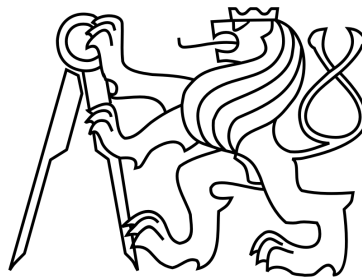


**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V  
PRAZE**

**FAKULTA STAVEBNÍ**

**Katedra technologie staveb**



**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Aplikace geosyntetik pro zvýšení  
únosnosti porušeného asfaltového  
krytu**

**Bc. Sabina Bůchová  
2018**

**Vedoucí bakalářské práce: Ing. Adam Konvalinka**

Prohlašuji, že jsem předkládanou diplomovou práci vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citovaných zdrojů.

V Praze 6.1.2018

.....  
Bc. Sabina Bůchová



## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

|   |               |                      |
|---|---------------|----------------------|
| Příjmení: Búchová   | Jméno: Sabina | Osobní číslo: 409730 |
| Zadávací katedra: 122 - Katedra technologie staveb            |               |                      |
| Studijní program: N3607 - Stavební inženýrství                |               |                      |
| Studijní obor: 3607T045 - Příprava, realizace a provoz staveb |               |                      |

### II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Aplikace geosyntetik pro zvýšení únosnosti porušeného asfaltového krytu

Název diplomové práce anglicky: Application geosynthetics to increase the load-bearing capacity of the damaged asphalt cover

Pokyny pro vypracování:  
Definice pojmů. Rešerše stávající nabídky geosyntetik na trhu. Definice poruch a jejich diagnostika. Možné metody a technologie oprav porušeného asfaltového krytu. Provedení laboratorních zkoušek na porušeném asfaltovém krytu a na asfaltovém krytu po opravě s použitím geosyntetik. Porovnání, vyhodnocení výsledků.

Seznam doporučené literatury:  
Ministerstvo dopravy, TP 115 Opravy trhlin na vozovkách s asfaltovým krytem  
Ministerstvo dopravy, TP 147 Užití asfaltových membrán a geosyntetik v konstrukci vozovky  
ČSN EN 12697 Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka  
ČSN 73 6160 Zkoušení asfaltových směsí

Jméno vedoucího diplomové práce:  
Ing. Adam Konvalinka

Datum zadání diplomové práce: 11.10.2017 Termín odevzdání diplomové práce: 7.1.2018  
*Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku*

Podpis vedoucího práce Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

*Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.*

Datum převzetí zadání Podpis studenta(ky)

## **Poděkování**

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu práce, panu Ing. Adamu Konvalinkovi za jeho čas strávený konzultacemi mé diplomové práce a za jeho velmi cenné podněty a připomínky. Dále bych ráda poděkovala své rodině za podporu, celé firmě STRABAG a.s. za možnost být její součástí při zpracování této práce a firmě TPA a.s. za umožnění práce v laboratořích při provádění laboratorních zkoušek.

## **Anotace**

Tato diplomová práce se zabývá problematikou poruch vozovek s asfaltovým krytem. Objasňuje jednotlivé druhy poruch a následně jejich možné opravy. Autor se zaměřuje na vyztužování vozovek s asfaltovým krytem za pomoci geosyntetik. Představuje jednotlivé druhy a jejich možnosti využití. Pro shrnutí této problematiky se autor zaměřil na konkrétní silnici, na které probíhala oprava krytu vozovky s použitím geosyntetik. V této práci je posouzen stav před samotným návrhem opravy a hodnocena je laboratorní kontrola kvality během provádění prací. Závěrem je porovnán a vyhodnocen původní stav komunikace se stavem novým.

## **Klíčová slova**

geosyntetika, trhliny, netuhá vozovka, asfaltový beton, kontrolní a zkušební plán, mechanická stabilizace, asfaltová pojiva, míra zhutnění, mezerovitost

## **Annotation**

This diploma thesis deals with problems of road faults with asphalt cover. It clarifies the types of failures and their possible repairs. The author focuses on reinforcing pavements with asphalt cover using geosynthetics. Represents individual species and their use possibilities. To summarize this issue the author focused on a particular road that was undergoing repair of the road cover using geosynthetics. In this thesis the state is assessed before the repair proposal itself and the laboratory quality control during the work is evaluated. Finally the original state of communication and the new state of communication are compared and evaluated

## **Key worlds**

geosynthetics, cracks, tilting road, asphalt concrete, control and test plan, mechanical stabilization, asphalt binders, compaction rate, gap

## **OBSAH**

|  |           |
|--|-----------|
| <b>ÚVOD</b> .....  | <b>11</b> |
| <b>1. CÍLE PRÁCE</b> .....                                 | <b>12</b> |
| <b>2. PORUCHY VOZOVEK</b> .....                            | <b>13</b> |
| 2.1. ZATŘÍDĚNÍ PORUCH NETUHÝCH VOZOVEK .....               | 16        |
| 2.1.1. ZTRÁTA PROTISMYKOVÝCH VLASTNOSTÍ.....               | 16        |
| 2.1.1.1. ZTRÁTA MAKROTEXTURY .....                         | 17        |
| 2.1.1.2. ZTRÁTA MIKROTEXTURY .....                         | 17        |
| 2.1.2. ZTRÁTA HMOTY Z KRYTU.....                           | 18        |
| 2.1.2.2. ZTRÁTA ASFALTOVÉHO TMELU.....                     | 19        |
| 2.1.2.3. HLOUBKOVÁ KOROZE.....                             | 20        |
| 2.1.2.4. VÝTLUKY .....                                     | 21        |
| 2.1.2.5. ROZPAD KONSTRUKČNÍCH VRSTEV.....                  | 21        |
| 2.1.3. TRVALÉ DEFORMACE .....                              | 21        |
| 2.1.4. TRHLINY.....  | 23        |
| 2.1.4.1. MRAZOVÉ TRHLINY .....                             | 23        |
| 2.1.4.2. REFLEXNÍ TRHLINY .....                            | 23        |
| 2.1.5. OSTATNÍ PORUCHY .....                               | 24        |
| <b>3. ASFALTOVÝ BETON, ASFALT A ASFALTOVÁ POJIVA</b> ..... | <b>25</b> |
| 3.1. ROZDĚLENÍ A ZNAČENÍ ASFALTOVÝCH BETONŮ .....          | 25        |
| 3.2. ASFALTY A ASFALTOVÁ POJIVA.....                       | 26        |
| 3.2.1. MODIFIKOVANÉ ASFALTY .....                          | 26        |
| <b>4. DIAGNOSTIKA PORUCHY</b> .....                        | <b>27</b> |
| 4.1. DIAGNOSTICKÝ PRŮZKUM .....                            | 27        |

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| 4.2.      | VOLBA UMÍSTĚNÍ VÝZTUHY .....                             | 28        |
| 4.3.      | STANOVENÍ PEVNOSTI VÝZTUHY .....                         | 29        |
| <b>5.</b> | <b>GEOSYNTETIKA.....</b>                                 | <b>30</b> |
| 5.1.      | MATERIÁLY PRO VÝROBU VÝZTUŽNÝCH PRVKŮ .....              | 32        |
| 5.1.1.    | PRUŽNÉ A POLOPRUŽNÉ MATERIÁLY.....                       | 32        |
| 5.1.1.1.  | GEOSYNTETICKÉ VÝZTUHY Z POLYMERU.....                    | 33        |
| 5.1.2.    | TUHÉ MATERIÁLY.....                                      | 33        |
| 5.1.2.1.  | GEOSYNTETICKÉ VÝZTUHY ZE SKLA .....                      | 33        |
| 5.1.3.    | ASFALTOVÁ PRUŽNÁ MEMBRÁNA (SAMI).....                    | 34        |
| 5.2.      | VLIV TEPLoty ASFALTOVÉ SMĚSI NA VÝZTUŽNÉ PRVKY .....     | 35        |
| <b>6.</b> | <b>KONTROLA A ZKOUŠENÍ.....</b>                          | <b>36</b> |
| 6.1.      | ZKOUŠKY TYPU .....                                       | 36        |
| 6.2.      | KONTROLNÍ ZKOUŠKY .....                                  | 36        |
| <b>7.</b> | <b>TECHNOLOGIE OPRAVY TRHLIN ASFALTOVÝCH KRYTŮ .....</b> | <b>37</b> |
| 7.1.      | VÝZTUŽOVÁNÍ ASFALTŮ.....                                 | 37        |
| 7.1.1.    | OŠETŘENÍ TRHLIN.....                                     | 37        |
| 7.1.2.    | OPRAVA TRHLIN .....                                      | 38        |
| 7.1.2.1.  | PŘÍPRAVA POVRCHU .....                                   | 38        |
| 7.1.2.2.  | VÝSPRAVA TRHLIN.....                                     | 38        |
| 7.1.2.3.  | SPOJOVACÍ POSTŘIK.....                                   | 39        |
| 7.1.2.4.  | POKLÁDKA VÝZTUH.....                                     | 40        |
| 7.1.2.5.  | POKLÁDKA ASFALTOVÝCH VRSTEV .....                        | 42        |
| <b>8.</b> | <b>OPRAVA SILNICE II. TŘÍDY – KLATOVY.....</b>           | <b>43</b> |
| 8.1.      | PŮVODNÍ STAV .....                                       | 44        |



|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| 8.2.     | NÁVRH NOVÉHO STAVU .....  | 47        |
| 8.3.     | POSOUZENÍ PŮVODNÍHO STAVU .....                                   | 48        |
| 8.3.1.   | TLOUŠŤKA ASFALTOVÝCH VRSTEV .....                                 | 49        |
| 8.3.2.   | SPOJENÍ ASFALTOVÝCH VRSTEV .....                                  | 49        |
| 8.3.3.   | STANOVENÍ MEZEROVITOSTI A MÍRY ZHUTNĚNÍ<br>ASFALTOVÝCH SMĚSÍ..... | 51        |
| 8.3.4.   | VLASTNOSTI ASFALTOVÉ SMĚSI .....                                  | 52        |
| 8.3.5.   | MĚŘENÍ ÚNOSNOSTI VOZOVKY .....                                    | 53        |
| 8.4.     | POSOUZENÍ NOVÉHO STAVU .....                                      | 54        |
| 8.4.1.   | ZKOUŠENÍ HUTNĚNÉ ASFALTOVÉ SMĚSI.....                             | 55        |
| 8.4.1.1. | ROZBOR ASFALTOVÉ SMĚSI.....                                       | 56        |
| 8.4.1.2. | STANOVENÍ MAXIMÁLNÍ OBJEMOVÉ HMOTNOSTI .....                      | 61        |
| 8.4.1.3. | STANOVENÍ MEZEROVITOSTI .....                                     | 63        |
| 8.4.2.   | ZKOUŠENÍ ASFALTU .....  | 64        |
| 8.4.2.1. | STANOVENÍ PENETRACE JEHLOU .....                                  | 64        |
| 8.4.2.2. | STANOVENÍ BODU MĚKNUTÍ METODOU KROUŽEK A<br>KULIČKA.....          | 65        |
| 8.4.3.   | ZKOUŠKY VÝVRTŮ .....  | 69        |
| 8.4.3.1. | TLOUŠŤKA ASFALTOVÝCH VRSTEV.....                                  | 69        |
| 8.4.3.2. | SPOJENÍ JEDNOTLIVÝCH VRSTEV .....                                 | 70        |
| 8.4.3.3. | OBJEMOVÁ HMOTNOST, MEZEROVITOST A MÍRA<br>ZHUTNĚNÍ .....          | 72        |
| 8.4.4.   | MĚŘENÍ ÚNOSNOSTI NOVÉHO POVRCHU .....                             | 74        |
| 8.5.     | POROVNÁNÍ, VYHODNOCENÍ.....                                       | 75        |
|          | <b>ZÁVĚR .....</b>  | <b>77</b> |
|          | <b>POUŽITÁ LITERATURA.....</b>                                    | <b>78</b> |

|                             |           |
|-----------------------------|-----------|
| <b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b> | <b>79</b> |
| <b>SEZNAM TABULEK .....</b> | <b>81</b> |
| <b>SEZNAM GRAFŮ.....</b>    | <b>82</b> |
| <b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>   | <b>82</b> |

## ÚVOD

Nerovnosti, výtluky, trhliny. V dnešní době nic neobvyklého při jízdě autem po pozemní komunikaci s asfaltovým, ale i cementobetonovým krytem. Každá z těchto deformací má jinou příčinu vzniku. Pomineme-li konstrukční problémy, lze věnovat pozornost i nadměrnému přetížení komunikací silniční dopravou.

Trh a obchod roste a v České Republice je velice populární vše přepravovat po silnicích. Velice málo se setkáme s železniční dopravou. Není se čemu divit. Bohužel zatím nemáme tyto cesty natolik uzpůsobené, aby se tímto směrem odlehčilo silnicím a zůstal na nich tak prostor převážně pro osobní dopravu.

Pokud se ale zaměříme na příčinu vzniku, budeme-li řešit konstrukční problémy, zjistíme, že většina místních komunikací, silnic a dálnic není konstrukčně přizpůsobená odpovídajícímu stupni dopravy a z něho vyplývajícího stupni zátěže. Podívejme se na projekty, které se snaží řešit tuto problematiku. Velice často se setkáme s návrhem na nějaký stupeň dopravního zatížení převážně těžkých nákladních automobilů, který je ale v reálné situaci daleko vyšší. Projekty neodpovídají skutečnému stavu a kvalitou provedení jsou velmi zanedbané. Špatný diagnostický průzkum s sebou nese i špatný návrh opravy. V projektu často nejsou geosyntetika ani specifikována. Lze podotknout i finanční podhodnocení projektu nebo rychle probíhající opravy a s tím související technologickou nekázeň. Kvalita výsledných prací klesá. Do toho se přidá špatné počasí. Velké mrazy a vysoké teploty působí velice špatně na celkový stav krytu. Povrch vozovky se roztahuje a smršťuje, dostává se do něj voda a nečistoty, ať už údržbou nebo provozem, tím se zanáší a probíhá vznik a rozvoj trhlin a následných deformací.

Geosyntetika řeší celou řadu poruch. Zejména eliminují trhliny a deformace krytu. Musí být však správně specifikována na základě diagnostiky poruch a také být správně instalována v závislosti na použitém typu. Jedná se o relativně levné materiály, čímž ve výsledku přináší značné úspory.

## **1. CÍLE PRÁCE**

V této diplomové práci se budu zabývat možnými poruchami krytů asfaltových vozovek a s nimi souvisejícími opravami. Zaměřím se na opravy, které se zabývají zvýšením únosnosti vozovek za pomoci geosyntetik. Uvedu reálnou stavbu porušené pozemní komunikace, kde bude probíhat kompletní výměna povrchu vozovky, které bude předcházet oprava trhlin a spár dle TP 115 a oprava širokých a rozvětvených trhlin s použitím geomříže dle TP 147. Na výsledném povrchu asfaltového betonu provedu zkoušky v laboratořích, kde zjistím, zda výsledné naměřené hodnoty odpovídají hodnotám normovým. Naměřené výsledky porovnáám a vyhodnotím.

## 2. PORUCHY VOZOVEK

Hlavní důvodem, proč se s poruchami vozovek setkáváme, je zejména značné dopravní zatížení, vliv klimatických podmínek a případně technologická nekázeň při provádění. Všechny tyto důvody mají přímý dopad na dobu životnosti vozovky. Po určité době životnosti vznikají některé poruchy vozovek zcela zákonitě, některé zase souvisí s nekvalitním provedením, špatným návrhem nebo nadměrným zatížením. Některé poruchy vznikají velmi rychle, u některých dochází k dlouhému vývoji. Máme poruchy, které vznikají pouze v krytu vozovky, jiné zase vznikají ve spodních vrstvách. Prostupují zdola k povrchu, nebo z povrchu dále do větší hloubky. Jsou také poruchy, které postihují celou konstrukci naráz. Jsou povrchy, které umíme jednoduše opravit. Některé zase znamenají takové poškození, že je nutné provést rekonstrukci celé vozovky. Nejlevnější je odstranění poruchy, která postihuje pouze povrch vozovky. Tato oprava přispívá ke zpomalování procesu snižování únosnosti. Pokud porucha vznikne na povrchu, šíří se do všech stran, v celé ploše a do hloubky. Abychom poruchy správně vyhodnotili, je znalost druhů poruch, příčin a následného vývoje velmi důležitá. Poruchy vozovek způsobuje různé namáhání.

Druhy namáhání:

- zatížení vlivem dopravy
- působení vody a mrazu
- změny teplot
- promrznutí vozovky až do podloží
- působení vzdušného kyslíku

Pokud vznikne porucha v konstrukčních vrstvách nebo v podloží, případně v zemním tělese, šíří se rychle vrstvami vozovky vzhůru až na povrch vozovky, kde dojde k jejímu znatelnému projevu, který značí poruchu konstrukce vozovky v podloží.

Rozdělení poruch z hlediska umístění:

- na povrchu
- v obrusné vrstvě
- ve vrstvách krytu

- v podkladu
- v celé vozovce
- v podloží a zemním tělese
- v odvodnění

V následující tabulce je možné vidět, jaké poruchy vznikají při určitém druhu namáhání. Lze vidět, v jaké dotčené části konstrukce vozovky nebo podloží jednotlivé poruchy vznikají, a podle toho lze tyto poruchy vlivem namáhání eliminovat.

Tabulka 1 - způsoby namáhání konstrukčních vrstev vozovky [1]

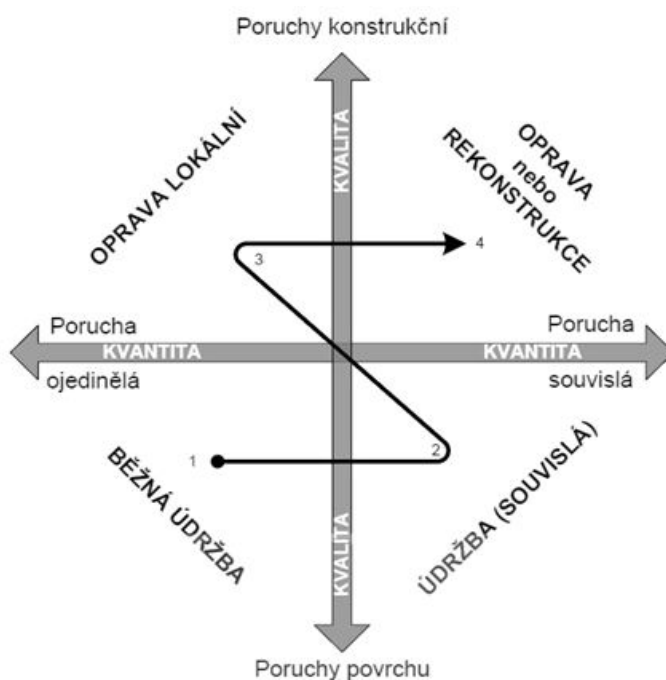
| Způsoby namáhání konstrukce vozovky | Působení namáhání   |  |   |
|-------------------------------------|---|--|---|
|                                     | Dotčená část konstrukce vozovky nebo podloží                  | Dopady způsobené namáháním   | Eliminace dopadů namáhání   |
| Dopravní zatížení                   | Všechny vrstvy  | Opakované průhyby vozovky pod tíhou jedoucích vozidel časem způsobují porušování stmelенých vrstev únavou                | Správně navržená vozovka<br>- dostatečná tloušťka vrstev<br>- únosné podloží                              |
|                                     | Podloží   | Opakované průhyby podloží pod vozovkou časem v podloží způsobují trvalé deformace  | Správně navržená vozovka<br>- dostatečná tloušťka vrstev<br>- únosné podloží (vhodný materiál, odvodnění) |
|                                     | Asfaltové vrstvy  | Tvorba trvalých deformací  | Vhodná asfaltová směs, vhodný asfalt, dostatečná mezerovitost směsi                                       |
|                                     | Cementobetonový kryt  | Vertikální posun desek - pouze u cementobetonových krytů s nevytluženými a nekotvenými spárami                           | Utěsnění spár a trhlin, kotvení desek kluznými trny   |
|                                     | Obrusná vrstva  | Ohlazování zrn kameniva a tím ztráta protismykových vlastností<br>Obrusování povrchu působením smykových napětí pod koly | Použití vhodného kameniva<br>Dodržení technologie, zejména s správné hutnění                              |
| Působení vody a mrazu               | Obrusná vrstva, při průsaku trhlinami všechny vrstvy, podloží | Postupný rozpad krytu a stmelенých podkladních vrstev, snížení únosnosti nestmelенých podkladních vrstev a podloží       | Dostatečné hutnění vrstev, utěsnění spár a ošetření trhlin  |
| Změny teplot                        | Asfaltové vrstvy  | Při velmi nízkých teplotách asfaltová směs ztrácí své viskoelastické vlastnosti a vznikají příčné a podélné trhliny      | Vyhnout se používání příliš tvrdých asfaltů   |
|                                     | Cementobetonový kryt  | Dilatační pohyby desek, které mohou vést k uvolňování těsnění spár   | Kvalitní těsnění spár   |
| Promrznutí vozovky až do podloží    | Stmelенé vrstvy   | Vznik trhlin při nepravidelném mrazovém zdvihu   | Správně navržená vozovka<br>- dostatečná tloušťka vrstev<br>- homogenní podloží                           |
|                                     | Podloží   | Pokles únosnosti podloží při tání  | Správně navržená vozovka<br>- dostatečná tloušťka vrstev<br>- nenamrzavé podloží                          |
| Působení vzdušného kyslíku          | Asfaltové vrstvy  | Oxidace asfaltového pojiva, jehož penetrace klesá, ztrácí viskoelastické vlastnosti                                      | Správně navržená vozovka<br>- dostatečná tloušťka vrstev<br>- homogenní podloží                           |

Pro správné zařídění poruch je důležité definovat pojem údržba a oprava a vymežit jejich plošný rozsah, tzn. velikost poškozené plochy.

