

Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta lesnická a dřevařská
Katedra lesnických technologií a staveb



Česká zemědělská univerzita v Praze

**Fakulta lesnická
a dřevařská**

Vyhodnocení technologie
KAPS–LE na lesních cestách jako
podklad pro technickou normu

Diplomová práce

Autorka: Bc. Kristýna Maťová

Vedoucí práce: doc. Ing. Karel Zlatuška, CSc.

© 2019 ČZU v Praze



Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

| | |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Autorka práce: | Bc. Kristýna Maťová |
| Studijní program: | Lesní inženýrství |
| Obor: | Lesní inženýrství |
| Vedoucí práce: | doc. Ing. Karel Zlatuška, CSc. |
| Garantující pracoviště: | Katedra lesnických technologií a staveb |
| Jazyk práce: | Čeština |
| Název práce: | Vyhodnocení technologie KAPS-LE na lesních cestách jako podklad pro technickou normu |
| Název anglicky: | Evaluation of KAPS-LE technology on forest roads as the basis for a technical standard |
| Cíle práce: | Práce má za cíl zhodnotit stávající zkušenosti s technologií KAPS-LE technologie KAPS-LE (kamenivo zpevněné popílkocementovou suspenzí pro lesní cesty) při budování lesních cest a rozšířit poznatky ke zpracování nové ČSN na základě výsledků laboratorních a provozních zkoušek. |
| Metodika: | Bude zpracována literární rešerše zaměřená na: vozovky lesních cest, technologie konstrukčních vrstev vozovek, technologii KAPS-LE, KAPS-PM, KAPS-PA a KAPS-MS. Dále se rešerše bude zabývat funkcí patentů, využíváním know-how, licencí a metodikou na zpracování technických norem. V praktické části bude spolupracováno se společností Silmos s.r.o. na přípravě a realizaci staveb s KAPS-XY, na laboratorních zkouškách pevnosti v tlaku suspenze, na provozních zkouškách měření únosnosti rázovým deflektometrem a statistickém vyhodnocení výsledků zkoušek. Veškeré dosažené znalosti budou zpracovány do návrhu částí připravované ČSN pro KAPS-LE. |

Doporučený rozsah práce: Rešerše min. 40 stran, praktická část min. 30 stran, přílohy min. 15 stran

Klíčová slova: KAPS-LE, popílkocementová suspenze, lesní cesty

Doporučené zdroje informací:

1. ČSN 73 6108. Lesní cestní síť. Praha Český normalizační institut, 2016. 44 s.
2. GUCINSKI, Hermann. Forest Roads: A Synthesis of Scientific Information. Portland: U.S. Department of Agriculture, 2001, 108 s. ISBN 1428961429.
3. HANÁK, Karel. a kol. Stavby pro plnění funkcí lesa. Praha. 2008. 304 s. ISBN 978-80-87093-76-4.
4. HANÁK, Karel a Luděk HERALT. Technická doporučení pro lesní dopravní síť. Kostelec nad Černými lesy: Vydalo Ministerstvo zemědělství ČR v nakladatelství a vydavatelství Lesnická práce, 2000. ISBN 80-86386-09-0.
5. KLČ, Pavol a KRÁLÍK Alexandr. Katalóg porušení a závad na lesných cestách. Bratislava: Príroda, 1991. 85 s. ISBN 80-07-00273-1.
6. TOMÁNEK, Jaroslav. Lesní cesty - cvičení. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, katedra lesnických technologií a staveb, 2017. ISBN 978-80-213-2752-8.
7. VOPATA, Petr. Technická doporučení k ČSN 73 6108 (Lesní dopravní síť). Praha: Vydalo Ministerstvo zemědělství ČR, úsek lesního hospodářství v nakl. Lesnická práce, 2003. ISBN 80-86386-39-2.

Předběžný termín obhajoby: 2018/19 LS - FLD

Elektronicky schváleno: 25. 3. 2019
doc. Ing. Miroslav Hájek, Ph.D.
Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno: 26. 3. 2019
prof. Ing. Marek Turčáni, Ph.D.
Děkan

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Vyhodnocení technologie KAPS–LE na lesních cestách jako podklad pro technickou normu“ vypracovala samostatně pod vedením Ing. Igora Večerky, Ing. Věry Vrtěnové a doc. Ing. Karla Zlatušky, CSc a použila jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědoma, že zveřejněním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V..... dne.....

Bc. Kristýna Mařová

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Igoru Večerkovi, Ing. Věře Vrtěnové a doc. Ing. Karlu Zlatuškoví, CSc. vedoucímu mé diplomové práce, za odborné vedení, vstřícnost a cenné rady, které mi pomohly při vypracování práce, a Ing. Petru Meluzinovi s celým týmem pracovníků akreditované laboratoře IMOS Brno, a.s., Divize silniční vývoj za spolehlivé zajištění celoročních zkoušek

Vyhodnocení technologie KAPS–LE na lesních cestách jako podklad pro technickou normu

Abstrakt

Cílem této diplomové práce bylo zhodnotit zkušenosti s technologií KAPS–LE na lesních cestách a na základě toho navrhnout novou českou technickou normu (ČSN).

Významným východiskem pro zpracování práce byla platná legislativa České republiky, zejména zákony a normy. Ke čtyřem technologickým variantám KAPS–XY byly zmapovány a popsány čtyři stavby, z nichž se tři nacházely ve vlastnictví společnosti Colloredo-Mannsfeld spol. s.r.o. a jedna stavba se nacházela u lesní správy Kinský a.s. Žďár nad Sázavou. Terénní průzkum byl zaměřen na způsob budování patentovaných technologií KAPS–XY společností SILMOS s.r.o. se závěkem na provádění kontrolních zkoušek. Obsahem diplomové práce je také fotografická dokumentace, jež znázorňuje způsob provádění staveb.

Laboratorní zkoušky pevnosti v tlaku suspenze a provozní zkoušky měření únosnosti rázovým deflektometrem byly statisticky vyhodnoceny. Dle výsledků bylo zjištěno, že pevnost v tlaku významně narůstá i po lhůtě normového měření 28 dní a v průběhu 1 roku dosáhla zvýšení o 52 % oproti $R_{C,28}$.

Modul pružnosti vrstvy E výrazně narůstá i po lhůtě 28 dní na maximální hodnotu po 60 dnech, která je vyšší o 36 % oproti E_{28} . Závislost mezi veličinami R_C a E potvrzuje minimální požadovanou třídu pevnosti suspenze $C_{12/15}$ a lze spolehlivě akceptovat minimální návrhový modul pružnosti vrstvy KAPS–XY $E = 8\,000$ MPa. Veškeré znalosti byly zpracovány do návrhu části nové ČSN pro KAPS–XY.

Klíčová slova

KAPS–LE, popílkoceментová suspenze, vozovky lesní cesty

Evaluation of KAPS–LE technology used on forest roads as a basis for technical standard

Abstract

The aim of this thesis was to evaluate the experience with the KAPS–LE technology used on forest roads and based on this evaluation to propose a draft of a new Czech technical standard (ČSN).

The important starting point for this study was the valid legislation of the Czech Republic, especially its laws and standards. Four technological variants of KAPS–XY technology were examined and described in relation to four road constructions, three of which are owned by Colloredo-Mannsfeld spol. s.r.o. and one is a part of the forest administration of Kinsky a.s., Zdar nad Sazavou. Fieldwork was focused on the method of implementing the patented KAPS–XY technologies by SILMOS s.r.o. company and included training in carrying out control tests. The thesis also contains photographic documentation illustrating the process of the road construction.

The laboratory compressive strength tests on cured concrete cylinders and the operational tests by the impact deflectometer were statistically evaluated. The results have shown that the compressive strength increases significantly even after the standardized measurement period of 28 days and in the course of 1 year it has achieved 52 % increase compared to $R_{C,28}$.

The elastic modulus of the layer E is growing significantly even after 28 days up to its maximum value after 60 days, which is 36 % higher compared to E_{28} . The dependence between R_C and E confirms the minimum suspension strength class $C_{12/15}$ and the minimum design modulus of elasticity $E = 8,000$ MPa of the KAPS–XY layer can be safely assumed. All findings were incorporated into the draft of the Czech technical standard for KAPS–XY.

Keywords

KAPS–LE, ash-cement suspension, forest roads pavement

Obsah

| | | |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1 | ÚVOD | 13 |
| 2 | CÍL PRÁCE | 14 |
| 3 | LITERÁRNÍ REŠERŠE | 15 |
| 3.1 | ZÁKONY, PŘEDPISY, TECHNICKÉ NORMY | 15 |
| 3.1.1 | <i>Základní pojmy.....</i> | 15 |
| 3.1.2 | <i>Struktura předpisů Ministerstva dopravy České republiky.....</i> | 16 |
| 3.1.3 | <i>Česká technická norma podle zákona č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů</i> | 19 |
| 3.1.4 | <i>Metodické pokyny pro stavbu norem MPN 1:2011.....</i> | 19 |
| 3.1.5 | <i>Struktura norem pro stavbu vozovek</i> | 20 |
| 3.2 | PATENTY, KNOW–HOW, LICENCE | 22 |
| 3.2.1 | <i>Základní pojmy: Úřad průmyslového vlastnictví, patent, užitný vzor, ochranná známka</i> | 22 |
| 3.2.2 | <i>Poskytnutí licence k využívání patentu, rozdíl mezi know–how a technickou normou</i> | 23 |
| 3.2.3 | <i>ČS patent pro KAPS–LE a KAPS–MS.....</i> | 25 |
| 3.2.4 | <i>ČS patent pro KAPS–PM</i> | 26 |
| 3.2.5 | <i>ČS patent pro KAPS–PA</i> | 27 |
| 3.3 | ANOTACE PUBLIKOVANÝCH MATERIÁLŮ O KAPS–LE (KAPS–XY) | 27 |
| 3.3.1 | <i>Výzkumný projekt IGA LDF MENDELU č. 71/2013-2015</i> | 27 |
| 3.3.2 | <i>Sborník Cíkháj, Setkání lesníků Vysočiny, 2015</i> | 29 |
| 3.3.3 | <i>Trojice článků v Lesnické práci 1/2014, 8/2015, 12/2015.....</i> | 34 |
| 3.3.4 | <i>Setkání pracovníků CHKO, 2018.....</i> | 38 |
| 3.3.5 | <i>QUO VADIS LESNICTVÍ? – IV, 2018.....</i> | 39 |
| 3.3.6 | <i>SILMOS s.r.o. Materiály k seznámení s technologií KAPS-LE (XY), 2011 – 2019.....</i> | 39 |
| 3.3.7 | <i>Bakalářská práce: Údržba lesní cestní sítě, 2017</i> | 41 |
| 3.4 | POPIS POUŽITÝCH ZKUŠEBNÍCH METOD PRO KAPS–LE PODLE NOREM..... | 42 |
| 3.4.1 | <i>Zkoušky pevnosti v tlaku suspenze prováděné na válcových tělesech</i> | 42 |
| 3.4.2 | <i>Zkoušky tekutosti (konzistence) suspenze.....</i> | 44 |
| 3.4.3 | <i>Zkoušky únosnosti vrstvy KAPS–LE rázovým deflektometrem (FWD)</i> | 44 |
| 3.5 | PROJEKTOVÁ DOKUMENTACE PRO STAVBU LESNÍ CESTY | 46 |
| 3.5.1 | <i>Chybějící technické podklady pro zpracování projektové dokumentace s technologií KAPS–LE</i> <i>46</i> | |
| 3.5.2 | <i>Technická norma ČSN 73 6108.....</i> | 47 |
| 3.5.3 | <i>Vzorový projekt LC Holetínská.....</i> | 47 |
| 3.5.4 | <i>Zpráva 1 k přípravě stavby s KAPS–LE.....</i> | 48 |
| 3.5.5 | <i>Zpráva 2 o realizaci stavby s KAPS–LE.....</i> | 49 |

| | | |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 3.5.6 | <i>Zpřesňující poznatky pro projektanta k realizaci stavby s KAPS–LE</i> | 50 |
| 3.5.7 | <i>Cenová kalkulace</i> | 51 |
| 3.6 | ZAŘAZENÍ KAPS–LE DO SOUSTAVY TECHNOLOGIÍ PRO STAVBU LESNÍCH CEST A JEJÍ UPLATNĚNÍ | 53 |
| 3.6.1 | <i>Strukturální třídění technologií pro lesní cest</i> | 53 |
| 3.6.2 | <i>Komplexní hodnocení technologií pro lesní cesty</i> | 56 |
| 3.6.3 | <i>Komplexní hodnocení technologie KAPS–XY pro lesní cesty</i> | 58 |
| 3.6.4 | <i>Colloredo-Mannsfeld spol. s.r.o.</i> | 60 |
| 3.6.5 | <i>KINSKÝ Žďár, a.s.</i> | 60 |
| 4 | METODIKA PRÁCE | 61 |
| 4.1 | KAPS–LE – PŘÍPRAVA A REALIZACE STAVBY | 62 |
| 4.2 | KAPS–PM –PŘÍPRAVA A REALIZACE STAVBY | 65 |
| 4.3 | KAPS–PA – PŘÍPRAVA A REALIZACE STAVBY | 68 |
| 4.4 | KAPS–MS – PŘÍPRAVA A REALIZACE STAVBY | 72 |
| 4.5 | ODBĚR VZORKŮ NA ZKOUŠKY TEKUTOSTI A PEVNOSTI V TLAKU..... | 76 |
| 5 | VÝSLEDKY | 78 |
| 5.1 | VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ ZKOUŠEK PEVNOSTI V TLAKU SUSPENZE A MODULU PRUŽNOSTI VRSTVY KAPS–LE..... | 78 |
| 5.1.1 | <i>Zdůvodnění potřeby rozšířených zkoušek a dlouhodobého sledování zvolených parametrů</i> ... | 78 |
| 5.1.2 | <i>Příprava vhodného zkušebního úseku pro dlouhodobé sledování parametrů KAPS–LE</i> | 79 |
| 5.1.3 | <i>Dlouhodobé sledování pevnosti v tlaku popílkocementové suspenze pro KAPS–LE</i> | 85 |
| 5.1.4 | <i>Dlouhodobé sledování modulu pružnosti vrstvy KAPS–LE</i> | 87 |
| 5.1.5 | <i>Stanovení regresní závislosti mezi modulem pružnosti E vrstvy KAPS–LE a pevností v tlaku R_c suspenze</i> | 89 |
| 5.1.6 | <i>Statistické vyhodnocení výsledků zkoušek</i> | 91 |
| 5.1.7 | <i>Teoretické závěry zjištěné z dlouhodobého měření sledovaných parametrů R_c a E</i> | 94 |
| 5.1.8 | <i>Praktické závěry zjištěné z dlouhodobého měření sledovaných parametrů R_c a E</i> | 95 |
| 5.2 | VYBRANÉ KAPITOLY A ČLÁNKY NOVÉ ČSN PRO POUŽITÍ KAPS–LE V LESNÍM HOSPODÁŘSTVÍ..... | 96 |
| 6 | DISKUZE | 123 |
| 7 | ZÁVĚR | 124 |
| 8 | SEZNAM LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ | 125 |

Seznam obrázků

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Obr. 1: Schéma propojení různých skupin norem pro stavbu vozovek | 20 |
| Obr. 2: Ochranná známka 355 618 (17) | 23 |
| Obr. 3: Označení pro KAPS–LE (17) | 25 |
| Obr. 4: Označení pro KAPS–MS (17) | 26 |
| Obr. 5: Označení pro KAPS–PM (17) | 26 |
| Obr. 6: Označení pro KAPS–PA (17) | 27 |
| Obr. 7: Zkušební válečky pro zkoušky pevnosti v tlaku odebrané na stavbě (24) | 43 |
| Obr. 8: Schéma deflektometru (45) | 45 |
| Obr. 9: Vzorový příčný řez LC Holetínská (49) | 48 |
| Obr. 10: Úprava pláně | 62 |
| Obr. 11: Návoz kameniva | 62 |
| Obr. 12: Vytyčení výšky návozu | 63 |
| Obr. 13: Prolévání a rozprostírání suspenze | 63 |
| Obr. 14: Hutnění vrstvy | 64 |
| Obr. 15: Dokončovací práce | 64 |
| Obr. 16: Frézování krytu – pojezd pravou stopou | 65 |
| Obr. 17: Frézování krytu – pojezd středem | 65 |
| Obr. 18: Deponie kameniva | 66 |
| Obr. 19: Stavba propustku | 66 |
| Obr. 20: Svodnice zabudovaná v kamenivu | 67 |
| Obr. 21: Svodnice po prolití a vyčištění | 67 |
| Obr. 22: Odtěžení zeminy | 68 |
| Obr. 23: Navezení a rozprostření kameniva | 68 |
| Obr. 24: Prolévání suspenzí | 69 |
| Obr. 25: Hutnění vrstvy | 69 |
| Obr. 26: Rozprostření suspenze | 70 |
| Obr. 27: Pokládání panelů | 70 |
| Obr. 28: Dokončená oprava | 71 |
| Obr. 29: Stavba skladovacích a manipulačních ploch Holoubkov dělená na čtyři etapy | 72 |
| Obr. 30: Celkový pohled | 73 |
| Obr. 31: Odvodnění pláně - drenáže | 73 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Obr. 32: Spodní podkladní vrstva | 74 |
| Obr. 33: Spodní vrstva KAPS-LE..... | 74 |
| Obr. 34: Horní vrstva KAPS-LE..... | 75 |
| Obr. 35: Dokončovací práce | 75 |
| Obr. 36: Stanovení tekutosti suspenze (Vicatova zkouška)..... | 76 |
| Obr. 37: Plnění odebraného vzorku suspenze do formy | 77 |
| Obr. 38: Měření rozměrů (objemová hmotnost) vzorků suspenze v laboratoři..... | 77 |
| Obr. 39: Schéma úseku Nekvinda (AGRO Brno – Tuřany, a.s.)..... | 79 |
| Obr. 40: Zaměření úseku (měřící body 1 – 15)..... | 80 |
| Obr. 41: Skrývka původního nestmeleného zpevnění | 80 |
| Obr. 42: Přívěs FWD pro měření únosnosti vrstvy | 81 |
| Obr. 43: Protokol měření pevnosti v tlaku RC | 83 |
| Obr. 44: Protokol měření modulu pružnosti E..... | 84 |
| Obr. 45: Konstrukce vrstvy KAPS–LE..... | 100 |
| Obr. 46: Konstrukce vrstvy KAPS–PM..... | 100 |
| Obr. 47: Konstrukce vrstvy KAPS–PA | 101 |
| Obr. 48: Konstrukce vrstvy KAPS–MS..... | 101 |
| Obr. 49: Konstrukce vrstvy KAPS–LE bez budování podkladní vrstvy | 102 |
| Obr. 50: Konstrukce vrstvy KAPS–LE s budováním podkladní vrstvy | 102 |
| Obr. 51: Konstrukce vrstvy KAPS–PM s frézováním penetračního makadamu..... | 103 |
| Obr. 52: Konstrukce vrstvy KAPS–PM s vyplněním kolejí..... | 103 |
| Obr. 53: Konstrukce vrstvy KAPS–PA | 104 |
| Obr. 54: Konstrukce vrstvy KAPS–MS..... | 105 |
| Obr. 55: Kombinace vrstvy KAPS–LE a asfaltového krytu | 105 |
| Obr. 56: Vzorový příčný řez vozovky s KAPS–XY..... | 106 |
| Obr. 57: Příčný řez propustkem budovaným metodou KAPS–LE..... | 114 |

Seznam tabulek

| | |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| Tab. 1: Jednotná struktura předpisů pro silniční dopravu (4)..... | 16 |
| Tab. 2: Soustava norem pro stavbu vozovek | 17 |
| Tab. 3: Modul pružnosti dle TP 170 (7) | 18 |
| Tab. 4: Jednotný obsah norem pro stavbu vozovek (13)..... | 21 |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tab. 5: Klasifikace vrstev dle tloušťky pro šířku 3 metry (22) | 28 |
| Tab. 6: Celková délka lesních cest v ČR (24)..... | 30 |
| Tab. 7: Přehled údržby a délek lesních odvozních cest u LHC KINSKÝ Žďár, a.s. (24)... | 31 |
| Tab. 8: Délka lesních cest opravených technologií KAPS–LE u MP Lesy spol. s r.o. (24) | 32 |
| Tab. 9: Přehled odvozních cest na ŠLP Křtiny (26) | 34 |
| Tab. 10: Obsah Zprávy 1 | 48 |
| Tab. 11: Obsah Zprávy 2 | 49 |
| Tab. 12: Tabulka cen konstrukčních vrstev vozovek pro lesní cesty (7)..... | 52 |
| Tab. 13: Strukturální třídění technologií pro lesní cesty | 54 |
| Tab. 14: Strukturální třídění technologií pro lesní cesty s moduly pružnosti..... | 58 |
| Tab. 15: Harmonogram – postup prací LC HOLETÍNSKÁ (staničení denních úseků v km) (49)..... | 65 |
| Tab. 16: Pevnost v prostém tlaku popílkocementové suspenze RC | 85 |
| Tab. 17: Modul pružnosti E vrstvy KAPS–LE | 87 |
| Tab. 18: Statistická analýza zkoušek pevnosti v tlaku RC | 93 |
| Tab. 19: Statistická analýza měření únosnosti a modulu pružnosti E | 94 |
| Tab. 20: Požadavek na pevnost popílkocementové suspenze..... | 108 |
| Tab. 21: Požadavek na tekutost popílkocementové suspenze | 109 |
| Tab. 22: Kontrolní zkoušky stavebních materiálů | 119 |
| Tab. 23: Kontrolní zkoušky popílkocementové suspenze | 120 |
| Tab. 24: Kontrolní zkouška hotové vrstvy podle ČSN 73 6127 - 4..... | 121 |

Seznam grafů

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Graf 1: Přehled staveb s KAPS–XY podle typu zpevnění (31)..... | 59 |
| Graf 2: Nárůst pevnosti v tlaku suspenze R_C v čase | 85 |
| Graf 3: Nárůst modulu pružnosti vrstvy E v čase | 87 |
| Graf 4: Závislost modulu pružnosti E na pevnosti v tlaku suspenze R_C – lineární | 89 |
| Graf 5: Závislost modulu pružnosti E na pevnosti v tlaku suspenze R_C – logaritmická | 90 |
| Graf 6: Závislost modulu pružnosti E na pevnosti v tlaku suspenze R_C – kvadratická | 90 |

1 Úvod

Lesní cesty jsou druhým nejcennějším majetkem po lesních pozemcích s lesním porostem, proto je třeba stálá údržba a oprava. S vývojem těžké mechanizační techniky dochází k porušování starých cest i manipulačních skladů. Z toho důvodu byly vyvinuty čtyři patentové technologie KAPS–XY. Technologie KAPS–XY jsou charakteristické vysokou únosností a životností s možností využití na vysokých podélných sklonech a vodou ovlivněných půdách.

Motivací při výběru tématu diplomové práce bylo navázání na část bakalářské práce, v níž byla zpracována finanční náročnost na opravu lesní cesty Sádecká s technologií KAPS–LE.

S technologií KAPS–LE bylo od roku 2011 postaveno více než 60 staveb. Zájem lesních hospodářů vedl k tomu, že technologie KAPS–LE byla v roce 2017 zařazena Ministerstvem zemědělství ČR mezi podporované povrchy lesních cest v rámci Programu rozvoje venkova na období 2014 – 2020. V roce 2018 byly postaveny dvě pilotní dotační stavby lesních cest s KAPS–LE.

Na technologii KAPS–LE neexistuje žádná původní česká technická norma, a to omezuje její povědomost i použitelnost. Zadáním práce bude popsát jednotlivé technologické varianty KAPS–XY a přispět tak k jejich standardnímu provádění v praxi.

2 Cíl práce

Cílem diplomové práce je vyhodnotit a ověřit veškeré dostupné poznatky o skupině patentovaných technologií pro stavbu lesních cest a manipulačních skladů KAPS–XY se záměrem vytvoření návrhu budoucí ČSN. Důležitou podmínkou pro získání normových parametrů je rozšířený výzkum laboratorních zkoušek pevnosti v tlaku suspenze a zkoušek únosnosti rázovým deflektometrem.

Tím by byly zpřístupněny zatím neveřejné poznatky předávané individuálním investorům na bázi know–how do jednotné podoby ČSN, která umožní širší použití. Zpracováním ČSN nedochází po dobu platnosti patentů k omezení majetkových práv původců technologií, ale rozšíří se nabídka dalším investorům.

Vzhledem k chybějícímu komplexnímu výzkumu nemůže tato práce vyřešit veškeré části budoucí ČSN, ale může shrnout jednotný popis technologických variant KAPS–XY.

3 Literární rešerše

3.1 Zákony, předpisy, technické normy

3.1.1 Základní pojmy

Prvním krokem studijní přípravy je nutnost rámcově se seznámit s problematikou legislativy.

Legislativou se rozumí zákonodárná moc oprávněná vydávat zákony, nebo zákonodárny proces, jenž je oprávněn zákony přijímat. Nový návrh zákona je předkládán dle ústavy poslancem, senátem, vládou nebo krajským zastupitelstvem. K návrhu se vyjadřuje poslanecká sněmovna, senát a prezident České republiky. (1)

Zákon je obecně závazný právní předpis, jenž je podřazen ústavě a mezinárodním smlouvám. Je nadřazen podzákoným právním předpisům jako jsou vyhlášky a normy. Platnosti zákon nabývá dnem vyhlášení ve Sbírce zákonů ČR a účinným se stává zpravidla patnáctým dnem po vyhlášení ve Sbírce zákonů. Od té doby je zákon právně vynutitelný.

Nařízení EU jsou pro všechny členské státy závazná a volně přístupná. Jsou přijata podle legislativního postupu Radou EU.

Obecně závazná **vyhláška** je podzákoný právní předpis, jenž může vydat ústřední orgán státní správy, nebo i jiný úřad, pokud byl zmocněn zákonem. Vyhláška upřesňuje nebo zpřísňuje právní normu obsaženou v zákoně, na který se ve svém znění odvolává.

Technická norma není obecně závazná a mocensky vynutitelná, ale její dodržení je všestranně výhodné. Jedná se o předpis, který není volně dostupný. Tvorba norem se musí řídit metodickými pokyny pro jejich zpracování. Norma vyjadřuje konkrétní požadavky na dodržování podmínek pro daný proces, službu nebo výrobek.

Mezinárodní norma (ISO, IEC) je norma přijatá mezinárodní normalizační organizací.

Evropská norma (EN, ETSI EN) je přijatá evropskou normalizační organizací. (2)

Česká technická norma (ČSN) je norma přijatá národním normalizačním orgánem. Tvorbou norem je pověřen Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (ÚNMZ), vlastní činnost v oblasti normalizace vykonává Česká agentura pro standardizaci (ČAS). V České republice tvoří původní ČSN pouze 10 % z celkové roční produkce technických norem, ostatní normy jsou převzaté. (3)

3.1.2 Struktura předpisů Ministerstva dopravy České republiky

Oblast pozemních komunikací a stavby vozovek spadá do působnosti ministerstva dopravy ČR, a proto je potřebné prostudovat strukturu předpisů MD ČR. Problematika stavby lesních cest je přímo v ČSN 73 6108:2018 Lesní cestní síť odkazována na příslušné normy pro stavbu vozovek.

Tab. 1: Jednotná struktura předpisů pro silniční dopravu (4)

| Úroveň | 1 MEZINÁRODNÍ (EU,...) | | 2 NÁRODNÍ (ČR) | | 3 RESORTNÍ (MD) | | 4 OSTATNÍ | | |
|-----------------------------|------------------------|----------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------|------------------------------------------------------|-----------|
| | Druh | Informativní | Povinné | Externí | Interní | Externí | Gesce | Informativní | Schválené |
| 1 PRÁVNÍ (legislativní) | Směrnice EU | Vybrané směrnice EU pro PK | Zákony, Vyhlášky, Nařízení vlády | Zákony, Vyhlášky, Nařízení vlády pro PK | | | | | |
| 2 SPRÁVNÍ (administrativní) | | | | | Pokyn L (SCC) Uplatňování a používání eurokódů | Směrnice pro dokumentaci staveb, Metodické pokyny SJ-PK | | | |
| 3 SMLUVNÍ (obchodní) | | | | | | Všeobecné obchodní podmínky, Oborový třídník | | Zvláštní obchodní podmínky, Soupis prací | |
| 4 TECHNICKÉ | Normy ISO | Normy EN | ČSN | Určené ČSN | | Technické podmínky, Technické kvalitativní podmínky | Slovník | Zvláštní technické podmínky, Zadávací dokumentace | |

Tab. 1 třídí strukturu všech předpisů MD ČR. Horizontální třídění rozděljuje zdrojové dokumenty dle míry obecné závaznosti. Vertikální třídění dělí dokumenty podle působnosti vydavatele. (4) V Tab. 1 jsou zvýrazněna dvě pole, která budou předmětem zájmu této práce: České technické normy pro stavbu vozovek a technické podmínky pro navrhování vozovek.

V domácí odborné literatuře pro stavbu lesních cest je stále ještě používán odkaz na sadu norem ČSN 73 6121–31 Stavba vozovek (1994), knižně ve sborníku z roku 1996. (5) Přestože většina norem byla později nahrazena převzatými evropskými normami, přehledné členění soustavy kmenových norem podle technologií stále umožňuje dobrou orientaci v problematice. (Tab. 2)

Tab. 2: Soustava norem pro stavbu vozovek

| Číslo normy | Název normy |
|---------------|-------------------------------------------------------------------|
| ČSN 73 6121 | Stavba vozovek. Hutněné asfaltové vrstvy |
| ČSN 73 6122 | Stavba vozovek. Lité asfalty |
| ČSN 73 6123 | Stavba vozovek. Cementobetonové kryty |
| ČSN 73 6124 | Stavba vozovek. Kamenivo stmelené hydraulickým pojivem |
| ČSN 73 6125 | Stavba vozovek. Stabilizované podklady |
| ČSN 73 6126 | Stavba vozovek. Nestmelené vrstvy |
| ČSN 73 6127 | Stavba vozovek. Prolévané vrstvy |
| ČSN 73 6128 | Stavba vozovek. Vtlačované vrstvy |
| ČSN 73 6129 | Stavba vozovek. Postříky a nátěry |
| ČSN 73 6130 | Stavba vozovek. Emulzní kalové vrstvy |
| ČSN 73 6131-1 | Stavba vozovek. Dlažby a dílce. Část 1: Kryty z dlažeb |
| ČSN 73 6131-2 | Stavba vozovek. Dlažby a dílce. Část 2: Kryty ze silničních dílců |
| ČSN 73 6131-3 | Stavba vozovek. Dlažby a dílce. Část 3: Kryty z vegetačních dílců |

Rakouská směrnice (RVS) pro stavbu zemských a lesních cest řeší návrhová pravidla a doporučené postupy pro jejich návrh a stavbu. (6)

Kromě ČSN patří mezi základní technické dokumenty MD ČR, které upravují problematiku navrhování a provádění vozovek, i technické podmínky. Významným dokumentem je zejména TP 170 Navrhování vozovek pozemních komunikací. Tento předpis uvádí mimo jiné i základní návrhové charakteristiky jednotlivých konstrukčních vrstev vozovek, které jsou potřebné pro výpočet konstrukce vozovky a které je třeba experimentálně ověřit i pro novou technologii KAPS–LE. Základní návrhovou charakteristikou pro konstrukční vrstvy je modul pružnosti E (MPa). (7) Cílem práce je mimo jiné stanovit návrhový modul pružnosti vrstvy KAPS–LE (KAPS–XY) na základě předchozích výsledků i nově provedených terénních zkoušek.

Tab. 3: Modul pružnosti dle TP 170 (7)

| Název konstrukční vrstvy podle sady norem ČSN 73 6121–31 Stavba vozovek | Zkratka (označení vrstvy) | Modul pružnosti [MPa] |
|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|--------------------------|
| Štěrkodrt' | ŠD | 400 |
| Štěrkopísek | ŠP | 120 |
| Recykláty | REC | 150 – 300 |
| Zpevněná zemina | MZ | 150 |
| Vibrovaný štěrk | ŠV | 500 |
| Kalený štěrk | KŠ | 500 |
| Mechanicky zpevněné kamenivo | MZK | 600 |
| Stabilizace zeminy asfaltovou emulzí | | |
| Vsypný makadam | VM | 800 |
| Penetrační makadam | PM | 800 |
| Stabilizace zemin hydraulickým pojivem | S III, II, I | 800 -1 200 |
| Štěrk částečně vyplněný cementovou maltou | ŠCM | 600 |
| Kamenivo zpevněné cementem | KSC II, I | 2 000 – 2 500 |
| Kamenivo zpevněné popílkocementovou suspenzí | KAPS–LE (XY) | (8 000 – 12 000)* |
| Asfaltový beton | AC (AB) | 7 500 |
| Obalované kamenivo | AC (OK) | 5 500 |
| Válcovaný beton | VB II, I | 20 000 – 23 500 |

Poznámka: * Moduly pružnosti KAPS–XY nejsou součástí TP.

MAKOVNÍK přehledně uvádí zařazení lesních cest do soustavy dopravních staveb a silnic. (8)

Samostatné pojednání o lesních cestách z hlediska odlišného zatížení a nároku na konstrukci zpevnění pojednává JURÍK a HANÁK, HERALT. (9), (10)

3.1.3 Česká technická norma podle zákona č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů

Zákon upravuje technické požadavky na výrobky, které mohou ohrozit zdraví, nebo bezpečnost osob, majetek, životní prostředí, nebo jiný veřejný zájem. Dále jsou v zákoně uvedena práva a povinnosti osob při uvádění výrobků na trh a jejich distribuci. Výrobkem se rozumí věc, která je vyrobena, vytěžena, nebo jinak získána bez ohledu na zpracování, a je určena k prodeji na trhu.

Česká technická norma obsahuje pravidla, směrnice nebo charakteristiky činností nebo výsledků pro optimální uspořádání. Zákon dělí normy na harmonizované technické normy a určené normy. Harmonizované technické normy plně splňují požadavky stanovené evropskou normou. Určené normy obsahují podrobnější technické požadavky. Změny nebo zrušení těchto norem se oznamuje ve Věstníku Úřadu (ÚNMZ). Tvorbu, vydávání a distribuci ČSN zajišťuje stát a tyto úkoly plní Úřad. Úřad je oprávněn vybírat úplatu za odborné činnosti, jejíž výši stanoví Ministerstvo vyhláškou. (11)

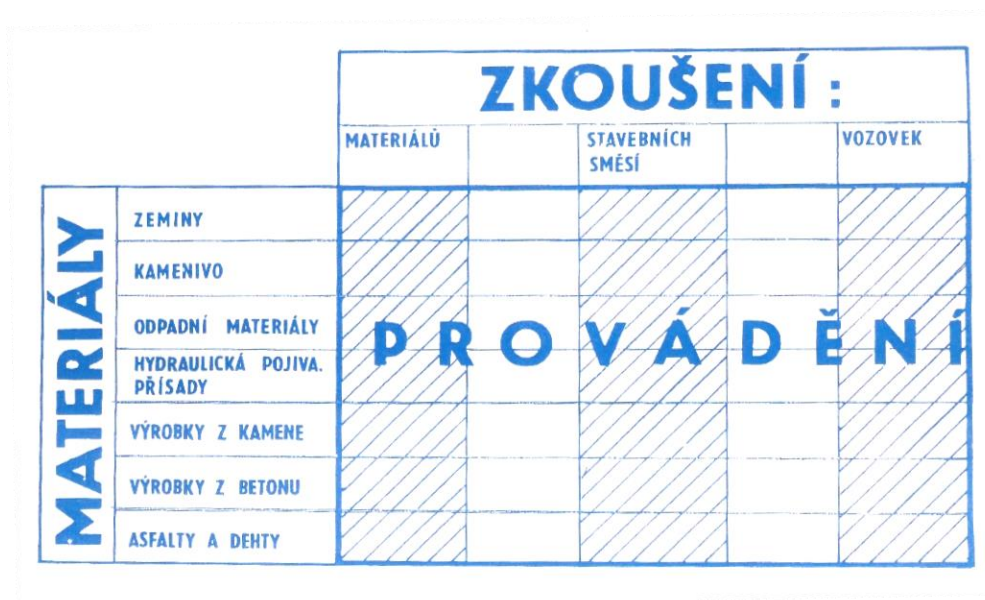
Zpracování nové ČSN znamená nejen seznámení s právním zakotvením ČSN podle zákona č. 22/1997 Sb. a s mechanismem fungování práce ÚNMZ a ČAS, ale také podrobné seznámení s metodickým pokynem pro stavbu norem MPN 1:2011.

3.1.4 Metodické pokyny pro stavbu norem MPN 1:2011

Podmínkou pro zpracování nových i převzatých norem je dodržování zásad pro normalizační práci. Hlavními zásadami jsou jednotnost, jednoduchost, přehlednost a optimalizace parametrů. Metodické pokyny pro stavbu norem zpracovává Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. Pokyny stanovují pravidla pro zpracování normy jako je členění a úprava dokumentu. Účelem pokynů je zajistit jednotnou

úpravu všech vydávaných dokumentů. Dokumenty dále vydávají jasná a jednoznačná ustanovení k usnadnění obchodu a ke komunikaci. (12)

Nová norma pro KAPS–LE musí splňovat veškeré formální náležitosti ČSN v souladu s metodickým pokynem MPN 1:2011. Z hlediska obsahového jsou v oblasti pozemních komunikací uspořádány skupiny obdobně členěných norem pro projektování, norem pro zkoušení, norem pro stavební materiály a samostatně norem pro technologie (stavba vozovek). (2) Ve schématu na Obr. 1 je zobrazeno, jak se samostatné normy pro stavební materiály a samostatné normy pro zkoušení (stavebních materiálů, stavebních směsí a vozovek) stávají v přímých odkazech součástí norem pro provádění (stavbu) vozovek.



Obr. 1: Schéma propojení různých skupin norem pro stavbu vozovek

3.1.5 Struktura norem pro stavbu vozovek

Na základě obsahu norem pro stavbu vozovek byla vytvořena jednotná struktura (obsah) v členění kapitol podle Tab. 4.

