

**Ministerstvo dopravy pôšt a telekomunikácií SR
Sekcia cestnej dopravy a pozemných komunikácií**

TP: 1/2009

TECHNICKÉ PODMIENKY

**MERANIE A HODNOTENIE ÚNOSNOSTI ASFALTOVÝCH
VOZOVIEK POMOCOU ZARIADENIA FWD KUAB**

účinnosť od: 1. 5. 2009

December 2008

OBSAH

1	ÚVODNÁ KAPITOLA	2
1.1	Predmet technických podmienok (TP)	2
1.2	Účel TP	2
1.3	Použitie TP	2
1.4	Vypracovanie TP	2
1.5	Distribúcia TP	2
1.6	Účinnosť TP	2
1.7	Nahradenie predchádzajúcich TP	2
1.8	Súvisiace a citované právne predpisy	2
1.9	Súvisiace a citované normy	2
1.10	Súvisiace a citované technické predpisy	3
2	VŠEOBECNE	3
2.1	Základné termíny a definície	3
2.2	Účel merania a hodnotenia únosnosti asfaltových vozoviek	4
2.3	Meracie zariadenia FWD KUAB	4
2.4	Podmienky merania	5
2.5	Príprava skúšky a postup skúšky na meranom bode	5
2.6	Skúšobný protokol	5
2.7	Vyhodnocovanie meraní	6
2.8	Vylúčenie chybných údajov	6
3	ORIENTAČNÉ HODNOTENIE ÚNOSNOSTI NA ÚROVNI CESTNEJ SIETE	6
4	HODNOTENIE SLUŽIACE AKO PODKLAD NA STANOVENIE HRÚBKY ZOSILNENIA A VYPRACOVANIE NÁSLEDNEJ PROJEKTOVEJ DOKUMENTÁCIE	7
5	HODNOTENIE NA TVORBU DEGRADAČNÝCH MODELOV	7
6	KONTROLA A KALIBRÁCIA ZARIADENIA	7

Príloha A (záväzná) Orientačné hodnotenie na úrovni cestnej siete

Príloha B (záväzná) Metodika výpočtu zvyškovej životnosti konštrukcie vozovky a návrhu hrúbky zosilnenia na základe priehybovej krivky

Príloha C (informatívna) Manuál pre prácu s programom CANUV

Príloha D (informatívna) Metodika merania a hodnotenia únosnosti asfaltovej vozovky iným typom deflektometra FWD

1 ÚVODNÁ KAPITOLA

1.1 Predmet technických podmienok

Tieto technické podmienky (TP) určujú zásady pri meraní a hodnotení únosnosti asfaltových vozoviek s nestmelenými alebo hydraulicky stmelenými podkladovými vrstvami. TP stanovujú technické parametre zariadení na meranie, podmienky merania a stanovenia meraných lokalít, postup prípravy a vykonávania skúšok na meranom bode. Taktiež definujú potrebné údaje v skúšobnom protokole a popisujú spôsob vyhodnotenia meraní.

Súčasťou TP je i metodika výpočtu zvyškovej životnosti konštrukcie vozovky a návrhu hrúbky zosilnenia na základe priehybovej krivky, užívateľský manuál programu CANUV na výpočet zvyškovej životnosti vozovky a hrúbky zosilnenia, metodika merania a hodnotenia únosnosti asfaltových vozoviek iným typom deflektometra FWD než FWD KUAB.

1.2 Účel TP

Účelom TP je stanoviť podmienky na meranie únosnosti asfaltových vozoviek deflektometrami typu FWD, určiť spôsob vyhodnotenia nameraných údajov a definovať kritéria na hodnotenie únosnosti.

1.3 Použitie TP

TP sú určené pracovníkom, ktorí vykonávajú činnosti týkajúce sa týchto TP. Sú to najmä pracovníci oddelenia hospodárenia s vozovkami, oddelenia údržby a opráv ciest, oddelenia kontroly kvality a príslušných pracovníkov IVSC. TP môžu využiť aj pracovníci Národnej diaľničnej spoločnosti a.s. (NDS a.s.) a vyšších územných celkov (VÚC).

1.4 Vypracovanie TP

Tieto TP sa spracovali ako revízia TP 02/2006 na základe objednávky SSC Bratislava. Spracovateľom technických podmienok je Žilinská univerzita v Žiline, Stavebná fakulta. Zodpovedným riešiteľom je doc. Dr. Ing. Jozef Komačka (tel. 041/5135900, e-mail: komačka@fstav.utc.sk).

1.5 Distribúcia TP

Elektronická verzia TP je zverejnená na internetovej stránke MDPT (www.telecom.gov.sk, dopravná infraštruktúra, technické predpisy) a na webovej stránke SSC Bratislava (www.ssc.sk, technické predpisy).

1.6 Účinnosť TP

TP nadobúdajú účinnosť odo dňa uvedeného na titulnej strane.

1.7 Nahradenie predchádzajúcich predpisov

Tento TP nahrádza v plnom rozsahu TP 02/2006 Meranie a hodnotenie únosnosti asfaltových vozoviek pomocou zariadenia FWD KUAB a prílohu A Orientačné hodnotenie únosnosti asfaltových vozoviek na úrovni cestnej siete, ktoré sú platné od apríla 2006.

1.8 Súvisiace a citované právne predpisy

[Z1] Zákon č.135/1961 Zb. o pozemných komunikáciách (cestný zákon) v znení neskorších predpisov .

1.9 Súvisiace a citované normy

STN 73 6100 Názvoslovie cestných komunikácií
STN 73 6104 Klasifikácia medzinárodných ciest

- STN 73 6105 Sčítanie dopravy na medzinárodných cestách
- STN 73 6114 Vozovky pozemných komunikácií. Základné ustanovenia pre navrhovanie
- STN 73 6121 Stavba vozoviek. Hutnené asfaltové vrstvy
- STN 73 6122 Stavba vozoviek. Liate asfalty
- STN 73 6124 Stavba vozoviek. Kamenivo stmelené hydraulickým spojivom
- STN 73 6125 Stavba vozoviek. Stabilizované podklady
- STN 73 6126 Stavba vozoviek. Nestmelené vrstvy
- STN 73 6127 Stavba vozoviek. Prelievane vrstvy
- STN 73 6128 Stavba vozoviek. Vtláčané vrstvy
- STN 73 6132 Hutný nestmelený podklad vozovky. Mechanicky spevnená zemina
- STN 73 6133 Stavba ciest. Teleso pozemných komunikácií
- STN 73 6170 Meranie dynamických charakteristík vozoviek metódou fázových rýchlostí
- STN 73 6190 Statická zaťažovacia skúška podložía a podkladných vrstiev vozoviek
- STN 73 6192 Rázová zaťažovacia skúška netuhých vozoviek a podloží
- STN EN 13108-1 Asfaltové zmesi. Požiadavky na materiály. Časť 1: Asfaltový betón (73 6163)
- STN EN 13108-2 Asfaltové zmesi. Požiadavky na materiály. Časť 2: Asfaltový koberec veľmi tenký (73 6163)
- STN EN 13108-4 Asfaltové zmesi. Požiadavky na materiály. Časť 4: Vtláčaná úprava (73 6163)
- STN EN 13108-5 Asfaltové zmesi. Požiadavky na materiály. Časť 5: Asfaltový koberec mastixový (73 6163)
- STN EN 13108-6 Asfaltové zmesi. Požiadavky na materiály. Časť 6: Liaty asfalt (73 6163)
- STN EN 13108-7 Asfaltové zmesi. Požiadavky na materiály. Časť 7: Asfaltový koberec drenážny (73 6163)

1.10 Súvisiace a citované technické predpisy a literatúra

- [T1] Metodika meraní premenných parametrov vozoviek pri opakovaných meraniach (správa úlohy ZoD č. 04-95-97, Stavebná fakulta STU Bratislava, 12/97);
- [T2] Systém ekonomického hodnotenia prevádzkovej spôsobilosti a výkonnosti cestných vozoviek. ŽU v Žiline, september 1998;
- [T3] Uživatelská príručka – Uzlový lokalizačný systém siete cestných komunikácií SR (SSC Bratislava - Cestná databanka, október 1998);
- [T4] TP 01/2004 Opravy a rekonštrukcie vozoviek. Zosilňovanie asfaltových vozoviek, MDPT: 2004
- [T5] TP 9A/2005 Prehliadky, údržba a opravy cestných komunikácií. Diaľnice, rýchlostné cesty a cesty, MDPT: 2005;
- [T6] TP 10/2006 Systém hospodárenia s vozovkami, MDPT: 2006;
- [T7] TP 5/2007 Katalóg technológií na opravy základných typov porúch vozoviek. Technické podmienky, MDPT: 2007;
- [T8] KLAZ 1/2008 Katalógové listy asfaltových zmesí, MDPT: 2007.

