

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

Protismykové vlastnosti vozovek krajských silnic
Bakalářská práce

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **David Dlouhý**
Osobní číslo: **D16696**
Studijní program: **B3607 Stavební inženýrství**
Studijní obor: **Dopravní stavitelství**
Téma práce: **Protismykové vlastnosti vozovek krajských silnic**
Zadávající katedra: **Katedra dopravního stavitelství**

Zásady pro vypracování

V rámci bakalářské práce řešte problematiku protismykových vlastností PK, se zaměřením experimentální části na zkoušení povrchů vozovek silnic II. tříd.

Součástí práce bude teoretický základ vlivu protismykových vlastností povrchů a jejich vliv na provoz, rešerše zkušebních metod u nás a v zahraničí, experimentální část měření na zkušebních úsecích v závislosti na vybraných parametrech PK a závěr s diskusí a doporučeními.

Struktura práce je naznačena níže.

- Úvod
- Analýza současného stavu
- Stanovení konkrétních cílů
- Příprava a vypracování experimentu
- Vyhodnocení a diskuze nad výsledky
- Závěr a doporučení

Rozsah pracovní zprávy:

Rozsah grafických prací:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

ČSN 73 6177 Měření a hodnocení protismykových vlastností povrchů vozovek

ČSN EN 13036 Povrchové vlastnosti vozovek pozemních komunikací a letištních ploch – Zkušební metody

Zajíček Jan a kol.; Technologie stavby vozovek

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Pavel Lopour, Ph.D.

Katedra dopravního stavitelství

Datum zadání bakalářské práce: **26. října 2020**

Termín odevzdání bakalářské práce: **19. května 2021**

L.S.

doc. Ing. Libor Švadlenka, Ph.D.
děkan

Ing. Aleš Šmejda, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 28. října 2020

Prohlašuji:

Práci s názvem *Protismykové vlastnosti vozovek krajských silnic* jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 24.08.2021

David Dlouhý v. r.

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu práce panu Ing. Pavlu Lopouroví, Ph.D. za vedení a rady při tvorbě bakalářské práce, kolegům ze zaměstnání a v neposlední řadě své rodině za trpělivost, kterou se mnou měli v průběhu studia. Dále také děkuji všem respondentům, kteří mi poskytli potřebné informace.

ANOTACE

Bakalářská práce se zabývá problematikou protismykových vlastností asfaltových vozovek krajských silnic. Cílem bylo zjistit, jak se vzhledem ke stáří a intenzitě dopravy opotřebovává obrusná vrstva vozovek.

KLÍČOVÁ SLOVA

Protismykové vlastnosti, makrotextura, mikrotextura.

TITLE

Skid-resistance properties of regional road pavements.

ANNOTATION

This Bachelor's thesis deals with the effects of anti-skid properties of asphalt roads of regional roads. The goal (aim) was to find out aspects of the abrasive layer of roads wear out due to the age and intensity of the traffic.

KEYWORDS

Skid-resistance properties, macrotexture, microtexture.

OBSAH

OBSAH	7
Seznam ilustrací	8
Seznam tabulek	9
Seznam zkratk a značek	Chyba! Záložka není definována.
ÚVOD	11
Cíl práce	11
1. Analýza současného stavu	12
1.1 Vozovka	12
1.1.1 Cementobetonový kryt	13
1.1.2 Asfaltové vrstvy	14
1.1.2.1. Kamenivo	15
1.1.2.2. Asfalt	16
1.1.2.3. Výroba asfaltových směsí	16
1.1.2.4. Pokládka a doprava asfaltových směsí	17
1.1.2.5. Zkoušky asfaltových směsí	19
1.1.2.6. Výpočet počtu přejezdů návrhové nápravy [19]	19
1.2. Povrchové vlastnosti vozovek PK	21
1.2.1. Nerovnosti povrchu vozovky	21
1.3. Protismykové vlastnosti vozovek	24
1.3.1. Mikrotextura	26
1.3.2. Makrotextura	27
1.3.3. Megatextura	28
1.3.4. Zkušební metody	28
1.3.4.1. Měření protismykových vlastností zařízením TRT	28
1.3.4.2. Měření vodorovných drenážních vlastností povrchu vozovky	29
1.3.4.3. Měřicí zařízení ke zjišťování podélného koeficientu tření povrchu vozovek	31
2. Stanovení konkrétních cílů	31
2.1. Výběr vhodných lokalit k měření	32
2.2. Výběr a stanovení zkušebních metod	35
2.2.1 Zkouška metodou MTD	35
2.2.2 Zkouška kyvadlem PTV	37
3. Příprava a vypracování experimentu	39
3.1. Zkušební metoda MTD	39
3.2. Kyvadlo PTV	44
4. Vyhodnocení a diskuze nad výsledky	67
Úsek č. 1	67
Úsek č. 2	68
Úsek č. 3	70
Úsek č. 4	71

Seznam ilustrací

Obrázek 1: Sušící buben [21].....	17
Obrázek 2: Obalovna šaržová[21]	Chyba! Záložka není definována.
Obrázek 3: Pokládka asfaltových směsí [21].....	18
Obrázek 4: Výsledky sčítání dopravy úsek Choceň - Svatý Jiří[20]	20
Obrázek 5: Výsledky sčítání dopravy úsek Svatý Jiří - Ústí nad Orlicí[20].....	20
Obrázek 6: Měření podélné nerovnosti latí [4].....	21
Obrázek 7: Dvouhmotový referenční odezvosový systém - čtvrtina vozidla [4].....	22
Obrázek 8:Příčný profil vozovky s uvedením výšky schůdku [4].....	22
Obrázek 9:Příčný profil vozovky vykazující výšku hřbetu, hrbolu a poklesu. [4].....	23
Obrázek 10: Příčný pokles vozovky vykazující pokles hrany. [4]	23
Obrázek 11: Příčný profil povrchu vozovky vykazující hloubku kolejí [4].....	23
Obrázek 12: Příčný profil vozovky s uvedením teoretické hloubky vody [4].....	24
Obrázek 13: Zóny dotykové oblasti pneumatiky a vozovky [2].....	25
Obrázek 14: Názvosloví z hlediska vln [4].....	26
Obrázek 15: Mikrotextura [5]	26
Obrázek 16: Ztráta mikrotextury [7].....	26
Obrázek 17: Makrotextura [4]	27
Obrázek 18:Ztráta makrotextury-detail [7].....	27
Obrázek 19: Ztráta makrotetury [7]	28
Obrázek 20: Tatra 613 TRT [9]	29
Obrázek 21: Mercedes-Benz Sprinter TRT [10].....	29
Obrázek 22: Výtokoměr [14].....	30
Obrázek 23: Měřicí zařízení ke zjišťování podélného koeficientu tření povrchu vozovek [10, 17]	31
Obrázek 24: Vybrané lokality [23]	32
Obrázek 25: Lokalita 1 [21].....	32
Obrázek 26: Lokalita 1 [23].....	32
Obrázek 27: Lokalita č. 2 [21].....	33
Obrázek 28: Popiska z kamene [21]	33
Obrázek 29: Lokalita 2 [23].....	33
Obrázek 30: Lokalita č. 3 [21].....	33
Obrázek 31: Lokalita 3 [23].....	34
Obrázek 32: Lokalita 4 [23].....	34
Obrázek 33:Zkušební metoda MTD [11].....	35
Obrázek 34: Zkušební sada na zkoušku MTD [21]	36
Obrázek 35:Detail MTD [21]	36
Obrázek 36: Kyvadlo [11]	37
Obrázek 37: Kyvadlo Matest [21]	38
Obrázek 38: Váha vody testovací misky [22].....	39

Obrázek 39: Měření MTD	44
Obrázek 40: Úsek č1: Ztráta asfaltového tmelu [21]	68
Obrázek 41: Úsek č 2: Ztráta makrotextury [21]	69
Obrázek 42: Úsek č 3: Makrotextura [21]	70
Obrázek 43: Úsek č 4: Makrotextura [21]	71
Obrázek 44: Graf Makrotextury [21]	72
Obrázek 45: Graf mikrotextury [21]	72

Seznam tabulek

Tabulka 1. Členění cementobetonových krytů [2]	13
Tabulka 2. Minimální teploty vzduchu při pokládce [2]	18
Tabulka 3: Hodnoty parametrů referenčního odezvového systému - čtvrtina vozidla [4]	22
Tabulka 4: Hodnocení protismykových vlastností [5]	25
Tabulka 5: Opravné hodnoty PTV dle teploty	46
Tabulka 6: Hodnocení protismykových vlastností a textury povrchu [15]	67
Tabulka 7: Výsledky úseku č:1	67
Tabulka 8: Výsledky úseku č: 2	68
Tabulka 9: Výsledky úseku č: 3	70
Tabulka 10: Výsledky úseku č: 4	71

Seznam zkratek a značek

TNV - Těžké nákladní vozidlo

CBK - Cementobetonový kryt

ACO - Asfaltový beton obrusný

TP 87 – Technické podmínky – Navrhování oprav a údržby netuhých vozovek

SUSPK – Správa a údržba silnic Pardubického kraje

ITT – Initial type test

AC – Asphalt concrete

SMA – Stone mastix asphalt

BBTM - Beton bitumineux très minces

PA – Porous asphalt

MA – Mastix asphalt

TRT – Tatra runway tester

ASTM – Americká společnost pro zkoušení a materiály °

TRRL - Transport and roads research laboratory

MTD – Střední hloubka makrotextury povrchu vozovky

PTV - Pendulum test value (Hodnota tření kyvadla)

TP 82 – Technické podmínky – Katalog poruch netuhých vozovek

RPDI – Roční průměr denních intenzit motorové dopravy

CSD – Celostátní sčítání dopravy

ÚVOD

Vozovky s asfaltovým krytem se používají v České republice desítky let. Nemají sice takovou odolnost proti silnému zatížení jako vozovky s cementobetonovým krytem, ale tuto nevýhodu nahrazují cenou výstavby, rychlostí výstavby a možností rychlého vpuštění dopravy po samotné pokládce, vcelku snadnou opravitelností a hlavně, což je v dnešní době už skoro nepostradatelné, všechny asfaltové vrstvy vozovky jsou plně recyklovatelné a použitelné zpět do nových asfaltových směsí.

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou protismykových vlastností vozovek, které mají značný vliv na bezpečnost silničního provozu. Při neustálém růstu silniční dopravy i na silnicích nižších tříd je v dnešní době důležité, aby se dbalo na bezpečnost těchto silnic.

Cíl práce

Cílem této bakalářské práce je shromáždění informací o asfaltovém krytu vozovky a dále shromáždění výsledků měření protismykových vlastností různými metodami na úseku komunikace II. třídy a porovnání těchto měření z hlediska počtu přejetých vozidel i z hlediska časového pásma, kdy docházelo k jednotlivé modernizaci těchto úseků.

Z analýzy současného stavu vyplývá, že protismykovým vlastnostem je věnována minimální pozornost, proto tomuto tématu bude věnována převážná část bakalářské práce.

Po provedení rešerše současného stavu bude realizováno vlastní měření na úsecích této komunikace, kde bude provedeno porovnání závislostí mezi makrotexturou a mikrotexturou.

V závěru práce dojde k vyhodnocení jednotlivých úseků asfaltobetonového krytu, zhodnocení stavu protismykových vlastností jednotlivých úseků a případné doporučení technologií na obnovu těchto vlastností.

1. Analýza současného stavu

1.1 Vozovka

Vozovka je zpevněná část pozemní komunikace určená pro poježdění vozidel. Uživatelé od ní očekávají bezpečnost, pohodlí cestování a rychlost přesunu. Správcové komunikací od ní očekávají bezpečnost a plynulost dopravního provozu, životnost, co nejmenší náklady na údržbu, opravy a rekonstrukce. Ve výsledku to znamená, že se musí vybírat mezi dvěma způsoby výstavby. Buď zvolíme variantu s nižšími náklady na výstavbu, opravy a následnou rekonstrukcí, ale s kratší životností, což jsou většinou asfaltové povrchy, nebo zvolíme vozovky s delší životností, ale s většími náklady na výstavbu i následné opravy i rekonstrukce. Dělíme ji podle tuhosti na :

- Tuhé – do této kategorie spadají většinou cementobetonové kryty. Mají značný rozdíl modulu pružnosti mezi krytem a pokladních vrstev, což se kladně projevuje na celkové únosnosti vozovky. [2]
- Netuhé – do této kategorie patří převážně asfaltové kryty a dlážděné komunikace. Vozovky dočasné, do kterých se řadí zejména vozovky vystavěné jen pro účely jiné stavby či objížďky. [8]

Konstrukce vozovky se skládá z:

- Ochranné vrstvy vozovky: nejspodnější vrstva vozovky na styku s podložím zajišťující ochranu konstrukce vozovky proti promrzání, vnikání spodních vod a pronikání zeminy z podloží. Skládá se většinou z nestmelených materiálů, anebo ze zpevněné zeminy.
- Podkladní vrstvy vozovky: spodní vrstva vozovky, která slouží k roznášení a tlumení tlaků od vozidel z krytu vozovky do podloží. Musí zajistit, aby nedocházelo k deformacím v podloží. Proto hlavními požadavky na tyto vrstvy jsou únosnost, nenamrzavost a trvanlivost. Pokladní vrstvy se zřizují odspodu co nejpropustnější a ve vrchních vrstvách co nejtěsnější. Proto únosnost vrstev postupně stoupá.
- Kryt vozovky je vrchní část vozovky sloužící k přímému poježdění vozidly. Podle počtu vrstev se dělí na jednovrstvý a dvouvrstvý (ložná a obrusná vrstva), podle druhu

použitého stavebního materiálu na asfaltové, cementobetonové, dlážděné, s nestmeleným krytem a zvláštní.

1.1.1 Cementobetonový kryt

Jde o typické tuhé vozovky. Vozovky jsou určeny pro velmi vysoké dopravní zatížení TNV. Používají se převážně při stavbě dálnic, rychlostních silnic a letištních ploch. Vyrábějí se z betonu s vysokou odolností proti klimatickým jevům a chemickým prvkům (zejména protisoli). Podle konstrukce krytu ho můžeme rozdělit na:

- Nevyztužený kryt se spárami – betonové desky rozděleny spárami po 3,5-7,5 m. Cementobetonové desky nejsou vyztuženy. Spáry jsou vyztuženy buď pomocí ocelových kluzných trnů nebo pomocí vzájemného zaklínění desek.
- Vyztužený kryt se spárami – betonové desky v intervalech 8 – 25 m. Desky obsahují ocelovou výztuž v podélném i v příčném směru. Podélná výztuž je v příčných spárách přerušena a nahrazena kluznými ocelovými trny.
- Spojitě vyztužený cementobetonový kryt – betonové deska s podélnou výztuží, nepřerušenu dilatačními ani smršťovacími spárami. [2]

Skládá se většinou ze dvou položených desek. Spodní deska má většinou větší tloušťku a může v ní být použito kamenivo s horšími vlastnostmi. Vrchní deska má většinou menší tloušťku, ale kamenivo musí být kvalitní, zejména když u technologií vymývaného cementobetonového krytu je kamenivo obnaženo.