Tab. 4: Jednotný obsah norem pro stavbu vozovek (13)

| | |
|---|---------------------|
| | Předmluva |
| 1 | Předmět normy |
| 2 | Termíny a definice |
| 3 | Značky a označování |
| 4 | Užití ve vozovce |
| 5 | Stavební materiály |
| 6 | Stavební směs |
| 7 | Stavební práce |
| 8 | Zkoušky |
| | Přílohy |

Tato struktura byla využita i pro technologii KAPS v normě ČSN 736127:1994 Stavba vozovek. Prolévané vrstvy. V této kmenové normě je mimo jiné popsána podobná technologie KAPS, která je používána pro podkladní vrstvy vozovek pozemních komunikací. V následné revizi byly jednotlivé technologie z této kmenové normy zpracovány do samostatných norem – ČSN 73 6127-4:2008 Stavba vozovek – Prolévané vrstvy – Část 4: Kamenivo zpevněné popílkocementovou suspenzí. Použití této normy pro novou technologii KAPS-LE je pouze orientační s nezbytnou úpravou technických parametrů. Proto je důležité s přihlédnutím k normě pro KAPS vytvořit novou samostatnou normu pro technologii KAPS-LE, která zohlední specifické určení pro stavbu lesních cest. (14)

3.2 Patenty, know-how, licence

3.2.1 Základní pojmy: Úřad průmyslového vlastnictví, patent, užitný vzor, ochranná známka

Úřad průmyslového vlastnictví je ústředním orgánem státní správy České republiky na ochranu průmyslového vlastnictví. Úřad se zabývá především udělováním patentů a vedením rejstříků ochranných známek. Dále je pověřen ochranou průmyslových vzorů, užitných vzorů, zpracovává a zpřístupňuje databáze světové patentové literatury. (15)

Patent je udělen na základě podání patentové přihlášky, kterou podá původce vynálezu. Patenty se udělují na vynálezy, které jsou nové a průmyslově využitelné. Jsou výsledkem vynálezecké činnosti. Úřad je povinen přezkoumat především novost vynálezu; dělá to prostřednictvím patentové rešerše, kdy z dostupných databází již udělených patentů vyhledává podobné případy a porovnává jejich hlavní znaky. Patent platí po dobu 20 let ode dne podání patentové přihlášky. Po dobu platnosti patentu jej nikdo nesmí bez souhlasu majitele využívat. Při zaměstnaneckém vynálezu patří právo na patent zaměstnavateli. Pro zachování platnosti patentu je nutno platit předepsané udržovací poplatky. (16)

Užitný vzor je určen na ochranu technických řešení, která jsou nová a přesahují rámec odborné dovednosti, jsou průmyslově využitelná. Užitný vzor je vydán na základě přihlášky užitných vzorů. Úřad zkoumá základní podmínky pro ochranu a zapisuje užitný vzor do rejstříku, aniž by byla podrobně zkoumána novost a tvůrčí úroveň. Užitný vzor má platnost maximálně 10 let. Udržovací poplatky jsou nižší než udržovací poplatky za patent. (16)

Ochranná známka označuje grafické znázornění, které je určeno k rozlišení výrobků nebo služeb. Toto znázornění je tvořeno slovy, číslicemi, písmeny, barvou, tvarem výrobku nebo jeho obalu. I u ochranné známky Úřad porovnává přihlášku s databázemi platných ochranných známek, aby nedocházelo k duplicitám. Po podání přihlášky je ochranná známka zapsána do rejstříku s platností 10 let. Na žádost vlastníka lze platnost prodloužit o dalších 10 let. Prodloužení je možno podávat opakovaně. (15), (16)



Obr. 2: Ochranná známka 355 618 (17)

3.2.2 Poskytnutí licence k využívání patentu, rozdíl mezi know-how a technickou normou

Licenční smlouva je nejčastějším prostředkem pro možnost využít nehmotných statků. Duševní vlastnictví je rozděleno na průmyslové vlastnictví a autorská práva. Průmyslovým vlastnictvím rozumíme především patenty, ochranné známky, užité vzory. Licence je poskytována v určitém rozsahu a není-li uvedeno jinak, nabyvatel licence se zavazuje poskytovateli poskytnout odměnu. Dříve musela být licenční smlouva vždy uzavřena písemně. Podle zákona o vynálezech a zlepšovacích návrzích 527/1990 Sb. musí být patentová licenční smlouva uzavřena vždy písemně. V současnosti licenční smlouva podle občanského zákoníku musí být uzavřena písemně, pokud se jedná o licenci výhradní. Požadavky licence jsou vymezeny pro patenty, ochranné známky, užité vzory a průmyslové vzory. Dle zákona o ochranných známkách 441/2003 Sb. licenční smlouva vůči třetím osobám, která je dána písemnou formou, nabývá platnosti zápisem do rejstříku. Dle zákona o užitných vzorech 478/1992 Sb. vede Úřad pro průmyslové vlastnictví rejstřík smluv, do kterého se licence zapisují. Pokud není v licenci jednoznačně napsáno, že se jedná o licenci výhradní, jedná se o licenci nevýhradní. Při uzavření výhradní licence má právo užití předmětu licence pouze nabyvatel, poskytovatel se zavazuje neposkytnout licenci nikomu jinému a sám ji nevyužívat. (16)

Know-how popisuje technické a informační znalosti, které zahrnují výrobní a obchodní znalosti, postupy, návody a receptury pro výrobu, získané dlouholetými zkušenostmi. Poskytovatel může poskytnout know-how za úplatu a zároveň žádat nabyvatele o utajování informací. Na rozdíl od licence k patentu lze poskytnout know-how i jednorázově. Forma popisu know-how není stanovena závaznými předpisy.

Technická norma je právně nezávazný předpis, který stanoví parametry a vlastnosti materiálu, výrobku nebo pracovního postupu, který vede ke standardizaci. Technická norma řeší pouze standard jako osvědčený postup, jehož opakované využití je pro uživatele výhodné. Technická norma zpracovaná podle patentu obsahuje know-how, jak předmět patentu správně použít. Normy jsou sjednoceny dle jednotných a přesně daných předpisů. (3)

Technologie KAPS–XY je průmyslově chráněná trojicí patentů a ochrannou známkou. To znamená, že pro využití patentové ochranné technologie platí pravidla vycházející ze zákona č. 527/1990 Sb. Z hlediska zpracování ČSN na patentovanou technologii platí vzájemné respektování pravidel průmyslového vlastnictví. Zpracování takové ČSN je možné pouze se souhlasem majitele patentu. Existence ČSN zpracované na základě patentované technologie umožňuje její širší použití hlavně v oblasti státní a veřejné správy, ale zároveň nijak neomezuje průmyslová práva spojená s používáním technologie po dobu platnosti patentu.

Majitelem trojice patentů na technologii KAPS–XY je společnost SILMOS s.r.o. Společnost SILMOS s.r.o. obvykle sjednává s uživateli technologie KAPS–XY jednotnou nevýhradní licenční smlouvu, která umožňuje nabyvateli patentu používat technologie KAPS–XY na vlastních nebo spravovaných pozemcích.

Existenci patentových práv respektuje i Ministerstvo zemědělství ČR, které od roku 2016 zařadilo technologii KAPS–LE (KAPS–XY) mezi podporované povrchy a v rámci pokynů upozorňuje na nutnost sjednání licenční smlouvy.

3.2.3 ČS patent pro KAPS–LE a KAPS–MS

Patent číslo 304374 s názvem: Způsob vytváření krytu vozovky byl udělen roku 2014. Patent chrání nový způsob vytváření krytu vozovky oproti bývalému patentu KAPS, kde se jednalo o podkladní vrstvu.

Kostra je tvořena z hrubého drceného kameniva frakce 32/63 mm, do níž je vpravena směs z cementu (minimálně 25 %), popílku (maximálně 75 %) a vody. Kostra z kameniva vytváří mozaiku, která zajišťuje protismykové vlastnosti. Při vnějším působení na kryt vozovky jsou zrna vymílána, a tím se zachovává protismyková vlastnost po celou dobu životnosti. Množství cementu ve směsi dále zajišťuje i násobně vyšší pevnost oproti KAPS. Měření tekutosti směsi je prováděno Vicatovým prstencem, kde dovolené vylití je maximálně 160 mm. Při dodržení dovoleného vylití je zajištěno plné prolití kamenné kostry a je zamezeno vytékání krajnicemi. Díky kombinaci předepsané minimální pevnosti suspenze a zaklínění kamenné kostry dochází k vysokému parametru únosnosti vrstvy s modulem pružnosti $E = 8\ 000 - 12\ 000$ MPa. (18)



Obr. 3: Označení pro KAPS–LE (17)

Další technologická varianta KAPS–MS je plně odvozena ze základního patentu pro KAPS–LE CZ 304374. Jedná se o jeho dvouvrstvé použití pro manipulační sklady extrémně zatížené těžkou dopravní technikou. Maximální nejúnosnější používané uplatnění dosavadního systému KAPS–LE jako KAPS–MS se skládá ze dvou vrstev tloušťky 200 mm, tedy dohromady 400 mm. Vrstvy lze podle skutečného požadavku na zatížení skládat v různé tloušťce od 100, 150, 200 mm do dvojnásobného provedení. Vrstvy nad 250 mm se zpravidla neprovádějí. Pro zlepšení povrchových vlastností a požadované rovinnosti při pojezdu manipulačních vozíků je možné na vrstvu KAPS–MS použít krytovou vrstvu z asfaltového betonu tloušťky 60 – 80 mm. Pro těžkou manipulační techniku je vyhovující trvanlivý povrch z KAPS–MS.



Obr. 4: Označení pro KAPS–MS (17)

3.2.4 ČS patent pro KAPS–PM

Patent číslo 305239 s názvem: Způsob obnovy krytů ploch, zejména poškozených lesních a účelových vozovek a cest z penetračního makadamu byl udělen roku 2015. Dříve plošně používaný penetrační makadam je dnes složité recyklovat a jeho obnova další asfaltovou vrstvou je nevhodná díky nízké životnosti. V současnosti je nutno navrhovat jiné technologie, které jsou přizpůsobeny využívání nové těžební a dopravní techniky, které mají větší nároky na únosnost komunikace.

Původní vrstva krytu se rozpojí za pomoci frézy. Rozpojený materiál se doplní hrubým drceným kamenivem frakce 32/63 mm v tloušťce 80 mm až 150 mm a vyplní se směsí s předepsanou pevností, která je popsána v patentu 304374. Při použití postupu dle tohoto patentu vzniká vrstva, která má dobré protismykové vlastnosti a velmi dobrou únosnost s využitím původní vrstvy a tím snížením tloušťky zesílení. Extrémně poškozené a nerovné kryty z původního penetračního makadamu lze opravit i po částech vyplněním vyježděných kolejí a teprve následně tenkým celoplošným překrytím z KAPS–PM. (19)



Obr. 5: Označení pro KAPS–PM (17)

3.2.5 ČS patent pro KAPS-PA

Patent číslo 306682 s názvem: Způsob stavby a opravy vozovek a ploch z prefabrikovaných betonových dílců a dlažeb byl udělen roku 2017. U nejméně zatížených lesních odvozních cest a skladů bývají použity vozovky z panelů. Panely však bývají pokládány na nezpevněný podklad, což časem způsobí posuny a porušení panelů. Tento patent vytváří novou podkladní vrstvu z kameniva frakce obvykle 32/63 mm, jenž je zalito popílkocementovou suspenzí stanovené pevnosti. Tato suspenze je dále použita jako ložní vrstva, do které se pokládají panely. Stejnou suspenzí se zalijí spáry mezi panely, a tím vznikne únosná vozovka, kterou neprotéká voda k podkladní vrstvě. Navržený způsob provedení je možno uplatnit jako novou stavbu nebo rekonstrukci stávající poškozené vozovky z použitých dílců. Porušené dílce lze dobetonovat do nivelety stejným způsobem jako podkladní vrstvu, tedy prolitím kameniva 32/63 mm popílkocementovou suspenzí a zhutněním vibrační deskou. (20)



Obr. 6: Označení pro KAPS-PA (17)

3.3 Anotace publikovaných materiálů o KAPS-LE (KAPS-XY)

3.3.1 Výzkumný projekt IGA LDF MENDELU č. 71/2013-2015

Technologie KAPS-LE (KAPS-XY) byla ověřována v rámci tříletého výzkumného projektu na Mendlově univerzitě v Brně jako Interní grant LDF MENDELU č. 71/2013 – 2015 „Nová technologie pro zpevnění lesních a účelových cest KAPS-LE“ pod vedením prof. Ing. Radomíra Ulricha, CSc. Celý projekt byl řešen na základě bezúplatné Dohody o spolupráci mezi MENDELU LDF a SILMOS s.r.o. Výsledky překračují stanovené výstupy, a to zejména z důvodu zainteresování řady lesních správců a majitelů lesa se svými zkušenostmi s KAPS-LE.

- **Výroční zpráva za rok 2013**

Zkušební úsek technologie KAPS–LE byl dle zadání projektu postaven s rozdílnými parametry v délce 400 m u ŠLP Křtiny na lesní cestě Budkovanská. Realizace technologie byla zvládnuta vlastními prostředky majitele. Výsledná měření průměrného modulu pružnosti překročila očekávání s hodnotou $E = 9\,000$ MPa. Životnost stavby překračuje hranici výpočtového programu 25 let. Pevnost v tlaku suspenze po 28 dnech dosáhla průměrné hodnoty 17,10 MPa, což překročilo minimální požadovanou pevnost třídy C_{12/15}. Od roku 2011 do roku 2013 bylo vyhotoveno 11 zkušebních úseků, které budou v rámci tříletého projektu vyhodnoceny. Výstupem projektu bylo zhotovené výukové DVD s názvem „Nová technologie lesních odvozních cest KAPS–LE“, které zachycuje celkové představení i parametry technologie se všemi technologickými operacemi. (21)

- **Výroční zpráva za rok 2014**

Nový zkušební úsek byl vybudován na lesní cestě Na Síčkách u MP Lesy, spol. s.r.o. v délce 200 m, aby byla ověřena úprava povrchu z penetračního makadamu zesílená vrstvou KAPS–LE v tloušťce 100 a 150 mm. Lesní cesta, původně zpevněná vrstvou z penetračního makadamu, dosahovala hloubky kolejí až 16 cm. Kryt byl rozrušen těžkou zemní frézou, aby došlo k reprofilaci povrchu. Na zkušebním úseku byl stanoven pojezd frézy, kdy fréza nejprve projede přes střední nepojížděný pás, druhým a třetím pojezdem je rozrušen levý a pravý okraj cesty. Byla stanovena doporučená tloušťka vrstvy pro recyklaci 10 cm. Vrstva recyklovaného penetračního makadamu slouží jako kvalitní podkladní vrstva, na kterou je použita vrstva KAPS–LE SLIM nebo ULTRASLIM místo STANDARDU 200 mm. Při provádění tenčích vrstev nedošlo k odlišnostem ve vlastnostech krytu oproti standardní tloušťce. (22)

Tab. 5: Klasifikace vrstev dle tloušťky pro šířku 3 metry (22)

| Vrstva KAPS-LE | Tloušťka po zhutnění (cm) | Spotřeba kameniva (t/100 m) | Spotřeba suspenze (m ³ /100 m) |
|----------------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------|
| STANDARD | 20 | 140 | 30 |
| SLIM | 15 | 105 | 22,5 |
| ULTRASLIM | 10 | 70 | 15 |

Zajímavým zjištěním je, že modul pružnosti jako materiálová charakteristika je nezávislý na tloušťce vrstvy, což dokazují naměřené hodnoty modulu pružnosti v pravé stopě 8 948 MPa a v levé stopě 10 623 MPa. Naměřený modul pružnosti celé konstrukce vozovky je částečně ovlivněn modulem pružnosti podloží. S výsledky měření i z roku 2013 lze potvrdit modul pružnosti $E = 8\,000 - 9\,600$ MPa.

- **Souhrnná výzkumná zpráva za rok 2015**

Souhrnná zpráva za rok 2015 uvádí 13 staveb podle technologie KAPS–LE o rozsahu 28 375 m². Od roku 2011 do roku 2015 bylo provedeno celkem 32 staveb o ploše 48 682 m² s výškou nákladů 22 610 838 Kč. Veškeré cesty byly vybudovány bez dotační podpory státu a v souhrnné zprávě jsou některé stručně charakterizovány a doplněny ilustračními fotografiemi. Na lesní cestě Budkovanská byly roku 2013 po čtyřech týdnech od realizace změřeny průměrné hodnoty modulu pružnosti $E = 8\,433$ MPa. Roku 2015 byla tato hodnota 9 246 MPa. Na lesní cestě Česká Mez bylo provedeno šetření půdního chemismu, které prokazuje technologii KAPS–LE jako nezávadnou. (23)

Souhrnná zpráva konstatuje, že poslední vynalezenou technologií před technologií KAPS–LE je minerální beton, což je třicet let stará záležitost, a i z toho důvodu o technologii jeví zájem lesní hospodáři. Nová technologie KAPS–LE vyžaduje technologický dokument, nejlépe normu ČSN, který technologii učiní předmětem standardní poptávky a nabídky ve výběrovém řízení. (22)

3.3.2 Sborník Cikháj, Setkání lesníků Vysočiny, 2015

Monotematický sborník pod názvem „Nová technologie pro zpevnění lesních a účelových cest KAPS–LE“ obsahuje 7 níže popsaných příspěvků od různých autorů. Součástí akce byla ukázka provádění technologie KAPS–LE při zesílení lesní cesty Holetínská v délce 240 m.

- **Aktuální stav lesní dopravní sítě v ČR:**

Lesní hospodářství se neobejde bez kvalitní infrastruktury, jejíž součástí je lesní dopravní síť tvořená lesními cestami různých tříd. Lesní cesty umožňují obhospodařování majetku a zvyšují jeho hodnotu, ale také umožňují využití lesů i pro jiné účely, jako je například rekreace a sport.

Tab. 6: Celková délka lesních cest v ČR (24)

| Třída | 1L (km) | 2L (km) |
|--------------|----------------|----------------|
| ČR | 12 795 | 26 384 |

V ČR převažují rekonstrukce a modernizace lesních cest, zejména přestavba na cesty vyšších kategorií. Celkovou délku lesní dopravní sítě lze hodnotit jako vhodnou, ale při posouzení kvality zpřístupnění je nevhodná. Hustota lesní dopravní sítě při stanovení základních cílů vyžaduje další výstavbu lesních cest, a to i z ekonomického hlediska (snížení přibližovací vzdálenosti). (24)

Oproti ČR je v Albánii zalesněno téměř 36 % území, ale vzhledem k nepřístupným oblastem je přístup a pěstební činnost velmi náročná. Lesní infrastruktura je velmi nevhodná, protože mají celkem 3 500 km s průměrnou hustotou 3 m/ha. Polovina lesních cest v dobrém stavu je převážně z penetračního makadamu. (25)

- **Ověřování nové technologie KAPS–LE pro trvale sjízdné lesní odvozní cesty v rámci tříletého projektu IGA LDF MENDELU č. 71 / 2013 – 2015:**

Projekt byl vypracován s cílem všestranného ověření technologie KAPS–LE po technologické stránce, hodnocení únosnosti vrstvy, parametrů výplňové směsi a ekonomického vyhodnocení s porovnáním jiných technologií. V roce 2013 byl vystaven zkušební úsek LC Budkovanská na ŠLP Křtiny v celkové délce 400 metrů. Na zkušebním úseku byl stanoven modul pružnosti $E = 8\,000 - 9\,000$ MPa, což je desetkrát více než u vrstvy z penetračního makadamu. Vypočtená životnost vrstvy je 25 let. V rámci projektu byly hodnoceny i další zkušební úseky. Ze zkušebního úseku vyplývá, že druh a kvalita kameniva hrají roli při spotřebě suspenze. Kontrolní zkoušky suspenze je nutné ponechat jako stabilní součást technologického procesu, aby byla zajištěna kontrola kvality dodávané suspenze. Tržní cena technologie s KAPS–LE tloušťky vrstvy 200 mm je 400 Kč/m², což je v porovnání s ostatními technologiemi méně, při dosažení vyšší kvality a životnosti. (24)

- **Metoda pro zkoušení a hodnocení únosnosti vozovek pozemních komunikací:**

Při navrhování vozovek se bere ohled zejména na zatížení těžkou dopravní technikou, neboť vyvolaná deformace ovlivňuje stav i dobu životnosti konstrukce vozovky. Rázovou zatěžovací zkoušku včetně vyhodnocovacího programu provozuje v ČR několik zkušebních zařízení, která zjistí reálné průhybové čáry. Rázové zatěžovací zkoušky jsou vhodné pro posouzení únosnosti vozovky, diagnostický průzkum a pro návrh opravy či rekonstrukce. (24)

- **Údržba sítě lesních odvozních cest v rámci společnosti Kinský Žďár, a.s. a možnosti využití technologie KAPS–LE:**

Jedná se o lesní majetek LHC KINSKÝ Žďár o výměře 5 780 ha, který je součástí CHKO Žďárské vrchy včetně národních přírodních rezervací Žákova hora, Radostínské rašeliniště a Dářko. Větší část se nachází v okrese Žďár nad Sázavou a menší v okrese Havlíčkův Brod.

Tab. 7: Přehled údržby a délek lesních odvozních cest u LHC KINSKÝ Žďár, a.s. (24)

| Kategorie lesní cesty | Údržbové technologie | Délka (km) |
|----------------------------------|----------------------|--------------|
| Odvozní lesní cesta 1L asfaltová | Asfalt na asfalt | 35,6 |
| Odvozní lesní cesta 2L zpevněná | Štěrka | 73,9 |
| Celkem | | 109,5 |

Na odvozních lesních cestách 2L se štěrkovým krytem se objevují problémy ve vyšších sklonech a v podmáčených úsecích, kdy dochází ke splavování kameniva. Proto na dvou úsecích byla využita technologie KAPS–LE. Na LC Česká Mez byla využita varianta zpevnění v kolejových pásech a na LC Milířová s podélným sklonem až 10 % byla použita celoplošná vrstva. Technologie byla zhodnocena jako jednoduchá, únosná, snižující četnosti oprav s příznivou cenovou kalkulací. Včasná a kvalitní oprava je neekonomičtější údržba všech typů cest. (24)

- **Ekonomické a provozní aspekty výstavby lesních cest technologií KAPS–LE:**

Technologie KAPS–LE byla také použita na lesním majetku rodiny Mensdorff-Pouilly, jehož síť lesních odvozních cest byla budována především v 60. a 70. letech minulého století z penetračního makadamu. Vzhledem k velkým generálním opravám byly analyzovány ekonomické i provozní aspekty, jako je například časová i technická náročnost, únosnost a životnost. Do roku 2014 byly z technologie KAPS–LE realizovány na tomto majetku 4 stavby.

Tab. 8: Délka lesních cest opravených technologií KAPS–LE u MP Lesy spol. s r.o. (24)

| Lesní cesta | Délka lesní cesty (m) |
|----------------------------|------------------------------|
| LC Kamenná | 102 |
| LC Na Síčkách | 200 |
| LC Špidlová (etapa I – IV) | 2 020 |
| Celkem: | 2 320 |

Společnost SILMOS s.r.o. nabízí jak know-how, tak i zácvik zaměstnanců na osvojení celé technologie, což vede ke snížení nákladů. Společnost dále zajišťuje přímou kontrolu množství a kvalitu doručených materiálů. Technické řešení, množství spotřebovaného kameniva, harmonogram i celkovou kalkulaci nákladů v nabídkových cenách je obsažen ve Zprávě 1, kterou zpracovává SILMOS s.r.o. Lesní cesta Špidlová prochází velmi složitým terénem, a proto posledních 620 metrů přesáhlo standardní výslednou cenu 400 Kč/m², ve všech dalších úsecích byla cena dodržena. Cena se vztahuje k tloušťce vrstvy 200 mm. Jedná se prakticky o bezúdržbovou, celoročně sjízdnou vrstvu vozovky, a proto lze náklady považovat za přijatelné. Sled jednotlivých technologických operací je: úprava pláně, návoz kameniva, rozprostření kameniva, prolévání suspenze a hutnění vrstvy. Během dvou dnů se zvládá délka cca 150 m a v prodloužené směři dokonce 180 m. Úprava pláně probíhala s předstihem, během prvního dne proběhl návoz a rozprostření kameniva, druhý den se prolévala suspenze a hutnila vrstva. Technologie KAPS–LE usnadňuje a šetří náklady i na budování propustků, kdy je plastová roura obsypána kamenivem a následně prolita suspenzí. Při budování se pracovníkům podařilo

díky zkušenostem usnadnit práci tím, že náročnou fyzickou práci při rozprostírání suspenze nahradili traktorem s kartáčem. (24)

- **Zpevnění lesních cest technologií KAPS–LE, VLS ČR, s.p. divize Karlovy Vary, LS Dolní Lomnice – lesní cesta Trift (2014):**

VLS ČR, s.p. divize Karlovy Vary hospodaří na největším souvislém území Vojenského újezdu Hradiště určeného na výcvik armád o rozloze 35 000 ha. Území je značně členité a má velkou dopravní vzdálenost s kombinací pojezdu vojenské techniky. Jedná se tedy o obtížné dopravní podmínky. Opravovaný úsek byl délky 198 m s náklady 345 Kč/m². Společnost SILMOS s.r.o. dohlížela na kvalitu dodaného kameniva i suspenze. Při první dodávce kameniva byl náklad s vyšším obsahem prachových částic, ale po reklamaci u dodavatele bylo dováženo čisté kamenivo. Zkušební odběr popílkocementové suspenze byl proveden z každé dodávky, což bylo zárukou dodržení receptury na betonárně. Z toho důvodu je průběžná kontrola vhodná a důležitá. Harmonogram, zaměření, kalkulaci, dodávky kameniva a suspenze, zaučení pracovníků i zkoušky zaručuje společnost. Na podzim roku 2014 proběhlo cvičení Holandské královské armády a došlo k přejezdu opraveného úseku pod úhlem 45° k podélné ose. Tím byla ověřena a potvrzena pevnost, protože nedošlo k vytržení zrn, ani k rozpadu krajnic. (24)

- **Nová technologie pro lesní odvozní cesty KAPS–LE a podmínky jejího uplatnění v praxi:**

Patent CZ 304374 chrání původní český vynález technologii KAPS–LE. Uplatnění v praxi je předáno formou know–how na základě realizované stavby, což znamená i předávání zkušeností pro další samostatnou realizaci. Technologie KAPS–LE je využívána jako krytová vrstva nad nezpevněnou plání lesní cesty. Při budování vrstvy je minimální požadavek na mechanismy. Je zapotřebí bagr, válec a dva dělníci, oproti asfaltovým a cementobetonovým krytům, kdy je zapotřebí finišer. Povrch vrstvy je hrubozrný, technicky drsný s občasnými vyčnívajícími zrny kamenné kostry, z toho důvodu se nehodí pro pohyb rekreační dopravy, např. na kolečkových bruslích, bez další povrchové úpravy. Nárůst zatížení lesních cest, způsobený kapacitními odvozními soupravami a pohybem těžkých mechanismů vyžaduje odpovídající vlastnosti vozovek, aby nedošlo k jejich úplné destrukci. Technologie KAPS–LE je vhodná pro extrémně zatížené úseky, kritická místa, velké podélné sklony, páteřní odvozní cesty i plochy manipulačních skladů a zatížených ploch.

Technologie je bezúdržbová a sjízdná po celý kalendářní rok. Lze s jistotou říci, že zaujme významné zastoupení ve skladbě používaných technologií na zpevněných lesních cestách. Počet staveb, a tedy i plocha, každým rokem narůstá. (24) Ke dni 31. 12. 2014 bylo v ČR s novou technologií realizováno 19 zkušebních úseků a staveb o celkové rozloze přes 20 000 m².

3.3.3 Trojice článků v Lesnické práci 1/2014, 8/2015, 12/2015

V Lesnické práci 1/2014, 8/2015, 12/2015 vyšly následující tři články.

- **Článek 1/2014 Nová technologie zpevnění lesních odvozních cest:**

V lesích ŠLP Křtiny se nenalézají nepřístupná území, ale některé lesní cesty nesplňují požadované provozní funkce odpovídající dopravnímu významu. Lesní cesty pro zpřístupnění lesních porostů byly budovány po vzniku ŠPL Křtiny roku 1923 technologií blízkou MZK s ohledem na dopravní prostředky. Technologie je využívána především v CHKO, kdy je kladen důraz na využití místního přírodního materiálu. Vývoj těžebně dopravních strojů, především odvozních souprav, vedl ke změně konstrukčních vrstev a parametrů lesních cest. Problematika dopravního zpřístupnění na ŠLP Křtiny byla řešena při přípravách nového LHP roku 1978 a 1982 na základě reliéfu terénu, rozčleňování porostů a těžební činnosti v následujícím období.

Tab. 9: Přehled odvozních cest na ŠLP Křtiny (26)

| Typ lesní cesty | Délka lesní cesty (km) |
|-----------------|------------------------|
| Lesní cesty | 187,2 |
| Veřejné cesty | 117,0 |
| Celkem: | 304,2 |

Délka zpevněných cest činí přibližně 305 km. Mnoho projektů bylo řešeno studenty a obsahuje finální projektovou dokumentaci. Realizaci provádělo stavební středisko ŠLP Křtiny, které se zabývá rekonstrukcí, opravami lesní dopravní sítě a její optimalizací pro současné odvozní prostředky. Ohled je brán na ekonomiku při použití nových technologií,

jako jsou asfaltové recykláty nebo systém KAPS–LE. V České republice převažují cesty s nezpevněným povrchem (70 %), a proto byla vyvinuta nová technologie KAPS–LE pro majitele lesů, aby mohli úsporněji pečovat vlastními silami o lesní cestní síť, a tím byla zajištěna přístupnost a trvalá sjízdnost lesních cest.

V oblasti ŠLP Křtiny byl technologií KAPS–LE zpevněn zkušební úsek délky 400 m a byl dva roky sledován. Použití technologie spočívá ve vlastnostech připomínajících betonovou vozovku. Mechanizační prostředky při stavbě jsou minimalizovány. Dovoz suspenze zajišťuje autodomíchávač. Rozprostření kamenné kostry probíhá pomocí traktorbagru nebo bagru. Dále je třeba vibrační válec a dva dělníci s košťaty. Po 40 hodinách od provedení přenesla vrstva bez poškození pojezd plného autodomíchávače o hmotnosti 42 tun.

Změřené parametry překročily očekávání. Modul pružnosti vrstvy KAPS–LE potvrzuje, že je vysoce únosnou a dlouhodobě životnou technologií. Modul pružnosti na nezpevněné cestě ŠLP Křtiny vyšel na 9 000 MPa, což je téměř 30 krát více, než na vrstvě penetračního makadamu na cestě Proklost v téže lokalitě. Na lesním závodu Židlochovice byl proveden úsek lesní cesty Horečková, který se nachází v záplavovém území lužních lesů, a zde hodnoty modulu pružnosti dosáhly 20 000 MPa. Lze předpokládat, že technologie KAPS–LE bude zařazena mezi významné technologie, za předpokladu ochoty majitelů lesa provádět vlastní realizaci, a tím ovlivnit technické i ekonomické parametry v konkrétních podmínkách. (26)

- **Článek 8/2015 Lesní odvozní cesty a jejich vliv na půdní prostředí:**

V přírodním prostředí jako je les se musíme zabývat i okolím lesních cest, a ne pouze inženýrsko – technickými aspekty. Proto dle požadavků autorů technologie bylo roku 2012 v lesním porostu majetku Kinský Žďár a.s. provedeno pedologické šetření v okolí lesní odvozní cesty s KAPS–LE. Lesní cesty ovlivňují okolí z hlediska chemismu půdy a vod, eroze půdy, stability porostů a vodního režimu. Lesní cesty by měly být budované s ohledem na životní prostředí. (27)

Moderní přístup se zohledněním ekologických aspektů stavby a zřizování lesních cest řeší LORBACH, FANNIN. (28)

Možná rizika s budováním lesních cest:

1. Narušení půdního krytu a zábor produkční plochy lesního porostu

2. Eroze zeminy z povrchu cest a obnažených krajnic
3. Sedimentace materiálů z cest, sedimenty a vyluhované látky mohou ovlivňovat kvalitu povrchových vod i rostlinná a živočišná společenstva
4. Zpřístupnění lesa, tlak veřejnosti
5. Narušení migračních cest
6. Změna krajinného rázu
7. Narušení hydrologicko – vodohospodářské funkce

Majitel či správce lesního majetku zohledňuje rizika a prevence. Nejprísnější pravidla platí na územích se zvláštním statutem ochrany přírody. Lesní odvozní cesty v KRNAP i dalších národních parcích podmiňují při budování dobrou dopravní dostupnost pro lesní hospodářství, ale i řešení havarijních událostí. Základní myšlenkou při budování je minimalizování negativního vlivu na lesní prostředí ve smyslu změn v půdním chemismu a vzniku eroze půdy. Je proto využíván materiál pocházející z místních zdrojů a případné zpevňující směsi jsou inertní. Technologie KAPS–LE nepředstavuje výraznější riziko při použití v souladu s místními přírodními podmínkami. U suspenze je garantována inertnost materiálu, ale i tak by se měl brát ohled na chemismus půd a povrchových vod. Laboratorní rozbor na LC Česká Mez ukazují:

1. Směs není inertní
2. Přirozené pH půdy 3 – 4
3. Blíže k cestě zvyšování pH s maximem ve středu cesty, kdy se hodnota dostává na hranici neutrální zóny, přitom přirozeně jsou půdy klasifikovány jako silně až extrémně kyselé
4. Blíže k cestě stoupá hodnota nasycení půdy vápníkem
5. Stoupá hodnota celkového nasycení půdy bazickými kationty zastoupenými vápníkem na úkor ostatních živin
6. Přirozená, skoro nulová koncentrace niklu v půdě
7. Blíže k cestě se koncentrace niklu zvyšuje

Důsledek půdního chemismu na kyselých podmačených stanovištích je zásadní, jednak ve změně skladby bylinného patra i půdních organismů, ale také ve změnách ve výživě lesních dřevin. Díky nevyváženosti obsahu živin ve prospěch vápníku může dojít k narušení výživy rostlin. Nikl nedosáhl hranice kritické hodnoty koncentrace, která je stanovena vyhláškou MZe č. 13/1994 Sb. Z těchto důvodů je důležité věnovat zvýšenou

pozornost vnášení cizorodých materiálů do přírodního prostředí. Cílem článku je upozornit na rizika spojená s budováním lesních cest díky nerespektování místního přírodního prostředí. Stále je ještě mnoho otázek, na které není známa odpověď, ale při stavbě na silně podmáčených kyselých stanovištích je nutno volit velmi šetrné postupy. (27)

- **Článek 11/2015 Měření vlivu technologie KAPS–LE na půdní prostředí:**

Článek z Lesnické práce 8/2015 byl proveden z výsledků prvního měření této technologie a vzbudil značný ohlas. Článek 11/2015 doplňuje předchozí článek o nezodpovězené otázky a o vymezení použitelnosti technologie KAPS–LE. Hustota lesní cestní sítě je na spodní hranici 18 m/ha třídy 1L a 2L. Rozšíření a opravy jsou aktuální a uvedená technologie vykazuje vysokou stabilitu, proto má svůj velký význam.

Snížení možných rizik s technologií KAPS–LE:

1. Eroze zemin je minimalizována
2. Ekologické riziko kontaminace (sedimentace) inertním materiálem je i z dlouhodobého časového hlediska minimální
3. Při zachování nutné plošně ošetřené části lesních pozemků se narušení migračních cest minimalizuje
4. Změna krajinného rázu při použití kolejové metody se téměř vylučuje, naopak se zvyšuje atraktivnost v rámci sociálně – rekreační funkce
5. Jako překážka toku povrchové či boční vody nerozhoduje daná technologie, ale začlenění do krajiny

HAY se ve svém článku zabýval vlivem výstavby silnic na životní prostředí v lese a navrhl způsoby, jak tyto efekty snížit. (29)

Evropská legislativa, ve smyslu nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 305/2011/EU, stanoví podmínky pro uvedení stavebních výrobků na trh, tedy i pro popílek. Použit lze pouze popílek do betonu s certifikátem a vlastnostmi podle ČSN EN 450-1, který je dostupný na většině betonáren jako složka betonu.

Půdní reakce je maloplošného charakteru a ve vzdálenosti cca 4 metry od cesty jsou již přirozené hodnoty stanoviště. Navýšení pH bylo způsobeno využitím vápenatých materiálů, pro hospodářské lesy je to faktor zanedbatelný a v některých případech maloplošně pozitivní, ale v lesích zvláštního určení není přípustný. Velmi vysoký obsah vápníku také vylučuje využití technologie v lesích zvláštního určení. Celková hodnota

nasycení půdy živinami, převážně vápníkem, na úkor ostatních živin stoupá. V maloplošném nebo bodovém měřítku bez rizika šíření do okolí to představuje minimální ekologické riziko. V přirozeně podmáčených, kyselých stanovištích ve vymezených oblastech NP, NPR a případně CHKO je navyšování těchto tří parametrů (pH, obsah Ca a nasycenost sorpčního komplexu) zcela zásadní. V hospodářských lesech je maloplošné riziko víceméně zanedbatelné.

Nikl působí kritickou zátěží rostlin pouze výjimečně. Nepatrný nárůst i 4 metry od vozovky dokazuje jeho mobilitu při vyšších hodnotách pH. V lese zvláštního určení daného zákonem v pásmu hygienické ochrany 1. stupně je tento proces významný, v lese hospodářském je riziko minimální.

Při shrnutí výsledku autoři došli k závěru, že technologie je vhodná zejména v lesích, které nemají statut lesů zvláštního určení. Pro hospodářské porosty vysokého lesa, lesa nízkého i družného je ovlivnění půdní vody i chemismus půd ekologicky nevýznamné. Hospodářské lesy zaujímají cca 77 % plochy, a proto je uplatnění technologie velmi široké. Pro budované i opravované cesty je technologie velmi přínosná, protože stávající stav ovlivňuje vyšší zatížení od nové lesnické mechanizace. Cesty s technologií KAPS–LE jsou odolné, únosné a mají nízkou afinitu k erozi. (30)

3.3.4 Setkání pracovníků CHKO, 2018

Při dvou setkáních 14. 2. 2018 (Křivoklát) a 22. 2. 2018 (Blansko – Macocha) bylo prezentováno představení technologie KAPS–LE, její technické, ekonomické a ekologické aspekty. Hlavním cílem prezentace bylo popsat posluchačům technologii pro lesní cesty, naučit je technologii na lesních cestách použít a zvládnout technologii vlastními silami. Bez znalosti zásad kontroly a zkoušek nelze garantovat kvalitu ani kvantitu vrstev vozovky. Technologie KAPS–LE umožňuje díky jednoduchosti provádění za přijatelných finančních nákladů s kontrolou množství i kvality zabudovaného materiálu. Množství materiálu jako je kamenivo i suspenze je zaručena kontrolou dodacích listů. Kvalita suspenze je zaručena kontrolními zkouškami pevnosti po 28 dnech. Při řešení ekologických aspektů bylo vyhodnoceno, že se využívá popílek, který je v suspenzi zpracován spolu s cementem jako pojivová složka, která vykazuje charakter betonu bez rizik vyluhování. Technologie KAPS–LE odpovídá požadavkům evropské legislativy, lze využívat popílek dle evropské

legislativy s Prohlášením o shodě od výrobce. Betonárna dodá certifikát systému jakosti podle norem ISO. Uplatnění technologie v CHKO je podmíněno zachováním kontrolních zkoušek kvality, autorského dozoru a dokladů o nezávadnosti použitého materiálu.