2 VŠEOBECNE

2.1 Základné termíny a definície

Termíny použité v TP sú uvedené v STN 73 6100, STN 73 6104, STN 73 6105, STN 73 6114, STN 73 6121, STN 73 6192 a TP 9A/2005. Na účely týchto TP sa dopĺňajú nasledovné definície:

systém hospodárenia s vozovkou (SHV) je proces sledujúci efektívne využívanie vozoviek cestnej siete v daných úsekoch, v určitých prevádzkových podmienkach, zahrňujúcich sústavne organizovanú údržbu, opravy a obnovu vozoviek, z hľadiska čo najhospodárnejšieho vynakladania finančných, materiálových a energetických prostriedkov

cestná databanka (CDB) je časť informačného systému o cestnej sieti obsahujúci údaje (dáta) premenných a nepremenných parametrov

uzlový lokalizačný systém (ULS) je lokalizačný systém určujúci jednoznačne polohu každého miesta a úseku na cestnej sieti pomocou uzlových bodov

priehybová krivka je spojnica hodnôt priehybov povrchu konštrukcie vozovky, ktoré sa namerali v bodoch s rôznou vzdialenosťou od osi zaťaženia, pričom body ležia na spoločnej priamke

deflektometer FWD je zariadenie na rázovú zaťažovaciu skúšku vozoviek generujúce zaťaženie pádom bremena na tlmiace podložky uložené na povrchu kruhovej zaťažovacej dosky, ktorá je v kontakte s podložími alebo vozovkou

2.2 Účel merania a hodnotenia únosnosti asfaltových vozoviek

Účelom merania a hodnotenia únosnosti asfaltových vozoviek pomocou zariadení FWD KUAB je najmä klasifikácia únosnosti vozoviek na úrovni cestnej siete, stanovenie prevádzkovej výkonnosti a zvyškovej doby životnosti vozoviek a návrh potrebnej hrúbky zosilnenia vozoviek. Meranie a hodnotenie sa používa na:

- meranie a hodnotenie vozoviek navrhnutých v pláne opráv ciest (úroveň projektu),
- meranie a hodnotenie vozoviek v rámci stanovenia degradačných funkcií premenných parametrov,
- meranie a hodnotenie na potreby plánovania na úrovni cestnej siete,
- meranie a hodnotenie na účely riešenia úloh vedecko-technického rozvoja, výskumných úloh a pod.

2.3 Meracie zariadenia FWD KUAB

Na účely diagnostiky je možné použiť deflektometre firmy KUAB s nasledovnými technickými parametrami:

KUAB 2m - 150

- rozsah zaťaženia 12 kN - 150 kN,
- čas nábehu zaťaženia 17 ms až 23 ms,
- trvanie zaťaženia 40 ms až 60 ms,
- segmentové zaťažovacie dosky s priemerom 300 mm a 450 mm,
- tuhá zaťažovacia doska priemeru 150 mm,
- gumové tlmiče 3+3 alebo 9+9 a 13 ks kovových závaží, umožňujúce štyri zaťažovacie spôsoby a vyvodzujúce zaťažovacie sily pre štyri výšky pádu závažia podľa tab.1.

Tabuľka č.1 Zaťažovacie spôsoby a veľkosti zaťažovacej sily

Gumové tlmiče	Počet závaží	Zaťažovacia sila pre štyri výšky pádu [kN]			
		1	2	3	4
3 + 3	0	16.0	22.0	44.0	60.0
3 + 3	3	18.0	26.0	50.0	71.0
3 + 3	7	22.0	32.0	60.0	88.0
9 + 9	13	38.0	53.0	106.0	150.0

- 7 snímačov priehybu s presnosťou 2% a rozlišovacou schopnosťou 1 mikrometer umiestnených vo vzdialenostiach 0, 300, 450, 600, 900, 1200 a 1500 mm od osi zaťažovacej dosky,
- teplomer na meranie teploty vzduchu,
- infračervený teplomer na meranie teploty povrchu vozovky,
- merač dĺžok.

KUAB 2m - 50

- rozsah zaťaženia 12 kN - 50 kN,
- čas nábehu zaťaženia 17 ms až 23 ms,

- trvanie zaťaženia 40 ms až 60 ms,
- segmentové zaťažovacie dosky s priemerom 300 mm,
- gumové tlmíče (2+2) a kovové závažia, umožňujúce štyri zaťažovacie sily (16 kN, 26 kN, 40 kN a 50 kN) pre štyri výšky pádu závažia.
- 7 snímačov priehybu s presnosťou 2% a rozlišovacou schopnosťou 1 mikrometer umiestnených vo vzdialenostiach 0, 300, 450, 600, 900, 1200 a 1500 mm od osi zaťažovacej dosky,
- teplomer na meranie teploty vzduchu,
- infračervený teplomer na meranie teploty povrchu vozovky,
- merač dĺžok.

2.4 Podmienky merania

Pri meraní únosnosti konštrukcií vozoviek je potrebné dodržiavať nasledovné podmienky:

- povrch meraného miesta musí zabezpečiť dostatočné dosadnutie dosky po celej jej ploche,
- teplota povrchu krytu asfaltových vozoviek musí byť v rozsahu 5°C až 30 °C,
- meranie sa musí vykonávať v pravej stope kolies nákladných vozidiel v smere ich jazdy,
- na meranie je nutné použiť segmentovú zaťažovaciu dosku s priemerom 300 mm,
- na meranie použiť zaťažovací spôsob umožňujúci dosiahnuť veľkosť použitej zaťažovacej sily 50 ± 5 kN (pre KUAB 2m – 150 to je kombinácia gumových tlmíčov v počte 3+3, troch kusov závažia a výškou pádu 3).

Hustota meracieho kroku závisí od účelu merania a je stanovená nasledovne:

- na potreby plánovania na úrovni cestnej siete je merací krok v jednom jazdnom pruhu 200 m, pričom merané miesta v jednotlivých jazdných pruhoch sú navzájom posunuté o 100 m,
- merania slúžiace ako podklad na stanovenie hrúbky zosilnenia úsekov s nevyhovujúcou únosnosťou vzhľadom na požiadavky nasledovného projektu opravy majú hustotu meracieho kroku v jednom jazdnom pruhu maximálne 40 m; merania v jednotlivých jazdných pruhoch sú v tomto prípade navzájom posunuté o 20 m,
- na stanovenie degradačných modelov je spôsob merania stanovený metodikou meraní - pozri 1.10 [T1].

2.5 Príprava skúšky a postup skúšky na meranom bode

Pred začatím merania sa na meranom úseku vykoná niekoľko skúšobných meraní, ktorými sa preverí funkčnosť zariadenia ako celku, vrátane meracieho záznamového zariadenia. Skúšobné merania sa uskutočnia mimo konkrétnych miest určených na vlastné meranie.

Samotné meranie si vyžaduje vykonať na každom meranom bode nasledovné úkony:

- nastaviť zariadenie na meraný bod,
- zatiahnuť ručnú brzdu ťažného vozidla,
- nastaviť spôsob merania (výška pádu závažia, počet meracích úderov),
- prostredníctvom počítača dať povel na meranie, ktoré obsahuje:
 - usadenie zariadenia a usadzovací úder dosky,
 - automatickú stabilizáciu snímačov,
 - vykonanie meracieho úderu (-ov),
 - uloženie zaznamenaných údajov do pamäte počítača,
 - samočinný zdvih zariadenia po ukončení merania,
- odbrzdzenie vozidla,
- presun zariadenia na ďalší meraný bod.

2.6 Skúšobný protokol

Skúšobný protokol je spracovaný pre súbor meraní, zahrňujúci celý meraný úsek. Musí obsahovať nasledovné údaje, ktoré sú predpísané meracím softvérom pre každý meraný súbor:

- identifikačné údaje meraného úseku - okres, triedu a číslo cesty, počiatkový a koncový uzlový bod v rámci uzlového lokalizačného systému,
- dátum merania,

- smer merania, meraný pruh,
- druh povrchu,
- typ použitého meracieho zariadenia,
- meno osoby, ktorá vykonala meranie,
- polomer zaťažovacej dosky,
- počet gumových tlmčov, závaží a výšku pádu,
- vzdialenosť snímačov od osi zaťaženia,
- namerané údaje pre každé merané miesto,
 - staničenie jednotlivých meracích bodov v rámci uzlového úseku,
 - poradové číslo výšky pádu závažia pri ktorom sa údaje zaznamenali,
 - veľkosť zaťažovacej sily a hodnoty priehybov pre každý zo 7-mich snímačov,
 - teplotu vzduchu a vozovky pre každý meraný bod,
 - čas, v ktorom sa meranie v rámci dňa vykonalo.

Okrem vyššie uvedených údajov je potrebné do protokolu uviesť všetky okolnosti, ktoré by mohli ovplyvniť namerané výsledky (počasie, poruchy vozovky,...).

Skúšobný protokol musí obsahovať tzv. povinné komentáre, ktoré nie sú predpísané meracím softvérom, ale sú dôležité pre potreby čitateľnosti a ďalšieho spracovania nameraných výstupov. Sú to komentáre popisujúce meraný smer, uzlový úsek a dĺžku merania.

2.7 Vyhodnocovanie meraní

Spôsob vyhodnocovania nameraných údajov závisí od účelu, na ktorý majú byť výsledky hodnotenia použité. Vyhodnotenie sa môže vykonať ako:

- 1) orientačné hodnotenie únosnosti na úrovni cestnej siete,
- 2) hodnotenie slúžiace ako podklad na stanovenie hrúbky zosilnenia a následné vypracovanie projektovej dokumentácie,
- 3) hodnotenie na tvorbu degradačných modelov.

2.8 Vylúčenie chybných údajov

Pri meraní na konkrétnom bode sa môžu vyskytnúť chyby systematické i náhodné. Systematické chyby spôsobené zariadením je potrebné odstrániť pri kalibrácii zariadenia (napr. chyba merača dĺžok, snímačov priehybu,...). Náhodné chyby vznikajúce pri meraní ovplyvňujú získané výsledky a následné vyhodnotenia a preto sa musia takéto merania ešte pred vyhodnotením vylúčiť.

Meranie na konkrétnom bode sa vylúči z vyhodnotenia, ak:

- 1) hodnota zaťažovacej sily nie je v rozsahu 45 kN až 55 kN,
- 2) priehybová krivka nemá klesajúcu tendenciu, to znamená, že pre namerané priehyby krivky neplatí $y_1 > y_2 > y_3 > y_4 > y_5 > y_6 > y_7$,
- 3) výsledky opakovaného merania na tom istom bode v rámci jedného merania sa pri jednotlivých pádoch závažia z rovnakej výšky odlišujú o viac ako 5%,
- 4) teplota vozovky pri meraní nie je v rozsahu 5 °C až 30 °C,
- 5) namerané hodnoty priehybu sú mimo rozsahu meracieho zariadenia.