- běžná údržba = porucha povrchu + ojedinělý výskyt
- souvislá údržba = porucha povrchu + souvislý výskyt
- lokální oprava = porucha konstrukce + ojedinělý výskyt
- souvislá oprava = porucha konstrukce + souvislý výskyt  
nebo rekonstrukce

Na následujícím obrázku je číslo vidět směr postupu obvyklého vývoje poruch a jejich následného odstraňování.

Obrázek 1 - Obvyklý způsob odstraňování poruch [2]



Pokud budeme mluvit o porušení povrchu konstrukce, tedy obrusné vrstvy, uvažujeme porušení do hloubky maximálně 30 mm. Porušení povrchu je max. do 15 mm. Větší hloubku je možné odstranit mikrokobercem nebo asfaltovým betonem pro velmi tenké vrstvy (BBTM) v max. tloušťce 30 mm. Do max. tloušťky 30 mm hovoříme o údržbě, při větších tloušťkách hovoříme již o opravě.

Důležitým faktorem pro návrh opravy a údržby je charakter vozovky (dálnice, silnice I., II., III. tříd, místní komunikace). Záleží na velikosti

zasazené plochy, technologických možnostech a také na ekonomickém hledisku. Na více zatížených komunikacích (dálnice, silnice I. tříd) je dáována přednost souvislé údržbě a souvislé opravě, kdežto na místních komunikacích, silnicích II. a III. tříd lze brát v potaz i provedení opravy a údržby lokálně. Důležité jsou také technologické možnosti a ekonomické posouzení údržby a oprav různými technologiemi.

## **2.1. Zatřídění poruch netuhých vozovek**

Každá hmota vlivem zatížení provozem, účinků klimatických podmínek a teplotních změn podléhá poškozování a porušování. Tomuto jevu nelze zcela zabránit, ale lze mu předejít výběrem vhodných materiálů a použitím správných technologií.

*Jelikož se většinou jedná o poruchy asfaltových vrstev, je třeba zdůraznit základní vlastnosti pojiva, tj. asfaltu. Vlastnosti asfaltu jsou výrazně závislé na teplotě. Při nízkých teplotách (podle druh asfaltu - při teplotě 5 °C až -10 °C) a vysokých rychlostech zatížení (pak může být teplota o 10 °C vyšší) jsou asfaltové směsi pružné. Při vysokých teplotách (podle druhu asfaltu - při teplotě 40 °C až 65 °C) a dlouhodobém zatížení (pomalé rychlosti a stání vozidel) se chová jako hustá kapalina. Dochází ke vzájemnému posunu zrn kameniva a asfaltová směs se pohybuje z míst soustředěného tlaku do míst mimo jeho působení (lze ji přirovnat k hustému těstu). Tato základní vlastnost asfaltu pak ovlivňuje chování vrstvy a následně i porušování vrstvy a celé vozovky ztrátou hmoty, trhlinami a deformacemi. [2]*

### **2.1.1. Ztráta protismykových vlastností**

Význam protismykových vlastností asfaltových povrchů vozovek chápeme, jako ztrátu smykového tření na styku povrchu vozovky a pneumatiky, tedy nejvíce při brždění nebo zrychlování a změně směru



vozidla. Čím více mají oba povrchy hrubší povrch, tím větší je účinnost smykového tření.

Rozlišujeme dva druhy ztráty protismykových vlastností:

- ztráta makrotextury
- ztráta mikrotextury

### **2.1.1.1. Ztráta makrotextury**

Vzniká na povrchu vozovky z důvodu přebytku asfaltu u nátěrů a kalových zákrytů nebo nadměrného množství asfaltu v asfaltové směsi (vystoupení tmelu). Jedná se o uzavření povrchu do hladké plochy. Nevystupují žádná zrna kameniva, povrch je hladký a kluzký.

*Obrázek 2 - Pokládka asfaltového koberce – vystoupení asfaltu*



### **2.1.1.2. Ztráta mikrotextury**

Jedná se o obroušení zrn kameniva vlivem dotyku s pneumatikami. Projevuje se hladkým, lesklým a zaobleným povrchem zrn kameniva. Lze tomu předejít při použití kameniva vyšší kvality. Jedná se o kamenivo, které není v obrusné vrstvě lehce ohladitelné.

Obrázek 3 - Povrch asfaltového krytu – ohlazení nekvalitního kameniva



### 2.1.2. Ztráta hmoty z krytu

*Spojení zrn kameniva je narušováno účinkem zatížení, působením vody, stárnutím asfaltu a drobením kameniva. Postupně tak ubývá hmoty obrusné vrstvy.*

*Nejjednodušší způsob ztráty hmoty je například uvolnění drti z nátěru nebo kalového zákrytu s vlivem na protismykové vlastnosti povrchu vozovky, olupování tenké vrstvy emulzního kalového zákrytu a rozpad zrna (měkkého, zvětřalého nebo porušeného) se vznikem kaverny.*

*U krytů asfaltových směsí se nejprve uvolňuje asfaltový tmel (směs asfaltu a kameniva do 2 mm), zvláště obsahuje-li málo pojiva a tmel je tudíž drobný, Ubýváním tmele se obnažují hrubá zrna kameniva a nejsou-li do směsi zaklíněna, vylamují se. Pokud se tento proces ponechá svému vývoji, vzniká další uvolňování zrn a ubývání vrstvy tak, až je odstraněna obrusná vrstva celá a proces pokračuje i do dalších vrstev krytu, případně podkladu, neboť tyto vrstvy jsou odolné méně než obrusné vrstvy. [2]*

#### 2.1.2.1. Ztráta kameniva z nátěru

Jedná se o uvolnění kameniva z nátěru tak, že na povrchu vozovky zůstává asfaltové pojivo, nebo dochází k obnažení povrchu vrstvy pod nátěrem. Příčinou je nepravidelný postřik, nehomogenní obrusná vrstva pod

nátěrem, znečištěné kamenivo, nízké dávkování pojiva nebo podrťování do studeného asfaltu případně do již vyštěpené asfaltové emulze.

Dochází k ovlivnění bezpečnosti silničního provozu. Působením zatížení z dopravního provozu s klimatických vlivů se místa porušení rozrůstají a často vznikají místa, kde dochází ke ztrátě protismykových vlastností povrchu vozovky.

*Obrázek 4 - Povrch asfaltového krytu – ztráta kameniva z nátěru*



#### **2.1.2.2. Ztráta asfaltového tmelu**

Při této poruše se uvolňuje asfaltový tmel, jemné částice a drobné kamenivo z prostoru do mezer mezi většími zrny kameniva. Vyznačuje se nadměrnou makrotexturou vystupujících zrn a otevřeným povrchem vozovky. Významně ovlivňuje trvanlivost krytu. Příčinou vzniku je nevhodné složení asfaltové směsi, nedostatečný obsah pojiva, vysoká mezerovitost způsobená špatným hutněním nebo špatná přilnavost asfaltu ke kamenivu.

Tato vysoká mezerovitost způsobuje pronikání vody a kyslíku do vrstev, čímž dochází ke zrychlení stárnutí asfaltového pojiva.

*Obrázek 5 - Povrch asfaltového krytu – ztráta asfaltového tmelu*



### **2.1.2.3. Hlubková koroze**

Hlubková koroze pokračuje poruchou ztráty asfaltového tmelu nebo kameniva z nátěru. Tato porucha se vyznačuje nerovnostmi na povrchu vozovky do hloubky 5-20 mm, které vznikají uvolněním asfaltové směsi. Dochází k dalšímu uvolňování kameniva do stále větší hloubky. Následkem jsou výtluky nebo možný rozpad celé obrusné vrstvy.

*Obrázek 6 - Povrch asfaltového krytu – hlubková koroze*



#### 2.1.2.4. Výtluky

Pokud se neprovede žádné ochranné opatření, dochází k výtlukům pokračováním hloubkové koroze, až nakonec dojde ke ztrátě celé hmoty celých vrstev. Výtluk často souvisí s lokálním problémem jako je nahromadění různých typů trhlin nebo oslabení. Ke vzniku přispívá provoz vozidel i klimatické podmínky. Pokud se do výtluků při nízkých teplotách dostane voda, která následně zmrzne, naruší se soudržnost asfaltové směsi.

Obrázek 7 - Povrch asfaltového krytu – výtluky na vozovce



#### 2.1.2.5. Rozpad konstrukčních vrstev

Při celoplošné tvorbě výtluků dochází ve výsledku k úplnému rozpadu konstrukčních vrstev vozovky, které postupně zaniknou.

#### 2.1.3. Trvalé deformace

*Asfaltem stmelené krytové vrstvy mají vlastnosti pojiva, které při nízkých teplotách (podle druhu asfaltu při teplotě +5 °C až -10 °C) nebo při vysokých rychlostech zatížení (pak může být teplota o 20 °C vyšší) se chová jako pevná a křehká hmota. Při teplotách vyšších (podle druhu asfaltu při teplotě +40 °C až +65 °C) a dlouhodobém zatížení se chová jako hustá*

*kapalina (přirovnání k hustému oleji je možné). Tímto pojivem je kamenivo vzájemně slepeno nebo u litých asfaltů je v tomto pojivu uloženo (plave v něm). Při nízkých teplotách a vysokých rychlostech zatížení jsou asfaltové směsi pružné a při vysokých teplotách, pomalých rychlostech a stání vozidel dochází již ke vzájemnému posunu zrn kameniva a asfaltová směs se pochybuje z míst soustředěného tlaku do míst mimo jeho působení (lze ji přirovnat k hustému těstu). [4]*

K trvalým deformacím dochází při působení vnějších vlivů:

- vysoké teploty
- stání nebo pomalá doprava
- zatížení soustředěné do jízdních stop
- velký počet zatížení

Mezi trvalé deformace lze v první řadě zařadit změny makrotextury. U asfaltových vrstev dochází jako první ke změně struktury na povrchu a pak následuje trvalé přetvoření obrusné vrstvy.

V asfaltových vrstvách dochází k:

- olamování okrajů vozovky
- nepravidelným hrbolům a poklesům (v místě brždění, rozjíždění nebo v obloucích)
- vyjetým kolejím
- prohlubním v místě stání vozidel

Obrázek 8 - Povrch asfaltového krytu – vyjeté koleje



## **2.1.4. Trhliny**

Trhliny lze jednoduše rozdělit na dva typy. A to pasivní trhliny, které reagují pouze na teplotu, ale ne na zatížení. A aktivní trhliny, které reagují na zatížení pohybem dopravy.

### **2.1.4.1. Mrazové trhliny**

Při podrobnějším rozdělení rozeznáváme pasivní trhliny otevřené shora vznikající rychlým ochlazením povrchu krytu, nazývají se mrazové. Šíří se vždy shora dolů do spodních vrstev nebo mezi dvě vrstvy. Tento problém nastává vždy při dlouhotrvajících extrémních mrazech, kdy asfaltové pojivo tuhne a asfaltová směs ztrácí své poddajné vlastnosti a praská. Vznikají malé trhlinky, které opakovanými poklesy teploty rostou do hloubky obrusné vrstvy. Pokud dosáhnou až ke spojení podkladní, nebo ložné vrstvy, naruší jejich spojení.

### **2.1.4.2. Reflexní trhliny**

Mezi další pasivní trhliny lze zařadit trhliny otevřené zdola, nebo-li reflexní. Podmínkou vzniku těchto trhlín je existence dilatačních celků pod krytem, např. staré panelové vozovky, staré rozpraskané asfaltové vozovky, rozpraskané stabilizace. Obdobně se také šíří trhliny na pracovních spárách, např. při napojení nových pásů při pokládce nebo napojení nových pásů na starý stav, nebo také nad jakoukoliv trhlinou při opravě vozovky.

Rozdělení trhlín:

- mozaikové trhliny
- síťové trhliny
- trhliny příčné
- trhliny podélné
- trhliny rozvětvené

Obrázek 9 - Povrch asfaltového krytu – mozaikové trhliny/síťové trhliny



Obrázek 10 - Povrch asfaltového krytu – trhliny podélné/příčné



### 2.1.5. Ostatní poruchy

V kombinaci s různými typy zatížení, mechanického poškozování existuje mnoho dalších poruch. Málodky se setkáme s výskytem pouze jednoho druhu poruch. Většinou se jedná o jejich kombinaci. Vždy lze ale poruchu zařadit a podle toho zvolit vhodnou údržbu nebo opravu, která přispěje alespoň na nějaký čas k lepší kondici vozovky.



### **3. ASFALTOVÝ BETON, ASFALT A ASFALTOVÁ POJIVA**

Návrh správného druhu asfaltového betonu a jeho pojiva je velice důležitý. Ze správného návrhu vychází efektivní využití a tím hospodárnost v závislosti na ceně a životnosti.

#### **3.1. Rozdělení a značení asfaltových betonů**

Vstupní materiály pro výrobu asfaltového betonu jsou kamenivo, asfaltové pojivo a další přísady. Asfaltovým pojivem může být asfalt, asfaltová emulze nebo ředěný asfalt. Kostru celé směsi vytváří kamenivo tím, že se jednotlivá zrna dotýkají a vzájemně se zaklíňují. Asfaltové pojivo tato zrna pouze stmeluje dohromady. Dokonalý návrh množství kameniva a asfaltového pojiva pro požadovanou funkci asfaltu ve vozovce vychází z charakteristických klimatických podmínek, dopravního zatížení a návrhové úrovně porušení. Asfaltové směsi vytvářené za horka obsahují z hmotnostního podílu 93-96 % kameniva a 4-7 % asfaltového pojiva. Ve ztuhnuté asfaltové směsi je kamenivo objemově zastoupeno 80-85 %, asfaltové pojivo 10-17 % a zbytek jsou mezery (3-5 %).

Podle účelu použití rozlišujeme asfaltové betony podkladní (ACP), ložné (ACL) a obrusné (ACO). Podkladní asfalt má zrnitost kameniva 16-22 mm, mezerovitost 3-9 %, obsah asfaltu je 3,7-4,3 %. Asfaltová pojiva se používají nemodifikovaná. U ložného asfaltu je zrnitost kameniva také 16-22 mm, mezerovitost 3-8 % a obsah asfaltu 4-5 %. Lze používat modifikovaná i nemodifikovaná asfaltová pojiva. Asfaltový beton obrusný má zrnitost kameniva 8-16 mm, mezerovitost 1-6 % a obsah asfaltu 5-6,5 %. Používají se modifikovaná a nemodifikovaná asfaltová pojiva.

V označování asfaltových směsí se můžeme také setkat se značkami S, +. Značení „S“ jsou směsi se zvýšenou odolností proti tvorbě trvalých deformací. Směsi s nemodifikovaným asfaltem dosahují odolnosti proti tvorbě trvalých deformací nízkým obsahem asfaltu a velmi hrubou kostrou kameniva. Tam kde se setkáváme s označením „+“, je požadována spíše odolnost proti tvorbě trhlin a výtluků. Obsahuje více pojiva než v „S“ a má

lepší zpracovatelnost. Pokud není označení blíže specifikováno (S, +) lze použít R-materiál, popřípadě trochu horší kamenivo.

### 3.2. Asfalty a asfaltová pojiva

Asfaltové pojivo pochází buď z přírodních asfaltů, ropných asfaltů nebo z modifikovaných asfaltů. Přírodní asfalty se vyskytují málo, největším zdrojem přírodních asfaltů je jezero Trinidad. Tento asfalt je příliš tvrdý, proto se nepoužívá jako pojivo do asfaltových směsí. Ropné asfalty jsou získávány destilací ropy jakožto poslední složka po vakuové destilaci. Asfaltové pojivo je možné dále upravovat např. oxidací a ovlivňovat tak jeho vlastnosti. Modifikované asfalty jsou asfalty, jejichž vlastnosti byly změněny přidáním přísad, čímž byly změněny jejich chemické nebo fyzikálně-mechanické vlastnosti

#### 3.2.1. Modifikované asfalty

Pokud se setkáme s asfalty modifikovanými asfaltovým pojivem, setkáme se s označením PmB (polymery modifikovaný asfalt). Jedná se o asfaltové pojivo, které mění vlastnosti asfaltu. Nejběžnějším typem modifikátorů jsou polymery.

*Tabulka 2 - Přehled změn vlastností asfaltů po modifikaci*

|   |  |
|---|--|
| 1 | Zlepšení odolnosti proti vzniku trvalých deformací (vyjetých kolejí, rolet apod.), větší odolnost proti vzniku trhlin a opakovanému a zvýšenému namáhání |
| 2 | Snížení hodnot stárnutí asfaltu  |
| 3 | Zvýšení přilnavosti asfaltu ke kamenivu, zvýšená odolnost proti působení vody  |
| 4 | Zvýšení teploty měknutí  |
| 5 | Snížení teploty lámavosti, odolnost proti tvoření mrazových trhlin   |
| 6 | Prodloužení životnosti konstrukce pozemní komunikace 2-2,5 krát  |
| 7 | Snížení konstrukční tloušťky vozovky   |

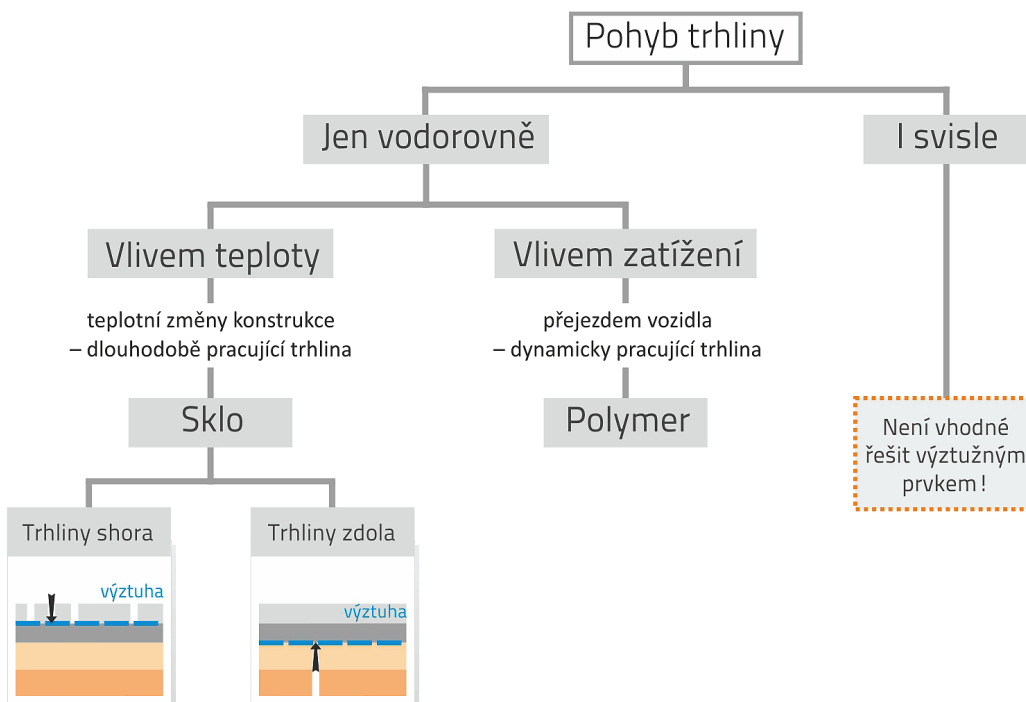
## 4. DIAGNOSTIKA PORUCHY

Pro správný návrh opravy vozovky je potřeba provést celou řadu úkonů. V první řadě je to diagnostika poruchy nezbytná pro správné určení typu poruchy. Špatné určení rovná se špatný návrh opravy, tedy špatný návrh geosyntetik. Diagnostický průzkum provádí vždy odborná firma se zkušenostmi. Po provedeném diagnostickém průzkumu pak navrhne umístění a typ a pevnost výztužné geosyntetiky.

### 4.1. Diagnostický průzkum

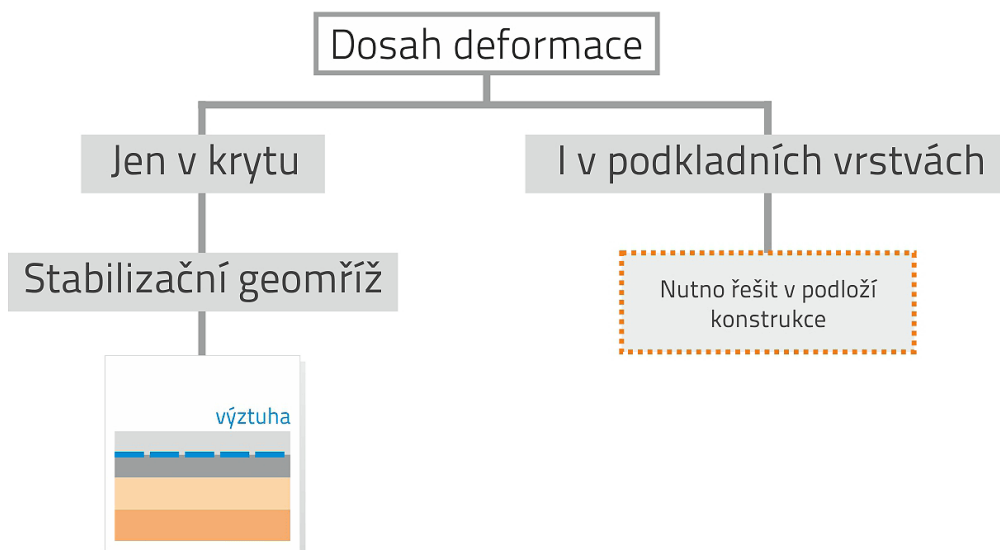
Na základě diagnostikou určeného typu poruchy můžeme zvolit odpovídající typ geosyntetické výztuhy, a to buď pro trhliny, nebo pro deformace.