Ekonomické a technické výhody KAPS–LE:

1. Odvodnění a úprava vodního režimu
2. Stabilní úseky vozovky na neúnosném podloží
3. Zpevnění cest na extrémních podélných sklonech
4. Recyklace zničených povrchů z penetračního makadamu
5. Více možností využití (17)

3.3.5 QUO VADIS LESNICTVÍ? – IV, 2018

Jedná se o sborník příspěvků, v němž je i příspěvek na téma „Možnosti moderních technologií výstavby trvale sjízdných lesních cest.“ Popisuje, že technologie KAPS–LE je nová konstrukční vrstva pro zpevnění trvale sjízdných lesních odvozních cest L1. Výměra plochy s KAPS–LE do roku 2018 tvoří délku přes 30 kilometrů s přepočtenou šířkou 3,5 m, která se nachází na 61 stavbách. V článku se nacházejí detailně popsané patentové technologie KAPS–XY ve čtyřech technologických variantách KAPS–LE, KAPS–PM, KAPS–PA a KAPS–MS s ukázkou konkrétních realizovaných staveb. (31)

3.3.6 SILMOS s.r.o. Materiály k seznámení s technologií KAPS-LE (XY), 2011 – 2019

- **Příručka 1 pro přípravu stavby:**

Příručka obsahuje základní informace a výhody nové technologie KAPS–LE, která je vhodná pro zpevnění lesních a účelových cest. Příručka dále popisuje způsob jednoduchého vybudování vozovky i postup při spolupráci se společností SILMOS s.r.o. (32)

- **Příručka 2 pro realizaci stavby:**

Příručka je určena vážným klientům pro doplnění Příručky 1 s popisem technologie výstavby pro vlastní realizaci. V příručce je popsán výkop kolejí, sledování profilu, odvoz

zeminy, dovoz a rozprostření kameniva, prolévání suspenze, hutnění celé vrstvy a na závěr zkoušky materiálů. (33)

- **Příručka 3 – 6 Stavby 2011 – 2014:**

Příručky 3 až 6 jsou zaměřeny na hotové stavby postavené během 4 let a doplněné fotografickou dokumentací a popisem, proč je technologie KAPS–LE vhodná. Zabývají se únosností, kvalitou, cenou i spoluprací se společností SILMOS s.r.o. Zajímavostí v Příručce 6 jsou dětmi namalované obrázky, které poukazují na jednoduchost stavby. (34), (35), (36), (37)

- **Příručka 7 Typové stavby a způsoby užití technologie KAPS-LE:**

Příručka pojednává o možnosti využití technologie na páteřní lesní síť, recyklaci cest z penetračního makadamu, plochy z panelů, ale také na manipulační sklady. Výhodou technologie je i použití na extrémních podélných sklonech a v nepříznivých vodních poměrech. Technologie je dále vhodná pro jednoduché budování propustků, a to vše nejen na lesních cestách, ale i na obecních a polních komunikacích. V příručce jsou fotografie, které vyobrazují jednotlivé způsoby využití. (38)

- **Příručka 8 Stavby manipulačních skladů:**

V úvodu jsou popsány jednotlivé patentované technologie KAPS–LE, KAPS–PM, KAPS–PA a KAPS–MS. Technologie KAPS–MS je vhodná pro extrémně zatížené plochy manipulačních skladů a je zde popsán postup výstavby s ukázkou jednotlivých staveb. (39)

- **Příručka 9 Recyklace cest z penetračního makadamu:**

Jako u Příručky 8 jsou v úvodu jednoduše popsány patentové technologie KAPS–XY. Lesní cesty z penetračního makadamu jsou většinou na hranici životnosti, mnohé úseky jsou rozbité a mají hluboce projeté koleje. Z toho důvodu je nová metoda KAPS–PM použitelná dvěma způsoby. Jeden způsob je reprofilace stávajícího krytu frézováním těžkou zemní frézou pro vyrovnání vyjetých kolejí do hloubky maximálně 100 mm. Poté je kryt překryt tenkovrstvou technologií KAPS–LE v tloušťce SLIM 150 mm, nebo ULTRASLIM 100 mm. Druhý způsob při nerovnosti vyšší než 100 mm je reprofilace projetých kolejí vyrovnáním z KAPS–LE, kdy dle okolností dochází k vyrovnání jedné nebo obou vyjetých kolejí. I druhý způsob je překryt tenkou vrstvou KAPS–LE v tloušťce SLIM, nebo ULTRASLIM. (40)

- **Příručka 10 Panelové plochy a cesty:**

V úvodu jsou krátce popsány 4 patentové technologie stejně jako u Příruček 8 a 9. Technologii KAPS–PA lze využít třemi způsoby. Jedním způsobem jsou malé opravy lokálních závad výměnou jednotlivých rozbitých a pokleslých panelů. Dalším způsobem jsou velké opravy, kde se podkladní vrstva KAPS–LE provádí standardně s použitím vibračního válce. Posledním způsobem je kompletní přestavba komunikace, kdy se rozbité panely vyřadí, komunikace se zpevní podkladní vrstvou KAPS–LE a chybějící části panelů lze doplnit kamenivem a suspenzí. Při úplném vyřazení části panelů lze použít druhou vrstvu KAPS–LE místo dokupování nových panelů. (41)

3.3.7 Bakalářská práce: Údržba lesní cestní sítě, 2017

Cílem bakalářské práce na téma „Údržba lesní cestní sítě“ bylo zmapovat lesní cesty, které jsou ve vlastnictví společnosti Colloredo-Mannsfeld. Oblasti mapování se nacházejí v katastrálním území Zbiroh a Dobříš. (42)

Významným východiskem pro zpracování práce byla platná legislativa České republiky, zejména norma ČSN 73 6108 Lesní cestní síť z roku 2016. Bylo zmapováno 27,3 kilometrů lesních cest na území o rozloze 10 tisíc hektarů. Terénní průzkum se zaměřoval na povrch, materiál a stav vozovek, odvodňovací zařízení a znečištění. Obsahem bakalářské práce je také fotografická dokumentace, jež názorně poukazuje na aktuální stav lesních cest.

Na základě zmapování byla v daných oblastech navržena úprava cest. Byly navrženy postupy k jejímu zlepšení a navržena finanční náročnost na opravu lesní cesty Sádecká technologií KAPS–PM, která vyšla na 1 422 090 Kč bez DPH. Nejčastějším zjištěným porušením vozovky byl nesprávně udržovaný příkop, který byl zanesen, a neupravená krajnice. To vše znemožňovalo správný odtok vody. Celkový stav lesní cestní sítě této společnosti byl vyhodnocen jako vyhovující s menšími nedostatky. Lesní cestní síť je třeba stále udržovat, aby bylo zachováno dědictví pro budoucí generace. (42)

3.4 Popis použitých zkušebních metod pro KAPS–LE podle norem

3.4.1 Zkoušky pevnosti v tlaku suspenze prováděné na válcových tělesech

Dle platné ČSN 73 6127–4 se pevnost v tlaku zkouší na zkušebních válečcích podle ČSN EN 14227–3 z roku 2008, která byla revidována v roce 2013 a uvádí tabulku pro popílkové suspenze: Klasifikace podle pevnosti v tlaku. Třída R_C pro KAPS–LE je stanovena na $C_{12/15}$. ČSN EN 14227:2013 odkazuje na zkoušku pevnosti v tlaku stanovenou dle normy pro zkoušení ČSN EN 13286–41, ve které jsou uvedena následující ustanovení:

1. Předmět normy:

Tato evropská norma popisuje zkušební metodu pro stanovení pevnosti v tlaku zkušebních těles směsí stmelovaných hydraulickými pojivy. Tato evropská norma platí pro zkušební tělesa vyrobená v laboratoři nebo připravená z jádrových vývrtů.

2. Podstata zkoušky:

Zkušební těleso se vystaví tlakové síle až do jeho porušení, zaznamená se maximální zatížení zkušebního tělesa při porušení a vypočítá se pevnost v tlaku.

3. Zkušební zařízení a pomůcky – Zkušební lis:

Přesnost lisu a indikace zařízení musí umožňovat zatěžování a měření s přesností $\pm 1 \%$. Zkušební tělesa směsí stmelovaných hydraulickými pojivy mohou být válcová nebo krychlová s jmenovitými rozměry od 50 mm (průměr) do 300 mm (výška) a s mezními hodnotami pevnosti v tlaku v rozsahu od 0,5 MPa do běžných pevností betonu. Pro zkušební tělesa s větší pevností mohou být vhodná zařízení, která splňují požadavky sady norem pro zkoušení ztvrdlého betonu ČSN EN 12390.

4. Postup zkoušky:

Rozměry zkušebního tělesa musí být měřeny s přesností 0,5 %. Zkušební těleso se zváží s přesností $\pm 0,25 \%$ a výsledná hodnota se porovná s hmotností v době výroby. Změna hmotnosti se musí zaznamenat.

5. Zatěžování:

Zatížení se musí zvyšovat stálým a plynulým způsobem bez rázů tak, aby k porušení došlo v průběhu 30 s až 60 s po zahájení zatěžování. V případě užití ručně

řízených zkušebních lisů a při dosažení porušení zkušebního tělesa musí být jakákoliv tendence ke snížení vybrané rychlosti zatěžování opravena vhodným nastavením ovládání. V případě užití automaticky řízených zkušebních lisů musí být rychlost zatěžování periodicky kontrolována s cílem zajistit konstantní rychlost zatěžování. Maximální síla F při porušení musí být zaznamenána.

6. Vyjádření výsledků:

Pevnost v tlaku R_C zkušebního tělesa je dána následujícím vzorcem: $R_C = \frac{F}{A_C}$, kde

R_C je pevnost v tlaku zkušebního tělesa směsi stmelené hydraulickým pojivem v MPa,

F je maximální síla při porušení zkušebního tělesa v N,

A_C je plocha průřezu zkušebního tělesa směsi stmelené hydraulickým pojivem v mm².

Pokud jsou skutečné rozměry zkušebního tělesa v rozmezí $\pm 0,5\%$ určené velikosti, R_C musí být vypočítána pomocí určené velikosti. Pokud skutečné rozměry nesplňují tuto toleranci, musí být výpočet pevnosti založen na skutečných rozměrech zkušebního tělesa.

(43)



Obr. 7: Zkušební válečky pro zkoušky pevnosti v tlaku odebrané na stavbě (24)

3.4.2 Zkoušky tekutosti (konzistence) suspenze

Podle platné ČSN 73 6127–4 Stavba vozovek – Prolévané vrstvy se konzistence popílkové suspenze stanoví podle ČSN EN 14227–3:2008, která byla v nové ČSN EN 17227–3:2013 vypuštěna. Jedná se o normovou zkoušku. Používaný postup pro stanovení tekutosti popílkové suspenze je uveden v příloze B původní ČSN 73 6127:1994:

1. Stanovení tekutosti:

Tekutost popílkové suspenze se stanoví rozlitím z Vicatova prstence. Tekutost se udává v milimetrech a vyjadřuje průměr plochy rozlité suspenze z předepsaného prstence.

2. Použití:

Stanovení tekutosti popílkové suspenze rozlitím z Vicatova prstence. Na stanovení tekutosti popílkové suspenze se použije:

- a) prstenec z Vicatova přístroje podle ČSN 722115 (průměr 65 mm, výška 40 mm),
- b) měřítko,
- c) stopky.

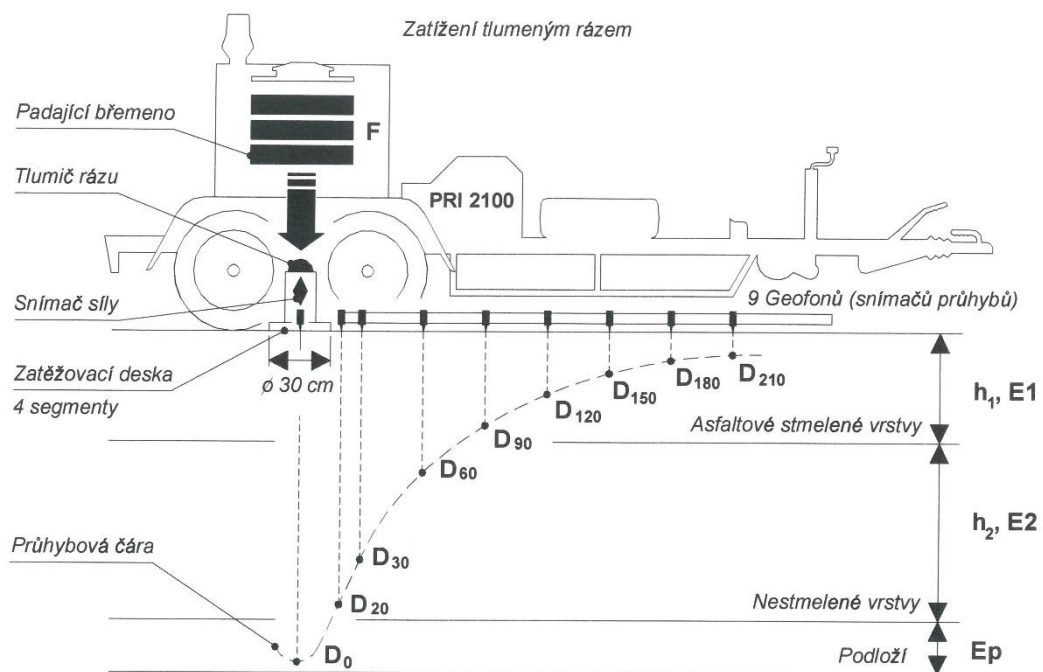
3. Výsledek:

Vicatův prstenec umístěný na skleněné podložce se naplní po okraj popílkovou suspenzí a po zvednutí prstence je za 30 sekund měřeno rozlití ve dvou na sebe kolmých směrech. Za vyhovující se považuje taková směs, která dosahuje rozlití 160 mm – 220 mm. (44) Poznámka: Hodnota v normě platí pro KAPS. Pro KAPS–LE je stanovena hodnota rozlití 90 – 160 mm.

3.4.3 Zkoušky únosnosti vrstvy KAPS–LE rázovým deflektometrem (FWD)

Rázové zatěžovací zkoušky jsou prováděny rázovým deflektometrem. Cílem zkoušek je zjištění příčin porušení konstrukce vozovky a také kontrola nové vozovky a jednotlivých vrstev během výstavby. Pád břemene vydává rázový pulz přes tlumicí systém na kruhovou zatěžovací desku a vydává svislou deformaci vozovky, která je obdobná jako zatížení od kol těžkého nákladního vozidla jedoucího rychlostí přibližně 60 km/hod. Deformace, která je způsobena v jednom bodě, se nazývá průhyb. Největší deformace je pod zatěžovací deskou. Požadované zatížení se docílí hmotností břemene a výškou pádu. Doba

pulzu se mění druhem tlumičů. Měří se devět průhybů po 30 cm, které charakterizují průhybovou čáru. Výsledkem je modul pružnosti vrstev i podloží, který charakterizuje únosnost vozovky. Dále se měřením stanovuje potřebná tloušťka zesílení a doba životnosti vozovky. Při zkoušce se také měří zatížení a teplota vzduchu i povrchu. Zkoušky se neprovádějí na mrazem ztuhlé nebo rozehráté asfaltové vozovce, proto je teplotní rozmezí zkoušek 5 – 30 °C. Modul pružnosti E vozovky s KAPS–LE nikdy nebyl méně než 8 000 MPa, což je desetinásobek oproti vozovce z penetračního makadamu, která má $E = 800$ MPa. Životnost vozovky s KAPS–LE vychází na 25 let i více. (24)



Obr. 8: Schéma deflektometru (45)

3.5 Projektová dokumentace pro stavbu lesní cesty

3.5.1 Chybějící technické podklady pro zpracování projektové dokumentace s technologií KAPS–LE

Hlavními problémy při projektování jsou chybějící technické podklady o technologii KAPS–LE, jako je technická norma ČSN, návrhové parametry, ceníkové podklady aj. Tyto problémy kladou překážky projektantům při seznámení s novou technologií KAPS–LE. Dosavadní způsob zavádění nových technologií pro stavbu lesních cest spočíval v převzetí nových technologií pro pozemní komunikace na základě zpracovaných a osvědčených postupů a platných ČSN. Technologie KAPS–LE byla vyvinuta speciálně pro lesní cesty a v oboru pozemních komunikací pro ni nebyla zpracována žádná ČSN. Jediný způsob, jak lze tuto novou technologii zařadit mezi standardně navrhované a používané vozovky lesních cest, je zpracovat pro ni samostatnou ČSN.

Význam ČSN, i když je právně nezávazná, spočívá v tom, že obsahuje obecně přijímané postupy, zásady, ustanovení, jak správně realizovat konkrétní dílo. V případě, kdy se investorem stává stát cestou ministerstev nebo dalších orgánů, slouží technická norma jako směrodatný postup. Proto například v dotačním programu SZIF jsou základní technické postupy uskutečňovány podle příslušných technických norem. Ve chvíli, kdy je podle zpracovaného projektu sjednána smlouva mezi investorem a zhotovitelem, stávají se normy a jejich ustanovení pro danou realizaci právně závaznými.

Úkolem projektanta je podle dobré znalosti terénu a zadávacích podmínek použít ustanovení konkrétních norem pro technicky správné a ekonomicky a uživatelsky přínosné zpracování projektu. (46)

Navrhování lesních cest je ovlivněno vlastními osobními zkušenostmi, cíli a postoji. Terénní úpravy jsou převážně ovlivněny estetikou, ale také ekonomikou a ekologií. Při terénních úpravách se musí pozorování uskutečnit z mnoha míst a různých pozorovacích vzdáleností. Důležité je věnovat pozornost důsledkům následných funkcí a vlastností cesty po jejím vybudování. (47)

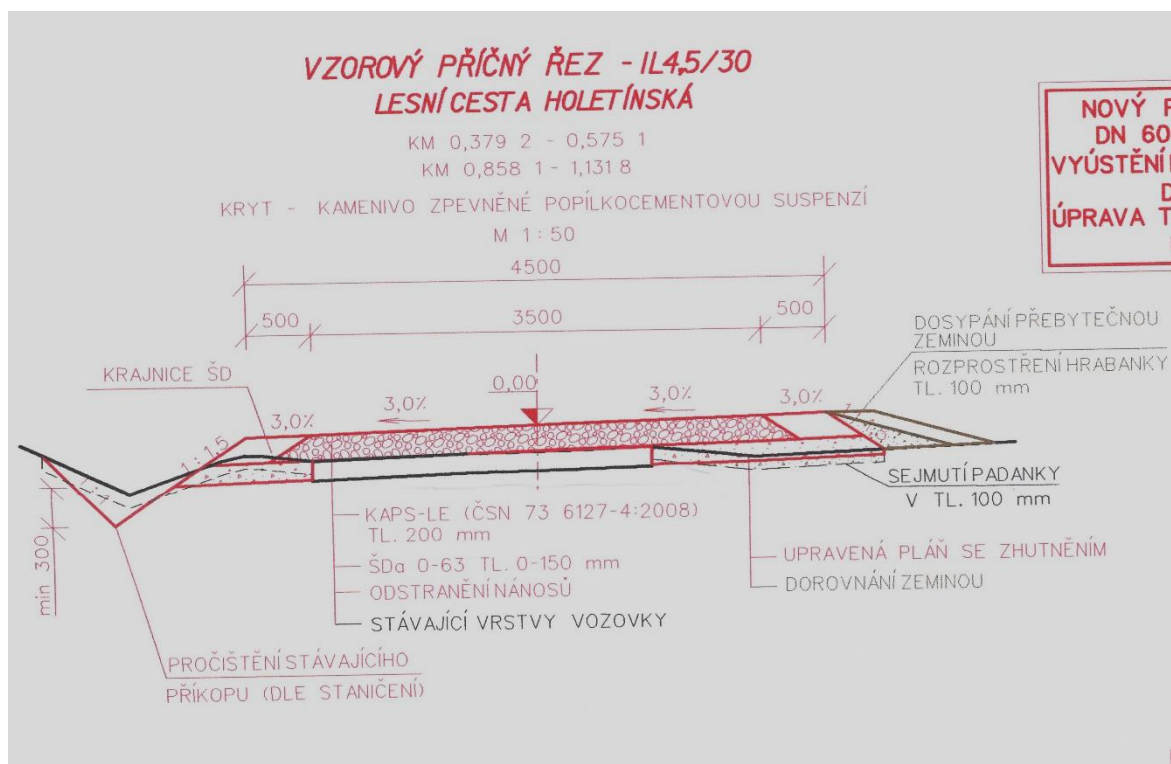
3.5.2 Technická norma ČSN 73 6108

ČSN 73 6108 Lesní cestní síť (2018) obsahuje pravidla pro navrhování a projektování lesních cest. Nepopisuje způsob jejich navrhování, volbu typu konstrukčních vrstev, ale odvolává se na existující normy pro stavbu vozovek. Příslušná česká technická norma ze skupiny norem pro pozemní komunikace se tak stává základním dokumentem pro realizaci stavby či opravy lesních cest. (48)

3.5.3 Vzorový projekt LC Holetínská

Vzorový projekt pro stavbu lesní cesty s KAPS–LE, který byl zpracován v rámci Programu rozvoje venkova s dotační podporou, může být lesní cesta Holetínská u lesní správy Kinský a.s. Žďár nad Sázavou. Projekt zpracoval Ing. Tomáš Pavlíček z Agroprojekce Litomyšl s.r.o. v březnu 2017, stavba byla realizována v červnu 2018.

Podrobná charakteristika projektu: Jedná se o rekonstrukci lesní cesty o celkové délce 1149,8 metrů, z toho dříve zpevněný úsek měří 233 metrů. Projekt byl vypracován jako rekonstrukce zbylé části cesty v délce 916,8 metrů. Pro nový kryt bylo použito kamenivo zpevněné popílkocementovou suspenzí a na krajnice štěrkodrt'. Volná šířka je 4,5 metrů, z toho je šířka jízdního pruhu 3,5 metrů a dvě krajnice po 0,5 metru. Příčný sklon byl navržen 3 %. Na vyrovnanou zemní pláň se položila vrstva štěrkodrti frakce 0/63 mm o tloušťce 0 – 150 mm, která byla upravena do požadovaného příčného sklonu a slouží jako vyrovnávací vrstva pod vrstvu KAPS–LE. Dále byla vytvořena kamenná kostra z kameniva frakce 32/63 mm tloušťky 200 mm po zhutnění. Odvodnění lesní cesty bylo řešeno sklonem pláně a podélným levostranným příkopem, přičemž opevněné úseky délky 5 metrů byly navrženy z kamenného záhozu se zrny nad 10 kg tloušťky 0,3 m. Dalším odvodněním je jeden podélný propustek, který má čelo propustku z kamenné dlažby a je dán do betonu o tloušťce 0,25 metrů s opevněným dnem kamenného záhozu zrna 40 kg tloušťky 0,4 metrů. Další odvodnění zajišťují čtyři příčné trubní betonové propustky s čelem z lomového kamene položené na cementovou maltu s opevněným dnem kamenným záhozem zrna 40 kg tloušťky 0,4 m. (49)



Obr. 9: Vzorový příčný řez LC Holetínská (49)

3.5.4 Zpráva 1 k přípravě stavby s KAPS–LE

Součástí projektové dokumentace pro provádění stavby s KAPS–LE je tzv. Zpráva 1, kterou připravuje jako technický dozor investora pro každou realizovanou stavbu s KAPS–LE majitel patentu SILMOS s.r.o. Tato Zpráva 1 obsahuje veškeré potřebné podklady pro přípravu stavby, které z důvodu novosti technologie nejsou běžně dostupné.

Tab. 10: Obsah Zprávy 1

| | |
|----|---------------------------------------------------------------|
| 1. | Preambule |
| 2. | Charakteristika technologie a prací |
| 3. | Popis úseku |
| 4. | Technické řešení |
| 5. | Celková kalkulace nákladů |
| 6. | Fotodokumentace |
| 7. | Poptávky a nabídky subdodavatelů na materiál a stavební práce |

Nezastupitelnost Zprávy 1 spočívá v tom, že je podle zákaznické receptury sjednán výběr dodavatele popílkocementové suspenze pro KAPS–LE včetně závazné cenové nabídky. Technické řešení zpravidla obsahuje i podrobný harmonogram prací s počtem pracovních dnů na realizaci vrstvy KAPS–LE. Obvyklý denní výkon se počítá mezi 100 až 150 m délky lesní cesty. Souhrnem všech nabídek od subdodavatelů se sestaví celková kalkulace nákladů.

3.5.5 Zpráva 2 o realizaci stavby s KAPS–LE

Druhým podkladem, který poskytuje SILMOS s.r.o. investorovi, je tzv. Zpráva 2, která obsahuje dokumenty o realizaci stavby.

Tab. 11: Obsah Zprávy 2

| | |
|----|------------------------------------------|
| 1. | Preambule |
| 2. | Podklady pro Zprávu 2 |
| 3. | Popis realizace stavby |
| 4. | Technické parametry |
| 5. | Ekonomické vyhodnocení nákladů na stavbu |
| 6. | Fotodokumentace |
| 7. | Přílohy (protokoly, certifikáty) |

Zpráva 2 na základě použití certifikovaných stavebních materiálů (popílku, cementu, kameniva) garantuje, že stavba byla realizována v souladu s Evropským nařízením o stavebních výrobcích. Největší význam pro investora má vyhodnocení kontrolních zkoušek pevnosti suspenze, jejichž splnění ukládá upravená ČSN 73 6127–4 a které zajišťují dodržení stanovené receptury suspenze a záruky očekávané životnosti vrstvy.

Existence Zprávy 1 a Zprávy 2 u všech více než 60 realizovaných staveb znamená kompletní technickou dokumentaci pro stanovení parametrů budoucí normy pro KAPS–LE. Tato dokumentace byla v rámci diplomové práce plně k dispozici.

3.5.6 Zpřesňující poznatky pro projektanta k realizaci stavby s KAPS–LE

Vrstva s KAPS–LE jako vysoce únosná, soudržná, nepropustná krytová vrstva může být projektována podle ČSN 73 6108:2018 s blíže specifikovanými parametry vrstvy, které odpovídají jejím vlastnostem.

Příčný sklon: Využívá se pro odvedení srážkové vody z vozovky a krajnice. Navrhuje se jako jednostranný nebo střechovitý. Dle normy je nejmenší hodnota příčného sklonu pro vozovku se stmelěným krytem nejméně 3 % a lokálně lze zvětšit až na 6 %. Dle dlouholetých zkušeností a mnoha zrealizovaných staveb lze s technologií KAPS–LE v ojedinělých případech použít i 2 %, jinak se zpravidla navrhuje 3 % v jednostranném sklonu.

Podélný sklon: Závisí na charakteru dopravy a významu lesní cesty. Trasa musí splývat s terénním reliéfem. Při navrhování podélného sklonu nivelety je třeba, aby niveleta lesní cesty kopírovala terén co nejvíce a přizpůsobila se určeným výškovým bodům (začátku a konci trasy, křížením s jinými pozemními komunikacemi). Nejvyšší povolený podélný sklon pro zpevněné lesní cesty dle odpovídající ČSN 73 6108 je 10 – 12 %. Nejmenší doporučený sklon je 0,5 %, který vyplývá z požadavku na odvodnění jízdního pásu. U technologie KAPS–LE lze v extrémních podmínkách navrhnout sklon i 20 %.

Šířka částečně stmelené krajnice: Krajnice tvoří ochranu konstrukce vozovky a boční oporu, jejíž nejmenší dovolená šířka je 0,5 m. U vozovek ze stmelěných vrstev se krajnice obvykle navrhuje nezpevněné, vždy zhutněné s příčným sklonem 8 % klesajícím od zpevněné části vozovky. Lze také navrhnout i jiné řešení jako jednotný jednostranný příčný sklon krajnice a jízdního pásu. Při podélném sklonu větším než 6 % se navrhuje zpevněná krajnice, nebo krajnice s upraveným povrchem z drceného kameniva. U technologie KAPS–LE se krajnice provádí jako částečně stmelená v šířce 0,5 m na každé straně vozovky. Směrem k vozovce přechází krajnice do plnohodnotné součásti vozovky.

Skladba vozovky: Kryt vozovky je vystaven přímo účinkům kol a působení dalších vlivů a zajišťuje potřebné protismykové vlastnosti. Vzorová skladba vozovky s technologií KAPS–LE používá kryt v tloušťce 200 mm. Jako podkladní vrstva se používá ŠD frakce 0/63 mm v tloušťce 150 mm.

Napojení svážnic: Svážnice slouží pro soustředování dříví, přičemž nejmenší šířka je 3 m. Omezujícím faktorem je únosnost podloží a jeho náchylnost k erozi. Zpravidla se jedná o napojení technologické linky a lesní cesty. Napojení lesní svážnice na lesní cestu z KAPS–LE tvoří nájezd v délce 2 – 3 metry, který může přecházet v nezpevněnou část. Toto opatření vychází z dlouholeté praxe. Při absenci zpevněného nájezdu v místě napojení svážnic hrozí postupná destrukce vozovky při kolmém najíždění na částečně zpevněnou krajnici.

Svodnice vody: ČSN 73 6108 uvádí doporučené rozestupy svodnic podle sklonu na zemních cestách s nezpevněným krytem a podélným sklonem větším než 6 %. U technologie KAPS–LE se naopak jedná o kryt stmelený, a tedy dle českých technických norem nejsou stanoveny požadavky omezující vzdálenost a přítomnost svodnic. Dle zkušeností firmy SILMOS s.r.o. se svodnice umísťovat nemusí vůbec, protože k vyplavování stmeleného krytu ani erozi krajnic nedochází. Technicky nemají svodnice v technologii KAPS–LE opodstatnění, ale mohou např. v dlouhých zářezích přispět k odvedení povrchové vody.

Vzorový příčný řez: V příslušné ČSN je stanovena minimální šířka jízdního pruhu na 3 metry, minimální volná šířka na 4 metry a krajnice na 0,5 metrů. (49), (50)

3.5.7 Cenová kalkulace

Nedílnou součástí projektu je kalkulace nákladů stanovená podle výkazu výměr a jednotlivých cen. Obvykle používaný ceník ÚRS obsahuje podrobné podklady k nacenění jednotlivých technologií. Neobsahuje však položku pro KAPS–LE, ani cenu popílkocementové suspenze, která je vázána na nestandardní zákaznickou recepturu. Dosavadní zkušenosti s realizací staveb s KAPS–LE prokázaly, že cena vrstvy z KAPS–LE ve standardní tloušťce 200 mm se pohybuje okolo 400 Kč/m². Tyto velmi úsporné náklady vycházejí při přímé realizaci stavby investorem. Pro orientační kalkulaci do rozpočtů dotačních staveb se počítá s obvyklou marží stavebních firem při jednotkové ceně 500 Kč/m² a 400 Kč/m² u částečně zpevněné krajnice.

Tab. 12: Tabulka cen konstrukčních vrstev vozovek pro lesní cesty (7)

| Název konstrukční vrstvy podle sady norem ČSN 73 6121-32 Stavba vozovek | Zkratka (označení vrstvy) | Modul pružnosti dle TP 170 [MPa] | Orientační cena dle ÚRS 2019 01 | |
|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------|
| | | | Pro tloušťku vrstvy [mm] | Cena [Kč/m ²] |
| Štěrkodrt' | ŠD | 400 | 200 | 147,- |
| Štěrkopísek | ŠP | 120 | 200 | 128,- |
| Recykláty betonové | REC | 150 - 300 | 200 | 123,- |
| Zpevněná zemina | MZ | 150 | 200 | 379,- |
| Vibrovaný štěrk | ŠV | 500 | 200 | 245,- |
| Kalený štěrk | KŠ | 500 | - | - |
| Mechanicky zpevněné kamenivo | MZK | 600 | 200 | 305,- |
| Stabilizace zeminy asfaltovou emulzí | | | - | - |
| Vsypný makadam | VM | 800 | 100 | 188,- |
| Penetrační makadam | PM | 800 | 100 | 173,- |
| Stabilizace zemin hydraulickým pojivem | S III, II, I | 800 - 1 200 | (400) | (132,-)* |
| Štěrk částečně vyplněný cementovou maltou | ŠCM | 600 | 200 | 422,- |
| Kamenivo zpevněné cementem | KSC II, I | 2 000 – 2 500 | 200 | 384,-/390,- |
| Kamenivo zpevněné popílkocementovou suspenzí | KAPS-LE (XY) | (8 000 – 12 000) | 200 | (400,-)* |
| Asfaltový beton | AC 11 (AB) | 7 500 | 40 | 238,- |
| Obalované kamenivo | AC 16 (OK) | 5 500 | 50 | 228,- |
| Válcovaný beton (Podkladový beton) | VB II, I | 20 000 – 23 500 | 200 | 568,-/584,- |

* Ceny uvedené v závorkách dle rozpočtů konkrétních staveb

3.6 Zařazení KAPS–LE do soustavy technologií pro stavbu lesních cest a její uplatnění

3.6.1 Strukturální třídění technologií pro lesní cest

Je skutečností, že pro stavbu lesních cest se nepoužívají zdaleka všechny technologie popsané v normách pro stavbu vozovek a používané na pozemních komunikacích (silnicích a dálnicích). I respektované učebnice pojednávají výběrově jen o některých z nich. Například publikace Stavby pro plnění funkcí lesa (K. HANÁK a kol.) se v kapitole 2.12 Technologie výstavby vozovek lesních cest zabývá jen těmito pěti:

- zlepšování a zpevňování podložních zemin chemickými pojivy
- stabilizace zemin v podkladních a krytových vrstvách
- vibrovaný štěrk (štěrk s výplňovým kamenivem)
- mechanicky zpevněné kamenivo (minerální beton)
- štěrkocementový makadam (správně štěrk částečně vyplněný cementovou maltou) (51)

SILMOS s.r.o., který působil v letech 1991 – 2005 jako centrum technické normalizace v oboru pozemních komunikací, uvádí v Tab. 13 tzv. Strukturální třídění technologií pro lesní cesty. Strukturální znamená, že jednotlivé technologie jsou zatříděny do systému podle použitého pojiva a způsobu provádění.

Tab. 13: Strukturální třídění technologií pro lesní cesty

| PROVÁDĚNÍ | POJIVO | | |
|---------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | 1. NESTMELENÉ (BEZ POJIVA) | STMELENÉ | |
| | | 2. ASFALT | 3. CEMENT |
| A. NA MÍSTĚ (ROZPROSTŘENÍ) | ŠD štěrkodrt' ŠP štěrkopísek REC recykláty | | |
| B. NA MÍSTĚ (PROMÍSENÍ) | MZ zpevněná zemina ŠV vibrovaný štěrk | S stabilizace zeminy asfaltovou emulzí VM vsypný makadam | S stabilizace zeminy hydraulickým pojivem |
| C. NA MÍSTĚ (PROLÉVÁNÍ) | KŠ kalený štěrkk | PM penetrační makadam | ŠCM štěrkk částečně vyplněný cementovou maltou KAPS-LE (XY) kamenivo zpevněné popílkocementovou suspenzí |
| D. V CENTRU (VE VÝROBNĚ) | MZK minerální beton (lom) | AB asfaltový beton OK obalované kamenivo (obalovna) | KSC kamenivo zpevněné cementem VB válcovaný beton (betonárna) |

Podle pojiva se třídí technologie do tří skupin:

- 1. nestmelené (bez přídavku pojiva)
- 2. stmelené asfaltem
- 3. stmelené cementem

Podle způsobu provádění je zohledněn proces výroby vrstvy z původního stavebního materiálu:

- A. Na místě – rozprostření (dovezený materiál se bez další úpravy jen rozprostře a zhutní)
- B. Na místě – promísení (materiál se vhodným způsobem promísí s podkladem nebo s dalším dovezeným materiálem)
- C. Na místě – prolévání (vrstva mezerovité kamenné kostry dovezené a rozprostřené s předstihem se prolijí tekutou výplňovou směsí a celá vrstva se zhutní k dosažení maximálního zaplnění mezer)
- D. V centru / ve výrobě (stavební směs se promíchá ve specializované výrobě před dovezením na stavbu, tam se jen rozprostře a zhutní)

Mezi „Nestmelené vrstvy“ patří tyto technologie:

Štěrkožtr (ŠD), štěrkožsek (ŠP), recykláty (REC) betonové, cihelné, směsné, mechanicky zpevněná zemina (MZ), vibrovaný štěr (ŠV) (provádí se ze dvou různých frakcí), kalený štěr (KŠ) (neprovádí se, historicky překonaná technologie), minerální beton resp. mechanicky zpevněné kamenivo (MZK).

Nestmelené vrstvy mají na lesních cestách široké použití jako zpevnění pro všechny třídy lesních cest, uplatňují se do podkladů i krytů vozovek. Nejvyšší nestmelená vrstva MZK, preferovaná pro svůj přírodní původ, však vyžaduje precizní smíchání nejméně tří frakcí kameniva (v míchačce) a pokládání nejlépe finišerem. V běžném provozu při nesplnění uvedených nároků vrstva degeneruje na obyčejnou štěrkožtr.

Mezi „Stmelené vrstvy asfaltem“ patří tyto technologie:

Stabilizace zeminy asfaltovou emulzí (S) (častěji se provádí jako celková recyklace vozovek s příměsí hydraulického pojiva), vsypný makadam (VM) (jako vsypná složka slouží často odfrézovaná asfaltová směs), penetrační makadam (PM) a nejvyšší asfaltem obalované směsi jako asfaltový beton (AB) nebo obalované kamenivo (OK).

V České republice existuje několik tisíc km lesních cest z penetračního makadamu, z větší části za hranicí životnosti, u nichž se hledá optimální způsob recyklace nebo zesílení. Nejvyšší asfaltem obalované směsi jako AB a OK představují moderní technologie uzpůsobené na přenášení vysokého zatížení od odvozních souprav. K jejich největší nevýhodě patří vysoká cena.

Mezi „Stmelené vrstvy cementem“ (hydraulickými pojivy) patří tyto technologie:

Stabilizace zeminy hydraulickým pojivem (S) jako velmi účinný způsob úpravy pláňe vozovky, štěrk částečně vyplněný cementovou maltou (ŠCM), nově kamenivo zpevněné popílkocementovou suspenzí (KAPS–LE (XY)), kamenivo zpevněné cementem (KSC) a betonové vozovky z prostého nebo válcovaného betonu (PB, VB).

Obecně vzato jsou cementem stmelené vrstvy, kromě stabilizace, méně využívané technologie pro stavbu lesních cest.

Výhodou uvedeného strukturálního třídění je zobrazení nejkvalitnějších vrstev v úhlopříčce tabulky. Nejkvalitnější prováděné vrstvy na kryty lesních cest jsou: minerální beton, penetrační makadam a kamenivo zpevněné popílkocementovou suspenzí.

3.6.2 Komplexní hodnocení technologií pro lesní cesty

Předchozí kapitola 3.6.1 pojednává o technologiích pro lesní cesty ve strukturálním třídění z hlediska způsobu výroby a použitého materiálu. Pro uživatele je nezbytné umět vyhodnotit technologie z hlediska jejich přínosů. Pro zjednodušené hledisko platí obvykle používané kritérium „cena – výkon“.

Toto hodnocení lze velmi dobře provést podle dříve uvedených podkladů. V Tab. 12 jsou uvedeny aktuální ceny technologií podle ceníku ÚRS 2019. Důležité je nepřehlédnout tloušťku vrstvy, která je v tabulce naceněna. Běžné podkladní vrstvy lze provádět ve standardní tloušťce 200 mm, kvalitní vrstvy jako asfaltem obalované směsi se provádějí po tenčích vrstvách. Dvouvrstvá asfaltová vozovka v tloušťce 90 mm (40 mm AB + 50 mm OK) stojí 466 Kč/m² s požadavkem na vybudování únosné podkladní vrstvy. Technologie KAPS–LE nabízí dvojnásobnou tloušťku 200 mm v jedné vrstvě za 400 Kč/m². To je dokladem ke tvrzení o vysoké ceně asfaltových vozovek.

Druhé kritérium „výkonu“ lze také nalézt v předchozích podkladech. V Tab. 12 jsou uvedeny (podle TP 170) návrhové moduly jednotlivých technologií. Jako charakteristiku „výkonu“ lze použít právě parametr modulu pružnosti vrstvy, který charakterizuje fyzikálně mechanické vlastnosti vrstvy pod působícím zatížením. Čím je větší modul pružnosti, tím větší je odolnost vrstvy proti poškození vlivem zatěžování, a tím větší je předpokládaná životnost vrstvy.

Do předchozí Tab. 13 byly pro porovnání uvedeny návrhové moduly pružnosti E (MPa) k jednotlivým technologiím. Nová Tab. 14 Strukturální třídění technologií pro lesní cesty s moduly pružnosti pak dává „výkonové“ porovnání technologií. Ukazuje se, že KAPS–LE (XY) má vyšší moduly pružnosti než asfaltový beton a obalované kamenivo, a řádově (desetkrát) vyšší modul pružnosti než penetrační makadam (8 000 MPa oproti 800 MPa).

Uvedené komplexní hodnocení technologií „cena – výkon“ bude hrát stále větší roli při strategii údržby a rozvoje lesní sítě. Odvozní soupravy představují vyšší zatížení, než jsou schopny dlouhodobě přenášet klasické technologie typu MZK, ŠD, PM. Pro celoročně sjízdné, bezúdržbové a dlouhodobě životné lesní cesty se bude hledat ideální technologie.