3 ORIENTAČNÉ HODNOTENIE ÚNOSNOSTI NA ÚROVNI CESTNEJ SIETE

Pri spracúvaní získaných výsledkov na tomto stupni hodnotenia sa namerané priehyby opravujú najskôr vzhľadom na veľkosť zaťažovacej sily alebo tlaku a potom vzhľadom na teplotu vozovky. Následne sa vypočíta ekvivalentný modul pružnosti, prípadne indexy umožňujúce hodnotiť stav asfaltových vrstiev, podkladu a podložia. Podľa číselných hodnôt týchto parametrov sa určia kvalitatívne kategórie z hľadiska únosnosti vozovky v každom diagnostikovanom bode (priradia sa klasifikačné stupne). Na záver sa na základe klasifikačných stupňov vytvorí homogénne sekcie. Postup pri orientačnom hodnotení je uvedený v záväznej prílohe A.

4 HODNOTENIE SLUŽIACE AKO PODKLAD NA STANOVENIE HRÚBKY ZOSILNENIA A VYPRACOVANIE NÁSLEDNEJ PROJEKTOVEJ DOKUMENTÁCIE

V rámci tohto hodnotenia sa vopred nevykonávajú korekcie nameraných hodnôt priehybov na teplotu a veľkosť zaťažovacieho tlaku. Vyhodnocovanie nameraných údajov, výpočet zvyškovej životnosti a návrh hrúbky zosilnenia pre požadované obdobie prevádzkovej výkonnosti sa vykonáva pre konkrétne namerané hodnoty zaťažovacieho tlaku a teploty asfaltovej vozovky pomocou programového vybavenia CANUV, s následným vytváraním homogénnych sekcií podľa vypočítanej hrúbky zosilnenia. Metodika hodnotenia týmto spôsobom je uvedená v záväznej prílohe **B**, užívateľský manuál k programu CANUV je v informatívnej prílohe **C**.

Hrúbky zosilnenia v jednotlivých homogénnych sekciách sú podkladom pre projektanta, ktorý stanoví konkrétnu technológiu opravy, prípadne hrúbku zosilnenia na základe ďalších doplňujúcich údajov o stave komunikácie (napr. stav odvodňovacích zariadení, povrchu vozovky a pod.).

5 HODNOTENIE NA TVORBU DEGRADAČNÝCH MODELOV

Hodnotenie na tieto účely sa vykoná podľa metodiky meraní premenných parametrov vozoviek na opakované merania pozri 1.10 - [T1].

6 KONTROLA A KALIBRÁCIA ZARIADENIA

Pri kontrole a kalibrácii sa musia dodržiavať ustanovenia predpísané výrobcom zariadenia, týkajúce sa dennej, týždennej, mesačnej, ročnej a trojročnej kontroly zariadenia a kalibrácie u prevádzkovateľa alebo výrobcu zariadenia.

PRÍLOHA A (záväzná)

ORIENTAČNÉ HODNOTENIE ÚNOSNOSTI ASFALTOVÝCH VOZOVIEK NA ÚROVNI CESTNEJ SIETE

A.1 Prepočet priehybu na veľkosť porovnávej sily

Pri meraniach priehybov na jednotlivých bodoch má byť hodnota zaťažovacej sily podľa článku 1.4 týchto TP cca 50 kN. Táto sila je však premenlivá, aj keď závažie padá z rovnakej výšky. Preto je potrebné namerané priehyby prepočítať na porovnávaciu silu 50 kN, ktorá navyše zodpovedá normovému zaťaženiu dvojkolesa návrhovej nápravy. Prepočet sa vykonáva podľa vzťahu:

$$y_{R(50)} = y_{R,m} \cdot \frac{P_N}{P_m}, \quad (\text{A.1})$$

kde: $y_{R(50)}$ - priehyb vo vzdialenosti R od osi zaťaženia prepočítaný na porovnávaciu silu 50 kN (mm),
 $y_{R,m}$ - priehyb nameraný pri skutočnom zaťažení silou P_m vo vzdialenosti R od osi zaťaženia (mm),
 P_N - porovnávací zaťažovací sila $P_N = 50$ kN,
 P_m - zaťažovací sila pri meraní (kN).

Prepočet podľa vzťahu (A.1) platí, ak je zaťažovací sila P_m v rozsahu 45 kN až 55 kN.

Vzdialenosti R zodpovedajú polohy snímačov priehybu vzhľadom na os zaťaženia a majú hodnoty 0 mm (y_0), 300 mm (y_{300}), 450 mm (y_{450}), 600 mm (y_{600}), 900 mm (y_{900}), 1200 mm (y_{1200}) a 1500 mm (y_{1500}).

A.2 Prepočet na porovnávaciu teplotu

Priehyby namerané na povrchu asfaltových vozoviek je potrebné opraviť vzhľadom na teplotu pri meraní, pretože tá ovplyvňuje tuhosť asfaltových vrstiev a tým i veľkosť priehybu. Vstupnou hodnotou na opravu je teplota uvedená vo výstupnom súbore zariadenia KUAB v stĺpci Voz . Ide o teplotu nameranú počas diagnostiky na povrchu vozovky.

V prvom kroku sa stanoví priemerná teplota asfaltových vrstiev T_{asf} zo vzťahu:

$$T_{asf} = T_p + \Delta T, \quad (\text{A.2})$$

kde: T_p - teplota povrchu vozovky pri meraní priehybu uvedená vo výstupnom súbore zariadenia KUAB v stĺpci Voz ($^{\circ}\text{C}$),
 ΔT - teplotný rozdiel medzi teplotou povrchu vozovky a priemernou teplotou asfaltových vrstiev podľa tab. A.1 ($^{\circ}\text{C}$).

Tabuľka A.1 Teplotný rozdiel medzi teplotou povrchu vozovky a priemernou teplotou asfaltových vrstiev

Hodina merania v rámci dňa	Teplota povrchu vozovky (Tp) v °C					
	0 < Tp ≤ 5	5 < Tp ≤ 10	10 < Tp ≤ 15	15 < Tp ≤ 20	20 < Tp ≤ 25	25 < Tp ≤ 30
0:00 - 1:00						
1:00 - 2:00						
2:00 - 3:00						
3:00 - 4:00	+ 2					
4:00 - 5:00		+ 3				
5:00 - 6:00						+ 4
6:00 - 7:00						
7:00 - 8:00						
8:00 - 9:00						
9:00 - 10:00		+ 1				
10:00 - 11:00				0		
11:00 - 12:00						- 1
12:00 - 13:00						
13:00 - 14:00			- 1			
14:00 - 15:00	0				- 2	- 3
15:00 - 16:00						
16:00 - 17:00						
17:00 - 18:00			0			- 1
18:00 - 19:00						
19:00 - 20:00						
20:00 - 21:00		+ 1			+ 2	
21:00 - 22:00						
22:00 - 23:00		+ 2			+ 3	
23:00 - 0:00						

Prepočet na porovnávaciu teplotu 20 °C sa vykoná podľa vzťahu:

$$y_{R(50,T20)} = y_{R(50,Tp)} + k_{T(R)} \cdot (20 - T_{asf}), \quad (A.3)$$

- kde: $y_{R(50, T20)}$ - priehyb vo vzdialenosti R od osi zaťaženia prepočítaný na porovnávaciu silu 50 kN a porovnávaciu teplotu 20°C (mm),
 $y_{R(50, Tp)}$ - priehyb vo vzdialenosti R od osi zaťaženia nameraný pri teplote povrchu vozovky T_p a prepočítaný na porovnávaciu silu 50 kN (mm),
 T_{asf} - priemerná teplota asfaltových vrstiev vypočítaná zo vzťahu (A.2) (° C),
 $k_{T(R)}$ - opravný súčiniteľ na teplotu pre snímač vo vzdialenosti R , ktorý má hodnotu podľa tabuľky A.2.

Tabuľka A.2 Hodnoty opravných súčiniteľov na teplotu

Druh vozovky	Vzdialenosť snímača od osi zaťaženia /mm/						
	0	300	450	600	900	1200	1500
	$k_T(0)$	$k_T(300)$	$k_T(450)$	$k_T(600)$	$k_T(900)$	$k_T(1200)$	$k_T(1500)$
Netuhá	0,0027	0,0012	0,0006	0,0003	0	0	0
Polotuhá	0,0017	0,0006	0,0003	0,0002	0	0	0

A.3 Hodnotenie na základe ekvivalentného modulu pružnosti

Hodnotenie na základe ekvivalentného modulu pružnosti vychádza z najväčšej (maximálnej) amplitúdy časového priebehu priehybu na povrchu vozovky v strede zaťažovacej dosky y_0 . Ekvivalentný modul pružnosti E_{ekv} , sa vypočíta zo všeobecného vzťahu:

$$E_{ekv} = 2 \cdot (1 - \mu^2) \cdot \frac{\sigma \cdot a}{y_{0(50, T 20)}}, \quad (\text{A.4})$$

kde: E_{ekv} - ekvivalentný modul pružnosti vozovky [MPa],
 $y_{0(50, T 20)}$ - priehyb v strede zaťažovacej dosky prepočítaný na porovnávaciu silu 50 kN a porovnávaciu teplotu 20°C [m],
 σ - kontaktné napätie [MPa],
 a - polomer zaťažovacej dosky [m],
 μ - Poissonovo číslo.