Cementobetonové kryty jsou děleny podle dopravního zatížení na tři kategorie viz (Tabulka 1).

Tabulka 1. Členění cementobetonových krytů [2]

Skupina	Třída dopravního zatížení	Speciální komunikace
CB I	S, I-III	Letištní dráhy a plochy, dálnice, rychlostní silnice, rychlostní místní komunikace, silnice I. třídy
CB II	III - V	Silnice II. a III. třídy, sběrné místní komunikace, odstavné a parkovací plochy
CB III	IV - VI	Obslužné místní komunikace, odstavné a parkovací plochy, dočasné komunikace a účelové komunikace

Výhody CBK:

- delší životnost vozovky bez nutnosti opravy, zhruba 35–50 let
- minimální provozní náklady v případě správného návrhu komunikace
- při správném návrhu a realizaci minimální množství uzavírek
- absence vyjetých kolejí
- beton nepohlcuje světlo, lepší viditelnost i za zhoršených podmínek.

Nevýhody CBK:

- složitější technologie oprav a rekonstrukcí
- časová náročnost oprav a rekonstrukcí
- vyšší hlučnost
- nutnost vytváření dilatačních spár z důvodů teplotních změn a dotvarování betonu.

1.1.2 Asfaltové vrstvy

Asfaltové povrchy jsou nejrozšířenějším typem stmelovaných vrstev, které se používají pro kryty vozovek. Asfaltová vrstva vzniká rozprostřením čerstvě vyrobené směsi zhutněné silničními válci. Asfaltová směs se vyrábí v obalovnách smícháním kameniva různých frakcí a asfaltovým pojivem. Důležitou složkou směsi jsou složky do velikosti 2 mm, které při smíchání s asfaltovým pojivem tvoří maltu k fixaci kamenné kostry. Další důležitou složkou v asfaltové směsi jsou vzduchové mezery. Asfaltové pojivo, které má jinou tepelnou roztažnost než kamenivo, může díky těmto mezerám zejména v letních měsících, kdy teplota povrchu vozovky dosahuje nad 50 °C, vyplňováním těchto vzduchových mezer dilatovat. Pokud by byla mezerovitost menší než cca 2 % celkového objemu, mohlo by docházet k odtlačování hrubých zrn a tím i ke ztrátě protismykových vlastností. Naopak velká mezerovitost cca nad 5 % celkového objemu, by mohla způsobit pronikání vody do povrchu a tím zejména v zimních měsících porušení krytu trhlinami (oddělování hrubých zrn od pojiva). Výjimku tvoří litý asfalt, který se nehutní a hrubé kamenivo má pouze výplňový charakter. Asfaltové vrstvy můžeme rozdělit podle druhu směsi na:

- Asfaltový beton AC (Asfalt Concrete) – směs pro stavbu krytu a podkladních vrstev. Je rovnoměrně zastoupen velikostí všech frakcí kameniva (křivka zrnitosti). Tato směs by měla být o rozprostření a zhutnění s mezerovitostí 2,5 – 3,5 %, skoro vodotěsná.
- Asfaltový koberec mastixový SMA (Stone Mastix Asphalt) – je určen pro vrstvy vysoce zatížených vozovek. Kostu vrstvy tvoří hrubá zrna, která se skoro dotýkají, proto musí odpovídat vysoké kvalitě kameniva. Asfaltová malta většinou s použitím modifikovaných asfaltů a doplněná přísadami jako vlákna, se zkouší na stékavost.

- Asfaltový beton pro velmi tenké vrstvy BBTM (Beton Bitumineux Très Minces) – tuto vrstvu tvoří skeletová kostra, výhoda je používání pro údržby a opravy vozovek, kde se mnoho nezmění niveleta vozovky.
- Asfaltový koberec drenážní PA (Porous Asphalt) – Jedná se o asfaltovou směs s vysokou mezerovitostí. Funkce této směsi je odvádět srážkovou vodu vlastní směsí, která pak ve spodních vrstvách je odváděna ke kraji vozovky. Výhodou je zvýšení protismykových vlastností a za mokra snížení vzniku aquaplainingu, snížení hlučnosti jízdy vozidel. Nevýhodou je při stárnutí pojiva vytrhávání zrn a není vhodný do zimního klimatu.
- Litý asfalt MA (Mastix Asphalt) – u této směsi nedochází k vzájemnému zaklínění zrn kameniva a neobsahuje vzduchové mezery. V dnešní době se používají zejména jako izolace mostních objektů.

Značení asfaltových směsí př: **ACO 11+ 50/70; 40 mm ČSN EN 13108-6**

Kdy AC znamená typ směsi (u asfaltového betonu poslední písmeno značí vrstvu O - obrusná, L – ložná, P – podkladní), číslo 11 značí maximální velikost zrna, symbol + je pro třídu dopravního zatížení, číslo 50/70 je typ asfaltového pojiva, 40 mm výška vrstvy a nakonec příslušná norma.

1.1.2.1. Kamenivo

Jedna z nejdůležitějších věcí koncové kvality pozemní komunikace je vhodnost a kvalita všech stavebních materiálů. Kamenivo je základním materiálem konstrukčních vrstev.

Kamenivo dělíme dle:

- objemové hmotnosti: pórové, hutné a těžké
- původu: přírodní, umělé, recyklované
- způsobu vzniku zrn: těžené, těžené předrcené, drcené
- velikosti zrn: jemné částice, drobné kamenivo, hrubé kamenivo, směs kameniva, šterkopísek, šterkodrt'.

Kamenivo musí výrobce podrobit řadě počátečních zkoušek ITT (initial type tests) kvůli ověření shody s předepsanými požadavky. K těmto zkouškám patří :

- zrnitost
- tvarový index
- podíl drcených zrn v hrubém kamenivu
- kvalita jemných částic
- odolnost hrubého kameniva proti drcení (otlukovost)
- sypná objemová hmotnost
- nasákavost

- odolnost proti zmrazování a rozmrazování
- trvanlivost síranem hořečnatým
- ohladitelnost
- chemické složení s ohledem na škodlivé látky [2].

1.1.2.2. Asfalt

Asfalty řadíme mezi živice (bitumen), dělí se na přírodní (volně těžené) a umělé (získávané destilací surové ropy). Pro praktické účely se dělí na asfaltyny (křehké látky – nositele tvrdosti) a malteny (látky olejového až pryskyřicového složení). Hlavním využitím ve stavebnictví jsou : asfaltové betony, litý asfalt, asfaltové emulze a postřiky a hydroizolace (nátěry, asfaltové pásy). Jelikož je asfalt složitá směs a nelze ji popsat klasickými zkouškami, byly proto vyvinuty nové, k nimž patří:

- penetrace (tvrdost asfaltu) – penetrační jehla o hmotnosti 100 g vniká do asfaltu o teplotě 25 °C
- bod měknutí – kovový kroužek se vyplní asfaltem, na nějž se položí kulička, to vše se ponoří do kapaliny a postupně zahřívá, dokud průhyb nedosáhne 25,4mm
- bod lámavosti – nejvyšší teplota vrstvy asfaltu 0,5mm nanesené na kovový plíšek praskne
- duktilita – tažnost asfaltu za definované teploty (většinou 25 °C), tahá se za vlákno v kapalně lázni, dokud se nepřetrhne
- přílnavost ke kamenivu – velice důležitá zkouška v silničním stavitelství [3].

1.1.2.3. Výroba asfaltových směsí

Asfaltová směs se vyrábí v obalovnách. Rozlišujeme dva typy obaloven :

- šaržová **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** – u těchto obaloven se provádí dvojitá třídění kameniva. Nakladač navozí frakce do jednotlivých násypků. Z těchto kamenivo putuje pásem s váhou do sušícího bubnu Obrázek 2. V bubnu je kamenivo za otáčení vysušeno přímým plamenem. Ze sušícího bubnu kamenivo putuje korečkovým výtahem na síta horkého třídění. Tam je kamenivo znovu roztríděno do příslušných frakcí, zbaveno nečistot v podobě jemných částic (fileru), jež odstraní průvan vzduchu v sušícím bubnu. Kamenivo roztríděné z boxů je dále váženo a sypáno do

míchačky, kde je smícháno s R-materiálem, filerem a pojivem dle předepsané receptury.



Obrázek 1: Šaržová obalovna [21]



Obrázek 2: Sušící buben [21]

Kontinuální – Jsou vhodné zejména k velkým liniovým stavbám, kde se míchá stále stejná směs. Těmto obalovnám chybí horké třídění. Do sušícího bubnu jde přímo kamenivo v předepsaném množství. Metoda Drum-mix většinou s dvojrámovou míchačkou používá tři způsoby přidávání R-materiálu a) souběžně s proudem horkého vzduchu, b) proti proudu horkého vzduchu, c) separátní vysoušení R-materiálu. [2]

1.1.2.4. Pokládka a doprava asfaltových směsí

Doprava asfaltových směsí je zabezpečována nákladními automobily, které jsou k takovéto přepravě uzpůsobeny. Důležité je vybavení zakrývacími plachtami – a to kvůli zpomalení chladnutí směsi. Při dopravě je důležité dbát na dobrou časovou dostupnost vzhledem povětrnostním vlivům. Nesmí dojít k přílišnému prochlazení směsi.

Pokládka asfaltových směsí je prováděna silničním finišerem. Jedná se o pracovní stroj, jenž se skládá ze dvou důležitých částí:

- násypka – prostor, do něhož se z nákladního vozidla nebo plniče sype obalovaná směs, která je dále dopravována řetězovým dopravníkem k rozprostírací liště

- rozprostírací lišta – zařízení, jež slouží k rozprostření a částečnému zhutnění asfaltové vrstvy. Výška vrstvy je regulována náklonem rozprostírací lišty a hutnění je prováděno dvoufázově. První fáze jsou vibrační tempery, které mají za úkol směs zhutnit ještě před urovnáním samotnou lištou. Druhá fáze je prováděna příloženými vibrátory přímo na liště.

U pokládky asfaltových směsí je nesmírně důležitý vliv povětrnostních podmínek. Pokládka směsí nesmí probíhat za deště, nebo je - li na vozovce souvislá vodní vrstva, za nízkých teplot, nebo i při silném studeném větru, kdy dochází k rychlému ochlazení směsi.

Tabulka 2. Minimální teploty vzduchu při pokládce [2]

Vrstva	Při pokládce [°C]	Za posledních 24h [°C]
Podkladní	0	-
Ložní s nemodifikovaným pojivem	+3	-
Obrusná, ložní s modifikovaným pojivem	+5	+3
Obrusná do 30 mm, vrstvy PA	+10	+5

Další důležitý faktor při pokládání asfaltové směsi je tloušťka pokládané vrstvy. Čím je pokládaná vrstva tenčí, tím rychleji chladne. Na druhou stranu, při pokládce vysoké vrstvy dochází k nerovnoměrnému chladnutí, což prodlužuje dobu pro pokládku následné vrstvy a hlavně prodlužuje intervaly pro hutnicí techniku.



Obrázek 3: Pokládka asfaltových směsí [21]

1.1.2.5. Zkoušky asfaltových směsí

Výrobce obalované směsi musí zajistit shody vyráběné směsi. Musí ověřovat, že subdodavatelé jsou schopni dodávat materiály v předepsané kvalitě a kvantitě. Všeobecné požadavky kvality by měly obsahovat:

- kvalitu kameniva
- kvalitu pojiva
- kvalitu ostatních přísad (příměsí, filer, R-materiál).

1.1.2.6. Výpočet počtu přejezdů návrhové nápravy [19]

Počet přejezdů návrhové nápravy N_{CD} určuje vztah který byl sloučením několika dílčích kroků upraven takto.

$$N_{cd} = C_1 * C_2 * C_3 * C_4 * TNV_0 * 365 * t_d$$

kde N_{cd} – je návrhová hodnota celkového počtu návrhových náprav za návrhové období

C_1 – podíl TNV pro nejvíce zatížený jízdní pruh (1; 0,5; 0,45)

C_2 – fluktuace stop vozidel (0,7; 1)

C_3 – součinitel vytíženosti vozidel (0,5; 0,7; 1)

C_4 – Vliv rychlosti pohybu vozidel (1; 2)

t_d – počet roků v návrhovém období

Denní intenzita TNV

$$TNV_0 = 0,1N1 + 0,9N2 + PN2 + N3 + PN3 + 1,3NS + A + PA$$

kde TNV_0 - je průměrná denní intenzita provozu všech těžkých nákladních vozidel v roce sčítání dopravy, vozidel/den.

Další symboly jsou průměrné denní intenzity provozu:

N1 - lehkých nákladních vozidel (užitečná hmotnost do 3,5 tun), vozidel/den,

N2 - středních nákladních vozidel (užitečná hmotnost 3,5-10 tun), vozidel/den,

PN2 - přívěsy středních nákladních vozidel, vozidel/den,

N3 - těžkých nákladních vozidel (užitečná hmotnost nad 10 tun), vozidel/den,

PN3 - přívěsů těžkých nákladních vozidel, vozidel/den,

NS - návěsových souprav, vozidel/den,

A - autobusů, vozidel/den,

PA - přívěsů autobusů, vozidel/den

[19]

Výsledky sčítání dopravy v roce 2016

Sčítání dopravy 2016 (sč.úsek: 5-3810)														... význam zkratk			
Roční průměr denních intenzit dopravy		LN	SN	SNP	TN	TNP	NSN	A	AK	TR	TRP	TV	O	M	SV		
RPDI - všechny dny	voz/den	176	76	5	17	3	29	18	0	6	7	337	1 687	12	2 036		
		LN	SN	SNP	TN	TNP	NSN	A	AK	TR	TRP	TV	O	M	SV		
RPDI - pracovní den (Po-Pá)	voz/den	218	94	6	21	4	37	21	0	7	9	417	1 831	11	2 259		
RPDI - volné dny (mimo svátky)	voz/den	71	31	2	7	1	9	11	0	2	3	137	1 327	14	1 478		
Hodinová intenzita dopravy												TV	SV				
Padesátirázová intenzita dopravy	voz/h											45	248				
Špičková hodinová intenzita dopravy	voz/h											43	238				
Těžká nákladní vozidla - TNV														TNV			
Hodnota TNV	voz/den														203		
Intenzita dopravy pro hlukové a emisní výpočty												OA	NA	NS	Celkem		
Roční průměr intenzit, den (06-18)	voz/den	Tabulky s intenzitami dopravy pro hlukové a emisní výpočty vznikly přepočtem z RPDI pomocí TP 219 platných v době prezentace výsledků CSD 2016. Pro aktuální výpočty je nutné použít platné TP 219.										1 346	255	29	1 630		
Roční průměr intenzit, večer (18-22)	voz/den											231	17	3	251		
Roční průměr intenzit, noc (22-06)	voz/den											122	28	4	154		
Emise												OA	LNA	TNA	NS	BUS	Celkem
Roční špičková hodinová intenzita dopravy	voz/h											243	25	15	5	3	291
Koeficienty nerovnoměrnosti dopravy												alfa	beta	gama	PS		
Koeficient nerovnoměrnosti dopravy	-											0.70	0.00	0.00	51:49		
Intenzita cyklistické dopravy														C			
Cyklistická doprava	cyklo/den														45		