Tab. 14: Strukturální třídění technologií pro lesní cesty s moduly pružnosti

| PROVÁDĚNÍ | POJIVO | | | | | |
|-----------------------------|----------------------------|--------------|------------|---------|-----------------|-----------------------|
| | NESTMELENÉ (BEZ POJIVA) | | STMELENÉ | | | |
| | | | ASFALT | | CEMENT | |
| | zkratka | E [MPa] | zkratka | E [MPa] | zkratka | E [MPa] |
| NA MÍSTĚ (ROZPROSTŘENÍ) | ŠD | 400 | | | | |
| | ŠP | 120 | | | | |
| | REC | 120 (300) | | | | |
| NA MÍSTĚ (PROMÍSENÍ) | MZ | 150 | S | | S | 800 až 1 200 |
| | ŠV | 500 | VM | 800 | | |
| NA MÍSTĚ (PROLÉVÁNÍ) | | | | | ŠCM | 600 |
| | KŠ | 500 | PM | 800 | KAPS-LE (XY) | 8 000 až 12 000 |
| V CENTRU (VE VÝROBNĚ) | MZK | 600 | AB | 7 500 | KSC | 2 000 až 2 500 |
| | | | OK | 5 500 | VB | 20 000 až |
| | (lom) | | (obalovna) | | (betonárna) | 23 500 |

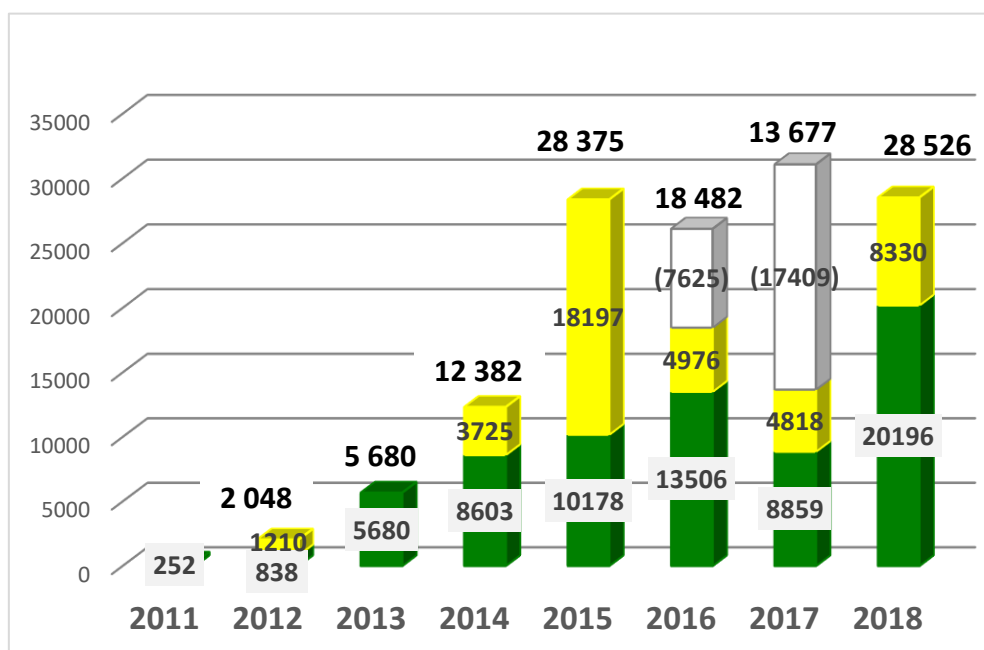
E [MPa] = Modul pružnosti

3.6.3 Komplexní hodnocení technologie KAPS–XY pro lesní cesty

Technologie KAPS–LE s pozdější specializací na KAPS–XY (–LE, –PM, –PA, –MS) byla poprvé uplatněna v praxi na malých zkušebních úsecích budovaných od roku 2011. Velký zkušební úsek v délce 400 metrů byl vybudován v roce 2013 v rámci výzkumného úkolu IGA LDF MENDELU č. 71/2013-2015 na stavbě LC Budkovanská na ŠLP Křtiny. Již v roce 2012 byla vybudována s důkladnou skladbou konstrukce plocha manipulačního skladu na Školním polesí Valšovice SLŠ v Hranicích na Moravě. Poptávka po nové únosné a ekonomicky výhodné technologii pro manipulační sklady rychle rostla.

Už v roce 2015 byla provedena nejrozsáhlejší stavba tohoto druhu na Pile Javořice, a.s. v Ptení o rozloze 14 800 m².

Celkový graf s roční výměrou provedených vrstev KAPS–LE (m²) je uveden na grafu 1: Přehled staveb s KAPS–LE podle typu zpevnění. Zřetelně jsou odděleny dva převažující typy technologických variant. Zelená barva značí lesní cesty, tedy technologii KAPS–LE s dílčím podílem KAPS–PM a KAPS–PA, žlutá barva značí manipulační sklady a zpevněné plochy KAPS–MS. S přípravou dotačních staveb jsou značeny plánované, ale časově odsunutá stavby (bílá barva v letech 2016 a 2017).



Graf 1: Přehled staveb s KAPS–XY podle typu zpevnění (31)

Počínaje rokem 2015 lze roční produkci v úrovni cca 28 000 m² přepočítat na cca 9,3 km ročně (lesních cest šířky 3,0 m), resp. na cca 7 km (při šířce 4,0 m). Celková bilance na lesních cestách je 68 112 m², na manipulačních skladech 41 256 m², souhrnně za uvedené období 2011 – 2018 je bilance 109 368 m².

S výjimkou dvou staveb, po jedné pro LČR, s.p. a VLS, s.p., jsou investory výhradně soukromí nebo municipální majitelé. Jejich pozitivní zkušenosti vedou pravidelně k opakovanému využívání technologie KAPS–XY na dalších stavbách. Volba KAPS–LE vychází z uvedených argumentů: Vysoké užitné parametry (modul pružnosti), jednoduchý způsob provádění i ve vlastní režii, garantovaná kontrola kvality materiálů – suspenze (licenční smlouva), úspora nákladů v poměru „cena – výkon“.

Příkladem lesních majetků, kde byla technologie KAPS–LE uplatněna opakovaně, mohou být Colloredo-Mannsfeld spol. s r.o. a KINSKÝ Žďár, a.s.

3.6.4 Colloredo-Mannsfeld spol. s.r.o.

Na základě restitucí bylo Zbirožské panství navraceno původnímu majiteli Jeronýmu Colloredo-Mannsfeldovi, který v roce 1993 založil Lesní a rybníční správu. Po úmrtí původního majitele roku 1998 převzal vlastnictví synovec Dipl. Ing. Jerome Colloredo-Mannsfeld. První lesní pozemky na bývalém Dobříšském panství byly vydány až v roce 2002. Firma Colloredo-Mannsfeld spol. s.r.o. obhospodařuje největší soukromý lesní majetek v ČR.

Colloredo-Mannsfeld spol. s.r.o. nechala s technologií KAPS–XY vyhotovit osm staveb do roku 2018, z toho čtyři lesní cesty a čtyři etapy zpevnění manipulačního skladu. Na lesní cestu Jelení Palouky a manipulační sklad Holoubkov byla zaměřena metodika provádění staveb v této diplomové práci. (52)

3.6.5 KINSKÝ Žďár, a.s.

V restitucích byl roku 1992 hraběti Radslavu Kinskému navrácen majetek, ke kterému patřil zámek, zemědělský statek s lesy, rybníky a polnostmi. Hrabě MVDr. Radslav Kinský zemřel roku 2008 a jeho nástupcem se stali synové Constantin Norbert a Charles Nikolas Kinští. K roku 2017 je celková výměra pozemků určených k plnění funkcí lesa 5 768,47 hektarů.

Kinský Žďár, a.s. zhotovila s technologií KAPS–LE do roku 2018 čtyři stavby. Roku 2018 byla vystavena LC Holetínská s dotačním programem a na tuto cestu byla také zaměřena metodika provádění technologie KAPS–LE v této diplomové práci. (53)

4 Metodika práce

Předmětem metodiky diplomové práce bylo zvládnout několik tematických okruhů. První spočíval v rešeršní práci (kapitola 3), ve které bylo nutné rozšířit poznatky o technologii KAPS–LE z dřívějšího zpracování bakalářské práce. Druhá část spočívala v získání praktických dovedností a zkušeností z přípravy a realizace konkrétních staveb s technologickými variantami KAPS–XY (kapitoly 4.2 až 4.5). Třetí část se týkala zkušebnictví, tedy vlastní přípravy vzorků, provádění zkoušek tekutosti suspenze na stavbě včetně odběru vzorků pro zkoušky pevnosti v tlaku až po samotnou účast na provádění zkoušek pevnosti v laboratoři a při terénním měření únosnosti vrstvy rázovým deflektometrem. Zpracování a vyhodnocení výsledků zkoušek (kapitola 5) má charakter výzkumné práce. Dosud nebyly v průběhu celého jednoho roku prováděny systematické zkoušky technologie KAPS–XY. Bylo zapotřebí provést matematické zobecnění dílčích měření, statistického vyhodnocení výsledků a z nich vyplývající teoretické i praktické závěry. Poslední prací bylo systematické vyhodnocení všech poznatků a tvorba dílčích částí normy. Tato normalizační práce musela respektovat pravidla pro tvorbu norem. Bylo při ní nutné zpracovat obecně použitelné výsledky pro další realizace technologie KAPS–XY.

4.1 KAPS–LE – příprava a realizace stavby

Technologie KAPS–LE – Kamenivo zpevněné popílkocementovou suspenzí je speciálně vyvinutá pro nejzatíženější lesní odvozní cesty a manipulační sklady.

Technologie KAPS–LE byla provedena na LC Holetínská (Kinský Žďár, a.s.) roku 2018 v délce 916,8 m:

1. Úprava pláně

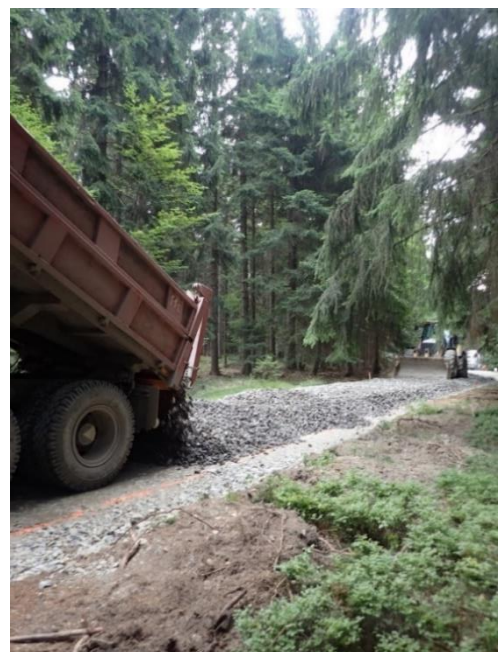
Stará nezpevněná cesta byla upravena bagrem. Podklad byl zbaven nečistot a srovnán do požadované rovinatosti. Bylo vybagrováno 402,6 m³ zeminy, která byla rozprostřena kolem cesty. Odvezly se pouze zbytky asfaltové vrstvy vozovky v množství cca 51 m³ na skládku ODAS ve Žďáru nad Sázavou.

2. Návoz kameniva

Kvalitní kamenivo frakce 32/63 (žula) bylo dováženo z lomu KÁMEN Brno, s.r.o., Polnička, nákladními automobily Tatra 815. Požadavkem bylo nenarušit již upravený a zhutněný podklad. Nákladní automobily dovezly celkem 1 246 tun kameniva, v denním výkonu cca 210 tun. Denní úsek pro rozprostření kameniva a prolití suspenzí byl stanoven na cca 150 metrů. Dále byla dovezena šterkodrt' na krajnice v množství 165,9 tun.



Obr. 10: Úprava pláně



Obr. 11: Návoz kameniva

3. Rozprostření kameniva

Šířka lesní cesty byla vytyčena dřevěnými kolíky. Dvoumetrovou latí byly podélně zaměřeny úseky po pěti metrech a zatlučeny kolíky z betonářské oceli. Oranžovým sprejem byla vyznačena šířka krytu. Mezi kolíky byl ve výšce 220 mm natažen provázek a ten usnadnil rozprostření kameniva do požadované tloušťky. Kamenivo bylo rozprostřeno bagrem v tloušťce 220 mm.

4. Předhutnění vrstvy kameniva

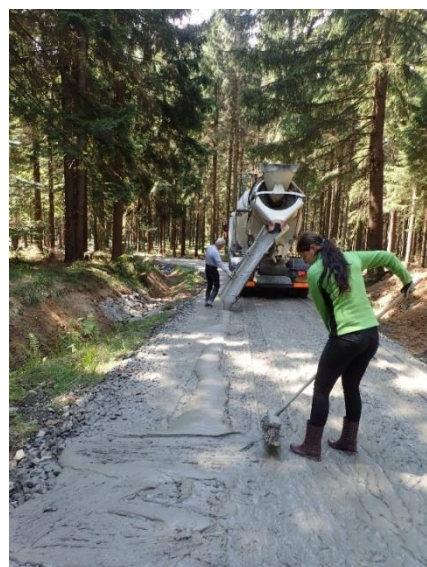
Předhutnění bylo provedeno pojezdy válce bez vibrace.

5. Prolévání suspenze

Suspenze byla vyrobena na betonárně CEMEX Czech Republic, s.r.o. ve Žďáru nad Sázavou podle zákaznické receptury a dovezena v autodomíchávačích na stavbu. Celkové množství dovezené suspenze bylo 237,5 m³ v šesti denních dodávkách po cca 40 m³. Z každého autodomíchávače se odebral po příjezdu vzorek, na němž byla provedena zkouška tekutosti suspenze. Podle výsledků rozliti se u husté suspenze doplnilo dávkování vody. V případě řidší suspenze se upozornila betonárna. Další vzorek suspenze byl odebrán do válečků, uschován a předán do laboratoře na zkoušku pevnosti v tlaku. Rovnoměrné rozprostření suspenze na kostru z kameniva bylo provedeno přímo ze žlabu autodomíchávače při plynulém pojezdu. Žlabem bylo posouváno ve vodorovném směru v šířce záběru 2 až 3 metry. Rozprostření suspenze do krajů bylo zajištěno dělníky s košťaty, aby suspenze byla rovnoměrně pokryta na vrstvě kameniva a nevytékala do stran.



Obr. 12: Vytyčení výšky návozu



Obr. 13: Prolévání a rozprostírání suspenze

6. Hutnění vrstvy

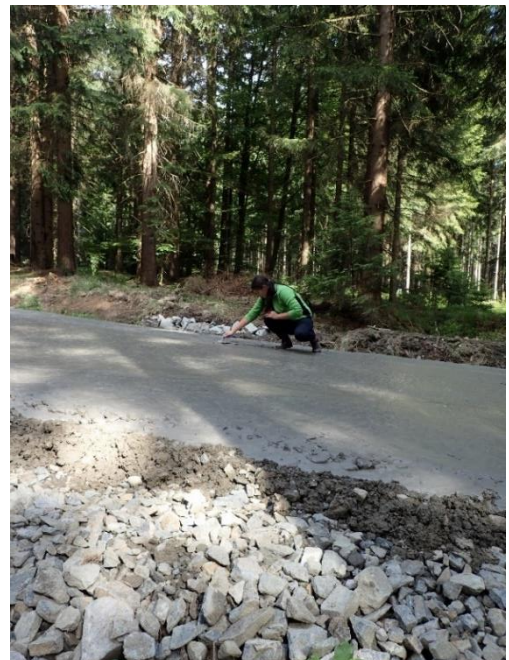
Zhutnění celé vrstvy bylo provedeno ihned po prolití kamenné kostry suspenzí vibračním válcem Stavostroj VV 111. Válec začínal hutnění středem cesty, teprve potom pojížděl po pravé i levé straně. V místech, kde suspenze zatekla hluboko do kostry z kameniva, bylo doplněno její množství z další dodávky z autodomíchávače. Počet potřebných pojezdů válce pro technologii KAPS–LE odpovídá postupnému zrání vrstvy. Pozdější pojezdy po zatuhlé suspenzi umožňují dosažení vyšší hladkosti a rovinnosti povrchu.

7. Dokončovací práce

Pracovní harmonogram pro budování vrstvy KAPS–LE na LC Holetínská vycházel ze dvou základních operací – rozprostírání kameniva a prolévání suspenze. Dílčí denní úsek v délce cca 150 metrů byl v průběhu jednoho dne navezen kamenivem a rozprostřen do požadované tloušťky vrstvy, Druhý den byl tento úsek prolit suspenzí, zhutněn a dokončen. Postup provádění vycházel od středu úseku oběma směry tak, že dopravní prostředky (Tatry s kamenivem a autodomíchávače) se na prováděném úseku nepotkávaly.



Obr. 14: Hutnění vrstvy



Obr. 15: Dokončovací práce

Tab. 15: Harmonogram – postup prací LC HOLETÍNSKÁ (staničení denních úseků v km) (49)

| Datum | Pá | So-Ne | Po | Út | St | Čt | Pá | So-Ne | Po | Út |
|------------------|----------------|---------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------|----------------|----------------|
| Pracovní operace | 6.7. | 7.-8.7. | 9.7. | 10.7. | 11.7. | 12.7. | 13.7. | 14.-15.7. | 16.7. | 17.7. |
| Návoz kameniva | 0.450 0.600 | | 0.833 0.992 | 0.300 0.450 | 0.995 1.149 | 0.150 0.300 | | | 0.000 0.150 | |
| Prolití suspenzí | | | 0.450 0.600 | 0.833 0.992 | 0.300 0.450 | 0.995 1.149 | 0.150 0.300 | | | 0.000 0.150 |

4.2 KAPS–PM –příprava a realizace stavby

Technologie KAPS–PM – Kamenivo zpevněné popílkocementovou suspenzí pro recyklaci cest z penetračního makadamu je vyvinutá pro obnovu lesních odvozních cest z penetračního makadamu tenkovrstvým zpevněním.

Technologie KAPS–PM byla provedena na LC Jelení Palouky (Collaredo-Mannsfeld s.r.o.) roku 2016 v délce 776 m:

1. Frézování krytu PM

Stará lesní cesta s vyjetými kolejiemi a celkovým rozpadem povrchu z penetračního makadamu byla rozrušena těžkou zemní frézou typu FAE STCR 180 a upravena do původní rovinatosti. Hodinový výkon frézy je cca 100 metrů při trojím pojezdu (2x okraje, 1x střed). Kompletní frézování celého úseku bylo provedeno za jeden pracovní den.



Obr. 16: Frézování krytu – pojezd pravou stopou



Obr. 17: Frézování krytu – pojezd středem

2. Prolévání propustku

Plastové roury o průměru DN 400 mm byly obsypány kamenivem frakce 32/63 a prolity popílkocementovou suspenzí. Hutnění se provedlo vibrační deskou. Suspenze zatekla mezi zrna kamenné kostry a tím vyplnila mezery mezi kamennou kostrou.

3. Návoz a rozprostření kameniva

Postup byl stejný jako u technologie KAPS–LE s tím rozdílem, že kamenivo v množství 726 tun bylo dovezeno z lomu Třebnuška na meziskládku. Následně bylo rozprostřeno v tloušťce 150 mm, čemuž se říká varianta SLIM. Návoz kameniva probíhal v denních úsecích po 150 metrech. Kamenivo bylo rozprostřeno obvyklým způsobem do vyznačené tloušťky (kolíky, provázek).



Obr. 18: Deponie kameniva



Obr. 19: Stavba propustku

4. Prolévání suspenzí

Stejný postup jako u technologie KAPS-LE. Dovoz suspenze autodomíhávači byl zajištěn z betonárny INSTAVBAU s.r.o., Lhota pod Radčem. Celkově bylo dovezeno 111 m³ suspenze v pěti denních dodávkách.

5. Hutnění vrstvy

Stejný postup jako u technologie KAPS-LE.

6. Zabudování ocelové svodnice vody

Velká část LC Jelení Palouky v délce cca 600 metrů byla v plynulém podélném sklonu od 8 % do 10 %. Z důvodu snadnějšího odvedení srážkové vody bylo zabudováno 5 ks ocelových svodnic typu VIAQUA. Svodnice uložená šikmo k ose cesty do šterkové vrstvy byla vyplněna technickou textilií, aby nedošlo k jejímu zaplnění suspenzí.



Obr. 20: Svodnice zabudovaná v kamenivu



Obr. 21: Svodnice po prolití a vyčištění

7. Dokončovací práce

Stejný postup jako u technologie KAPS-LE. Svodnice a jejich okolí byly zahlazeny a pečlivě očištěny od zbytku suspenze.

4.3 KAPS–PA – příprava a realizace stavby

Technologie KAPS–PA – Kamenivo zpevněné popílkocementovou suspenzí pro panelové vozovky a plochy je technologie, která monolitně spojuje prefabrikované dílce s podkladní vrstvou.

Technologie KAPS–PA byla provedena jako oprava malého rozsahu na MS Holoubkov (Colloredo-Mannsfeld s.r.o.) roku 2017 na ploše 6 m²:

1. Vyzvednutí poškozených (pokleslých) panelů

Poškozené panely (3 x 1 m), které byly překážkou plynulého provozu mechanismů manipulačního skladu, byly vyzvednuty nakladačem s kleštěmi a odvezeny na skládku v areálu.

2. Odtěžení vyhloubené zeminy pod panely

Zemina pod panely byla odtěžena bagrem do hloubky 40 cm pod niveletu panelové plochy. Na dno byla navezena štěrkokodř' frakce 0/32 v tloušťce 10 cm a zhutněna vibrační deskou.

3. Rozprostření kameniva pro podklad z KAPS–LE

Jako podklad bylo dovezeno kamenivo 32/63 mm v tloušťce 15 cm a rozprostřeno bagrem. Použitá štěrkokodř' a kamenivo byly součástí dodávky z lomu Těškov na souběžně prováděnou stavbu zpevnění manipulačního skladu Holoubkov.



Obr. 22: Odtěžení zeminy



Obr. 23: Navezení a rozprostření kameniva

4. Prolévání suspenzí

Stejný postup jako u technologie KAPS–LE, s tím rozdílem, že autodomíchávač nejel plynule a suspenze byla dávkována žlabem mezi vyjmuté panely. Suspenze byla dodávána z betonárny FRISCHBETON s.r.o., betonárna Beroun – Černín jako součást stavby zpevnění manipulačního skladu Holoubkov.

5. Hutnění vrstvy

Hutnění podkladní vrstvy mezi panely bylo provedeno vibrační deskou 80 kg. Hutnění probíhalo ihned po prolití kameniva suspenzí.



Obr. 24: Prolévání suspenzí



Obr. 25: Hutnění vrstvy

6. Rozprostření suspenze jako ložní vrstvy pod panely

Na zhutněnou vrstvu KAPS–LE byla z následujícího autodomíchávače rozprostřena suspenze jako ložní vrstva pod panely v tloušťce 3 cm. Rozprostření suspenze provedl jeden člověk s lopatou.

7. Pokládání panelů

Nové nepoškozené panely byly pokládány do ložní vrstvy suspenze nakladačem s kleštěmi. Nakladač přešel uložené panely k jejich pevnému přilepení k podkladu.



Obr. 26: Rozprostření suspenze



Obr. 27: Pokládání panelů

8. Zalévání spár mezi panely

K pevnému fixování panelů v ploše byly vzniklé spáry zality suspenzí z dalšího autodomíchávače. Z uvedeného sledu operací vyplývá, že rozsah malé opravy vyžaduje řadu technologických kroků, včetně opakovaného dávkování suspenze z několika přijíždějících autodomíchávačů. Z toho důvodu je užitečné spojit podobné úpravy manipulačních ploch s výstavbou většího celku (plochy).

9. Povrchová úprava

Spáry mezi panely byly zahlazeny hladítkem. Z důvodu ochrany opravené plochy před poježděním manipulačními prostředky skladu bylo provedeno ohraničení se zábranami z kulatiny po dobu 3 dnů. Samotná oprava byla provedena v průběhu jedné pracovní směny.

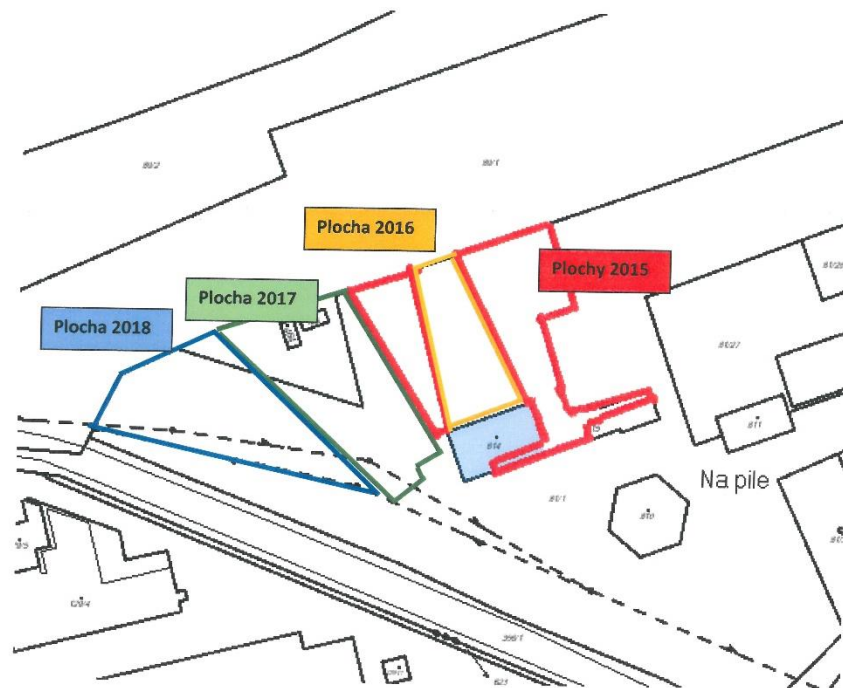


Obr.28: Dokončená oprava

4.4 KAPS–MS – příprava a realizace stavby

Technologie KAPS–MS – Kamenivo zpevněné popílkocementovou suspenzí pro manipulační sklady a plochy je dvouvrstvá technologie KAPS–LE.

Technologie KAPS–MS byla provedena na MS Holoubkov (Colloredo-Mannsfeld s.r.o.) ve čtyřech etapách od roku 2015 do roku 2018 na celkové ploše přes 2 000 m²:



Obr.29: Stavba skladovacích a manipulačních ploch Holoubkov rozdělená na čtyři etapy

Etapa 3 v roce 2017 provedla zpevnění na ploše 680 m². Konstrukce zpevnění byla navržena jednotně ve všech etapách v tloušťce 55 cm (15 cm šterkodrti 0/63, 20 cm podklad z KAPS–LE, 20 cm kryt z KAPS–LE)

1. Skrývka zeminy

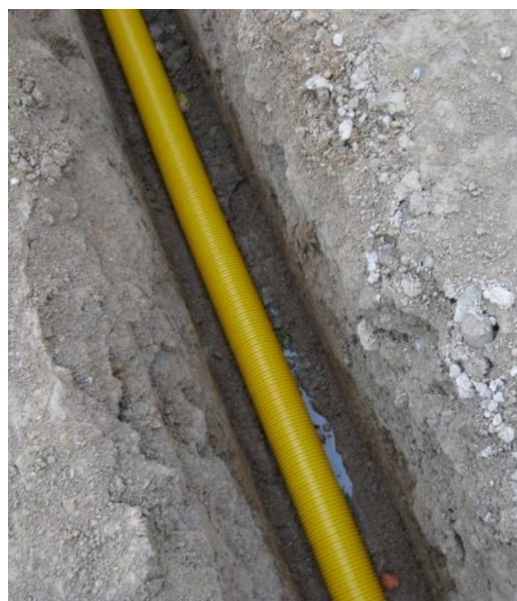
Plocha MS Holoubkov určená ke zpevnění byla na původním terénu z rostlé zeminy. Zemina byla odtěžena do hloubky 55 cm a odvezena jako terénní vyrovnávka do blízkého lesa ve vlastnictví Colloredo-Mannsfeld. Práce byly zahájeny 15 dní před realizací stavby z KAPS–LE.

2. Odvodnění pláň

Základní zpevněná plocha manipulačního skladu Holoubkov s krytem z panelů přiléhá k drážnímu tělesu a je odvodněna hloubkovou kanalizací. Zpevňované plochy leží v mírném svahu. Plošné odvodnění bylo zajištěno spodní vrstvou šterkodrti frakce 0/63. V navazujícím úžlabí na panelovou cestu byla ve výkopu 100 cm pod niveletou pláň položena plastová drenáž průměru 150 mm a zaústěna ve spádu do kanalizačních šachet.



Obr. 30: Celkový pohled



Obr. 31: Odvodnění pláň - drenáže

3. Spodní podkladní vrstva

Jako spodní podkladní vrstva byla použita šterkodrt' frakce 0/63, která byla dovezena nákladním automobilem z lomu Těškov. Nákladní automobil Tatra 815 dovezl v průběhu jedné pracovní směny cca 80 tun šterkodrti, což bylo 7 jízd. Šterkodrt' byla rozprostřena do plánované tloušťky 15 cm bagrem a zhutněna vibračním válcem.

4. Spodní vrstva KAPS-LE

Spodní vrstva byla vyhotovena z technologie KAPS-LE v tloušťce 200 mm, na což se spotřebovalo 250 tun kameniva frakce 32/63 a cca 60 m³ suspenze. Technologicky byla vrstva provedena ve třech dnech s návozem kameniva v prvním a druhém dni a proléváním suspenze ve druhém a třetím dni.



Obr. 32: Spodní podkladní vrstva



Obr. 33: Spodní vrstva KAPS-LE

5. Horní vrstva KAPS–LE

Tloušťka horní vrstvy byla 200 mm, což odpovídalo stejnému množství kameniva a suspenze jako u spodní vrstvy KAPS–LE. Díky volné kapacitě betonárny bylo prolití a zhutnění horní vrstvy KAPS–LE provedeno v průběhu jednoho pracovního dne. Návoz kameniva byl vzhledem ke dnům pracovního volna zahájen 4. den po dokončení spodní vrstvy KAPS–LE, vrstva byla dokončena 5. den po dokončení spodní vrstvy.

6. Dokončovací práce

Prováděná plocha navazovala jednou stranou na předchozí etapu zpevnění z KAPS–LE a dvěma stranami na panelové plochy skladu. Dokončovací práce tedy znamenaly nejen pečlivé zahlazení nerovností provedené plochy, ale také pečlivé napojení na všechny plochy sousedící.



Obr. 34: Horní vrstva KAPS-LE



Obr. 35: Dokončovací práce

4.5 Odběr vzorků na zkoušky tekutosti a pevnosti v tlaku

- Odběr vzorků na zkoušku tekutosti:

Tyto zkoušky byly prováděny na každé dodávce suspenze, která byla dovezena na stavbu v autodomíchávači. Podle této zkoušky se zjistilo rozlití suspenze, a tedy i množství vody, které bylo potřeba doplnit do suspenze přímo na stavbě. Podkladní deska se položila na rovný povrch a na ni se umístil Vicatův prstenec. Vicatův prstenec se naplnil po okraj popílkocementovou suspenzí. Po naplnění se s prstencem zatřásl, aby zmizely vzduchové bubliny, a na závěr se horní vrstva zarovnala s okrajem formy. Forma se zvedla a suspenze se rozlila. Rozlitá suspenze se po 30 s změřila ve dvou na sebe kolmých směrech d_1 a d_2 . Rozlití se stanovilo jako aritmetický průměr hodnot d_1 a d_2 . Pro technologii KAPS-LE, používanou na kryty vozovek lesních cest a ploch, je stanoveno vyhovující rozmezí tekutosti od 90 mm do 160 mm, kdy se zamezí vytékání suspenze do stran mimo vozovku.



Obr.36: Stanovení tekutosti suspenze (Vicatova zkouška)

- **Odběr vzorků na zkoušku pevnosti v tlaku:**

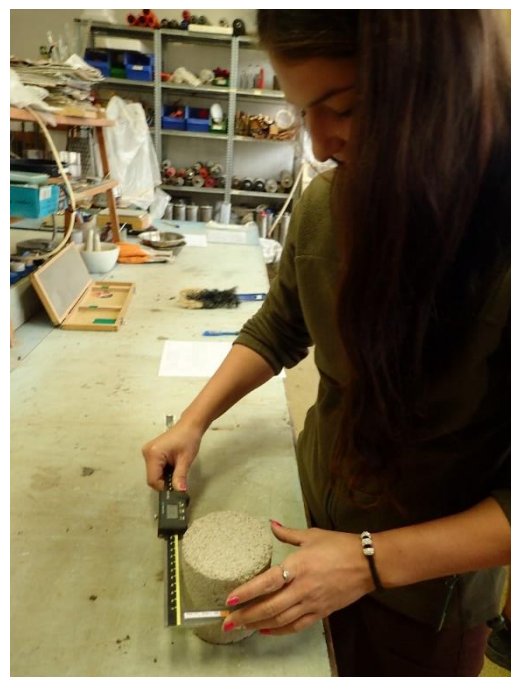
Formy pro odběr vzorků na zkoušky pevnosti v tlaku mají tvar válečků o průměru 71 mm a stejné výšce. Tyto zkušební vzorky odpovídají požadavku již zmíněné ČSN EN 13286–41. Dodržování této požadované velikosti vzorků umožňuje dlouhodobé srovnání výsledků z různých staveb.

Do válcové formy byla odlita popílkocementová suspenze, která byla řádně zbavena vzduchových bublin zatřesením. Formy byly následně zavřeny víkem, popsány a ponechány ke zrání ve stabilním prostředí. Po 28 dnech zrání akreditovaná zkušební laboratoř provedla zkoušku pevnosti v tlaku prostém. Vzorek byl osušen, změřen a správně usazen pod zatěžovací desku. Zatěžovací deska působila rovnoměrně rostoucím tlakem.

Pevnost v tlaku je velikost napětí, při které se zkušební těleso porušilo. Výsledky zkoušek potvrzují nebo vyvrací dodržení receptury pro popílkocementovou suspenzi a kvalitu vstupního materiálu jako je cement a popílek. U všech zkoušek ze stavby vyšly výsledky jako vyhovující, odpovídají požadavku třídy pevnosti $C_{12/15}$.



Obr. 37: Plnění odebraného vzorku suspenze do formy



Obr. 38: Měření rozměrů (objemová hmotnost) vzorků suspenze v laboratoři

5 Výsledky

5.1 Vyhodnocení výsledků zkoušek pevnosti v tlaku suspenze a modulu pružnosti vrstvy KAPS–LE

5.1.1 Zdůvodnění potřeby rozšířených zkoušek a dlouhodobého sledování zvolených parametrů

Z hlediska posuzování kvalitního provedení vrstvy KAPS–LE podle technického předpisu (normy) je rozhodující hodnota pevnosti suspenze v tlaku po 28 dnech $R_{C,28(60)}$ (viz ČSN 73 6127–4, tabulka 3). Pro příbuznou podkladní vrstvu KAPS je požadována minimální třída pevnosti popílkové suspenze podle ČSN EN 14227-3:2008 $C_{6/8}$ (6/8 MPa). Pro kvalitní krytovou vrstvu KAPS–LE je požadována minimální třída pevnosti popílkocementové suspenze $C_{12/15}$ (12/15 MPa).

Z hlediska provozních vlastností je také důležité znát, jak probíhá nárůst pevnosti popílkocementové suspenze zejména v prvních dnech zrání. Ovlivňuje to dobu, po které lze bez poškození povolit na zhotovené vrstvě provoz. Stejně tak je užitečné znát hodnoty pevnosti v tlaku suspenze i po uplynutí konvenční doby zkoušení stanovené pro cementové směsi normou na 28 dnů, neboť z ČSN 73 6124:1994 je známo, že pevnost směsí s popílky narůstá dlouhodobě.

Požadavek dlouhodobého sledování suspenze pro vrstvu KAPS–LE se týká i dalšího parametru – modulu pružnosti vrstvy E , měřené rázovým deflektometrem. Zkoušky únosnosti byly na budovaném zkušebním úseku na ŠLP Křtiny prováděny v roce 2013 v době čtyř týdnů po dokončení vrstvy KAPS–LE, a po dvou letech provozu v roce 2015. Přestože cesta byla zatížena manipulací, skladováním a odvozem vytěženého dříví v množství 700 m^3 , a dalo by se předpokládat, že únosnost cesty poklesne, měření prokázala opak. Průměrná hodnota modulu pružnosti v roce 2013 byla $E = 8\,433 \text{ MPa}$, zatímco po dvou letech provozu v roce 2015 bylo naměřeno $E = 9\,246 \text{ MPa}$. To znamená, že první hodnota modulu pružnosti po čtyřech týdnech od provedení ještě nezměřila další dlouhodobý nárůst pevnosti vlivem postupného zrání vrstvy. Lze tedy odhadovat, že maximální hodnota

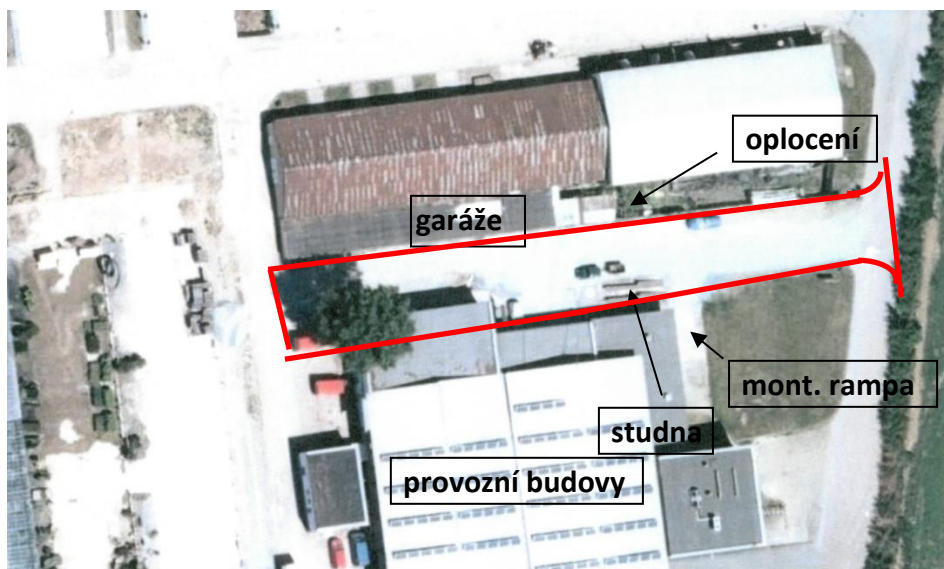
modulu pružnosti se pohybovala až k hodnotě 10 000 MPa. Tato skutečnost byla důvodem pro dlouhodobé měření únosnosti vrstvy KAPS–LE při zpracovávání této práce.

5.1.2 Příprava vhodného zkušebního úseku pro dlouhodobé sledování parametrů KAPS–LE

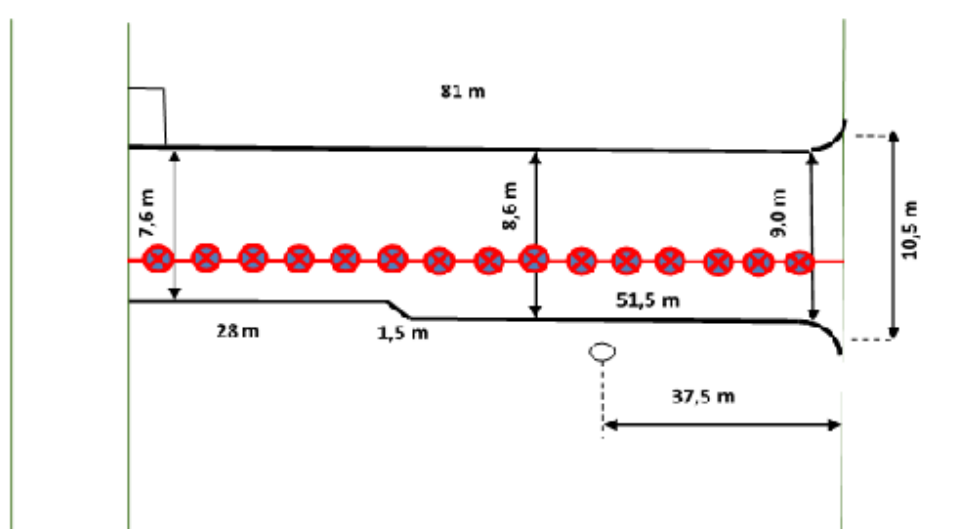
Z důvodu minimalizace nákladů zejména pro náročné zkoušky rázovým deflektometrem bylo potřebné nalézt lokalitu co nejbližší k laboratoři divize silničního vývoje IMOS Brno, a.s. Tento požadavek splňovala nejlépe stavba zpevněné plochy s technologií KAPS-LE v areálu AGRO Brno – Tuřany.

