obou pruzích dvoukruhových komunikací.
- po 100 m – při posuzování vozovky pro síťovou úroveň, nebo v případě jinak dokázané dostatečné únosnosti vozovky
- po 200 m – při posuzování vozovky pro síťovou úroveň, v případě výsledků měření bez výraznějších změn v nejvíce zatěžovaném pruhu.

Na samostatně posuzovaném, krátkém úseku je nutné provést nejméně 10 měření. Je nezbytné zaznamenat vždy poruchy povrchu vozovky, ve kterých měření probíhá, mají velký vliv na výsledné hodnoty zbytkové životnosti a zesílení. [3,4]

1.4.4.2 Vyhodnocení únosnosti vozovek

Výsledkem měření deflektometrem je takzvaná průhybová čára, její průběh nám znázorňuje velikosti průhybů způsobených zatěžovací silou a vzdálenosti průhybů od středu zatěžovací síly.

Znám-li zatěžovací sílu, v našem případě definovanou jako účinek zatížení těžkými nákladními automobily, výsledné průhyby a jejich pořadnice, jsem schopen vypočítat modul pružnosti objektu. Objekt se dá charakterizovat jako vícevrstvý poloprostor, a průhybové čáry pod zatížením se vyhodnotí dle teorie pružnosti. Podmínkou pro výpočet jsou známé tloušťky vrstev zjištěné sondáží. Poté stanovíme moduly pružnosti jednotlivých vrstev a to iterační metodou, tak aby rozdíly mezi naměřenými hodnotami průhybové čáry a vypočtenými průhyby na jednotlivých pořadnicích nebyl větší než $\pm 5\%$.

Výstupem z měření únosnosti je stanovení zbytkové doby životnosti vozovky. Ta je pro nové komunikace stanovena na 25 let. Zbytková životnost je hodnocena dle TP 87 klasifikačními stupni takto.

Klasifikační stupnice	Zbytková doba životnosti konstrukce vozovky (roky)
1 – výborný	> 19
2 – dobrý	15 – 19
3 – vyhovující	10 – 14
4 – nevyhovující	6 – 9
5 – havarijní	0 – 5

Postup stanovení je takový, že z relativního protažení na spodním líci asfaltové vrstvy a z relativního stlačení podloží se vypočte mezní počet přejezdů návrhových náprav dle vzorce.

$$N_{lim} = f(\varepsilon_l)$$

N_{lim} – je celkový počet přejezdů návrhové nápravy

ε_l – je relativní protažení asfaltové vrstvy na jejím spodním líci, nebo relativní stlačení povrchu podloží

Zbytkovou dobu životnosti vozovky poté stanovíme z vzorce.

$$t_z = \frac{N_{lim}}{N_{rd}}$$

t_z – je zbytková doba životnosti vozovky v rocích

N_{rd} – je počet přejezdů návrhových náprav v průměrném roce návrhového období podle tabulky P 5.1 A,B,C uvedené v TP87 Navrhování údržby a oprav netuhých vozovek

Posledním výstupem z měření únosnosti je stanovení zesílení vozovky, to pak používáme při návrhu opravy, zváží se úprava tloušťky při frézování porušených vrstev, zohlední se zvýšení tloušťky při vyrovnávání vozovky a technologické principy provádění.

Samotný výpočet vychází ze stejného modelu pružného vícevrstvého poloprostoru a stejného principu jako při stanovení životnosti vozovky. Iterační metodou postupně přidáváme tloušťky zesilovaných vrstev a jejich moduly pružnosti, až dosáhneme vyššího nebo rovného počtu limitních přejezdů návrhových náprav než je celkový počet přejezdů náprav za určité období dle vzorce.

$$N_{lim} \geq N_{cd}$$

N_{lim} – je celkový mezní počet přejezdů návrhových náprav dle rovnice P5.6 viz. TP87 Navrhování údržby a opravy netuhých vozovek

N_{cd} – je celkový počet přejezdů návrhových náprav, dle tabulky P 5.1 A, B, C uvedené v TP87 Navrhování údržby a oprav netuhých vozovek [3,4,12]

1.4.4.3 Vrtané a kopané sondy

Nedílnou součástí diagnostiky vozovek je i provedení vrtaných nebo kopaných sond. Odběr vzorků vrstev vozovky umožní zjistit materiály, ze kterých je podloží a konstrukční vrstvy, nebo hloubky jednotlivých vrstev. Dále je také možno provádět laboratorní zkoušky na odebraných vzorcích, což umožní zjištění příčin vzniku poruch. Četnost sond volíme tak, aby byly zaznamenány všechny změny podloží a konstrukce vozovek, v kritických místech

narušených poruchami, tak aby vznikl co nejlepší přehled o konstrukci vozovky a důvodech vzniku poruch. Průměrná vzdálenost sondáže by však neměla stoupnout nad 150 m. Známe-li příčiny vzniku poruch, můžeme omezit odběr na minimálně 3 vývrty stmelených vrstev a 1 kopanou sondu na 1 km.

Při posuzování únosnosti vozovek je pro stanovení průhybových čar vždy nutné znát několik faktů, které se zjišťují vrtanými sondami. Jsou to vlastnosti krytu, vlastnosti konstrukčních vrstev a neexistence ochranné vrstvy nebo její znečištění a samozřejmě tloušťky všech vrstev.

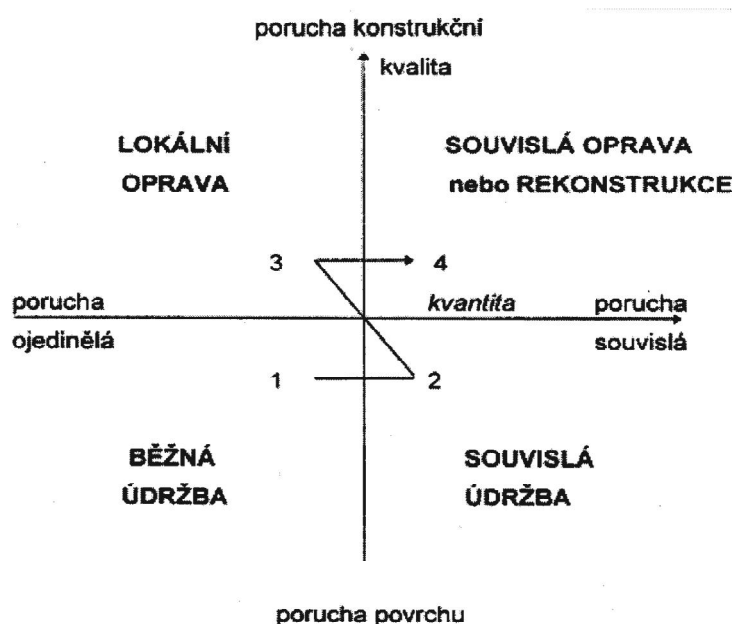
[3]

2 Návrh údržby a oprav asfaltové vozovky

Návrh obnovy a rekonstrukce asfaltových vozovek je ucelený systém, který tvoří diagnostika vozovky, samotný návrh odstranění poruch a jejich zhodnocení. První krok se provede již v diagnostice, kde provedeme hodnocení pro síťovou úroveň, nebo pro projektovou úroveň, na jejichž základě se poté postupuje při návrhu samotné sanace poruch. Sloučením zatřídění a rozsahu poruch se snažíme dosáhnout co nejefektivnějšího postupu pro odstranění poruch podle Obrázku 1.

Na základě zjištěných hodnot, klasifikace a rozsahu jednotlivých poruch vozovky, nebo parametrů provozní způsobilosti se komunikace rozdělí do jednotlivých úseků, na kterých se provede běžná údržba, nebo příprava dokumentace pro opravu. Na těchto úsecích pak provedeme odstranění poruch pomocí nejvýhodnějšího stupně údržby nebo opravy. [2,3]

Obrázek 1: Schéma způsobu odstraňování poruch1 vloženo z TP 82



2.1 Charakteristika stupňů odstranění poruch

Na základě posouzení stavu jednotlivých úseků pozemní komunikace dle klasifikačních stupňů rozhodujeme o způsobu odstranění poruch dle několika úrovní údržby nebo opravy.

2.1.1 Návrh běžné údržby

Obsahem běžné údržby jsou drobné práce na místech lokálních poruch v raném stádiu. Zajišťuje ji vlastník nebo správce komunikace, na základě pravidelných prohlídek. Řadíme sem i údržbu zeleně (sekání trávy, ořezávání stromů) a odvodňovacích systémů. [3]

2.1.1.1 Technologie běžné údržby

Do této kategorie spadají postřiky, nátěry, těsnění trhlin a vysprávkování krytu vozovky. Uvedu několik příkladů poruch a technologie jejich odstranění.

- ztráta kameniva z nátěru – vysprávka nátěrovou soupravou
- ztráta asfaltového tmelu, hloubková koroze – vysprávka nátěrovou soupravou nebo postřikem tryskovou metodou
- trhliny úzké nepravidelné až mozaikovitě – vysprávka nátěrovou soupravou
- trhliny tenké a široké, podélné a příčné, otevřené pracovní spáry – utěsnění zálivkou do vyfrézované komůrky, nebo přelitím dle TP115 Oprava trhlin na vozovkách
- výtluky v obrusné až ložní vrstvě – zde záleží na období a povrchu vozovky, ve kterém se výtluk objevil. V zimním období se na D a R oprava provádí ihned, vysprávkou ze studené asfaltové směsi. Ve stavební sezóně se oprava provede frézováním do pravidelného tvaru na hloubku porušené vrstvy a s přesahem poruchy. Pak se vyplní ze stejné směsi, jako je porušená obrusná vrstva.

V některých případech se nesmí používat trysková metoda a to třeba na zvýšení protismykových vlastností krytu z asfaltové směsi, efekt je opačný. Dále pak na opravu výtluků a nerovností krytu, kdy vzniká vysoká tloušťka asfaltové vrstvy, ta je nestabilní a dojde k trvalým deformacím krytu. Nebo na překrytí širokých trhlin, ty se neutěsní a opakovanou údržbou vznikají v okolí trhlin nerovnosti. Upřesňující informace jsou v TP 96 Vysprávka vozovek tryskovou metodou. [3]

2.1.2 Návrh údržby

Je to soubor rozsáhlejších prací na souvislých plochách, rozhoduje o ní posouzení dle poruch vozovky a provozní způsobilosti. Využívá se tedy SHV pro síťovou úroveň. [3]

2.1.2.1 Poruchy a technologie údržby

Před použitím níže uvedených technologií, je nutno provést utěsnění úzkých i širokých trhlin a lokální úpravu výtluků a mozaikových trhlin.

- ztráta asfaltového tmelu – regenerační postřik
- ztráta protismykových vlastností – broušení a frézování, nátěr dvouvrství
- ztráta asfaltového tmelu a hloubková koroze, trhliny tenké – nátěr jednoduchý nebo dvojnásobný, emulzní kalový zákryt
- všechny povrchové poruchy – výměna krytu, asfaltový koberec tenký

Při provádění údržby je nutno dodržovat několik technologických zásad. Regenerační postřik se nesmí provádět na povrch s měnící se makrotexturou, mohlo by dojít k výraznému snížení protismykových vlastností. Před údržbou musí být opraveny lokální poruchy technologií běžné údržby. [3]

2.1.3 Návrh údržby a opravy

Provádí se u trvalých deformací krytu asfaltových vozovek. Jejich vznik je nedílnou součástí stárnutí a užívání krytu. Důležitým faktorem je vývoj deformací, pokud se nevyvíjí, vznikají v asfaltové vrstvě poruchy ztrátou drsnosti, hmoty, vznikem trhlin a výtluků. Vyvíjí-li se, vznikají konstrukční poruchy jako vyjeté koleje, nebo podélné vlny, vývoj se s časem zpomaluje. Na základě těchto skutečností se stanovuje způsob údržby či opravy. [3]

2.1.3.1 Trvalé deformace s omezeným vývojem

Pokud se vývoj prakticky zastavil (po 8 letech je dosaženo hloubky nerovností do 8 mm), začnou se obvykle projevovat poruchy ztrátou drsnosti a hmoty, provede se údržba vozovky. Je možno provést následující technologie.

- recyklace za horka (REMIC s přidáním tenké vrstvy SMA S, ACO S)
- vyplnění kolejí mikrokobercem za studena (EMK), s provedením údržby celého povrchu emulzním kalovým zákrytem nebo dalším mikrokobercem [3]

2.1.3.2 Trvalé deformace s pokračujícím vývojem

V tomto případě lze předpokládat, že se vyjeté koleje a podélné nerovnosti vyvinou až do klasifikačních stupňů 4 až 5. V takovém případě se provedou vývrty na celou tloušťku asfaltové vrstvy nebo minimálně do hloubky 180 mm. A to nejméně 2 vedle sebe v nejvyšším a nejnižším bodě nerovnosti, tak aby bylo možné vykreslit průběh nerovností v jednotlivých vrstvách. Pro větší spolehlivost je dobré provést laboratorní zkoušky jednotlivých směsí. Po zjištění vrstvy zodpovědné za deformace krytu je nutno provést tyto kroky opravy.