Obrázek 4: Výsledky sčítání dopravy úsek Choceň - Svatý Jiří[20]

Sčítání dopravy 2016 (sč.úsek: 5-3820)														... význam zkratk			
Roční průměr denních intenzit dopravy		LN	SN	SNP	TN	TNP	NSN	A	AK	TR	TRP	TV	O	M	SV		
RPDI - všechny dny	voz/den	248	90	4	20	4	41	31	0	0	15	453	2 854	32	3 339		
		LN	SN	SNP	TN	TNP	NSN	A	AK	TR	TRP	TV	O	M	SV		
RPDI - pracovní den (Po-Pá)	voz/den	307	111	5	25	5	52	36	0	0	19	560	3 097	30	3 687		
RPDI - volné dny (mimo svátky)	voz/den	101	36	1	8	1	13	19	0	0	6	185	2 245	37	2 467		
Hodinová intenzita dopravy												TV	SV				
Padesátirázová intenzita dopravy	voz/h											55	407				
Špičková hodinová intenzita dopravy	voz/h											45	398				
Těžká nákladní vozidla - TNV														TNV			
Hodnota TNV	voz/den														267		
Intenzita dopravy pro hlukové a emisní výpočty												OA	NA	NS	Celkem		
Roční průměr intenzit, den (06-18)	voz/den	Tabulky s intenzitami dopravy pro hlukové a emisní výpočty vznikly přepočtem z RPDI pomocí TP 219 platných v době prezentace výsledků CSD 2016. Pro aktuální výpočty je nutné použít platné TP 219.										2 296	345	39	2 680		
Roční průměr intenzit, večer (18-22)	voz/den											392	22	5	419		
Roční průměr intenzit, noc (22-06)	voz/den											198	37	5	240		
Emise												OA	LNA	TNA	NS	BUS	Celkem
Roční špičková hodinová intenzita dopravy	voz/h											413	35	18	7	4	477
Koeficienty nerovnoměrnosti dopravy												alfa	beta	gama	PS		
Koeficient nerovnoměrnosti dopravy	-											0.65	0.00	0.00	52:48		
Intenzita cyklistické dopravy														C			
Cyklistická doprava	cyklo/den														105		

Obrázek 5: Výsledky sčítání dopravy úsek Svatý Jiří - Ústí nad Orlicí[20]

1.2. Povrchové vlastnosti vozovek PK

Povrchové vlastnosti PK dělíme podle 3 parametrů.

1.2.1. Nerovnosti povrchu vozovky

Nerovnosti dělíme na:

1. „Podélné: jsou charakterizovány jako nerovnost o vlnové délce 0,5-100 m. Klasifikují se parametrem IRI, kdy 1=výborný stav a 5=nevyhovující stav. Při nevyhovujícím stavu dochází ke zhoršení komfortu jízdy, ale hlavně snížení bezpečnosti jízdy. Projevují se při jízdě houpáním vozidla.

Měření se provádí položením čtyřmetrové latě na povrch komunikace a odečtení maximální hodnoty dvoj amplitudy $2 \cdot a$ pod položenou latí.

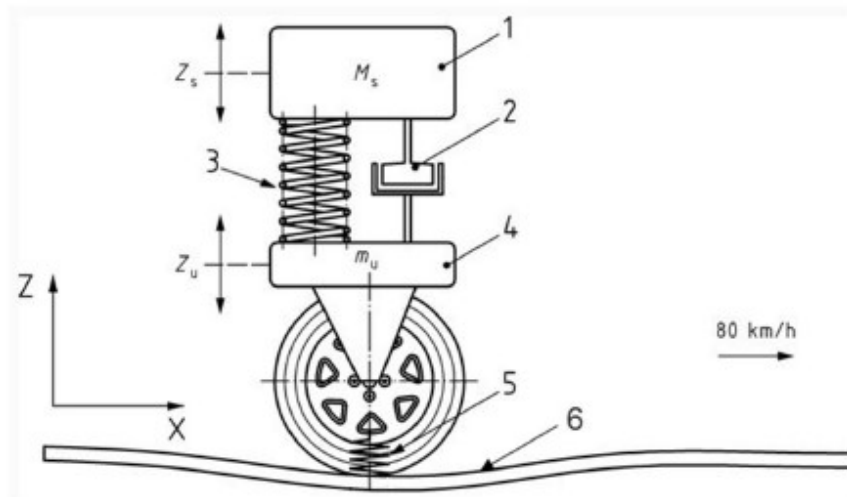
Obrázek 6: Měření podélné nerovnosti latí [4]



Parametr IRI je stanovení simulací jízdy čtvrtiny vozidla po podélných nerovnostech dvou hmotového referenčního odezvového systému s parametry v tabulce 2 při rychlosti 80 km/hod. “ [4]

Tabulka 3: Hodnoty parametrů referenčního odezvového systému - čtvrtina vozidla [4]

$K_1 = \frac{k_t}{M_s} = 653s^{-2}$	$k_2 = \frac{k_s}{M_s} = 63,3s^{-2}$
$u = \frac{m_u}{M_s} = 0,15$	$c = \frac{C_s}{M_s} = 6,0s^{-1}$



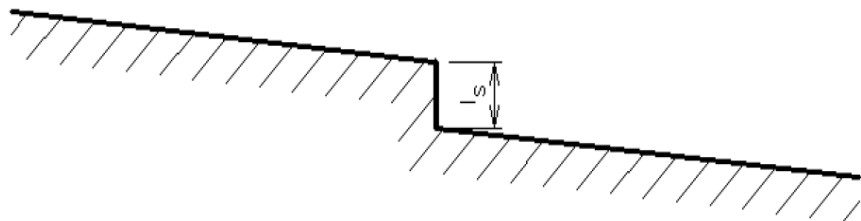
Legenda

- | | |
|---|---------------------------------------|
| 1 odpružená hmota M_s | 4 neodpružená hmota m_u |
| 2 součinitel lineárního tlumení podvozku, C_s | 5 součinitel tuhosti pneumatiky k_t |
| 3 součinitel tuhosti podvozku, K_s | 6 podélný profil $Z(x)$ |
| Z_s vzdálenost odpružené hmoty od povrchu vozovky | |
| Z_u vzdálenost neodpružené hmoty od povrchu vozovky | |

Obrázek 7: Dvuhmotový referenční odezvový systém - čtvrtina vozidla [4]

- 2.,Příčné:

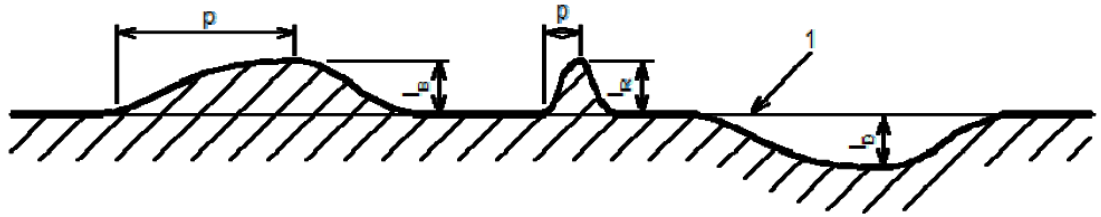
a) Výška schůdku I_s je definována jako vertikální posun od referenční přímky.



Obrázek 8: Příčný profil vozovky s uvedením výšky schůdku [4]

b) Podélné hřbety I_R , hrboly I_B a poklesy I_D . Výška hřbetů a hrbolů je definována jako rozdíl mezi přímkou horizontální referenční čarou a nejvyšším bodem hřbetu nebo hrbolu. Pro výpočet hloubky poklesu se používá stejný postup s tím

rozdílem, že se měří vzdálenost mezi přímou referenční čarou a nejhlubším bodem poklesu.

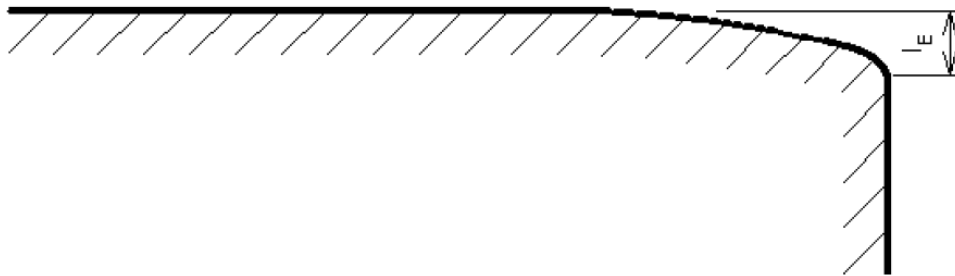


Legenda

- 1 horizontální referenční čára
- p vzdálenost vrcholu hřbetu nebo hrbolu od jeho počátku ve směru pojezdu

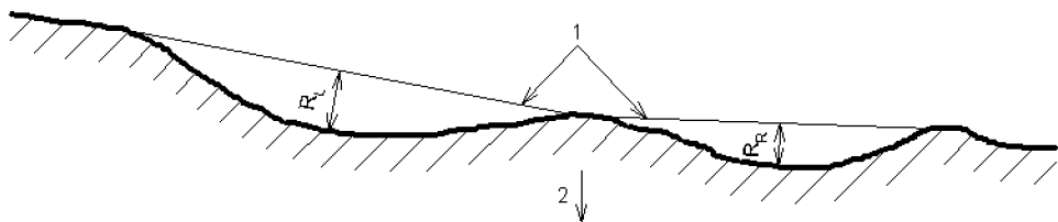
Obrázek 9: Příčný profil vozovky vykazující výšku hřbetu, hrbolu a poklesu. [4]

c) Pokles hrany I_e . Princip měření je uveden v obrázku.“ [4]



Obrázek 10: Příčný pokles vozovky vykazující pokles hrany. [4]

d) „Hloubka vyjeté koleje. Vyjeté koleje se projevují jako plynulé poklesy v podélném směru na ploše stop kol. Hloubka vyjeté koleje je definována jako největší odchylka příčného řezu v mezích analyzované šířky spojující jednu a druhou vyvýšeninu koleje.“ [4]

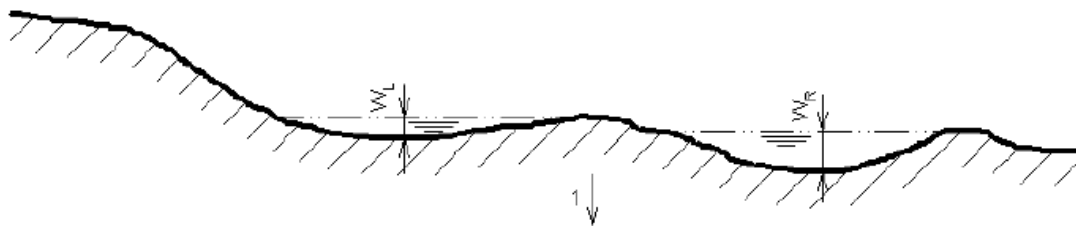


Legenda

- 1 zdánlivá referenční čára o délce $< L >$ (obvykle 1,5 m až 2,0 m)
- 2 gravitace

Obrázek 11: Příčný profil povrchu vozovky vykazující hloubku koleji [4]

e) „Teoretická hloubka vody W je nejvyšší výška vodního sloupce, která může v koleji vzniknout. Teoretickou hloubku vody lze změřit pro obě stopy kol.“ [4]



Legenda

1 gravitace

Obrázek 12: Příčný profil vozovky s uvedením teoretické hloubky vody [4]

- Jednotlivé: „Jednotlivé nerovnosti vozovky se měří latí délky 3m a jsou hodnoceny výškovým údajem.“ [4]

1.3. Protismykové vlastnosti vozovek

Spolehlivost vozovky je schopnost vozovky plnit v daném časovém úseku její funkce. Mezi hlavní charakteristiky patří únosnost, bezpečnost a časová výdrž.

Protismykové vlastnosti vozovek jsou definovány jako schopnost povrchu zatíženého dopravou zajišťovat prostřednictvím tření spolupůsobení mezi pohybující se pneumatikou a vozovkou.

Pro hodnocení protismykových vlastností povrchu vozovky jsou stanoveny nejnižší roční součinitelé podélného tření F_p viz. (Tabulka 4). Výsledky se pak dělí do 5 klasifikačních stupňů [5]:

- 1: velmi dobré protismykové vlastnosti
- 2: dobré protismykové vlastnosti
- 3: vyhovující protismykové vlastnosti
- 4: nevyhovující protismykové vlastnosti
- 5: havarijní stav

Tabulka 4: Hodnocení protismykových vlastností [5]

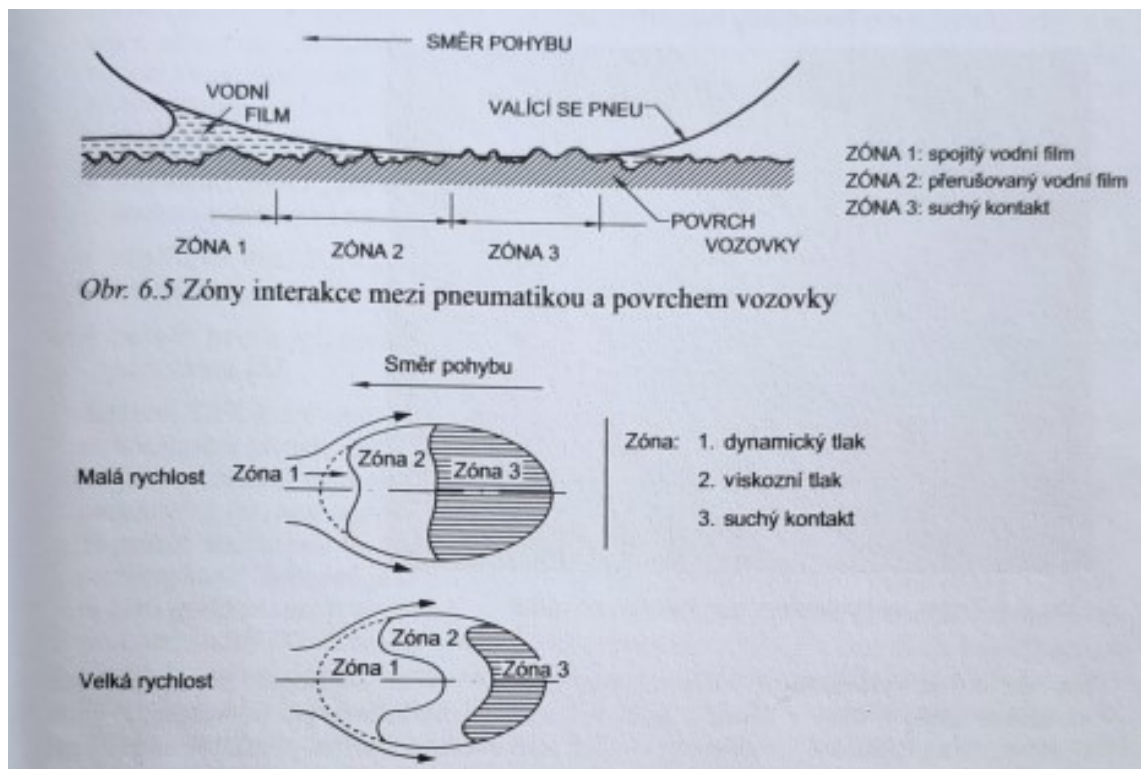
Měřicí rychlost [km/h]	Klasifikační stupeň				
	1	2	3	4	5
40	$F_p \geq 0,68$	0,67 až 0,59	0,58 až 0,50	0,49 až 0,41	$F_p \leq 0,40$
60	$F_p \geq 0,60$	0,59 až 0,52	0,51 až 0,44	0,43 až 0,36	$F_p \leq 0,35$
80	$F_p \geq 0,53$	0,52 až 0,46	0,45 až 0,39	0,38 až 0,32	$F_p \leq 0,31$
100	$F_p \geq 0,47$	0,46 až 0,41	0,40 až 0,35	0,34 až 0,29	$F_p \leq 0,28$
120	$F_p \geq 0,42$	0,41 až 0,37	0,36 až 0,32	0,31 až 0,27	$F_p \leq 0,26$

Při čemž stav 4 a 5 je způsoben povětšinou ztrátou makrotextury a mikrotextury povrchu vozovky

Oblast dotyku pneumatiky a povrchu komunikace lze rozdělit ve směru pohybujícího se vozidla na 3 zóny [2]:

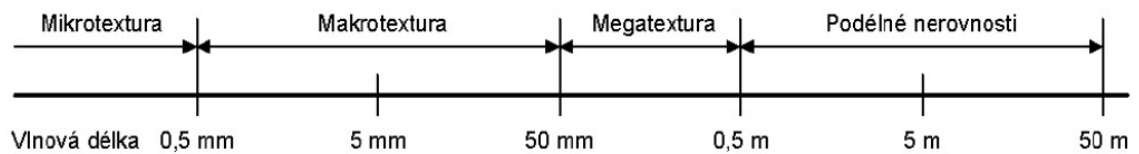
- zóna 1 dynamický tlak: je to spojitý vodní film, který zabraňuje pneumatice přímý styk s povrchem vozovky
- zóna 2 viskozni tlak: tam je množství vody rozptýleno do tenkého vodního filmu, kde už se pneumatika částečně dotýká výčnělků (vrchních hrubých zrn), ne však všech
- zóna 3 suchý kontakt: to znamená, že je vodní film zcela vytlačen a zůstává kontakt pneumatiky a vozovky.