Dokumenty o přípravě stavby (Zpráva 1 – 12/2017) a realizaci stavby (Zpráva 2 – 2/2018) „Zpevnění místní komunikace Nekvinda v areálu AGRO Brno – Tuřany, a.s.“ jsou uloženy u SILMOS s.r.o. Vlastní zpevněná plocha se nachází mezi provozními budovami areálu a má délku 81 metru a proměnnou šířku od 7,6 do 10,5 metru. (Obr. 39)

Vzhledem k dlouhodobě únosnému podloží, které bylo opakovaně zpevňováno návozem hrubého kameniva, nebyla na úseku budována podkladní vrstva. Po odstranění rozdrobeného nestmeleného materiálu z povrchu byl postaven pouze kryt z KAPS–LE v tloušťce 200 mm. Reálná nehomogenita podkladu vysvětluje i naměřené odchylky výsledků na 15 jednotlivých měřících bodech. (Obr. 40)



Obr. 39: Schéma úseku Nekvinda (AGRO Brno – Tuřany, a.s.)



Obr. 40: Zaměření úseku (měřící body 1 – 15)

Stavba byla budována od pátku 23. 3. 2018 do středy 28. 3. 2018, přičemž prolévání kameniva suspenzí a zhotovení vrstvy KAPS–LE se uskutečnilo v průběhu jediného dne 27. 3. 2018.



Obr. 41: Skrývka původního nestmeleného zpevnění



Obr. 42: Přívěs FWD pro měření únosnosti vrstvy

Na dokončené vrstvě KAPS–LE bylo barevně fixováno 15 měřících bodů tak, aby bylo zajištěno opakované měření na stejném místě. Zatěžovací deska zařízení FWD by měla pokud možno doléhat přesně na každý měřící bod.

Cílem měření na úseku bylo získat hodnoty modulu pružnosti v průběhu jednoho roku. Intervaly měření byly stanoveny takto: 1 den, 7 dní, 28 dní, 60 dní, 90 dní, 180 dní a 365 dní. Dohromady celkem 7 samostatných měřících dnů. Souběžně ve stejných intervalech byly v laboratoři prováděny zkoušky pevnosti suspenze v tlaku (navíc ještě interval 14 dní). Laboratoř silničního vývoje IMOS Brno, a.s. dodávala průběžně výsledky měření jak pevností suspenze v tlaku, tak modulů pružnosti na formalizovaných protokolech (Obr. 43, 44). Soubor všech protokolů je uveden v Přílohách 1 a 2.

Úkolem této diplomové práce bylo získané výsledky vyhodnotit v podobě matematické závislosti jako dlouhodobý nárůst pevnosti popílkocementové suspenze v tlaku R_c a dlouhodobý nárůst modulu pružnosti E vrstvy KAPS–LE. Dále bylo úkolem nalézt regresní závislost obou veličin R_c a E . Přestože pevnost v tlaku je měřena na samotné suspenzi a naopak modul pružnosti se měří na celé vrstvě KAPS–LE, tedy včetně zaklíněné kostry kameniva s mezerami vyplněnými ztvrdlou suspenzí, lze mezi oběma parametry

očekávat trend: čím vyšší pevnost suspenze v tlaku, tím vyšší modul pružnosti celé vrstvy KAPS–LE. V pracovní diskuzi s odbornými pracovníky akreditované laboratoře IMOS Brno, a.s. a s dlouhodobými zkušenostmi z realizace šesti desítek staveb SILMOS s.r.o. byly následně hledány praktické závěry z konkrétních výsledků měření a nalezených matematických závislostí.

ZKOUŠKA PEVNOSTI V PROSTÉM TLAKU

č. 0821 V181010/K05

| | | | |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------|-------------|
| Objednatel: | SILMOS s.r.o. Křížkova 70, 612 00 Brno | Objednávka: | 1815 |
| Druh a počet zkoušek: | 8 kusů válcových těles o rozměrech \varnothing 70 x 70 mm | Označení směsi: | KAPS-LE |
| Název stavby | Ověřovací vzorky SILMOS | Datum zhotovení těles: | viz tabulka |
| Tělesa vyrobil: | SILMOS s.r.o. | Datum zkoušení: | viz tabulka |
| Datum dodání těles: | 28.3.2018 a 9.4.2018 | Stáří tělesa (den) | viz tabulka |

Tabulka č. 1 Výsledky měření

Normy:

ČSN EN 13286-41 Zkušební metoda pro stanovení pevnosti v tlaku směsí stmelných hydraulickými pojivy, ČSN 736124-1 " Stavba vozovek - Vrstvy ze směsí stmelných hydraulickými pojivy - Část 1: Provádění a kontrola shody", Příloha A a Tab. A.1 je provedeno přiřazení původních názvů technologií ke třídám pevnosti.

| Označení číslo vzorku | Označení objednatele vzorku | Datum výroby | Datum zkoušky | Stáří těles dnů | Štíhl. poměr H/D | Hmotnost vzorku (kg) | Rozměry vz. \varnothing (mm) | l (mm) | Plocha průřezu (cm ²) | Objemová hmotnost (kgm ⁻³) | Maximální síla (kN) | Pevnost v tlaku R _{ci} (N/mm ²) | Pevnost v tlaku R _{ck} (N/mm ²) |
|-----------------------|-----------------------------|--------------|---------------|-----------------|------------------|----------------------|--------------------------------|--------|-----------------------------------|----------------------------------------|---------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| 5705 | A7 | 27.3. | 3.4. | 7 | 0,97 | 0,448 | 70 | 68 | 38,5 | 1710 | 54,0 | 14,0 | 14,7 |
| 5706 | A7 | | | 7 | 0,96 | 0,449 | 70 | 67 | 38,5 | 1740 | 61,0 | 15,9 | |
| 5707 | A7 | | | 7 | 0,94 | 0,453 | 71 | 67 | 39,6 | 1710 | 54,0 | 13,6 | |
| 5708 | A7 | | | 7 | 0,97 | 0,450 | 70 | 68 | 38,5 | 1720 | 59,0 | 15,3 | |
| 5709 | A14 | 27.3. | 10.4. | 14 | 0,96 | 0,481 | 71 | 68 | 39,6 | 1790 | 77,0 | 19,5 | 18,8 |
| 5710 | A14 | | | 14 | 0,96 | 0,476 | 71 | 68 | 39,6 | 1770 | 73,0 | 18,4 | |
| 5711 | A14 | | | 14 | 0,96 | 0,477 | 71 | 68 | 39,6 | 1770 | 76,0 | 19,2 | |
| 5712 | A14 | | | 14 | 0,96 | 0,479 | 71 | 68 | 39,6 | 1780 | 71,0 | 17,9 | |

Přiřazení původních názvů technologií ke třídám pevnosti

| Řádek | Pevnost v tlaku [MPa] | | Třída pevnosti R _{ck} | ČSN 736124-1: V příloze A a tab. A.1 je provedeno přiřazení původních názvů technologií ke třídám pevnosti. |
|-------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | Charakteristická pevnost R _{ck} | | | |
| | Válců H/D ^a = 2,0 bez požadavku | Válců nebo krychle H/D ^a =1,0 ^b bez požadavku | | |
| 1 | | | C ₀ | neuváděno |
| 2 | | 1,5 | C _{1,5/2,0} | stabilizace cementem S II |
| 3 | | 3,0 | C _{3/4} | stabilizace cementem S I |
| 4 | | 5,0 | C _{5/6} | kamenivo zpevněné cementem KSC II |
| 5 | | 8,0 | C _{8/10} | kamenivo zpevněné cementem KSC I |
| 6 | | 12,0 | C _{12/15} | válcovaný beton VB I |
| 7 | | 16,0 | C _{16/20} | podkladový beton PB II |
| 8 | | 20,0 | C _{20/25} | podkladový beton PB I |

^aH/D = poměr mezi výškou a průměrem zkušební vzorku ^bH/D = 0,8 až 1,21

U : ± 5 % pevnost v tlaku je uváděna jako rozšířená s koeficientem k = 2, pokrývající úroveň spolehlivosti 95 %.

Zkoušky/činnosti označené hvězdičkou * jsou mimo rozsah akreditovaných zkoušek.

Zkušební laboratoř prohlašuje, že protokol o zkoušce může být reprodukován jako celek, jinak jen s písemným souhlasem laboratoře. Výsledky zkoušek se týkají pouze zkušebních vzorků a/nebo měřeného místa a protokol neznámá schválení výrobku orgánem udělujícím certifikaci.

Výtisk: Rozdělovník: 2x objednatel.; 1x ZL

Protokol vystavil a schválil:

1 2 3 Nahrazuje/ ruší

vedoucí laboratoře : Mgr. Jiří Krésa

Přezkoumal: Ing. Suchyňa

Datum: 12.4.2018



Obr. 10: Protokol měření pevnosti v tlaku RC



Posouzení vozovky a návrh zesílení




Soubor: C082
 Číslo silnice: ÚK
 Odběratel: SILMOS

Název: Někvinďa 90.den
 Datum měření: 27.6.2018
 Vozovka: KAPS-LE

Výpočtové parametry:

Návrhová úroveň porušení:
 Návrhové období: 25 roků
 Dopravní zatížení: 5 TNV
 Poloměr zatěžovací desky: 150 mm
 Dotykový tlak: 0,707 MPa
 Poissonovo číslo: 0,3
 Roční růst dopravy: 0%
 Návrhová teplota: 20 °C
 Sezonní faktor: 1

| Číslo bodu | Staničení (m) | Jízdní pruh R-pravý L-levý | Tloušťky vrstev (mm) | | Moduly pružnosti (MPa) | | | Zbytková životnost (roky) | Tloušťka zesílení (mm) |
|------------|---------------|----------------------------------|----------------------|--------|------------------------|-------|-----|---------------------------|------------------------|
| | | | H1 | H2 | E1 | E2 | Ep | | |
| 1 | 0 | R | 200 | 150 | 14982 | 8295 | 121 | 25 | 0 |
| 2 | 5 | R | 200 | 150 | 12929 | 13179 | 160 | 25 | 0 |
| 3 | 10 | R | 200 | 150 | 14445 | 14725 | 157 | 25 | 0 |
| 4 | 15 | R | 200 | 150 | 11548 | 11772 | 139 | 25 | 0 |
| 5 | 20 | R | 200 | 150 | 10951 | 11163 | 124 | 25 | 0 |
| 6 | 25 | R | 200 | 150 | 4716 | 4807 | 115 | 25 | 0 |
| 7 | 30 | R | 200 | 150 | 14364 | 553 | 138 | 25 | 0 |
| 8 | 35 | R | 200 | 150 | 11704 | 11647 | 136 | 25 | 0 |
| 9 | 40 | R | 200 | 150 | 8936 | 8892 | 159 | 25 | 0 |
| 10 | 45 | R | 200 | 150 | 5646 | 5618 | 163 | 25 | 0 |
| 11 | 50 | R | 200 | 150 | 7335 | 7299 | 150 | 25 | 0 |
| 12 | 55 | R | 200 | 150 | 9577 | 3940 | 140 | 25 | 0 |
| 13 | 60 | R | 200 | 150 | 8039 | 8000 | 169 | 25 | 0 |
| 14 | 65 | R | 200 | 150 | 16073 | 15994 | 168 | 25 | 0 |
| 15 | 70 | R | 200 | 150 | 12754 | 12692 | 151 | 25 | 0 |
| | | | | max | 16073 | 15994 | 169 | 25 | 0 |
| | | | | min | 4716 | 553 | 115 | 25 | 0 |
| | | | | průměr | 10933 | 9238 | 146 | 25 | 0 |
| | | | | smodch | 3356 | 4177 | 17 | 0 | 0 |

Snížený modul pružnosti
 asfaltových vrstev (E1 < 1500 MPa)
 nestmelených vrstev (E2 < 250 MPa)
 podloží (Ep < 70 MPa)

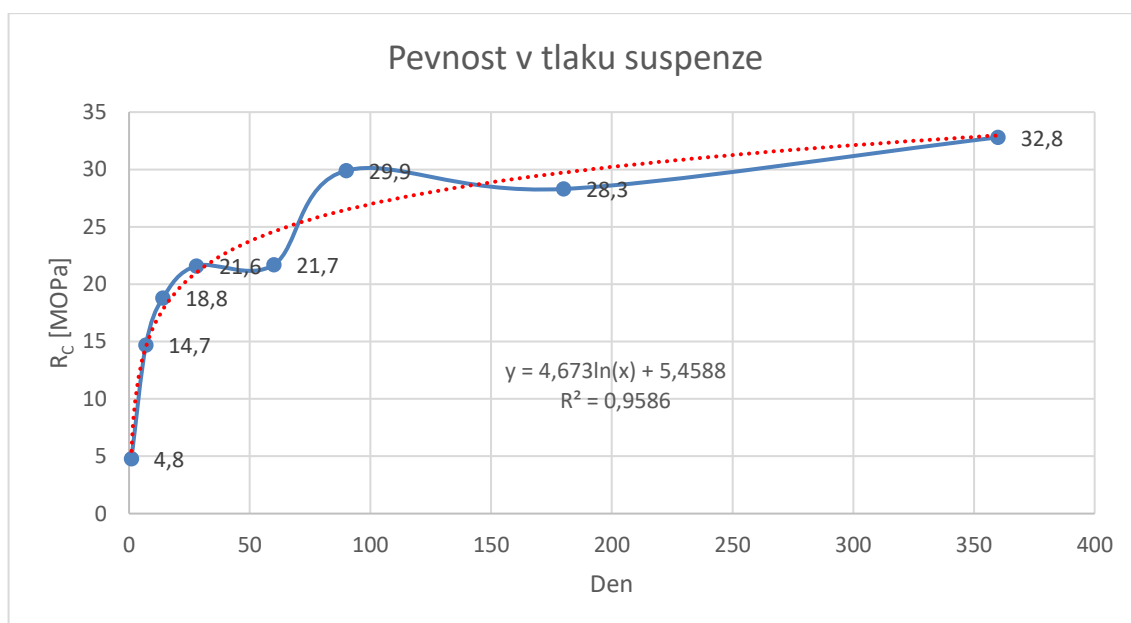
Obr. 44: Protokol měření modulu pružnosti E

5.1.3 Dlouhodobé sledování pevnosti v tlaku popílkocementové suspenze pro KAPS–LE

Ze získaných protokolů k jednotlivým měřením pevnosti v tlaku popílkocementové suspenze na úseku Nekvinda AGRO Brno – Tuřany, a.s. byly shromážděny výsledky do Tab. 16.

Tab. 16: Pevnost v prostém tlaku popílkocementové suspenze RC

| | | | | | | | | |
|--------------------------------------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| Stáří vzorku ve dnech | 1 | 7 | 14 | 28 | 60 | 90 | 180 | 365 |
| Pevnost v tlaku R_c (MPa) | 4,8 | 14,7 | 18,8 | 21,6 | 21,7 | 29,9 | 28,3 | 32,8 |
| Nárůst pevnosti (%) | 22 | 68 | 87 | 100 | 100 | 138 | 131 | 152 |



Graf 2: Nárůst pevnosti v tlaku suspenze R_c v čase

Při analýze výsledků lze konstatovat, že i přes dílčí výkyvy hodnot je vyjádřena závislost pevnosti v tlaku suspenze na čase v logaritmické rovnici:

$$y = 4,673 \times \ln(\text{Den}) + 5,4588$$

Hodnota $R^2 = 0,9586$ vyjadřuje velmi dobrou kvalitu nalezeného modelu ($> 0,8$).

Zřetelný nárůst pevnosti je v prvním období zrání, které bylo v souladu s datem normových zkoušek pevnosti stanoveno od 0 do 28 dní. Druhá fáze pak znamená

dlouhodobý nárůst pevnosti od jednoho měsíce (28 dní) do jednoho roku (365 dní). Pro vyjádření nárůstu pevnosti je zřetelný podíl naměřených hodnot (v %) vztažený k normové hodnotě $R_{C,28}$. Po jednom dni se pevnost suspenze pohybuje pouze na pětinu (22 %) požadované pevnosti. Po sedmi dnech dosahuje 68 % a po 14 dnech pak 87 %. Důležité je, že vyrobená směs dosáhla požadované hodnoty třídy $C_{12/15}$ již po 7 dnech (14,7 MPa). Je však třeba vzít v potaz, že popílkocementová suspenze navržená podle standardní zákaznické receptury byla vyrobena na betonárně z nejkvalitnějších surovin. Pokud by se výsledná hodnota pevnosti v tlaku po 28 dnech pohybovala těsně nad úrovní požadované třídy $C_{12/15}$, pak by výsledek po sedmi dnech byl pravděpodobně nižší, okolo 8 – 10 MPa. Prakticky to znamená, že je zapotřebí zejména v prvních 10 dnech zamezit zatížení dopravou.

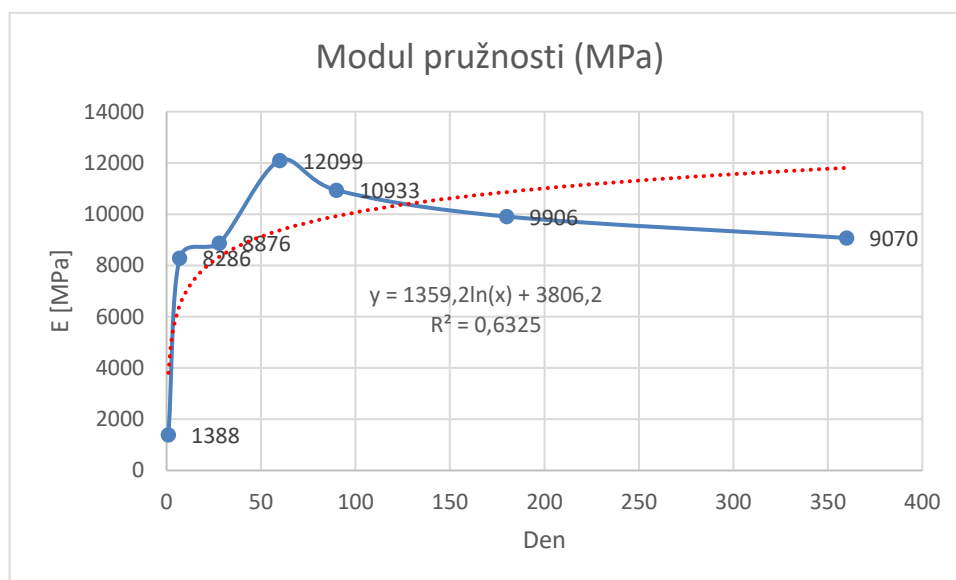
Zajímavé je hodnocení druhé fáze nárůstu pevnosti, tedy ve stáří od 28 do 365 dní. Ve stáří 60 dní byly výsledky pevnosti v tlaku prakticky totožné jako po 28 dnech. Počínaje stářím vzorků 90, přes 180 do 365 dní se pohybovaly hodnoty pevnosti okolo hranice 30 MPa, což znamená nárůst od 131 % do 152 % hodnoty pevnosti po 28 dnech. Tento nárůst je důležitý z hlediska dlouhodobého hodnocení vrstvy KAPS–LE.

5.1.4 Dlouhodobé sledování modulu pružnosti vrstvy KAPS–LE

Ze získaných protokolů k jednotlivým měřením modulů pružnosti vrstvy KAPS–LE na úseku Nekvinda AGRO Brno – Tuřany, a.s. byly shromážděny výsledky do Tab. 17.

Tab. 17: Modul pružnosti E vrstvy KAPS–LE

| Stáří vozovky ve dnech | 1 | 7 | 28 | 60 | 90 | 180 | 365 |
|-----------------------------|------|------|------|-------|-------|------|------|
| Modul pružnosti E (MPa) | 1388 | 8286 | 8876 | 12099 | 10933 | 9906 | 9070 |
| Nárůst modulu pružnosti (%) | 16 | 93 | 100 | 136 | 123 | 111 | 102 |



Graf 3: Nárůst modulu pružnosti vrstvy E v čase

Při analýze výsledků lze konstatovat, že i přes dílčí výkyvy vyjadřuje závislost modulu pružnosti vrstvy na čase logaritmická rovnice:

$$y = 1359,2 \times \ln(\text{Den}) + 3806,2$$

Nalezená logaritmická rovnice má koeficient $R^2 = 0,6325$. To je méně než koeficient R^2 u logaritmické rovnice pro pevnost v tlaku (Graf 2). Zatímco pevnost v tlaku i po 365 dnech stejně jako logaritmická funkce narůstá, hodnoty modulu pružnosti v čase naopak po 60-ti denním maximu stále klesají.

Při porovnání s rovnicí nárůstu pevnosti suspenze v tlaku má rovnice modulu pružnosti strmější počáteční vzestup. Zatímco pevnost v tlaku dosáhla po 7 dnech hodnoty

68 % z pevnosti po 28 dnech, u modulu pružnosti bylo dosaženo 93 % hodnoty po 28 dnech. Tento výsledek velmi dobře odpovídá skutečnosti, protože na únosnosti vrstvy KAPS–LE se kromě suspenze podílí i zaklíněná kamenná kostra. To znamená, že vrstva KAPS–LE nabývá hodnot modulu pružnosti jako celek rychleji, než je pozvolnější nárůst pevnosti samotné suspenze.

Podle zkušeností SILMOS s.r.o. naměřené hodnoty modulu pružnosti v praxi ukazují, že sedmý den od dokončení stavby je vrstva již bezproblémově způsobilá normálního provozu.

Významné je posouzení úplného počátku měření únosnosti, tedy po 1 dni. Jak uvádí protokol z měření, kde bylo změřeno pouze 12 z 15 stanovených měřících bodů. U zbývajících tří měřících bodů, jejichž stáří od položení vrstvy bylo cca 18 – 20 hodin, došlo k otištění zatěžovací desky do nezatuhlé suspenze, takže výsledek měření nebyl relevantní. Navíc dosažená hodnota modulu pružnosti po 1 dni má jen 16 % z hodnoty po 28 dnech. Pro praxi z toho vyplývá velice důležitý závěr, aby v prvních třech dnech od položení byl na vrstvě KAPS–LE vyloučen jakýkoli, i technologický provoz.

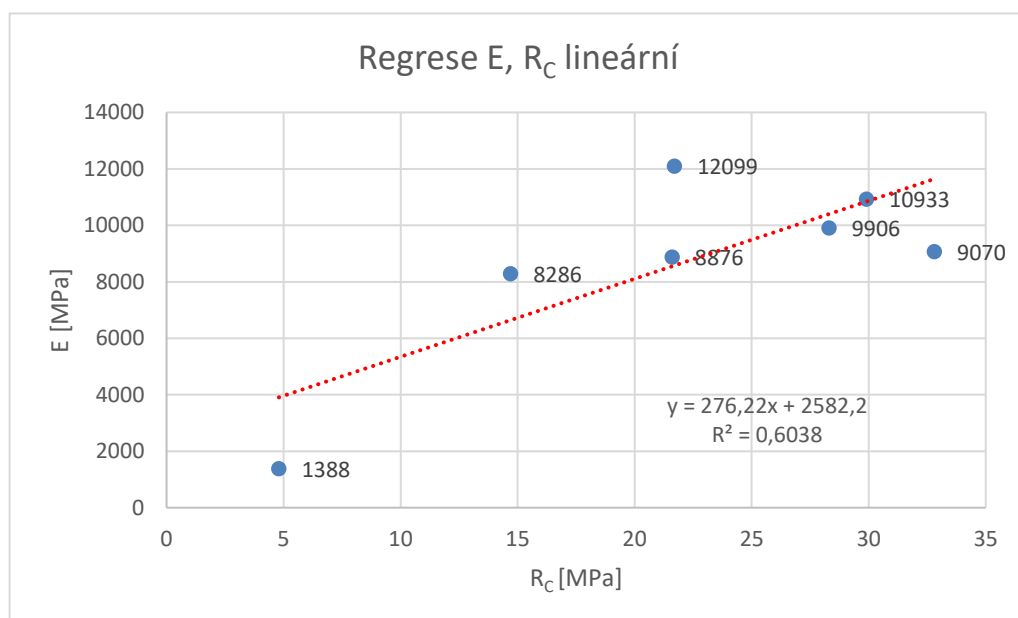
Podobně jako se projevuje měřitelný nárůst pevnosti v tlaku suspenze, roste i hodnota modulu pružnosti nad dobu referenčního měření po 28 dnech. Z dřívějších měření bylo doloženo, že modul pružnosti vrstvy KAPS–LE se pohybuje v rozmezí $E = 8\,000 - 12\,000$ MPa (se standardní recepturou suspenze). Měření uskutečněná na stavbě AGRO Brno – Tuřany tomuto výsledku plně odpovídají. Naměřené hodnoty se po 28 dnech pohybují v rozmezí $E = 8\,876 - 12\,099$ MPa. V porovnání s hodnotou modulu pružnosti po 28 dnech dosahuje hodnota po 60 dnech zvýšení na 136 %. I tento výsledek je velmi podstatný, neboť potvrzuje, že dosaženému dlouhodobému nárůstu pevnosti suspenze v tlaku oproti normové hodnotě po 28 dnech odpovídá i nárůst modulu pružnosti vrstvy.

Lze učinit ještě jeden zpětný závěr k měření únosnosti na LC Budkovanská. Nejvyšší naměřená hodnota modulu pružnosti po 60 dnech ($E = 12\,099$ MPa) na stavbě Nekvinda, AGRO – Tuřany, a.s., přesáhla naměřenou hodnotu po 28 dnech ($E = 8\,876$ MPa) o 36 %. Pokud bychom tento procentní nárůst převedli i k naměřené hodnotě na LC Budkovanská po 28 dnech ($E = 8\,433$ MPa), pak vypočtený maximální modul pružnosti (po cca 60 dnech) by nabyl hodnoty $E = 8\,433 \times 1,36 = 11\,469$ MPa. Tento výpočet vysvětluje dosaženou hodnotu $E = 9\,426$ MPa po dvou letech intenzivního provozu.

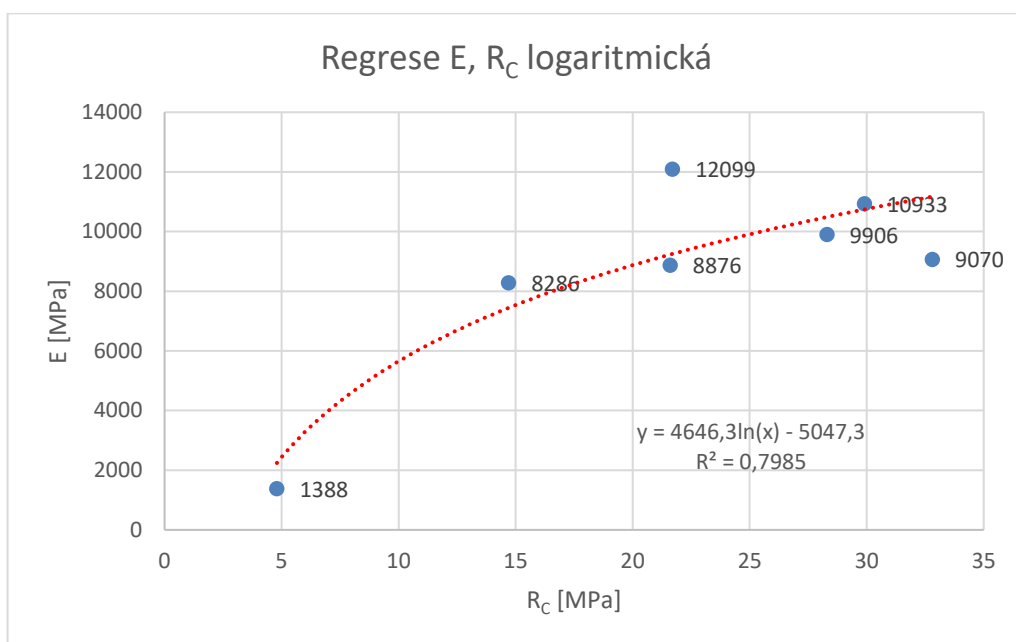
5.1.5 Stanovení regresní závislosti mezi modulem pružnosti E vrstvy KAPS–LE a pevností v tlaku R_c suspenze

Výsledky předchozích měření vykazují velmi podobný průběh nárůstu pevnosti v tlaku a modulu pružnosti vyjádřený logaritmičnými funkcemi. Stanovené rovnice znamenají matematické vyjádření přibližné závislosti obou veličin na čase. Koeficient R^2 pak uvádí míru přesnosti nalezené funkce. Hodnota koeficientu korelace R^2 nad 0,8 ukazuje velmi dobrou kvalitu nalezeného modelu.

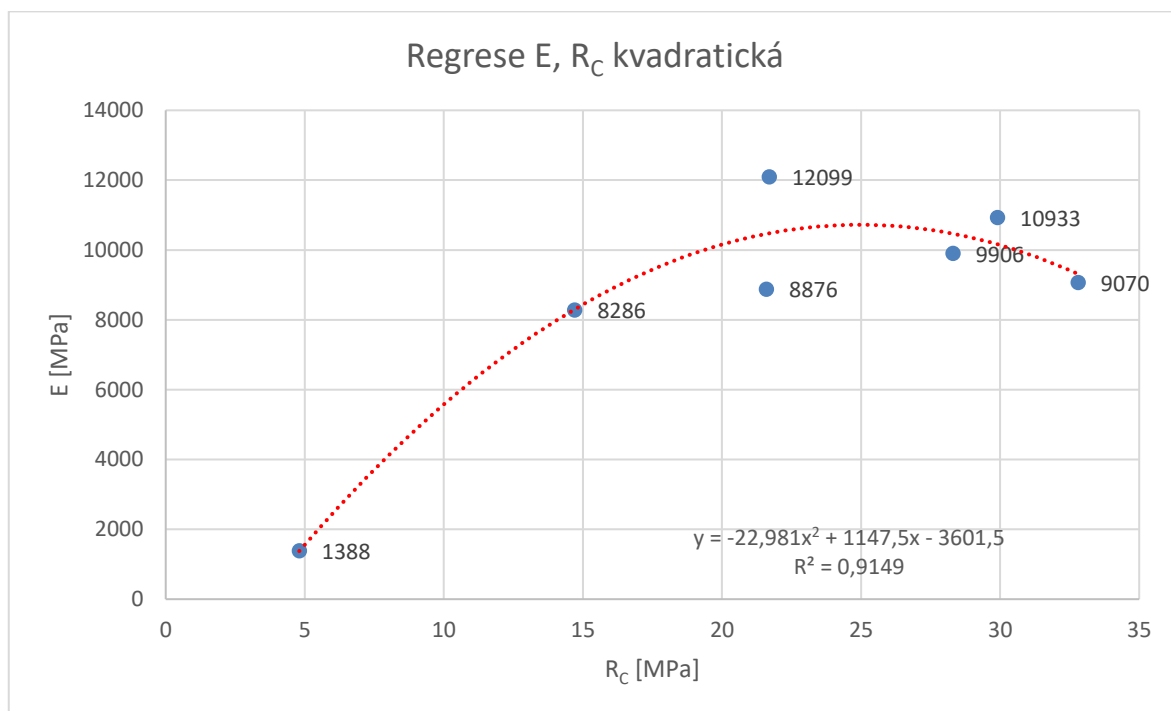
K hledání závislosti modulu pružnosti E vrstvy KAPS–LE na dosažené pevnosti v tlaku suspenze R_c byly použity tři funkce: lineární, logaritmičká a kvadratická s výsledky uvedenými v Grafech 4, 5, 6.



Graf 4: Závislost modulu pružnosti E na pevnosti v tlaku suspenze R_c – lineární



Graf 5: Závislost modulu pružnosti E na pevnosti v tlaku suspenze R_C – logaritmická



Graf 6: Závislost modulu pružnosti E na pevnosti v tlaku suspenze R_C – kvadratická

Logaritmická i kvadratická závislost vykazují lepší koeficient R^2 než závislost lineární. S ohledem na předmět zkoumání je pro období zrání relevantnější závislost **logaritmická** (tzn. vrstva v čase stále zraje, pevnost suspenze se zvyšuje, modul pružnosti se pomaleji zvyšuje také). Při dlouhodobějším používání vrstvy je relevantnější **kvadratická** závislost, jelikož naměřená data vykazují snižování modulu pružnosti vrstvy při relativně stále pevnosti suspenze.

Důležitější než teoretické diskuze o optimálním matematickém vyjádření závislosti mezi E a R_C je praktický dopad skutečně naměřených hodnot obou veličin. Na Grafu 5 a 6 jsou z logaritmické a kvadratické funkce zobrazeny limitní hodnoty E a R_C . Pro vrstvu KAPS–XY platí, že minimální požadovaná hodnota pevnosti v tlaku suspenze musí odpovídat třídě pevnosti $C_{12/15}$, tedy 15 MPa. Rovněž tak platí skutečně naměřené hodnoty modulu pružnosti vrstvy KAPS–XY na různých úsecích, které byly pravidelně větší než hodnota $E = 8\,000$ MPa. To je první hraniční pořadnice obou veličin. V rámci naměřených hodnot pevnosti v tlaku suspenze se vyskytují hodnoty $R_C > 30$ MPa. Vyjádřeno druhou odpovídající pořadnicí, mohl by modul pružnosti dosahovat v takovém případě hodnot až $E = 12\,000$ MPa (konkrétní hodnota na měřeném úseku Nekvinda AGRO Brno – Tuřany, a.s. po 60 dnech).

5.1.6 Statistické vyhodnocení výsledků zkoušek

Předchozí vyhodnocení matematických funkcí pevnosti v tlaku a modulu pružnosti vycházelo z průměru naměřených hodnot z každého jednotlivého dne měření. Z hlediska spolehlivosti měřených výsledků bylo provedeno statistické vyhodnocení všech jednotlivých zkoušek, jak jsou uvedeny v protokolech z měření. Pevnost v tlaku byla získána jako průměr z měření čtyř zkušebních vzorků. Modul pružnosti byl získán jako průměr z patnácti měřících bodů na úseku Nekvinda.

Statistická analýza zkoušek pevnosti v tlaku R_C je uvedena v tab. 18. Hodnoty aritmetického průměru a mediánu jsou velmi blízké. Pokud jednotlivé měření přesáhlo stanovenou odchylku, bylo vyznačeno žlutě a vyloučeno z aritmetického průměru. Z celkového počtu 32 jednotlivých zkušebních vzorků byl při 20 % odchylce vyloučen pouze 1 vzorek, při 15 % odchylce 4 vzorky a při 10 % odchylce 6 vzorků. I takto stanovené denní aritmetické průměry s vyloučenými vzorky se velmi blíží hodnotám při plném počtu vzorků.

To znamená, že zkouška pevnosti v tlaku suspenze, používaná od počátku jako průkazní i kontrolní zkouška v normě, je pro tyto účely dostatečně spolehlivá.

Statistická analýza měření únosnosti a modulu pružnosti je uvedena v Tab. 19. Rozptyl výsledků je popsán minimální a maximální hodnotou jednotlivých měřících bodů a směrodatnou odchylkou. Vzhledem k tomu, že body byly graficky přesně fixovány, existuje velká pravděpodobnost umístění zatěžovací desky na stejném místě. Každý jednotlivý měřící bod popisuje unikátní situaci stavu v krytu, podkladu a podloží. Rozptyl výsledků je proto více závislý na těchto konkrétních podmínkách jednotlivých měřících bodů než na případné nepřesnosti měření. Dokazuje to příbuznost hodnot měřených v čase u jednotlivých konkrétních bodů. Naměřené hodnoty průhybů a vypočtené hodnoty modulu pružnosti spolehlivě potvrzují stanovenou úroveň návrhového modulu pružnosti KAPS–XY ve výši $E = 8\,000\text{ MPa}$. Životnost měřeného úseku Nekvinda byla vypočtena na 25 roků.

Tab. 18: Statistická analýza zkoušek pevnosti v tlaku RC

| Termín zkoušky [den] | Pevnost v tlaku R_{ck} [MPa] | | | | | | | | |
|----------------------|--------------------------------|-----------------|--------|-------------------------------|--------|------|--------|------|--------|
| | jednotlivě | aritmet. průměr | medián | vyloučené hodnoty s odchylkou | | | | | |
| | | | | 20 % | průměr | 15 % | průměr | 10 % | průměr |
| 1 | 5,5 | 4,80 | 4,70 | 5,5 | 4,80 | | 5,00 | | 5,00 |
| | 5,0 | | | 5,0 | | 5,0 | | | |
| | 4,3 | | | | | | | | |
| | 4,4 | | | | | | | | |
| 7 | 14,0 | 14,70 | 14,65 | 14,0 | 14,70 | 14,0 | 14,70 | 14,0 | 14,70 |
| | 15,9 | | | 15,9 | | 15,9 | | | |
| | 13,6 | | | 13,6 | | 13,6 | | | |
| | 15,3 | | | 15,3 | | 15,3 | | | |
| 14 | 19,5 | 18,75 | 18,80 | 19,5 | 18,75 | 19,5 | 18,75 | 19,5 | 18,75 |
| | 18,4 | | | 18,4 | | 18,4 | | | |
| | 19,2 | | | 19,2 | | 19,2 | | | |
| | 17,9 | | | 17,9 | | 17,9 | | | |
| 28 | 20,8 | 21,58 | 20,75 | 20,8 | 20,17 | 20,8 | 20,17 | 20,8 | 20,17 |
| | 25,8 | | | | | | | | |
| | 20,7 | | | 20,7 | | 20,7 | | | |
| | 19,0 | | | 19,0 | | 19,0 | | | |
| 60 | 24,3 | 21,68 | 21,35 | 24,3 | 21,68 | 24,3 | 21,68 | | 20,80 |
| | 19,7 | | | 19,7 | | 19,7 | | | |
| | 22,5 | | | 22,5 | | 22,5 | | | |
| | 20,2 | | | 20,2 | | 20,2 | | | |
| 90 | 34,4 | 32,45 | 32,85 | 34,4 | 32,45 | 34,4 | 32,45 | 34,4 | 33,83 |
| | 28,3 | | | 28,3 | | | | | |
| | 31,3 | | | 31,3 | | 31,3 | | | |
| | 35,8 | | | 35,8 | | 35,8 | | | |
| 180 | 25,8 | 28,33 | 28,45 | 25,8 | 28,33 | 25,8 | 28,33 | 25,8 | 28,33 |
| | 27,8 | | | 27,8 | | 27,8 | | | |
| | 29,1 | | | 29,1 | | 29,1 | | | |
| | 30,6 | | | 30,6 | | 30,6 | | | |
| 365 | 34,9 | 32,83 | 32,70 | 34,9 | 32,83 | 34,9 | 32,83 | 34,9 | 32,83 |
| | 31,8 | | | 31,8 | | 31,8 | | | |
| | 31,0 | | | 31,0 | | 31,0 | | | |
| | 33,6 | | | 33,6 | | 33,6 | | | |

Tab. 19: Statistická analýza měření únosnosti a modulu pružnosti E

| Termín zkoušky [den] | Modul pružnosti E [MPa] | | | |
|-------------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|------------------------|
| | Průměr | Maximální hodnota | Minimální hodnota | Směrodatná odchylka |
| 1 | 1 388 | 3 022 | 326 | 834 |
| 7 | 8 286 | 14 437 | 4 069 | 3 128 |
| 28 | 8 876 | 14 394 | 4 247 | 3 308 |
| 60 | 12 099 | 19 363 | 4 098 | 3 982 |
| 90 | 10 933 | 16 073 | 4 716 | 3 356 |
| 180 | 9 906 | 17 014 | 3 902 | 3 877 |
| 365 | 9 070 | 16 046 | 3 402 | 3 667 |

5.1.7 Teoretické závěry zjištěné z dlouhodobého měření sledovaných parametrů R_c a E

Závěr 1: Dlouhodobý nárůst pevnosti v tlaku popílkocementové suspenze R_c byl z hodnot měření vyjádřen funkcí $y = 4,673 \times \ln(\text{den}) + 5,4588$ ($R^2 = 0,9586$)

Závěr 2: Dlouhodobý nárůst modulu pružnosti E vrstvy KAPS–LE byl z naměřených hodnot vyjádřen funkcí $y = 1359,2 \times \ln(\text{den}) + 3806,2$ ($R^2 = 0,6325$)

Závěr 3: Pevnost v tlaku významně narůstá i po lhůtě normového měření 28 dní a v průběhu 1 roku dosáhla zvýšení o 52 % oproti $R_{c,28}$.