- odstranit a nahradit vrstvami splňujícími požadavky odolnosti proti trvalým deformacím
- recyklací za tepla obvykle s přidáním předobaleného kameniva, tak aby vrstvy dosáhly odolnosti proti trvalým deformacím

Odolnost proti vzniku trvalých deformací se prokazuje dle ČSN EN 12697 – 22 a 25 a hodnotí dle ČSN EN 13108 – 1, 2, 5. [3]

2.1.3.3 Podmínky opravy trvalých deformací

Uvedu několik faktorů, které je důležité dodržet a příklady nevhodného použití opravy. Je nutné provést diagnostický průzkum a respektovat jeho výsledky, tedy identifikovat ložní případně podkladní vrstvu zodpovědnou za vznik deformace. Neprovádět návrh opravy jen na základě tvaru vyjeté koleje nebo vyměnit jen obrusnou vrstvu. Například se provádí oprava dle dopravního zatížení do hloubky 100 mm až 130 mm. Takový návrh může být značně neekonomický, výměnou jen obrusné vrstvy se zase neodstraní vrstva zodpovědná za vznik deformace a ta se zase po čase projeví. [3]

2.1.4 Návrh opravy zesílením vozovky

Návrh zesílením vozovky je nejnákladnější a nejnáročnější z hlediska technologií i provedených prací. Zlepšují se jím všechny proměnné parametry vozovky, může dojít ke změnám výškového šířkového i směrového uspořádání.

K zesílení vozovky přistupujeme výhradně jen na základě provedeného podrobného diagnostického průzkumu, který zahrnuje hodnocení poruch vozovky, měření únosnosti vozovky a provedení kopaných nebo vrtaných sond. Pro přesnější návrh je doporučeno provést i laboratorní zkoušky odebraných vzorků. Při měření únosnosti v poruchách je nutné vzít v úvahu, že výsledné zesílení bude podstatně vyšší než mimo poruchy.

Na základě zjištěných nevyhovujících parametrů krycích a podkladních vrstev, případně i podloží se stanoví rozsah a technologie provedení opravy zesílením. Uvedu několik důvodů pro návrh zesílení vozovky. [3]

Příklady pro návrh zesílení vozovky:

- v případě že vyhodnocení dle poruch vozovky vyšlo klasifikačním stupněm 4 nebo 5
- dochází-li k zúžení vozovky, vlivem pojiždění a následnému olamování okrajů
- vyjde-li měření únosnosti stupněm 4 nebo 5
- není-li splněna požadovaná tloušťka asfaltových nebo podkladních vrstev
- jsou-li ložní a podkladní vrstvy zasaženy vodou a podléhají účinkům mrazu [3]

2.1.4.1 Způsoby opravy zesílením vozovky

Existuje několik způsobů zhotovení zesílení vozovky závislých na míře porušení. Návrh musí zohledňovat minimální a maximální tloušťky vrstev konstrukce vozovky, kvalitní třídy asfaltových pojiv a použitá pojiva podle ČSN EN 13 108, technologie provádění podle ČSN EN 73 6121. Návrh použití jednotlivých vrstev se provádí dle TP 170. Z důvodu omezeného rozsahu práce uvádím bodově příklady opravy zesílením s krátkým popisem [3]

Zlepšení geometrických charakteristik povrchu vozovky: provádí se frézování obrusné vrstvy a krytových vrstev s jejich následným zesílením. Výměnou vrstev se zvýší únosnost vozovky, odstraní se poruchy krytu, dojde k vyrovnaní vozovky, odstranění trvalých deformací, opraví se všechny trhliny. Umožňuje i sanaci lokálních poruch zemního tělesa. [3]

Výměna obrusné vrstvy a oprava ložní vrstvy: použijeme v případě vyhovující ložní vrstvy, tj. vrstva nezpůsobila trvalé deformace a jiné poruchy. Oprava ložní vrstvy nastává, když poruchy vozovky jsou v mezích procenta klasifikačního stupně 4. Trhliny se opraví dle TP 115. [3]

Výměna krytových vrstev s opravou podkladu: umožňuje opravu rozsáhlých porušení vozovek, jako jsou trvalé deformace, konstrukční poruchy a trhliny do klasifikačního stupně 4. Trhliny se opravují podle TP 115, nebo celoplošně s využitím asfaltové membrány z vysoce modifikovaného asfaltu. [3]

Prosté zesílení vozovky: jedná se o prosté překrytí, původních vrstev novou vrstvou. Tento způsob byl využíván hlavně v druhé polovině minulého století. Má několik nedostatků, navyšuje se výška vozovky, dochází k prokopírování poruch do nového povrchu. Hlavním důvodem tohoto postupu byla absence kvalitních silničních fréz. V současné době se již prakticky nepoužívá. [3]

Zesílení dlážděné vozovky: provedení výměny dlažby za asfaltový povrch je klasickým případem zesílení. Vychází z měření a vyhodnocení únosnosti na povrchu dlažby. Musí být vyrovnány vrstvy vozovky, stanovuje se minimální tloušťka ve střední části příčného řezu a zesílení okrajů nebo porušených míst. [3]

Zesílení okraje vozovky: okraje vozovky jsou více namáhané ohybem volného konce, pojížděním těžkých vozidel v obloucích. Podkladní vrstvy v těchto místech jsou obvykle oslabeny nižší tloušťkou, jsou porušené a znečištěné.

Diagnostický průzkum se obvykle provádí kopanou sondou a na základě výsledků lze navrhnout tyto opatření.

- nově vybudovat podkladní vrstvy v tloušťkách pole TP 170
- provést povrchové odvodnění, se zřízením podélného rigolu namísto příkopu a vyměnit podkladní vrstvy, tímto se rozšíří vozovka a zvýší bezpečnost
- provést stabilizaci podkladních vrstev na okraji vozovky pojivem (cement, vápno) [3]

Návrh zesílení s využitím recyklace vozovky na místě: je to způsob opravy s využitím stávajících vozovek a jejich s lepšením pro dosažení nové funkce ve vozovce. Rozeznáváme 3 druhy recyklace.

- recyklace asfaltových vrstev za horka
- recyklace asfaltových vrstev za studena asfaltovou emulzí nebo zpěněným asfaltem
- recyklace za studena s hydraulickými pojivy [3]

Návrh rekonstrukce vozovky: k rekonstrukci vozovky přistupujeme v případech, směrového a výškového řešení, výměny sítí pod velkou částí komunikace rozšíření vozovky, nemožnosti provést zesílení nebo nevhodnosti zesílení (u poruch prolomení vozovky).

Návrh se provede dle TP 170 s možností využití dosavadní konstrukce vozovky pro zlepšení podloží nebo nestmelených vrstev. [3]

3 Praktická část

V praktické části bakalářské práce se budu zabývat diagnostikou reálného úseku komunikace nižší třídy. Provedu hodnocení stavu komunikace na základě vizuální prohlídky pro síťovou úroveň, vyhodnocení dle únosnosti a kopané sondy pro projektovou úroveň. Nakonec provedu návrh údržby nebo opravy komunikace. Postupovat budu dle technických podmínek schválených Ministerstvem dopravy – Odbor silniční infrastruktury.

3.1 Základní údaje

Investor:

Jihomoravský Kraj

Vypracoval:

Marek Schindler

VUT v Brně – Fakulta stavební

612 00 Brno

Podklady, přístroje a software:

získány ve spolupráci s těmito institucemi a firmami.

VUT v Brně - Fakulta stavební

Ústav – Pozemních komunikací

612 00 Brno

Dopravoprojekt Brno a.s.

602 00 Brno

Imos Brno a.s.

Divize dopravní vývoj

627 00 Brno

PavEx Consulting s.r.o

612 00 Brno

Použité technické předpisy:

TP 82 Katalog poruch netuhých vozovek

TP 87 Navrhování údržby a oprav netuhých vozovek

TP 170 Navrhování vozovek pozemních komunikací

TP 115 Opravy trhlin na vozovkách s asfaltovým krytem

ČSN 7361 00 Názvosloví silničních komunikací

ČSN 7361 14 Vozovky pozemních komunikací. Základní ustanovení pro navrhování.

3.2 Volba úseku

Tento úsek silnice III/4301 jsem si zvolil z důvodů, že ho velmi dobře znám, jezdím tudy často do obce Dubňany, kousek od Hodonína. Na první pohled je na ní patrná spousta poruch vozovky. Věděl jsem také, že je zde připravována údržba nebo oprava vozovky. Přišlo mi tedy vhodné se tímto úsekem zabývat.

3.3 Lokalizace úseku

Předmětem posouzení je mnou vybraný úsek na silnici III třídy, probíhající v obci Nechvalín. Tato silnice spojuje obec Kyjov (11 800 obv.) a Ždánice (2 700 obv.), nachází se v okrese Hodonín v Jihomoravském kraji. Jedná se o dvoukruhovou obousměrnou pozemní komunikaci.

Název úseku:	Nechvalín
Silnice:	III/4301
Správce komunikace:	Jihomoravský kraj

Délkové poměry:

Začátek úseku (ZÚ): km 6,551

Konec úseku (KÚ): km 8,090

Délka úseku 1539 m

Mapa úseku:

Mapa úseku je v příloze A

3.4 Hodnocení stavu povrchu vozovky – poruchy vozovky

Poruchy vozovky jsou prvotním a viditelným jevem ovlivňujícím bezpečnost, plynulost a komfort dopravního provozu. Na základě znalosti rozdělení poruch a příčin jejich vzniku je možné navrhnout neefektivnější (z hlediska ekonomického i technologického) řešení jejich odstranění. Důležitým faktorem je rychlost údržby nebo opravy, samozřejmě platí, že čím déle se nechá porucha neopravena, tím vyšší je obtížnost a náklady na její pozdější sanaci.

3.4.1 Postup vizuální prohlídky:

Práce provedl: Marek Schindler

Datum a čas: 17. 3. 2012 10:30 - 14:00

Nejprve bylo nutné provést co nejpresnější záznam délkových poměrů na daném úseku, ten jsem projel automobilem a předběžně ho změřil na tachometru vozidla s přesností na 10 m. Při projíždce jsem si stanovil významné body kolem silnice i přímo na ní (osy propustků, osy mostů, osy vjezdů k domům atd.), od kterých jsem si pak odměřoval kratší vzdálenosti na měřícím kolečku. Polohu významných bodů jsem určil ze zaměření úseku, provedené firmou Dopravoprojekt Brno a.s., které je přesné na 100 mm, a které mám k dispozici na CD.

Samotnou vizuální prohlídku jsem prováděl z pomalu jedoucího vozidla a pěší pochůzkou. Způsobem pojíždění po kratších úsecích, při němž jsem prohlédl poruchy, následně jsem vystoupil, provedl doměřování měřícím kolečkem, poruchy zaznamenal do předem připraveného formuláře a vyfotografoval.

Záznam poruch byl proveden za slunečného počasí, s mírnou oblačností v odpoledních hodinách, při teplotě 20°C, viditelnost byla velmi dobrá. Při měření jsem postupoval v souladu s bezpečností dopravního provozu, za využití bezpečnostních pomůcek (reflexní vesta).

Zaznamenání a číslování poruch jsem provedl grafickou metodou do formuláře, podle TP 82 Katalog poruch netuhých vozovek, ten obsahuje katalogové listy, kde je popis každé poruchy s příčinami jejich vzniku i s návrhem možné údržby.

3.4.2 Výsledky a vyhodnocení

Grafické formuláře se záznamem poruch jsou v příloze A1. Seznam poruch s jejich číslováním je v příloze A2. Jednotlivé grafické znaky se mohou dle situace odlišovat, ale číslování musí být vždy shodné s TP 82.

Zkoumaný úsek jsem rozdělil na 3 části, které se liší několika základními parametry a kvalitou. Souhrn charakteristik vozovky a vyskytujících se poruch je uveden v Tabulce 1.

Hodnocení stavu povrchu vozovky, bylo provedeno pomocí klasifikačních stupňů dle tabulky 5 - Klasifikační zatřídění rozsahu skupin poruch vozovek v závislosti na návrhové úrovni porušení. Viz. Příloha A3.

Celkový stav úseku bych hodnotil stupněm 5 – havarijní, uprostřed úseku je sice část komunikace v relativně dobrém stavu, je zde novější povrch bez výraznějších poruch, ale obě dvě krajní části úseku již jsou dávno za hranicí svojí životnosti.

Dochází zde k úplnému rozpadu krajů vozovky, velkým plošným deformacím, způsobeným neudržovanými síťovými trhlinami a poddolováním vodou s následným poklesem podkladních vrstev. Došlo také k plošným propadům krajů vozovky, takže povrch je prohnutý skoro do půlkruhu. Na mnoha místech je značná hloubková koroze, do ložní a podkladní vrstvy proniká voda. Místa značené poruchou 30 – oblasti se souvislým nebo velmi častým výskytem poruch, zde dochází ke kombinaci síťových trhlin a plošných deformací a jsou započítány do kategorie plošných deformací.