Zvyšováním rychlosti vozidla se zvětšuje zóna 1 a 2. Zóna 3 se naopak se zvyšováním rychlosti snižuje. [2]



Obrázek 13: Zóny dotykové oblasti pneumatiky a vozovky [2]

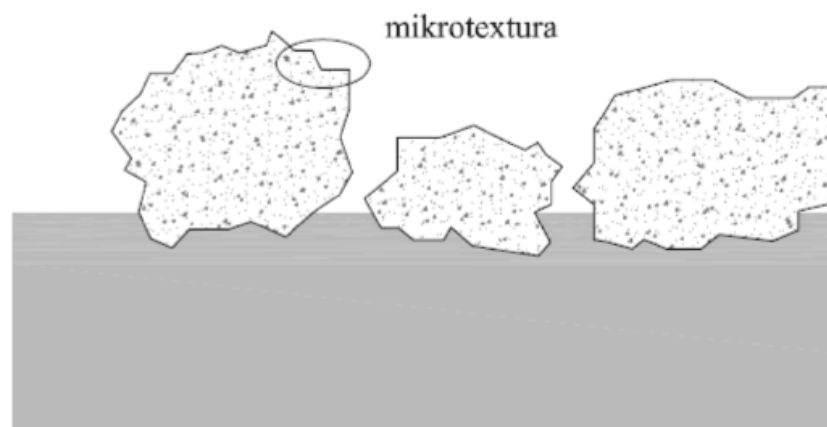
Textura je uspořádání jednotlivých zrn a částic materiálu, které tvoří povrch komunikace. Je to odchylka od ideálně rovinatého povrchu. [5]



Obrázek 14: Názvosloví z hlediska vln [4]

1.3.1. Mikrotextura

Definujeme ji jako odchylku od rovinatého terénu o vlnové délce menší 0,5 mm. Je dána velikostí a tvarem zrn kameniva. Projevuje se nerovnostmi na povrchu kameniva. Její životnost je udána ohladitelností kameniva. Mikrotextura má vliv na protismykové vlastnosti vozovky zvláště při nižších rychlostech. [5] [6]



Obrázek 15: Mikrotextura [5]

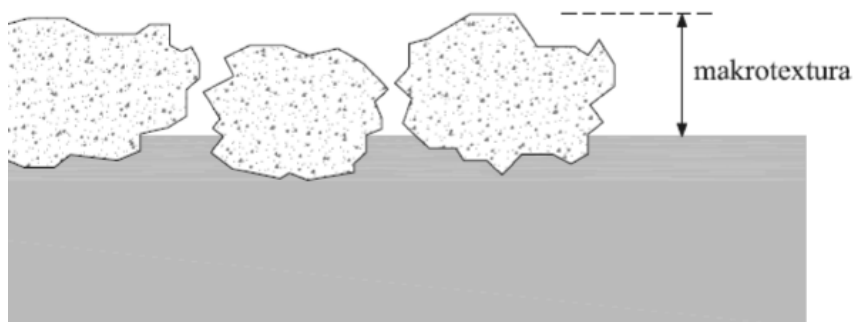
Ztráta mikrotextury je zpravidla způsobena ohlazením hrubých zrn kameniva vlivem silničního provozu. Opotřebení kameniva se projevuje hladkým a zaobleným vzhledem většinou ve vyježděných stopách.



Obrázek 16: Ztráta mikrotextury [7]

1.3.2. Makrotextura

Definujeme ji jako odchylku od rovinatého terénu ve vlnové délce 0,5 – 50 mm. Je tvořena hrubými a jemnými částicemi v asfaltové směsi nebo povrchovou úpravou CBK. Velice důležitá je také drenážní schopnost makrotextury. Pokud je v pořádku, tak při styku s pneumatikou se voda vytlačuje z pórů a styk povrchu s pneumatikou se zpřímí. Pokud je makrotextura špatná, tvoří v uzavřených drénech vodní film, který zabraňuje přímému styku pneumatiky s vozovkou. [5] [6]



Obrázek 17: Makrotextura [4]

Ztráta makrotextury se projevuje většinou vystoupením asfaltového pojiva způsobeného zatlačováním větších frakcí kameniva a vystupováním jemnějších frakcí, nebo třeba špatným dávkováním pojiva při údržbě povrchu vozovky.



Obrázek 18: Ztráta makrotextury-detail [7]



Ztráta makrotextury v celé šířce vozovky.



Vystoupení asfaltového pojiva.

Obrázek 19: Ztráta makrotextury [7]

1.3.3. Megatextura

Je odchylka povrchu vozovky od skutečného rovného povrchu ve vlnové délce 50 – 500 mm. Můžou ji tvořit různé výtluky a zvlnění. Proto se megatextura ve většině případů považuje za poruchy vozovky. Na protismykové vlastnosti nemá megatextura vliv, proto se hodnoty megatextury nezahrnují do výpočtu mezinárodního indexu nerovnosti. [4]

1.3.4. Zkušební metody

Měření protismykových vlastností vozovky, tj. tření a textury, se provádí posledních 50 let. Vyvinulo spoustu typů přístrojů k měření těchto vlastností. Obecně je můžeme rozdělit na:

- mobilní zařízení – jedná se většinou o drahé a složité zařízení komerčně vyráběné s mnohem většími nároky na údržbu
- statické zařízení – jehož pořizovací cena není nikterak závratná, ale při měření se většinou musí provádět uzavírka pruhu v měřené části.

1.3.4.1. Měření protismykových vlastností zařízením TRT

Zařízení TRT (Tatra Runway Tester) bylo vyvinuto v České republice. Původně bylo vyvíjeno pro testování povrchu na letištních plochách a osazeno do vozidla Tatra 613 **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** Dnes u nás je toto měřicí zařízení provozována na nákladním vozidle Mercedes-Benz Sprinter 319 Obrázek 21. Toto měření se používá pro přejímku nových komunikací a při konci záruční doby, pro měření na výzkumné účely: např. měření protismykových vlastností na sledovaném úseku.



Obrázek 20: Tatra 613 TRT [9]



Obrázek 21: Mercedes-Benz Sprinter TRT [10]

Zařízení, které se nachází uvnitř vozidla, obsahuje sklopný závěs s pneumatikou bez dezénu ASTM. Toto kolo je potřeba před každým měřením kontrolovat a skladovat mimo sluneční záření, aby nedocházelo k degradaci gumy. Vozidlo se při měření pohybuje rychlostí od 40 do 140 km/hod. Brzdění tohoto kola pak zprostředkovává elektrický retardér, který má za úkol simulovat požadované jízdní vlastnosti. Celý tento závěs je pak k povrchu komunikace přitlačován stlačeným vzduchem o tlaku 400 – 1400 N. Před kolem je skrápěcí tryska, která zajišťuje potřebný vodní film o výšce cca 0,5 mm pro měření. Standárními parametry pro měření jsou:

- přitlak měřicího kola 1000 N
- poměr skluzu měřicího kola 25 %
- teoretická tloušťka vodního filmu na povrchu vozovky 0,5 mm [10]
- teplota vzduchu > 4 °C
- teplota vozovky 5-50 °C
- měřicí rychlost 40-140 km/h
- vozovka bez znečištění
- měření hladkou pneumatikou ASTM

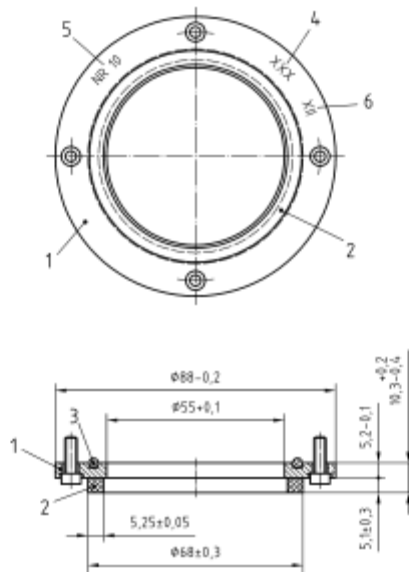
Výsledek měření (součinitel tření f_b) vyjadřuje vztah mezi podélnou silou v místě styku pneumatiky s vozovkou a silou svislou, kterou vyvíjí přitlačné pneumatické zařízení.

$$f_b = \frac{\text{podélná (nebo boční) síla v místě dotyku pneumatiky měřicího kola s vozovkou [N]}}{\text{svislá síla v místě dotyku pneumatiky měřicího kola s vozovkou [N]}} [2]$$

1.3.4.2. Měření vodorovných drenážních vlastností povrchu vozovky

Touto zkouškou pomocí výtokoměru Obrázek 22 se provádí simulace odtoku vody z kontaktní plochy vozovky a pneumatiky.

Rozměry v mm



Legenda

- 1 nosný prstenec
- 2 přesný pryžový kroužek
- 3 těsnění
- 4 značka výrobce (příklad)¹⁾
- 5 číslo série (příklad)
- 6 datum skončení životnosti

Obrázek 22: Výtokoměr [14]

Výtokoměr se skládá z pevného průhledného obalu o výšce 400 ± 1 mm a vnitřním průměrem 50 ± 1 mm. Na spodní hraně válce je osazen mosazný prstenec s přesným pryžovým proužkem. Tento prstenec by měl být označen datem životnosti. Celková váha výtokoměru by měla být $3\,500 \pm 10$ g. [14].

Zkouška by se měla provádět na plochách nejvíce zatížených dopravou, což zpravidla bývá stopa kol. Vybírat je potřeba místo bez viditelných prasklin, které by ovlivňovaly měření. Důležité je také důkladně zkontrolovat i umístění výtokoměru, aby pryžový kroužek neseděl na vyčnívajících zrnech. Před ustavením výtokoměru je potřeba pryžový kroužek namočit. Po ustavení zalijeme výtokoměr po horní rysku a měříme čas, dokud nespadne hladina ke spodní rysce. Výsledky měření zaznamenáme a použijeme pro celkový výpočet.

$$OT_p = \frac{OT_1 + OT_2 + \dots + OT_x}{x}$$

OT_p – je průměrný čas vytékání pro stanovenou délku povrchu

OT_x – čas vytékání na jednom zkušebním místě

1.3.4.3. Měřicí zařízení ke zjišťování podélného koeficientu tření povrchu vozovek

Nové zařízení Obrázek 23 bylo vyvinuto v Centru dopravního výzkumu v Brně. Je velice lehké, váha nepřesahuje 5 kg. Jeho použití je také jednoduché. Zařízení se položí na vozovku a tažením závaží se na siloměru odečte hodnota, která je odeslána do aplikace v mobilním telefonu, kde je přepočítána spolu s tíhovou silou na koeficient tření [10, 17].



Obrázek 23: Měřicí zařízení ke zjišťování podélného koeficientu tření povrchu vozovek [10, 17]

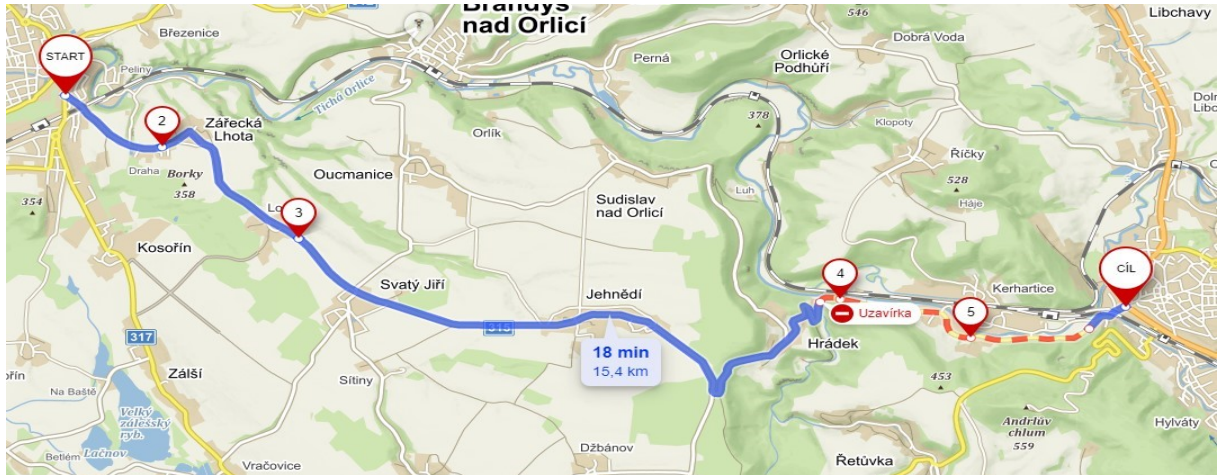
2. Stanovení konkrétních cílů

Cílem této bakalářské práce je na komunikaci číslo II/315 z Chocně do Ústí nad Orlicí/která je v majetku Pardubického kraje a spravována SUSPK/ jež prochází modernizací po jednotlivých úsecích od roku 2012, vytipovat různé úseky této komunikace, provést zkoušky protismykových vlastností, shromáždit výsledky z jednotlivých měření a porovnat protismykové vlastnosti. Na všech úsecích je použit stejný typ obrusné vrstvy, vyroben ve stejné obalovně asfaltových směsí a položen stejnou pokládkovou četou. Proto můžeme předpokládat, že jednotlivé úseky by měly mít stejnou kvalitu obrusné vrstvy a jediný rozdíl bude v počtu přejezdů vozidel a ve stáří komunikace.