Závěr 4: Modul pružnosti vrstvy významně narůstá i po lhůtě 28 dní, vztažené k měření pevnosti suspenze v tlaku, maxima dosáhl po 60 dnech se zvýšením o 36 % oproti E_{28} .

Závěr 5: Regresní závislost mezi veličinami modulu pružnosti vrstvy E a pevnost suspenze v tlaku R_c byla vyjádřena funkcí $y = 22,981x^2 + 1147,5x - 3601,5$ ($R^2 = 0,9149$).

Závěr 6: Regresní závislost mezi veličinami E a R_c potvrzuje dosavadní v praxi používané technické a návrhové parametry vrstvy KAPS–XY. Pro požadovanou minimální třídu pevnosti suspenze $C_{12/15}$ lze spolehlivě akceptovat minimální návrhový modul pružnosti vrstvy KAPS–XY $E = 8\,000$ MPa.

Závěr 7: Pro vyšší pevnosti v tlaku, dosahované v praxi často u kvalitně vyrobených popílkocementových suspenzí ve třídě $C_{25/30}$, lze odpovídající nárůst modulu pružnosti vrstvy KAPS–XY vyjádřit hodnotou $E = 12\,000$ MPa.

Závěr 8: Pro další výzkumné ověření zůstává otevřena problematika nejkvalitnějších vysokopevnostních suspenzí, které by mohly dosahovat třídy pevnosti C₃₅ až C₄₀ s odpovídající hodnotou návrhového modulu pružnosti až $E = 14\,000$ MPa.

5.1.8 Praktické závěry zjištěné z dlouhodobého měření sledovaných parametrů Rc a E

Závěr P1: Počáteční nárůst pevnosti v tlaku suspenze i modulu pružnosti celé vrstvy KAPS–XY v průběhu prvního dne od položení vrstvy prochází procesem vytváření nových chemických vazeb. Proto je třeba zabránit jakémukoli pohybu na vrstvě. Trvá nebezpečí otisku na povrchu vrstvy a porušení homogenity provedené vrstvy (šlápoty, otisky pneumatik jízdních kol apod.)

Závěr P2: V průběhu druhého až třetího dne od položení je možno vrstvu KAPS–LE zatížit nezbytným jednorázovým pojezdem technologické dopravy bez porušení homogenity povrchu.

Závěr P3: Bezpečný dopravní provoz na vrstvě KAPS–LE lze v naléhavých případech umožnit od sedmého dne po provedení vrstvy, kdy je předpoklad dosažení 90 % únosnosti vrstvy.

Závěr P4: Vzhledem k pomalejšímu fyzikálněchemickému nárůstu pevnosti v tlaku samotné suspenze je vhodné pro zachování dlouhodobé životnosti – pokud to umožňuje charakter provozu – povolit plné dopravní zatížení lépe až po deseti nebo čtrnácti dnech od položení vrstvy. Poškození vrstvy nehrozí, ale dlouhodobějším nerušeným vyztaváním vrstvy lze zajistit i delší životnost.

5.2 Vybrané kapitoly a články nové ČSN pro použití KAPS–LE v lesním hospodářství

0. NÁZEV NORMY

ČSN 73 61.. Lesní cesty. Kamenivo zpevněné popílkocementovou suspenzí

Obsah:

1. PŘEDMĚT NORMY

2. TERMÍNY A DEFINICE, ZNAČKY A OZNAČOVÁNÍ

2.1. Kamenivo zpevněné popílkocementovou suspenzí (KAPS–XY)

2.2. Kamenivo zpevněné popílkocementovou suspenzí pro lesní cesty (KAPS–LE)

2.3. Kamenivo zpevněné popílkocementovou suspenzí pro recyklaci cest z penetračního makadamu (KAPS–PM)

2.4. Kamenivo zpevněné popílkocementovou suspenzí pro panelové vozovky a plochy (KAPS–PA)

2.5. Kamenivo zpevněné popílkocementovou suspenzí pro manipulační sklady a plochy (KAPS–MS)

2.6. Kamenná kostra

2.7. Popílkocementová suspenze

2.8. Schematické zobrazení jednotlivých technologií KAPS–XY

3. ZÁSADY PRO NAVRHOVÁNÍ

3.1. Navrhování vrstvy KAPS–LE podle platné návrhové metody (TP 170)

3.2. Doporučené skladby vozovek s vrstvou KAPS–XY

3.2.1. Lesní cesty s vrstvou KAPS–LE

3.2.2. Reprofilované kryty lesních cest z penetračního makadamu KAPS–PM

3.2.3. Opravy a budování panelových cest a ploch KAPS–PA

3.2.4. Dvouvrstvé zpevnění zatížených manipulačních skladů a ploch KAPS–MS

3.3. Projektování vrstvy KAPS–XY podle ČSN 73 6108

3.3.1. Lesní cesty 1. třídy

3.3.2. Příčný sklon

3.3.3. Podélný sklon

- 3.3.4. Příčné uspořádání lesních cest a dopravních tras
- 3.3.5. Svodnice vody
- 3.3.6. Připojování lesních cest a dopravních tras na ostatní účelové komunikace
- 3.3.7. Propustky
- 3.4. Užití technologie KAPS–XY ve vozovkách pozemních komunikací
- 4. **STAVEBNÍ MATERIÁLY**
 - 4.1. Kamenivo
 - 4.2. Cement
 - 4.3. Voda
 - 4.4. Popílek
- 5. **STAVEBNÍ SMĚS**
 - 5.1. Popílkocementová suspenze
 - 5.2. Požadavky na pevnost v tlaku popílkocementové suspenze
 - 5.3. Požadavky na tekutost popílkocementové suspenze
- 6. **STAVEBNÍ PRÁCE**
 - 6.1. Všeobecné požadavky
 - 6.1.1. Požadavky na podklad
 - 6.1.2. Požadavky na podkladní vrstvu
 - 6.1.3. Teplota vzduchu
 - 6.1.4. Povětrnostní podmínky
 - 6.1.5. Ošetření a ochrana povrchu
 - 6.1.6. Kontrakční trhliny
 - 6.2. Zhotovení vrstvy KAPS–LE
 - 6.2.1. Vytýčení šířky a tloušťky vrstvy KAPS–LE
 - 6.2.2. Návoz kameniva
 - 6.2.3. Rozprostření vrstvy kameniva
 - 6.2.4. Předhutnění vrstvy kameniva
 - 6.2.5. Prolévání vrstvy kameniva popílkocementovou suspenzí
 - 6.2.6. Hutnění vrstvy
 - 6.2.7. Dokončovací práce
 - 6.2.8. Uvedení do provozu
 - 6.2.9. Propustky metodou KAPS–LE

- 6.3. Zhotovení vrstvy KAPS–PM**
 - 6.3.1. Frézování krytu PM**
 - 6.3.2. Vyrovnání obou kolejí**
 - 6.3.3. Vyrovnání jedné koleje**
 - 6.3.4. Návoz a rozprostření kameniva**
 - 6.3.5. Prolévání vrstvy kameniva popílkocementovou suspenzí**
 - 6.3.6. Hutnění vrstvy**
 - 6.3.7. Dokončovací práce**
- 6.4. Zhotovení vrstvy KAPS–PA**
 - 6.4.1. Vytřídění a uložení použitých panelů**
 - 6.4.2. Úprava pláně ze štěrkodrti**
 - 6.4.3. Rozprostření vrstvy kameniva ze štěrkodrti 32/63 pro KAPS–LE**
 - 6.4.4. Prolévání vrstvy kameniva popílkocementovou suspenzí**
 - 6.4.5. Hutnění podkladní vrstvy KAPS–LE**
 - 6.4.6. Rozprostírání popílkocementové suspenze jako ložní vrstvy**
 - 6.4.7. Pokládka panelů do ložné vrstvy na podkladky**
 - 6.4.8. Vyplnění chybějících ploch mezi panely kamenivem 32/63**
 - 6.4.9. Prolévání a hutnění vyplněných ploch mezi panely**
 - 6.4.10. Zalévání spar mezi panely a ošetření povrchu**
 - 6.4.11. Dokončení chybějící plochy po rozbitých panelech druhou vrstvou KAPS–LE**
- 6.5. Zhotovení vrstvy KAPS–MS**
 - 6.5.1. Odvodnění pláně**
 - 6.5.2. Konstrukční vrstvy, podkladní vrstvy**
 - 6.5.3. Sklon vozovky manipulačních skladů**
 - 6.5.4. Spodní vrstva KAPS–LE**
 - 6.5.5. Horní vrstva KAPS–LE**
 - 6.5.6. Dokončovací práce, úprava povrchu**
 - 6.5.7. Možné překrytí vrstvy KAPS–MS asfaltovým betonem**
 - 6.5.8. Vodorovné značení**

7. HODNOCENÍ SHODY

- 7.1. Počáteční zkoušky typu (ITT); průkazní zkoušky**
- 7.2. Kontrolní zkoušky**

8. EKOLOGICKÉ POŽADAVKY

PŘÍLOHA A: Stanovení konzistence popílkocementové suspenze

0. NÁZEV NORMY

ČSN 73 61.. Lesní cesty. Kamenivo zpevněné popílkocementovou suspenzí

1. PŘEDMĚT NORMY

Tato norma stanovuje požadavky na navrhování, provádění a kontrolu konstrukčních vrstev lesních a polních cest, manipulačních skladů a ploch, které jsou zhotoveny z kameniva zpevněného popílkocementovou suspenzí.

2. TERMÍNY A DEFINICE, ZNAČKY A OZNAČOVÁNÍ

2.1. Kamenivo zpevněné popílkocementovou suspenzí (KAPS–XY)

Skupina technologií vzniklá z kamenné kostry po prolití a zavibrování popílkocementové suspenze, které jsou typově odlišeny podle různého druhu použití.

2.2. Kamenivo zpevněné popílkocementovou suspenzí pro lesní cesty (KAPS–LE)

Vrstva krytu lesních a polních cest charakteru betonové desky s vysokým modulem pružnosti.

2.3. Kamenivo zpevněné popílkocementovou suspenzí pro recyklaci cest z penetračního makadamu (KAPS–PM)

Tenkovrstvé zpevnění původního krytu vozovky z penetračního makadamu po vyrovnání vyjetých kolejí a porušených částí.

2.4. Kamenivo zpevněné popílkocementovou suspenzí pro panelové vozovky a plochy (KAPS–PA)

Monolitně zpevněná soustava podkladní vrstvy z KAPS–LE a krytu z panelů, prefabrikovaných dílců nebo dlažby, které spojuje včetně úplného vyplnění mezer a spár popílkocementová suspenze jako ložní a lepící vrstva.

2.5. Kamenivo zpevněné popílkocementovou suspenzí pro manipulační sklady a plochy (KAPS–MS)

Vícevrstvé použití KAPS–LE pro extrémně zatížené skladovací, manipulační a komunikační plochy.

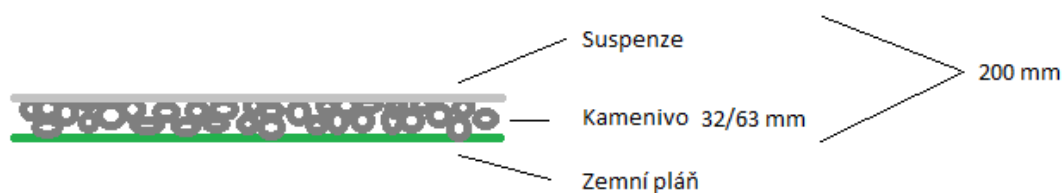
2.6. Kamenná kostra

Rozprostřená a předhutněná vrstva z hrubého kameniva zpravidla frakce 32/63 mm, s vyhovující čistotou a dostatečnou mezerovitostí, určená k následnému prolití popílkocementovou suspenzí.

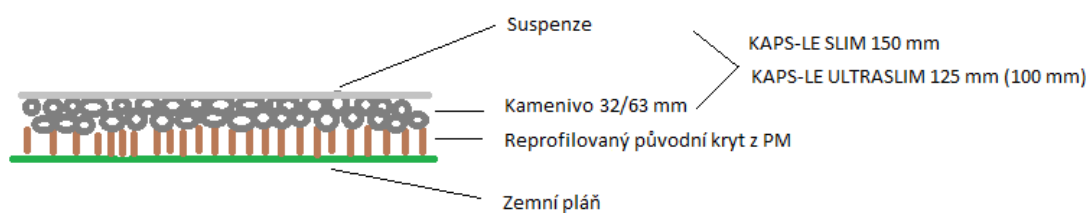
2.7. Popílkocementová suspenze

Směs popílku, cementu a vody, která se při určité tekutosti vyznačuje tixotropními vlastnostmi.

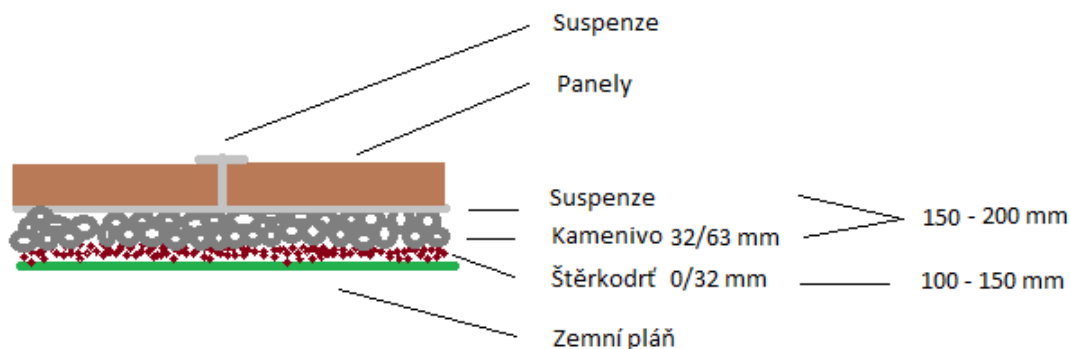
2.8. Schematické zobrazení jednotlivých technologií KAPS–XY



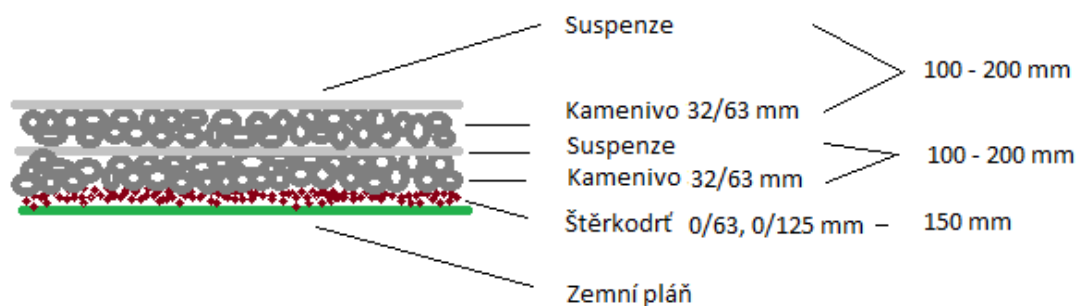
Obr.45: Konstrukce vrstvy KAPS–LE



Obr. 11: Konstrukce vrstvy KAPS–PM



Obr. 47: Konstrukce vrstvy KAPS-PA



Obr. 48: Konstrukce vrstvy KAPS-MS

3. ZÁSADY PRO NAVRHOVÁNÍ

3.1. Navrhování vrstvy KAPS-XY podle platné návrhové metody (TP 170)

Pro navrhování vozovek pozemních komunikací platí ČSN 73 6114 Vozovky pozemních komunikací. Základní ustanovení pro navrhování, a navazující Technické podmínky (TP 170 MD ČR). Konstrukční vrstvy charakterizují jejich materiálové charakteristiky, modul pružnosti a Poissonovo číslo, které se používají při výpočtu vozovky.

Pro vrstvu KAPS-XY platí tyto materiálové charakteristiky:

- Návrhový modul pružnosti $E = 8\,000\text{ MPa}$
- Poissonovo číslo $\mu = 0,30$

Poznámka 1:

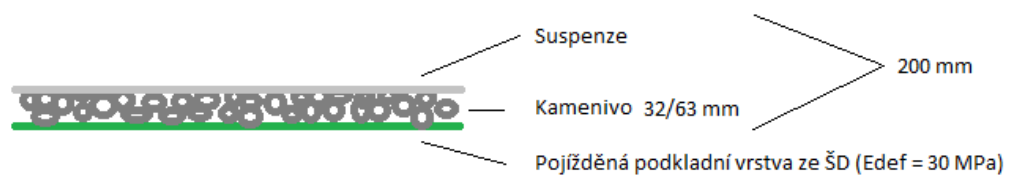
Hodnota návrhového modulu pružnosti $E = 8\,000\text{ MPa}$ byla opakovaně dosahována a překračována při měření únosnosti rázovým deflektometrem na různých stavbách s KAPS-XY. Podle výsledků předkládané práce byla nalezena závislost mezi rostoucí

pevností v tlaku popílkocementové suspenze a výsledným modulem pružnosti $y = -22,981x^2 + 1147,5x - 3\,601,5$ s koeficientem $R^2 = 0,9149$ (Graf 6). Vzhledem k tomu, že dosahované hodnoty pevnosti suspenze v tlaku v praxi běžně překračují minimální požadovanou třídu $C_{12/15}$, a to až do třídy $C_{30/35}$, je zapotřebí provést další podrobné výzkumné ověření modulů pružnosti při použití tzv. vysokopevnostních suspenzí. Návrhová hodnota modulu pružnosti vrstvy KAPS–LE $E = 8\,000$ MPa je vztažena k minimální požadované třídě pevnosti v tlaku suspenze $C_{12/15}$, přičemž reálně naměřené i výpočtem stanovené hodnoty modulu pružnosti u třídy vyšších pevností budou dosahovat hodnoty $E = 12\,000$ MPa i více.

3.2. Doporučené skladby vozovek s vrstvou KAPS–XY

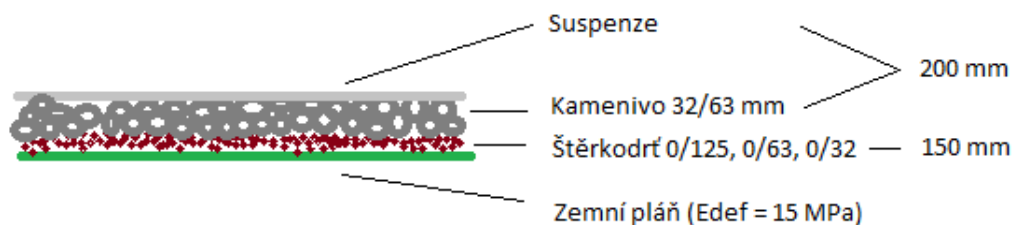
3.2.1. Lesní cesty s vrstvou KAPS–LE

TYP 1: Lesní cesta s původním zpevněním nestmeleným kamenivem, které může plnit funkci podkladní vrstvy:



Obr. 49: Konstrukce vrstvy KAPS–LE bez budování podkladní vrstvy

TYP 2: Standardní konstrukce vozovky s vybudováním podkladní vrstvy na nově upravené pláni lesní cesty:

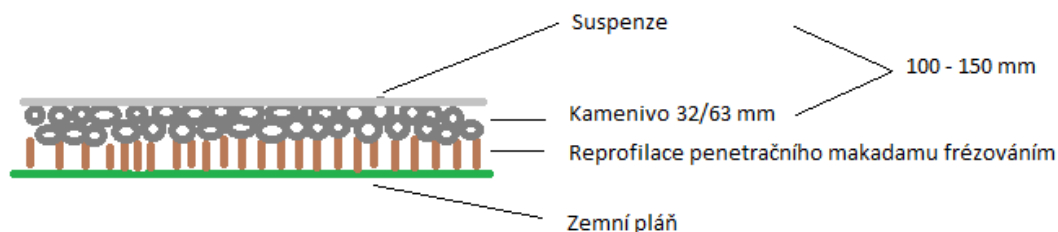


Obr. 50: Konstrukce vrstvy KAPS–LE s budováním podkladní vrstvy

3.2.2. Reprofilované kryty lesních cest z penetračního makadamu KAPS-PM

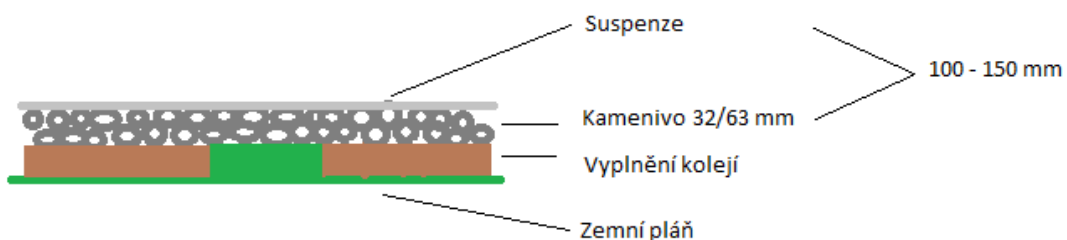
Volba tloušťky nového krytu na PM je závislá na stupni poškození původní vrstvy a předpokládaném zatížení lesní cesty.

TYP 3: Překrytí původního krytu z penetračního makadamu po reprofilaci těžkou zemní frézou tenkou vrstvou KAPS-LE:



Obr. 51: Konstrukce vrstvy KAPS-PM s frézováním penetračního makadamu

TYP 4: Překrytí původního krytu z penetračního makadamu po vyrovnání jedné nebo obou kolejí tenkou vrstvou KAPS-LE:



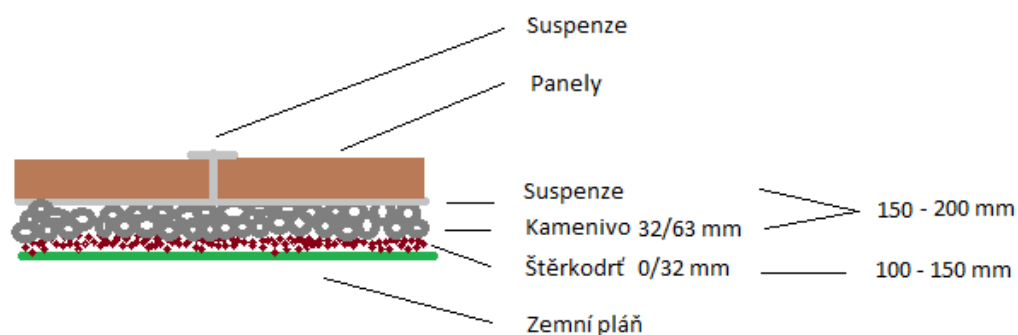
Obr. 52: Konstrukce vrstvy KAPS-PM s vyplněním kolejí

3.2.3. Opravy a budování panelových cest a ploch KAPS-PA

V případě oprav existujících panelových cest a ploch je potřebné pod podkladní vrstvu KAPS-LE v minimální tloušťce 150 mm rozprostřít separační vrstvu ze štěrkodrti tloušťky minimálně 100 mm.

Pro nově budované panelové cesty a plochy je vhodné použít pod vrstvu KAPS-LE ve standardní tloušťce 200 mm podklad ze štěrkodrti minimálně v tloušťce 150 mm.

TYP 5: Nová nebo rekonstruovaná panelová cesta (plocha) na podkladní vrstvě z KAPS-LE:



Obr. 53: Konstrukce vrstvy KAPS-PA

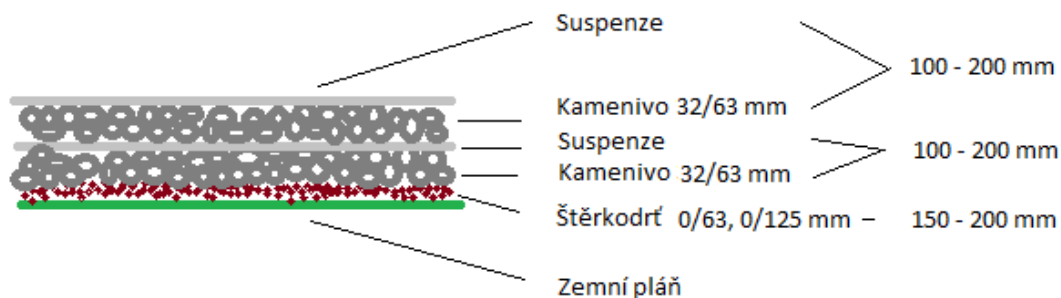
3.2.4. Dvouvrstvé zpevnění zatížených manipulačních skladů a ploch KAPS-MS

Podle skutečného zatížení a pojezdu manipulačními prostředky nižší tonáže lze i u manipulačních skladů nalézt plochy, kde dostačuje jedna standardní vrstva KAPS-LE (tl. 200 mm) na podkladu ze štěrkodrti.

Sklady pro kulatinu s vysokým zatížením od nakladačů typu Volvo 180 se zásadně navrhují jako dvouvrstvé, přičemž tloušťka vrstev odpovídá předpokládanému zatížení.

U menších zatížení lze úměrně snížit tloušťku vrstev KAPS-LE na 2 x 150 mm, případně na 100 – 150 mm.

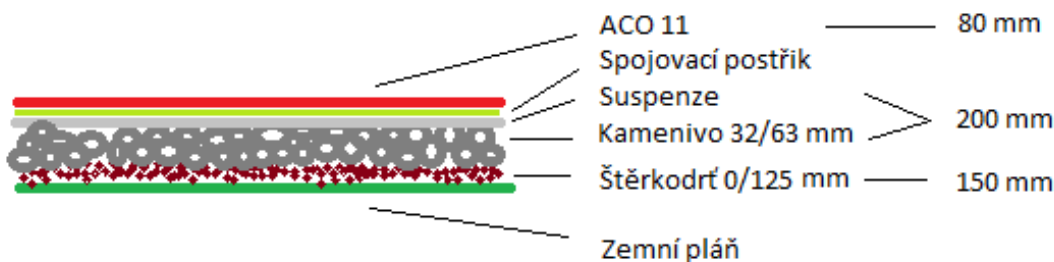
TYP 6: Dvouvrstvá vozovka manipulačního skladu z KAPS-LE pro vysoké zatížení:



Obr. 54: Konstrukce vrstvy KAPS-MS

Pro manipulační sklady řeziva s pohybem vysokozdvíhacích vozíků se vyžaduje vyšší rovinatost povrchu. Pro tento případ se osvědčila kombinovaná skladba vozovky, při níž hlavní podíl zatížení přenáší vrstva KAPS-LE STANDARD (tl. 200 mm), vybudovaná jako podkladní, a na ní je zhotoven minimálně jednovrstvý kryt z asfaltového betonu.

TYP 7: Vozovka s KAPS-LE pro sklady řeziva s asfaltovým krytem:



Obr. 55: Kombinace vrstvy KAPS-LE a asfaltového krytu

3.3. Projektování vrstvy KAPS-XY podle ČSN 73 6108

Vrstva KAPS-LE jako vysoce únosná, soudržná, nepropustná krytová vrstva může být projektována podle ČSN 73 6108 s blíže specifikovanými parametry, které odpovídají jejím vlastnostem.

3.3.1. Lesní cesty 1. třídy

Technologie KAPS-XY jako kvalitní stmelená konstrukční vrstva vozovky umožňuje celoroční provoz, a proto se navrhuje zpravidla pro novostavby nebo rekonstrukce lesních cest třídy 1L.

3.3.6. Připojování lesních cest a dopravních tras na ostatní účelové komunikace

Připojení lesních cest nižší třídy je vhodné provést tak, aby připojení bylo provedeno minimálně v šířce 3,0 m z KAPS–LE z důvodu ochrany částečně stmelené krajnice při bočním nájezdu.

3.3.7. Propustky

Propustky lze budovat rovněž s využitím principu technologie KAPS–XY metodou postupného zpevňování vrstev, kdy je kamenivo prolité popílkocementovou suspenzí hutněno obvykle vibrační deskou, aby došlo k homogennímu zabetonování výkopu okolo uložené plastové roury až do úrovně budoucí vozovky.

3.4. Užití technologie KAPS–XY ve vozovkách pozemních komunikací

Technologie KAPS–XY se nepoužívá na vozovkách pozemních komunikací. Kryt z KAPS–LE vyhovuje z hlediska rovinnosti na lesních cestách, ale nezaručuje standardní rovinnost požadovanou na krytech pozemních komunikací. Do podkladních vrstev vozovek pozemních komunikací je určena vrstva KAPS podle ČSN 73 6127–4.

4. STAVEBNÍ MATERIÁLY

4.1. Kamenivo

Pro kamennou kostru KAPS–XY se používá přírodní hrubé drcené kamenivo frakce 32/63 mm podle normy ČSN EN 13242 Kamenivo pro nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy pro inženýrské stavby a pozemní komunikace.

4.2. Cement

Pro výrobu popílkocementové suspenze se používají obvyklé druhy cementu třídy CEM 32,5 a CEM 42,5 podle ČSN EN 197–1 Cement – Část 1: Složení, specifikace a kritéria shody cementů pro obecné použití a ČSN EN 197–2 Cement – Část 2: Hodnocení shody.

4.3. Voda

Pro výrobu popílkocementové suspenze se používá voda do betonu podle ČSN EN 1008 Záměsová voda do betonu – Specifikace pro odběr vzorků, zkoušení a posouzení vhodnosti vody, včetně vody získané při recyklaci na betonárně, jako záměsové vody do betonu.

4.4. Popílek

Pro výrobu popílkocementové suspenze se používá létavý křemičitý popílek vyhovující ČSN EN 450–1 Popílek do betonu – Část 1: Definice, specifikace a kritéria shody a ČSN EN 450–2 Popílek do betonu – Část 2: Hodnocení shody. Popílek musí být certifikovaný.

5. STAVEBNÍ SMĚS

5.1. Popílkocementová suspenze

Stavební směsí se rozumí popílkocementová suspenze určená pro vyplnění mezer mezi zrny kamenné kostry. Popílkocementová suspenze je vyráběna na betonárně a dopravována na stavbu v autodomíchávačích.

Popílkocementová suspenze se skládá z popílku, cementu a vody podle osvědčené receptury nebo podle standardního návrhu, který musí splňovat technické požadavky podle 5.2 a 5.3.

Přidávky dalších složek betonů, především urychlovačů tuhnutí, které eliminují teplotní podmínky betonáže, jsou při výrobě popílkocementové suspenze vyloučeny.

5.2. Požadavky na pevnost v tlaku popílkocementové suspenze

Pevnost v prostém tlaku popílkocementové suspenze se zkouší na válečcích o výšce a průměru 71 mm a musí vyhovovat požadavkům uvedeným v Tab. 20.

Tab. 20: Požadavek na pevnost popílkocementové suspenze

| Parametr | Požadovaná minimální třída pevnosti podle ČSN EN 206–1 |
|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| pevnost v prostém tlaku $R_{C,28 (60)}$ | $C_{12/15}$ |

Poznámka 1:

Popílkocementová suspenze pro KAPS–XY má předepsaný požadavek na pevnost v prostém tlaku minimálně dvojnásobný, než se požaduje pro KAPS podle ČSN 73 6127–4 ($C_{12/15}$ oproti $C_{6/8}$), ale používá se také s trojnásobně až čtyřnásobně vyšší pevností.

Poznámka 2:

Potřebný výzkum by měl stanovit odstupňovaná kritéria pevnosti v tlaku nad rámec minimálního požadavku ve vazbě na hodnoty modulu pružnosti vrstvy. Zvýšení parametrů pevnosti v tlaku a modulu pružnosti by podpořilo navrhování zejména tenkovrstvých druhů KAPS–LE, KAPS–PM aj. Tento kapacitně náročný výzkum je zapotřebí uskutečnit před zpracováním konečného návrhu ČSN na technologii KAPS–XY.

5.3. Požadavky na tekutost popílkocementové suspenze

Tekutost (konzistence) popílkocementové suspenze se stanoví metodou rozlití z Vicatova prstence podle Přílohy A této normy a musí vyhovovat požadavku v Tab. 21.

Tab. 21: Požadavek na tekutost popílkocementové suspenze

| Parametr | Požadovaný interval hodnot |
|--------------------------|-----------------------------------|
| tekutost suspenze | 90 mm – 160 mm |

Při návrhu složení popílkocementové suspenze se potřebné množství vody stanoví tak, aby tekutost dosahovala střední hodnoty tekutosti 130 mm.

6. STAVEBNÍ PRÁCE

6.1. Všeobecné požadavky

6.1.1. Požadavky na podklad

Pokud se vrstva KAPS–XY například při rekonstrukci lesních cest pokládá přímo na pojižděný povrch, musí být provedena jeho úprava k dosažení potřebného sklonu, rovnosti a vyspravení prohlubní, porušených míst, vyjetých kolejí.

Dochází-li při návozu kameniva pro vrstvu KAPS–XY k vyjíždění kolejí na podkladu, je nutno podklad zpevnit vyrovnávací vrstvou ze štěrkodrti.

6.1.2. Požadavky na podkladní vrstvu

Podkladní vrstva pro KAPS–XY musí být rozprostřena v požadovaném sklonu a tloušťce a musí mít čistý a rovný povrch, přičemž musí být dodrženy požadavky na zhutnění předepsané pro daný typ podkladní vrstvy.

6.1.3. Teplota vzduchu

Teplota vzduchu při provádění vrstvy KAPS–XY a v následujících 24 hodinách po dokončení nesmí poklesnout pod 0 °C, jako platí u všech cementem stmelovaných vrstev. Pokud předpověď počasí pro danou lokalitu očekává možný pokles nočních teplot pod 0 °C, je potřebné provádění vrstvy KAPS–XY odložit do příznivějších teplotních podmínek.

6.1.4. Povětrnostní podmínky

Případný déšť v průběhu provádění vrstvy KAPS–XY nevyplavuje již zavibrovanou (zhuťnou) suspenzi pod povrchem vrstvy, pouze prodlužuje technologickou lhůtu k dosažení povrchového zatuhnutí suspenze. Stékající voda však může narušit povrchovou texturu vrstvy, a proto je potřebné zajistit po ukončení deště dodatečný pojezd vibračního válce k výslednému zahlázení povrchu vrstvy.

6.1.5. Ošetření a ochrana povrchu

Vrstvu KAPS-XY na lesních cestách není nutné po provedení kropit vodou. Na plochách manipulačních skladů, zejména při přímém slunečním osvětlení a v teplejších měsících se doporučuje podle místních podmínek provést kropení vrstvy KAPS–XY vodou nejlépe ve třech dnech následujících po položení vrstvy.

6.1.6. Kontrakční trhliny

Podle teplotních podmínek a rychlosti zrání může docházet ke vzniku kontrakčních trhlin vlivem smršťování cementu při tuhnutí. Soudržnost vrstvy je zpravidla zachována díky kostře z hrubého kameniva, která brání tvorbě průběžných dilatačních spár a vertikálnímu posunu. Kontrakční trhliny nejsou výrobní závadou. Řezání spár se u vrstvy KAPS–XY neprovádí.

6.2. Zhotovení vrstvy KAPS–LE

6.2.1. Vytýčení šířky a tloušťky vrstvy KAPS–LE

Pro zajištění standardní požadované tloušťky vrstvy KAPS–LE je zapotřebí provést vytýčení. Vnější okraje krajnic se označí na podkladní vrstvě barevným sprejem. V rozestupu 5 metrů se do takto vyznačeného okraje po jedné straně cesty zatlučou kolíky z betonářské oceli. Mezi kolíky se natáhne lanko, které označuje niveletu budoucí rozprostřené vrstvy kameniva. Niveleta se označuje v tloušťce před zhuťnutím, tedy pro požadovanou tloušťku vrstvy 200 mm se výška lanka upevní na 220 mm nad podkladem s předpokladem 10 % stlačení vrstvy při hutnění.

6.2.2. Návoz kameniva

Návoz kameniva frakce 32/63 mm se zajišťuje nákladními automobily. Pro rozprostírání kameniva je potřebné zajistit plynulé dávkování kameniva z korby automobilu na vyznačenou trasu cesty tak, aby nedocházelo k přebytečnému přesypání mimo okraje vozovky, nebo naopak k poddávkování. Požadované množství v plynulém dávkování se zajistí osvědčeným způsobem rozevřené šterbiny zadního čela korby, upevněného oky řetězu.

6.2.3. Rozprostření vrstvy kameniva

Na hrubé rozprostření vrstvy kameniva je možné použít grejdr. Přesné vyrovnaní vrstvy kameniva do požadovaného příčného sklonu, ohraničení okrajů a plynulé dodržení tloušťky vrstvy zajistí lépe otočný bagr nebo traktobagr se svahovací lžící. Vzhledem k tomu, že výslednou kvalitu vrstvy zajišťují pouze dva stroje, bagr při rozprostírání kamenné kostry a vibrační válec při hutnění, je třeba věnovat oběma technologickým operacím náležitou pečlivost. V obvyklých podmínkách lze rozprostřít vrstvu kameniva na jeden denní záběr v délce cca 100 – 150 m.

6.2.4. Předhutnění vrstvy kameniva

Cílem předhutnění je zajistit plynulý pojezd autodomíchávače se suspenzí po rozprostřené vrstvě kameniva, nikoli částečné zhutnění kameniva. Zejména je nutné minimalizovat zatlačení spodních zrn kameniva do podkladu. Proto se na předhutnění používá pouze minimální počet pojezdů válce bez vibrace.

6.2.5. Prolévání vrstvy kameniva popílkocementovou suspenzí

Suspenze se dováží na stavbu autodomíchávači. Před začátkem prolévání se u každé dodávky suspenze provede odběr vzorků k provedení zkoušky tekutosti a pro uložení dalšího vzorku k provedení zkoušky pevnosti v tlaku po 28 dnech. Tekutost dodané suspenze lze upravit podle aktuálních podmínek (teplota, oslunění, déšť apod.) příslušným množstvím vody ze zásobníku autodomíchávače.

Prolévání suspenzí se u standardní tloušťky vrstvy 200 mm provádí zpravidla nadvakrát, aby došlo po zhutnění k úplnému zaplnění mezer v kostře kameniva. Pojezd autodomíchávače je po krátkých úsecích cca jeden metr, který umožní v jednom záběru koryta prolít celou šířku vozovky i s krajnicemi. Operátor u koryta autodomíchávače dbá, aby suspenze co nejlépe pokryla plochu kameniva a nevytékala mimo vozovku.

Nenahraditelnou prací na rovnoměrném rozprostření suspenze po povrchu vrstvy kameniva provádějí silničními košťaty dva pracovníci. Nerovnoměrně rozprostřená suspenze by způsobila při hutnění zvlnění vrstvy.

6.2.6. Hutnění vrstvy

Rozhodujícím prostředkem pro prolití suspenze po celé tloušťce vrstvy a pro zhutnění kameniva se suspenzí do kompaktní vrstvy je účinný vibrační válec s hladkým běhounem a koly (8 – 12 tun). Válec se dvěma hladkými běhouny není vhodný z důvodu prokluzování, a to ani na dodatečné vyrovnávky a dokončovací práce.

Hutnění začíná opakovanými pojezdy středem cesty a po malých překryvech se posouvá až do blízkosti krajnic. Je nutné co nejdříve vpravit suspenzi do vrstvy kameniva, proto hutnění začíná neprodleně po rozlití suspenze z autodomíchače. Opatrný pohyb směrem ke krajnicím má minimalizovat vytékání suspenze z boků vrstvy a také zabránit deformacím hrany krajnic. Cílem hutnění je dosáhnout maximálního zaklínění zrn kameniva, které zajišťuje výslednou únosnost vrstvy. Počet pojezdů válce není omezován, pokud dochází viditelně k odtékání suspenze z povrchu dovnitř vrstvy nebo k posunům zrn kameniva.

Po prvním dávkování suspenze a jejím zavibrovaní se objeví na povrchu místa s otevřenou mozaikou zrn. Do těchto míst a rovněž k prolití krajnic je třeba nasměrovat dávkování suspenze z dalšího autodomíchače, aniž by došlo k přelití a odtékání přebytečné suspenze mimo vozovku. Rovněž po druhém dolití suspenze dochází k následnému neprodlenému zhutnění celé vrstvy.