Po dosadení hodnoty $\mu = 0,35$ a hodnoty kontaktného napätia $\sigma = 0,707$ MPa, zodpovedajúcej veľkosti zaťažovacej sily 50 kN a polomeru zaťažovacej dosky $a = 0,15$ m dostaneme vzťah:

$$E_{ekv} = \frac{0,1861}{y_{0(50, T 20)}} \quad (\text{A.5})$$

Na základe vypočítanej hodnoty E_{ekv} sa pridelí klasifikačný stupeň únosnosti vozovky. Kritéria na pridelovanie klasifikačných stupňov pre netuhé vozovky sú v tab. A.3 a na kritériá na pridelovanie klasifikačných stupňov pre polotuhé vozovky (vozovky, v ktorých je spodná podkladová vrstva stmelená hydraulickým spojivom) sú v tab. A.4.

A.4 Hodnotenie na základe indexov

Pre tento účel sa z nameraných priehybov vypočítajú tieto indexy:

Povrchový index krivosti

$$SCI = y_{0(50, T 20)} - y_{300(50, T 20)} \quad (\text{A.6})$$

Podkladový index krivosti

$$BCI = y_{450(50, T 20)} - y_{1200(50, T 20)}, \quad (\text{A.7})$$

kde: $y_{0(50, T 20)}$ - priehyb v strede zaťažovacej dosky prepočítaný na porovnávaciu silu 50 kN a porovnávaciu teplotu 20°C [mm],
 $y_{300(50, T 20)}$ - priehyb vo vzdialenosti 300 mm od stredu zaťažovacej dosky prepočítaný na porovnávaciu silu 50 kN a porovnávaciu teplotu 20°C [mm],
 $y_{450(50, T 20)}$ - priehyb vo vzdialenosti 450 mm od stredu zaťažovacej dosky prepočítaný na porovnávaciu silu 50 kN a porovnávaciu teplotu 20°C [mm],
 $y_{1200(50, T 20)}$ - priehyb vo vzdialenosti 1200 mm od stredu zaťažovacej dosky prepočítaný na porovnávaciu silu 50 kN a porovnávaciu teplotu 20°C [mm].

Na základe priehybu nameraného vo vzdialenosti 1500 mm od osi zaťaženia a hodnôt vypočítaných indexov sa podľa tabuľky A.5 pridelia klasifikačné stupne únosnosti vozovky pre netuhé vozovky a podľa tabuľky A.6 sa pridelia klasifikačné stupne únosnosti vozovky pre polotuhé vozovky.

A.5 Vytváranie homogénnych sekcií

Na vytváranie homogénnych sekcií sa pri oboch spôsoboch hodnotenia (na základe ekvivalentného modulu pružnosti aj na základe indexov) využívajú pridelené klasifikačné stupne.

Homogenizácia sa vytvára v dvoch úrovniach. V prvej úrovni sa pri oboch spôsoboch hodnotenia spájajú do homogénnych sekcií body, ktoré nasledujú za sebou a majú rovnaký klasifikačný stupeň.

Homogenizácia v druhej úrovni je pre jednotlivé spôsoby hodnotenia odlišná. Pri hodnotení na základe ekvivalentného modulu pružnosti sa do jedného homogénneho úseku spájajú za sebou nasledujúce sekcie s klasifikačnými stupňami 1 až 4 a sekcie s klasifikačným stupňom 5 zostávajú samostatne. Pri hodnotení na základe indexov sa do jedného homogénneho úseku spájajú za sebou nasledujúce sekcie s klasifikačnými stupňami 1 až 3 a za sebou nasledujúce sekcie s klasifikačným stupňom 4 alebo 5.

Tabuľka A.3. Klasifikačné stupne pre netuhé asfaltové vozovky

Trieda dopravného zaťaženia I. a II. (STN 73 6114)		
Celoročný priemer počtu prejazdov ťažkých nákladných vozidiel v oboch smeroch za 24 hodín TNV > 1501		
Klasifikačný stupeň	Modul pružnosti E_{ekv} [MPa]	Charakteristika únosnosti
1	>900	výborná
2	801 – 900	veľmi dobrá
3	701 – 800	dobrá
4	650 – 700	dostatočná
5	<650	nevyhovujúca
Trieda dopravného zaťaženia III.		
Celoročný priemer počtu prejazdov ťažkých nákladných vozidiel v oboch smeroch za 24 hodín TNV 1001 – 1500		
Klasifikačný stupeň	Modul pružnosti E_{ekv} [MPa]	Charakteristika únosnosti
1	>800	výborná
2	701 – 800	veľmi dobrá
3	601 – 700	dobrá
4	550 – 600	dostatočná
5	<550	nevyhovujúca
Trieda dopravného zaťaženia III.		
Celoročný priemer počtu prejazdov ťažkých nákladných vozidiel v oboch smeroch za 24 hodín TNV 501 – 1000		
Klasifikačný stupeň	Modul pružnosti E_{ekv} [MPa]	Charakteristika únosnosti
1	>650	výborná
2	571 – 650	veľmi dobrá
3	501 – 570	dobrá
4	450 – 500	dostatočná
5	<450	nevyhovujúca
Trieda dopravného zaťaženia IV. – VI.		
Celoročný priemer počtu prejazdov ťažkých nákladných vozidiel v oboch smeroch za 24 hodín TNV ≤ 500		
Klasifikačný stupeň	Modul pružnosti E_{ekv} [MPa]	Charakteristika únosnosti
1	>600	výborná
2	521 – 600	veľmi dobrá
3	451 – 520	dobrá
4	400 – 450	dostatočná
5	<400	nevyhovujúca

Tabuľka A.4. Klasifikačné stupne pre polotuhé asfaltové vozovky

Trieda dopravného zaťaženia I. a II. (STN 73 6114)		
Celoročný priemer počtu prejazdov ťažkých nákladných vozidiel v oboch smeroch za 24 hodín TNV > 1501		
Klasifikačný stupeň	Modul pružnosti E_{ekv} [MPa]	Charakteristika únosnosti
1	>1100	výborná
2	951 – 1100	veľmi dobrá
3	851 – 950	dobrá
4	800 – 850	dostatočná
5	<800	nevyhovujúca
Trieda dopravného zaťaženia III.		
Celoročný priemer počtu prejazdov ťažkých nákladných vozidiel v oboch smeroch za 24 hodín TNV 1001 – 1500		
Klasifikačný stupeň	Modul pružnosti E_{ekv} [MPa]	Charakteristika únosnosti
1	>950	výborná
2	851 – 950	veľmi dobrá
3	751 – 850	dobrá
4	700 – 750	dostatočná
5	<700	nevyhovujúca
Trieda dopravného zaťaženia III.		
Celoročný priemer počtu prejazdov ťažkých nákladných vozidiel v oboch smeroch za 24 hodín TNV 501 – 1000		
Klasifikačný stupeň	Modul pružnosti E_{ekv} [MPa]	Charakteristika únosnosti
1	>800	výborná
2	721 – 800	veľmi dobrá
3	651 – 720	dobrá
4	600 – 650	dostatočná
5	<600	nevyhovujúca
Trieda dopravného zaťaženia IV. – VI.		
Celoročný priemer počtu prejazdov ťažkých nákladných vozidiel v oboch smeroch za 24 hodín TNV ≤ 500		
Klasifikačný stupeň	Modul pružnosti E_{ekv} [MPa]	Charakteristika únosnosti
1	>750	výborná
2	671 – 750	veľmi dobrá
3	601 – 670	dobrá
4	550 – 600	dostatočná
5	<550	nevyhovujúca

Tabuľka A.5 Klasifikácia únosnosti na základe indexov pre netuhé asfaltové vozovky

$Y_{1500} (50, T20)$ [mm]	BCI [mm]	SCI [mm]	Klasifikačný stupeň	Poznámka
< 0,110	< 0,200	< 0,100	1	Vozovka aj podložie únosné
		$\geq 0,100$	2	Nevyhovujúce asfaltové vrstvy
	$\geq 0,200$	< 0,100	2	Nevyhovujúce podkladové vrstvy
		$\geq 0,100$	3	Vozovka neúnosná, podložie únosné
$\geq 0,110$	< 0,300	< 0,100	3	Vozovka únosná, podložie neúnosné
		$\geq 0,100$	4	Neúnosné asfaltové vrstvy a podložie
	$\geq 0,300$	< 0,100	4	Neúnosné podkladové vrstvy a podložie
		$\geq 0,100$	5	Vozovka aj podložie neúnosné

*$Y_{1500} (50, T20)$ - priehyb nameraný vo vzdialenosti 1500 mm od stredu zaťažovacej dosky,
prepočítaný na porovnávaciu silu 50 kN a porovnávaciu teplotu 20°C [mm].*

Tabuľka A.6 Klasifikácia únosnosti na základe indexov pre polotuhé asfaltové vozovky

$Y_{1500} (50, T20)$ [mm]	BCI [mm]	SCI [mm]	Klasifikačný stupeň	Poznámka
< 0,110	< 0,150	< 0,080	1	Vozovka aj podložie únosné
		$\geq 0,080$	2	Nevyhovujúce asfaltové vrstvy
	$\geq 0,150$	< 0,080	2	Nevyhovujúce podkladové vrstvy
		$\geq 0,080$	3	Vozovka neúnosná, podložie únosné
$\geq 0,110$	< 0,200	< 0,080	3	Vozovka únosná, podložie neúnosné
		$\geq 0,080$	4	Neúnosné asfaltové vrstvy a podložie
	$\geq 0,200$	< 0,080	4	Neúnosné podkladové vrstvy a podložie
		$\geq 0,080$	5	Vozovka aj podložie neúnosné

*$Y_{1500} (50, T20)$ - priehyb nameraný vo vzdialenosti 1500 mm od stredu zaťažovacej dosky,
prepočítaný na porovnávaciu silu 50 kN a porovnávaciu teplotu 20°C [mm].*

PRÍLOHA B (záväzná)

METODIKA VÝPOČTU ZVYŠKOVEJ ŽIVOTNOSTI KONŠTRUKCIE VOZOVKY A NÁVRHU HRÚBKY ZOSILNENIA NA ZÁKLADE PRIEHYBOVEJ KRIVKY

B.1 Spätný výpočet modulov pružnosti

Princípom výpočtu je postupné približovanie vypočítanej priehybovej krivky ku nameranej krivke. Vypočítanú krivku tvoria priehyby povrchu 3-vrstvového systému vytvoreného zo zadanej konštrukcie vozovky (kryt, podklad, podložie), vypočítané na základe riešenia viacvrstvového lineárne pružného polpriestoru programom OPMEKO. Približovanie oboch kriviek prebieha po krokoch, využívajúcich výsledky sledovania vplyvu zmeny hodnôt modulov pružnosti jednotlivých vrstiev konštrukcie vozovky na tvar priehybovej krivky.