Obrázek 11 - Rozhodovací diagram pro zvolení výztuhy trhlín



Podle pohybu trhlín, účinku zatížení a místě působení lze dle rozhodovacího diagramu zvolit vhodný typ výztuhy. Pokud pohyb trhliny vzniká i po svislé ose, není možné tuto poruchu řešit výztužným prvkem. Je nutné zaměřit se na tuto poruchu z pohledu celkové konstrukční opravy.

Obrázek 12 - Rozhodovací diagram pro zvolení výztuhy deformací



Pokud se jedná o výběr druhu geosyntetik při deformacích krytu, jejich výběr je jednoduchý. Jako výztuha se používá stabilizační geomříž. Pokud se deformace vyskytuje i v podkladních vrstvách je nutné řešit problém v podloží konstrukce.

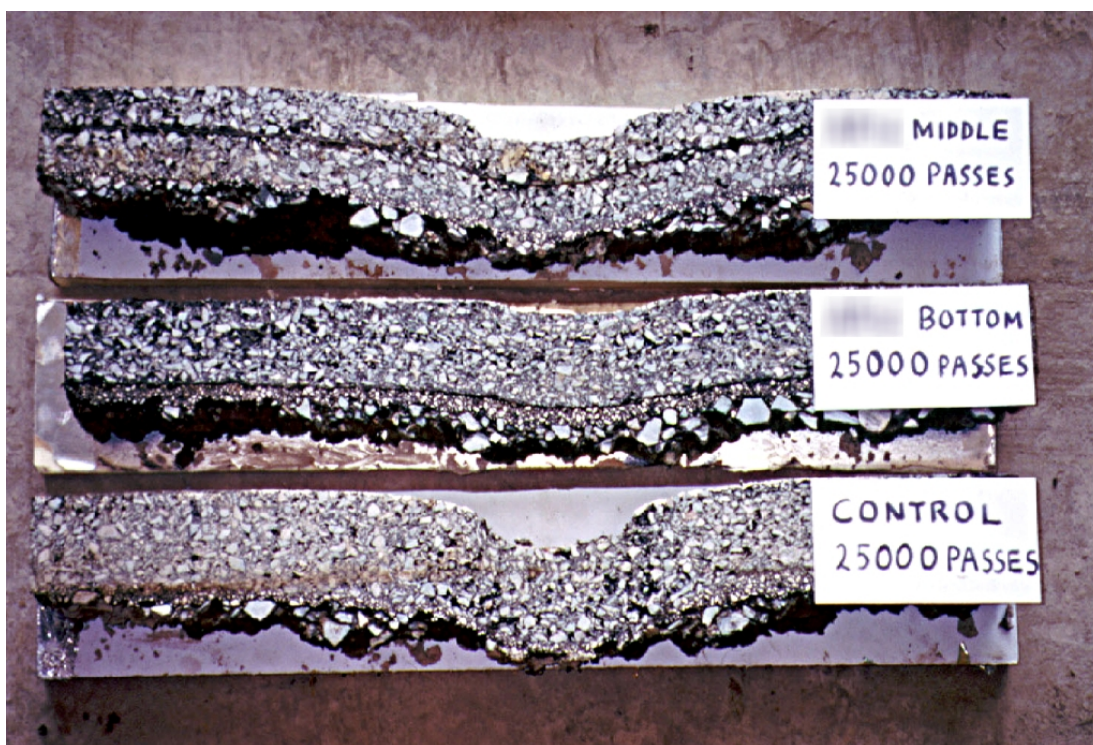
#### 4.2. Volba umístění výztuhy

Dalším kritériem pro správný návrh opravy vozovky s použitím geosyntetik je určení správné polohy výztuhy ve vozovce.

Pokud umísťujeme výztuhu do konstrukce k redukci trhlin, poloha výztuhy musí být vždy v místě vzniku trhliny. Výztuha tak brání k dalšímu rozvoji vznikající trhliny. Šíří-li se trhlina shora, výztuhu umísťujeme pod obrusnou vrstvu asfaltu. Pokud se trhlina šíří zdola, výztuhu umísťujeme pod ložnou vrstvu asfaltu, je-li to technologicky možné.

Řešíme-li polohu výztuhy při deformacích, umísťujeme vždy v místě maximálního vodorovného posunu zrn asfaltové směsi, tedy prakticky pod ložnou vrstvou asfaltu.

Obrázek 13 - Vliv polohy výztuhy na možné deformace



### 4.3. Stanovení pevnosti výztuhy

Konečnou volbou při výběru výztuhy je určení její pevnosti. Pro pevnost existují minimální požadavky definované u nás v České Republice v technických podmínkách. Zabývá se tím *TP 115 Opravy trhlin na vozovkách s asfaltovým krytem* a *TP 147 Užití asfaltových membrán a geosyntetik v konstrukci vozovky*. Uvedené předpisy obsahují tabulky s jednotlivými požadavky.

Co má být u výztuh do asfaltů specifikováno, to jednoznačně stanovuje norma EN 15381, která specifikuje požadované vlastnosti rozdělené na tři typy hodnot.

- Požadavky povinné označené H
- Požadavky nepovinné označené A
- Požadavky specifické označené S

Kromě technických parametrů musí být specifikovaný typ výrobku (mřížka, kompozit) a způsob jeho instalace.

## 5. GEOSYNTETIKA

Jak již bylo zmíněno výše, geosyntetika používáme pro vyztužování asfaltových vrstev. Tedy především při redukci trhlin, nebo-li vyztužování. Pokud pohyb trhlin vzniká i po svislé ose, není možné tuto poruchu řešit výztužným prvkem. Je nutné zaměřit se na poruchu z pohledu celkové konstrukční opravy. Geosyntetika používáme také pro redukci příčných deformací asfaltových vrstev, nebo-li stabilizaci. Pokud se deformace vyskytuje i v podkladních vrstvách, je nutné řešit problém v podloží konstrukce. Jedná se o problém, který musí být řešen rozsáhlejší rekonstrukcí konstrukce, nikoliv geosyntetiky.

Základním rozdílem, mezi výztužnou a stabilizační funkcí je princip fungování geosyntetik. U výztužné funkce je rozhodujícím faktorem pevnost výrobku, který při aktivaci přebírá tahové síly vznikající v asfaltové vrstvě. Oproti tomu v případě stabilizační funkce není rozhodující pevnost, ale schopnost daného výrobku zabránit pohybu zrn v obalované směsi.

*Tabulka 3 - Základní rozdíly mezi výztužnou a stabilizační funkcí*

|  | Výztužná funkce                                       | Stabilizační funkce   |
|--|---|---|
| Popis funkce                               | Přenos tahových sil vznikajících v asfaltové vrstvě   | Redukce horizontálních pohybů zrn na bázi asfaltové vrstvy            |
| Mechanismus působení                       | Tření na kontaktu výztužného prvku a asfaltové vrstvy | Zazubení (zaklínění) zrn asfaltové směsi do otvorů prvku              |
| Požadované fyzikálně-mechanické vlastnosti | Vysoká pevnost v oblasti malých protažení (do 3%)     | Nejsou požadovány, pevnost prvku není směrodatná                      |
| Požadované konstrukční vlastnosti          | Nejsou pro správnou funkčnost rozhodující             | Tvar, tuhost a tloušťka žebra, stálost otvoru geomříže, pevnost spoje |
| Výrobní surovina                           | Sklo (ve zvláštních případech polypropylen)           | Polypropylen  |
| Typ řešené poruchy                         | <b>Trhliny</b>  | <b>Příčné deformace</b>   |

Pokud řešíme výběr geosyntetik z důvodu zabránění šíření trhlin, předpokládáme jejich pohyb pouze po vodorovné ose. Pohyb trhlin po svislé ose geosyntetiky neřešíme. Je nutné zaměřit se, jakým vlivem trhliny vzniká. Buď to může být působení teploty nebo zatížení. Působí-li na trhlínu teplotní změny, můžeme říci, že je to dlouhodobě pracující trhlína. Trhliny mění svou šířku v závislosti na teplotě a dochází k působení velkých sil na výztuhy.

Maxima je pak dosaženo v zimním období při teplotách pod bodem mrazu. Materiál, ze kterého se výztužný prvek pro zabránění šíření trhlin nejčastěji vyrábí je sklo. Kromě skla se jako surovina pro tyto výztuhy používá také i plast.

Pro výběr geosyntetik z důvodu příčných deformací asfaltových vrstev se zaměřujeme na to, zda-li zasahují deformace do krytu vozovky, případně do stmelených asfaltových konstrukčních vrstev vozovky. Pokud se deformace povrchu vozovky, způsobené opakovaným zatížením, projevují pouze ve stmelených vrstvách, lze problém řešit umístěním vhodné výztuhy. Vzhledem k tomu, že mechanismus tohoto problému má řadu shodných prvků se stabilizací nestmelených konstrukčních vrstev, musí i výztuha vykazovat vlastnosti podobné nejúčinnějším výztuhám nestmelených vrstev. Polohu výztuhy je nutno volit v místě největšího předpokládaného vodorovného posuvu jednotlivých zrn obalované směsi. Přenášejí-li se deformace povrchu vozovky, způsobené opakovaným zatížením až do nestmelených vrstev vozovky, není vhodné problém řešit výztužením asfaltových vrstev. V tomto případě je hlavní příčinou poruchy nedostatečná únosnost nestmelených vrstev nebo podloží. Řešením může být stabilizace konstrukce monolitickou geomříží. Tato výztuha umožní zvýšené zatížení nestmelené konstrukční vrstvy beze změny tloušťky nebo kvality materiálu.

*Tabulka 4 - Volba výztuhy s ohledem na typ poruchy*

| Typ poruchy        |                          | Funkce výrobku                 |   | Surovina |
|--------------------|--------------------------|--------------------------------|---|----------|
| Pasivní<br>trhliny | Mrazové                  | Výztužná                       | Výztužný prvek zlepšuje tahové vlastnosti asfaltové vrstvy  | Sklo     |
|                    | Reflexní                 |                                |   |          |
|                    | Na pracovních<br>sparách |                                |   |          |
|                    | Mozaikové                | Nelze řešit pomocí geosyntetik | Nekvalitně provedené asfaltové souvrství, nelze řešit problém kvality spojení asfaltových vrstev                                | –        |
| Aktivní<br>trhliny | Se svislým pohybem       | Nelze řešit pomocí geosyntetik | Neexistuje výztužný prvek do asfaltového souvrství zabraňující svislým pohybům v konstrukci                                     | –        |
|                    | S vodorovným pohybem     | Výztužná                       | Výztužný prvek zlepšuje tahové vlastnosti asfaltové vrstvy a je současně tak pružný, aby odolal cyklickému dynamickému namáhání | PP       |
|                    | S kombinovaným pohybem   | Nelze řešit pomocí geosyntetik | Neexistuje výztužný prvek do asfaltového souvrství zabraňující svislým pohybům v konstrukci                                     | –        |
| Příčné deformace   | Vyjeté koleje            | Stabilizační                   | Stabilizační prvek redukující horizontální deformace na bázi stabilizované vrstvy   | PP       |

## **5.1. Materiály pro výrobu výztužných prvků**

Výrobky pro vyztužení asfaltových vrstev se vyrábějí z několika druhů surovin, které předem určují jejich chování v konstrukci a tím velice výrazně ovlivňují i vhodnost jejich použití. Nejčastějšími surovinami, které se používají jsou ocel, sklo, polyester a polypropylen. Rozdíl mezi výrobky z těchto surovin jsou v mechanických vlastnostech. Pro vyztužování vozovek je nejdůležitější vlastností přenést co nejvyšší zatížení při co nejmenší deformaci. Pro redukci příčných deformací, nám surovina, ze které je výrobek vyroben předurčuje technologii výroby, následně pak strukturu samotného prvku. Struktura je pro tuto aplikaci vzhledem k účinnosti rozhodující. Pro eliminaci vyjížděných kolejí se používají pouze mříže či kompozity z polypropylenu. Pro maximální účinnost je rozhodující stálost a stabilita tvaru oka mříže, tloušťka a tuhost žebra, pevnost spoje a jeho torzní tuhost.

Použitelnost výztužných a stabilizačních výrobků v asfaltových vrstvách je podmíněna dlouhodobým chováním po jejich instalaci. Vlastní chování výztužného prvku je pak nejvíce ovlivněno fyzikálně-mechanickými vlastnostmi základních materiálů použitých při jejich výrobě. Nejběžnějším dělením vyhovujícím účelu použití těchto prvků je dělení na výrobní materiály pružné, polopružné a tuhé.

### **5.1.1. Pružné a polopružné materiály**

Pružné materiály používané pro výrobu prvků k výrobě asfaltů jsou především polyolefiny, nejčastěji polypropylen (PP). Tyto prvky dosahují řádově vyšších protažení pro dosažení požadovaných pevností. Díky své pružnosti však výrobky z polypropylenu nejlépe odolávají dynamickým účinkům.

Polopružné materiály používané pro výrobu výrobků určených do asfaltových vrstev se nejčastěji setkáváme s polyesterem (PET) a polyvinylalkoholem (PVA). Oba tyto materiály jsou výrazně tužší než polyolefiny, zejména polyvinylalkohol obsahuje relativně nízkých hodnot tažnosti.



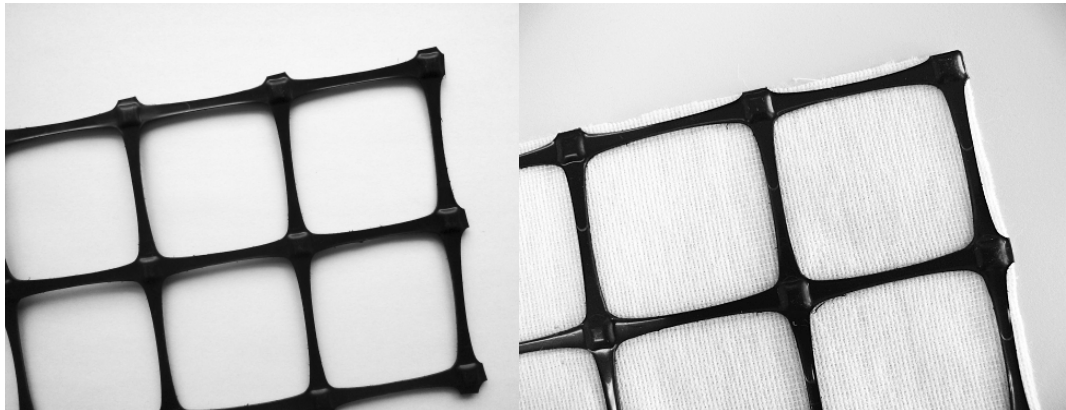
### 5.1.1.1. Geosyntetické výztuhy z polymeru

Geosyntetické výztuhy z polymeru jsou charakteristické vysokou odolností proti únavě. Minimální krycí tloušťka je 40 – 70 mm. Recyklace je spolu s asfaltovým povrchem, rozpustí se.

Varianty geosyntetických výztuh z polymeru:

- Polymerní mřížka potažená bitumenem
- Polymerní mřížka čistá na tenké (instalační) geotextilii
- Polymerní mřížka čistá na silné (instalační) geotextilii

Obrázek 14 - Geosyntetické výztuhy z polymeru



### 5.1.2. Tuhé materiály

K tuhým materiálům řadíme sklo, respektive skelná vlákna a také ocel. Oba materiály vykazují vysoké pevnosti, a to především v oblasti malých protaženích do 3 %, respektive protaženích v konstrukci reálně vznikajících. Ocel je v současné době materiálem uplatňujícím se jen zřídka vzhledem k nemožnosti její recyklace.

#### 5.1.2.1. Geosyntetické výztuhy ze skla

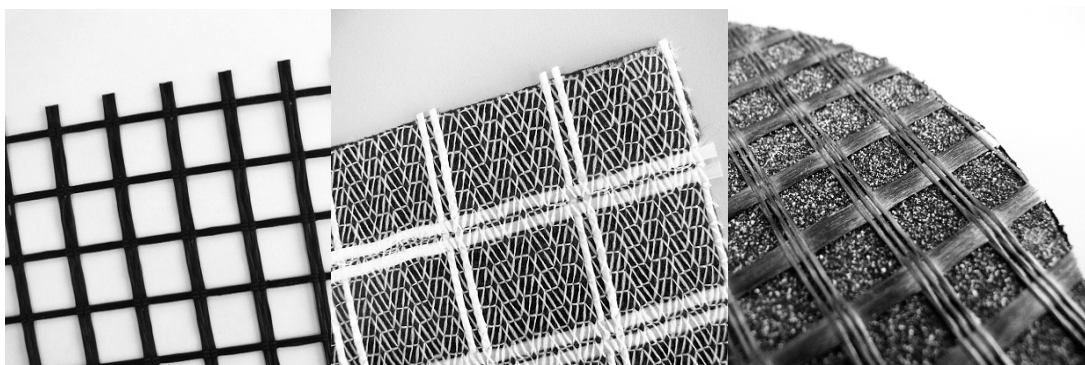
Tyto výztuhy se vyznačují vysokou pružností a rychlým nárůstem tuhosti podobně jako u oceli. Pro výrobu se používá výhradně sklo typu E

(pružné sklo). Minimální krycí tloušťka je 40 mm. Recyklace probíhá společně s asfaltovým povrchem.

Variety geosyntetických výztuh ze skla:

- Skelná mřížka potažená bitumenem
- Skelná mřížka potažená bitumenem s lepící vrstvou
- Skelná mřížka čistá na tenké (instalační) geotextilii
- Skelná mřížka čistá na silné (instalační) geotextilii
- Skelná mřížka v bitumenovém pásu

Obrázek 15 - Geosyntetické výztuhy ze skla



### 5.1.3. Asfaltová pružná membrána (SAMI)

SAMI membrána, je asfaltová pružná membrána odvozená od anglického názvu *Stress Absorbing Membrane Interlayer*. Je to tenká vrstva z modifikovaného asfaltu vložená mezi dvě vrstvy vozovky. Membrána obě vrstvy spojuje, a také umožňuje do určité míry jejich nezávislý pohyb. Tím dojde k omezení přenosu napětí a zejména ke kompenzaci vodorovných pohybů spodní vrstvy na trhlinách nebo spárách. Součástí membrány může být výztužná vložka. [5]

Tato vrstva má vlastnosti, které redukuje napětí a současně také tvoří zábranu proti pronikání vody do spodních vrstev vozovky. Geotextilie, která má nižší gramáž plní pouze instalační funkci vozovky.

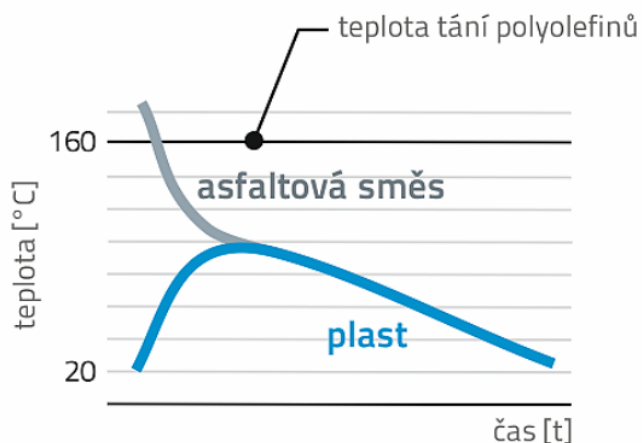
Skladba a použitý materiál se navrhuje dle charakteru příčné trhliny, četnosti výskytu trhlin, polohy membrány v konstrukci vozovky, intenzity dopravy a dalších okolností specifikovaných v TP 115.

Při volbě výztužného prvku v kombinaci se SAMI vrstvou je výrazně zvýšena životnost asfaltového krytu.

## 5.2. Vliv teploty asfaltové směsi na výztužné prvky

Výztužné prvky z polypropylenu a polyolefinu odolávají teplotám okolo 150 až 160 °C, což při pokládce čerstvé asfaltové směsi přímo na výztuhu může způsobit rozměrové změny a následné výrazné snížení vlastní výztužné funkce. Bod měknutí výztuhy je nižší než běžná teplota čerstvé asfaltové směsi. Při pokládce asfaltové směsi však dochází ke styku s chladným povrchem, kde je výztužný prvek. Proto dochází k rychlému ochlazení. Testováním bylo ověřeno, že teplota směsi v momentě styku nepřesáhne kritických 160 °C. Výrobky ze skla odolávají teplotám okolo 1000 °C, tedy teplotám výrazně vyšším.

Graf 1 - Graf závislosti teploty a času na tání výztuhy



## **6. KONTROLA A ZKOUŠENÍ**

Pro dosažení požadovaných vlastností stavebních materiálů a očekávané kvality prováděných prací je potřeba provádět požadované zkoušky. Ověření probíhá pomocí průkazních a kontrolních zkoušek.

### **6.1. Zkoušky typu**

Průkazní zkoušky, nebo také nazývané zkoušky typu jsou zkoušky, kterými ověřujeme všechny technické požadavky dle technické dokumentace, např. prohlášení o shodě doplněné doklady splnění dalších parametrů požadovaných příslušnými ČSN EN, ČSN, TP. Platnost zkoušky je 5 let, pokud nedojde ke změnám ve složení.

U asfaltových směsí definují zkoušky typu jejich složení a vlastnosti, které jsou nutné pro kontrolu kvality výroby a pokládky. Provádějí se buď v laboratořích, nebo ve výrobě.