2.1. Výběr vhodných lokalit k měření

Výběr místa měření se situuje do polohy nejvyššího dopravního zatížení. Zpravidla ve směrových obloucích, před křižovatkami v místech dobrzdování, nebo v rovinných úsecích do kolejí.

V rámci testu byly stanoveny 4 lokality v rovinných úsecích, na kterých bylo provedeno 5 měření ve vzdálenosti 9 m Obrázek 24.



Obrázek 24: Vybrané lokality [23]

Lokality se liší stářím vozovky a intenzitou dopravy.



Obrázek 25: Lokalita 1 [21]

Lokalita 1, úseky 1-5 Obrázek 26: Je nejstarší ze zvolených úseků, který byl rekonstruován v roce 2011. RDPI z CSD dle sčítání z roku 2016 je 2036 vozidel. To odpovídá intenzitě dopravy 7 431 400 dopravních prostředků.



Obrázek 26: Lokalita 1 [23]

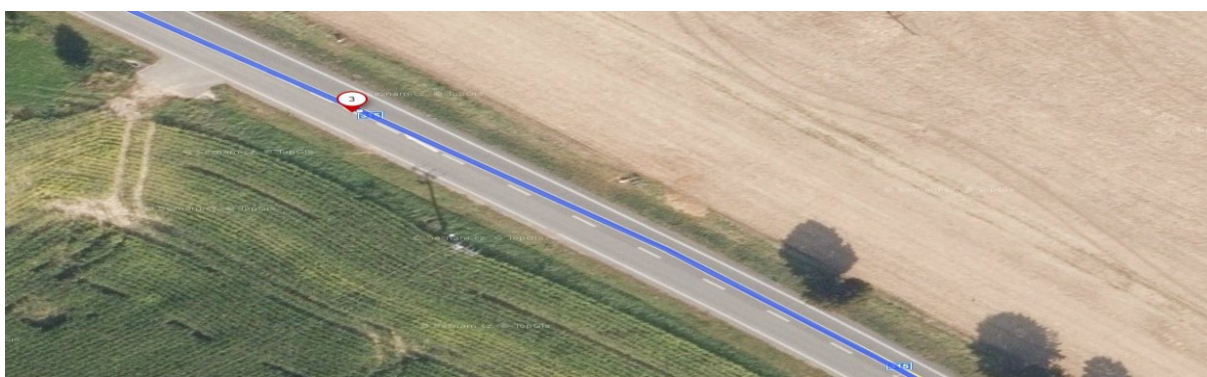


Obrázek 27: Lokalita č. 2 [21]

Lokalita **2**, úseky 6-10
 Obrázek 29:
 Rekonstrukce proběhla v roce 2019. RDPI z CSD dle sčítání z roku 2016 je 2036 vozidel. To odpovídá intenzitě dopravy 1 486 280 dopravních prostředků.



Obrázek 28: Popiska z kamene [21]



Obrázek 29: Lokalita 2 [23]



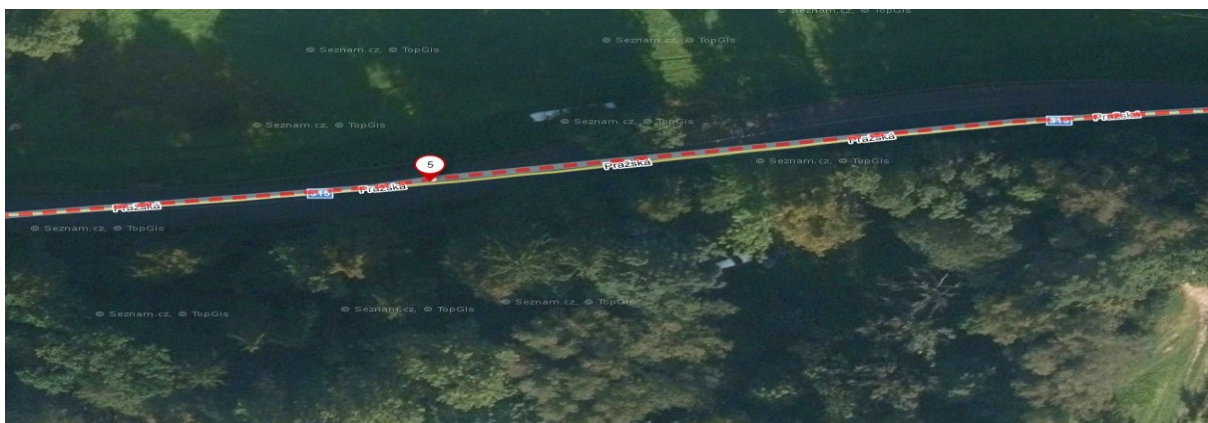
Obrázek 30: Lokalita č. 3 [21]

Lokalita **3**, úseky 11-15
 Obrázek 31: Rekonstrukce v roce 2021. RDPI z CSD dle sčítání z roku 2016 je 3339 vozidel. Tento úsek je v době měření ještě stále v uzávěru. Slouží k průjezdu zásobování a k průjezdu občanů bydlících v přilehlých obcích.



Obrázek 31: Lokalita 3 [23]

Lokalita 4, úseky 16-20
Obrázek 32: Rekonstrukce v roce 2021. RDPI z CSD dle sčítání z roku 2016 je 3339 vozidel. Tento úsek byl v době měření uzavřen pro jakýkoliv provoz.



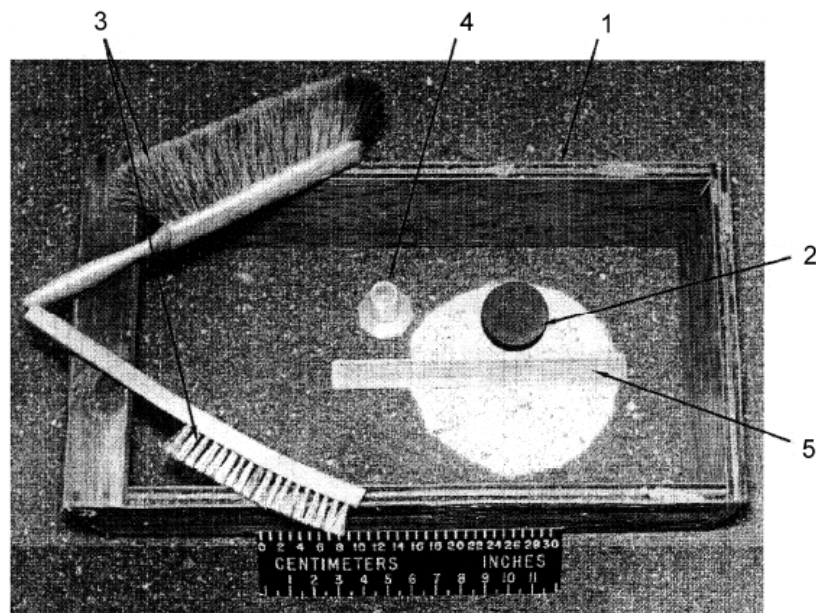
Obrázek 32: Lokalita 4 [23]

2.2. Výběr a stanovení zkušebních metod

2.2.1 Zkouška metodou MTD

Toto je zkouška střední hloubky textury povrchu vozovky, dříve známá jako zkouška pískem nebo hloubka písku. Tato metoda je založena na pečlivém rozprostření stejného homogenního materiálu známého objemu na očištěnou plochu zkoušeného povrchu Obrázek 33. Zkouška slouží ke stanovení průměrné hloubky makrotextury a je navržena tak, aby na ni neměly vliv charakteristiky mikrotextury povrchu vozovky.

Tato zkouška je vhodná pro polní metody.



Legenda

- 1 Přenosná zástěna proti větru
- 2 Stěrka k rozprostírání
- 3 Kartáče k očištění povrchu
- 4 Válcový kontejner s materiálem
- 5 Pravítko

Obrázek 33: Zkušební metoda MTD [11]



Obrázek 34: Zkušební sada na zkoušku MTD [21]

.Ke zjištění stření hloubky textury budeme potřebovat:

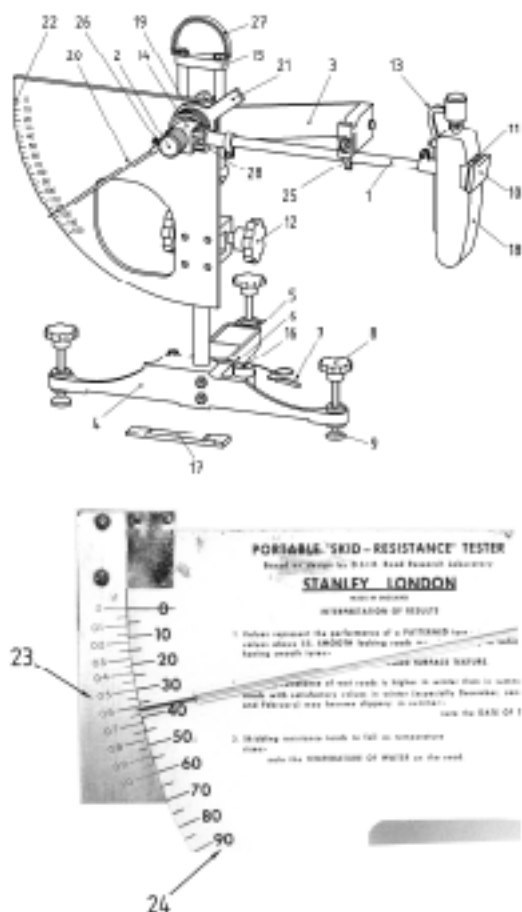
- kartáče k očištění povrchu komunikace
- přenosnou ochranou zástěnu proti větru
- stěrku na rozprostírání skleněných kuliček o průměru 65 ± 1 mm, s jednostranně přilepenou tvrdou pryží o šíři pryže $2 \pm 0,5$ mm a celkové váze 305 ± 10 g
- pravítko k měření průměrů plochy o délce 500 mm
- nádobu o objemu minimálně 25 ml se skleněnými kuličkami takové zrnitosti, aby 90 % jejich objemu propadlo sítím 0,25 mm a zbytek zůstal zadržen na sítu 0,18 mm.



Obrázek 35: Detail MTD [21]

2.2.2 Zkouška kyvadlem PTV

Účelem zkoušky kyvadlem Obrázek 36 je zjištění mikrotextury povrchu pozemní komunikace. Tato zkouška je označována zkratkou TRRL (Transport and Roads Research Laboratory) po původci této zkoušky. Byla vyvinuta v USA ve 40. letech 20. století. Zkouška je prováděna třecí patkou, na jejímž konci je standartní pryž PTV (Pendulum Test Value). Podstatou zkoušky je ztráta kinetické energie kyvadla, které drhne o měřený úsek povrchu komunikace.



Legenda

- | | |
|--|---|
| 1 rameno kyvadla | 15 zarážka svislého posuvu |
| 2 značka (v centru obtáčení) | 16 libela |
| 3 uvolňovací mechanismus (tlačítko) | 17 měřtko (viz obrázek 2) |
| 4 podstavec | 18 kyvná botka |
| 5 zadní podpěra | 19 kroužek na nastavení tření (včetně pojistného kroužku) |
| 6 šroub pro upevnění zadní podpěry | 20 ručička |
| 7 vymezovací kolík na hrubé nastavení délky prokluzu (volitelný) | 21 protizávaží ručičky |
| 8 stavěcí šroub | 22 jednotková stupnice |
| 9 plechová podložka (kyvná, nastavitelná) | 23 jednotková stupnice F |
| 10 třecí patka | 24 jednotková stupnice C |
| 11 hliníková podložka třecí patky | 25 uvolňovací západka |
| 12 šroub svislého posuvu (pro výškové seřizení) | 26 doraz ručičky (kalibrace: šroub seřizení prokluzu ručičky) |
| 13 páka na zvedání třecí patky | 27 držadlo |
| 14 hlava kyvadla | 28 upevňovací matice |

Obrázek 36: Kyvadlo [11]



Obrázek 37: Kyvadlo Matest [21]

Ke zkoušce kromě samotného kyvadla také potřebujeme:

- nádobu (rozprašovač) s čistou vodou, sloužící k navlhčení zkušební patky i povrchu komunikace
- teploměr pro zjištění teploty povrchu komunikace
- vodováhu (min 1 m) ke zjištění sklonu komunikace
- ruční kartáč (nekovový) kvůli případnému dočistění povrchu.

Tato zkouška se používá pro vozovky s návrhovou rychlostí do 50 km/hod. Před samotnou zkouškou je potřeba dodržet tyto limity:

- teplota ovzduší a vozovky by měla být mezi +5 a +40 °C
- sklon vozovky nesmí přesahovat 10%
- zkouška se nesmí provádět za silného větru >10 m/sec.

3. Příprava a vypracování experimentu

3.1. Zkušební metoda MTD

Před zahájením zkoušky je potřeba dobře vybrat místo zkoušky. Vybereme suchou a homogenní plochu, která se nachází v místech se zvýšeným dopravním namáháním (směrové oblouky, před křižovatkou přechody apod.). Plocha nesmí obsahovat lokální závady.