Hodnocení klasifikačním stupněm 5 znamená, že došlo k poruchám vozovky, jejichž výskyt vede k opravám zesílením, recyklací a rekonstrukcí. Provádí se projektová úroveň SHV, diagnostika vozovky.

Tabulka 1. Poruchy vozovky na silnici III/4301

Část 1, staničení km 6,551-7,283		Vyskytující se poruchy	Hodnocení stavu povrchu		
			[m ²]	[%]	stupeň
délka	732 m	07 – hloubková koroze	41	1,12	3
obruby	ne	08 – výtluky v obrusné vrstvě	7.2	0.19	3
povrch	PM + N	09 – vysprávky	22	0.60	3
šířka	5 m	15 – trhlina příčná rozvětvená ¹	2	-	3
plocha	3 660 m ²	16 – trhlina podélná rozvětvená ¹	1	-	
		17 – sít'ové trhliny	165	4.51	4
		18 – olamování okrajů vozovky ¹	82	-	-
		26 – plošné deformace	442	12.08	5
		27 – prolomení vozovky	32	0.87	4
		28 – zanesení příkopů	-	-	-
			5 - havarijní		

Část 2, staničení km 7,283-7,595		Vyskytující se poruchy	Hodnocení stavu povrchu		
			[m ²]	[%]	stupeň
délka	312 m	14 – trhlina podélná široká ¹	3	-	2
obruby	ano	otevřená pracovní spára v celé délce úseku	-	-	3
povrch	AC				
šířka	6,5 m				
plocha	2 028 m ²				
			3 - dobrý		

Část 3, staničení km 7,595-8,090		Vyskytující se poruchy	Hodnocení stavu povrchu		
			[m ²]	[%]	stupeň
délka	495 m	07 – hloubková koroze	54	2.18	3
obruby	ne	08 – výtluky v obrusné vrstvě	4	0.16	3
povrch	PM + N	09 – vysprávky	69.5	2.84	2
šířka	5 m	17 – sít'ové trhliny	205	8.33	4
plocha	2 475 m ²	18 – olamování okrajů vozovky ¹	119	-	-
		26 – plošné deformace	273	11.03	5
		27 – prolomení vozovky	9.5	0.38	4
			5 - havarijní		

3.5 Dopravní zatížení

Dopravní intenzita udává počet dopravních prostředků, které projedou daným úsekem za určité období, v ČR je to jeden den (24 hod.)

Já jsem provedl měření dopravní intenzity při provádění vizuální prohlídky poruch povrchu. Měření jsem prováděl od 11:00 do 14:00, v jednom dni, z čehož vyplývá, že mnou naměřená data nejsou přesná a mohu je uvažovat jen jako orientační kritérium.

Jako hodnověrná data použiji údaje z celostátního sčítání dopravy z roku 2010, které provádí Ředitelství silnic a dálnic ČR každých 5 let v letech končících 0 a 5. Informace jsou dostupné na webu.¹

Porovnání hodnot získaných z webu ŘSD a mnou naměřených hodnot jsem uvedl v tabulce 8 příloha B1. Podrobné výpočty jsou v příloze B2.

Zatížení dopravou z měření intenzity dopravy ŘSD vyšlo následovně:

Tabulka 2. Dopravní zatížení na silnici III/4301

TNV ₀	m	TNV _k	N _{rd}	TDZ
68	0	68	8687	V

TNV₀ je průměrná denní intenzita provozu v roce sčítání intenzity dopravy

m je meziroční nárůst intenzity provozu TNV v %

TNV_k je charakteristická hodnota denní intenzity provozu

N_{rd} je počet přejezdů návrhových náprav v průměrném roce návrhového období, beroucí v úvahu návrhovou úroveň porušení vozovky

TDZ je třída dopravního zatížení

¹ www.scitani2010.rsd.cz.

3.6 Rázové zatěžovací zkoušky

Provádí se rázovým zatěžovacím zařízením – deflektometrem FWD (Falling Weight Deflectometer). Data se zpracovávají speciálním softwarem, za využití teorie pružnosti vícevrstvého poloprostoru. Výsledkem je zbytková doba životnosti a nutné zesílení vozovky.

3.6.1 Měřená data

Měření a vyhodnocení provedl: Imos Brno a.s. Divize dopravní vývoj

Údaje poskytl: Dopravoprojekt Brno a.s.

Měření ani vyhodnocení těchto údajů jsem nedělal sám, podařilo se mi je však s vynaložením značného úsilí a času sehnat. Přikládám je sem proto, aby bylo dosaženo co nejlepší představy o stavu mnou diagnostikovaného úseku, ale zejména proto, že se chystám navrhnout opravu zesílením vozovky, a dle TP 87 je nepřípustné provádět tento stupeň opravy, bez provedení diagnostiky projektové úrovně SHV. Naměřené hodnoty jsou v tabulce 9. v příloze C.

Vysvětlivky k hodnotám v tabulce 9:

- staničení – udává místo měření v [m] (ZÚ km 6,651 = 6651 m)
- jízdní pruh – pravý R, levý L
- tlak – velikost zatížení v [kPa]
- teplota – teplotu v místě měření
- Y1 až Y9 – hodnoty průhybu vozovky v [mm], změřené čidly

Grafické zobrazení spojnic vrcholů pořadnic devíti průhybů se nazývá deflexní profil úseku a je v příloze C1 graf 1. Průhybové čáry maximální a minimální naměřené a průměrná vypočtená je v příloze C2 graf 2.

Je nutné konstatovat, že měření neproběhlo správně, nejsou zde totiž uvedeny případné poruchy v místech měření, což je velmi závažná chyba. Je jasné, že měří-li se v místě poruchy vozovky (síťová trhлина, výtluk, plošná deformace), výsledná hodnota naměřeného průhybu je velmi nepříznivě ovlivněna a tyto poruchy budou vyžadovat speciální opravu (odstranění vrstvy se síťovými trhlínami, vyrovnaní výtluku a deformace s vyšší tloušťkou zesilovacích vrstev). Bez této informace není možno dosáhnout hodnověrného návrhu opravy.

3.6.2 Vyhodnocení měření únosnosti

Návrhová úroveň porušení: D1

Konstrukce vozovky: Byly zjištěny z provedených sond, byl zvolen jednovrstvý model konstrukce vozovky.

Výsledná data z vyhodnocení k tomu určeným softwarem, jsou v tabulce 10. příloha C3. Grafické znázornění hodnot tloušťek zesílení v jednotlivých bodech je v grafu 3 příloha C4.

Vysvětlivky k hodnotám v tabulce 10:

- H1 – tloušťka obrusné vrstvy vozovky v [mm]
- H2 – tloušťka konstrukčních vrstev vozovky v [mm] (zvolený model)
- E1 – modul pružnosti vrstvy H1 v [MPa]
- E2 – modul pružnosti vrstvy H2 v [Mpa]
- Ep – modul pružnosti podloží v [MPa]

Tabulka 3. Hodnocení únosnosti vozovky

Průměrný průhyb Y1:	0,685 mm (rozsah od 0,255 do 2,099)
Průměrná zbytková doba životnosti:	4.7 let
Klasifikace únosnosti podle TP 87:	5 - Havarijní
Průměrná tloušťka zesílení	75 mm
Maximální tloušťka zesílení (mm): 185	185 mm
Návrhová tl. zesílení	136 mm

Únosnost byla hodnocena klasifikačním stupněm 5 – havarijní, toto může odpovídat skutečnosti. Vzhledem k výsledkům hodnocení dle poruch vozovky, je důvodné předpokládat značné zasažení konstrukce vozovky vodou a tím možné porušení únosnosti. Vzhledem k výše uvedeným skutečnostem však není možné považovat tyto data za zcela přesné.

3.6.3 Kopané sondy

Měření a vyhodnocení provedl: Imos Brno a.s. Divize dopravní vývoj

Údaje poskytl: Dopravoprojekt Brno a.s.

Za účelem zjištění údajů o konstrukci vozovky, tedy zejména složení a hloubky jednotlivých vrstev, byly provedeny kopané sondy. Zhotovitel provedl celkem 2 kopané sondy a to ve staničení km 6,787 v pravém jízdním pruhu a km 8,049 v levém jízdním pruhu. Byly odebrány vzorky zeminy v podloží, na kterých byly provedeny laboratorní zkoušky.

Provedení pouze dvou sondáží, je dle mého názoru nedostatečné. Optimální by bylo provést v každé části, která byla hodnocena stupněm 5 dle poruch vozovky, alespoň 4 kopané sondy. A to vždy 2 v jednom řezu vedle sebe tak, aby byly obsaženy oba jízdní pruhy, na začátku a konci zkoumaných částí diagnostikovaného úseku.

Grafické znázornění a přesný popis kopaných sond je v příloze D, vlastnosti zeminy v podloží jsou v příloze D1. Z dostupných údajů mohu předpokládat následující konstrukci vozovky.

AV (nátěr) – 10 mm

PM (penetrační makadam) – 100 mm

ŠD (šterkodrt') – 290 mm

HV (hloubka konstrukce vozovky) – 400 mm

Typ podloží je P III, jíl s nízkou plasticitou F6 – CL, nebezpečně namrzavý, nevhodný

Hodnocení – NEVYHOVUJE

3.7 Zhodnocení výsledků diagnostického průzkumu

Diagnostickým průzkumem byla zjištěna nevyhovující konstrukce vozovky v základních parametrech dvou ze tří částí zkoumaného úseku silnice III/4301.

Na části 2, kde byl stav povrchu hodnocen klasifikačním stupněm 3 – dobrý, bude nutno provést údržbu vozovky.

Na částech 1 a 3, jsou nevyhovující tyto parametry, Ha (tloušťka asfaltových vrstev) a Hv (celková tloušťka vozovky). Stav povrchu i únosnost jsou havarijní. Typ podloží je P III nevhodné. Bude nutné provést rekonstrukci vozovky, se zlepšením vlastností podloží.

Pro potřeby skutečného provedení oprav by bylo nutné zpracovat technologický předpis provedených prací pro část 2, a vypracovat kompletní projektovou dokumentaci pro část 1 a 3.

3.8 Návrh údržby a opravy vozovky

Návrh bude proveden dle předpisů TP 87 Navrhování údržby a oprav netuhých vozovek a TP 170 Navrhování vozovek pozemních komunikací. Údržba a oprava bude provedena na každou z 3 částí zkoumaného úseku silnice III/4301 zvlášť a bude respektovat výsledky diagnostického průzkumu.

3.8.1 Silnice III/4301, část 1

Vstupní parametry:

staničení:	km 6,551-7,283
délka:	732 m
šířka:	5m
stav povrchu:	5 – havarijní

Návrh opravy:

Vzhledem k tomu, že k největším poklesům dochází na okrajích vozovky, zatímco střed je relativně v pořádku. Bylo by možné dosáhnout únosnosti vozovky vyrovnáním příčného řezu (30 mm uprostřed a 100 mm na okrajích).

Nejprve bych rozšířil vozovku podle technologického listu, zlepšit únosnost podloží na okrajích vozovky stabilizací nebo navezením vhodné zeminy. Dal by se použít i materiál z konstrukce vozovky, ale k tomu diagnostika neposkytla dostatek podkladů (je provedena neodborně). Dále bude nutné vybudovat odvodňovací drenáž a odvodňovací rigol. Po těchto úpravách provést zesílení vozovku podle návrhu.

Jelikož je zemina v podloží nevhodná, musí se zlepšit její vlastností stabilizací nebo výměnou vhodným materiálem. Proto je optimálním řešením provést rekonstrukci vozovky. Nelze doporučit ani recyklaci na místě, jelikož stávající podloží nezaručuje dosažení požadovaných pevnostních parametrů.

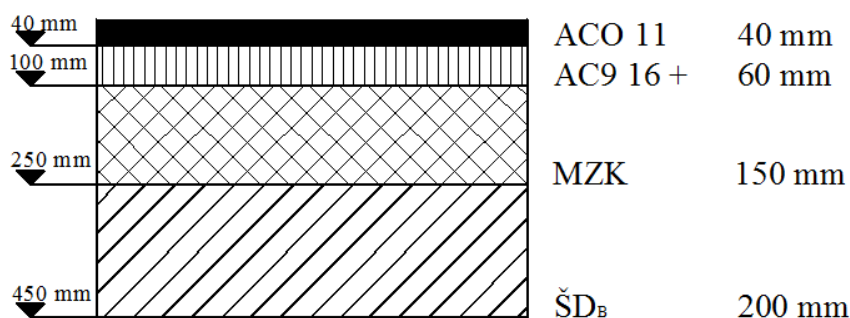
Budou odstraněny všechny vrstvy vozovky až na pláň. Bohužel v diagnostickém průzkumu není provedena charakteristika vrstvy šterkodrti, takže nelze rozhodnout o jejím dalším případném použití.

Navrhuji rozšířit vozovku z 5 m šířky na 6 m a provést odvodňovací drenáž a odvodňovací rigol v celé délce této části úseku. Prostorové uspořádání intravilánu to umožňuje.