Mezi počáteční zkoušky typu asfaltových směsí patří:

- složení a podíl kameniva, asfaltu a pojiva
- zrnitostní složení kameniva a fileru
- jednotlivé vlastnosti – např. mezerovitost kameniva, celkový obsah pojiva, max. objemová hmotnost směsi

### **6.2. Kontrolní zkoušky**

Kontrolní zkoušky jsou zkoušky, kterými se ověřuje shoda vlastností hmot s průkazními zkouškami a se stanovenými požadavky. Četnost a druh prováděných zkoušek pro jednotlivé technologie oprav jsou stanoveny v příslušných TP. Četnost zkoušek vychází z objemu výroby.

## 7. TECHNOLOGIE OPRAVY TRHLIN ASFALTOVÝCH KRYTŮ

Před zahájením opravy je nutné zpracování technologického předpisu zhotovitelem (TePř), který obsahuje popis prováděných prací a používané materiály. Tento předpis se následně předloží objednateli ke schválení. Vyhotovení předpisu se řídí požadavky *TP 115 Opravy trhlin na vozovkách s asfaltovým krytem* a dalších souvisejících norem, předpisů a pokynů výrobců materiálů.

### 7.1. Vyztužování asfaltů

Samotná oprava vozovky porušené trhlinami s sebou nese několik systematicky jdoucích úkonů:

- Ošetření trhlin
- Oprava trhlin
  - o Příprava povrchu
  - o Výsprava trhlin
  - o Pokládka výztuh
  - o Pokládka asfaltových vrstev

#### 7.1.1. Ošetření trhlin

Pokud chceme zabránit rozšiřování poruch v oblasti trhlin, je nutné, abychom ihned po vzniku trhliny utěsnili a zamezili tak průniku srážkové vody a kamínků, zeminy, prachu do konstrukce vozovky a jejího podloží.

*Trhliny se profrézují drážkovací frérou nebo kotoučovou pilou tak, aby vznikla komůrka o rozměrech 10-30 mm a hloubky 25-40 mm v závislosti na šířce původní trhliny. Komůrka se vyčistí rotačním ocelovým kartáčem nebo stlačeným vzduchem a provede se penetračně adhezní nátěr svislých stěn trhliny. Takto vyčištěné a upravené trhliny se ihned zalijí pružnou zálivkovou hmotou za horka pomocí zalévacího strojního zařízení, které musí být opatřeno nepřímým ohřevem, termostatickou regulací teploty a mícháním. Zálivková hmota musí vyplnit prostor upravené drážky bez dutin a pórů. Při*

*přelití je nutné přebytečné množství záливkové hmoty odstranit. Práce nesmí být prováděny za vlhka a teplot nižších než 0 °C. [5]*

### **7.1.2. Oprava trhlin**

V případě, že se vyskytnou trhliny značně porušené, tedy trhliny s šířkou více jak 25 mm, trhliny na pracovních spárách s porušením a/nebo mozaikové trhliny s porušením, je nezbytné přistoupit k opravě. Účelem opravy je zamezení opětovného vzniku nebo prokopírování trhlin na povrch vozovky.

Podle výsledku diagnostického průzkumu se přistupuje k vhodnému návrhu opravy. Důležité je také rozhodnutí, zda se bude jednat o opravu pouze porušené plochy, nebo o obnovu části vozovky s asfaltovým krytem.

#### **7.1.2.1. Příprava povrchu**

První činností pro opravu trhlin je zpravidla odfrézování stávajícího povrchu. Frézováním vzniknou na povrchu drážky, které je nutné přebrousit tak, aby vznikl hladký povrch. Pokud by zůstaly na povrchu drážky hluboké a široké, následně by při pokládce výztuhy vzniklo nedostatečné spojení s podkladem.

Broušením dosáhneme lepší kvality povrchu, dojde ke sražení nerovností po frézování, ostrých hran. Vyfrézovaný povrch obsahuje trhliny, které je nutné opravit.

#### **7.1.2.2. Výsprava trhlin**

Před samotnou pokládkou výztuhy se musí trhlina upravit podle šířky trhlin jedním z následujících způsobů:

- *pomocí kotouče nebo frézky se trhlina prořízne, vyčistí, v případě nutnosti předtěsní, svislé stěny se opatří penetračně adhezním nátěrem a vytvořené komůrky se zalijí pružnou asfaltovou záливkovou hmotou,*

- pomocí horkovzdušného zařízení se trhlina vyčistí, nahřeje a následně zalije pružnou asfaltovou záливkovou hmotou,
- po obou stranách trhliny se provede řez do hloubky 40 až 60 mm tak, aby vznikla komůrka šířky 40 až 80 mm, po vybourání asfaltové směsi se vzniklá komůrka vyčistí ocelovým rotačním kartáčem nebo horkovzdušným agregátem nebo stlačeným vzduchem, v případě, že trhlina v ložní vrstvě je širší než 10 mm provede se její předtěsnění vhodným materiálem, na svislé stěny komůrky se provede penetračně adhezní nátěr, takto připravená komůrka se vyplní modifikovanou asfaltovou hmotou za horka po vrstvách cca 10 mm s prosypáním horkým kamenivem frakce 4/8, resp. 8/11 mm, směs asfaltové hmoty a kameniva musí vyplnit prostor komůrky bez dutin a pórů, povrch směsi se podrtí kamenivem frakce 2/4 (2/5) mm do nivelety přilehlé vozovky [5]

Obrázek 16 - Výsrava trhlín – proříznutí a zalití asfaltovou záливkou



### 7.1.2.3. Spojovací postřík

Před pokládkou výztuh, musí být na povrchu aplikován spojovací postřík. U spojovacího postříku je důležitý návrh složení a množství.

Dávkování závisí na charakteru povrchu. Jemný povrch potřebuje méně postříku, hrubý povrch s dutinami více postříku. Závisí také na druhu

výztuhy, tloušťce geotextilie, na její retenční schopnosti. Pokud se bude výztuha pokládat na sucho a na samolepku, aplikujeme méně postříku. Pokud budeme používat geotextilii, aby proběhlo dokonalé spojení s podkladem, aplikujeme více postříku – geotextilie emulzi nasákne.

*Obrázek 17 - Aplikace spojovacího postříku – hodně/málo*



#### **7.1.2.4. Pokládka výztuh**

Technologické kroky pokládky se váží na druh výztuhy. Možné druhy výztuhy:

- Mřížka bez úpravy pokládaná na sucho
- Mřížka se samolepící vrstvou pokládaná na samolepící vrstvu
- Mřížka s geotextilií pokládaná do emulze

Na připravený povrch, na který je v případě potřeby nanesen spojovací postřík se natáhne výztuha. Pokud se natahuje ručně, je nutné, aby probíhala neustálá kontrola napětí, nesmí vznikat vlny. Na koncích, ale i ploše se musí výztuha přichytit k podkladu, např. aby se nezvedala před finišerem. Spojování pásů je z českých předpisů nejasné. Některé se spojují dotykem, některé přesahem. Doporučuje se přesah 10 cm. Pokud pokládáme mřížku na sucho, přesahy se doporučují dodatečně přistřílet.

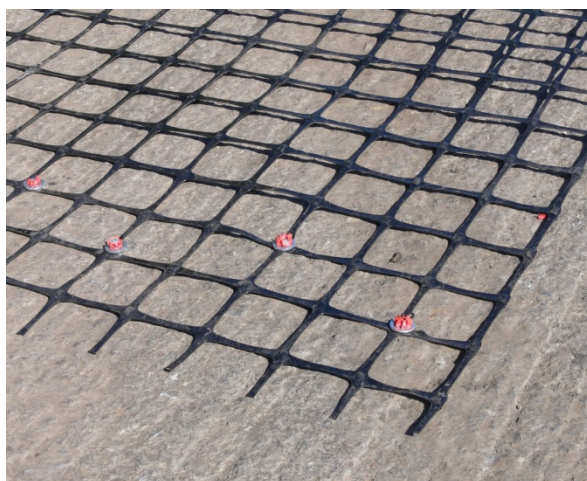
Mřížka, která se pokládá na samolepící vrstvu, se musí po rozvinutí okamžitě přitlačit. Poté pokud je vyžadováno, provádí se odtrhová zkouška.



Tato zkouška se provádí na ploše 1 m<sup>2</sup>. Odolnost proti odtrhu musí být větší než 9 kg.

Pokládáme-li výztuhu do emulze, je nutné řádné natažení, položení a dostatečné přitlačení. Spojování se řeší přesahem 10 cm. Na spodní pás se nanese extra postřík, horní pás se přiloží a přitlačí. Opět se doporučuje přichycení hřebíky. Na položené výztuhy se nanese postřík pro spojení s novou asfaltovou vrstvou.

*Obrázek 18 - Přichycení výztuhy k podkladu*



Při pokládání výztužného prvku je také velice důležitá poloha umístění.

Poloha umístění výztuhy pro redukci trhlin vychází z typu trhliny, respektive v místě jejího vzniku. Výztuhu pokládáme mezi dvě asfaltové vrstvy co nejbližší k místě vzniku poruchy. Brání se tak dalšímu rozvoji vznikající trhliny. Pokud máme trhliny šířené shora, pokládáme výztuhu pod obrusnou vrstvu. Pokud máme trhliny šířené zdola, pokládáme výztuhu pod ložnou vrstvu. Při ukládání musí být dodržena i minimální krycí vrstva prvku doporučená výrobcem (nejčastěji min. 50 mm). Důležité je také umístění výztuhy vzhledem k tloušťce asfaltových vrstev. Z hlediska účinnosti by tato vzdálenost neměla být větší než 150 mm od povrchu.

Poloha umístění výztužného prvku se stabilizační funkcí je také mezi dvěma asfaltovými vrstvami. Pokládá se prakticky pod ložnou vrstvu v místě

maximálního posunu zrn asphaltové směsi. Výztuha by se však neměla pokládat hlouběji než 150 mm od povrchu.

#### **7.1.2.5. Pokládka asphaltových vrstev**

Při pokládce nových asphaltových vrstev je důležité věnovat zvýšenou pozornost jejich zhutnění a dodržení příslušných požadavků z hlediska rovnosti.

Pokud je výztuha nedostatečně přichycena k podkladu, tvoří se vlny před finišerem. Pokud vznikají velké vlny, je nutné spoj přerušit. Při pokládce asphaltových vrstev může dojít i k nadzdvížení výztuhy. Dochází ke zhoršení funkce.

*Obrázek 19 - Pokládka asphaltových vrstev – tvorba vln/nadzdvížení výztuhy*



Největší zátěž, pro nově položenou výztuhu jsou vozidla vezoucí asphaltovou směs a následný pojezd finišeru. Vozidla musí vykonávat pomalý plynulý pohyb, bez prudké akcelerace a prudkého brždění.

## 8. OPRAVA SILNICE II. TŘÍDY – KLATOVY

V Plzeňském kraji v katastrálním území Klatovy se nachází silně poškozená silnice II. třídy v extravilánu v délce cca 2 670 m. Vzhledem ke špatnému stavu povrchu silnice bylo rozhodnuto o provedení opravy. Před samotným vytvořením projektu proběhlo místní šetření, kterým byly zjištěny poruchy vozovky: vysprávkky, ztráta asfaltového tmelu, hloubková koroze, vyjeté koleje, podélné trhliny, podélné rozvětvené trhliny, mozaikové trhliny, olamování okrajů vozovky, podélné poklesy okrajů vozovky, výtluky, zvýšená nezpevněná krajnice, zanesení příkopů, plošné deformace, hrby, místní poklesy. Příčinami poruch je únava a stárí asfaltových vrstev a nedostatečná únosnost okrajů vozovky, která se projevuje olamováním a poklesem okrajů vozovky.

Intenzita dopravy v daném úseku je podle sčítání dopravy z roku 2010 159 nákladních vozidel za 24 hodin a celková intenzita dopravy je 1504 vozidel za 24 hodin.

V rámci posouzení stavu vozovky byly provedeny 4 vývrty asfaltových vrstev s rozbory směsí ložné a podkladní vrstvy. Tloušťky asfaltových vrstev se pohybovaly okolo 89-140 mm a byly položeny ve 2-3 vrstvách. Spojení ložní a podkladní vrstvy vyhovovala ve všech hodnocených případech. Směs ložní vrstvy byla z hlediska zhutnění vyhovující ve 2 ze 3 hodnocených případů. Směs svým složením neodpovídala normové směsi a měla velmi nízký obsah asfaltu. Vzhledem k těmto skutečnostem nebylo možné ponechat tuto vrstvu ve vozovce.

Obrázek 20 - Zájmové území



## 8.1. Původní stav

Posouzení původního stavu bylo provedeno pomocí zjednodušeného diagnostického průzkumu asfaltových vrstev vozovky. Byly provedeny 4 vývrty a rozbory asfaltových směsí ložní a podkladní vrstvy. Dále proběhla vizuální prohlídka stavu komunikace. Vzhledem k zamýšlené opravě nebyl diagnostický postup plně v souladu s TP 87, nebylo požadováno měření únosnosti.

Na zkoumaném úseku jsou 2 hlavní příčiny vzniku výše uvedených poruch. Je to únava asfaltem stmelených vrstev. Ta vznikla vlivem stárí a ztrátou původních vlastností asfaltového pojiva a má za následek snížení odolnosti vrstev proti účinkům zatížení a klimatických vlivů. Projevuje se vznikem trhlin, vyjetých kolejí a lokálním rozpadem asfaltových vrstev. Druhou příčinou je nedostatečná únosnost v místech podélných poklesů na okrajích vozovky způsobená nedostatečnými podkladními vrstvami pod ní a v některých úsecích i nefunkčním odvodněním tělesa komunikace.

*Obrázek 21 - Pohled na poškozenou vozovku*



Obrázek 22 - Pohled na poškozenou vozovku



Obrázek 23 - Pokles okraje vozovky



*Obrázek 24 - Ztráta tmele z nátěru*



*Obrázek 25 - Příčná trhлина*



## 8.2. Návrh nového stavu

Návrh technologie opravy vozovky vychází z provedených průzkumných prací. Je navržena technologie s frézováním v proměnné průměrné tloušťce 73 mm. Tloušťka frézování je proměnná pro vyrovnání příčného sklonu. Po odfrézování byl posouzen stav vozovky a následně upraven rozsah lokálních oprav a úprav případných trhlin dle konkrétního stavu.

V místech poruch a potřebného navýšení vozovky v místech deformací jsou navrženy vyrovnávky ze směsi ACP 16+ 50/70 v tloušťce průměrně 50 mm. V místech rozsáhlejších lokálních poruch je navržena hloubková oprava (sanace) s odfrézováním cca 50 mm a položením vrstvy z ACP 16+ 50/70 v tl. 50 mm. Na tuto vrstvu je navržena sklovláknitá geomříž. Dále je navržena ložná a obrusná vrstva.

Plošná technologie oprav je navržena ve složení:

- obrusná vrstva z asfaltového betonu ACO 11S PmB 45/80-55 tl. 50 mm
- spojovací postřík PS-EP 0,25 kg/m<sup>2</sup>
- ložní vrstva z modif. asf. betonu ACL 22S PmB 25/55-60 tl. 70 mm
- výztužný geokompozit ze skelných vláken
- spojovací postřík modif. emulzí v množství zbytkového asfaltu 0,4 kg/m<sup>2</sup>
- očištění povrchu
- frézování stávajících asfaltových vrstev v proměnné tloušťce

---

CELKEM

tl. 120 mm

V místě neúnosných míst (podélných poklesů) je navržena buď rozšiřovací rýha nebo v případě nemožnosti jejího provedení alespoň použití geomříže dle TP 147 a předpisu jeho výrobce (splétaná skelná geomříž s min. pevností 100 kN).

V místě neúnosných krajů vozovky je navržena rozšiřovací rýha se zpevněním krajnic ve složení:

- obrusná vrstva z asfaltového betonu ACO 11S PMB 45/80-55 tl. 50 mm
- spojovací postřík PS-EP 0,25 kg/m<sup>2</sup>
- ložní vrstva z modif. asf. betonu ACL 22S PMB 25/55-60 tl. 70 mm
- výztužný geokompozit ze skelných vláken
- spojovací postřík modif. emulzí v množství zbytkového asfaltu 0,4 kg/m<sup>2</sup>
- podkladní vrstva z asfaltového betonu ACP 16 + 50/70 tl. 50 mm
- podkladní vrstva ŠDa zhutněná min. na 100 MPa tl. 150 mm
- ochranná vrstva ŠDa zhutněná min. na 70 MPa tl. 150 mm
- očištění povrchu
- zemní pláň z vhodné nebo upravené zeminy zhutněné min. na 45 MPa

---

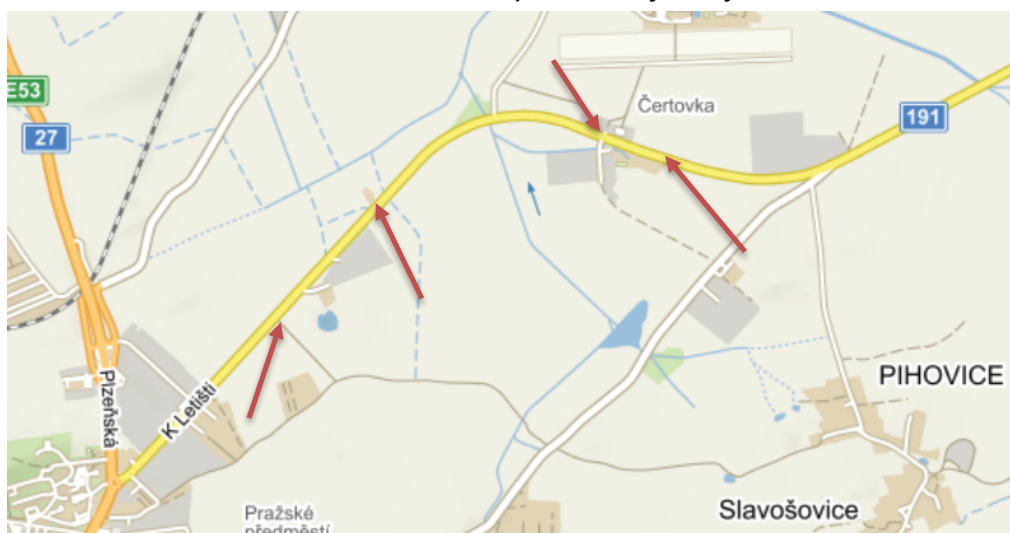
CELKEM

tl. 470 mm

### 8.3. Posouzení původního stavu

V posuzovaném úseku byly provedeny 4 vývrty, na kterých se posuzovaly tloušťky asfaltových vrstev, spojení vrstev, složení asfaltové směsi ložné, mezerovitost asfaltových směsí a míra zhutnění a mezerovitost asfaltových vrstev. Zkoušky byly prováděny v laboratořích dle prováděcích norem a vyhodnoceny dle norem vyhodnocovacích.

Obrázek 26 -Místa provedených vývrů





Měřením únosnosti bylo zjištěno, že stávající konstrukce vozovky vykazuje zatížitelnost 262 TNV/24 v obou směrech pro zbytkovou dobu životnosti 20 let.

### 8.3.1. Tloušťka asfaltových vrstev

Stanovení tloušťky asfaltových vrstev u jednotlivých vývrtů probíhalo podle ČSN EN 12697-36, čl. 1. Vzhledem k nedostatečným informacím, o které asfaltové směsi se jednalo, nebylo možné posoudit minimální tloušťky jednotlivých vrstev dle ČSN EN 73 6121.

*Tabulka 5 - Stanovení tloušťky vrstev*

|  | vývrt č. 1 | vývrt č. 2 | vývrt č. 3 | vývrt č. 4 |
|--|------------|------------|------------|------------|
| <b>staničení [km]</b>                        | 0,500      | 0,900      | 1,800      | 2,150      |
| <b>vzdálenost od osy [m]</b>                 | P 1,5      | L 1,7      | P 1,6      | L 1,6      |
| <b>tloušťka asfaltové vrstvy celkem [mm]</b> | 133        | 140        | 128        | 89         |
| <b>obrusná vrstva [mm]</b>                   | 36         | 44         | 38         | 49         |
| <b>ložná vrstva [mm]</b>                     | -          | 40         | 60         | -          |
| <b>podkladní vrstva [mm]</b>                 | 97         | 56         | 30         | 40         |

Vývrty bylo zjištěno, že tloušťky asfaltových vrstev se pohybují od 89 do 140 mm ve 2 až 3 vrstvách. Nejistota měření byla stanovena na tloušťku vrstvy  $U = \pm 1,1$  mm.

### 8.3.2. Spojení asfaltových vrstev

Stanovení spojení jednotlivých vrstev probíhalo dle ČSN EN 12697-29 smykovou zkouškou podle prof. Leutnera (SBT). Měření probíhalo na

vývrtech o průměru cca 150 mm při teplotě cca 20 °C. Určuje se největší dosažená smyková síla  $F_{max}$ .

Požadované parametry jsou v ČSN EN 6121 v tabulce 15. U vývrťů průměru 150 mm je požadovaná minimální smyková síla spojení vrstev mezi obrusnou – ložní a obrusnou – podkladní vrstvou 15,0 kN. U ložní – podkladní vrstvy je požadována minimální smyková pevnost 12,0 kN. Smyková síla musí působit ve směru jízdy.