Finální zhutnění vrstvy k úplnému vyrovnání a zahlazení kompletně prolité vrstvy kameniva se provádí podle postupu tuhnutí suspenze za 1 – 2 hodiny (až do konce pracovní směny). Nesmí docházet k vytrhávání zrn kameniva ze zatuhlého povrchu vrstvy, které limituje ukončení dalších pojezdů válce. Výsledný povrch vrstvy z hlediska rovinnosti má být co nejhladší, pokud možno bez viditelných rýh, které ohraničují jednotlivé pojezdy válce.

6.2.7. Dokončovací práce

Dokončovací práce jsou dvojího druhu. První se provádějí ještě ve stavu tekuté suspenze, kdy je možno na povrchu rozetřít pás nezavibrované suspenze a ručně zahladit lokální mezery mezi zrny kameniva nebo vyrovnat hladítkem napojení denních úseků apod. Tyto dokončovací práce je potřeba provést ručně hladítkem ještě v průběhu pracovní směny.

Další dokončovací práce lze provést nejpozději následujícího dne dopoledne, pokud suspenze úplně nezatvrdne (závisí na povětrnostních podmínkách). Nežádoucí zbytky suspenze, nerovnosti, otisky po pneumatikách aj. lze odstranit škrabkou. S dovezenou suspenzí je možné provádět další vyrovnávání drobných nerovností nebo děr po vytrhaných zrnech apod.

Mezi potřebné dokončovací práce s několikedenním odstupem po provedení vrstvy patří i úprava tvaru zemního tělesa, odstranění míst s přelitou suspenzí pod krajnicemi aj. Tyto práce provedené bagrem včlenění provedenou lesní cestu do krajiny a zahradí stopy pracovních operací mimo prostor vlastní vozovky.

6.2.8. Uvedení do provozu

V průběhu budování vrstvy KAPS–LE a po dobu nezbytně nutnou pro dokončení prací je třeba ohraničující páskou, případně fyzickými zábranami viditelně označit zákaz vjezdu. U lesních cest dochází k ignorování výstrah zejména neukázněnými cyklisty.

V průběhu 24 hodin po dokončení vrstvy je vyloučen jakýkoli pohyb nebo chůze po vrstvě KAPS–LE z důvodu nevratného porušení povrchu suspenze překrývající kamennou kostru.

Od třetího dne po dokončení vrstvy lze uvolnit v případě potřeby ojedinělý pojezd technologické dopravy (nikoli naloženou odvozní soupravu).

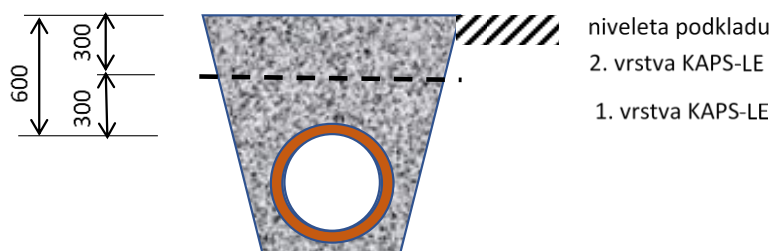
Od sedmého dne po dokončení vrstvy lze umožnit bezpečný dopravní provoz po hotové vozovce.

Pokud je to možné, je vhodnější uvolnit provoz až po 10 – 14 dnech od dokončení, neboť dojde k lepšímu vytvrzení povrchové vrstvy suspenze.

6.2.9. Propustky metodou KAPS–LE

Příčné i podélné (hospodářské) propustky lze s časovou výhodou a úsporou budovat metodou KAPS–LE podle Obr. 57. Proveďte se úzký výkop s maximální dosažitelnou šikmostí stěn. Do výkopu se uloží plastová roura stanovené světlosti a zafixuje se opěrkami o stěny výkopu. Roura se obsype kamenivem do výše max. 300 mm nad horním okrajem. Kamenivo se rovnoměrně rozprostře po celé šířce výkopu. Z autodomíchače se rozlije na rozprostřenou vrstvu kameniva popílkocementová suspenze. Suspenze se vpraví vibrační deskou do mezer mezi zrny kameniva, až dojde k úplnému obetonování roury. Prolévání se opakuje až do doby, než jsou mezery v kostře kameniva okolo roury úplně zaplněny

suspenzí. Následně se provede další násyp a rozprostření kameniva ve vrstvě 300 mm, opět se kamenivo proleje suspenzí a zhutní vibrační deskou. Stejný postup se opakuje až do dosažení nivelety podkladu pod budoucí vrstvu KAPS-LE. Minimální tloušťka vrstvy KAPS-LE nad horní částí roury je 600 mm.



Obr. 57: Příčný řez propustkem budovaným metodou KAPS-LE

6.3. Zhotovení vrstvy KAPS-PM

6.3.1. Frézování krytu PM

K zajištění reprofilace, tj. vyrovnaní povrchu poškozeného krytu z penetračního makadamu, lze použít těžkou zemní frézu taženou za traktorem. Podle typu frézy a stupně poškození krytu se zpravidla provedou dva nebo tři pojezdy zemní frézou (oba krajní pásy a střed vozovky). Pokud je u frézy nastavitelná hloubka rozrušení vrstvy PM, neměla by přesáhnout 80 – 100 mm, aby v nejnižších profilech (vyjetých kolejích) nedocházelo k úplnému rozrušení vrstvy PM. Cílem frézování je vyrovnat rovinatost v příčném směru. Při větším množství jemně odfrézované vrstvy je doporučeno povrch před překrytím vrstvou KAPS-LE ještě zhutnit.

6.3.2. Vyrovnání obou kolejí

V extrémně pokleslých kolejích (nad 150 mm) by bylo frézování málo účinné nebo nemožné. Proto je zapotřebí vyrovnat pokleslé koleje kamenivem frakce 32/63 s následným prolitím suspenzí a zhutněním takto vytvořených vyrovnávek, aby došlo k výslednému vyrovnání podkladu celého příčného profilu pro překrytí tenkou celoplošnou vrstvou KAPS-LE.

6.3.3. Vyrovnání jedné koleje

Stejný postup vyrovnávky (kamenivo, suspenze, zhutnění) lze provést u jednostranně pokleslých kolejí a u lokálních vyrovnávek deformací, kde došlo k porušení a vydrolení vrstvy penetračního makadamu. Dále je možno provádět jednostrannou vyrovnávku v obloucích tam, kde je nutné upravit příčný sklon cesty.

Vyrovnávky v jedné koleji je možno provádět s denním nebo vícedenním předstihem, ale také bezprostředně před vlastní pokládkou celoplošného překrytí vrstvou KAPS–LE.

6.3.4. Návoz a rozprostření kameniva

Zaměření výšky navážené vrstvy kameniva (tloušťka vrstvy) se vytýčí stejným postupem podle čl. 6.2.1 pomocí kolíků z betonářské oceli a napnutého lanka. Podle stupně porušení krytu z PM, dopravního zatížení a dalších faktorů je třeba stanovit tloušťku celoplošného překrytí buď na vrstvu 100 mm až 125 mm (ULTRASLIM) nebo 150 mm (SLIM). Tuto vrstvu kameniva na únosném podkladu není potřebné předhutňovat.

6.3.5. Prolévání vrstvy kameniva popílkocementovou suspenzí

(viz. 6.2.5)

6.3.6. Hutnění vrstvy

(viz 6.2.6)

6.3.7. Dokončovací práce

(viz. 6.2.7)

6.4. Zhotovení vrstvy KAPS–PA

6.4.1. Vytrídění a uložení použitých panelů

Při rekonstrukci panelových vozovek a ploch je zapotřebí v rámci demontáže použitých panelů oddělit rozbité, rozlomené a znovu již nepoužitelné panely. Použitelné panely a jejich části se roztrídí podle rozměrů a zchovalosti a uloží se na podkladky. Chybějící plocha z původní výměry, na kterou nebude možné uložit rozbité panely, se může doplnit nákupem nových (náhradních) panelů nebo s výhodou pokrýt druhou vrstvou KAPS–LE.

6.4.2. Úprava pláně ze štěrkodrti

Podkladní vrstva KAPS–LE pod panelovým krytem se pokládá vždy na spodní podklad ze štěrkodrti, obvykle frakce 0/63 mm. Toto ustanovení se týká i lokální výměny porušených panelů. Proto je nutné pod rekonstruovanou plochou i pod jednotlivými panely určenými k výměně vyhloubit dostatečně hluboký výkop na úpravu pláně (spodní podklad ze ŠD) a na vlastní podklad z KAPS–LE. Obě vrstvy je potřebné samostatně ztuhnout; při malých výměnách ojedinělých panelů vibrační deskou, při plošné výstavbě standardním postupem vibračním válcem.

6.4.3. Rozprostření vrstvy kameniva ze štěrkodrti 32/63 pro KAPS–LE

(viz 6.2.3)

6.4.4. Prolévání vrstvy kameniva popílkocementovou suspenzí

(viz. 6.2.5)

6.4.5. Hutnění podkladní vrstvy KAPS–LE

(viz 6.2.6)

6.4.6. Rozprostírání popílkocementové suspenze jako ložní vrstvy

Na ztuhnutou podkladní vrstvu KAPS–LE se rozprostře z autodomíchávače popílkocementová suspenze v tloušťce 20 – 30 mm. Povrchově se rozprostře lopatou nebo košťaty po celé ploše pod pokládaným panelem.

6.4.7. Pokládka panelů do ložní vrstvy na podkladky

Panely se podle velikosti a způsobu uchycení ukládají vhodnými stavebními stroji. K dosažení výsledné nivelety a výšky hran sousedních panelů je zapotřebí umístit pod panely do suspenze podkladky, např. z desek, dřevěných lišt apod. Tloušťka podkladek musí být překryta tloušťkou rozprostřené plošné vrstvy z popílkocementové suspenze, aby došlo k celoplošnému spojení panelu s podkladní vrstvou KAPS–LE. Položený panel je vhodné zatížit např. pojezdem kol nakladače, jeřábu, aj., aby došlo k plošnému spojení s podkladem.

6.4.8. Vyplnění chybějících ploch mezi panely kamenivem 32/63

Při třídění znovu použitelných panelů není nutné vyřazovat panely s ulomenými rohy. Prázdná místa mezi panely se doplní kamenivem 32/63 mm jako při standardním budování vrstvy KAPS–LE.

6.4.9. Prolévání a hutnění vyplněných ploch mezi panely

Chybějící plochy mezi panely vyplněné kamenivem 32/63 mm se prolíjí popílkocementovou suspenzí a zhutní vibrační deskou k dosažení homogenní výplně.

6.4.10. Zalévání spár mezi panely a ošetření povrchu

Důležitým prvkem soudržnosti panelové plochy, který brání horizontálnímu posunu, je úplné prolití a vyplnění spár mezi panely popílkocementovou suspenzí. Následuje začištění spár a odstranění zbytků suspenze z povrchu panelů.

6.4.11. Dokončení chybějící plochy po rozbitých panelech druhou vrstvou KAPS–LE

Při rekonstrukci panelové plochy nebo cesty může chybět v původní výměře část z nepoužitelných rozbitých panelů. Po položení rekonstruované plochy z panelů se na chybějící výměře provede standardním způsobem druhá vrstva KAPS–LE (rozprostření kameniva 32/63, prolití suspenzí a zhutnění). Tímto způsobem se rekonstrukce může uskutečnit bez nákupu nových panelů.

6.5. Zhotovení vrstvy KAPS–MS

6.5.1. Odvodnění pláně

Vozovky manipulačních skladů, zejména provozů pil, patří k nejzatíženějším typům konstrukcí vůbec. Proto je nutné věnovat jejich skladbě maximální pozornost. Mezi základní prvky dlouhodobé životnosti ploch patří zejména funkční odvodnění, jak u novostaveb, tak u rekonstrukcí.

6.5.2. Konstrukční vrstvy, podkladní vrstvy

Pokud to druh stavby umožňuje a předpokládané zatížení vyžaduje, je vhodné vybudovat stabilizaci pláně hydraulickými pojivy (ev. vrstvou kameniva stmeleného cementem). Pod vrstvy KAPS–LE se navrhuje vždy minimálně spodní podkladní vrstva ze štěrkodrti frakce 0/63.

6.5.3. Sklon vozovky manipulačních skladů

Návrh konstrukce vozovky by měl respektovat minimální výsledný sklon plochy alespoň 2 %. Tato zkušenost vychází z limitovaných možností dosažení rovnosti povrchu vrstvy, aby se předešlo vzniku kaluží.

6.5.4. Spodní vrstva KAPS–LE

Typickým znakem aplikace KAPS–MS je provedení dvou vrstev KAPS–LE nad sebou. Tloušťky vrstev odpovídají návrhu v rozmezí od 100 do 200 mm. Tloušťka jednotlivé vrstvy 250 mm se zpravidla nenavrhuje z důvodu technologického omezení při pohybu autodomíchávačů. Spodní vrstva KAPS–LE se provádí v posloupnosti technologických operací dle čl. 6.2.3, 6.2.5 a 6.2.6.

6.5.5. Horní vrstva KAPS–LE

Pokud se v návrhu konstrukce požaduje rozdílná tloušťka vrstev KAPS–LE, jako spodní se volí vždy vrstva silnější, do krytu tenčí. Maximální skladba KAPS–MS je 2 x 200 mm KAPS–LE. Horní vrstva KAPS–LE se provádí postupem dle čl. 6.2.3, 6.2.5 a 6.2.6..

6.5.6. Dokončovací práce, úprava povrchu

V místech, kde horní vrstva KAPS–LE sousedí s jinými zpevněnými plochami, obrubníky, budovami apod., je zapotřebí provést pečlivě výškové napojení. Pokud není možné zhutnění velkým vibračním válcem, lze k hutnění použít v místech napojení malý vibrační válec nebo vibrační desku. Nezbytné je vyhlazení stop po hranách pojezdů válce hladítky nebo škrabkami podle postupu popsaneho v čl. 6.2.7.

6.5.7. Možné překrytí vrstvy KAPS–MS asfaltovým betonem

Vysoké požadavky na rovinnost krytu, např. u skladů řeziva s pojezdem vysokozdvížných vozíků, mohou vést k nárokům na překrytí nosné konstrukční vrstvy KAPS–MS krytem z asfaltového betonu. Pro spojení vrstev se používá asfaltový postřík. Krytová vrstva z asfaltového betonu se provádí zpravidla v jedné vrstvě o tloušťce 80 mm. Na pokládku asfaltového krytu s předchozím provedením asfaltového postříku je možné nastoupit nejdříve třetí den po dokončení horní vrstvy KAPS–LE.

6.5.8. Vodorovné značení

Na kryt z KAPS–LE lze podle potřeby aplikovat vodorovné dopravní značení (parkovací stání, jízdní pruhy aj.) prováděné obvyklým způsobem.

7. HODNOCENÍ SHODY

7.1. Počáteční zkoušky typu (ITT); průkazní zkoušky

V rámci počátečních zkoušek typu kameniva, popílku, pojiv i dalších materiálů se dokladují ES prohlášení o shodě, Prohlášení o shodě nebo případně jiné doklady o ověření vhodnosti vlastností výrobků v souladu s platnými předpisy.

Počáteční zkoušky typu popílkové suspenze musí prokázat splnění parametrů podle 7.2, Tab. 23.

7.2. Kontrolní zkoušky

Kontrolní zkoušky ověřují shodu s požadavky na materiál podle Tab. 22, požadavky na popílkovou suspenzi podle Tab. 23 a shodu s požadavky na hotovou vrstvu podle Tab. 24.

Tab. 22: Kontrolní zkoušky stavebních materiálů

| Část vrstvy | Vlastnost | Požadavek | Zkouška |
|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------|
| Kamenná kostra | Zrnitost | Podle požadavků normy | |
| | Obsah jemných částic | ČSN EN 13242 | ČSN EN 933-1 |

Vizuální kontrola čistoty kameniva (množství podsítného) se provádí u každé dodávky. Před zahájením stavby je zapotřebí upozornit obsluhu nakladače v lomu na zvýšené požadavky na čistotu kameniva.

V rámci kontrolních zkoušek popílkocementové suspenze se zjišťují kvalitativní parametry uvedené v Tab. 23.

Tab. 23: Kontrolní zkoušky popílkocementové suspenze

| Část vrstvy | Vlastnost | Požadavek | Četnost |
|----------------------------------|------------------------|------------------|---------------------------|
| Popílkocementová suspenze | Konzistence (tekutost) | 90 – 160 mm | 1 zkouška z každé dodávky |
| | Pevnost v tlaku | 12/15 MPa | |

Zkouška konzistence (tekutost) slouží k operativní úpravě vlastností popílkocementové suspenze případným zvýšením množství vody podle klimatických a provozních podmínek na stavbě.

Zkouška pevnosti v tlaku po 28 dnech se provádí u akreditované zkušební laboratoře na základě statistického výběru zkušebních těles s požadovaným výsledkem měření z každého dne prolévání vrstvy KAPS–XY.

Tab. 24: Kontrolní zkouška hotové vrstvy podle ČSN 73 6127 - 4

| Vlastnost | | Požadavek | Zkouška | Min. četnost |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------------------------|---------------------|---------------------|
| | | pro KAPS-XY | | |
| Odchylky od projektových výšek | maximálně | ±20 mm | nivelací | po 40 m |
| | průměrně | ±5 mm | | ve 3 bodech profilu |
| Odchylka příčného sklonu max. | | ±0,5 % | nivelací | po 100 m |
| Nerovnost povrchu max. | podélná | 20 mm | ČSN 73 6175 | průběžně |
| | příčná | 20 mm | | po 100 m |
| Tloušťka vrstvy h | minimální | 0,8 h | nivelací, sondou | po 100 m |
| | průměrná | 0,9 h | | |
| Kontrola hloubky zaplnění mezer kamenné kostry | | poznámka ¹⁾ | vizuálně ze sondy | 1 sonda na 100 m |
| <p>¹⁾ Při kontrole prolití kamenné kostry kameniva zpevněného popílkocementovou suspenzí se musí dbát na prolití výplňové směsi do celé tloušťky vrstvy. Kontrola hloubky prolití kamenné kostry a vyplnění výplňovou směsí se provádí vizuálním hodnocením povrchu vrstvy KAPS-XY a z kované sondy na okraji vrstvy KAPS-XY provedené přes celou tloušťku vrstvy. Tato kontrola závisí na vizuálním pozorování a je pouze orientační.</p> | | | | |

8. EKOLOGICKÉ POŽADAVKY

Jako stavební materiál pro vrstvu KAPS–XY je možné použít pouze certifikovaný popílek do betonu stanovených vlastností podle ČSN EN 450-1 a ČSN EN 450-2.

Samotná popílkocementová suspenze se ani při případném dešti v průběhu provádění stavebních prací nevyplavuje a nehrozí nebezpečí kontaminace okolí stavby.

Po zatuhnutí má vrstva KAPS–XY charakter betonu, nedochází k vyluhování složek z popílkocementové suspenze ani k odlučování zvýšeného množství povrchových částic.

Ekologická nezávadnost vrstvy KAPS–LE je potvrzena provedenými pedologickými zkouškami v nejbližším okolí vozovky.

PŘÍLOHA A: Stanovení konzistence popílkocementové suspenze

A.1 Pomůcky a zařízení

Pro stanovení konzistence popílkocementové suspenze se použije:

- prstenec Vicatova přístroje podle ČSN EN 196–3 Metody zkoušení cementu – Část 3: Stanovení dob tuhnutí a objemové stálosti (Ø 65 mm, výška 40 mm);
- skleněná podložka průměru min. 350 mm;
- měřítko s dělením po 1 mm;
- stopky.

A.2 Postup

Vicatův prstenec umístěný na skleněné podložce se po okraj naplní zkoušenou popílkocementovou suspenzí. Po naplnění se prstenec ihned pomalu rovnoměrně zvedne. Za 30 s po zvednutí prstence se změří rozlití směsi ve dvou na sebe kolmých směrech. Pro posouzení se použije průměr z těchto dvou měření.

Za vyhovující se považuje taková směs, která dosahuje rozlití 90 mm až 160 mm.

Poznámka: Postup zkoušky je obdobný postupu ČSN EN 12350–5 Zkoušení čerstvého betonu – Část 5: Zkouška rozlitím.

6 Diskuze

Původnost skupiny technologií KAPS–XY je podložena třemi českými patenty. Jedná se o originální český přínos do problematiky stavby lesních cest a ploch, který v evropském kontextu není známý. To vysvětluje absenci cizojazyčné literatury na toto téma.

V domácím prostředí lze jako diskusní příspěvek k akceptování technologie KAPS–LE považovat dva články v časopise *Lesnická práce*. Na základě výsledků pedologických zkoušek nebyly vzneseny námitky proti uplatnění technologie KAPS–LE do hospodářských lesů.

Předkládaná diplomová práce je původní z hlediska prováděných zkoušek parametrů pevnosti v tlaku suspenze a modulu pružnosti vrstvy KAPS–LE, které dosud nebyly prováděny v tak podrobném časovém sledu v průběhu od 1. dne do 365 dnů. Dosažené hodnoty modulu pružnosti v plném souladu navazují na předchozí měření vrstev KAPS–XY prováděná na jiných stavbách, např. v rámci výzkumného projektu Mendelovy univerzity IGA LDF MENDELU č. 71/2013–2015. Návrhový modul pružnosti vrstvy $E = \text{min. } 8\,000 \text{ MPa}$ (reálně až $12\,000 \text{ MPa}$) tak může být uznán jako návrhový parametr vrstvy KAPS–XY podle platné metody navrhování vozovek.

Soustředění a zpracování poznatků z více než 60 provedených staveb s technologií KAPS–XY a jejich využití k dílčímu návrhu nové ČSN pro KAPS–XY je možno považovat za hlavní přínos předkládané práce.

7 Závěr

Lze konstatovat, že zpracováním diplomové práce byl naplněn hlavní cíl – přenést existující poznatky o skupině nových patentovaných technologií KAPS–XY z úrovně neveřejných poznatků a know-how do obecně použitelného technického dokumentu v podobě návrhu ČSN.

Návrh nové normy po stránce obsahové vychází z řady realizovaných staveb a uvádí praktické zkušenosti, postupy a charakteristické technologické operace pro opakovatelné použití.

Po stránce výzkumné byly potvrzeny dosavadní parametry pro KAPS–XY v úrovni předepsaných normových požadavků na pevnost suspenze (R_C minimálně třídy $C_{12/15}$), tekutost suspenze (rozlití 90 – 160 mm) a návrhový modul pružnosti ($E = 8\,000$ MPa).

K možnému vydání budoucí ČSN pro KAPS–XY ještě chybí výzkumné ověření parametrů vysokopevnostní suspenze třídy $C_{25/30}$ a více, vztažené k odpovídajícím vyšším modulům pružnosti, a dále potvrzení skutečné životnosti vrstvy KAPS–XY na dlouhodobě provozovaných stavbách.

Vzhledem k tomu, že dnešní poznatky a zkušenosti zapracované do návrhu nové ČSN pro KAPS–XY podstatně překračují stručná ustanovení ČSN 73 6127–4 na KAPS, je potřebná podpora výzkumu a dokončení chybějících prací až k úplnému vydání nové ČSN. Po třiceti letech od doby, kdy byla pro obor lesního hospodářství představena významná technologie mechanicky zpevněného kameniva (MZK), může technologie KAPS–XY přinést další významný pokrok do této oblasti. Zatížení od odvozních souprav a těžké techniky klade vyšší nároky na lesní cesty. Desetinásobný modul pružnosti oproti krytu z penetračního makadamu je silným argumentem z hlediska perspektivy využívání technologie KAPS–XY.

8 Seznam literatury a použitých zdrojů

Způsob citování zdrojů vychází z ČSN ISO 690 v úpravě dle softwaru MICROSOFT WORD.

1. Poslanecká sněmovna parlamentu České republiky. *PSP*. [Online] www.psp.cz.
2. Metodické pokyny pro normalizaci. *Zpracování, stavba, členění a úprava českých technických norem*. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
3. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. [Online] <http://www.unmz.cz>.
4. PŘIBYL, Pavel. *Slovník dopravní terminologie*. Praha : ČVUT, 2010. 978-80-0104-654-8.
5. Stavba vozovek. *Sborník českých technických norem*. Praha : Český normalizační institut, 1996. ISBN 80-85111-39.
6. RVS 03.03.81. *Laedliche Strassen und Gueterwege*. Wien : Oesterreichische Forschungsgesellschaft, 2011.
7. KUDRNA, Jan. TP 170. *Navrhování vozovek pozemních komunikací*. Praha : Ministerstvo dopravy České republiky, 2004.
8. MAKOVNÍK, Štefan. *Inženýrské stavby lesnické I*. Bratislava : Příroda, 1973.
9. JURÍK, Ľubomír. *Lesné cesty*. Bratislava : Příroda, 1984.
10. HANÁK, Karel a HERALT, Luděk. *Technická doporučení pro lesní dopravní síť*. Kostelec nad Černými lesy : Ministerstvo zemědělství ČR v nakladatelství a vydavatelství Lesnická práce, 2000. ISBN 80-86386-09-0.
11. ZÁKON Č. 22/1997 SB. *o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů*. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1997.
12. Česká agentura pro standardizaci. [Online] <http://www.agentura-cas.cz/>.
13. VEČERKA, Igor. *Transformace norem v silničním stavitelství*. Brno : Silmos Praha, 1992.
14. ČSN 73 6127 - 4. *Stavba vozovek - Prolévané vrstvy - Část 4: Kamenivo zpevněné popílkovou suspenzí*. Praha : Český normalizační institut, 2008. EAN 8590963806297.
15. Úřad průmyslového vlastnictví. [Online] <https://www.upv.cz>.
16. *Příručka Ochrana duševního vlastnictví*. Praha : Hospodářská komora České republiky, 2007.

17. VEČERKA, Igor a VRTĚNOVÁ, Věra. *Prezentace: Nebojme se KAPS-LE*. Brno : SILMOS s.r.o. vlastním nákladem, 2018.
18. SILMOS s.r.o. *Způsob vytváření krytu vozovky*. Původce: BLAŽEK Karel, VEČERKA Igor, VRTĚNOVÁ Věra. Česká republika, 2014-03-28. Patentový spis, CZ 304374 B6.
19. SILMOS s.r.o. *Způsob obnovy krytů ploch, zejména poškozených lesních a účelových vozovek a cest z penetračního makadamu*. Původce: BLAŽEK Karel, VEČERKA Igor, VRTĚNOVÁ Věra. Česká republika, 2015-06-18. Patentový spis, CZ 305239 B6.
20. SILMOS s.r.o. *Způsob stavby a opravy vozovek a ploch z prefabrikovaných betonových dílců a dlažeb*. Původce: BLAŽEK Karel, VEČERKA Igor, VRTĚNOVÁ Věra. Česká republika, 2017-04-27. Patentový spis, CZ 306682 B6.
21. Firemní materiály SILMOS s.r.o. *IGA LDF č. 71/2013 Nová technologie pro zpevnění lesních a účelových cest KAPS-LE, Výroční zpráva za rok 2013*. Brno : Mendelova univerzita, 2013.
22. —. *IGA LDF č. 71/2013 Nová technologie pro zpevnění lesních a účelových cest KAPS-LE, Výroční zpráva za rok 2014*. Brno : Mendelova univerzita, 2014.
23. —. *IGA LDF č. 71/2013 Nová technologie pro zpevnění lesních a účelových cest KAPS-LE, Souhrnná výzkumná zpráva za rok 2015*. Brno : Mendelova univerzita, 2016.
24. CIKHÁJ. *Setkání lesníků Vysočiny 2015 KINSKÝ Žďár, a.s. Nová technologie pro zpevnění lesních cest KAPS-LE*. místo neznámé : Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem, 2015. ISBN 978-80-905995-1-2.
25. KOTRO, Mihallaq, KOČI, Panajot a HAXHI, Avram. Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Extension of the road network in our mountain forest areas - acological, technical and social aspects*. [Online] <http://www.fao.org/3/x0622e/x0622e08.htm#TopOfPage>.
26. *Lesnická práce Časopis pro lesnicko - dřevařskou vědu v praxi Leden 2014*. Kostelec nad Černými lesy : Lesnická práce s.r.o., 2014.
27. *Lesnická práce Časopis pro lesnicko - dřevařskou vědu v praxi Srpen 2015*. Kostelec nad Černými lesy : Lesnická práce s.r.o., 2015.
28. LORBACH, Joachim a FANNIN, Johathan R. *Guide to forest road engineering in mountainout terrin*. Rome : FAO, 2007.
29. HAY, Roger. Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Forest road design*. [Online] <http://www.fao.org/3/x0622e/x0622e04.htm>.

30. *Lesnická práce Časopis pro lesnicko - dřevařskou vědu v praxi Listopad 2015*. Kostelec nad Černými lesy : Lesnická práce s.r.o., 2015. <http://lmda.silvarium.cz>.
31. *Quo vadis lesnictví? IV. - Kam kráčí těžba a doprava dříví?* Brno : Mendelova univerzita, 2018.
32. VEČERKA, Igor a VRTĚNOVÁ, Věra. *KAPS-LE: Příručka 1 pro přípravu stavby*. Brno : SILMOS s.r.o. vlastním nákladem, 2011. 12 s.
33. —. *KAPS-LE: Příručka 2 pro realizaci stavby*. Brno : SILMOS s.r.o. vlastním nákladem, 2011. 12 s.
34. —. *KAPS-LE: Příručka 3 Stavby 2011*. Brno : SILMOS s.r.o. vlastním nákladem, 2012. 12 s.
35. —. *KAPS-LE: Příručka 4 Stavby 2012*. Brno : SILMOS s.r.o. vlastním nákladem, 2013. 12 s.
36. —. *KAPS-LE: Příručka 5 Stavby 2013*. Brno : SILMOS s.r.o. vlastním nákladem, 2014. 12 s.
37. —. *KAPS-LE: Příručka 6 Stavby 2014*. Brno : SILMOS s.r.o. vlastním nákladem, 2015. 12 s.
38. —. *KAPS-LE: Příručka 7 typové stavby a způsob užití technologie KAPS-LE*. Brno : SILMOS s.r.o. vlastním nákladem, 2016. 20 s.
39. —. *KAPS-MS: Příručka 8 Stavby manipulačních skladů*. Brno : SILMOS s.r.o. vlastním nákladem, 2017. 16 s.
40. —. *KAPS-PM: Příručka 9 Recyklace cest z penetračního makadamu*. Brno : SILMOS s.r.o. vlastním nákladem, 2018. 16 s.
41. —. *KAPS-PA, Příručka 10 Panelové plochy a cesty*. Brno : SILMOS s.r.o. vlastním nákladem, 2019. 16 s.
42. MAŤOVÁ, Kristýna. *Bakalářská práce: Údržba lesní cestní sítě*. Praha : autor neznámý, 2017.
43. ČSN EN 13286-41. *Nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy - Část 41: Zkušební metoda pro stanovení pevnosti v tlaku směsí stmelených hydraulickými pojivy*. Praha : Český normalizační institut, 2004. EAN 8590963688619.
44. ČSN 73 6127. *Stavba vozovek - prolévané vrstvy*. Praha : Český normalizační institut, 1994. EAN 8590963163789.
45. ČSN 73 6192. *Rázové zatěžovací zkoušky vozovek a podloží*. Praha : Český normalizační institut, 1996. EAN 8590963195322.

46. TOMÁNEK, Jaroslav. *Lesní cesty - cvičení*. Praha : Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, 2018. ISBN 978-80-213-2879-2.
47. HAYRINEN, Tuomo. Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Forest road planning and lansacaping*. [Online] <http://www.fao.org/3/x0622e/x0622e05.htm#TopOfPage>.
48. ČSN 73 6108. *Lesní cestní síť*. Praha : Český normalizační institut, 2018. EAN 8596135054398.
49. PAVLÍČEK, Tomáš. Lesní cesta "Holetínská" inventární číslo 569 v k. ú. Cikháj. *Projektová dokumentace pro stavební povolení*. Litomyšl : Agroprojekt Litomyšl, 2017.
50. VOPATA, Petr. *Technická doporučení k ČSN 73 6108 (Lesní dopravní síť)*. Praha : Ministerstvo zemědělství ČR, úsek lesního hospodářství v nakl. Lesnická práce, 2003. ISBN 80-86386-39-2.
51. HANÁK, Karel. a kol. *Stavby pro plnění funkcí lesa*. Praha : ČKAIT, 2008. ISBN 978-80-87093-76-4.
52. Lesy Zbiroh. *Colloredo-Mannsfeld*. [Online] <https://www.lesyzbiroh.cz/cs/>.
53. Kinský Žďár, a.s. [Online] <https://kinsky-zdar.cz/>.

Příloha 1: Protokoly RCK

IMOS Brno, a.s Olomoucká 174, 627 00 Brno
zkušební laboratoř č.1074 akreditovaná ČIA
podle ČSN EN ISO/IEC 17025:2005



T: 548 129 331
MT:724 333 094
kresaj@imosbrno.eu

List
1/1
Naše značka: 085/17/Kr

ZKOUŠKA PEVNOSTI V PROSTÉM TLAKU

č. 0821 V181010/K03

| | | | |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------|-------------|
| Objednatel: | SILMOS s.r.o. Křížkova 70, 612 00 Brno | Objednávka: | 1815 |
| Druh a počet zkoušek: | 4 kusů válcových těles o rozměrech \varnothing 70 x 70 mm | Označení směsi: | KAPS-LE |
| Název stavby | Ověřovací vzorky SILMOS | Datum zhotovení těles: | viz tabulka |
| Tělesa vyrobili: | SILMOS s.r.o. | Datum zkoušení: | viz tabulka |
| Datum dodání těles: | 28.3.2018 | Stáří tělesa (den) | viz tabulka |

Tabulka č. 1 Výsledky měření Normy: ČSN EN 13286-41 Zkušební metoda pro stanovení pevnosti v tlaku směsí stmelěných hydraulickými pojivy, ČSN 736124-1 * Stavba vozovek - Vrstvy ze směsí stmelěných hydraulickými pojivy - Část 1: Provádění a kontrola shody*, Příloha A a Tab. A.1 je provedeno přiřazení původních názvů technologií ke třídám pevnosti.

| Označení číslo vzorku | Označení objednatel | Datum výroby | Datum zkoušky | Stáří těles dnů | Štíhl. poměr H/D | Hmotnost vzorku (kg) | Rozměry vz. \varnothing (mm) l (mm) | | Plocha průřezu (cm ²) | Objemová hmotnost (kgm ⁻³) | Maximální síla (kN) | Pevnost v tlaku R _{ci} (N/mm ²) | Pevnost v tlaku R _{ck} (N/mm ²) |
|-----------------------|---------------------|--------------|---------------|-----------------|------------------|----------------------|-----------------------------------------|----|-----------------------------------|----------------------------------------|---------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| | A1.I | 27.3 | 28.3 | 1 | 1,00 | 0,496 | 71 | 71 | 39,6 | 1711 | 21,3 | 5,5 | 4,8 |
| | A1.II | | | 1 | 0,99 | 0,509 | 71 | 71 | 39,6 | 1696 | 19,0 | 5,0 | |
| | A1.III | | | 1 | 1,03 | 0,526 | 71 | 74 | 38,5 | 1896 | 16,6 | 4,3 | |
| | A1.IV | | | 1 | 0,99 | 0,503 | 71 | 71 | 39,6 | 1811 | 17,0 | 4,4 | |

Přiřazení původních názvů technologií ke třídám pevnosti

| Řádek | Pevnost v tlaku [MPa] Charakteristická pevnost R _{ck} | | Třída pevnosti R _{ck} | ČSN 736124-1: V příloze A a tab. A.1 je provedeno přiřazení původních názvů technologií ke třídám pevnosti. |
|-------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | Válcce H/D ^a = 2,0 bez požadavku | Válcce nebo krychle H/D ^b =1,0 ^c bez požadavku | | |
| 1 | | | C ₀ | neuvedeno |
| 2 | 1,5 | 2,0 | C _{1,5/2,0} | stabilizace cementem S II |
| 3 | 3,0 | 4,0 | C _{3/4} | stabilizace cementem S I |
| 4 | 5,0 | 6,0 | C _{5/6} | kamenivo zpevněné cementem KSC II |
| 5 | 8,0 | 10,0 | C _{8/10} | kamenivo zpevněné cementem KSC I |
| 6 | 12,0 | 15,0 | C _{12/15} | válcovaný beton VB I |
| 7 | 16,0 | 20,0 | C _{16/20} | podkladový beton PB II |
| 8 | 20,0 | 25,0 | C _{20/25} | podkladový beton PB I |

^aH/D = poměr mezi výškou a průměrem zkušební vzorku ^bH/D = 0,8 až 1,21

U : $\pm 5\%$ pevnost v tlaku je uváděna jako rozšířená s koeficientem k = 2, pokrývající úroveň spolehlivosti 95 % .

Zkoušky/činnosti označené hvězdičkou * jsou mimo rozsah akreditovaných zkoušek.

Zkušební laboratoř prohlašuje, že protokol o zkoušce může být reprodukován jako celek , jinak jen s písemným souhlasem laboratoře. Výsledky zkoušek se týkají pouze zkušební vzorků a/nebo měřené místo a protokol neznámá schválení výrobku orgánem udělujícím certifikaci.

Výtisk: Rozdělovník: 2x objednatel.; 1x ZL

1 2 3 Nahrazuje/ ruší

Přezkoumal: Ing. Suchyňa

Protokol vystavil a schválil:

vedoucí laboratoře : Mgr. Jiří Krása

Datum: 29.3.2018





ZKOUŠKA PEVNOSTI V PROSTÉM TLAKU

č. 0821 V181010/K05

| | | | |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------|-------------|
| Objednatel: | SILMOS s.r.o. Křižíkova 70, 612 00 Brno | Objednávka: | 1815 |
| Druh a počet zkoušek: | 8 kusů válcových těles o rozměrech \varnothing 70 x 70 mm | Označení směsi: | KAPS-LE |
| Název stavby | Ověřovací vzorky SILMOS | Datum zhotovení těles: | viz tabulka |
| Tělesa vyrobil: | SILMOS s.r.o. | Datum zkoušení: | viz tabulka |
| Datum dodání těles: | 28.3.2018 a 9.4.2018 | Stáří tělesa (den) | viz tabulka |

Tabulka č. 1 Výsledky měření Normy: ČSN EN 13286-41 Zkušební metoda pro stanovení pevnosti v tlaku směsí stmelěných hydraulickými pojivy, ČSN 736124-1 " Stavba vozovek - Vrstvy ze směsí stmelěných hydraulickými pojivy - Část 1: Provádění a kontrola shody", Příloha A a Tab. A.1 je provedeno přiřazení původních názvů technologií ke třídám pevnosti.

| Označení číslo vzorku | Označení objednatele vzorku | Datum výroby | Datum zkoušky | Stáří těles dnů | Štíhl. poměr H/D | Hmotnost vzorku (kg) | Rozměry vz. \varnothing (mm) l (mm) | | Plocha průřezu (cm ²) | Objemová hmotnost (kgm ⁻³) | Maximální síla (kN) | Pevnost v tlaku R _{ci} (N/mm ²) | Pevnost v tlaku R _{ck} (N/mm ²) |
|-----------------------|-----------------------------|--------------|---------------|-----------------|------------------|----------------------|---------------------------------------|----|-----------------------------------|----------------------------------------|---------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| 5705 | A7 | 27.3. | 3.4. | 7 | 0,97 | 0,448 | 70 | 68 | 38,5 | 1710 | 54,0 | 14,0 | 14,7 |
| 5706 | A7 | | | 7 | 0,96 | 0,449 | 70 | 67 | 38,5 | 1740 | 61,0 | 15,9 | |
| 5707 | A7 | | | 7 | 0,94 | 0,453 | 71 | 67 | 39,6 | 1710 | 54,0 | 13,6 | |
| 5708 | A7 | | | 7 | 0,97 | 0,450 | 70 | 68 | 38,5 | 1720 | 59,0 | 15,3 | |
| 5709 | A14 | 27.3. | 10.4. | 14 | 0,96 | 0,481 | 71 | 68 | 39,6 | 1790 | 77,0 | 19,5 | 18,8 |
| 5710 | A14 | | | 14 | 0,96 | 0,476 | 71 | 68 | 39,6 | 1770 | 73,0 | 18,4 | |
| 5711 | A14 | | | 14 | 0,96 | 0,477 | 71 | 68 | 39,6 | 1770 | 76,0 | 19,2 | |
| 5712 | A14 | | | 14 | 0,96 | 0,479 | 71 | 68 | 39,6 | 1780 | 71,0 | 17,9 | |

Přiřazení původních názvů technologií ke třídám pevnosti

| Řádek | Pevnost v tlaku [MPa] | | Třída pevnosti R _{ck} | ČSN 736124-1: V příloze A a tab. A.1 je provedeno přiřazení původních názvů technologií ke třídám pevnosti. |
|-------|------------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | Charakteristická pevnost R _{ck} | | | |
| | Válc H/D ^a = 2,0 | Válc nebo krychle H/D ^a =1,0 ^b | | |
| 1 | bez požadavku | | C ₀ | neuváděno |
| 2 | 1,5 | 2,0 | C _{1,5/2,0} | stabilizace cementem S II |
| 3 | 3,0 | 4,0 | C _{3/4} | stabilizace cementem S I |
| 4 | 5,0 | 6,0 | C _{5/6} | kamenivo zpevněné cementem KSC II |
| 5 | 8,0 | 10,0 | C _{8/10} | kamenivo zpevněné cementem KSC I |
| 6 | 12,0 | 15,0 | C _{12/15} | válcovaný beton VB I |
| 7 | 16,0 | 20,0 | C _{16/20} | podkladový beton PB II |
| 8 | 20,0 | 25,0 | C _{20/25} | podkladový beton PB I |

^aH/D = poměr mezi výškou a průměrem zkušební vzorku ^b H/D = 0,8 až 1,21

U : ± 5 % pevnost v tlaku je uváděna jako rozšířená s koeficientem k = 2, pokrývající úroveň spolehlivosti 95 %.