Navrhuji provést úpravu podloží do hloubky aktivní zóny tak, aby minimální kontrolní modul přetvárnosti $E_{de2} = 45 \text{ MPa}$. Poté vybudovat novou konstrukci vozovky, podle TP 170

Navrhování vozovek pozemních komunikací. S využitím katalogových listů skladeb vozovek navrhuji provést tuto vozovku.

D1 – N – 1 – V – PIII



ACO 11 asfaltový beton pro obrusné vrstvy, max. frakce kameniva 11

ACP 16 + asfaltový beton pro podkladní vrstvy, max. frakce kameniva 16

MZK mechanicky zpevněné kamenivo

ŠD_B štěrkodrt', kvalitativní třída B

Pro provedení rekonstrukce by musela být vypracována kompletní projektová dokumentace, kterou by musel schválit objednatel stavby.

Stručný technologický postup prací:

- Zhotovit zařízení staveniště s místem pro uskladnění materiálu, strojů a pracovních pomůcek.
- Provést rozkrytí a odebrání všech konstrukčních vrstev vozovky.
- Provést zlepšení vlastností podloží, do hloubky min. 250 mm (stabilizací pojivem, výměnou zeminy).
- Zhotovit odvodňovací drenáž.
- Grejdrem provést srovnání pláně na požadované parametry.
- Navést, srovnat a zhutnit vrstvu štěrkodrti.
- Finišerem položit asfaltové vrstvy vozovky a provést spojovací a krycí postřiky.
- Zhotovit úpravu svahů, odvodňovací rigol, zatravnění a konečné úpravy kolem stavby.

3.8.2 Silnice III/4301, část 2

Vstupní parametry:

staničení:	km 7,283 – 7,595
délka:	312 m
šířka:	6,5 m
stav povrchu:	3 – dobrý

Návrh opravy:

Na úseku se vyskytuje jen porucha otevřenou pracovní spárou rovnoběžnou na osu vozovky, šířky cca 5 mm a 2 podélné úzké trhliny délky asi 10 m. Odstranění těchto poruch bude provedeno stejnou technologií podle TP 115 opravy trhlín na vozovkách s asfaltovým krytem.

Navrhuji ošetřit spáru i trhliny zálivkovou modifikovanou hmotou za horka a provést penetračně adhezni nátěr, hmota pro tento nátěr musí odpovídat druhu použité zálivkové hmoty a musí být vhodná ke zlepšení adheze. Materiály musí být navzájem snášlivé.

Modifikovaná hmota musí splňovat tyto požadavky:

Bod měknutí K.K.	min. 85°C
Penetrace kuželem při 25°C	4 mm až 10 mm
Penetrace a pružná regenerace	60%
Tepelná odolnost, penetrace kuželem	4 mm až 10 mm
Tepelná odolnost, pružná regenerace.	60%
Odolnost proti tečení	max. 2 mm
Kompatibilita s asfaltovou vozovkou	žádné poruchy přilnavosti

Práce se nesmí provádět za vlhka a teplot pod 0°C. Ošetření trhlíny provedením pouze asfaltovým nátěrem, asfaltovou emulzí s přidaným podrcením nebo tryskovou metodou je zásadně nepřípustné.

Pro zhotovení údržby by zhotovitel stavby musel vypracovat technický předpis provedených prací a ten dát ke schválení objednateli.

Stručný technologický postup prací:

- Trhliny a spára se profrézují drážkovací frézou nebo kotoučovou pilou, tak aby vznikla komůrka šířky 15 mm a hloubky 30 mm. Pak se vyčistí stlačeným vzduchem, nebo rotačním ocelovým kartáčem.
- dále se stěny trhliny ošetří penetračním adhezním nátěrem
- takto upravená a vyčištěná trhlina se ihned zalije pružnou záливkovou hmotou za horka, pomocí strojního záливkového zařízení.
- Je nutné dbát na to, aby záливka dokonale vyplnila připravenou drážku bez dutin a pórů. Po zalití se odstraní přebytečná záливková hmota a zalitá trhlina se přetře adhezním nátěrem.

3.8.3 Silnice III/4301, část 3

Vstupní parametry:

staničení:	km 7,595 – 8,090
délka:	495 m
šířka:	5 m
stav povrchu:	5 – havarijní

Návrh opravy:

Je možné navrhnout stejné způsoby opravy, se stejným technologickým postupem jako u části 1. Stavební práce budou prováděny ve stejných fázích jako u části 1.

Závěr

Při psaní této bakalářské práce jsem studoval téma diagnostiky a oprav asfaltových vozovek a snažil jsem se pochopit tuto problematiku. V teoretické části jsem provedl sumarizaci nejčastějších a nejzávažnějších poruch. Zaměřil jsem se zejména na trhliny a trvalé deformace, popsal příčiny jejich vzniku a jejich vývoj. Dále jsem pojednával o technologiích prováděných při opravách a údržbě vozovek pozemních komunikací.

Znalosti, které jsem získal při vypracování teoretické části jsem poté využil pro praktické provedení diagnostiky vozovky. Zhodnotil jsem stav vozovky pomocí poruch povrchu. Provedl jsem vizuální prohlídku s grafickým záznamem do formulářů a vyhodnocení zaznamenaných poruch pomocí příslušných technických předpisů. Pro lepší představu o kvalitě zkoumaného úseku jsem praktickou část doplnil výsledky z měření únosnosti a z kopaných sond, které jsem ovšem neměřil osobně v terénu.

Na základě diagnostického průzkumu jsem nakonec vypracoval návrh oprav poruch na diagnostikovaném úseku podle příslušných technických předpisů. Navrhl jsem dvě varianty opravy, první je zesílení s rozšířením vozovky a opravou odvodňovacího zařízení. Druhou variantou je rekonstrukce vozovky se zlepšením vlastností podloží, rozšířením vozovky a opravou odvodňovacího zařízení. Diagnostický průzkum nesplňoval požadavky pro recyklaci stávajících vrstev a jejich využití v nové konstrukci vozovky nebo zlepšení podloží.

Věřím, že mnou zpracovaná diagnostika vozovky a návrh opravy by mohli sloužit jako kvalitní podklad pro vypracování projektové dokumentace nutné k provedení stavebních prací údržby a opravy.

Seznam použitých zdrojů

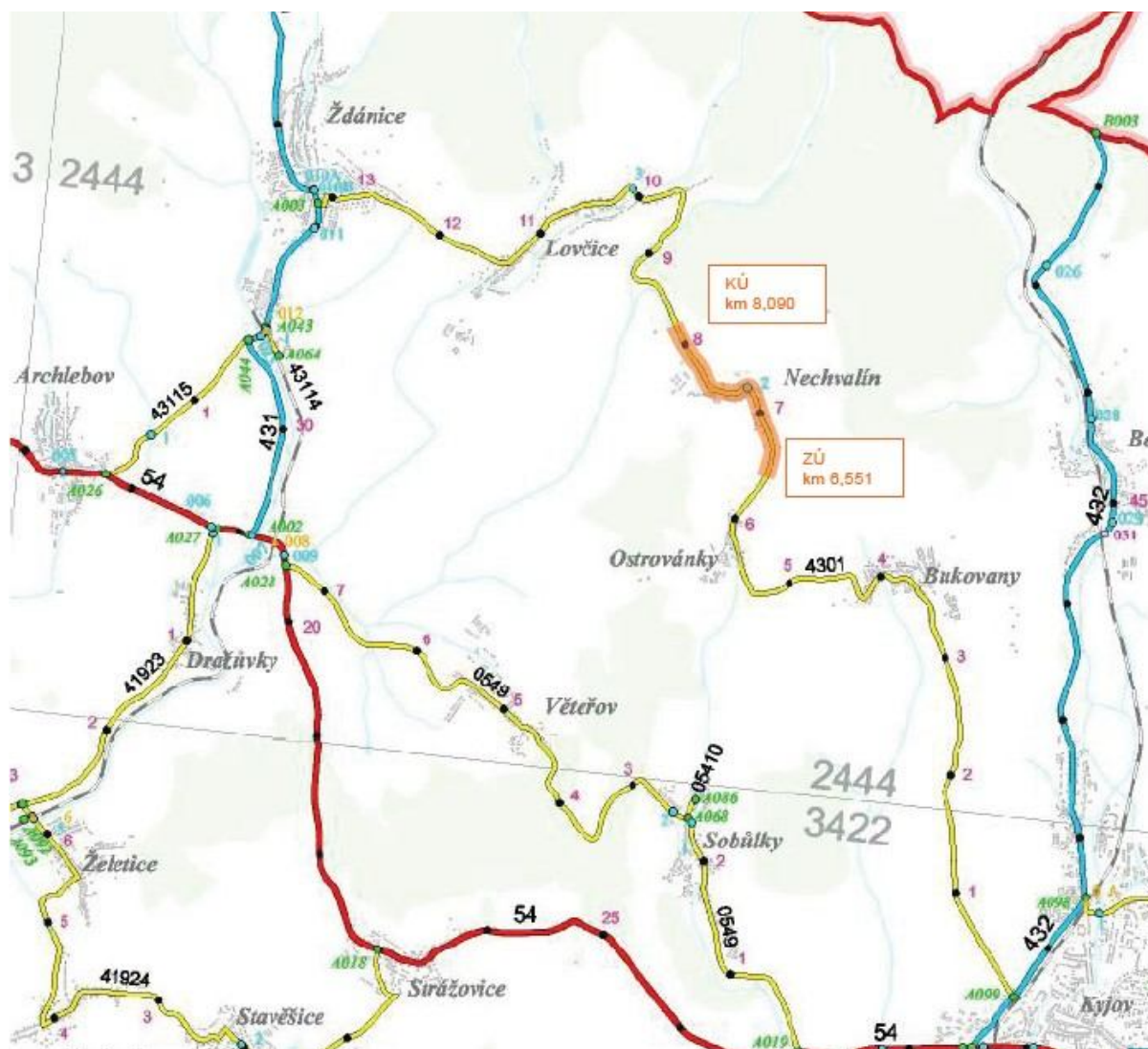
- [1] VOZOVKY Obnova, zesilování a rekonstrukce.
Prof. Ing. Ivan Gschwendt, DrSc. a kolektiv, Bratislava 2004
- [2] TP 82 Katalog poruch netuhých vozovek
Ministerstvo dopravy, odbor silniční infrastruktury
- [3] TP 87 Návrh údržby a oprav netuhých vozovek
Ministerstvo dopravy, odbor silniční infrastruktury
- [4] DIAGNOSTIKA A REKONŠTRUKCIE DOPRAVNÝCH STAVIEB
Prof. Ing. Ivan Gschwendt, DrSc., Doc. Ing. Katarína Bačová, PhD.
Ing. Andrea Zuzulová, PhD., Bratislava 2011
- [5] VUT Brno, Fakulta Stavební, BM02 – Pozemní komunikace II
Přednáška – Prolévané vrstvy zpracované za horka, Doc. Ing. Michal Varaus
- [6] VUT Brno, Fakulta Stavební, BM02 – Pozemní komunikace II
Přednáška – Stmelené podkladní vrstvy, Doc. Ing. Michal Varaus
- [7] <http://www.silmos.czfile.php?id=713>
Prezentace mrazových trhlin u vozovek z asfaltových směsí
- [8] VUT Brno, Fakulta Stavební, BM02 – Pozemní komunikace II
Přednáška – Údržba a poruchy netuhých vozovek, Doc. Ing. Michal Varaus
- [9] <http://www.fast10.usb.cz/hrubešova/vozovky1.ppt>
Prezentace
- [10] Diagnostika vozovek a metodika oprav
Ing. Emil Šlachta, DrSc., Ing. Josef Moc, Ing. Vítězslav Žalský, Praha 1986
- [11] CONSULEST s.r.o., Akreditovaná laboratoř
Diagnostika vozovky silnice I/12 úsek Kolín
- [12] DYNAMICKÁ DIAGNOSTIKA VOZOVEK
Ing. Gustav Martinček, DrCs.