*Tabulka 6 - Zkouška smykové pevnosti*

| číslo<br>vývrťu | Smyková síla spojení vrstev [kN] |                   |                              |                          |                   |                    |
|-----------------|----------------------------------|-------------------|------------------------------|--------------------------|-------------------|--------------------|
|                 | obrusná - ložní                  |                   |                              | ložní - podkladní        |                   |                    |
|                 | průměr<br>vývrťu<br>[mm]         | požadavek<br>[kN] | skutečnost<br>$F_{max}$ [kN] | průměr<br>vývrťu<br>[mm] | požadavek<br>[kN] | skutečnost<br>[kN] |
| 1               | 148,4                            | min. 15           | 31,61 <sup>(1)</sup>         | -                        | min. 12           | -                  |
| 2               | 148,3                            | min. 15           | 31,54                        | 148,4                    | min. 12           | 29,14              |
| 3               | 148,3                            | min. 15           | 50,00                        | 148,4                    | min. 12           | 16,52              |
| 4               | 148,4                            | min. 15           | 17,65 <sup>(1)</sup>         | -                        | min. 12           | -                  |

<sup>(1)</sup> – měřeno mezi obrusnou a podkladní vrstvou

*Tabulka 7 - Stanovení spojení vrstev*

|                           |                      | vývrť č. 1         | vývrť č. 2 | vývrť č. 3 | vývrť č. 4         |
|---------------------------|----------------------|--------------------|------------|------------|--------------------|
| <b>spojení<br/>vrstev</b> | obrusná -<br>ložní   | ano <sup>(1)</sup> | ano        | ano        | ano <sup>(1)</sup> |
|                           | ložní -<br>podkladní | -                  | ano        | ano        | -                  |

<sup>(1)</sup> – měřeno mezi obrusnou a podkladní vrstvou

Spojení obrusné a podkladní, respektive ložní a podkladní vrstvy vyhovují požadavku ČSN EN 73 6121 ve všech 6 hodnocených případech.

### 8.3.3. Stanovení mezerovitosti a míry zhutnění asfaltových směsí

Zkouška byla provedena podle ČSN EN 12697-6, postup B a ČSN EN 12697-8, čl. č. Měřena byla objemová hmotnost vývrtu, objemová hmotnost zkušebních těles, míra zhutnění, maximální objemová hmotnost a mezerovitost vrstvy.

Tabulka 8 - Naměřené hodnoty ložní a podkladní vrstvy

| Konstrukční vrstva | Zjištěné hodnoty                               | vývrt č. 1 | vývrt č. 2 | vývrt č. 3 | vývrt č. 4   |
|--------------------|--|------------|------------|------------|--------------|
| <b>LOŽNÍ</b>       | obj. hmotnost vývrtu [Mg/m <sup>3</sup> ]      |            | 2,474      | 2,329      |              |
|                    | obj. hmotnost zkuš. těles [Mg/m <sup>3</sup> ] |            | 2,430      | 2,430      |              |
|                    | míra zhutnění [%]                              |            | 101,8      | 95,8       |              |
|                    | max. objemová hmotnost [Mg/m <sup>3</sup> ]    |            | 2,617      | 2,617      |              |
|                    | mezerovitost vrstvy [%]                        |            | 5,5        | 11,0       |              |
| <b>PODKLADNÍ</b>   | obj. hmotnost vývrtu [Mg/m <sup>3</sup> ]      | 2,424      |            |            | vývrt praskl |
|                    | obj. hmotnost zkuš. těles [Mg/m <sup>3</sup> ] | 2,430      |            |            |              |
|                    | míra zhutnění [%]                              | 99,8       |            |            |              |
|                    | max. objemová hmotnost [Mg/m <sup>3</sup> ]    | 2,617      |            |            |              |
|                    | mezerovitost vrstvy [%]                        | 7,4        |            |            |              |

Míra zhutnění ložní, respektive podkladní vrstvy byla vyhovující ve 2 případech ze 3 hodnocených (95,8 % oproti požadavku min. 96 %).

Mezerovitost vrstvy byla překročena v 1 případě ze 3 hodnocených (11,0 % oproti požadavku 2,5 – 8,5 %). Míru zhutnění a mezerovitost u vývrtu č. 4 nebylo možné zjistit, protože vrstva se při zkoušce spojení vrstev rozpadla.

### 8.3.4. Vlastnosti asfaltové směsi

Pro stanovení vlastností a zařídění asfaltové směsi, byla zvolena asfaltová směs ložné vrstvy. Zkouška byla provedena dle ČSN EN 12697-2. Složení směsi bylo porovnáno s vyhodnocovací normou ČSN EN 13108-1.

Tabulka 9 - Naměřené hodnoty a porovnání dle normy

| Složení směsi dle ČSN EN 13108-1 [% hm] |        |        |        |        |              |        | skutečnost  |
|---|--------|--------|--------|--------|--------------|--------|-------------|
| Síto / Typ směsi                        | S      |        | +      |        | bez označení |        |             |
|   | 16 S   | 22 S   | 16 +   | 22 +   | 16           | 22     |             |
| 31,5                                    | -      | 100    | -      | 100    | -            | 100    |             |
| 22,4                                    | 100    | 90-100 | 100    | 90-100 | 100          | 90-100 |             |
| 16                                      | 90-100 | 72-84  | 90-100 | 70-95  | 90-100       | 70-95  | <b>100</b>  |
| 11                                      | -      | -      | -      | -      | -            | -      | <b>97</b>   |
| 8                                       | 52-72  | 48-62  | 52-80  | 46-72  | 52-80        | 46-72  | <b>87</b>   |
| 4                                       | 34-54  | -      | 31-61  | -      | 31-61        | -      | <b>63</b>   |
| 2                                       | 24-40  | 24-36  | 20-45  | 18-43  | 20-45        | 18-43  | <b>46</b>   |
| 1                                       | -      | -      | -      | -      | -            | -      | <b>33</b>   |
| 0,5                                     | -      | -      | -      | -      | -            | -      | <b>25</b>   |
| 0,25                                    | -      | -      | -      | -      | -            | -      | <b>18</b>   |
| 0,125                                   | 5-13   | 4-12   | 4-16   | 4-15   | 4-16         | 4-15   | <b>13</b>   |
| 0,063                                   | 4-10   | 3-9    | 3-10   | 3-9    | 3-10         | 3-9    | <b>10,1</b> |
| Obsah rozpust. pojiva                   | >4,2   | >4,0   | >4,2   | >4,0   | >4,2         | >4,0   | <b>5,6</b>  |

Směs vrstvy svým složením neodpovídá žádné normové směsi a má velmi nízký obsah asfaltu. Složením se blíží směsi ACL 16 (ACL 16+). Vzhledem ke složení nebylo možno ponechat tuto vrstvu ve vozovce.

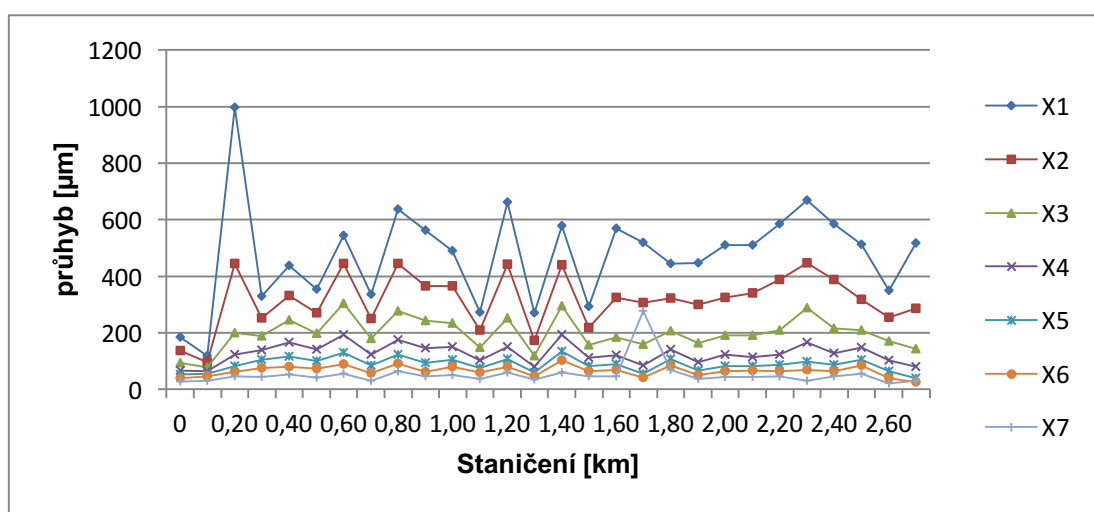
### 8.3.5. Měření únosnosti vozovky

Měření únosnosti vozovky bylo provedeno na základě měření rázovým zařízením – deflektometrem RODOS 10001. Měření probíhalo dle normy ČSN 73 6192.

Princip měření spočívá v pádu závaží o určité hmotnosti z určité výšky na kruhovou segmentovou zatěžovací desku o průměru 300 mm tak, aby dynamický ráz vyvolaný pádem závaží odpovídal účinku přejezdu kola návrhové nápravy rychlostí 50-70 km/h. Průhyby jsou zaznamenávány na 7 snímačích zatěžovací desky, jejichž umístění je ve vzdálenostech 0,300, 600, 900, 1200, 1500 a 2100 mm od středu zatěžovací desky. Měření bylo prováděno v každém jízdním pruhu po vzdálenosti 100 m.

Naměřené hodnoty průhybů jsou uvedeny v příloze č. 1. Průběh průhybů zaznamenaných na všech sedmi snímačích sledovaných úseků je pro ilustraci znázorněn v grafické podobě.

Graf 2 - Průběh průhybů ve směru staničení



V grafu jsou vykresleny průběhy průhybů. Lze usuzovat, ve které konstrukční vrstvě se realizují největší průhyby. Průhyb X1 charakterizuje

chování krytových vrstev na celém sledovaném úseku, průhyb X6 charakterizuje chování podloží.

Pomocí zpětného výpočtu se z naměřených hodnot průhybů počítačovým programem vypočítávají moduly pružnosti jednotlivých konstrukčních vrstev vozovky v teplotních podmínkách zjištěných při měření. Tyto hodnoty jsou uvedeny v příloze 2. Vypočtené hodnoty rázových modulů pružnosti jsou dále vstupními veličinami analytického návrhu konstrukce vozovky. Výstupem je počet maximálního počtu přejezdů návrhových náprav, které odpovídají vypočteným deformačním charakteristikám. Z tohoto zatížení se určí hledaná životnost v letech.

Tabulka 10- Výpočet životnosti vozovky

| poměrné protažení na spodním líci asfaltem stmelených vrstev - $\epsilon_t$<br>svislé poměrné přetvoření na povrchu podloží - $\epsilon_z$ |                               |     |                 |            |             |                  |               |
|--|-------------------------------|-----|-----------------|------------|-------------|------------------|---------------|
| Úsek   | Poměrné přetvoření [1.10E-06] |     | $N_{max}$ [mil] | TNV/24 hod | N [mil/rok] | Životnost [roky] | Zesílení [mm] |
| Silnice II. třídy<br>- Klatovy   | $\epsilon_t$                  | 445 | 0,016597        | 262        | 0,02654     | 0,6              | 80            |
|  | $\epsilon_z$                  | 575 | 0,046778        |            |             | 1,8              | 90            |

Hodnocený úsek vykazuje prakticky vyčerpanou dobu životnosti pro stávající dopravní zatížení 262 TNV/24 hod v obou směrech a vyžaduje zesílení 90 mm asfaltovým betonem. Vzhledem k vypočtenému zesílení, které nelze realizovat zvýšením nivelety a proto je navržena rekonstrukce vozovky.

#### 8.4. Posouzení nového stavu

V průběhu realizace nového asfaltového krytu probíhalo provádění jednotlivých kontrolních zkoušek, které byly prováděné v laboratořích. Jednalo se o zkoušky hutněné asfaltové směsi, asfaltového pojiva a

posuzovány byly i vývrty. Na výsledném povrchu byla prováděna zkouška únosnosti.

Zkoušky hutněné asfaltové směsi:

- zrnitost kameniva
- celkový obsah pojiva
- max. objemová hmotnost směsi
- průměrná objemová hmotnost zrn kameniva
- objemová hmotnost MT
- mezerovitost  $V_m$
- mezerovitost kameniva
- stupeň vyplnění mezer
- objem pojiva

Zkoušky asfaltu:

- penetrace
- bod měknutí

Zkoušky vývrtů

- tloušťky vrstev
- smyková síla spojení vrstev
- objemová hmotnost
- míra zhutnění
- mezerovitost

Jednotlivé zkoušky byly prováděny dle uvedených prováděcích norem a následně vyhodnoceny dle norem vyhodnocovacích. Každá zkouška byla řádně zaznamenána a vyhodnocena.

#### **8.4.1. Zkoušení hutněné asfaltové směsi**

Prováděny byly kontrolní zkoušky hutněné asfaltové směsi. Asfaltová směs byla odebrána z obalovny, při nakládce na nákladní automobil, který následně obalovanou asfaltovou směs vezl na místo stavby. Vzorky se odebírají asi 100 mm pod povrchem z různých míst co nejvíce od sebe

vzdálených. Vzorky se odebírají do papírových sáčků, které se následně co nejdříve dodají do laboratoře. Přesný popis odběru vzorku je popsán v normě ČSN EN 12697-27 část 27 - Odběr vzorků.

Zkoušena byla čerstvá směs asfaltového betonu pro podkladní vrstvy (ACP 16+ 50/70), ložné vrstvy (ACL 22S PmB 25/55-60) a obrusné vrstvy (ACO 11S PmB 45/80-55).

#### 8.4.1.1. Rozbor asfaltové směsi

Jako první probíhal rozbor asfaltové směsi. Část odebrané asfaltové směsi jsme rozehráli, navážili určitou hmotnost dle normy (polovina z horního síta kameniva – ACL 22 = 1100g) a vložili do válcové nádoby, kterou jsme následně uložili do analyzátoru. V analyzátoru probíhá rozklad směsi. Analyzátor funguje na principu pračky, kde za pomoci rozpouštědla (nejčastěji se používá perchloretylen nebo trichloretylen) dojde k oddělení pojiva a zbydou pouze minerální složky, což je kamenivo a filer. Na zbylém kamenivu jsme provedli zkoušky zrnitosti. Z původní hmotnosti a hmotnosti zbylého kameniva lze vypočítat obsah zbylého pojiva.

Obrázek 27 - Pohled na analyzátor



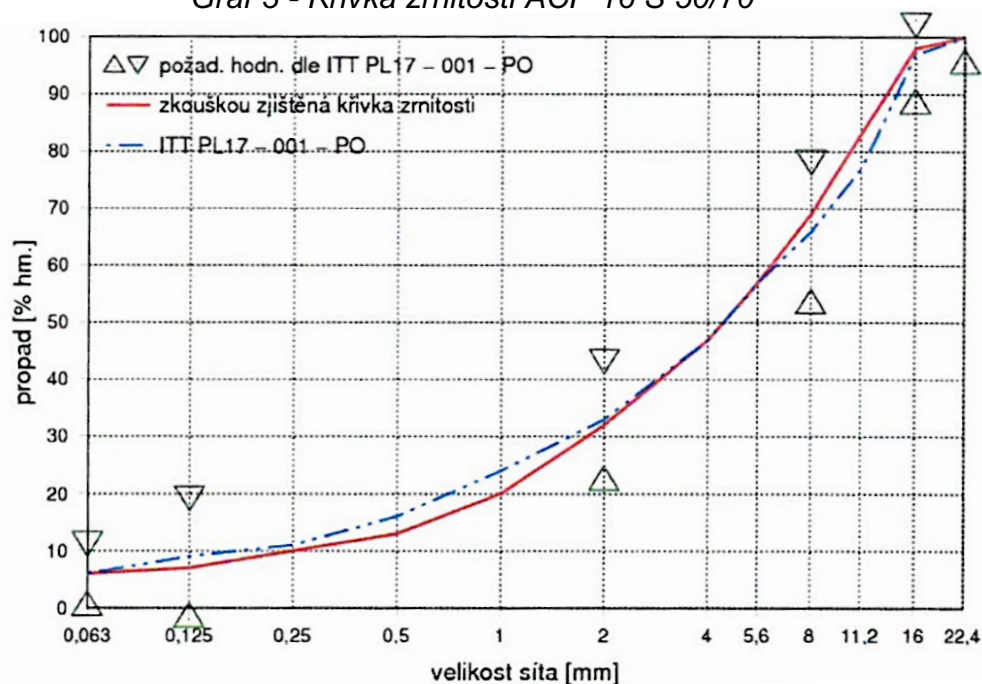


Zkouška zrnitosti kameniva probíhala dle ČSN EN 12697-2 v automatickém síti. Po roztřídění byly jednotlivé frakce naváženy a podle toho byla sestavena zrnitostní křivka, která se následně porovnála se zkouškou typu (ITT). Z výsledné křivky zrnitosti je pak vidět, zda-li byla splněna zrnitost konkrétní asfaltové směsi.

Tabulka 11 - Síťový rozbor ACP 16 S 50/70 a porovnání s ITT

| mm    | propad [%] | požad. hodnoty dle ITT |           |
|-------|------------|------------------------|-----------|
| 22,4  | <b>100</b> | 100                    | ≥98       |
| 16,0  | <b>98</b>  | 97                     | ≥91       |
| 11,2  | <b>83</b>  | 77                     | -         |
| 8,0   | <b>69</b>  | 66                     | 56 - 76   |
| 5,6   | <b>57</b>  | 57                     | -         |
| 4,0   | <b>47</b>  | 47                     | -         |
| 2,0   | <b>32</b>  | 33                     | 25 - 41   |
| 1,0   | <b>20</b>  | 24                     | -         |
| 0,5   | <b>13</b>  | 16                     | -         |
| 0,25  | <b>10</b>  | 11                     | -         |
| 0,125 | <b>7</b>   | 9                      | 1 - 17    |
| 0,063 | <b>6,2</b> | 6,9                    | 3,9 - 9,9 |

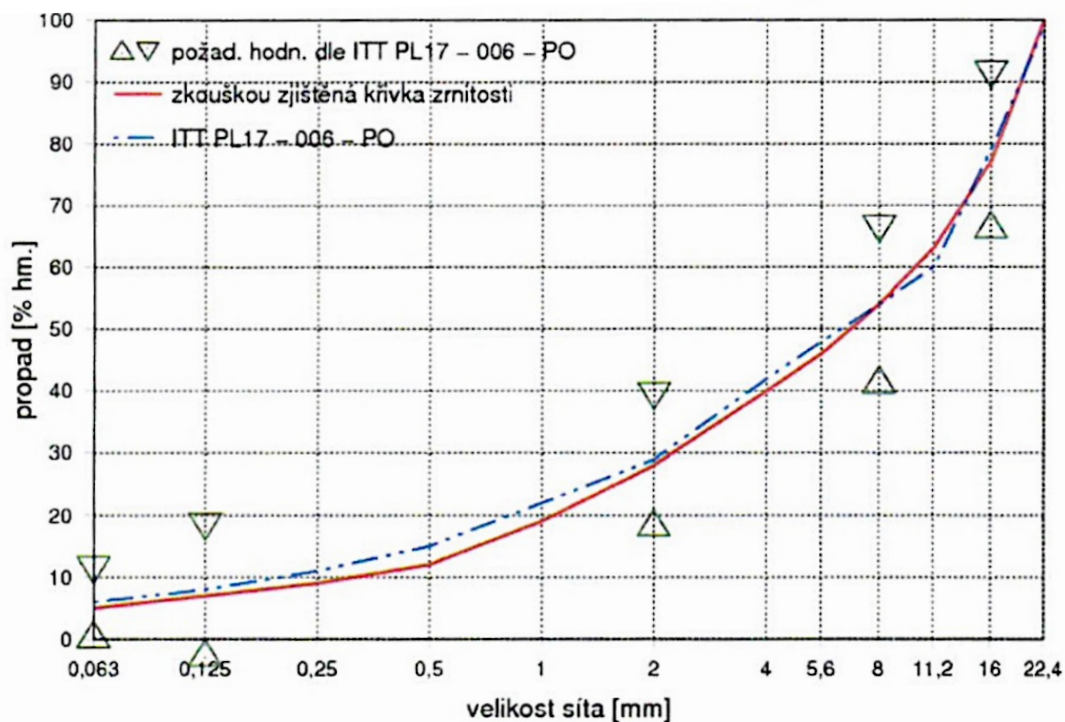
Graf 3 - Křivka zrnitosti ACP 16 S 50/70



Tabulka 12 - Síťový rozbor ACL 16 S PmB 25/55-60 v porovnání s ITT

| mm    | propad [%] | požad. hodnoty dle ITT |           |
|-------|------------|------------------------|-----------|
|       |            |                        |           |
| 31,5  | <b>100</b> | 100                    | ≥98       |
| 22,4  | <b>100</b> | 99                     | -         |
| 16,0  | <b>77</b>  | 79                     | 69 - 89   |
| 11,2  | <b>63</b>  | 60                     | -         |
| 8,0   | <b>54</b>  | 54                     | 44 - 64   |
| 5,6   | <b>46</b>  | 48                     | -         |
| 4,0   | <b>40</b>  | 42                     | -         |
| 2,0   | <b>28</b>  | 29                     | 21 - 37   |
| 1,0   | <b>19</b>  | 22                     | -         |
| 0,5   | <b>12</b>  | 15                     | -         |
| 0,25  | <b>9</b>   | 11                     | -         |
| 0,125 | <b>7</b>   | 8                      | ≤16       |
| 0,063 | <b>5,7</b> | 6,3                    | 3,3 - 9,3 |