Zkoušky/činnosti označené hvězdičkou * jsou mimo rozsah akreditovaných zkoušek.

Zkušební laboratoř prohlašuje, že protokol o zkoušce může být reprodukován jako celek, jinak jen s písemným souhlasem laboratoře. Výsledky zkoušek se týkají pouze zkušebních vzorků a/nebo měřeného místa a protokol neznámá schválení výrobku orgánem udělujícím certifikaci.

Výtisk: Rozdělovník: 2x objednatel.; 1x ZL

1/3 Nahrazuje/ ruší

Průzkoumal: Ing. Suchyňa

Protokol vystavil a schválil:

vedoucí laboratoře : Mgr. Jiří Kréša

Datum: 12.4.2018





ZKOUŠKA PEVNOSTI V PROSTÉM TLAKU

č. 0821 V181010/K06

| | | |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Objednatel: | SILMOS s.r.o. Křížkova 70, 612 00 Brno | Objednávka: dne 20.4.2018 |
| Druh a počet zkoušek: | 4 kusů válcových těles o rozměrech \varnothing 70 x 70 mm | Označení směsi: KAPS-LE |
| Název stavby | Ověřovací vzorky SILMOS | Datum zhotovení těles: viz tabulka |
| Tělesa vyrobil: | SILMOS s.r.o. | Datum zkoušení: viz tabulka |
| Datum dodání těles: | 23.4.2018 | Stáří tělesa (den) viz tabulka |

Tabulka č. 1 Výsledky měření Normy: ČSN EN 13286-41 Zkušební metoda pro stanovení pevnosti v tlaku směsí stmelných hydraulickými pojivy, ČSN 736124-1 " Stavba vozovek - Vrstvy ze směsí stmelných hydraulickými pojivy - Část 1: Provádění a kontrola shody", Příloha A a Tab. A.1 je provedeno přiřazení původních názvů technologií ke třídám pevnosti.

| Označení vzorku | Označení objednatele | Datum výroby | Datum zkoušky | Stáří těles dnů | Štíhl. poměr H/D | Hmotnost vzorku (kg) | Rozměry vz. \varnothing (mm) | l (mm) | Plocha průřezu (cm ²) | Objemová hmotnost (kgm ⁻³) | Maximální síla (kN) | Pevnost v tlaku R _{ci} (N/mm ²) | Pevnost v tlaku R _{ck} (N/mm ²) |
|-----------------|----------------------|--------------|---------------|-----------------|------------------|----------------------|--------------------------------|--------|-----------------------------------|----------------------------------------|---------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| 5716 | A28.I | 27.3 | 24.4 | 28 | 0,96 | 0,475 | 70 | 67 | 38,5 | 1840 | 80,0 | 20,8 | 21,6 |
| 5717 | A28.II | | | 28 | 0,96 | 0,490 | 71 | 68 | 39,6 | 1820 | 102,0 | 25,8 | |
| 5718 | A28.III | | | 28 | 0,96 | 0,495 | 71 | 68 | 39,6 | 1840 | 82,0 | 20,7 | |
| 5719 | A28.IV | | | 28 | 0,96 | 0,488 | 71 | 68 | 39,6 | 1810 | 75,0 | 19,0 | |

Přiřazení původních názvů technologií ke třídám pevnosti

| Řádek | Pevnost v tlaku [MPa] Charakteristická pevnost R _{ck} | | Třída pevnosti R _{ck} | ČSN 736124-1: V příloze A a tab. A.1 je provedeno přiřazení původních názvů technologií ke třídám pevnosti. |
|-------|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | Válců H/D ^a = 2,0 bez požadavku | Válců nebo krychle H/D ^a =1,0 ^b bez požadavku | | |
| 1 | | | C ₀ | neuveдено |
| 2 | 1,5 | 2,0 | C _{1,5/2,0} | stabilizace cementem S II |
| 3 | 3,0 | 4,0 | C _{3/4} | stabilizace cementem S I |
| 4 | 5,0 | 6,0 | C _{5/6} | kamenivo zpevněné cementem KSC II |
| 5 | 8,0 | 10,0 | C _{8/10} | kamenivo zpevněné cementem KSC I |
| 6 | 12,0 | 15,0 | C _{12/15} | válcovaný beton VB I |
| 7 | 16,0 | 20,0 | C _{16/20} | podkladový beton PB II |
| 8 | 20,0 | 25,0 | C _{20/25} | podkladový beton PB I |

^aH/D = poměr mezi výškou a průměrem zkušební vzorku ^bH/D = 0,8 až 1,21

U : ± 5 % pevnost v tlaku je uváděna jako rozšířená s koeficientem k = 2, pokrývající úroveň spolehlivosti 95 %.

Zkoušky/činnosti označené hvězdičkou * jsou mimo rozsah akreditovaných zkoušek.

Zkušební laboratoř prohlašuje, že protokol o zkoušce může být reprodukován jako celek, jinak jen s písemným souhlasem laboratoře. Výsledky zkoušek se týkají pouze zkušebních vzorků a/nebo měřeného místa a protokol neznamená schválení výrobku orgánem udělujícím certifikaci.

Výtisk: Rozdělovník: 2x objednatel.; 1x ZL

1, 2, 3 Nahrazuje/ ruší

Přezkoumal: Ing. Suchyňa

Protokol vystavil a schválil:

vedoucí laboratoře: Mgr. Jiří Krésa

Datum: 25.4.2018





ZKOUŠKA PEVNOSTI V PROSTÉM TLAKU

č. 0821 V181010/K09

| | | |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Objednatel: | SILMOS s.r.o. Křižíkova 70, 612 00 Brno | Objednávka: 1827 |
| Druh a počet zkoušek: | 4 kusů válcových těles o rozměrech \varnothing 70 x 70 mm | Označení směsi: KAPS-LE |
| Název stavby | Ověřovací vzorky SILMOS | Datum zhotovení těles: viz tabulka |
| Tělesa vyrobil: | SILMOS s.r.o. | Datum zkoušení: viz tabulka |
| Datum dodání těles: | 25.5.2018 | Stáří tělesa (den) viz tabulka |

Tabulka č. 1 Výsledky měření Normy: ČSN EN 13286-41 Zkušební metoda pro stanovení pevnosti v tlaku směsí stmelěných hydraulickými pojivy, ČSN 736124-1 " Stavba vozovek - Vrstvy ze směsí stmelěných hydraulickými pojivy - Část 1: Provádění a kontrola shody", Příloha A a Tab. A.1 je provedeno přiřazení původních názvů technologií ke třídám pevnosti.

| Označení číslo vzorku | Označení objednatele vzorku | Datum výroby | Datum zkoušky | Stáří těles dnů | Štíhl. poměr H/D | Hmotnost vzorku (kg) | Rozměry vz. \varnothing (mm) l (mm) | | Plocha průřezu (cm^2) | Objemová hmotnost (kgm^{-3}) | Maximální síla (kN) | Pevnost v tlaku R_{ci} (N/mm^2) | Pevnost v tlaku R_{ck} (N/mm^2) |
|-----------------------------|-----------------------------------|-----------------|------------------|-----------------------|------------------------|----------------------------|--------------------------------------------|----|----------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 5999 | A60 | 27.3 | 26.5 | 60 | 0,96 | 0,490 | 71 | 68 | 39,6 | 1820 | 96,0 | 24,3 | 21,7 |
| 6000 | | | | 60 | 0,96 | 0,492 | 71 | 68 | 39,6 | 1830 | 78,0 | 19,7 | |
| 6001 | | | | 60 | 0,96 | 0,490 | 71 | 68 | 39,6 | 1820 | 89,0 | 22,5 | |
| 6002 | | | | 60 | 0,96 | 0,488 | 71 | 68 | 39,6 | 1810 | 80,0 | 20,2 | |

Přiřazení původních názvů technologií ke třídám pevnosti

| Řádek | Pevnost v tlaku [MPa] Charakteristická pevnost R_{ck} | | Třída pevnosti R_{ck} | ČSN 736124-1: V příloze A a tab. A.1 je provedeno přiřazení původních názvů technologií ke třídám pevnosti. |
|-------|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | Válců $H/D^a = 2,0$ bez požadavku | Válců nebo krychle $H/D^a=1,0^b$ bez požadavku | | |
| 1 | | | C_0 | neuváděno |
| 2 | 1,5 | 2,0 | $C_{1,5/2,0}$ | stabilizace cementem S II |
| 3 | 3,0 | 4,0 | $C_{3/4}$ | stabilizace cementem S I |
| 4 | 5,0 | 6,0 | $C_{5/6}$ | kamenivo zpevněné cementem KSC II |
| 5 | 8,0 | 10,0 | $C_{8/10}$ | kamenivo zpevněné cementem KSC I |
| 6 | 12,0 | 15,0 | $C_{12/15}$ | válcovaný beton VB I |
| 7 | 16,0 | 20,0 | $C_{16/20}$ | podkladový beton PB II |
| 8 | 20,0 | 25,0 | $C_{20/25}$ | podkladový beton PB I |

^aH/D = poměr mezi výškou a průměrem zkušební vzorku ^b H/D = 0,8 až 1,21

U : $\pm 5\%$ pevnost v tlaku je uváděna jako rozšířená s koeficientem $k = 2$, pokrývající úroveň spolehlivosti 95 % .

Zkoušky/činnosti označené hvězdičkou * jsou mimo rozsah akreditovaných zkoušek.

Zkušební laboratoř prohlašuje, že protokol o zkoušce může být reprodukován jako celek, jinak jen s písemným souhlasem laboratoře. Výsledky zkoušek se týkají pouze zkušebních vzorků a/nebo měřené místo a protokol neznamená schválení výrobku orgánem udělujícím certifikaci.

Výtisk: Rozdělovník: 2x objednatel.; 1x ZL

Protokol vystavil a schválil:

1/2 3 Nahrazuje/ ruší

vedoucí laboratoře : Mgr. Jiří Kréša

Přezkoumal: Ing. Suchyňa

Datum: 6.6.2018



ZKOUŠKA PEVNOSTI V PROSTÉM TLAKU

č. 0821 V181010/K15

| | | | |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------|-------------|
| Objednatel: | SILMOS s.r.o. Křížkova 70, 612 00 Brno | Objednávka: | 18-37 |
| Druh a počet zkoušek: | 4 kusy válcových těles o rozměrech \varnothing 70 x 70 mm | Označení směsi: | KAPS-LE |
| Název stavby | Ověřovací vzorky SILMOS | Datum zhotovení těles: | viz tabulka |
| Tělesa vyrobil: | SILMOS s.r.o. | Datum zkoušení: | viz tabulka |
| Datum dodání těles: | 25.6.2018 | Stáří tělesa (den) | viz tabulka |

Tabulka č. 1 Výsledky měření Normy: ČSN EN 13286-41 Zkušební metoda pro stanovení pevnosti v tlaku směsí stmelěných hydraulickými pojivy, ČSN 736124-1 "Stavba vozovek - Vrstvy ze směsí stmelěných hydraulickými pojivy - Část 1: Provádění a kontrola shody", Příloha A a Tab. A.1 je provedeno přiřazení původních názvů technologií ke třídám pevnosti.

| Označení číslo vzorku | Označení objednatele vzorku | Datum výroby | Datum zkoušky | Stáří těles dnů | Štíhl. poměr H/D | Hmotnost vzorku (kg) | Rozměry vz. \varnothing (mm) | l (mm) | Plocha průřezu (cm ²) | Objemová hmotnost (kgm ⁻³) | Maximální síla (kN) | Pevnost v tlaku R _{ci} (N/mm ²) | Pevnost v tlaku R _{ck} (N/mm ²) |
|-----------------------|-----------------------------|--------------|---------------|-----------------|------------------|----------------------|--------------------------------|--------|-----------------------------------|----------------------------------------|---------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| 6058 | A90 | 27.3. | 25.6. | 90 | 0,96 | 0,477 | 71 | 68 | 39,6 | 1770 | 136 | 34,4 | 29,9 |
| 6059 | A90 | 27.3. | 25.6. | 90 | 0,96 | 0,482 | 71 | 68 | 39,6 | 1790 | 112 | 28,3 | |
| 6060 | A90 | 27.3. | 25.6. | 90 | 0,96 | 0,474 | 71 | 68 | 39,6 | 1760 | 124 | 31,3 | |
| 6061 | A90 | 27.3. | 25.6. | 90 | 0,96 | 0,477 | 71 | 68 | 39,6 | 1770 | 102 | 25,8 | |

Přiřazení původních názvů technologií ke třídám pevnosti

| Řádek | Pevnost v tlaku [MPa] | | Třída pevnosti R _{ck} | ČSN 736124-1: V příloze A a tab. A.1 je provedeno přiřazení původních názvů technologií ke třídám pevnosti. |
|-------|------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | Charakteristická pevnost R _{ck} | | | |
| | Válce H/D ^a = 2,0 | Válce nebo krychle H/D ^b =1,0 ^c | | |
| 1 | bez požadavku | bez požadavku | C ₀ | neuváděno |
| 2 | | 1,5 | C _{1,5/2,0} | stabilizace cementem S II |
| 3 | | 3,0 | C _{3/4} | stabilizace cementem S I |
| 4 | | 5,0 | C _{5/6} | kamenivo zpevněné cementem KSC II |
| 5 | | 8,0 | C _{8/10} | kamenivo zpevněné cementem KSC I |
| 6 | | 12,0 | C _{12/15} | válcovaný beton VB I |
| 7 | | 16,0 | C _{16/20} | podkladový beton PB II |
| 8 | | 20,0 | C _{20/25} | podkladový beton PB I |

^aH/D = poměr mezi výškou a průměrem zkušební vzorku ^b H/D = 0,8 až 1,21

U : ± 5 % pevnost v tlaku je uváděna jako rozšířená s koeficientem k = 2, pokrývající úroveň spolehlivosti 95 %.

Zkoušky/činnosti označené hvězdičkou * jsou mimo rozsah akreditovaných zkoušek.

souhlasem laboratoře. Výsledky zkoušek se týkají pouze zkušební vzorků a/nebo měřeného místa a protokol

Výtisk: Rozdělovník: 2x objednatel.; 1x ZL
1 2/3 Nahrazuje/ ruší
Přezkoumal: Ing. Suchyňa

Protokol vystavil a schválil:
vedoucí laboratoře : Mgr. Jiří Krésa
Datum: 12.7.2018





ZKOUŠKA PEVNOSTI V PROSTÉM TLAKU

č. 0821 V181010/K20

| | | | |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------|-------------|
| Objednatel: | SILMOS s.r.o. Křížkova 70, 612 00 Brno | Objednávka: | 18-53/SLM |
| Druh a počet zkoušek: | 4 kusů válcových těles o rozměrech \varnothing 70 x 70 mm | Označení směsi: | KAPS-LE |
| Název stavby | Ověřovací vzorky SILMOS A180 | Datum zhotovení těles: | viz tabulka |
| Tělesa vyrobil: | SILMOS s.r.o. | Datum zkoušení: | viz tabulka |
| Datum dodání těles: | 25.9.2018 | Stáří tělesa (den) | viz tabulka |

Tabulka č. 1 Výsledky měření Normy: ČSN EN 13286-41 Zkušební metoda pro stanovení pevnosti v tlaku směsí stmelných hydraulických pojiv, ČSN 736124-1 "Stavba vozovek - Vrstvy ze směsí stmelných hydraulických pojiv - Část 1: Provádění a kontrola shody", Příloha A a Tab. A.1 je provedeno přiřazení původních názvů technologií ke třídám pevnosti.

| Označení číslo vzorku | Označení objednatele vzorku | Datum výroby | Datum zkoušky | Stáří těles dnů | Štíhl. poměr H/D | Hmotnost vzorku (kg) | Rozměry vz. \varnothing (mm) | l (mm) | Plocha průřezu (cm^2) | Objemová hmotnost (kgm^{-3}) | Maximální síla (kN) | Pevnost v tlaku R_{ci} (N/mm^2) | Pevnost v tlaku R_{ck} (N/mm^2) |
|-----------------------|-----------------------------|--------------|---------------|-----------------|------------------|----------------------|--------------------------------|--------|----------------------------------|-----------------------------------------|---------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 6507 | A 180 | 27.3. | 25.9. | 180 | 0,96 | 0,491 | 71 | 68 | 39,6 | 1820 | 102,0 | 25,8 | 28,3 |
| 6508 | A 180 | | | 180 | 0,96 | 0,493 | 71 | 68 | 39,6 | 1830 | 110,0 | 27,8 | |
| 6509 | A 180 | | | 180 | 0,96 | 0,493 | 71 | 68 | 39,6 | 1830 | 115,0 | 29,1 | |
| 6510 | A 180 | | | 180 | 0,96 | 0,492 | 71 | 68 | 39,6 | 1830 | 121,0 | 30,6 | |

Přiřazení původních názvů technologií ke třídám pevnosti

| Řádek | Pevnost v tlaku [MPa] Charakteristická pevnost R_{ck} | | Třída pevnosti R_{Ck} | ČSN 736124-1: V příloze A a tab. A.1 je provedeno přiřazení původních názvů technologií ke třídám pevnosti. |
|-------|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | Válc H/D ^a = 2,0 | Válc nebo krychle H/D ^b =1,0 ^b | | |
| 1 | bez požadavku | bez požadavku | C ₀ | neuváděno |
| 2 | 1,5 | 2,0 | C _{1,5/2,0} | stabilizace cementem S II |
| 3 | 3,0 | 4,0 | C _{3/4} | stabilizace cementem S I |
| 4 | 5,0 | 6,0 | C _{5/6} | kamenivo zpevněné cementem KSC II |
| 5 | 8,0 | 10,0 | C _{8/10} | kamenivo zpevněné cementem KSC I |
| 6 | 12,0 | 15,0 | C _{12/15} | válcovaný beton VB I |
| 7 | 16,0 | 20,0 | C _{16/20} | podkladový beton PB II |
| 8 | 20,0 | 25,0 | C _{20/25} | podkladový beton PB I |

^aH/D = poměr mezi výškou a průměrem zkušební vzorku ^bH/D = 0,8 až 1,21

U : $\pm 5\%$ pevnost v tlaku je uváděna jako rozšířená s koeficientem $k=2$, pokrývající úroveň spolehlivosti 95 %.

Zkoušky/činnosti označené hvězdičkou * jsou mimo rozsah akreditovaných zkoušek.

Zkušební laboratoř prohlašuje, že protokol o zkoušce může být reprodukován jako celek, jinak jen s písemným souhlasem laboratoře. Výsledky zkoušek se týkají pouze zkušebních vzorků a/nebo měřeného místa a protokol neznamená schválení výrobku orgánem udělujícím certifikaci.

Výtisk: Rozdělovník: 2x objednatel.; 1x ZL

Protokol vystavil a schválil:

1 2 3 Nahrazuje/ ruší

vedoucí laboratoře : Mgr. Jiří Krása

Přezkoumal: Ing. Suchyňa

Datum: 2.10.2018





ZKOUŠKA PEVNOSTI V PROSTÉM TLAKU

č. 0821 V181010/K29

| | | | |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------|-------------|
| Objednatel: | SILMOS s.r.o. Křižkova 70, 612 00 Brno | Objednávka: | 19-08/SLM |
| Druh a počet zkoušek: | 4 kusů válcových těles o rozměrech \varnothing 70 x 70 mm | Označení směsi: | KAPS-LE |
| Název stavby | Ověřovací vzorky SILMOS A365 | Datum zhotovení těles: | viz tabulka |
| Tělesa vyrobil: | SILMOS s.r.o. | Datum zkoušení: | viz tabulka |
| Datum dodání těles: | 27.3.2019 | Stáří tělesa (den) | viz tabulka |

Tabulka č. 1 Výsledky měření Normy: ČSN EN 13286-41 Zkušební metoda pro stanovení pevnosti v tlaku směsí stmelěných hydraulickými pojivy, ČSN 736124-1 " Stavba vozovek - Vrstvy ze směsí stmelěných hydraulickými pojivy - Část 1: Provádění a kontrola shody", Příloha A a Tab. A.1 je provedeno přiřazení původních názvů technologií ke třídám pevnosti.

| Označení číslo vzorku | Označení objednatele vzorku | Datum výroby | Datum zkoušky | Stáří těles dnů | Štlh. poměr H/D | Hmotnost vzorku (kg) | Rozměry vz. \varnothing (mm) | l (mm) | Plocha průřezu (cm ²) | Objemová hmotnost (kgm ⁻³) | Maximální síla (kN) | Pevnost v tlaku R _{ck} (N/mm ²) | Pevnost v tlaku R _{ck} (N/mm ²) |
|-----------------------|-----------------------------|--------------|---------------|-----------------|-----------------|----------------------|--------------------------------|--------|-----------------------------------|----------------------------------------|---------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| A12-1 | A 365 | 27.3.18 | 27.3.19 | 365 | 0,97 | 0,493 | 70 | 68 | 38,5 | 1820 | 136,0 | 34,9 | 32,8 |
| A12-2 | A 365 | | | 365 | 0,96 | 0,492 | 71 | 68 | 39,6 | 1830 | 124,9 | 31,8 | |
| A12-3 | A 365 | | | 365 | 0,96 | 0,491 | 71 | 68 | 39,6 | 1830 | 121,1 | 31,0 | |
| A12-4 | A 365 | | | 365 | 0,96 | 0,489 | 71 | 68 | 39,6 | 1830 | 132,3 | 33,6 | |

Přiřazení původních názvů technologií ke třídám pevnosti

| Řádek | Pevnost v tlaku [MPa] Charakteristická pevnost R _{ck} | | Třída pevnosti R _{ck} | ČSN 736124-1: V příloze A a tab. A.1 je provedeno přiřazení původních názvů technologií ke třídám pevnosti. |
|-------|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | Válce H/D ^a = 2,0 bez požadavku | Válce nebo krychle H/D ^a = 1,0 ^b | | |
| 1 | bez požadavku | bez požadavku | C ₀ | neuváděno |
| 2 | 1,5 | 2,0 | C _{1,5/2,0} | stabilizace cementem S II |
| 3 | 3,0 | 4,0 | C _{3/4} | stabilizace cementem S I |
| 4 | 5,0 | 6,0 | C _{5/6} | kamenivo zpevněné cementem KSC II |
| 5 | 8,0 | 10,0 | C _{8/10} | kamenivo zpevněné cementem KSC I |
| 6 | 12,0 | 15,0 | C _{12/15} | válcovaný beton VB I |
| 7 | 16,0 | 20,0 | C _{16/20} | podkladový beton PB II |
| 8 | 20,0 | 25,0 | C _{20/25} | podkladový beton PB I |

^aH/D = poměr mezi výškou a průměrem zkušební vzorku ^bH/D = 0,8 až 1,21

U : ± 5 % pevnost v tlaku je uváděna jako rozšířená s koeficientem k = 2, pokrývající úroveň spolehlivosti 95 % .

Zkoušky/činnosti označené hvězdičkou * jsou mimo rozsah akreditovaných zkoušek.

Zkušební laboratoř prohlašuje, že protokol o zkoušce může být reprodukován jako celek, jinak jen s písemným souhlasem laboratoře. Výsledky zkoušek se týkají pouze zkušebních vzorků a/nebo měřeného místa a protokol neznamená schválení výrobku orgánem udělujícím certifikaci.

Výtisk: Rozdělovník: 2x objednatel.; 1x ZL

1 2 3 Nahrazuje/ ruší

Přezkoumal: Ing. Suchyňa

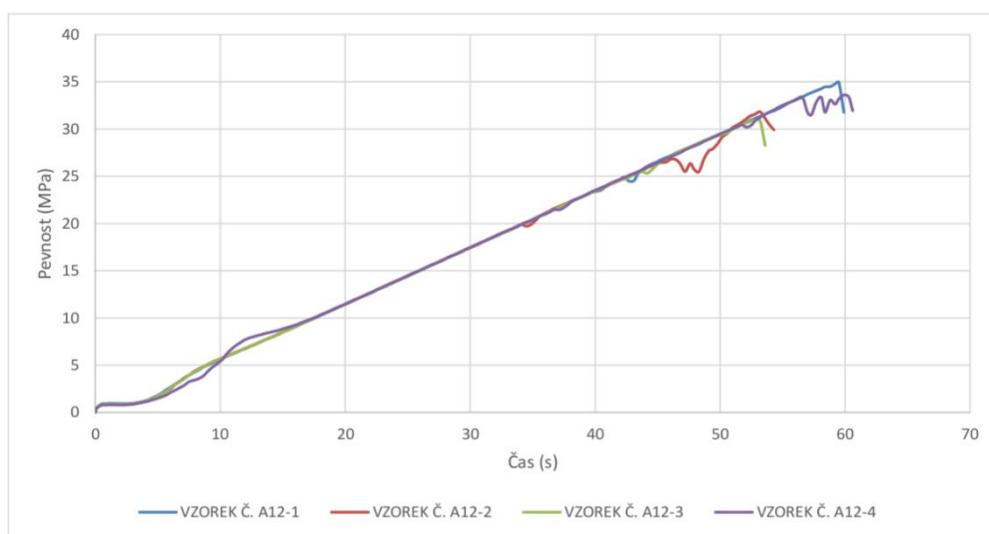
Protokol vystavil a schválil:

vedoucí laboratoře : Mgr. Jiří Krésa

Datum: 28.3.2019



OVĚŘOVACÍ VZORKY SILMOS A365



| Označení číslo vzorku | Označení objednatele vzorku | Datum výroby | Datum zkoušky | Stáří těles dnů | Štíhl. poměr H/D | Hmotnost vzorku (kg) | Rozměry vz. | | Plocha průřezu (cm ²) | Objemová hmotnost (kgm ⁻³) | Maximální síla (kN) | Pevnost v tlaku R _{ci} (N/mm ²) | Pevnost v tlaku R _{ck} (N/mm ²) |
|-----------------------|-----------------------------|--------------|---------------|-----------------|------------------|----------------------|-------------|----|-----------------------------------|----------------------------------------|---------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| A12-1 | A 365 | 27.3.18 | 27.3.19 | 365 | 0,97 | 0,493 | 70 | 68 | 38,5 | 1820 | 136,0 | 34,9 | 32,8 |
| A12-2 | A 365 | | | 365 | 0,96 | 0,492 | 71 | 68 | 39,6 | 1830 | 124,9 | 31,8 | |
| A12-3 | A 365 | | | 365 | 0,96 | 0,491 | 71 | 68 | 39,6 | 1830 | 121,1 | 31,0 | |
| A12-4 | A 365 | | | 365 | 0,96 | 0,489 | 71 | 68 | 39,6 | 1830 | 132,3 | 33,6 | |

Příloha 2: Protokoly FWD



Posouzení vozovky a návrh zesílení

| | | | |
|----------------|--------|---------------|----------------|
| Soubor: | C029 | Název: | Nekvinda 1.den |
| Číslo silnice: | ÚK | Datum měření: | 28.3.2018 |
| Odběratel: | SILMOS | Vozovka: | KAPS-LE |

Výpočtové parametry:

Návrhová úroveň porušení:

| | | | |
|---------------------------|-----------|---------------------|-------|
| Návrhové období: | 25 roků | Poissonovo číslo: | 0,3 |
| Dopravní zatížení: | 5 TNV | Roční růst dopravy: | 0 % |
| Poloměr zatěžovací desky: | 150 mm | Návrhová teplota: | 20 °C |
| Dotykový tlak: | 0,707 MPa | Sezonní faktor: | 1 |

| Číslo bodu | Staniční (m) | Jízdní pruh R-pravý L-levý | Tloušťky vrstev (mm) | | Moduly pružnosti (MPa) | | | Zbytková životnost (roky) | Tloušťka zesílení (mm) |
|------------|--------------|----------------------------------|----------------------|-----|------------------------|-------------|------------|---------------------------|------------------------|
| | | | H1 | H2 | E1 | E2 | Ep | | |
| 1 | 0 | R | 200 | 150 | 1018 | 1161 | 66 | 25 | 0 |
| 2 | 5 | R | 200 | 150 | 1968 | 6271 | 103 | 25 | 0 |
| 3 | 10 | R | 200 | 150 | 2875 | 4922 | 94 | 25 | 0 |
| 4 | 15 | R | 200 | 150 | 3022 | 1221 | 92 | 25 | 0 |
| 5 | 20 | R | 200 | 150 | 1446 | 1652 | 78 | 25 | 0 |
| 6 | 25 | R | 200 | 150 | 777 | 927 | 89 | 25 | 0 |
| 7 | 30 | R | 200 | 150 | 940 | 1107 | 80 | 25 | 0 |
| 8 | 35 | R | 200 | 150 | 1621 | 1951 | 102 | 25 | 0 |
| 9 | 40 | R | 200 | 150 | 1239 | 352 | 106 | 25 | 0 |
| 10 | 45 | R | 200 | 150 | 1093 | 295 | 110 | 25 | 0 |
| 11 | 50 | R | 200 | 150 | 329 | 369 | 85 | 25 | 0 |
| 12 | 55 | R | 200 | 150 | 326 | 151 | 72 | 12 | 45 |
| | | | max | | 3022 | 6271 | 110 | 25 | 45 |
| | | | min | | 326 | 151 | 66 | 12 | 0 |
| | | | průměr | | 1388 | 1698 | 90 | 24 | 4 |
| | | | smodch | | 834 | 1843 | 13 | 4 | 12 |



Posouzení vozovky a návrh zesílení

Soubor: C031

Název: Nekvinda 7.den

Číslo silnice: ÚK

Datum měření: 3.4.2018

Odběratel: SILMOS

Vozovka: KAPS-LE

Výpočtové parametry:

Návrhová úroveň porušení:

Návrhové období: 25 roků

Poissonovo

číslo: 0,3

Dopravní zatížení: 5 TNV

Roční růst dopravy: 0 %

Poloměr zatěžovací

Návrhová

desky: 150 mm

teplota: 20 °C

Dotykový

tlak: 0,707 MPa

Sezonní faktor: 1

| Číslo bodu | Staniční (m) | Jízdní pruh R-pravý L-levý | Tloušťky vrstev (mm) | | Moduly pružnosti (MPa) | | | Zbyteková životnost (roky) | Tloušťka zesílení (mm) | |
|------------|--------------|----------------------------------|----------------------|-----|------------------------|--------------|--------------|----------------------------|------------------------|----------|
| | | | H1 | H2 | E1 | E2 | Ep | | | |
| 1 | 0 | R | 200 | 150 | 4075 | 4594 | 124 | 25 | 0 | |
| 2 | 5 | R | 200 | 150 | 10732 | 12100 | 142 | 25 | 0 | |
| 3 | 10 | R | 200 | 150 | 10423 | 11752 | 141 | 25 | 0 | |
| 4 | 15 | R | 200 | 150 | 9023 | 10174 | 126 | 25 | 0 | |
| 5 | 20 | R | 200 | 150 | 6788 | 7653 | 102 | 25 | 0 | |
| 6 | 25 | R | 200 | 150 | 14083 | 577 | 106 | 25 | 0 | |
| 7 | 30 | R | 200 | 150 | 11315 | 805 | 121 | 25 | 0 | |
| 8 | 35 | R | 200 | 150 | 9873 | 15787 | 132 | 25 | 0 | |
| 9 | 40 | R | 200 | 150 | 4609 | 5197 | 155 | 25 | 0 | |
| 10 | 45 | R | 200 | 150 | 3801 | 4285 | 146 | 25 | 0 | |
| 11 | 50 | R | 200 | 150 | 6573 | 7490 | 133 | 25 | 0 | |
| 12 | 55 | R | 200 | 150 | 4383 | 5098 | 132 | 25 | 0 | |
| 13 | 60 | R | 200 | 150 | 5309 | 5985 | 157 | 25 | 0 | |
| 14 | 65 | R | 200 | 150 | 11048 | 12456 | 144 | 25 | 0 | |
| 15 | 70 | R | 200 | 150 | 12707 | 13297 | 132 | 25 | 0 | |
| | | | | | max | 14083 | 15787 | 157 | 25 | 0 |
| | | | | | min | 3801 | 577 | 102 | 25 | 0 |
| | | | | | průměr | 8316 | 7817 | 133 | 25 | 0 |
| | | | | | smodch | 3309 | 4447 | 15 | 0 | 0 |



Posouzení vozovky a návrh zesílení

Soubor: C052
Číslo silnice: ÚK

Název: Nekvinda 30.den
Datum měření: 3.4.2018
KAPS-

Odběratel: SILMOS

Vozovka: LE

Výpočtové parametry:

Návrhová úroveň porušení:

Návrhové období: 25 roků
Dopravní zatížení: 5 TNV
Poloměr zatěžovací desky: 150 mm
Dotykový tlak: 0,707 MPa

Poissonovo číslo: 0,3
Roční růst dopravy: 0 %
Návrhová teplota: 20 °C
Sezonní faktor: 1

| Číslo bodu | Staniční (m) | Jízdní pruh R-pravý L-levý | Tloušťky vrstev (mm) | | Moduly pružnosti (MPa) | | | Zbytková životnost (roky) | Tloušťka zesílení (mm) |
|------------|--------------|----------------------------------|----------------------|--------|------------------------|-------|-----|---------------------------|------------------------|
| | | | H1 | H2 | E1 | E2 | Ep | | |
| 1 | 0 | R | 200 | 150 | 7260 | 14353 | 112 | 25 | 0 |
| 2 | 5 | R | 200 | 150 | 11757 | 13139 | 145 | 25 | 0 |
| 3 | 10 | R | 200 | 150 | 14022 | 15670 | 144 | 25 | 0 |
| 4 | 15 | R | 200 | 150 | 10363 | 11581 | 123 | 25 | 0 |
| 5 | 20 | R | 200 | 150 | 8033 | 8978 | 117 | 25 | 0 |
| 6 | 25 | R | 200 | 150 | 4247 | 4747 | 112 | 25 | 0 |
| 7 | 30 | R | 200 | 150 | 12441 | 805 | 125 | 25 | 0 |
| 8 | 35 | R | 200 | 150 | 10940 | 14479 | 139 | 25 | 0 |
| 9 | 40 | R | 200 | 150 | 5469 | 6112 | 163 | 25 | 0 |
| 10 | 45 | R | 200 | 150 | 4519 | 5050 | 168 | 25 | 0 |
| 11 | 50 | R | 200 | 150 | 5241 | 5858 | 144 | 25 | 0 |
| 12 | 55 | R | 200 | 150 | 5721 | 7321 | 134 | 25 | 0 |
| 13 | 60 | R | 200 | 150 | 8735 | 9762 | 154 | 25 | 0 |
| 14 | 65 | R | 200 | 150 | 14394 | 16086 | 143 | 25 | 0 |
| 15 | 70 | R | 200 | 150 | 9992 | 11167 | 152 | 25 | 0 |
| | | | | max | 14394 | 16086 | 168 | 25 | 0 |
| | | | | min | 4247 | 805 | 112 | 25 | 0 |
| | | | | průměr | 8876 | 9674 | 138 | 25 | 0 |
| | | | | smodch | 3308 | 4454 | 17 | 0 | 0 |



Posouzení vozovky a návrh zesílení

| | | | |
|----------------|--------|---------------|----------------------|
| Soubor: | C124 | Název: | Nekvinda |
| Číslo silnice: | ÚK | Datum měření: | 180.den 3.10.2018 |
| Odběratel: | SILMOS | Vozovka: | KAPS- LE |

Výpočtové parametry:

Návrhová úroveň porušení:

| | | | |
|---------------------------|-----------|---------------------|-------|
| Návrhové období: | 25 roků | Poissonovo číslo: | 0,3 |
| Dopravní zatížení: | 5 TNV | Roční růst dopravy: | 0 % |
| Poloměr zatěžovací desky: | 150 mm | Návrhová teplota: | 20 °C |
| Dotykový tlak: | 0,707 MPa | Sezonní faktor: | 1 |

| Číslo bodu | Staniční (m) | Jízdní pruh R-pravý L-levý | Tloušťky vrstev (mm) | | Moduly pružnosti (MPa) | | | Zbytková životnost (roky) | Tloušťka zesílení (mm) |
|------------|--------------|----------------------------------|----------------------|--------|------------------------|-------|-----|---------------------------|------------------------|
| | | | H1 | H2 | E1 | E2 | Ep | | |
| 1 | 0 | R | 200 | 150 | 6914 | 8000 | 127 | 25 | 0 |
| 2 | 5 | R | 200 | 150 | 11942 | 13819 | 144 | 25 | 0 |
| 3 | 10 | R | 200 | 150 | 17014 | 19687 | 166 | 25 | 0 |
| 4 | 15 | R | 200 | 150 | 12282 | 14211 | 149 | 25 | 0 |
| 5 | 20 | R | 200 | 150 | 8964 | 10372 | 122 | 25 | 0 |
| 6 | 25 | R | 200 | 150 | 11371 | 6763 | 115 | 25 | 0 |
| 7 | 30 | R | 200 | 150 | 3902 | 4440 | 147 | 25 | 0 |
| 8 | 35 | R | 200 | 150 | 12440 | 14472 | 148 | 25 | 0 |
| 9 | 40 | R | 200 | 150 | 8845 | 10064 | 179 | 25 | 0 |
| 10 | 45 | R | 200 | 150 | 5998 | 6825 | 158 | 25 | 0 |
| 11 | 50 | R | 200 | 150 | 6021 | 6850 | 163 | 25 | 0 |
| 12 | 55 | R | 200 | 150 | 4264 | 4851 | 155 | 25 | 0 |
| 13 | 60 | R | 200 | 150 | 9858 | 11217 | 177 | 25 | 0 |
| 14 | 65 | R | 200 | 150 | 16293 | 18539 | 165 | 25 | 0 |
| 15 | 70 | R | 200 | 150 | 12479 | 14199 | 150 | 25 | 0 |
| | | | | max | 17014 | 19687 | 179 | 25 | 0 |
| | | | | min | 3902 | 4440 | 115 | 25 | 0 |
| | | | | průměr | 9906 | 10954 | 151 | 25 | 0 |
| | | | | smodch | 3877 | 4594 | 18 | 0 | 0 |