Seznam použitých zkratk

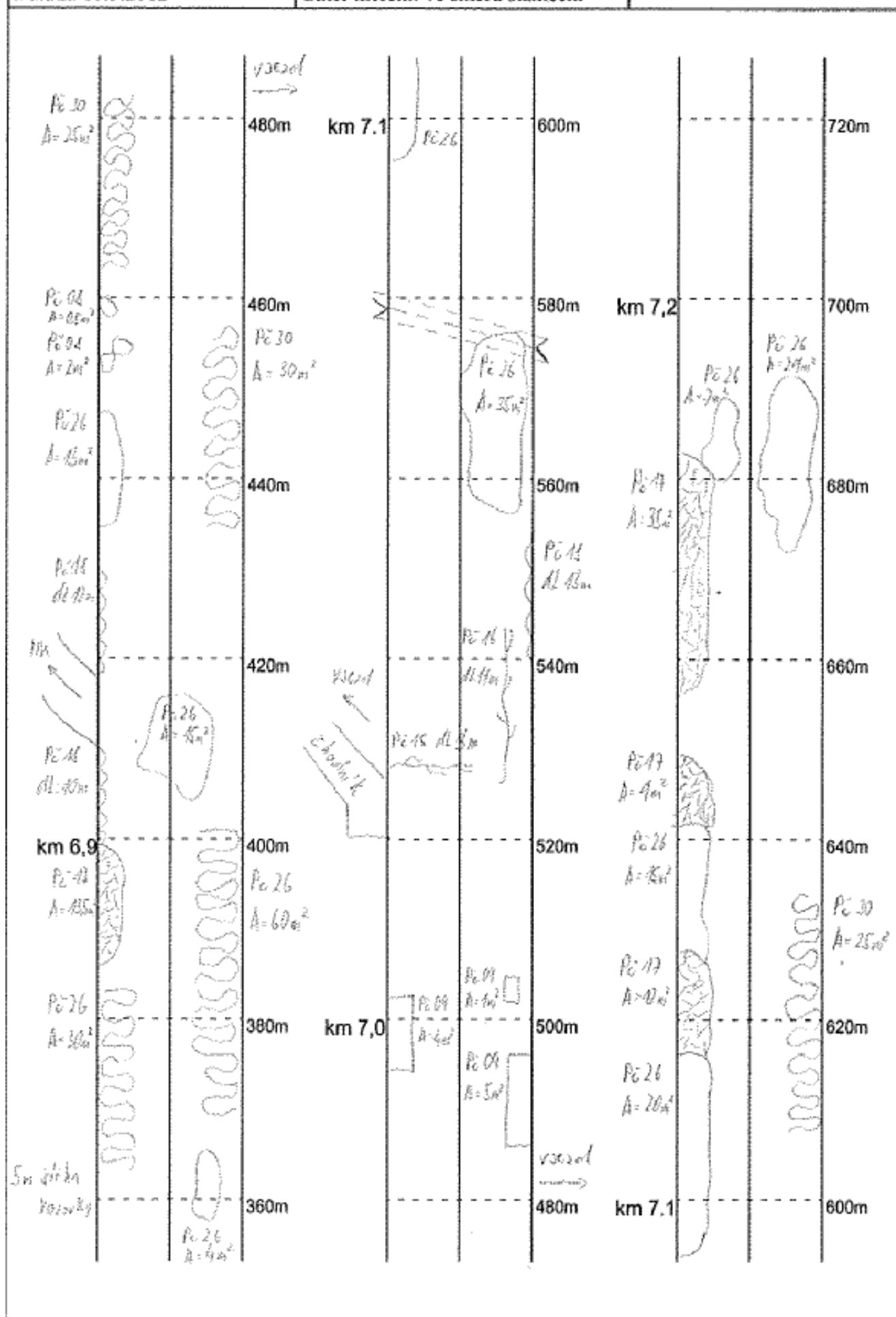
AC	asfaltový beton
ACO	asfaltový beton pro obrusné vrstvy
ACP	asfaltový beton pro podkladní vrstvy
ČR	česká republika
D	dálnice
E_p	modul pružnosti podloží
E_1, E_2	moduly pružnosti vrstev konstrukce vozovky
E_{def_2}	minimální kontrolní modul přetvárnosti
EMK	emulzní mikrokoberec
ϵ_l	relativní protažení asfaltové vrstvy na jejím spodním líci, nebo relativní stlačení povrchu vozovky
f_p	podélný součinitel tření
f_b	boční součinitel tření
FWD	falling weight deflectometer
GPS	Global Position System
m	meziroční nárůst intenzity dopravy
MK	místní komunikace
MZK	mechanicky zpevněné kamenivo
N_{lim}	celkový počet přejezdů návrhové nápravy
N_{rd}	celkový počet přejezdů návrhové nápravy v průměrném roce návrhového období
PM+N	penetrační makadam s nátěrem
R	rychlostní komunikace
ŘSD	ředitelství silnic a dálnic
SHV	systém hospodaření s vozovkou
ŠD	šterkodrt'
TDZ	třída dopravního zatížení
TNV	charakteristická hodnota denní intenzity dopravy
TP	technické podmínky
TV_0	průměrná denní intenzita
t_z	zbytková doba životnosti vozovky
ULS	uzlový lokalizační systém

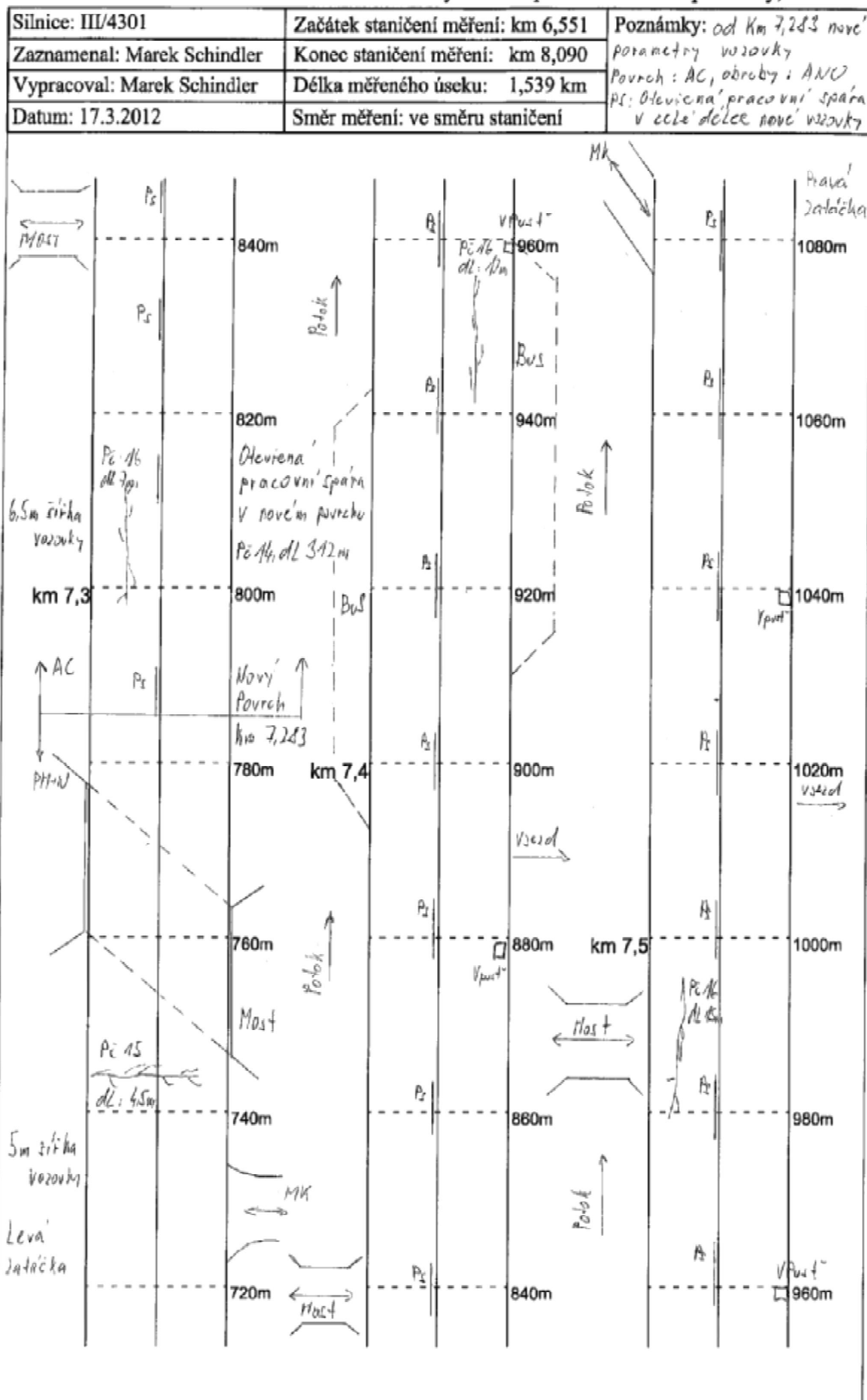
Seznam příloh

Příloha A	Mapa úseku
Příloha A1	Grafický záznam poruch z vizuální prohlídky
Příloha A2	Tabulka 4
Příloha A3	Tabulka 5
Příloha A4	Fotodokumentace k vizuální prohlídce
Příloha B	Tabulka 6, Tabulka 7
Příloha B1	Tabulka 8
Příloha B2	Výpočet dopravního zatížení
Příloha C	Tabulka 9
Příloha C1	Graf 1
Příloha C2	Graf 2
Příloha C3	Tabulka 10
Příloha C4	Graf 3
Příloha D	Kopané sondy
Příloha D1	Zemina v podloží

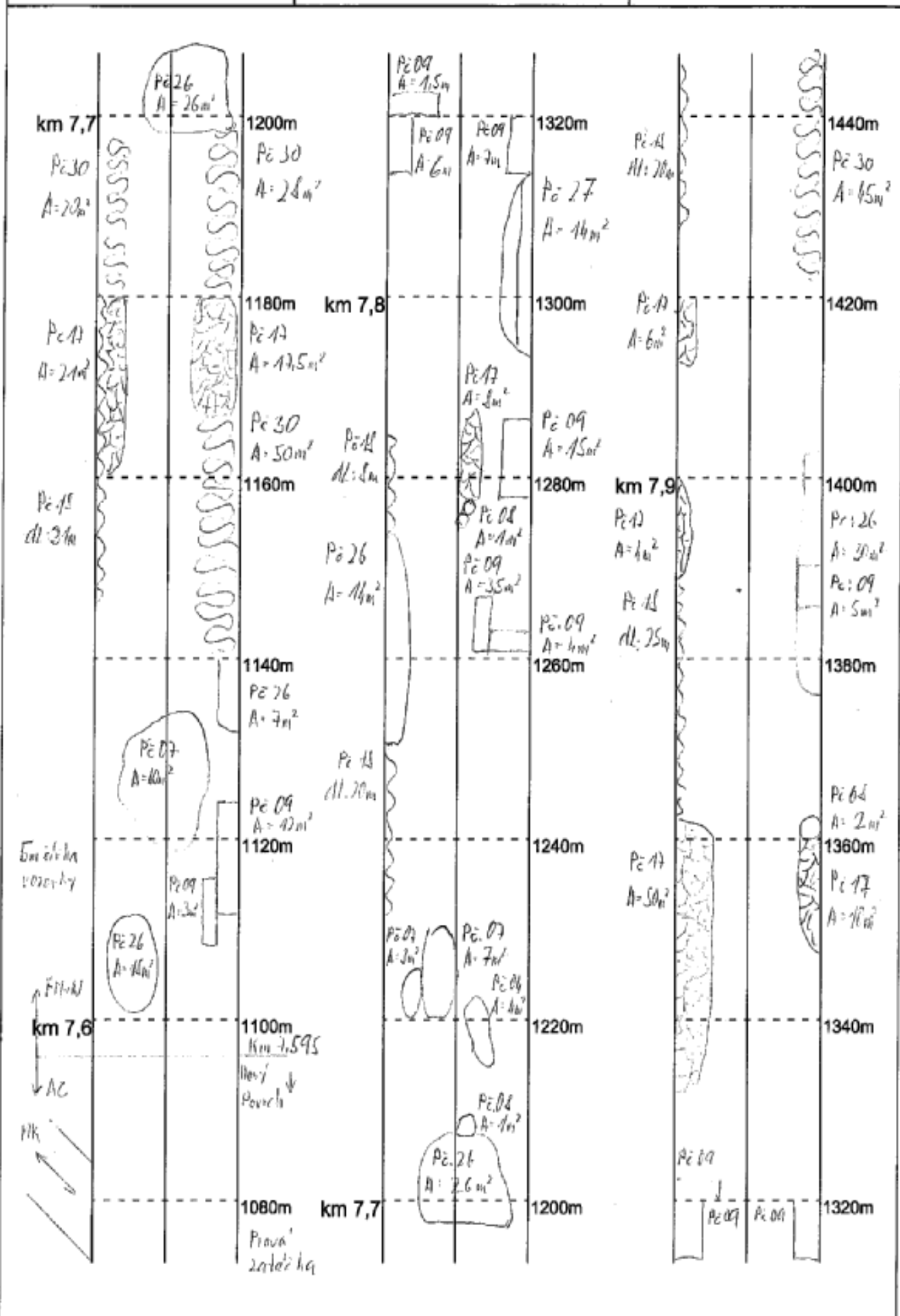


Silnice: III/4301	Začátek staničení měření: km 6,551	Poznámky: povrch PAM-N obrážky i NE Př: 50 oblast s existujícím výskletem poruch (počítáno do Pč 26)
Zaznamenal: Marek Schindler	Konec staničení měření: km 8,090	
Vypracoval: Marek Schindler	Délka měřeného úseku: 1,539 km	
Datum: 17.3.2012	Směr měření: ve směru staničení	