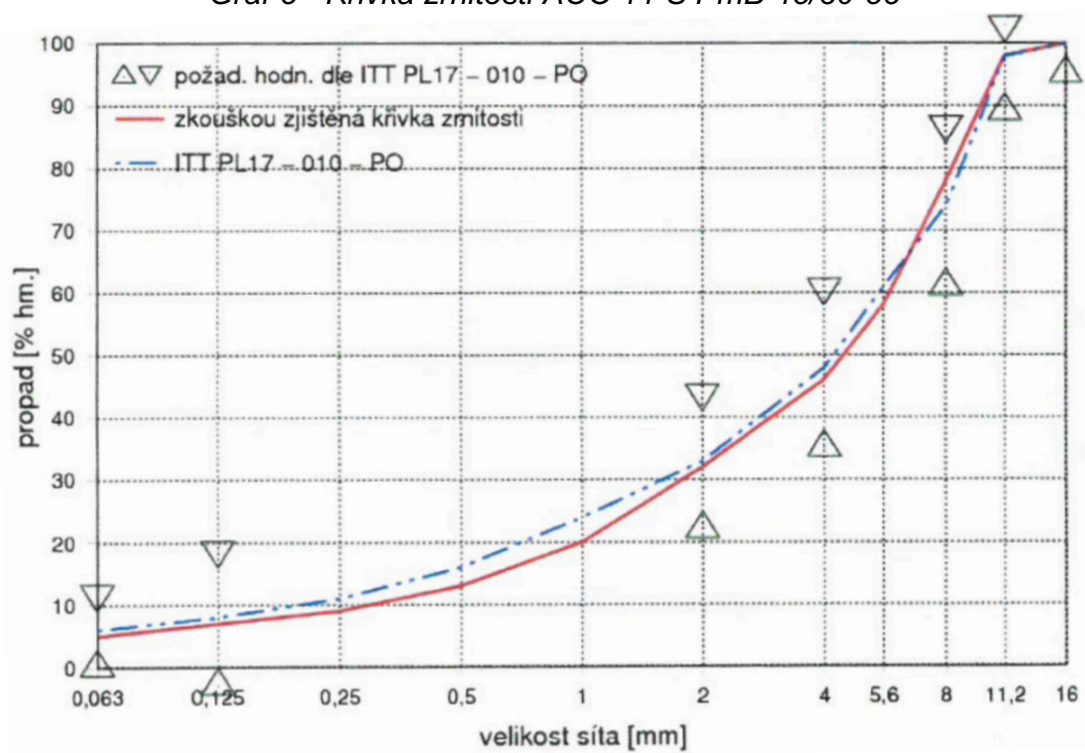
Graf 4 - Křivka zrnitosti ACL 22 S PmB 25/55-60



Tabulka 13 - Sítový rozbor ACO 11 S PmB 45/80-55 v porovnání s ITT

| mm    | propad [%] | požad. hodnoty dle ITT |           |
|-------|------------|------------------------|-----------|
| 16,0  | <b>100</b> | 100                    | ≥98       |
| 11,2  | <b>98</b>  | 98                     | ≥92       |
| 8,0   | <b>78</b>  | 74                     | 64 - 84   |
| 5,6   | <b>58</b>  | 61                     | -         |
| 4,0   | <b>46</b>  | 48                     | 38 - 58   |
| 2,0   | <b>32</b>  | 33                     | 25 - 41   |
| 1,0   | <b>20</b>  | 24                     | -         |
| 0,5   | <b>13</b>  | 16                     | -         |
| 0,25  | <b>9</b>   | 11                     | -         |
| 0,125 | <b>7</b>   | 8                      | ≤16       |
| 0,063 | <b>5,8</b> | 6,6                    | 3,6 - 9,6 |

Graf 5 - Křivka zrnitosti ACO 11 S PmB 45/80-55



Podle vykreslených křivek jsme zjistili, že všechny tři směsi odpovídají průkazným zkouškám konkrétních asfaltových vrstev. Výsledné hodnoty se

pohybují v požadovaném rozmezí hodnot. Lze tedy konstatovat, že složení asfaltových směsí bylo splněno.

Tabulka 14 - Množství pojiva

| vlastnost                    | symbol           | zk. norma / metoda                    | výsledek    | jednotka | zkouška typu (ITT) |                            |
|------------------------------|------------------|---------------------------------------|-------------|----------|--------------------|----------------------------|
|                              |                  |                                       |             |          | hodnoty ITT        | meze pro kontrolní zkoušky |
| <b>ACP 16+ 50/70</b>         |                  |                                       |             |          |                    |                            |
| obsah rozpustného pojiva     | S                | ČSN EN 12697-1                        | <b>4,2</b>  | % hm     | 4,3                | 3,8 - 4,8                  |
| celkový obsah pojiva         | B                | výpočet dle ČSN 73 6121 (čl. C.7.1 b) | <b>4,3</b>  | % hm     | 4,4                | -                          |
| objem pojiva                 | B <sub>vol</sub> | výpočet                               | <b>10,8</b> | % hm     | 11,0               | -                          |
| filer / asfalt               |                  | výpočet                               | <b>1,4</b>  |          | 1,6                | -                          |
| <b>ACL 22 S PmB 25/55-60</b> |                  |                                       |             |          |                    |                            |
| obsah rozpustného pojiva     | S                | ČSN EN 12697-1                        | <b>4,1</b>  | % hm     | 4,1                | 3,5 - 4,7                  |
| celkový obsah pojiva         | B                | výpočet dle ČSN 73 6121 (čl. C.7.1 b) | <b>4,2</b>  | % hm     | 4,2                | -                          |
| objem pojiva                 | B <sub>vol</sub> | výpočet                               | <b>10,7</b> | % hm     | 10,8               | -                          |
| filer / asfalt               |                  | výpočet                               | <b>1,4</b>  |          | 1,5                | -                          |
| <b>ACO 11 S PmB 45/80-55</b> |                  |                                       |             |          |                    |                            |
| obsah rozpustného pojiva     | S                | ČSN EN 12697-1                        | <b>5,4</b>  | % hm     | 5,4                | 4,9 - 5,9                  |
| celkový obsah pojiva         | B                | výpočet dle ČSN 73 6121 (čl. C.7.1 b) | <b>5,5</b>  | % hm     | 5,5                | -                          |
| objem pojiva                 | B <sub>vol</sub> | výpočet                               | <b>14,0</b> | % hm     | 14,1               | -                          |
| filer / asfalt               |                  | výpočet                               | <b>1,1</b>  |          | 1,2                | -                          |

Obsah asfaltového pojiva v jednotlivých směsích je v porovnání se zkouškami typu ve shodě. Lze konstatovat, že obsah asfaltového pojiva byl splněn dle předepsaných hodnot.

#### 8.4.1.2. Stanovení maximální objemové hmotnosti

Tato zkouška probíhala podle normy ČSN EN 12697-5. Jedná se o stanovení maximální objemové hmotnosti asfaltové směsi. Jedná se o objemovou hmotnost vztaženou pouze k objemu kameniva a pojiva. Vzorek asfaltové směsi jsme rozeřáli na zhruba 80°C a rozložili na plech. Směs jsme se snažili rozdělit na zrna kameniva tak, aby nezůstávaly na plechu shluky. Tuto rozdrobenou směs jsme nasypali do pyknometru o známém objemu a známé hmotnosti. Pyknometr se směsí jsme zvážili a poté dolili destilovanou vodou. Vše jsme důkladně zamíchali a snažili jsme se vytlačit přebytečné vzduchové bubliny. Poté jsme pyknometr vložili do vakuometru, který za pomoci kompresoru vysál zbylé vzduchové bubliny. Tlak kompresoru se ustálí až na hodnotu  $\pm 22-24$  mBar po dobu 15 minut. Po ukončení jsme pyknometr dolili až po rysku a zaznamenala se hmotnost.

Obrázek 28 - Pyknometr se směsí bez vzduchových bublin



Druhým způsobem, jak určit objemovou hmotnost je z vyrobených zkušebních těles. Tato tělesa získáme zhutněním vzorku asfaltové směsi 2x75 údery v rázovém zhutňovači (Marshallův pěkch). Vyrobené zkušební vzorky zvážíme a následně je ponoříme do vody na 30 minut. Ve vodě pomocí váhy je opět zvážíme a hodnotu zaznamenáme. Po vyjmutí vzorků

z vody je povrchově osušíme a opět zvážíme. Poté provedeme výpočet dle ČSN EN 12697-6.

*Tabulka 15 - Hodnoty maximální objemové hmotnosti směsi*

| vlastnost                           | symbol        | zk. norma / metoda       | výsledek     | jednotka          | hodnoty ITT |
|-------------------------------------|---------------|--------------------------|--------------|-------------------|-------------|
| <b>ACP 16+ 50/70</b>                |               |                          |              |                   |             |
| max. obj. hmotnost směsi            | $\rho_{mv}$   | ČSN EN 12697-5, metoda A | <b>2,719</b> | Mg/m <sup>3</sup> | 2,728       |
| průměrná obj. hmotnost zrn kameniva | $\rho_a$      | výpočet                  | <b>2,939</b> | Mg/m <sup>3</sup> | 3,004       |
| objemová hmotnost MT                | $\rho_{bssd}$ | ČSN EN 12697-6, metoda B | <b>2,554</b> | Mg/m <sup>3</sup> | 2,561       |
| <b>ACL 22 S PmB 25/55-60</b>        |               |                          |              |                   |             |
| max. obj. hmotnost směsi            | $\rho_{mv}$   | ČSN EN 12697-5, metoda A | <b>2,751</b> | Mg/m <sup>3</sup> | 2,754       |
| průměrná obj. hmotnost zrn kameniva | $\rho_a$      | výpočet                  | <b>2,972</b> | Mg/m <sup>3</sup> | 3,004       |
| objemová hmotnost MT                | $\rho_{bssd}$ | ČSN EN 12697-6, metoda B | <b>2,596</b> | Mg/m <sup>3</sup> | 2,611       |
| <b>ACO 11 S PmB 45/80-55</b>        |               |                          |              |                   |             |
| max. obj. hmotnost směsi            | $\rho_{mv}$   | ČSN EN 12697-5, metoda A | <b>2,689</b> | Mg/m <sup>3</sup> | 2,695       |
| průměrná obj. hmotnost zrn kameniva | $\rho_a$      | výpočet                  | <b>2,972</b> | Mg/m <sup>3</sup> | 3,009       |
| objemová hmotnost MT                | $\rho_{bssd}$ | ČSN EN 12697-6, metoda B | <b>2,591</b> | Mg/m <sup>3</sup> | 2,606       |

Pro objemovou hmotnost asfaltové směsi není podle zkoušek typu stanovena žádná hranice. Z měření lze ale jasně vidět, že jsou si hodnoty velice blízké.

### 8.4.1.3. Stanovení mezerovitosti

Pro stanovení mezerovitosti asfaltové směsi je nutné znát objemovou hmotnost stanovou z vyrobeného zkušební vzorku pomocí Marshallova pěchu, nebo jádrových vývrtů. Mezerovitost udává objem mezer v asfaltové směsi vyjádřený v % celkového objemu zkušební tělesa. Výpočet popisuje norma ČSN EN 12697-8.

Tabulka 16 - Hodnoty mezerovitosti

| vlastnost                    | symbol         | zk. norma / metoda                  | výsledek    | jednotka | hodnoty ITT |
|------------------------------|----------------|-------------------------------------|-------------|----------|-------------|
| <b>ACP 16+ 50/70</b>         |                |                                     |             |          |             |
| mezerovitost V <sub>m</sub>  | V <sub>m</sub> | ČSN EN 12697-8                      | <b>6,1</b>  | % hm     | 6,1         |
| mezerovitost kameniva        | VMA            | ČSN EN 12697-8, výpočet dle čl. 5.2 | <b>16,9</b> | % hm     | 17,1        |
| stupeň vyplnění mezer        | VFB            | ČSN EN 12697-8, výpočet dle čl. 5.2 | <b>63,7</b> | %        | 64,6        |
| <b>ACL 22 S PmB 25/55-60</b> |                |                                     |             |          |             |
| mezerovitost V <sub>m</sub>  | V <sub>m</sub> | ČSN EN 12697-8                      | <b>5,6</b>  | % hm     | 5,2         |
| mezerovitost kameniva        | VMA            | ČSN EN 12697-8, výpočet dle čl. 5.2 | <b>16,3</b> | % hm     | 16,0        |
| stupeň vyplnění mezer        | VFB            | ČSN EN 12697-8, výpočet dle čl. 5.2 | <b>65,6</b> | %        | 67,2        |
| <b>ACO 11 S PmB 45/80-55</b> |                |                                     |             |          |             |
| mezerovitost V <sub>m</sub>  | V <sub>m</sub> | ČSN EN 12697-8                      | <b>3,6</b>  | % hm     | 3,3         |
| mezerovitost kameniva        | VMA            | ČSN EN 12697-8, výpočet dle čl. 5.2 | <b>17,6</b> | % hm     | 17,4        |
| stupeň vyplnění mezer        | VFB            | ČSN EN 12697-8, výpočet dle čl. 5.2 | <b>79,4</b> | %        | 80,8        |

Nejpřísnější požadavky pro mezerovitost jsou předepsány pro nejkvalitnější směsi. Mezerovitost pro podkladní vrstvy ACP + je stanovena v rozmezí 2,0-10,5%, z výsledků zkoušky je požadavek splněn. Pro ložné vrstvy ACL S je mezerovitost stanovena na 2,5-8%, což je z výsledků zkoušek splněno. Poslední požadavek na mezerovitost obrusných vrstev ACO S je dle normy 2,0-7,0 %. I tento požadavek je splněn. Lze konstatovat, že výsledná mezerovitost je v porovnání s normou vyhovující.

## 8.4.2. Zkoušení asfaltu

Odběr vzorku asfaltu probíhal přímo na obalovně. Do plechové nádoby bylo odebráno malé množství asfaltu. Zkoušeli jsme bod měknutí kroužkem a kuličkou a penetraci jehlou. Obě zkoušky byly prováděny dle norem.

Měření bylo prováděno na asfaltových pojivech 50/70, PmB 45/80-55 a PmB 25/55-60.

### 8.4.2.1. Stanovení penetrace jehlou

Tato zkouška byla prováděna podle normy ČSN EN 1426. Princip zkoušky spočívá ve stanovení průniku jehly do vzorku s asfaltem při teplotě vodní lázně 25°C po dobu 5 s.

Vzorek rozehrátého asfaltu se nalije do nádoby, která se nechá zchladit na laboratorní teplotu. Po vychladnutí se v penetrometru ohřeje voda na 25°C. Nádobka s vytuženým asfaltem se dá do penetrometru na 1 hodinu. Do penetrometru se vloží očištěná penetrační jehla. Hrot penetrační jehly se nastaví tak, aby se přesně dotýkal povrchu vzorku. Zkouška probíhá měřením na 3 místech. Měří se hloubka propíchnutí jehlou za dobu 5 s.

Obrázek 29 - Pohled na penetrometr





Obrázek 30 - Pohled na penetrometr při měření

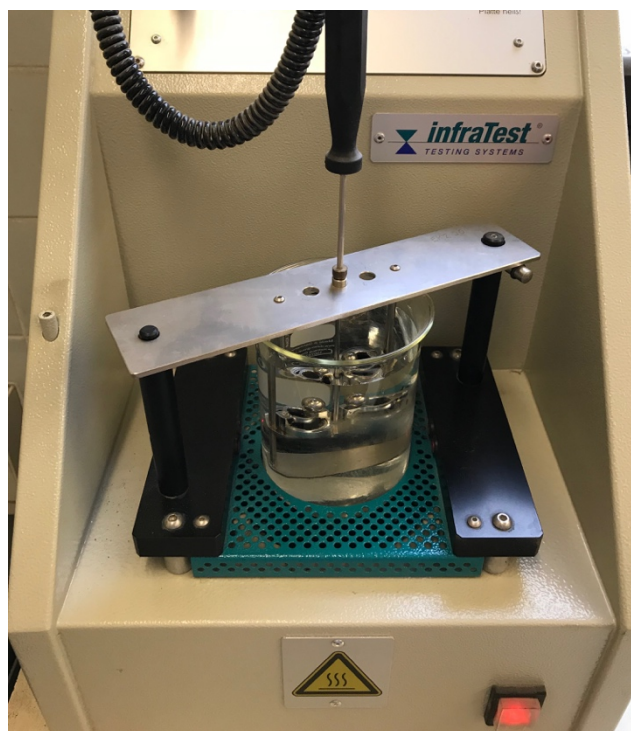


#### 8.4.2.2. Stanovení bodu měknutí metodou kroužek a kulička

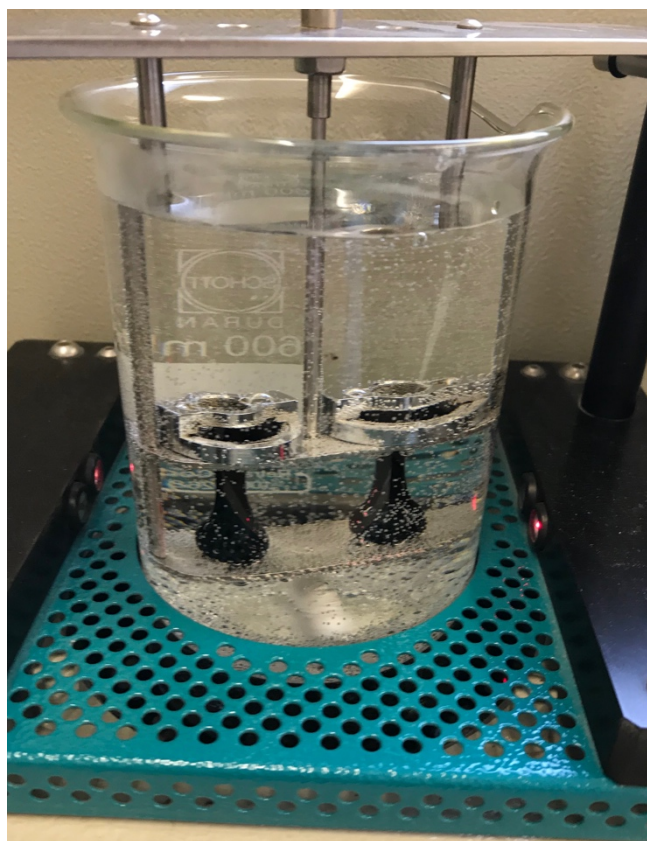
Tato zkouška byla prováděna podle normy ČSN EN 1427. Princip metody spočívá ve stanovení teploty, při které dojde ke změknutí asfaltu natolik, že kulička na něm položená protáhne tuto vrstvu na délku 25 mm.

Vzorek asfaltu se zahřeje tak, aby byl tvárný a uloží se do kroužku, který má tloušťku 6,4 mm. Po vychladnutí se kroužek s asfaltem seřízne špachtlí a vloží se do nádoby s vychlazenou destilovanou vodou. Na kroužek s asfaltem se položí mosazná kulička. Nádoba se postupně zahřívá rychlostí 5 °C/min. Ohřívá se na teplotu, při které dojde k ohřátí asfaltu, kdy asfalt změkne a kulička projde kroužkem a protáhne tuto vrstvu na délku 25 mm. Teplota se měří ve stupních celsia.