Maximálny počet iterácií je 100. V prípade, že ani do tohto počtu nie sú splnené kritéria povoleného rozdielu medzi nameranou a vypočítanou priehybovou krivkou, výpočet sa predčasne ukončí a pre daný bod sa nevypočítajú hodnoty modulov pružnosti a následne ani zvyšková životnosť a hrúbka zosilnenia. Kritéria povoleného rozdielu, ktoré boli pre výpočet zvolené, sú vyjadrené koeficientmi α , β , γ a predstavujú percentuálny rozdiel medzi nameranými a vypočítanými hodnotami. Hodnota α je rozdiel na snímači vo vzdialenosti 1500 mm od stredu zaťaženia, hodnota β je rozdiel v strede zaťaženia a taktiež rozdiel sklonov zo snímačov v strede zaťaženia a vo vzdialenosti 300 mm a hodnota γ je rozdiel na snímači vo vzdialenosti 900 mm od stredu zaťaženia. Na základe sledovania vplyvu zvolenej presnosti na počet iterácií a presnosť výpočtu sa stanovili ich základné hodnoty na $\alpha = 2.0$, $\beta = 1.0$, $\gamma = 4.0$. Pri vytváraní vstupných súborov pre výpočet je možné tieto kritéria povoleného rozdielu zväčšiť až na 6-násobok.

Moduly pružnosti určené spätným výpočtom sa vzťahujú na teplotu vozovky, pri ktorej sa meranie vykonalo. Táto teplota sa v jednotlivých meraných bodoch mení a preto sa hodnota modulu pružnosti asfaltových vrstiev prepočítava na vzťažnú teplotu +11°C. Prepočet sa vykonáva podľa rovnice odvodenéj z grafu závislosti modulov pružnosti asfaltových zmesí na teplote.

B.2 Výpočet zvyškovej životnosti

Metodika výpočtu zvyškovej životnosti vozoviek využíva návrhovú metódu pre dimenzovanie vozoviek, pri zachovaní 3-vrstvového systému vytvoreného pri spätnom výpočte modulov pružnosti z nameranej priehybovej krivky. Do výpočtu sú prevzaté moduly pružnosti podložia a podkladu určené spätným výpočtom, Poissonovo číslo a hrúbka asfaltovej a podkladovej vrstvy, pre ktoré boli vypočítané. Vypočítaná hodnota modulu pružnosti asfaltovej vrstvy je upravená vzhľadom na teplotu, pri ktorej bolo uskutočnené meranie priehybov. Tým vzniká sústava so všetkými parametrami potrebnými pre výpočet radiálnych napätí na spodnej hrane oboch vrstiev a vertikálnych napätí na podloží.

Pri výpočte zvyškovej životnosti sú uvažované dve kritériá:

- 1) kritérium vzniku trhlín,
- 2) kritérium únosnosti podložia.

B.2.1 Kritérium vzniku trhlín

Toto kritérium je splnené, ak radiálne napätie na spodnej hrane vrstvy je menšie ako dovolené namáhanie materiálov týchto vrstiev. Podmienku možno vyjadriť nerovnosťou:

$$\sum_{i=1}^n Q_i \cdot \frac{\sigma_{r,i}}{S_N \cdot R_{i,i}} \leq 1 \quad (\text{B.1})$$

kde je: $\sigma_{r,i}$ - radiálne napätie na spodnom okraji posudzovanej vrstvy, ktoré vznikne v i -tom období pri zaťažení návrhovou nápravou [MPa],

$R_{i,i}$ - výpočtová hodnota pevnosti materiálu posudzovanej vrstvy v ťahu za ohybu pre príslušné i -te podmienky [MPa],

S_N - súčiniteľ únavy materiálu,

Q_i - pomerné trvanie i -tych podmienok namáhania.

Pomerné trvanie podmienok namáhania zohľadňuje zmenu deformačných a pevnostných materiálov stmelených asfaltom v závislosti od teploty. Pre zjednodušenie výpočtov sa uvažujú iba stredné ročné klimatické podmienky a nerovnosť (B.1) sa upravila na vzťah:

$$S_v = \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{r,i}}{S_N \cdot R_{i,i}} \quad (\text{B.2})$$

kde je: S_v - súčiniteľ využitia posudzovanej vrstvy

Vo vzťahoch (B.1) a (B.2) je súčiniteľ únavy materiálu, ktorý je pre väčšinu asfaltom stmelených materiálov definovaný vzťahom:

$$S_{N,bit} = 0,95 - 0,12 \cdot \log N \quad (\text{B.3})$$

a pre cementom stmelené materiály vzťahom:

$$S_{N,podkl} = 1 - 0,07 \cdot \log N \quad (\text{B.4})$$

kde je: N - počet opakovaných zaťažení návrhovou nápravou.

Ak sa pripustí v danom 3-vrstvovom systéme dosiahnutie medzného stavu vzniku trhlin a dosadia sa za S_N vzťahy (B.3) a (B.4) vzniká pre posúdenie asfaltovej vrstvy vzťah:

$$1 = \frac{\sigma_{r,bit}}{(0,95 - 0,12 \cdot \log N) \cdot R_{i,bit}} \quad (B.5)$$

kde je: $\sigma_{r,bit}$ - radiálne napätie v ťahu za ohybu na spodnom okraji asfaltovej vrstvy 3-vrstvového systému pri stredných ročných klimatických podmienkach [MPa],

$R_{i,bit}$ - výpočtová hodnota pevnosti materiálu asfaltovej vrstvy pri stredných ročných klimatických podmienkach [MPa],

a pre vrstvu z cementom stmelených materiálov vzťah:

$$1 = \frac{\sigma_{r,podkl}}{(1 - 0,07 \cdot \log N) \cdot R_{i,podkl}} \quad (B.6)$$

kde je: $\sigma_{r,podkl}$ - radiálne napätie vzťahu za ohybu na spodnom okraji podkladovej vrstvy 3- vrstvového systému [MPa],

$R_{i,podkl}$ - výpočtová hodnota pevnosti materiálu podkladovej vrstvy [MPa],

Úpravou vznikajú vzťahy:

$$\log N = \frac{0,95 \cdot R_{i,bit} - \sigma_{r,bit}}{0,12 \cdot R_{i,bit}} \quad (B.7)$$

$$\log N = \frac{R_{i,podkl} - \sigma_{r,podkl}}{0,07 \cdot R_{i,podkl}} \quad (B.8)$$

Pomocou týchto vzťahov sa môže vypočítať počet návrhových náprav, ktoré je schopná preniesť do konca životnosti asfaltová vrstva (vzťah B.7), alebo podkladová vrstva stmelená hydraulickým spojivom (vzťah B.8). Pre nestmelené podkladové vrstvy sa nemôže táto hodnota vypočítať vzhľadom k tomu, že nie sú schopné prenášať ohybové napätia.

B.2.2 Kritérium únosnosti podložia

Kritérium je splnené, ak zvislé napätie na povrchu podložia je menšie ako medzné napätie, čiže:

$$S_{v,p} = \frac{\sigma_z}{\sigma_{z,m}} \leq 1 \quad (B.9)$$

kde je: $S_{v,p}$ - súčiniteľ využitia podložia.

Medzná hodnota napätia sa vypočíta zo vzťahu:

$$\sigma_{z,m} = \frac{0,00346 \cdot E_p}{1 + 0,7 \cdot \log N} \quad (\text{B.10})$$

kde je: $\sigma_{z,m}$ - medzné napätie na podloží [MPa],

E_p - modul pružnosti podložia určený spätným výpočtom v 3-vrstvovom systéme [MPa].

Pre $S_{v,p} = 1$ je možné $\sigma_{z,m}$ nahradiť σ_z vypočítaným v 3-vrstvovom systéme a po úpravách vzniká vzťah

$$\log N = \frac{0,00346 \times E_p - \sigma_z}{0,7 \times \sigma_z}, \quad (\text{B.11})$$

pomocou ktorého sa môže vypočítať počet opakovaných prejazdov návrhovej nápravy, ktoré je schopné preniesť podložie.

Najmenšia hodnota N vypočítaná pre asfaltovú, podkladovú vrstvu a pre podložie určuje *kritickú vrstvu*, pre ktorú sa vypočíta zvyšková prevádzková výkonnosť v jednotlivých rokoch zo vzťahu:

$$N_{czvys} = N - \sum_{i=1}^k N_n \cdot \delta_i \quad (\text{B.12})$$

kde je: N_{czvys} - zvyšková prevádzková výkonnosť v i -tom roku (návrhové nápravy),

N_n - ročný počet návrhových náprav v danom úseku v roku sčítania dopravy,

N - počet návrhových náprav, ktorý je schopná preniesť *kritická vrstva* do konca životnosti,

δ_i - výhľadový koeficient rastu dopravy.