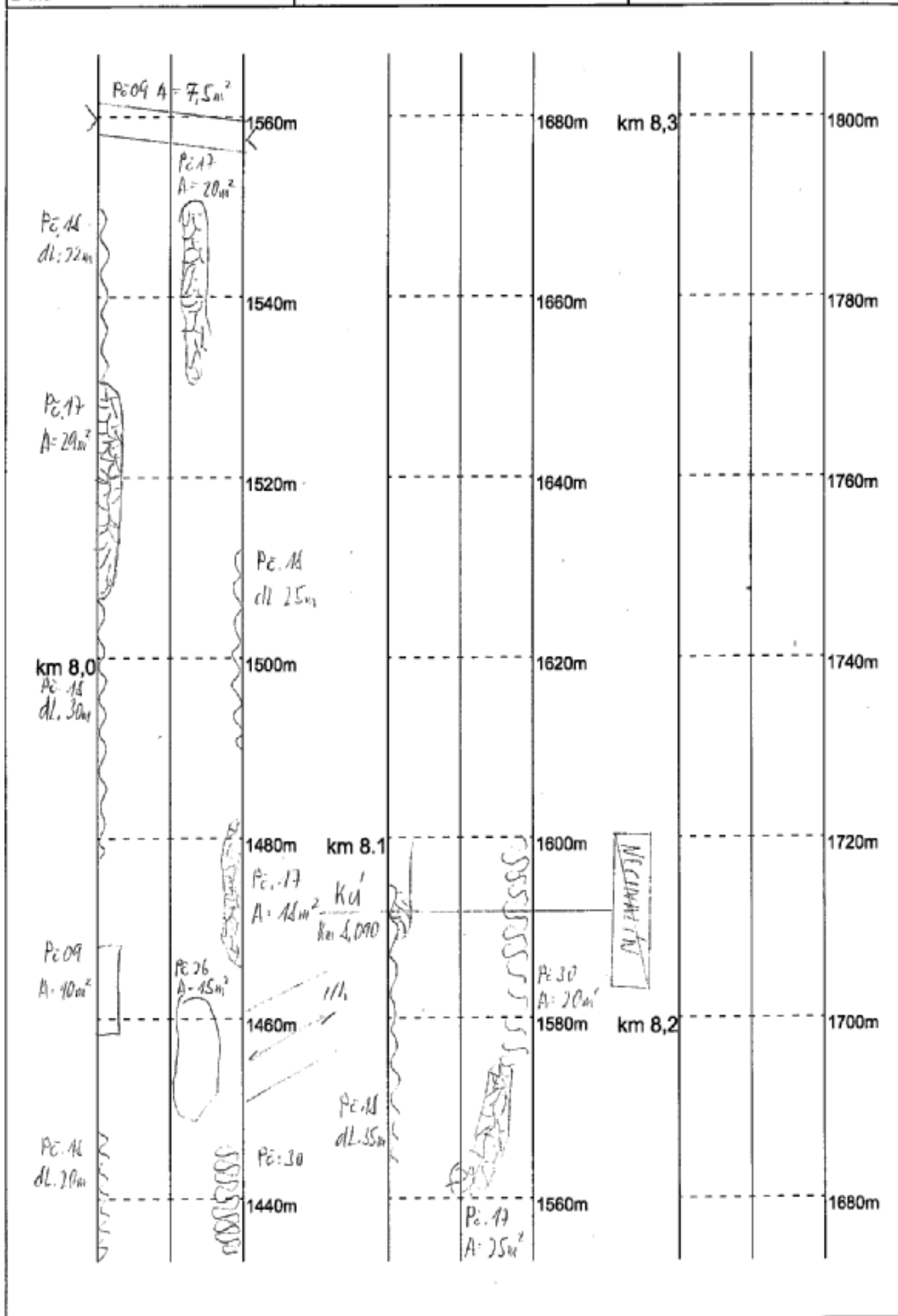




Silnice: III/4301	Začátek staničení měření: km 6,551	Poznámky: od km 7,595 (konci) nový poruch) opět PH + N převážně: M6. Pě. 30; mláta s velmi častými výskytů poruch.
Zaznamenal: Marek Schindler	Konec staničení měření: km 8,090	
Vypracoval: Marek Schindler	Délka měřeného úseku: 1,539 km	
Datum: 17.3.2012	Směr měření: ve směru staničení	



Silnice: III/4301	Začátek staničení měření: km 6,551	Poznámky: Obrobky: NE, povrch PTH-A'
Zaznamenal: Marek Schindler	Konec staničení měření: km 8,090	
Vypracoval: Marek Schindler	Délka měřeného úseku: 1,539 km	
Příloha A2 Datum: 17.3.2012	Směr měření: ve směru staničení	



Tabulka 4: Přehled typů poruch²

Skupina poruch	Číslo poruchy kat. list	Název poruchy	ISSD ŘSD ČR	
			Evidován o	Číslo poruchy dle číselníku ³
Ztráta protismykových vlastností	01	Ztráta mikrotextury	NE	
	02	Ztráta makrotextury	ANO	11
Ztráta hmoty z krytu	03	Kaverny v povrchu vozovky	ANO	1
	04	Opotřeбенí EKZ, EMK	ANO	12
	05	Ztráta kameniva z nátěru	ANO	11
	06	Ztráta asfaltového tmelu	ANO	01
	07	Hloubková koroze	ANO	02
	08	Výtluky v obrusné vrstvě a kry	ANO	03
Trhliny	09	Vysprávký	ANO	10
	10	Mozaikové trhliny	ANO	14
	11	Trhlina příčná úzká	ANO	13
	12	Trhlina podélná úzká	ANO	09
	13	Trhlina příčná široká	ANO	06
	14	Trhlina podélná široká	ANO	07
	15	Trhlina příčná rozvětvená	ANO	08
	16	Trhlina podélná rozvětvená	ANO	08
	17	Síťové trhliny	ANO	08
Deformace krytu	18	Odlamování okrajů vozovky	NE	
	19	Puchýře v MA	NE	
	20	Nepravidelné hrboly	NE	
	21	Vyjeté koleje	NE	
	22	Místní hrbol	ANO	04
	23	Příčný hrbol	ANO	04
	24	Místní pokles	ANO	15
	25	Příčný pokles	ANO	15
	26	Plošná deformace vozovky	ANO	05
	27	Prolomení vozovky	NE	
Jiné poruchy	28	Zanesení příkopů	NE	
	29	Zvýšená nezpevněná krajnice	NE	

² Zdroj: TP 82 Katalog poruch netuhých vozovek

³ Číselník poruch pro ISSD ŘSD ČR

Příloha A3: Tabulka5: Klasifikační zatřídění rozsahu skupin poruch vozovek v závislosti na návrhové úrovni porušení⁴

Skupina poruch podle TP 82	Pozn.	Přípustné %														
		přejímku			běžnou údržbu						údržbu a opravu					
		1 ^a			2 ^{a, b}			3 ^a			4 ^a			5 ^a		
		D0	D1	D2	D0	D1	D2	D0	D1	D2	D0	D1	D2	D0	D1	D2
Ztráta asfaltového tmelu a kaverny v obrusné	1	0	0	0	1	3	5	5	10	20	10	25	50	>10	>25	>50
Ztráta makrotextury (pocení, vystoupení tmelu)		0	0	0	1	3	5	5	10	20	10	25	50	>10	>25	>50
Koroze kalové vrstvy, ztráta kameniva z nátěru	2	0	0	0	1	3	5	5	10	20	10	25	50	>10	>25	>50
Hlubkové koroze obrusné vrstvy		0	0	0	1	1	3	2	5	10	5	10	20	>5	>10	>20
Výtluky	3	0	0	0	0	0,1	0,5	0	0,3	1	0	0,5	1	>0	>0,5	>1
Vysprávky		0	0	0	0,1	3	5	1	10	15	5	20	30	>5	>20	>30
Trhliny úzké, nepravidelné a mozaikové		0	0	0	1	3	5	2	5	15	5	15	30	>5	>15	>30
Trhliny široké příčné (četnost na 100 m délky)		0	0	0	1	2	5	2	5	10	5	10	20	>5	>10	>20
Trhliny rozvětvené (četnost na 100 m délky)	4	0	0	0	0	1	2	1	2	5	3	5	10	>3	>5	>10
Trhliny síťové	5	0	0	0	0	1	3	0,5	3	10	2	10	20	>2	>10	>20
Poklesy, místní, příčné a podélné hrboly, plošné deformace vozovky		0	0	0	0	1	3	1	3	10	3	10	20	>3	>10	>20
Prolomení vozovky		0	0	0	0	0	0	0	0,1	1	0,1	1	5	>0,1	>1	>5
Poznámky																
1	Chyba při výrobě a pokládce směsi (viz TP 82) – porucha neovlivňuje provozní způsobilost, o údržbě a opravě rozhoduje kvalitativní vývoj, vývoj k hloubkové korozi, výtlukům a vysprávkám.															
2	O údržbě nebo opravě povrchu zkorodovaného EKZ, EMK nebo uvolněného kameniva z nátěru rozhoduje snížení protismykových vlastností nebo hloubková koroze povrchu.															
3	Výtluky jsou na komunikacích v návrhové úrovni D0 nepřípustné, potřeba údržby nebo úpravy je dána plochou výspravek.															
4	Rozvětvené trhliny lze započítat do rozsahu síťových trhlin v ploše dané šířkou vozovky a šířkou rozvětvené trhliny (obvykle 1m).															
5	Poruchy konstrukce, jejich výskyt vede k opravám zesílením, recyklací a rekonstrukcí, je nutný diagnostický průzkum.															
a	Klasifikační stupeň.															
b	Maximální přípustné hodnoty v záruční době – odstraňuje zhotovitel.															

⁴ Zdroj: TP 87 Navrhování údržby a oprav netuhých vozovek.

Příloha A4

Fotodokumentace k vizuální prohlídce



◀ Silnice III/4301, obec Nechvalín

▼ Olamování okrajů vozovky,
Krajnice porušená funkce odvodnění



▼ Síťová trhлина, vznikající výtluky, olamování okrajů vozovky



▼ Síťová trhлина



▼ Síťová trhлина a pokles okraje vozovky



▼ Plošná deformace



▼ Plošná deformace



▼ Výtlučky a deformace



▼ Přechod mezi starou vozovkou (úsek část 1) a novou vozovkou (úsek část 2)



◀ Provedená údržba otevřené pracovní spáry

Příloha B

Tabulka 6: Návrhové úrovně porušení vozovky v závislosti na dosavadním roztrídění pozemních komunikací s očekávaným dopravním zatížením

Navrhovaná úroveň porušení vozovky	Zatřídění PK ČSN 73 6101, ČSN 73 6110	Očekávaná třída dopravního zatížení ČSN 73 6114, Z1
D0	Dálnice, rychlostní silnice, rychlostní místní komunikace, silnice I. třídy	S, I, II, III
D1	Silnice II. a III. třídy, sběrné místní komunikace, obslužné místní komunikace, odstavné a parkovací plochy	III, IV, V, VI
D2	Obslužné místní komunikace, nemotoristické komunikace, odstavné a parkovací plochy	V, VI
	Dočasné komunikace a účelové komunikace	IV až VI

Tabulka 7: Stanovení dopravního zatížení návrhové úrovně D1 dle TP 87

TDZ	TNV₁	m	TNV_k	C₁	TNV_{cd}	C₂	C₃	γ_{Di}	N_{rd}
III	1200	2	1500	0,5	6,9 mil.	1	0,6	1,0	120 tis.
IV	440	1	500	0,5	2,3 mil.	0,7	0,5		30 tis.
V	90	1	100	0,5	0,46 mil.	0,7	0,5		6 tis.
VI	15	0	15	0,5	70 tis.	0,7	0,5		1 tis.