Obrázek 31 - Pohled na zařízení pro stanovení bodu měknutí - metoda kroužek a kulička



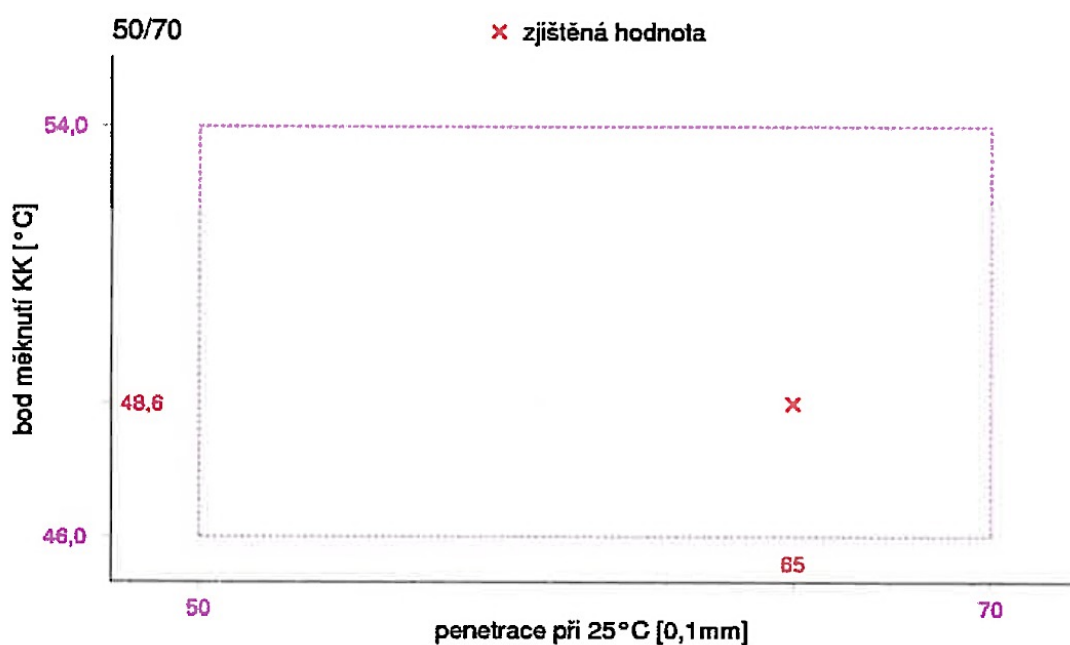
Obrázek 32 - Pohled na propadnuté kroužky při dosažení bodu měknutí



Tabulka 17 - Naměřené a vyhodnocené měření asfaltu 50/70

| vlastnost           | zkušební norma | jednotky | 50/70                               |             |
|---------------------|----------------|----------|-------------------------------------|-------------|
|                     |                |          | požadovaná hodnota dle ČSN EN 14023 | výsledek    |
| penetrace při 25 °C | ČSN EN 1426    | 0,1 mm   | 50 - 70                             | <b>65,0</b> |
| bod měknutí KK      | ČSN EN 1427    | °C       | 46,0 - 54,0                         | <b>48,6</b> |

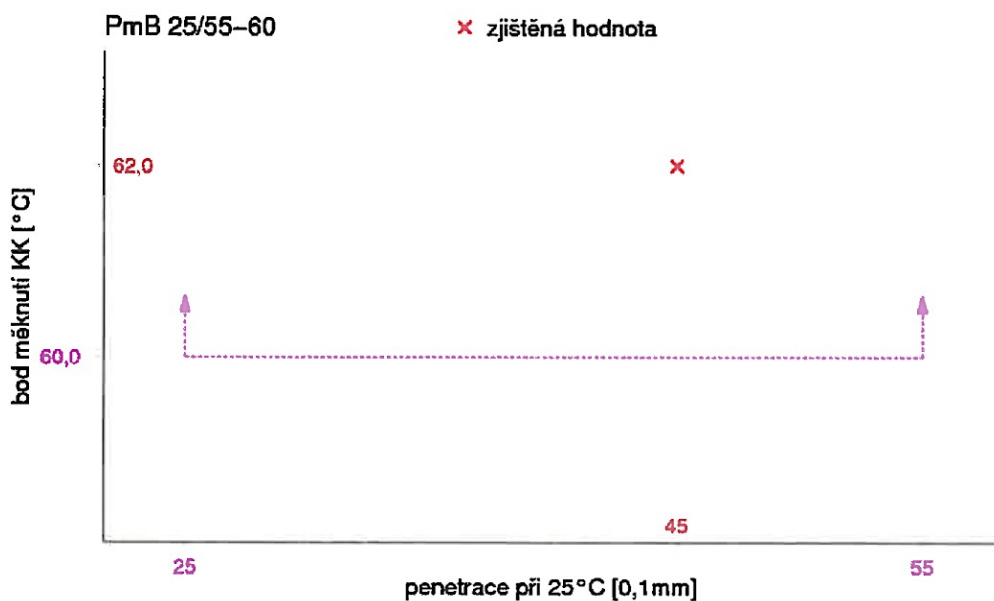
Graf 6 - Graf naměřených hodnot asfaltu 50/70



Tabulka 18 - Naměřené a vyhodnocené měření asfaltu PmB 25/55-60

| vlastnost           | zkušební norma | jednotky | PmB 25/55-60                        |             |
|---------------------|----------------|----------|-------------------------------------|-------------|
|                     |                |          | požadovaná hodnota dle ČSN EN 14023 | výsledek    |
| penetrace při 25 °C | ČSN EN 1426    | 0,1 mm   | 25 - 55                             | <b>45,0</b> |
| bod měknutí KK      | ČSN EN 1427    | °C       | ≥60,0                               | <b>62,0</b> |

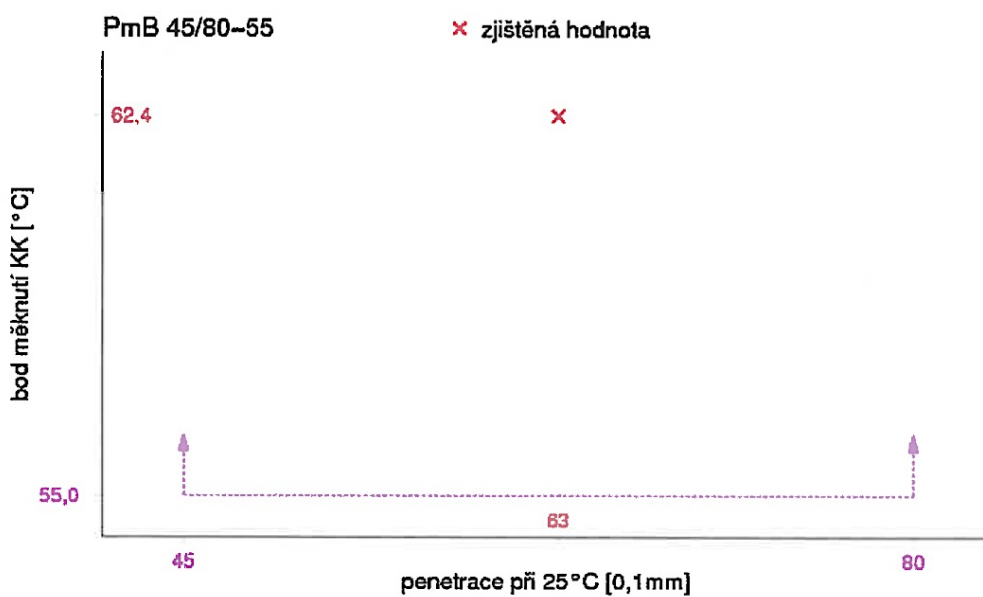
Graf 7 - Graf naměřených hodnot asfaltu PmB 25/55-60



Tabulka 19 - Naměřené a vyhodnocené měření asfaltu PmB 45/80-55

| vlastnost           | zkušební norma | jednotky | PmB 45/80-55                        |             |
|---------------------|----------------|----------|-------------------------------------|-------------|
|                     |                |          | požadovaná hodnota dle ČSN EN 14023 | výsledek    |
| penetrace při 25 °C | ČSN EN 1426    | 0,1 mm   | 45 - 80                             | <b>63,0</b> |
| bod měknutí KK      | ČSN EN 1427    | °C       | ≥55,0                               | <b>62,4</b> |

Graf 8 - Graf naměřených hodnot asfaltu PmB 45/80-55



Všechny naměřené hodnoty u všech třech druhů asfaltových pojiv jsou dle vyhodnocení v souladu s normou a lze konstatovat, že vyhovují.

### 8.4.3. Zkoušky vývrtů

Na hodnoceném úseku byly provedeny 4 vývrty, na kterých byla měřena tloušťka vrstev, míra zhutnění, zbytková mezerovitost a spojení jednotlivých vrstev.

#### 8.4.3.1. Tloušťka asfaltových vrstev

Na jednotlivých vývrtech byla měřena tloušťka asfaltových vrstev podle zkušební normy ČSN EN 12697-36. Měření probíhá na 4 místech kolmých na sebe. Měříme digitálním posuvným měřítkem.

*Tabulka 20 - Tabulka naměřených tlouštěk asfaltových vrstev*

|  | <b>vývrt č. 1</b> | <b>vývrt č. 2</b> | <b>vývrt č. 3</b> | <b>vývrt č. 4</b> |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| <b>staničení [km]</b>                        | 0,500             | 0,900             | 1,800             | 2,150             |
| <b>vzdálenost od osy [m]</b>                 | P 1,5             | L 1,6             | P 1,5             | L 1,6             |
| <b>tloušťka asfaltové vrstvy celkem [mm]</b> | 175               | 176               | 174               | 175               |
| <b>obrusná vrstva [mm]</b>                   | 52                | 51                | 51                | 51                |
| <b>ložná vrstva [mm]</b>                     | 71                | 72                | 70                | 72                |
| <b>podkladní vrstva [mm]</b>                 | 52                | 53                | 53                | 52                |

Měřením bylo zjištěno, že tloušťky asfaltových vrstev se pohybují od 174 do 176 mm ve 3 vrstvách, což odpovídá projektované tloušťce asfaltových vrstev. Nejistota měření byla stanovena na tloušťku vrstvy  $U = \pm 0,7$  mm. V porovnání s vyhodnocovací normou ČSN 73 6121 tabulka 14, je požadavek na tloušťku vrstvy minimálně 0,8h. Jelikož má každá vrstva

více, než je její projektovaná tloušťka, lze konstatovat, že jsou požadavky tloušťky podle normy splněny.

#### 8.4.3.2. Spojení jednotlivých vrstev

Zkouška probíhala podle zkušební normy ČSN 73 6160. Měření probíhalo na jádrových vývrtech o průměru  $150 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ . Styčná plocha mezi zkoušenými vrstvami musí být kolmá na osu vývrtů. Na jednotlivých vývrtech je nutné vyznačit hranice kontaktních ploch mezi jednotlivými zkoušenými vrstvami. Jádrové vývrty se temperují ve vodě po dobu 3 hodin, na vzduchu nejméně 8 hodin. Po vytemperování se vloží mezi čelisti umístěné ve zkušebním lisu. Je potřeba dbát na správné nastavení vyznačené kontaktní plochy.

Jádrový vývrt se zatěžuje ve směru jízdy vozidel až do okamžiku, kdy smyková síla začne klesat. Pro každou zkoušenou plochu se určí nejvyšší dosažená smyková síla  $F_{\text{max}}$ .

*Obrázek 33 - Jádrový vývrt s vyznačením styčné plochy mezi zkoušenými vrstvami*



Obrázek 34 - Zkušební lis pro stanovení minimální smykové síly



Tabulka 21 - Naměřené hodnoty spojení asfaltových vrstev

| číslo<br>vývrtu | Smyková síla spojení vrstev [kN] |                   |                    |                          |                   |                    |
|-----------------|----------------------------------|-------------------|--------------------|--------------------------|-------------------|--------------------|
|                 | obrusná - ložní                  |                   |                    | ložní - podkladní        |                   |                    |
|                 | průměr<br>vývrtu<br>[mm]         | požadavek<br>[kN] | skutečnost<br>[kN] | průměr<br>vývrtu<br>[mm] | požadavek<br>[kN] | skutečnost<br>[kN] |
| 1               | 148,6                            | min. 15           | 18,2               | 148,5                    | min. 12           | 21,7               |
| 2               | 148,4                            | min. 15           | 20,1               | 148,5                    | min. 12           | 22,1               |
| 3               | 148,4                            | min. 15           | 23,8               | 148,4                    | min. 12           | 33,6               |
| 4               | 148,5                            | min. 15           | 19,7               | 148,5                    | min. 12           | 9,1                |

V porovnání s normou ČSN EN 73 6121, bylo 7 naměřených hodnot vyhovujících. U vývrtu č. 4, který byl proveden v místě použití geomříže, byla

smyková pevnost nevyhovující. Lze konstatovat, že při použití geomříže se snížilo spojení podkladní a ložné asfaltové vrstvy.

*Obrázek 35 - Održena podkladní vrstva vývrtu v místě geomříže*



#### **8.4.3.3. Objemová hmotnost, mezerovitost a míra zhutnění**

Objemovou hmotnost zkušebních těles – vývrtů, se určí stejně jako ze vzorků vyrobených za pomoci Marshallova pěchu. Zkušební vzorky se nechaly temperovat na vzduchu, poté jsme je zvážili a hmotnost zaznamenali. Následně jsme je ponořili do vody na 30 minut. Ve vodě se pomocí váhy opět zvážili a hodnotu jsme zaznamenali. Po vyjmutí vzorků z vody jsme je povrchově osušili a opět zvážili. Výpočet objemové hmotnosti byl proveden dle ČSN EN 12697-6.

Mezerovitost jsme spočítali za pomoci známých hodnot objemových hmotností podle normy ČSN EN 12697-8. Míra zhutnění je pak poměr objemové hmotnosti vzorku vývrtu a vztažené objemové hmotnosti zjištěné v laboratoři.



Tabulka 22 - Výsledky objemových hmotností, míry zhutnění a mezerovitosti

| Konstrukční vrstva | Zjištěné hodnoty                            | vývrt č. 1 | vývrt č. 2 | vývrt č. 3 | vývrt č. 4 |
|--------------------|---|------------|------------|------------|------------|
| <b>PODKLADNÍ</b>   | max. objemová hmotnost [Mg/m <sup>3</sup> ] | 2,719      | 2,722      | 2,728      | 2,728      |
|                    | obj. hmotnost vývrtu [Mg/m <sup>3</sup> ]   | 2,554      | 2,549      | 2,542      | 2,542      |
|                    | míra zhutnění [%]                           | 99,1       | 101,7      | 101,9      | 101,1      |
|                    | mezerovitost vrstvy [%]                     | 6,9        | 4,8        | 5,0        | 5,8        |
| <b>LOŽNÍ</b>       | max. objemová hmotnost [Mg/m <sup>3</sup> ] | 2,749      | 2,740      | 2,740      | 2,740      |
|                    | obj. hmotnost vývrtu [Mg/m <sup>3</sup> ]   | 2,597      | 2,601      | 2,601      | 2,599      |
|                    | míra zhutnění [%]                           | 100,0      | 97,3       | 101,6      | 101,0      |
|                    | mezerovitost vrstvy [%]                     | 5,5        | 7,6        | 3,5        | 4,1        |
| <b>OBRUSNÁ</b>     | max. objemová hmotnost [Mg/m <sup>3</sup> ] | 2,672      | 2,672      | 2,670      | 2,672      |
|                    | obj. hmotnost vývrtu [Mg/m <sup>3</sup> ]   | 2,571      | 2,571      | 2,572      | 2,570      |
|                    | míra zhutnění [%]                           | 98,8       | 99,1       | 99,8       | 99,3       |
|                    | mezerovitost vrstvy [%]                     | 4,9        | 4,7        | 4,2        | 4,6        |

Zjištěné hodnoty na jádrových vývrtech v porovnání s vyhodnocovací normou ČSN 73 6121 tabulka 13, vyhovují. Pro všechny námi měřené vrstvy je minimální požadavek míry zhutnění dle normy 96,0%. V porovnání s naměřenými hodnotami jsou požadavky dle normy splněny.

Mezerovitost pro podkladní vrstvy ACP + je stanovena v rozmezí 2,0-10,5%, z výsledků zkoušky je požadavek splněn. Pro ložné vrstvy ACL S je

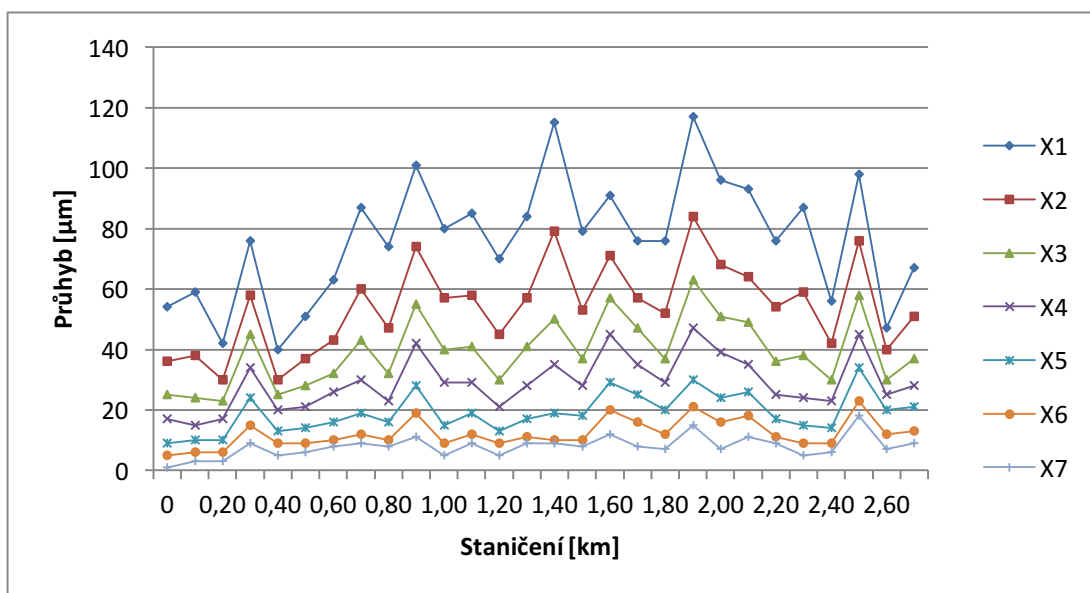
mezerovitost stanovena na 2,5-8%, což je z výsledků zkoušek splněno. Poslední požadavek na mezerovitost obrusných vrstev ACO S je dle normy 2,0-7,0 %. I tento požadavek je splněn. Lze konstatovat, že výsledná mezerovitost je v porovnání s normou vyhovující.

#### 8.4.4. Měření únosnosti nového povrchu

Na nově položeném úseku se provádělo měření únosnosti. Měření probíhalo rázovým zařízením – defektometrem RODOS 10001. Průhyby byly zaznamenávány na 7 snímačích zatěžovací desky, jejichž umístění bylo ve vzdálenostech 0,300, 600, 900, 1200, 1500 a 2100 mm od středu zatěžovací desky. Měření bylo prováděno v každém jízdním pruhu po vzdálenosti 100 m.

Naměřené hodnoty průhybů jsou uvedeny v příloze č. 3. Průběh průhybů zaznamenaných na všech sedmi snímačích sledovaných úseků je pro ilustraci znázorněn v grafické podobě.

Graf 9- Průběh průhybů ve směru staničení



V grafu jsou vykresleny průběhy průhybů. Lze usuzovat, ve které konstrukční vrstvě se realizují největší průhyby. Průhyb X1 charakterizuje chování krytových vrstev na celém sledovaném úseku, průhyb X6 charakterizuje chování podloží.

Průhyby na novém povrchu se jako takové projevují v naprosto minimální míře bez promítnutí na dobu životnosti vozovky. Z tohoto důvodu již není nutné provádět bližší výpočet pro stanovení doby životnosti vozovky.

## **8.5. Porovnání, vyhodnocení**

Ze zkoušek, provedených během výroby a po samotné pokládce, lze dle porovnání s normami konstatovat, že byl dodržen jak samotný návrh, tak i samotná realizace. Všechny požadované parametry norm byly splněny a dodrženy. Porovnáním starého a nového stavu, z hlediska zkoušek prováděných na směsích asfaltového betonu a asfaltových vrstev, vyšel nový stav jako naprosto vyhovující.

Pokud se zaměřím na zhodnocení jednotlivých typů zkoušek, pak nejvíce stěžejní je kontrola správného složení asfaltové směsi. Z provedených kontrolních zkoušek, byly všechny hodnoty v porovnání s průkazními zkouškami typu vyhovující a lze konstatovat, že směs byla vyrobena správně podle předepsané receptury.

Zkouška míry zhutnění a mezerovitosti ukazuje kvalitu provedení pokládky asfaltových vrstev. Z předcházejícího diagnostického průzkumu byly tyto dvě vlastnosti hodnoceny na jádrových vývrtech. Mezerovitost byla podle porovnání s normou překročena v 1 případě ze 3 hodnocených a míra zhutnění byla v porovnání s normou v 1 případě ze 3 hodnocených nevyhovující. Na novém stavu bylo po provedení jádrových vývrtů zjištěno, že jak mezerovitost, tak míra zhutnění je v porovnání s normou vyhovující. Nebyla překročena ani jedna hodnota.

Další prováděnou zkouškou byla míra spojení jednotlivých asfaltových vrstev. V původním stavu byly provedeny 4 vývrty, na kterých byla provedena zkouška smykové pevnosti. Spojení jednotlivých vrstev bylo i v původním stavu ve všech šesti hodnocených případech splněno. Po provedení zkoušky smykové pevnosti na 4 vývrtech nového stavu, nebyla z 8 hodnocených případů splněna 1 vrstva. Jednalo se o vrstvu, kde byla použita výztuha – geomříž.

Měření únosnosti u nového povrchu komunikace vyšlo v porovnání s původní únosností lépe. Počáteční průhyby byly daleko vyšší a povrch vykazoval takřka nulovou životnost. Povrch nový měl zaznamenané minimální průhyby, které ale nemají vliv na životnost konstrukce. Nový povrch tedy splňuje požadavky únosnosti a v případě použití geosyntetik můžeme předpokládat životnost ještě daleko vyšší.

## ZÁVĚR

V této diplomové práci jsem se zaměřila na představení poruch, které mohou vznikat na pozemní komunikaci z několika důvodů. Důvodem může být vyčerpání životnosti, nadměrné přetížení, nebo dokonce špatně zvolený konstrukční návrh vzhledem k účelu a třídě dopravního zatížení. Jednotlivé poruchy jsem vzhledem k místě vzniku zatřídila a podrobně popsala. Jako další jsem se zaměřila na obecné představení asphaltového betonu, asfaltu a asphaltových pojiv. Asphaltová pojiva jsou pro asphaltový beton důležitá složka a jejich špatný návrh a výběr může přinášet značné problémy ať už při výrobě, tak i při zpracování asphaltové směsi.

Téma diagnostického průzkumu je při plánování návrhu opravy stěžejní. Špatně provedený diagnostický průzkum s sebou přináší špatný návrh konstrukce komunikace, který se dříve či později projeví na její životnosti. Provedením diagnostického průzkumu dokážeme zjistit, v jakém stavu se stávající vozovka nachází. Z tohoto výstupu se provádí následný návrh opravy. V této práci jsem se zaměřila na možné opravy poruch s použitím geosyntetik. Jednotlivá geosyntetika jsem představila a uvedla možnosti jejich použití.

Jako další část jsem podrobně popsala technologii opravy trhlin na vozovce s asphaltovým krytem dle TP 115 při použití geosyntetik, pro zamezení vzniku trhlin a tím i zvýšení únosnosti. V této souvislosti byl pro praktický příklad představen konkrétní příklad silnice II. třídy, kde probíhala výměna krytu vozovky a oprava trhlin dle TP 115 za použití geosyntetik pro zvýšení únosnosti, která má vliv na prodloužení životnosti. Před samotným návrhem jsem posoudila stav vozovky pomocí vývrtů a měřením únosnosti. Stávající povrch byl vyhodnocen na takřka nulovou životnost. Při provádění opravy jsem laboratorně kontrolovala kvalitu použitých asphaltových směsí. Byly posouzeny vývrty a měřena únosnost na nově položeném povrchu.