Pre prvú hodnotu N_{czvys} menšiu ako nula je hodnota zvyškovej životnosti

$ZZ = i - 1$ rokov.

Hodnota N_n sa vypočíta zo vzťahu pre výpočet dopravného zaťaženia:

$$N_n = 0,75 \cdot C1 \cdot C2 \cdot C3 \cdot TNV \cdot 365, \quad (B.13)$$

z ktorého po dosadení príslušných koeficientov vzniká vzťah:

$$N_n = 65,29 \cdot TNV, \quad (B.14)$$

kde je: TNV- počet ťažkých nákladných vozidiel v danom úseku v oboch smeroch,

C1 - súčiniteľ prepočtu intenzity dopravy na jeden smer $C1 = 0,5$,

C2 - súčiniteľ pravdepodobnosti opakovania zaťaženia v jednej stope $C2 = 0,9$,

C3 - súčiniteľ vyťaženia vozidiel $C3 = 0,53$.

V prípade, že zvyšková životnosť kritickej vrstvy je menšia ako požadovaná zvyšková životnosť (zadávaná pri tvorbe vstupných súborov pre výpočet), vypočítava sa potrebná hrúbka zosilnenia.

B.3 Výpočet hrúbky zosilnenia

V návaznosti na výpočet zvyškovej prevádzkovej výkonnosti, metodika výpočtu potrebnej hrúbky zosilnenia taktiež využíva dimenzačnú metódu pre návrh konštrukcií cestných vozoviek.

Pridaním zosilňovacej vrstvy vzniká 4-vrstvový systém, ktorý sa posudzuje podobne ako 3-vrstvový, to znamená podľa kritéria vzniku trhlín a podľa kritéria únosnosti podložja.

B.3.1 Kritérium vzniku trhlín

Pri posudzovaní sa uvažujú iba stredné ročné klimatické podmienky, preto sa pri kritériu vzniku trhlín vychádza zo vzťahu (B.1) a (B.2).

Hrúbka zosilnenia by mala byť navrhnutá tak, aby sa súčiniteľ využitia asfaltových vrstiev pohyboval v rozmedzí $S_v = 0,83 - 0,77$ a súčiniteľ využitia cementom stmelených podkladových vrstiev v rozmedzí $S_v = 0,92 - 0,95$. Berúc do úvahy ekonomické hľadisko, pri tvorbe programu sa použil súčiniteľ využitia asfaltových vrstiev $S_v = 0,85 - 0,95$.

B.3.2 Kritérium únosnosti podložja

V kritériu únosnosti podložja je hrúbka zosilnenia dostatočná, ak je v 4-vrstvovom systéme splnená nerovnosť (B.9). Medzná hodnota napätia na podloží v 4-vrstvovom systéme sa počíta zo vzťahu (B.10).

Navrhnutá hrúbka zosilnenia zodpovedá dopravnému zaťaženiu, ktoré bude v predmetnom úseku v takom počte nasledujúcich rokov od roku merania, aká je požadovaná zvyšková životnosť vozovky, zadávaná pri tvorbe vstupných súborov pre výpočet. Ako zosilňovacia vrstva sa uvažuje vrstva asfaltového betónu, s klasickým (nemodifikovaným) spojivom kvalitatívnej triedy I v zmysle STN 73 6121.

B.3.3 Výpočet hrúbky zosilnenia pre roky nasledujúce po roku merania priehybu

Na tento účel sa v programe CANUV používa rovnaká metodika ako pri výpočte hrúbky zosilnenia v roku merania priehybu s tým rozdielom, že pre nasledujúce roky sa predpokladá zníženie hodnôt pevnostných a deformačných charakteristík stmelených vrstiev vozovky z dôvodu únavy materiálu. Preto sú v prvom kroku znižované hodnoty modulov pružnosti krytu (asfaltových vrstiev), stanovené spätným výpočtom v 3-vrstvovom systéme a prepočítané na 11⁰C. Taktiež sa znižujú v týchto vrstvách hodnoty pevností v ťahu za ohybu. V prípade, že sa v konštrukcii vozovky nachádza vrstva stmelená hydraulickým spojivom, opravujú sa aj v tejto vrstve hodnoty modulu pružnosti a pevnosti v ťahu za ohybu.

Nové, znížené hodnoty modulov pružnosti a pevnosti v ťahu za ohybu pre nasledujúci rok sa vypočítajú z hodnôt predchádzajúceho roku zo vzťahu:

$$E_{krytu, podkladu} = E_{krytu, podkladu} \times k \quad , \quad (B.15)$$

kde je: k - korekčný súčiniteľ.

Hodnota korekčného súčiniteľa je rovnaká pre všetky nasledujúce roky a počíta sa pre asfaltové vrstvy zo vzťahu:

$$k = 1 - \left(1 - S_{N, bit}\right) / PZZ \quad , \quad (B.16)$$

a pre hydraulicky stmelené vrstvy zo vzťahu:

$$k = 1 - \left(1 - S_{N, podkl}\right) / PZZ \quad , \quad (B.17)$$

kde je : PZZ - požadovaná zvyšková životnosť zadávaná pri vytváraní vstupných súborov do výpočtu [roky],

$S_{N, bit}$ - súčiniteľ únavy asfaltovej vrstvy vypočítaný zo vzťahu (B.3),

$S_{N, podkl}$ - súčiniteľ únavy hydraulicky stmelenej vrstvy vypočítaný zo vzťahu (B.4).

Znížené hodnoty modulov pružnosti existujúcich vrstiev sa potom dosadia do 4-vrstvového výpočtového modelu namiesto predchádzajúcich hodnôt a následne sa vypočítajú napätia na spodnej hrane stmelených vrstiev. Na ich základe sú vypočítané súčinitele využitia stmelených vrstiev (B.2), pričom do ich výpočtu sú dosadené redukované hodnoty pevnosti materiálu v ťahu za ohybu. Taktiež sa vypočíta súčiniteľ využitia podložia (B.9) pre nové hodnoty modulov pružnosti.

Vypočítaná hrúbka zosilnenia v danom roku sa posudzuje podľa článku B.3.1 a B.3.2.

PRÍLOHA C (INFORMATÍVNA)

MANUÁL PRE PRÁCU S PROGRAMOM CANUV

C.1 Inštalácia

Inštalácia spočíva v nakopírovaní súborov z inštalačnej diskety do zvoleného adresára. Súborov sú na diskete v komprimovanom tvare, dekompresia je pomocou programu WINZIP.EXE.

Adresár po inštalácii musí obsahovať tieto súbory:

CANUV.EXE – hlavný program

CANSTR.DLL – knižnica obsahujúca textové reťazce

BANTAM.DLL, IDAPI32.DLL, IDBAT32.DLL, IDDBAS32.DLL, IDR20009 – knižnice pre prácu s databázovými súborami