Příloha B1

Tabulka 8: Intenzita dopravy na silnici III/4301, zdroj ŘSD / měření v terénu

Roční průměr denních intenzit dopravy		LN	SN	SNP	TN	TNP	NSN	A	AK	TR	TRP	TV	O	M	SV
RPDI - všechny dny	voz/den	70	20	0	3	0	1	37	0	8	1	147	801	13	961
		LN	SN	SNP	TN	TNP	NSN	A	AK	TR	TRP	TV	O	M	SV
RPDI - pracovní dny (Po-Pá)	voz/den	96	25	0	4	0	1	43	0	10	1	180	869	12	1061
RPDI - volné dny (mimo svátek)	voz/den	30	8	0	1	0	0	21	0	3	0	63	632	17	712
Hodinová intenzita dopravy												TV			SV
Padesátirázová intenzita dopravy	voz/hod											18		117	
Špičková hodinová intenzita dopravy	voz/hod											20		91	
Těžká nákladní vozidla - TNV															TNV
Hodnota TNV	voz/den														68
Měření v terénu		LN	SN	SNP	TN	TNP	NSN	A	AK	TR	TRP	TV	O	M	SV
Zaznamenaná hodnota	11 ⁰⁰ -14 ⁰⁰	10	2	0	1	0	0	5	0	0	0	18	87	9	114
Průměrná hodnota	voz/hod	3.3	0.67	0	0.34	0	0	1.7	0	0	0	-	29	3	-
Vypočtená hodnota	voz/den	79	16	0	8	0	0	40	0	0	0	143	696	72	911
Těžká nákladní vozidla - TNV															TNV
Hodnota TNV	voz/den														71

LN Lehká nákladní vozidla (užitečná hmotnost do 3,5 t) bez přívěsů i s přívěsy
A Autobusy
SN Střední nákladní vozidla (užitečná hmotnost 3,5 – 10t) bez přívěsů
SNP Střední nákladní vozidla (užitečná hmotnost 3,5 – 10t) s přívěsy
TN Těžká nákladní vozidla (užitečná hmotnost nad 10t) bez přívěsů
TNP Těžká nákladní vozidla (užitečná hmotnost nad 10t) s přívěsy
NSN Návěsové soupravy nákladních vozidel

AK Autobusy kloubové
TR Traktory bez přívěsů
TRP Traktory s přívěsy
TV Těžká motorová vozidla celkem
O Osobní a dodávková vozidla bez přívěsů i s přívěsy
M Jednostopá motorová vozidla
SV Všechna motorová vozidla celkem (součet vozidel)

Měření intenzity dopravy v terénu:

$$(0,1.LN + 0,9.SN + 1,9.SNP + TN + 2,0.TNP + 2,3.NSN + A + AK)$$

$$(0,1.79 + 0,9.17 + 1,9.0 + 8 + 2,0 + 2,3.0 + 40 + 0) = \underline{TNV_0 = 71}$$

Měření intenzity dopravy ŘSD:

$$\underline{TNV_0 = 68}$$

Tuto intenzitu je možno upravit na charakteristickou hodnotu denní intenzity:

$$TNV_k = 0,5 (\delta_z + \delta_k) TNV_0$$

$$TNV_k = 0,5 (1 + 1) 68 \Rightarrow TNV_0 = \underline{TNV_k = 68}$$

TNV_k – je charakteristická hodnota denní intenzity provozu

TNV_0 – je průměrná denní intenzita provozu v roce sčítání intenzity dopravy

δ_z, δ_k – jsou součinitele růstu intenzity TNV pro roky počátku a konce návrhového období

Součinitele δ_z, δ_k stanovuje správce, nebo se mohou stanovit ze vztahu:

$$\delta_i = (1 + 0,01 \cdot m)^{t_i}$$

$$\delta_i = (1 + 0,01 \cdot 0)^2 \Rightarrow \delta_z = \delta_k = 1$$

δ_i – je součinitel růstu dopravy pro i -tý rok vzdálený o t_i od posledního sčítání dopravy

t_i – je počet roků mezi rokem i -tým a rokem sčítání dopravy

m – je meziroční nárůst intenzity provozu TNV v % (na silnicích III. Třídy lze uvažovat 0)

$$N_{rd} = (365 TNV_k \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot C_4) / \gamma_{Di}$$

$$N_{rd} = (365 \cdot 68 \cdot 0,5 \cdot 0,7 \cdot 0,5 \cdot 2) / 1$$

$$N_{rd} = 8687$$

N_{rd} – je počet přejezdů návrhových náprav v průměrném roce návrhového období, beroucí v úvahu návrhovou úroveň porušení vozovky

TNV_k – je charakteristická hodnota denní intenzity provozu

C_1 – je součinitel vyjadřující podíl intenzity TNV v nejvíc zatíženém jízdním pruhu a pro provoz jedním jízdním pruhem v jednom směru se uvažuje 0,5.

C_2 – je součinitel vyjadřující fluktuaci stop a v tomto případě se uvažuje 0,7.

C_3 – je součinitel spektra hmotnosti náprav TNV a pro běžné dopravní zatížení je 0,5.

C_4 – je součinitel vyjadřující vliv rychlosti TNV v závislosti na návrhové rychlosti. Při zastavování vozidel a rychlostí pod 50 km/h je 2,0.

γ_{Di} – je dílčí součinitel spolehlivosti porušení vozovky v závislosti na návrhové úrovni porušení a v tomto případě je to hodnota 1,0.