- Důsledně očistíme vybranou plochu kartáči. Je potřeba použít tvrdý drátěný k odstranění přilepených nečistot, ale i štětinový k důslednému ometení.
- Kolem vybrané plochy umístíme přenosnou zábranu proti mírnému větru. Za silného větru se měření provádět nedá nebo by musely být použity speciální boxy.
- Nasypeme skleněné kuličky, u nichž víme objem nebo váhu na předem očištěný zkoušený kus povrchu komunikace.
- Pomocí stěrky rozprostíráme kuličky v kruhových křivkách za velmi mírného tlaku do té doby, dokud se stěrka nedotýká vrcholů kameniva povrchu komunikace.
- Zaznamenají se minimálně 4 průměry kruhové plochy vyplněné materiálem. Z toho se pak vypočítává aritmetický průměr.

$$MTD = \frac{4 * V}{\pi * D^2}$$

Kde MTD je hloubka střední textury

V je objem materiálu

D je průměr rozprostřené plochy kuliček

Výsledky měření je potřeba zanést do protokolu o zkoušce. [2] [13]

Ke zkoušce budeme potřebovat objem materiálu:

$$V = \frac{84,33g}{997 * 10^{-6} \frac{g}{mm^3}} = 84583,75mm^3$$



Obrázek 38: Váha vody testovací misky [22]

Datum: 19.07.2021	Lokalita: silnice 315/II úsek Choceň-Ústí nad Orlicí úsek č. 1-5 Zářecká Lhota				
Popis povrchu:	Suchý homogenní povrch bez prasklin nebo lokálních poruch, vymytý po předešlém dešti.				
Klimatické podmínky	Slunečno, jasno, bezvětrí, teplota 22,5 °C				
Číslo měření:	1	2	3	4	5
Měření 1:	341	361	341	325	345
Měření 2:	362	360	323	321	340
Měření 3:	340	355	348	312	345
Měření 4:	345	342	334	309	342
Průměr plochy v mm:	347	354,5	336,5	316,75	343
Objem materiálu v mm^3 :	84583,75				
Střední hloubka textury v mm:	0,894	0,857	0,951	1,073	0,915
Průměrná hloubka textury v mm:	0,938				
Měření provedl:	Dlouhý David				

Datum: 19.07.2021	Lokalita: silnice 315/II úsek Choceň-Ústí nad Orlicí úsek č. 6-10 Loučky				
Popis povrchu:	Suchý homogenní povrch bez prasklin nebo lokálních poruch, vymytý po předešlém dešti.				
Klimatické podmínky	Slunečno, jasno, bezvětří, teplota 23 °C				
Číslo měření:	1	2	3	4	5
Měření 1:	467	451	491	471	473
Měření 2:	500	470	500	496	481
Měření 3:	491	462	491	495	473
Měření 4:	485	471	496	483	456
Průměr plochy v mm:	485,75	463,5	494,5	486,25	470,75
Objem materiálu v mm^3 :	84583,75				
Střední hloubka textury v mm:	0,456	0,501	0,440	0,456	0,486
Průměrná hloubka textury v mm:	0,468				
Měření provedl:	Dlouhý David				

Datum: 19.07.2021	Lokalita: silnice 315/II úsek Choceň-Ústí nad Orlicí úsek č. 11-15 pod Hrádkem				
Popis povrchu:	Suchý homogenní povrch bez prasklin nebo lokálních poruch, vymytý po předešlém dešti.				
Klimatické podmínky	Slunečno, jasno, bezvětří, teplota 22,5 °C				
Číslo měření:	1	2	3	4	5
Měření 1:	403	395	391	401	365
Měření 2:	395	385	395	392	403
Měření 3:	400	381	391	401	394
Měření 4:	398	391	381	391	383
Průměr plochy v mm:	399	388	389,5	396,25	386,25
Objem materiálu v mm^3 :	84583,75				
Střední hloubka textury v mm:	0,676	0,715	0,710	0,686	0,722
Průměrná hloubka textury v mm:	0,702				
Měření provedl:	Dlouhý David				

Datum: 19.07.2021	Lokalita: silnice 315/II úsek Choceň-Ústí nad Orlicí úsek č. 16-20 Kerhartice				
Popis povrchu:	Suchý homogenní povrch bez prasklin nebo lokálních poruch, vymytý po předešlém dešti.				
Klimatické podmínky	Slunečno, jasno, bezvětří, teplota 24 °C				
Číslo měření:	1	2	3	4	5
Měření 1:	375	390	371	401	371
Měření 2:	385	363	368	373	361
Měření 3:	375	365	371	375	358
Měření 4:	365	372	368	360	384
Průměr plochy v mm:	375	372,5	369,5	377,25	368,5
Objem materiálu v mm^3 :	84583,75				
Střední hloubka textury v mm:	0,766	0,776	0,789	0,757	0,793
Průměrná hloubka textury v mm:	0,776				
Měření provedl:	Dlouhý David				



Obrázek 39: Měření MTD

3.2. Kyvadlo PTV

Před zahájením je potřeba opticky zkontrolovat přístroj, zda obsahuje všechny součásti a zda není mechanicky poškozen. Dále se doporučuje, aby všechna nastavení kyvadla prováděla jedna osoba/ kvůli předcházení chybám z důvodu různého citu pro nastavení/. Při samotném měření je potřeba zajistit ochranu kyvadla před povětrnostními vlivy, např. větrná clona, ale i před účinky projíždějící dopravy. Před samotným měřením, tedy pokud není podstata zkoušky měření znečištěného povrchu, musí být povrch řádně očištěn mechanickým kartáčem, popřípadě musí být řádně omyt.

- Je potřeba změřit všechny teploty a zanést je do protokolu. Při měření teplot dbáme na to, aby teploměr nebyl vystaven přímému slunečnímu záření. Provádíme měření

teploty okolního vzduchu, teploty povrchu vozovky, teploty vody použité pro zvlhčení, teploty pryže patky (pokud je velký rozdíl venkovního prostředí a teploty kyvadla vyndaného třeba z vyhřátého automobilu).

- Ustavení přístroje s kyvadlem provádíme v místech s nejvyšší dopravní intenzitou. Nosný rám kyvadla je opatřen třemi stavitelnými opěrami s horizontální libelou. Stojan je tedy nutné ustavit do horizontální roviny.
- Po ustavení nosného rámu je potřeba ověřit správnou funkčnost ramena kyvadla. To se provádí prokmitem naprázdno. Třecí pryžová patka se nesmí dotýkat povrchu a po prokmitu kyvadla se raříčka musí zastavit na 0. Je potřeba velikost tření a prokmit naprázdno opakovat, dokud se ukazatel nezastaví na 0.
- Po nastavení ramene nastavíme délku prokluzu třecí pryžové patky. Tomuto nastavení je potřeba věnovat obzvlášť velkou pozornost, neboť případné špatné nastavení by mělo za následek zkreslené výsledky. Provádí se změnou výšky ramene za pomoci fixačního šroubu. Pryžovou patku je zapotřebí nastavit tak, aby se dotýkala celou svou šířkou povrchu vozovky ve stanovené délce 126 ± 1 mm. Tuto vzdálenost je nutno zkontrolovat měrkou. Kyvná botka je osazena táhlem pro zvedání třecí patky právě kvůli nastavení délky prokluzu.
- Před každým prokmitem kyvadla je zapotřebí navlhčit patku kyvadla a vozovku tak, aby na vozovce vznikl souvislý vodní film.
- Provedení samotné zkoušky se děje uvolněním táhla, které spustí třecí patku. Natáhneme rameno kyvadla do startovní polohy a zajistíme aretací. Potom stisknutím aretačního tlačítka spustíme prokmit kyvadla. Kyvadlo je potřeba ve zpětném pohybu zachytit a zabránit zpětnému tření patky s povrchem vozovky. Prokmit se provádí 5 x na jednu místě, ale rozmezí výsledků by nemělo být o více než 3 jednotky. Po provedení samotné zkoušky je třeba znovu zkontrolovat vodorovnou polohu nosného rámu a délku prokluzu třecí patky. Toto se provádí pro ověření stejných podmínek během měření. [11] [12]
- Hodnota PTV se spočítá jako průměrná hodnota alespoň z 5 kmitů:
$$PTV = \frac{\Sigma(v_1 + v_2 + \dots + v_x)}{x}$$
- Hodnota PTV_{corr} je upravená hodnota dle hodnoty teploty měřeného povrchu pokud je teplota navlhčeného povrchu jiná než 20°C viz: Tabulka 5.

Tabulka 5: Opravné hodnoty PTV dle teploty

Naměřená teplota °C	Oprava naměřené hodnoty
36 až 40	+3
20 až 35	+2
23 až 29	+1
19 až 22	0
16 až 18	-1
11 až 15	-2
8 až 10	-3
5 až 7	-4
POZNÁMKA Oprava podle teploty může být ovlivněna texturou povrchu vozovky.	

Datum: Čas:	Lokalita: silnice 315/II úsek Choceň-Ústí nad Orlicí úsek č: 1 , měření č: 1 Zářecká Lhota				
Název organizace:	Dopravní fakulta Jana Pernera, Pardubice Toto měření bylo provedeno v souladu s normou EN 13036-4:2011				
Poloha zkoušky:	Místo vybráno bez prasklin a výtluků. Poloha vybrána ve vyjetých kolejích cca 1m od obruby nebo kraje vozovky.				
Úhel dle natočení k jízdnímu směru:	0°				
Teplota použité vody ke zvlhčení	26°C				
Teplota navlhčeného povrchu:	30,4°C				
Šírka patky:	Úzká		Široká		
Typ pryže:	57		96		
Číslo patky:	A 110-03				
Počet měření:	1	2	3	4	5
Naměřené hodnoty	65	64	66	63	64
Průměrná hodnota PTV:	64,4				
Opravená hodnota <i>PTV_{corr}</i> :	66,4				
Měření provedl:	David Dlouhý				

Datum: Čas:	Lokalita: silnice 315/II úsek Choceň-Ústí nad Orlicí úsek č: 1 , měření č: 2 Zářecká Lhota				
Název organizace:	Dopravní fakulta Jana Pernera, Pardubice Toto měření bylo provedeno v souladu s normou EN 13036-4:2011				
Poloha zkoušky:	Místo vybráno bez prasklin a výtluků. Poloha vybrána ve vyjetých kolejích cca 1m od obruby nebo kraje vozovky.				
Úhel dle natočení k jízdni směru:	0°				
Teplota použité vody ke zvlhčení	26°C				
Teplota navlhčeného povrchu:	29,8°C				
Šírka patky:	Úzká		Široká		
Typ pryže:	57		96		
Číslo patky:	A 110-03				
Počet měření:	1	2	3	4	5
Naměřené hodnoty	74	75	74	72,5	71
Průměrná hodnota PTV:	73,3				
Opravená hodnota <i>PTV_{corr}</i> :	75,3				
Měření provedl:	David Dlouhý				

Datum: Čas:	Lokalita: silnice 315/II úsek Choceň-Ústí nad Orlicí úsek č: 1 , měření č: 3 Zářecká Lhota				
Název organizace:	Dopravní fakulta Jana Pernera, Pardubice Toto měření bylo provedeno v souladu s normou EN 13036-4:2011				
Poloha zkoušky:	Místo vybráno bez prasklin a výtluků. Poloha vybrána ve vyjetých kolejích cca 1m od obruby nebo kraje vozovky.				
Úhel dle natočení k jízdnímu směru:	0°				
Teplota použité vody ke zvlhčení	26°C				
Teplota navlhčeného povrchu:	30,2°C				
Šírka patky:	Úzká		Široká		
Typ pryže:	57		96		
Číslo patky:	A 110-03				
Počet měření:	1	2	3	4	5
Naměřené hodnoty	60	62	62	60	61
Průměrná hodnota PTV:	61				
Opravená hodnota <i>PTV_{corr}</i> :	63				
Měření provedl:	David Dlouhý				

Datum: Čas:	Lokalita: silnice 315/II úsek Choceň-Ústí nad Orlicí úsek č: 1 , měření č: 4 Zářecká Lhota				
Název organizace:	Dopravní fakulta Jana Pernera, Pardubice Toto měření bylo provedeno v souladu s normou EN 13036-4:2011				
Poloha zkoušky:	Místo vybráno bez prasklin a výtluků. Poloha vybrána ve vyjetých kolejích cca 1m od obruby nebo kraje vozovky.				
Úhel dle natočení k jízdnímu směru:	0°				
Teplota použité vody ke zvlhčení	26°C				
Teplota navlhčeného povrchu:	33,3°C				
Šířka patky:	Úzká		Široká		
Typ pryže:	57		96		
Číslo patky:	A 110-03				
Počet měření:	1	2	3	4	5
Naměřené hodnoty	56	60	58	64	65
Průměrná hodnota PTV:	60,6				
Opravená hodnota <i>PTV_{corr}</i> :	62,6				
Měření provedl:	David Dlouhý				

Datum: Čas:	Lokalita: silnice 315/II úsek Choceň-Ústí nad Orlicí úsek č: 1 , měření č: 5 Zářecká Lhota				
Název organizace:	Dopravní fakulta Jana Pernera, Pardubice Toto měření bylo provedeno v souladu s normou EN 13036-4:2011				
Poloha zkoušky:	Místo vybráno bez prasklin a výtluků. Poloha vybrána ve vyjetých kolejích cca 1m od obruby nebo kraje vozovky.				
Úhel dle natočení k jízdnímu směru:	0°				
Teplota použité vody ke zvlhčení	26°C				
Teplota navlhčeného povrchu:	32,5°C				
Šírka patky:	Úzká		Široká		
Typ pryže:	57		96		
Číslo patky:	A 110-03				
Počet měření:	1	2	3	4	5
Naměřené hodnoty	70	64	63	64	66
Průměrná hodnota PTV:	65,4				
Opravená hodnota <i>PTV_{corr}</i> :	67,4				
Měření provedl:	David Dlouhý				

Datum: Čas:	Lokalita: silnice 315/II úsek Choceň-Ústí nad Orlicí úsek č: 2 , měření č: 6 Loučky				
Název organizace:	Dopravní fakulta Jana Pernera, Pardubice Toto měření bylo provedeno v souladu s normou EN 13036-4:2011				
Poloha zkoušky:	Místo vybráno bez prasklin a výtluků. Poloha vybrána ve vyjetých kolejích cca 1m od obruby nebo kraje vozovky.				
Úhel dle natočení k jízdni směru:	0°				
Teplota použité vody ke zvlhčení	26°C				
Teplota navlhčeného povrchu:	28,1°C				
Šírka patky:	Úzká		Široká		
Typ pryže:	57		96		
Číslo patky:	A 110-03				
Počet měření:	1	2	3	4	5
Naměřené hodnoty	66	65	64	67	64
Průměrná hodnota PTV:	65,2				
Opravená hodnota <i>PTV_{corr}</i> :	67,2				
Měření provedl:	David Dlouhý				

Datum: Čas:	Lokalita: silnice 315/II úsek Choceň-Ústí nad Orlicí úsek č: 2 , měření č: 7 Loučky				
Název organizace:	Dopravní fakulta Jana Pernera, Pardubice Toto měření bylo provedeno v souladu s normou EN 13036-4:2011				
Poloha zkoušky:	Místo vybráno bez prasklin a výtluků. Poloha vybrána ve vyjetých kolejích cca 1m od obruby nebo kraje vozovky.				
Úhel dle natočení k jízdnímu směru:	0°				
Teplota použité vody ke zvlhčení	26°C				
Teplota navlhčeného povrchu:	28,2°C				
Šířka patky:	Úzká		Široká		
Typ pryže:	57		96		
Číslo patky:	A 110-03				
Počet měření:	1	2	3	4	5
Naměřené hodnoty	64	65	65	64	64
Průměrná hodnota PTV:	64,4				
Opravená hodnota <i>PTV_{corr}</i> :	66,4				
Měření provedl:	David Dlouhý				

Datum: Čas:	Lokalita: silnice 315/II úsek Choceň-Ústí nad Orlicí úsek č: 2 , měření č: 8 Loučky				
Název organizace:	Dopravní fakulta Jana Pernera, Pardubice Toto měření bylo provedeno v souladu s normou EN 13036-4:2011				
Poloha zkoušky:	Místo vybráno bez prasklin a výtluků. Poloha vybrána ve vyjetých kolejích cca 1m od obruby nebo kraje vozovky.				
Úhel dle natočení k jízdnímu směru:	0°				
Teplota použité vody ke zvlhčení	26°C				
Teplota navlhčeného povrchu:	26,9°C				
Šířka patky:	Úzká		Široká		
Typ pryže:	57		96		
Číslo patky:	A 110-03				
Počet měření:	1	2	3	4	5
Naměřené hodnoty	62	61	62	61	62
Průměrná hodnota PTV:	61,6				
Opravená hodnota <i>PTV_{corr}</i> :	63,6				
Měření provedl:	David Dlouhý				