KONVHLAV.DBF, VYSTUPHLAV.DBF – štruktúry databázových súborov

adresáre KUAB_IN, KUAB_OUT, PRIP_DAT, VYST_DBF, VYST_GRAF, VYST_HOS, VYST_TXT

DATA1

DATA2

DATA3

OPT.EXE

OPT.PIF

PRENOS.DAT

VYSTUP1

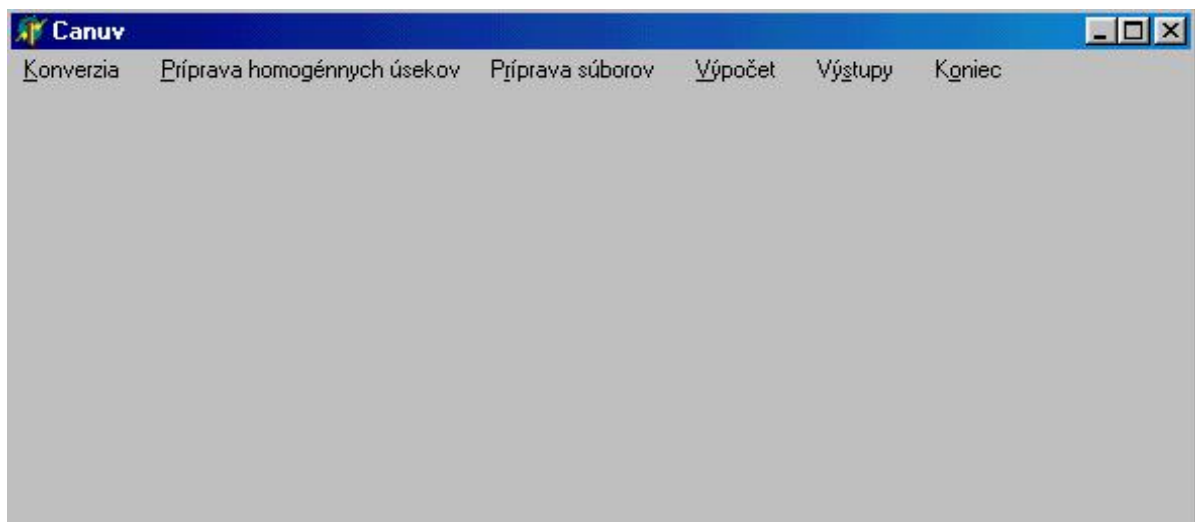
VYSTUP2

VYSTUP3

DING.WAV

C.2 Spustenie programu a jeho položky

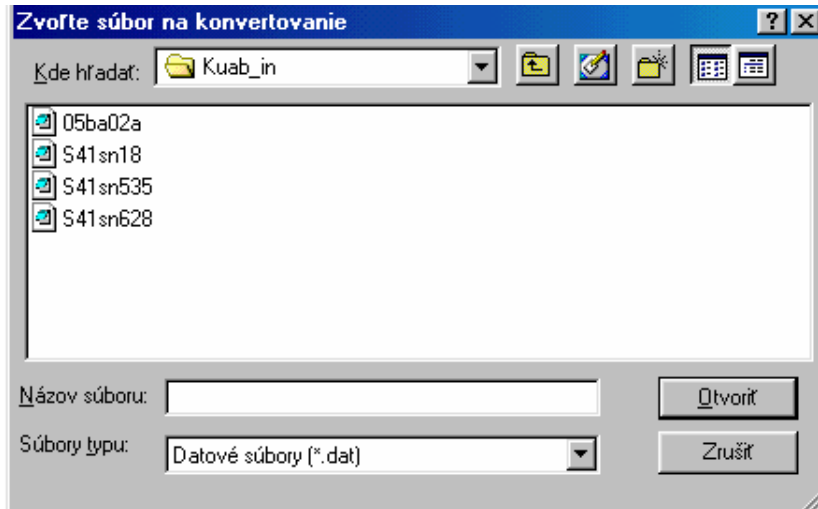
Program sa spúšťa z prostredia MS WINDOWS aktivovaním programu Canuv.exe. Program je spracovaný v dialógovom režime, komunikácia s užívateľom je pomocou ponuky z viacúrovňového menu. Základné menu, ktoré sa objaví na obrazovke po spustení programu je na obr.1.



Obr. 1 Základné menu programu CANUV

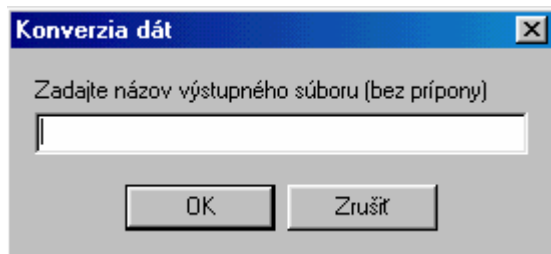
C. 2.1 Položka **KONVERZIA**

Po inicializovaní položky sa objaví dialóg so všetkými súbormi s príponou .DAT v danom adresári, medzi ktorými sú i výstupné súbory zo zariadenia KUAB určené na ďalšie spracovanie (obr.2).

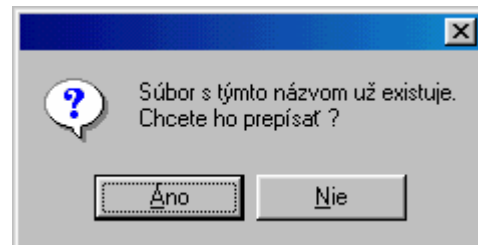


Obr. 2 Ponuka súborov na spracovanie v položke konverzia

Užívateľ si vyberie súbor na spracovanie, pričom je možné vyberať súbor aj z iných adresárov. Po výbere súboru je užívateľ vyzvaný na vloženie názvu výstupného súboru po konverzii. Názov môže obsahovať znaky prípustné operačným systémom MS Windows. Prípona súboru sa nezadáva, automaticky je priradená .DBF (obr. 3). Ak súbor existuje, program túto skutočnosť oznámi (obr. 4).

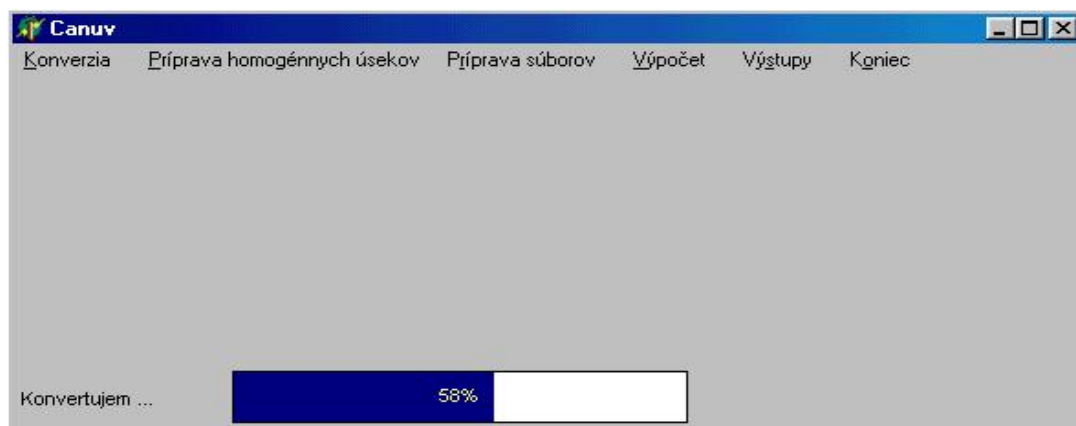


Obr.3 Zadanie mena súboru po konverzii



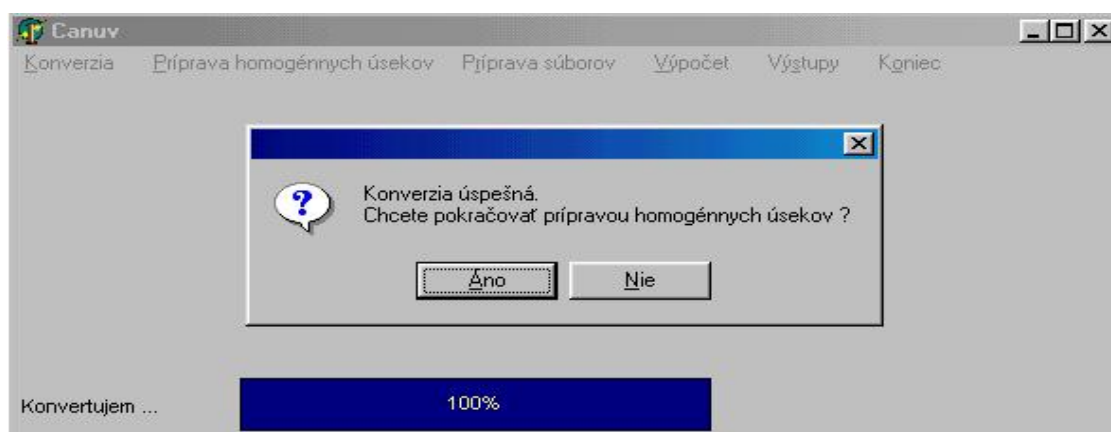
Obr.4 Upozornenie na existenciu súboru

Počas práce s konverziou súboru je užívateľ na túto skutočnosť upozornený výpisom na obrazovke (obr.5). Po konverzii sú vytvorené databázové súbory MENO.DBF (zoradený po smeroch), MENO (stan).DBF (zoradený podľa staničenia v danom uzlovom úseku), kde MENO je vložený názov výstupného súboru. Všetky súbory sú uložené v adresári KUAB_OUT.



Obr.5 Obrazovka programu počas konverzie

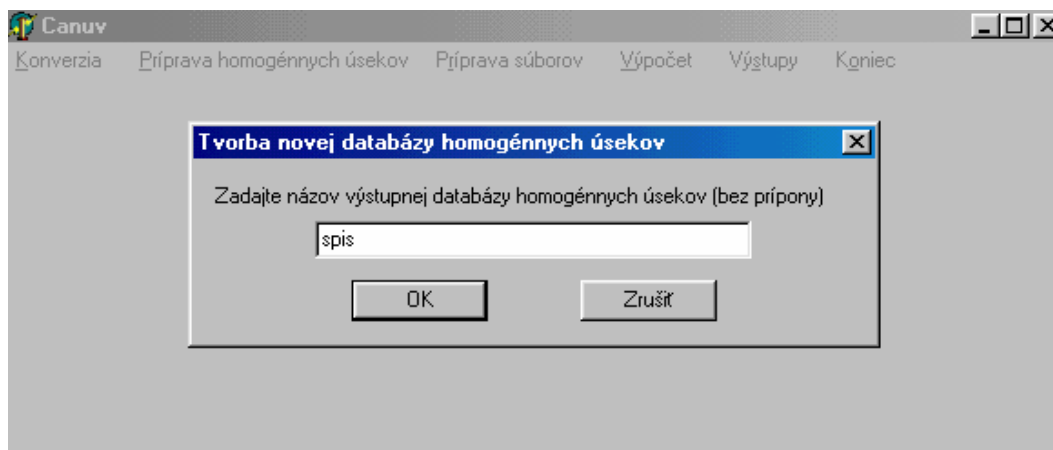
Po ukončení konverzie program oznámi úspešné ukončenie konverzie a poskytne možnosť pripraviť homogénne úseky (obr.6).



Obr.6 Obrazovka po skončení konverzie

C. 2.2 Položka Príprava homogénnych úsekov

Po inicializovaní položky je užívateľ vyzvaný na zadanie názvu databázy homogénnych úsekov. Názov môže obsahovať znaky prípustné operačným systémom MS Windows. Prípona súboru sa nezadáva, automaticky je priradená .DBF (obr. 7).