Silnice III/4301,

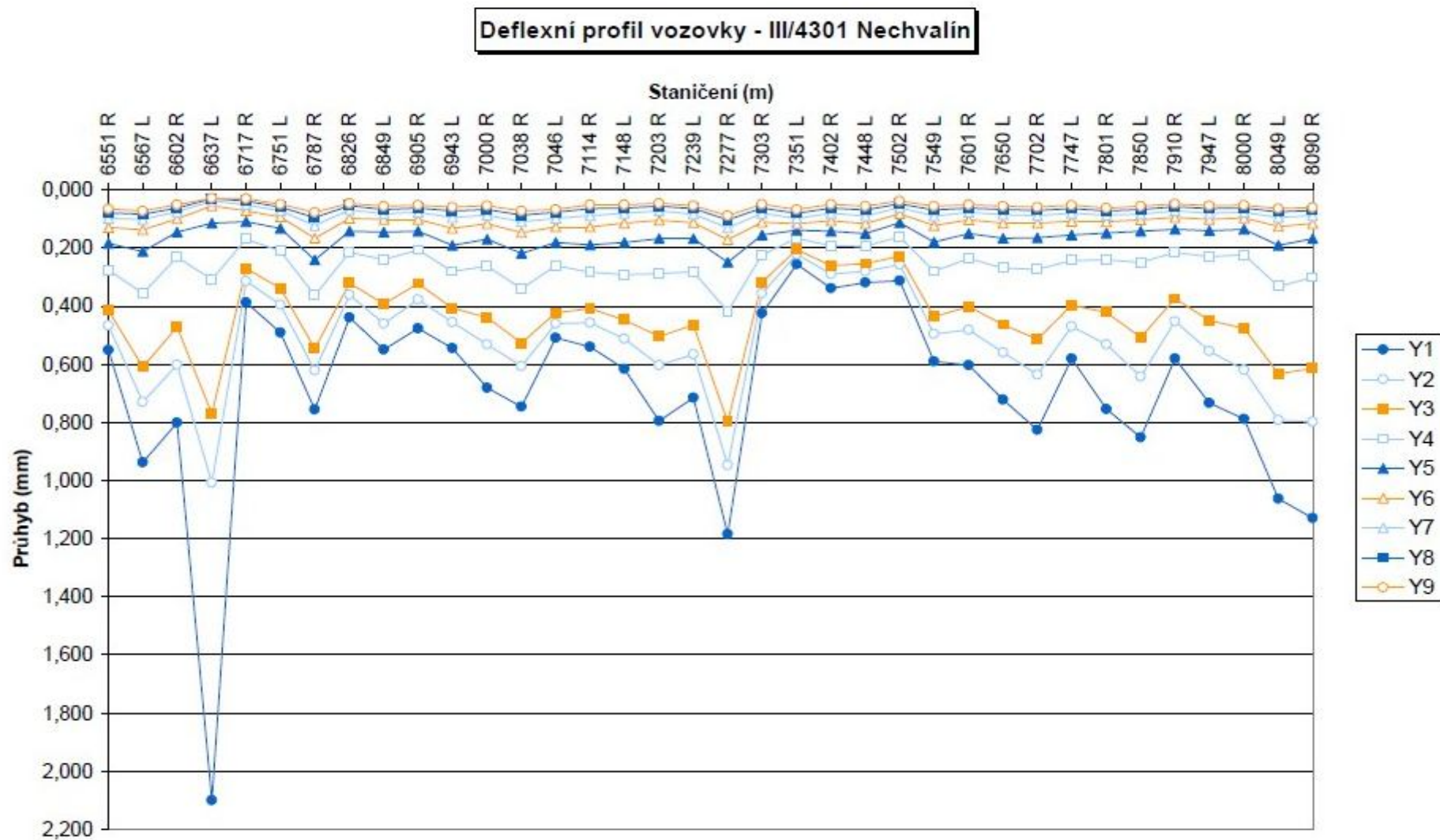
Začátek úseku (ZÚ): km 6,551

Konec úseku (KÚ): km 8,090

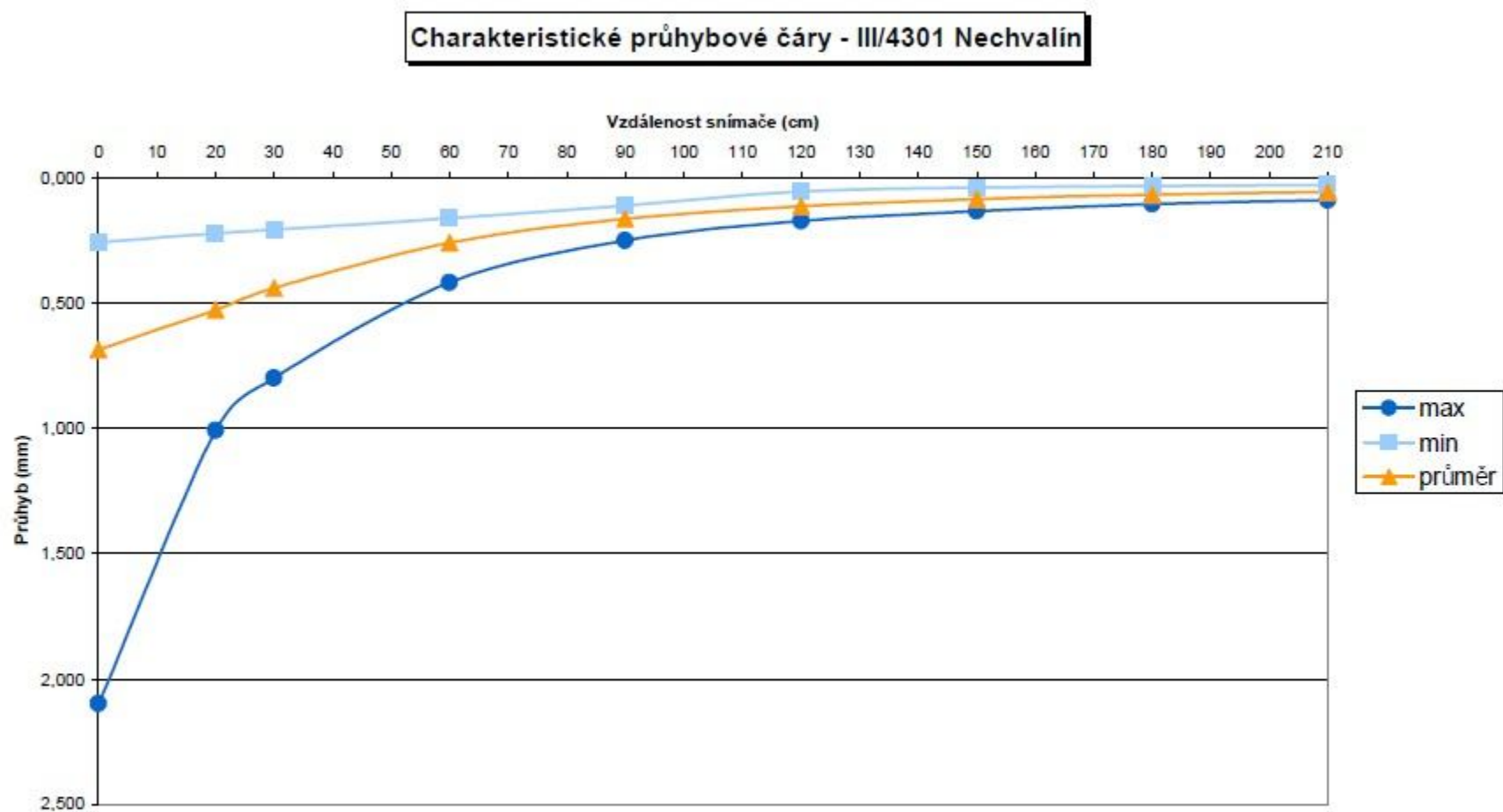
Délka úseku 1539 m

Číslo bodu	Stan. (m)	Jízdní pruh R-pravý L-levý	Tlak (kPa)	Teplota (°C)	Průhyby								
					Y1 (mm)	Y2 (mm)	Y3 (mm)	Y4 (mm)	Y5 (mm)	Y6 (mm)	Y7 (mm)	Y8 (mm)	Y9 (mm)
					0	20	30	60	90	120	150	180	210
1	6551	R	659	7,8	0,550	0,466	0,414	0,275	0,184	0,128	0,097	0,078	0,065
2	6567	L	689	9,1	0,937	0,729	0,609	0,355	0,211	0,137	0,101	0,082	0,072
3	6602	R	648	7,8	0,801	0,601	0,471	0,230	0,144	0,099	0,074	0,061	0,051
4	6637	L	722	9,3	2,099	1,006	0,769	0,307	0,113	0,053	0,037	0,030	0,027
5	6717	R	672	7,8	0,387	0,314	0,270	0,169	0,108	0,072	0,051	0,037	0,029
6	6751	L	694	9,2	0,491	0,395	0,338	0,209	0,132	0,092	0,072	0,058	0,048
7	6787	R	689	7,8	0,755	0,620	0,545	0,362	0,240	0,165	0,121	0,094	0,077
8	6826	R	695	7,9	0,438	0,361	0,320	0,215	0,141	0,097	0,069	0,054	0,045
9	6849	L	705	9,2	0,548	0,460	0,392	0,238	0,145	0,101	0,081	0,066	0,056
10	6905	R	683	8,2	0,475	0,377	0,322	0,206	0,141	0,101	0,077	0,062	0,052
11	6943	L	697	9,6	0,544	0,454	0,406	0,279	0,190	0,131	0,094	0,072	0,059
12	7000	R	699	8,3	0,681	0,531	0,439	0,262	0,169	0,116	0,086	0,067	0,054
13	7038	R	682	8,3	0,746	0,606	0,526	0,339	0,218	0,146	0,108	0,086	0,071
14	7046	L	690	9,7	0,509	0,459	0,422	0,259	0,181	0,127	0,097	0,077	0,066
15	7114	R	689	8,5	0,539	0,457	0,408	0,282	0,188	0,127	0,087	0,063	0,050
16	7148	L	698	9,5	0,615	0,511	0,446	0,290	0,181	0,113	0,080	0,061	0,051
17	7203	R	694	8,6	0,794	0,603	0,503	0,288	0,168	0,104	0,071	0,055	0,045
18	7239	L	720	9,4	0,715	0,565	0,464	0,281	0,168	0,112	0,083	0,064	0,053
19	7277	R	692	8,5	1,184	0,947	0,797	0,417	0,249	0,171	0,130	0,103	0,088
20	7303	R	703	8,6	0,424	0,355	0,317	0,222	0,155	0,110	0,080	0,061	0,049
21	7351	L	706	9,7	0,255	0,221	0,204	0,166	0,138	0,115	0,097	0,080	0,066
22	7402	R	709	8,9	0,337	0,289	0,260	0,191	0,141	0,106	0,080	0,061	0,048
23	7448	L	700	9,8	0,318	0,279	0,254	0,194	0,150	0,115	0,090	0,069	0,055
24	7502	R	710	9	0,312	0,257	0,228	0,160	0,112	0,081	0,060	0,047	0,038
25	7549	L	705	9,7	0,589	0,496	0,435	0,279	0,179	0,121	0,089	0,069	0,056
26	7601	R	698	9,1	0,602	0,480	0,401	0,235	0,149	0,102	0,077	0,062	0,051
27	7650	L	707	9,5	0,721	0,558	0,463	0,268	0,166	0,113	0,084	0,066	0,055
28	7702	R	707	9,1	0,825	0,635	0,513	0,273	0,164	0,114	0,087	0,070	0,058
29	7747	L	700	10	0,580	0,470	0,396	0,242	0,154	0,107	0,080	0,063	0,052
30	7801	R	706	9,3	0,754	0,531	0,420	0,241	0,148	0,109	0,086	0,071	0,061
31	7850	L	710	9,8	0,851	0,642	0,506	0,248	0,141	0,102	0,083	0,067	0,056
32	7910	R	714	9,3	0,579	0,452	0,373	0,214	0,134	0,094	0,072	0,057	0,047
33	7947	L	720	9,5	0,733	0,553	0,448	0,229	0,140	0,100	0,079	0,064	0,054
34	8000	R	715	9,3	0,787	0,619	0,476	0,222	0,135	0,096	0,077	0,062	0,052
35	8049	L	708	9,8	1,082	0,791	0,632	0,331	0,190	0,125	0,094	0,075	0,063
36	8090	R	703	9,1	1,129	0,797	0,614	0,301	0,168	0,116	0,088	0,070	0,060
max					2,099	1,006	0,797	0,417	0,249	0,171	0,130	0,103	0,088
min					0,255	0,221	0,204	0,160	0,108	0,053	0,037	0,030	0,027
průměr					0,685	0,525	0,439	0,258	0,162	0,112	0,084	0,066	0,055
smodch					0,324	0,176	0,132	0,057	0,032	0,022	0,017	0,013	0,012

⁵ Převzato od IMOS Brno a.s. – Divize dopravní stavby



⁶ Převezato od IMOS Brno a.s. – Divize dopravní stavby



⁷ Převezato od IMOS Brno a.s. – Divize dopravní stavby

Silnice III/4301,

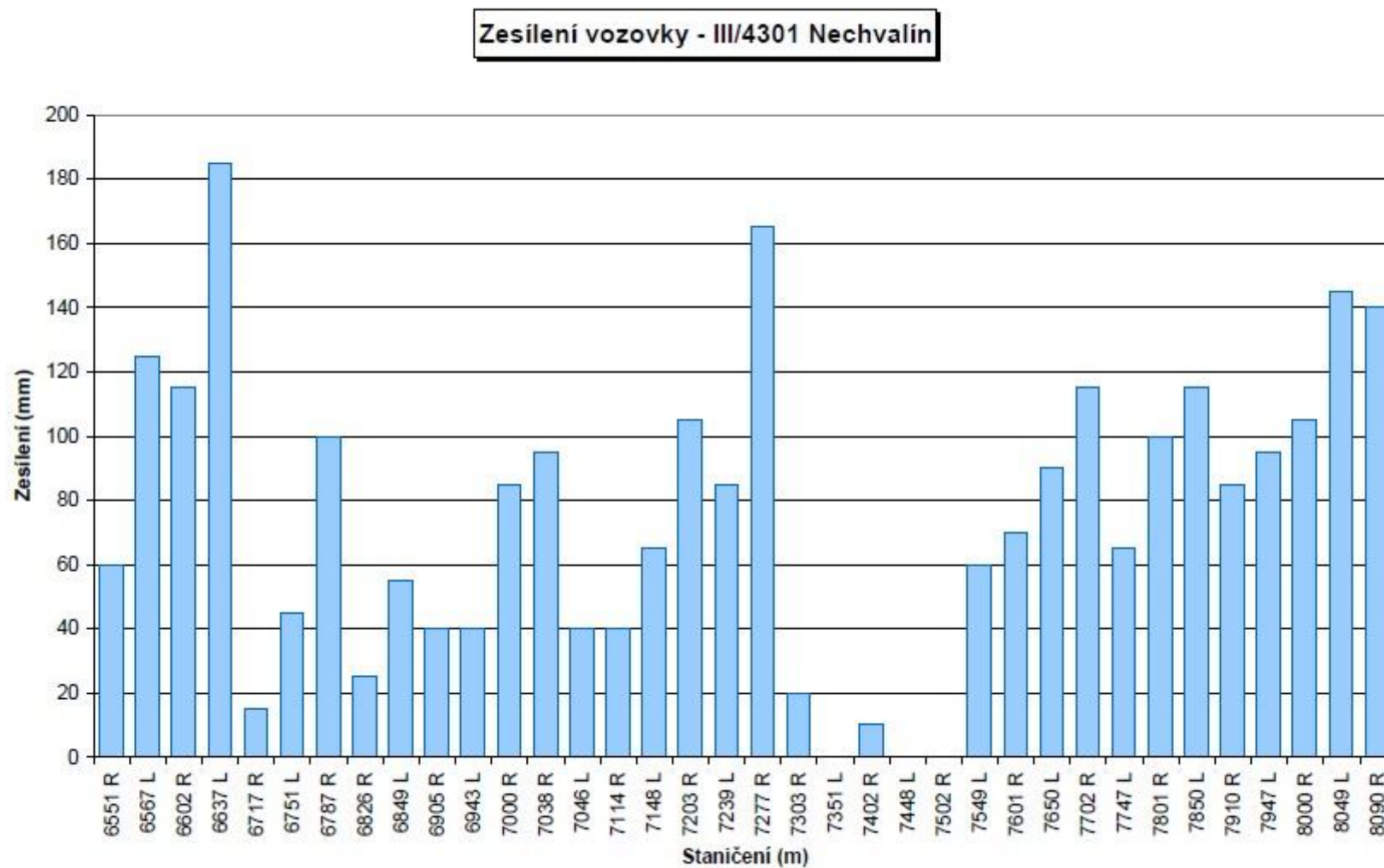
Začátek úseku (ZÚ): km 6,551

Konec úseku (KÚ): km 8,090

Délka úseku 1539 m

Číslo bodu	Staničení (m)	Jízdní pruh R-pravý L-levý	Tloušťky vrstev (mm)		Moduly pružnosti (MPa)			Zbytková životnost (roky)	Tloušťka zesílení (mm)
			H1	H2	E1	E2	Ep		
1	6551	R	10	180	2770	2770	68	4	60
2	6567	L	10	180	1115	1115	52	0	125
3	6602	R	10	180	618	618	81	0	115
4	6637	L	10	180	151	151	55	0	185
5	6717	R	10	180	3153	3153	112	13	15
6	6751	L	10	180	2268	2268	98	5	45
7	6787	R	10	180	1756	1756	54	0	100
8	6826	R	10	180	3327	3327	95	8	25
9	6849	L	10	180	2177	2177	86	4	55
10	6905	R	10	180	2541	2541	94	7	40
11	6943	L	10	180	3759	3759	64	5	40
12	7000	R	10	180	1405	1405	78	2	85
13	7038	R	10	180	1765	1765	57	1	95
14	7046	L	10	180	3421	3421	73	7	40
15	7114	R	10	180	4247	4247	59	8	40
16	7148	L	10	180	2717	2717	63	4	65
17	7203	R	10	180	1338	1338	62	1	105
18	7239	L	10	180	1554	1554	71	2	85
19	7277	R	10	180	444	444	47	0	165
20	7303	R	10	180	4953	4953	82	9	20
21	7351	L	10	180	20597	20597	85	20	0
22	7402	R	10	180	8975	8975	86	15	10
23	7448	L	10	180	11361	11361	82	20	0
24	7502	R	10	180	6154	6154	118	20	0
25	7549	L	10	180	2455	2455	72	4	60
26	7601	R	10	180	1644	1644	86	2	70
27	7650	L	10	180	1310	1310	75	1	90
28	7702	R	10	180	749	749	75	0	115
29	7747	L	10	180	1862	1862	85	3	65
30	7801	R	10	180	754	754	91	1	100
31	7850	L	10	180	619	619	86	0	115
32	7910	R	10	180	986	986	99	1	85
33	7947	L	10	180	813	813	94	1	95
34	8000	R	10	180	645	645	96	1	105
35	8049	L	10	180	567	567	58	0	145
36	8090	R	10	180	438	438	67	0	140
				max	20597	20597	118	20	185
				min	151	151	47	0	0
				průměr	2928	2928	78	4,7	75
				smodch	3786	3786	17	6	47

⁸ Převzato od IMOS Brno a.s. – Divize dopravní stavby

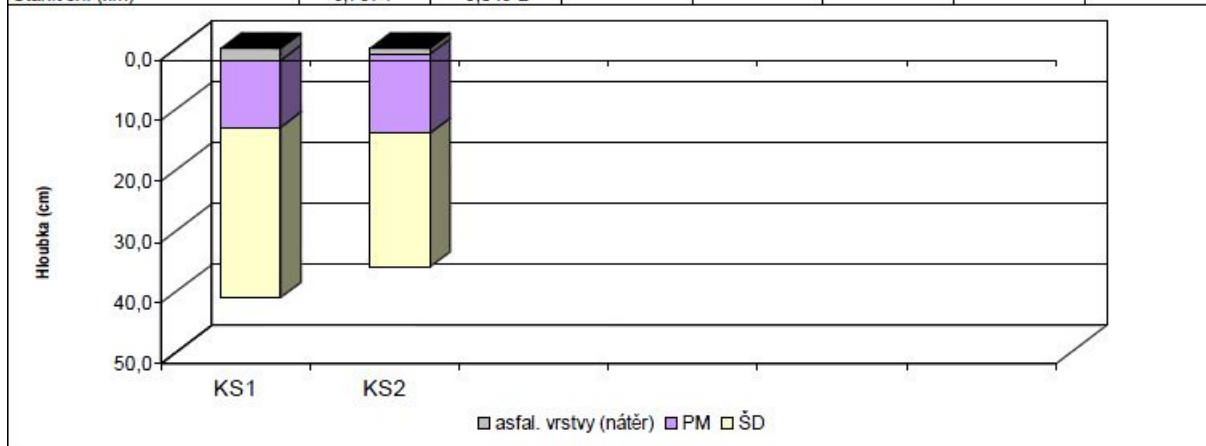


⁹ Převzato od IMOS Brno a.s. – Divize dopravní stavby

Příloha D

Kopané sondy¹⁰

Tloušťka vrstvy (cm)	KS1	KS2					
asfal. vrstvy (nátěr)	2,0	1,0					
PM	11,0	13,0					
ŠD	28,0	22,0					
směsný vzorek č.	974	976					
podloží/ vzorek č.	975	977					
Hloubka sondy (cm)	41	36					
Staničení (km)	6,787 P	8,049 L					



Příloha D1

Zemina v podloží¹¹



Aktuální vlhkost w_a (%)	Mez tekutosti w_L (%)	Mez plasticity w_p (%)	Číslo plasticity I_p	Konzistence I_c	Namrzavost*	Klasifikace	
ČSN CEN ISO/TS 17892-1	IZP 05/05 (ČSN 721014)	IZP 04/05 (ČSN 721013)	ČSN 731001	ČSN 731001	ČSN 721002	721002	14688-2
975	25,68	33,08	15,06	18,02	0,49	neb.namrzavý	CI
977	20,68	34,02	16,68	17,34	0,77	dtto	siCI

¹⁰ Převezato od IMOS Brno a.s. – Divize dopravní stavby

¹¹ Převezato od IMOS Brno a.s. – Divize dopravní stavby