Datum: Čas:	Lokalita: silnice 315/II úsek Choceň-Ústí nad Orlicí úsek č: 2 , měření č: 9 Loučky				
Název organizace:	Dopravní fakulta Jana Pernera, Pardubice Toto měření bylo provedeno v souladu s normou EN 13036-4:2011				
Poloha zkoušky:	Místo vybráno bez prasklin a výtluků. Poloha vybrána ve vyjetých kolejích cca 1m od obruby nebo kraje vozovky.				
Úhel dle natočení k jízdnímu směru:	0°				
Teplota použité vody ke zvlhčení	26°C				
Teplota navlhčeného povrchu:	30,2°C				
Šírka patky:	Úzká		Široká		
Typ pryže:	57		96		
Číslo patky:	A 110-03				
Počet měření:	1	2	3	4	5
Naměřené hodnoty	58	60	62	63	64
Průměrná hodnota PTV:	61,4				
Opravená hodnota <i>PTV_{corr}</i> :	63,4				
Měření provedl:	David Dlouhý				

Datum: Čas:	Lokalita: silnice 315/II úsek Choceň-Ústí nad Orlicí úsek č: 2 , měření č: 10 Loučky				
Název organizace:	Dopravní fakulta Jana Pernera, Pardubice Toto měření bylo provedeno v souladu s normou EN 13036-4:2011				
Poloha zkoušky:	Místo vybráno bez prasklin a výtluků. Poloha vybrána ve vyjetých kolejích cca 1m od obruby nebo kraje vozovky.				
Úhel dle natočení k jízdnímu směru:	0°				
Teplota použité vody ke zvlhčení	26°C				
Teplota navlhčeného povrchu:	31,2°C				
Šířka patky:	Úzká		Široká		
Typ pryže:	57		96		
Číslo patky:	A 110-03				
Počet měření:	1	2	3	4	5
Naměřené hodnoty	59	62	64	66	64
Průměrná hodnota PTV:	63				
Opravená hodnota <i>PTV_{corr}</i> :	65				
Měření provedl:	David Dlouhý				

Datum: Čas:	Lokalita: silnice 315/II úsek Choceň-Ústí nad Orlicí úsek č: 3 , měření č: 11 pod Hrádkem				
Název organizace:	Dopravní fakulta Jana Pernera, Pardubice Toto měření bylo provedeno v souladu s normou EN 13036-4:2011				
Poloha zkoušky:	Místo vybráno bez prasklin a výtluků. Poloha vybrána ve vyjetých kolejích cca 1m od obruby nebo kraje vozovky.				
Úhel dle natočení k jízdniému směru:	0°				
Teplota použité vody ke zvlhčení	28°C				
Teplota navlhčeného povrchu:	23,7°C				
Šírka patky:	Úzká		Široká		
Typ pryže:	57		96		
Číslo patky:	A 110-03				
Počet měření:	1	2	3	4	5
Naměřené hodnoty	56	58	55	55	56
Průměrná hodnota PTV:	56				
Opravená hodnota <i>PTV_{corr}</i> :	58				
Měření provedl:	David Dlouhý				

Datum: Čas:	Lokalita: silnice 315/II úsek Choceň-Ústí nad Orlicí úsek č: 3 , měření č: 12 pod Hrádkem				
Název organizace:	Dopravní fakulta Jana Pernera, Pardubice Toto měření bylo provedeno v souladu s normou EN 13036-4:2011				
Poloha zkoušky:	Místo vybráno bez prasklin a výtluků. Poloha vybrána ve vyjetých kolejích cca 1m od obruby nebo kraje vozovky.				
Úhel dle natočení k jízdě směru:	0°				
Teplota použité vody ke zvlhčení	28°C				
Teplota navlhčeného povrchu:	23°C				
Šířka patky:	Úzká		Široká		
Typ pryže:	57		96		
Číslo patky:	A 110-03				
Počet měření:	1	2	3	4	5
Naměřené hodnoty	54	54	53	54	55
Průměrná hodnota PTV:	54				
Opravená hodnota <i>PTV_{corr}</i> :	56				
Měření provedl:	David Dlouhý				

Datum: Čas:	Lokalita: silnice 315/II úsek Choceň-Ústí nad Orlicí úsek č: 3 , měření č: 13 pod Hrádkem				
Název organizace:	Dopravní fakulta Jana Pernera, Pardubice Toto měření bylo provedeno v souladu s normou EN 13036-4:2011				
Poloha zkoušky:	Místo vybráno bez prasklin a výtluků. Poloha vybrána ve vyjetých kolejích cca 1m od obruby nebo kraje vozovky.				
Úhel dle natočení k jízdniému směru:	0°				
Teplota použité vody ke zvlhčení	28°C				
Teplota navlhčeného povrchu:	23°C				
Šírka patky:	Úzká		Široká		
Typ pryže:	57		96		
Číslo patky:	A 110-03				
Počet měření:	1	2	3	4	5
Naměřené hodnoty	55	52	51	54	51
Průměrná hodnota PTV:	52,6				
Opravená hodnota <i>PTV_{corr}</i> :	54,6				
Měření provedl:	David Dlouhý				

Datum: Čas:	Lokalita: silnice 315/II úsek Choceň-Ústí nad Orlicí úsek č: 3 , měření č: 14 pod Hrádkem				
Název organizace:	Dopravní fakulta Jana Pernera, Pardubice Toto měření bylo provedeno v souladu s normou EN 13036-4:2011				
Poloha zkoušky:	Místo vybráno bez prasklin a výtluků. Poloha vybrána ve vyjetých kolejích cca 1m od obruby nebo kraje vozovky.				
Úhel dle natočení k jízdě směru:	0°				
Teplota použité vody ke zvlhčení	28°C				
Teplota navlhčeného povrchu:	24°C				
Šířka patky:	Úzká		Široká		
Typ pryže:	57		96		
Číslo patky:	A 110-03				
Počet měření:	1	2	3	4	5
Naměřené hodnoty	55	54	56	55	54
Průměrná hodnota PTV:	54,8				
Opravená hodnota <i>PTV_{corr}</i> :	56,8				
Měření provedl:	David Dlouhý				

Datum: Čas:	Lokalita: silnice 315/II úsek Choceň-Ústí nad Orlicí úsek č: 3 , měření č: 15 pod Hrádkem				
Název organizace:	Dopravní fakulta Jana Pernera, Pardubice Toto měření bylo provedeno v souladu s normou EN 13036-4:2011				
Poloha zkoušky:	Místo vybráno bez prasklin a výtluků. Poloha vybrána ve vyjetých kolejích cca 1m od obruby nebo kraje vozovky.				
Úhel dle natočení k jízdniému směru:	0°				
Teplota použité vody ke zvlhčení	28°C				
Teplota navlhčeného povrchu:	24,2°C				
Šírka patky:	Úzká		Široká		
Typ pryže:	57		96		
Číslo patky:	A 110-03				
Počet měření:	1	2	3	4	5
Naměřené hodnoty	52	53	54	53	53
Průměrná hodnota PTV:	53				
Opravená hodnota <i>PTV_{corr}</i> :	55				
Měření provedl:	David Dlouhý				

Datum: Čas:	Lokalita: silnice 315/II úsek Choceň-Ústí nad Orlicí úsek č: 3 , měření č: 16 Kerhartice				
Název organizace:	Dopravní fakulta Jana Pernera, Pardubice Toto měření bylo provedeno v souladu s normou EN 13036-4:2011				
Poloha zkoušky:	Místo vybráno bez prasklin a výtluků. Poloha vybrána ve vyjetých kolejích cca 1m od obruby nebo kraje vozovky.				
Úhel dle natočení k jízdnímu směru:	0°				
Teplota použité vody ke zvlhčení	28°C				
Teplota navlhčeného povrchu:	24,3°C				
Šířka patky:	Úzká		Široká		
Typ pryže:	57		96		
Číslo patky:	A 110-03				
Počet měření:	1	2	3	4	5
Naměřené hodnoty	61	58	57	59	56
Průměrná hodnota PTV:	58,2				
Opravená hodnota <i>PTV_{corr}</i> :	60,2				
Měření provedl:	David Dlouhý				

Datum: Čas:	Lokalita: silnice 315/II úsek Choceň-Ústí nad Orlicí úsek č: 3 , měření č: 17 Kerhartice				
Název organizace:	Dopravní fakulta Jana Pernera, Pardubice Toto měření bylo provedeno v souladu s normou EN 13036-4:2011				
Poloha zkoušky:	Místo vybráno bez prasklin a výtluků. Poloha vybrána ve vyjetých kolejích cca 1m od obruby nebo kraje vozovky.				
Úhel dle natočení k jízdniému směru:	0°				
Teplota použité vody ke zvlhčení	28°C				
Teplota navlhčeného povrchu:	23,9°C				
Šírka patky:	Úzká		Široká		
Typ pryže:	57		96		
Číslo patky:	A 110-03				
Počet měření:	1	2	3	4	5
Naměřené hodnoty	62	60	58	56	55
Průměrná hodnota PTV:	58,2				
Opravená hodnota <i>PTV_{corr}</i> :	60,2				
Měření provedl:	David Dlouhý				

Datum: Čas:	Lokalita: silnice 315/II úsek Choceň-Ústí nad Orlicí úsek č: 3 , měření č: 18 Kerhartice				
Název organizace:	Dopravní fakulta Jana Pernera, Pardubice Toto měření bylo provedeno v souladu s normou EN 13036-4:2011				
Poloha zkoušky:	Místo vybráno bez prasklin a výtluků. Poloha vybrána ve vyjetých kolejích cca 1m od obruby nebo kraje vozovky.				
Úhel dle natočení k jízdni směru:	0°				
Teplota použité vody ke zvlhčení	28°C				
Teplota navlhčeného povrchu:	23,8°C				
Šírka patky:	Úzká		Široká		
Typ pryže:	57		96		
Číslo patky:	A 110-03				
Počet měření:	1	2	3	4	5
Naměřené hodnoty	64	62	60	58	59
Průměrná hodnota PTV:	60,6				
Opravená hodnota <i>PTV_{corr}</i> :	62,6				
Měření provedl:	David Dlouhý				

Datum: Čas:	Lokalita: silnice 315/II úsek Choceň-Ústí nad Orlicí úsek č: 3 , měření č: 19 Kerhartice				
Název organizace:	Dopravní fakulta Jana Pernera, Pardubice Toto měření bylo provedeno v souladu s normou EN 13036-4:2011				
Poloha zkoušky:	Místo vybráno bez prasklin a výtluků. Poloha vybrána ve vyjetých kolejích cca 1m od obruby nebo kraje vozovky.				
Úhel dle natočení k jízdniému směru:	0°				
Teplota použité vody ke zvlhčení	28°C				
Teplota navlhčeného povrchu:	24,1°C				
Šírka patky:	Úzká		Široká		
Typ pryže:	57		96		
Číslo patky:	A 110-03				
Počet měření:	1	2	3	4	5
Naměřené hodnoty	55	54	53	50	53
Průměrná hodnota PTV:	53				
Opravená hodnota <i>PTV_{corr}</i> :	55				
Měření provedl:	David Dlouhý				

Datum: Čas:	Lokalita: silnice 315/II úsek Choceň-Ústí nad Orlicí úsek č: 3 , měření č: 20 Kerhartice				
Název organizace:	Dopravní fakulta Jana Pernera, Pardubice Toto měření bylo provedeno v souladu s normou EN 13036-4:2011				
Poloha zkoušky:	Místo vybráno bez prasklin a výtluků. Poloha vybrána ve vyjetých kolejích cca 1m od obruby nebo kraje vozovky.				
Úhel dle natočení k jízdnímu směru:	0°				
Teplota použité vody ke zvlhčení	28°C				
Teplota navlhčeného povrchu:	25,6°C				
Šírka patky:	Úzká		Široká		
Typ pryže:	57		96		
Číslo patky:	A 110-03				
Počet měření:	1	2	3	4	5
Naměřené hodnoty	58	56	55	52	52
Průměrná hodnota PTV:	54,6				
Opravená hodnota <i>PTV_{corr}</i> :	56,6				
Měření provedl:	David Dlouhý				

4. Vyhodnocení a diskuze nad výsledky

Výsledky měření jednotlivých úseků jsem porovnal s hodnotami z *Tabulka 6* z TP 87 - Navrhování údržby a oprav netuhých vozovek a provedl vyhodnocení protismykových vlastností.

Měření je vhodné jen u PK s dovolenou rychlostí 50 km/h a nižší. Pro závazné posouzení protismykových vlastností povrchu vozovky před návrhem údržby nebo opravy je třeba použít dynamické měřicí zařízení pro zjišťování součinitele tření.[15]

Tabulka 6: Hodnocení protismykových vlastností a textury povrchu [15]

Klasifikační stupeň zkušební metody	1	2	3	4	5
Odměrná metoda MTD, makrotextura	$\geq 0,75$	0,74-0,60	0,59-0,50	0,49-0,38	$\leq 0,37$
Zkouška kyvadlem PTV, mikrotextura	$\geq 0,70$	0,69-0,60	0,59-0,50	0,49-0,40	$\leq 0,40$

Úsek č. 1 - Zářecká Lhota: Nejstarší ze čtyř úseků. Intenzita dopravy je 7 431 400 dopravních prostředků.

Tabulka 7: Výsledky úseku č:1

Úsek č. 1 - Zářecká Lhota	Průměrná hodnota	Kvalifikační stupeň
Odměrná metoda MTD, makrotextura	0,938	1
Zkouška kyvadlem PTV, mikrotextura	66,94	2

Výsledek makrotextury je sice výborný, ale v rámci testovací metody MTD nikoli věrohodný. Tento test zohledňuje pórovitost obrusné vrstvy vozovky, ale nikoliv její povrch v rámci ztráty asfaltového tmelu s jemnými složkami obalované směsi (porucha 06 [16]).
Obrázek 40: Tento úsek bych doporučil zakonzervovat kvůli další ztrátě asfaltového pojiva a následné ztrátě kameniva buď dražší technologií mikrokoberce nebo kalových krytů (Slurry seal) a nebo levnější variantou emulzních nátěrů. Obě technologie slouží k uzavření povrchu

vozovky a následnému hloubkovému pronikání vody do jejích vrstev. Technologie mikrokoberců a kalových krytů je dražší časově náročnější a vyžaduje úplnou uzavěru pruhu, kde je technologie vykonávána. Oproti tomu technologie emulzních nátěrů je rychlejší, levnější, ale po určitou dobu je na vozovce zvýšený odlet kameniva, což není pro řidiče úplně komfortní záležitost.

Výsledek mikrotextury je chvalitebný, což ukazuje na skutečnost, že vlastnosti použitého kameniva jsou na tento druh zatížení komunikace dostačující.



Obrázek 40: Úsek č1: Ztráta asfaltového tmelu [21]

Úsek č. 2- Loučky: Intenzita dopravy je 1 486 280 dopravních prostředků..