Závěrem bych shrnula, že po posouzení starého a nového stavu komunikace lze konstatovat, že použitím geosyntetik byla obnovena provozuschopnost a zároveň zvýšena únosnost a to má v důsledku přímý dopad na prodloužení životnosti vozovky.

## POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Hýzl, P. Poruchy vozovek a jejich příčiny. (přednáška) Praha: Pragoprojekt, 03/2016
- [2] TP 82, Katalog poruch netuhých vozovek
- [3] TP 87, Navrhování údržby a oprav netuhých vozovek
- [4] KUDRNA, Jan. Diagnostika a management vozovek: Poruchy netuhých vozovek. Brno, 2007. Vysoké učení technické v Brně.
- [21] ZAJÍČEK, Ing. Jan. Technologie stavby vozovek. Sokolská 15, Praha 2: Informační centrum ČKAIT, 2014. ISBN 978-80-87438-59-6.
- [5] TP 115, Opravy trhlin na vozovkách s asfaltovým krytem
- [6] ČSN EN 12697-1. Asfaltové směsi - Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka: Část 1: Obsah rozpustného pojiva. 2012.
- [7] ČSN EN 12697-2. Asfaltové směsi - Zkušební metody: Část 2: Stanovení zrnitosti. 2015.
- [8] ČSN EN 12697-5. Asfaltové směsi - Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka: Část 5: Stanovení maximální objemové hmotnosti. 2010.
- [9] ČSN EN 12697-6. Asfaltové směsi - Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka: Část 6: Stanovení objemové hmotnosti asfaltového zkušebního tělesa. 2012.
- [10] ČSN EN 12697-8. Asfaltové směsi - Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka: Část 8: Stanovení mezerovitosti asfaltových směsí. 2004.
- [11] ČSN EN 12697-26. Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka: Část 26: Tuhost. 2012.
- [12] ČSN EN 12697-27. Asfaltové směsi - Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka: Část 27: Odběr vzorků. 2002.
- [13] ČSN EN 12697-29. Asfaltové směsi - Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka: Část 29: Stanovení rozměrů asfaltových zkušebních těles. 2003.

- [14] ČSN EN 12697-36. Asfaltové směsi - Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka: Část 36: Stanovení tloušťky asfaltové vozovky. 2004.
- [15] ČSN EN 13108-1. Asfaltové směsi - Specifikace pro materiály: Část 1: Asfaltový beton. 2008.
- [16] ČSN EN 14023. Asfalty a asfaltová pojiva: Systém specifikace pro polymerem modifikované asfalty. 2010.
- [17] ČSN EN 1426. Asfalty a asfaltová pojiva: Stanovení penetrace jehlou. 2007.
- [18] ČSN EN 1427. Asfalty a asfaltová pojiva: Stanovení bodu měknutí - Metoda kroužek a kulička. 2016.
- [19] ČSN 73 6121. Stavba vozovek - Hutněné asfaltové vrstvy: Provádění a kontrola shody. 2008.
- [20] ČSN 73 6160. Zkoušení asfaltových směsí. 2008.

## **SEZNAM OBRÁZKŮ**

|   |    |
|---|----|
| Obrázek 1 - Obvyklý způsob odstraňování poruch [2] .....                      | 15 |
| Obrázek 2 - Pokládka asfaltového koberce – vystoupení asfaltu.....            | 17 |
| Obrázek 3 - Povrch asfaltového krytu – ohlazení nekvalitního kameniva .....   | 18 |
| Obrázek 4 - Povrch asfaltového krytu – ztráta kameniva z nátěru .....         | 19 |
| Obrázek 5 - Povrch asfaltového krytu – ztráta asfaltového tmelu .....         | 20 |
| Obrázek 6 - Povrch asfaltového krytu – hloubková koroze .....                 | 20 |
| Obrázek 7 - Povrch asfaltového krytu – výtluky na vozovce .....               | 21 |
| Obrázek 8 - Povrch asfaltového krytu – vyjeté koleje .....                    | 22 |
| Obrázek 9 - Povrch asfaltového krytu – mozaikové trhliny/síťové trhliny ..... | 24 |
| Obrázek 10 - Povrch asfaltového krytu – trhliny podélné/příčné .....          | 24 |
| Obrázek 11 - Rozhodovací diagram pro zvolení výztuhy trhin .....              | 27 |
| Obrázek 12 - Rozhodovací diagram pro zvolení výztuhy deformací .....          | 28 |

|   |    |
|---|----|
| Obrázek 13 - Vliv polohy výztuhy na možné deformace .....                                   | 29 |
| Obrázek 14 - Geosyntetické výztuhy z polymeru .....   | 33 |
| Obrázek 15 - Geosyntetické výztuhy ze skla .....  | 34 |
| Obrázek 16 - Výsrava trhlin – proříznutí a zalití asfaltovou zálivkou .....                 | 39 |
| Obrázek 17 - Aplikace spojovacího postřiku – hodně/málo .....                               | 40 |
| Obrázek 18 - Přichycení výztuhy k podkladu .....  | 41 |
| Obrázek 19 - Pokládka asfaltových vrstev – tvorba vln/nadzdvížení výztuhy                   | 42 |
| Obrázek 20 - Zájmové území .....  | 43 |
| Obrázek 21 - Pohled na poškozenou vozovku .....   | 44 |
| Obrázek 22 - Pohled na poškozenou vozovku .....   | 45 |
| Obrázek 23 - Pokles okraje vozovky .....  | 45 |
| Obrázek 24 - Ztráta tmele z nátěru .....  | 46 |
| Obrázek 25 - Příčná trhlina .....   | 46 |
| Obrázek 26 -Místa provedených vývrtů.....   | 48 |
| Obrázek 27 - Pohled na analyzátor .....   | 56 |
| Obrázek 28 - Pyknometr se směsí bez vzduchových bublin .....                                | 61 |
| Obrázek 29 - Pohled na penetrometr .....  | 64 |
| Obrázek 30 - Pohled na penetrometr při měření .....   | 65 |
| Obrázek 31 - Pohled na zařízení pro stanovení bodu měknutí - metoda kroužek a kulička ..... | 66 |
| Obrázek 32 - Pohled na propadnuté kroužky při dosažení bodu měknutí ....                    | 66 |
| Obrázek 33 - Jádrový vývrt s vyznačením styčné plochy mezi zkoušenými vrstvami .....        | 70 |
| Obrázek 34 - Zkušební lis pro stanovení minimální smykové síly .....                        | 71 |
| Obrázek 35 - Odtržená podkladní vrstva vývrtu v místě geomříže .....                        | 72 |



## SEZNAM TABULEK

|   |    |
|---|----|
| Tabulka 1 - způsoby namáhání konstrukčních vrstev vozovky [1] .....             | 14 |
| Tabulka 2 - Přehled změn vlastností asfaltů po modifikaci .....                 | 26 |
| Tabulka 3 - Základní rozdíly mezi výztužnou a stabilizační funkcí .....         | 30 |
| Tabulka 4 - Volba výztuhy s ohledem na typ poruchy .....                        | 31 |
| Tabulka 5 - Stanovení tloušťky vrstev .....                                     | 49 |
| Tabulka 6 - Zkouška smykové pevnosti .....                                      | 50 |
| Tabulka 7 - Stanovení spojení vrstev .....                                      | 50 |
| Tabulka 8 - Naměřené hodnoty ložní a podkladní vrstvy .....                     | 51 |
| Tabulka 9 - Naměřené hodnoty a porovnání dle normy .....                        | 52 |
| Tabulka 10- Výpočet životnosti vozovky .....                                    | 54 |
| Tabulka 11 - Síťový rozbor ACP 16 S 50/70 a porovnání s ITT .....               | 57 |
| Tabulka 12 - Síťový rozbor ACL 16 S PmB 25/55-60 v porovnání s ITT .....        | 58 |
| Tabulka 13 - Síťový rozbor ACO 11 S PmB 45/80-55 v porovnání s ITT .....        | 59 |
| Tabulka 14 - Množství pojiva .....  | 60 |
| Tabulka 15 - Hodnoty maximální objemové hmotnosti směsi .....                   | 62 |
| Tabulka 16 - Hodnoty mezerovitosti .....  | 63 |
| Tabulka 17 - Naměřené a vyhodnocené měření asfaltu 50/70 .....                  | 67 |
| Tabulka 18 - Naměřené a vyhodnocené měření asfaltu PmB 25/55-60 .....           | 67 |
| Tabulka 19 - Naměřené a vyhodnocené měření asfaltu PmB 45/80-55 .....           | 68 |
| Tabulka 20 - Tabulka naměřených tloušťek asfaltových vrstev .....               | 69 |
| Tabulka 21 - Naměřené hodnoty spojení asfaltových vrstev .....                  | 71 |
| Tabulka 22 - Výsledky objemových hmotností, míry zhutnění a mezerovitosti ..... | 73 |

## **SEZNAM GRAFŮ**

|   |    |
|---|----|
| Graf 1 - Graf závislosti teploty a času na tání výztuhy ..... | 35 |
| Graf 2 - Průběh průhybů ve směru staničení .....              | 53 |
| Graf 3 - Křivka zrnitosti ACP 16 S 50/70 .....                | 57 |
| Graf 4 - Křivka zrnitosti ACL 22 S PmB 25/55-60 .....         | 58 |
| Graf 5 - Křivka zrnitosti ACO 11 S PmB 45/80-55.....          | 59 |
| Graf 6 - Graf naměřených hodnot asfaltu 50/70.....            | 67 |
| Graf 7 - Graf naměřených hodnot asfaltu PmB 25/55-60.....     | 68 |
| Graf 8 - Graf naměřených hodnot asfaltu PmB 45/80-55.....     | 68 |
| Graf 9- Průběh průhybů ve směru staničení .....               | 74 |

## **SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha 1: Naměřené hodnoty průhybu před rekonstrukcí

Příloha 2: Vypočtené rázové moduly pružnosti – před rekonstrukcí

Příloha 3: Naměřené hodnoty průhybu po rekonstrukci

## Příloha 1: Naměřené hodnoty před prováděním

Poloměr zatěžovací desky: 150 mm

Měřeno při teplotě: 7°C

| Staničení<br>[km] | Jízdní pruh<br>levý/pravý | Dotykový<br>tlak<br>[kPa] | Průhyby X1 - X7 [μm]                        |     |     |     |       |       |       |
|-------------------|---------------------------|---------------------------|---|-----|-----|-----|-------|-------|-------|
|                   |                           |                           | X1  | X2  | X3  | X4  | X5    | X6    | X7    |
|                   |                           |                           | vzdálenosti od středu zatěžovací desky [mm] |     |     |     |       |       |       |
|                   |                           |                           | 0   | 300 | 600 | 900 | 1 200 | 1 500 | 2 100 |
| 0                 | P                         | 707                       | 185   | 136 | 93  | 67  | 52    | 40    | 28    |
| 0,10              | P                         | 707                       | 118   | 95  | 77  | 65  | 55    | 46    | 30    |
| 0,20              | P                         | 707                       | 996   | 444 | 201 | 123 | 82    | 62    | 46    |
| 0,30              | P                         | 707                       | 329   | 251 | 189 | 138 | 104   | 75    | 43    |
| 0,40              | P                         | 707                       | 438   | 332 | 245 | 166 | 116   | 80    | 52    |
| 0,50              | P                         | 707                       | 355   | 269 | 198 | 140 | 100   | 73    | 41    |
| 0,60              | P                         | 707                       | 544   | 444 | 303 | 193 | 129   | 89    | 55    |
| 0,70              | P                         | 707                       | 335   | 249 | 179 | 123 | 84    | 58    | 30    |
| 0,80              | P                         | 707                       | 636   | 444 | 276 | 175 | 124   | 92    | 65    |
| 0,90              | P                         | 707                       | 562   | 366 | 243 | 145 | 93    | 61    | 47    |
| 1,00              | P                         | 707                       | 490   | 365 | 234 | 150 | 105   | 79    | 51    |
| 1,10              | P                         | 707                       | 273   | 208 | 147 | 102 | 75    | 59    | 37    |
| 1,20              | P                         | 707                       | 661   | 442 | 253 | 151 | 106   | 80    | 59    |
| 1,30              | P                         | 707                       | 269   | 172 | 119 | 81  | 60    | 47    | 34    |
| 1,40              | P                         | 707                       | 579   | 441 | 296 | 193 | 135   | 102   | 59    |
| 1,50              | P                         | 707                       | 293   | 218 | 157 | 112 | 83    | 65    | 47    |
| 1,60              | P                         | 707                       | 569   | 325 | 183 | 120 | 90    | 68    | 47    |
| 1,70              | P                         | 707                       | 519   | 306 | 159 | 84  | 55    | 42    | 277   |
| 1,80              | P                         | 707                       | 445   | 323 | 206 | 142 | 106   | 84    | 69    |
| 1,90              | P                         | 707                       | 446   | 299 | 163 | 96  | 66    | 50    | 36    |
| 2,00              | P                         | 707                       | 511   | 325 | 190 | 122 | 82    | 65    | 43    |
| 2,10              | P                         | 707                       | 511   | 340 | 190 | 114 | 83    | 67    | 43    |
| 2,20              | P                         | 707                       | 585   | 387 | 210 | 122 | 87    | 65    | 47    |
| 2,30              | P                         | 707                       | 669   | 447 | 289 | 166 | 99    | 68    | 30    |
| 2,40              | P                         | 707                       | 585   | 388 | 216 | 128 | 87    | 63    | 47    |
| 2,50              | P                         | 707                       | 513   | 317 | 209 | 148 | 105   | 84    | 54    |
| 2,60              | P                         | 707                       | 350   | 254 | 170 | 103 | 63    | 39    | 22    |
| 2,67              | P                         | 707                       | 518   | 287 | 144 | 79  | 39    | 25    | 30    |

|                      |     |     |     |     |     |     |     |     |
|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Průměr:              | 707 | 474 | 317 | 198 | 127 | 88  | 65  | 52  |
| Maximum:             | 707 | 996 | 447 | 303 | 193 | 135 | 102 | 277 |
| Minimum:             | 707 | 118 | 95  | 77  | 65  | 39  | 25  | 22  |
| Směrodatná odchylka: |     | 173 | 95  | 56  | 34  | 24  | 18  | 45  |
| 85 % kvantil:        | 707 | 585 | 442 | 253 | 165 | 106 | 84  | 55  |
| 50 % kvantil:        | 707 | 511 | 324 | 194 | 123 | 87  | 65  | 45  |

## Příloha 2: Vypočtené rázové hodnoty pružnosti - před rekonstrukcí

Poloměr zatěžovací desky: 150 mm

Návrhová teplota: 20°C

| Staničení<br>[km] | Tloušťky vrstev [mm] |                     | Moduly pružnosti [MPa] |      |
|-------------------|----------------------|---------------------|------------------------|------|
|                   | Asfaltové<br>vrstvy  | Podkladní<br>vrstvy | E1                     | E2   |
| 0                 | 130                  | 40                  | 8459                   | 685  |
| 0,10              | 130                  | 40                  | 2620                   | 6848 |
| 0,20              | 130                  | 40                  | 562                    | 80   |
| 0,30              | 130                  | 40                  | 6921                   | 468  |
| 0,40              | 130                  | 40                  | 9050                   | 95   |
| 0,50              | 130                  | 40                  | 8283                   | 268  |
| 0,60              | 130                  | 40                  | 8472                   | 37   |
| 0,70              | 130                  | 40                  | 8152                   | 269  |
| 0,80              | 130                  | 40                  | 2983                   | 100  |
| 0,90              | 130                  | 40                  | 4319                   | 66   |
| 1,00              | 130                  | 40                  | 5160                   | 109  |
| 1,10              | 130                  | 40                  | 10314                  | 286  |
| 1,20              | 130                  | 40                  | 2489                   | 84   |
| 1,30              | 130                  | 40                  | 6368                   | 286  |
| 1,40              | 130                  | 40                  | 4941                   | 106  |
| 1,50              | 130                  | 40                  | 9587                   | 241  |
| 1,60              | 130                  | 40                  | 1175                   | 192  |
| 1,70              | 130                  | 40                  | 2419                   | 108  |
| 1,80              | 130                  | 40                  | 4036                   | 182  |
| 1,90              | 130                  | 40                  | 3509                   | 122  |
| 2,00              | 130                  | 40                  | 2694                   | 136  |
| 2,10              | 130                  | 40                  | 2640                   | 140  |
| 2,20              | 130                  | 40                  | 2460                   | 103  |
| 2,30              | 130                  | 40                  | 3488                   | 74   |
| 2,40              | 130                  | 40                  | 2699                   | 94   |
| 2,50              | 130                  | 40                  | 2200                   | 205  |
| 2,60              | 130                  | 40                  | 9003                   | 103  |
| 2,67              | 130                  | 40                  | 2673                   | 76   |

|                      |       |      |
|----------------------|-------|------|
| Průměr:              | 4917  | 413  |
| Maximum:             | 10314 | 6848 |
| Minimum:             | 562   | 37   |
| Směrodatná odchylka: | 2870  | 1246 |

### Příloha 3: Naměřené hodnoty průhybu po rekonstrukci

Poloměr zatěžovací desky: 150 mm

Měřeno při teplotě: 13°C

Orientace měření: ve směru staničení

| Staničení<br>[km] | Jízdní pruh<br>levý/pravý | Dotykový<br>tlak<br>[kPa] | Průhyby X1 - X7 [μm]                        |     |     |     |       |       |       |
|-------------------|---------------------------|---------------------------|---|-----|-----|-----|-------|-------|-------|
|                   |                           |                           | X1  | X2  | X3  | X4  | X5    | X6    | X7    |
|                   |                           |                           | vzdálenosti od středu zatěžovací desky [mm] |     |     |     |       |       |       |
|                   |                           |                           | 0   | 300 | 600 | 900 | 1 200 | 1 500 | 2 100 |
| 0                 | P                         | 707                       | 54  | 36  | 25  | 17  | 9     | 5     | 1     |
| 0,10              | P                         | 707                       | 59  | 38  | 24  | 15  | 10    | 6     | 3     |
| 0,20              | P                         | 707                       | 42  | 30  | 23  | 17  | 10    | 6     | 3     |
| 0,30              | P                         | 707                       | 76  | 58  | 45  | 34  | 24    | 15    | 9     |
| 0,40              | P                         | 707                       | 40  | 30  | 25  | 20  | 13    | 9     | 5     |
| 0,50              | P                         | 707                       | 51  | 37  | 28  | 21  | 14    | 9     | 6     |
| 0,60              | P                         | 707                       | 63  | 43  | 32  | 26  | 16    | 10    | 8     |
| 0,70              | P                         | 707                       | 87  | 60  | 43  | 30  | 19    | 12    | 9     |
| 0,80              | P                         | 707                       | 74  | 47  | 32  | 23  | 16    | 10    | 8     |
| 0,90              | P                         | 707                       | 101   | 74  | 55  | 42  | 28    | 19    | 11    |
| 1,00              | P                         | 707                       | 80  | 57  | 40  | 29  | 15    | 9     | 5     |
| 1,10              | P                         | 707                       | 85  | 58  | 41  | 29  | 19    | 12    | 9     |
| 1,20              | P                         | 707                       | 70  | 45  | 30  | 21  | 13    | 9     | 5     |
| 1,30              | P                         | 707                       | 84  | 57  | 41  | 28  | 17    | 11    | 9     |
| 1,40              | P                         | 707                       | 115   | 79  | 50  | 35  | 19    | 10    | 9     |
| 1,50              | P                         | 707                       | 79  | 53  | 37  | 28  | 18    | 10    | 8     |
| 1,60              | P                         | 707                       | 91  | 71  | 57  | 45  | 29    | 20    | 12    |
| 1,70              | P                         | 707                       | 76  | 57  | 47  | 35  | 25    | 16    | 8     |
| 1,80              | P                         | 707                       | 76  | 52  | 37  | 29  | 20    | 12    | 7     |
| 1,90              | P                         | 707                       | 117   | 84  | 63  | 47  | 30    | 21    | 15    |
| 2,00              | P                         | 707                       | 96  | 68  | 51  | 39  | 24    | 16    | 7     |
| 2,10              | P                         | 707                       | 93  | 64  | 49  | 35  | 26    | 18    | 11    |
| 2,20              | P                         | 707                       | 76  | 54  | 36  | 25  | 17    | 11    | 9     |
| 2,30              | P                         | 707                       | 87  | 59  | 38  | 24  | 15    | 9     | 5     |
| 2,40              | P                         | 707                       | 56  | 42  | 30  | 23  | 14    | 9     | 6     |
| 2,50              | P                         | 707                       | 98  | 76  | 58  | 45  | 34    | 23    | 18    |
| 2,60              | P                         | 707                       | 47  | 40  | 30  | 25  | 20    | 12    | 7     |
| 2,67              | P                         | 707                       | 67  | 51  | 37  | 28  | 21    | 13    | 9     |

|                      |     |     |    |    |    |    |    |    |
|----------------------|-----|-----|----|----|----|----|----|----|
| Průměr:              | 707 | 76  | 54 | 39 | 29 | 19 | 12 | 8  |
| Maximum:             | 707 | 117 | 84 | 63 | 47 | 34 | 23 | 18 |
| Minimum:             | 707 | 40  | 30 | 23 | 15 | 9  | 5  | 1  |
| Směrodatná odchylka: |     | 20  | 14 | 11 | 9  | 6  | 5  | 3  |
| 85 % kvantil:        | 707 | 96  | 71 | 51 | 38 | 26 | 14 | 2  |
| 50 % kvantil:        | 707 | 78  | 57 | 41 | 29 | 19 | 9  | 1  |