Tabulka 8: Výsledky úseku č: 2

Úsek č. 2 - Loučky	Průměrná hodnota	Kvalifikační stupeň
Odměrná metoda MTD, makrotextura	0,468	4
Zkouška kyvadlem PTV, mikrotextura	65,12	2

Výsledek makrotextury je dostatečný, jedná o poruchu ztráty makrotextury (porucha 02 [16])

Obrázek 41: bohužel při deštích se může tato komunikace stávat nebezpečnou. Voda nemá

kam odtékat, a když se k tomu přidá efekt ojetých pneumatik, vzniká vysoká možnost aquaplaningu. Tato vlastnost z hlediska bezpečnosti silničního provozu je zcela nepřijatelná. Zde vzniká myšlenka, která by znamenala testování na jednom úseku delší období. Je třeba tuto komunikaci nutně opravit nebo počkat a vlivem časového pásma a přejezdu může docházet k postupné ztrátě asfaltového tmelu, čímž by se makrotextura opět na chvíli zlepšila. Samozřejmě nebezpečný úsek by se musel sledovat a označit pomocí svislých dopravních značek např: A8 – Nebezpečí smyku.

Výsledek mikrotextury je jako u předešlého úseku chvalitebný, což opět ukazuje na dobře zvolené kamenivo v použité obalené směsi, které vyhovuje provozu na této komunikaci.



Obrázek 41: Úsek č 2: Ztráta makrotextury [21]

Úsek č. 3 – pod Hrádkem: Jedná se o nový úsek, na kterém byla prozatímně povolena doprava jen pro zásobování a pro místní obyvatele. Intenzita dopravy je 50 000 dopravních prostředků..

Tabulka 9: Výsledky úseku č: 3

Úsek č. 3 – pod Hrádkem	Průměrná hodnota	Kvalifikační stupeň
Odměrná metoda MTD, makrotextura	0,702	2
Zkouška kyvadlem PTV, mikrotextura	56,08	3

Výsledek makrotextury je chvalitebný. I na přiloženém obrázku č. 43 je vidět, že komunikace ještě není dostatečně zatížena provozem, který pak velmi rychle opotřebuje povrchový asfaltový tmel, obnaží kamenivo a zlepší protismykové vlastnosti vozovky.

Výsledek mikrotextury je znepokojující na to, že se jedná o novou komunikaci, avšak tyto výsledky silně ovlivňuje právě asfaltový tmel, který ještě drží na povrchu kameniva. A jelikož ve směsi bylo použito stejné kamenivo jako na předešlých úsecích, dá se předpokládat, že po ojetí asfaltového tmelu budou výsledky zkoušek výborné.



Obrázek 42: Úsek č 3: Makrotextura [21]

Úsek č. 4 - Kerhartice: Nový úsek se zákazem vjezdu bez jakékoliv dopravy. Bez projížděných vozidel.

Tabulka 10: Výsledky úseku č: 4

Úsek č. 4 - Kerhartice	Průměrná hodnota	Kvalifikační stupeň
Odměrná metoda MTD, makrotextura	0,776	1
Zkouška kyvadlem PTV, mikrotextura	58,92	3

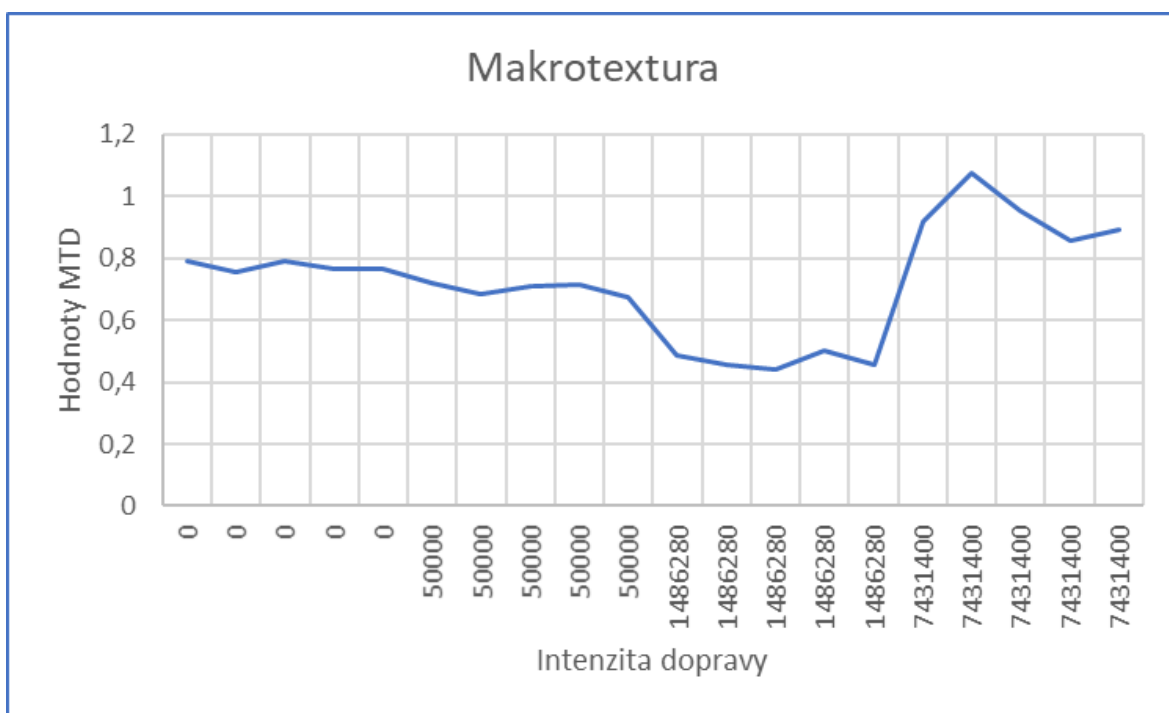
Výsledky makrotextury jsou výborné. Tato zkouška byla provedena 2 dny po pokládce obalené směsi. Je možné konstatovat, že spolupráci obalovny přepravy k pokládce a samotné pokládky není co vytknout.

Výsledky mikrotextury také nejsou nikterak upokojivé, ale stejně jako v předešlém případě se vlastnosti zlepšují po zvýšení zatížení silničním provozem a ojetí asfaltového tmelu z povrchu kameniva.



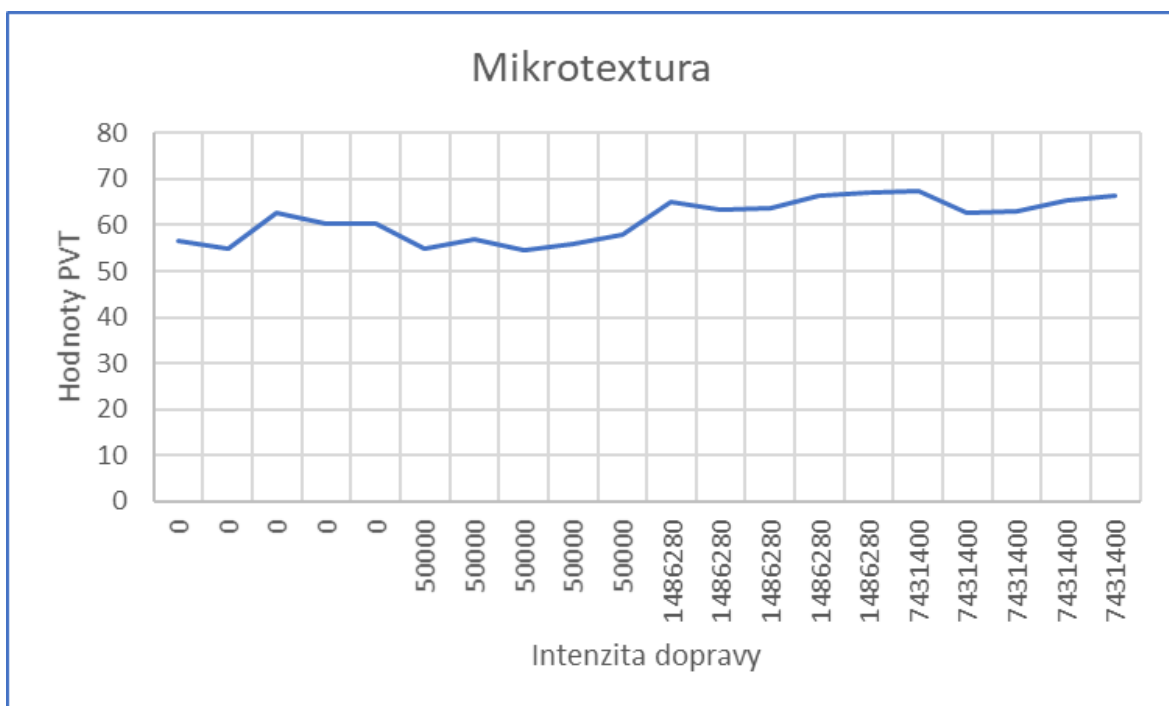
Obrázek 43: Úsek č 4: Makrotextura [21]

Z výsledků měření mikrotextury ***Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.*** je patrné, že intenzita dopravy má větší vliv na makrotexturu. Ke konci křivka strmě stoupá, ale bohužel pro poruchu ztráta asfaltového tmelu. Dle mého názoru bychom se měli zaměřit na kvalitu asfaltového tmelu.



Obrázek 44: Graf Makrotextury [21]

Z výsledků měření mikrotextury *Obrázek 45* je patrné, že na vliv obrusnosti kameniva nemá současná intenzita dopravy velký vliv.



Obrázek 45: Graf mikrotextury [21]

5. Závěr a doporučení

Cílem bakalářské práce bylo shromáždění hodnot měření povrchů vozovky jednotlivých vybraných úseků na komunikaci II/315 z Chocně do Ústí nad Orlicí v Pardubickém kraji. Tato silnice prochází postupnou rekonstrukcí a většina úseků byla prováděna stejnou pokládkovou četou. Tímto jsme z výsledků zkoušek vyloučili rozdíly ve výrobě směsi z různých obaloven, technologické postupy různých pokládkových čet i vliv teploty směsi v závislosti na délce přepravy.

V teoretické části byly vysvětleny důležité pojmy týkající se složení povrchů vozovky, povrchových vlastností vozovky i protismykových vlastností vozovek.

V praktické části jsem se zaměřil na dvě zkušební metody, a to na metodu odměrnou MTD a zkoušku kyvadlem PVT. Tyto metody jsem použil na čtyřech úsecích komunikace II/315. Na každém úseku jsem provedl pět měření. Všechna jednotlivá měření jsem vyhodnotil, zanesl do tabulek a provedl celkové vyhodnocení.

Z výsledků mého měření je patrné, že mikrotextura díky vhodně zvolenému kamenivu k zátěži komunikace II. třídy je v pořádku. U makrotextury už je to horší. Z výsledku mého měření sice vyplývá, že komunikace je po pokládce z hlediska makrotextury v pořádku, ale již po 6 letech a provozu cca 1 000 000 projížděných aut se citelně zhorší. Samozřejmě opravit tyto vlastnosti po 6 letech výměnou obrusné vrstvy je značně neekonomické. Další možnosti jsou kalové kryty (Slurry seal) a mikrokoberce, a tou poslední nejlevnější a nejrychlejší jsou emulzní nátěry s podrcením. K této technologii se se ve velkém vrátila SUSPK. Technologie emulzních nátěrů nejenže obnovuje protismykové vlastnosti, ale také značně prodlužuje životnost obrusné vrstvy.

Použitá literatura

- [1] ČSN 73 6101 (736101) *A Projektování silnic a dálnic*. Praha: Český normalizační institut, 2004. Dostupné také z:
- [2] ZAJÍČEK, Jan. *Technologie stavby vozovek*. Praha: ČKAIT, 2014. ISBN 978-80-87438-59-6.
- [3] SVOBODA, Luboš. *Stavební hmoty*. Bratislava: Jaga group, 2004. ISBN 80-8076-007-1.
- [4] ČSN 73 6175: *Měření a hodnocení nerovnosti vozovek*. 1. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015.
- [5] ČSN 73 6177: *Měření a hodnocení protismykových vlastností povrchů vozovek*. 2. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015.
- [6] KUDRNA, Jan. *Sborník příspěvků ze semináře s mezinárodní účastí: Měření a hodnocení protismykových vlastností povrchů pozemních komunikací*. VUT v Brně FAST, 2007. ISBN 978-80-214-3429-5.
- [7] MALIŠ, Ing Luděk. *PAVEX CONSULTING, S.R.O. TP 82: Katalog poruch netuhých vozovek*. - Brno: Ministerstvo dopravy - odbor silniční infrastruktury, 2010, 89 s.
- [8] ČSN 73 6100-1: *Názvosloví pozemních komunikací, část 1: Základní názvosloví*. Praha: Český normalizační institut, 2006, 76 s.
- [9] VRÁBEL, Tomáš. *Tatra 613 Runway Tester (TRT)* [online]. SK, 2010 [cit. 2021-04-04]. Dostupné z:
- [10] *Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.* [online]. Brno, 2019 [cit. 2021-04-04]. Dostupné z:
- [11] ČSN EN 13036-4 *Povrchové vlastnosti vozovek a letištních ploch - Zkušební metody - Část 4: Měření protismykových vlastností povrchu vozovky - Zkouška kyvadlem*. ICS 17.040.20; 93.080.10; 93.120, Praha: ÚNMZ, duben 2012.
- [12] *Zkouška kyvadlem, metoda pro zjištění protismykových vlastností povrchu: Ing. Marek Mohyla*. In: . Ostrava: SILNIČNÍ A GEOTECHNICKÁ LABORATOŘ. Dostupné také z: <http://www.geotechnici.cz/wp-content/uploads/2012/08/kyvadlo.pdf>
- [13] ČSN EN 13036-1 - *Povrchové vlastnosti vozovek pozemních komunikací a letištních ploch: Část 1: Měření hloubky makrotextury povrchu vozovek odměrnou metodou*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010, 12 s.
- [14] ČSN EN 13036-3 - *Povrchové vlastnosti vozovek pozemních komunikací a letištních ploch: Část 3: Měření vodorovných drenážních vlastností povrchu vozovky*. 1. Praha: Český normalizační institut, 2004, 12 s.

- [15] *TP 87: Navrhování údržby a oprav netuhých vozovek*. 2. Brno: Vysoké technické učení v Brně, 2010, 103 s.
- [16] *TP 82 - Technické podmínky: Katalog poruch netuhých vozovek*. 2. Brno: PavEx Consulting, 2010, 89 s.
- [17] *Měřicí zařízení ke zjišťování podélného koeficientu tření povrchu vozovek*. Centrum dopravního výzkumu [online]. Brno: CDV [cit. 2021-8-21]. Dostupné z:
- [18] *U. S. Department of transportation - Federal Highway Administration: Gaining Traction In Roadway Safety* [online]. Jul/Aug 2008 [cit. 2021-8-22]. Dostupné z:
- [19] *TP 170: Navrhování vozovek pozemních komunikací*. 2. Brno: Vysoké technické učení v Brně, 2006, 100 s.
- [20] *Sčítání dopravy 2016: CSD. Ředitelství silnic a dálnic: ŘSD* [online]. 2016 [cit. 2021-8-22]. Dostupné z:
- [21] *obrázek z archivu autora práce*
- [22] *autor obrázku – Ing. Pavel Lopour Ph.D.*
- [23] *Mapy.cz: seznam.cz* [online]. Praha: Seznam.cz, 2021 [cit. 2021-8-22]. Dostupné z: www.mapy.cz