Obr. 7 Zadanie názvu databázy homogénnych úsekov

Po zadání názvu je užívateľ vyzvaný na vloženie údajov pre prvú homogénnu sekciu. Ide o tieto položky:

- a) **Meno výstupného súboru** - názov môže obsahovať znaky prípustné operačným systémom MS WINDOWS. Prípona súboru sa nezadáva, automaticky je priradená .can. Ide o výstupný súbor vytvorený v položke „Príprava súborov“.
- b) **Začiatkový bod homogénnej sekcie** – zadáva sa začiatkový a koncový uzlový bod úseku, v ktorom sa nachádza začiatkový bod homogénnej sekcie, a staničenie začiatkového bodu homogénnej sekcie.
- c) **Koncový bod homogénnej sekcie** – zadáva sa začiatkový a koncový uzlový bod úseku, v ktorom sa nachádza koncový bod homogénnej sekcie, a staničenie koncového bodu homogénnej sekcie.
- d) **Počet bitúmenových vrstiev** - možno zadať 1- 4 vrstvy, pričom program automaticky ponúka 2 vrstvy.
- e) **Názov i-tej vrstvy** - názov druhu bitúmenovej vrstvy (Možno zadať vrstvy AKMI, ABI, ABII, ABIII, OKI, OKII, OKIII, LA, ACB, PAH. Pri inom type konštrukčnej vrstvy vozovky je potrebné zvoliť jeden z vyššie uvedených typov s podobnými vlastnosťami). Pri zadávaní nie je potrebné rozlišovať veľkosť písma (je možné zadať napr. aj v tvare abii atď.).
- f) **Hrúbka i-tej vrstvy** - hrúbka bitúmenovej vrstvy v cm. Kroky e) a f) sa opakujú pre všetky vrstvy.
- g) **Podklad** - druh podkladovej vrstvy. Je nutné zadať jeden z nasledujúcich druhov podľa číselného kódu:

1 - nestmelený	- pre nestmelený podklad,
2 – stmelený cementom	- pre cementom stmelený,
3 – stmelený asfaltom	- pre asfaltom stmelený.
- h) **Hrúbka** - hrúbka podkladových vrstiev v cm.
- i) **TNV** - počet ťažkých nákladných vozidiel zo sčítania dopravy na sledovanom úseku v oboch smeroch.
- j) **Redukcia presnosti** - umožňuje znížiť základnú presnosť pri spätnom výpočte modulov pružnosti (až 6-násobne). Možno zadať aj desatinné číslo, oddeľovačom desatinných miest je bodka (.)
- k) **Rok sčítania dopravy** - rok, pre ktorý platí údaj o TNV.
- l) **Ročný nárast v %** - predpokladaný ročný nárast intenzity dopravy na sledovanom úseku.
- m) **Východiskový rok** - rok pre ktorý sa pre potreby prioritného a optimalizačného programu v rámci systémov hospodárenia s vozovkou počíta výhľadová hodnota priehybu.
- n) **Požadovaná zvyšková životnosť** - nárokovaná zvyšková životnosť vozovky. Ak súčasná vypočítaná zvyšková životnosť je menšia, vypočítava sa potrebné zosilnenie zabezpečujúce túto požadovanú zvyškovú životnosť.
- o) **Meno výstupného súboru z CANUV** - meno súboru, do ktorého budú ukladané základné výstupy z výpočtu a z ktorého budú odvodené pomocou prípon ďalšie výstupné súbory vytvorené v časti programu „Výpočet“. Meno môže obsahovať znaky prípustné operačným systémom MS WINDOWS. Prípona súboru sa nezadáva, je automaticky priradená programom CANUV.

Príklad formulára pri zadávaní vstupných údajov pre prípravu homogénnych sekcií je na obr.8.

Canuv

Konverzia Príprava homogénnych úsekov Príprava súborov Výpočet Výstupy Koniec

Zadaj názov výstupného súboru - bez prípony spis

Začiatkový bod homog. sekcie

Počiatočný uzlový bod 3721A00600 Koncový uzlový bod 3721A00100 Staničenie: 640

Koncový bod homog. sekcie

Počiatočný uzlový bod 3721A00600 Koncový uzlový bod 3721A00100 Staničenie: 2880

Zadaj počet bitúmenových vrstiev 2

1.vrstva - názov: ABI hrúbka v cm 20

2.vrstva - názov: okii hrúbka v cm 14

Podklad - nestmelený - 1

stmelený cementom - 2

stmelený asfaltom - 3 1 hrúbka v cm 45

Počet TNV: 2236 Redukcia presnosti: 3 Ročný nárast v %: 2

Rok sčítania dopravy: 2000 Východiskový rok 2000 Požadovaná zvyšková životnosť: 10

Meno výstupného súboru z CANUVu spis

Sú data v poriadku ? (A/N)

Obr. 8 Formulár pre zadávanie homogénnych sekcií

Pri vytváraní homogénnych sekcií je možné vstupné dáta zmeniť (kliknutím do príslušnej bunky a prepísaním hodnoty). Na záver zadávania údajov, pri odpovedi „nie“ na otázku odsúhlasenia správnosti dát, je užívateľ vrátený na začiatok formulára a proces zadávania sa opakuje. Pre uľahčenie zmien sa v príslušných bunkách zobrazujú zadané dáta, ktoré je možné **meniť prepísaním, resp. zachovať odsúhlasením klávesom ENTER.**

Zadávanie ďalších homogénnych sekcií

Po odsúhlasení údajov pre prvú homogénnu sekciu sa v dialógovom okne objaví otázka, či chce užívateľ zadávať ďalšiu homogénnu sekciu (obr.9). V prípade kladnej odpovede sa opakuje procedúra uvedená vyššie. Tento cyklus sa opakuje až do zadania všetkých homogénnych sekcií.

Ak sú zadané všetky homogénne sekcie, databáza homogénnych úsekov je uložená do adresára PRIP_DAT a užívateľ má možnosť pokračovať buď prípravou súborov (obr. 10), alebo ukončiť prácu v tejto fáze programu a prípadne spracovať ďalší datový výstupný súbor nameraný zariadením KUABu a prípravu súborov vykonať neskôr po inicializovaní položky „Príprava súborov“.

Názov: abii hrúbka v cm: 10
 Názov: okii hrúbka v cm: 15
 Nestmelený - 1
 Stmelený cementom
 Stmelený asfaltom - : a v cm: 30
 Počet TNV: 154
 Ročný nárast v %: 3
 Rok sčítania dopravy: 2000
 Východiskový rok: 2004
 Požadovaná zvyšková životnosť: 10
 Meno výstupného súboru z CANUVu: i
 Sú data v poriadku? (A/N): a

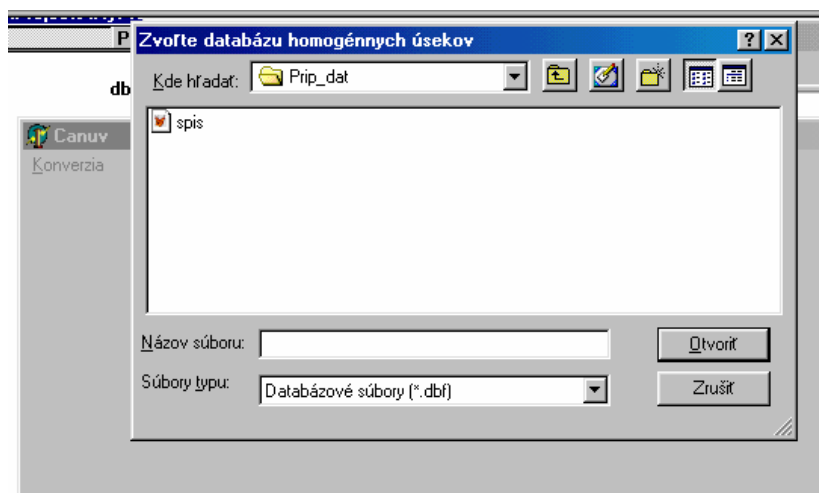
Chceš zadať ďalšiu homogénnu sekciu?
 Áno Nie

Obr. 9 Možnosť zadávať ďalšiu homogénnu sekciu

Zadaj počet bitúmenových vrstiev: 2
 1. vrstva - názov: abii hrúbka v cm: 10
 2. vrstva - názov: okii hrúbka v cm: 15
 Podklad - nestmelený - 1
 Stmelený cementom
 Stmelený asfaltom - : a v cm: 30
 Počet TNV: 154
 Ročný nárast v %: 3
 Rok sčítania dopravy: 2000
 Východiskový rok: 2004
 Požadovaná zvyšková životnosť: 10
 Meno výstupného súboru z CANUVu: i
 Sú data v poriadku? (A/N): a

Chcete pokračovať prípravou súborov?
 Áno Nie

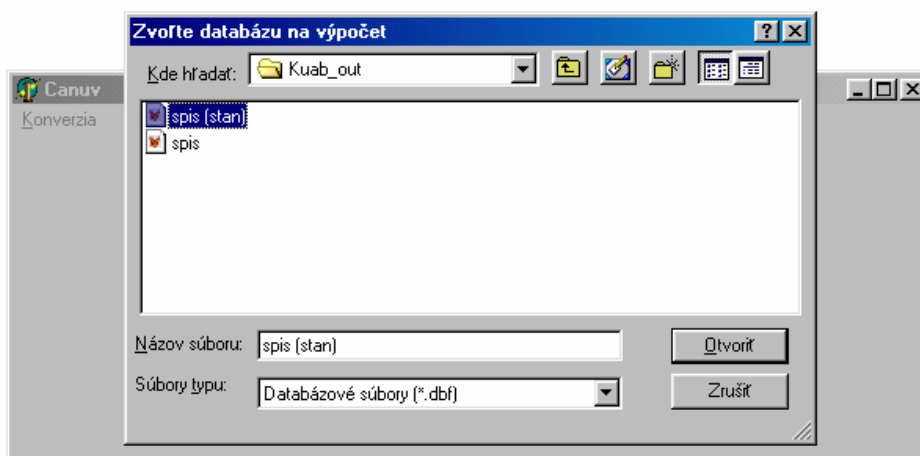
Obr. 10 Príprava súborov alebo prerušenie programu



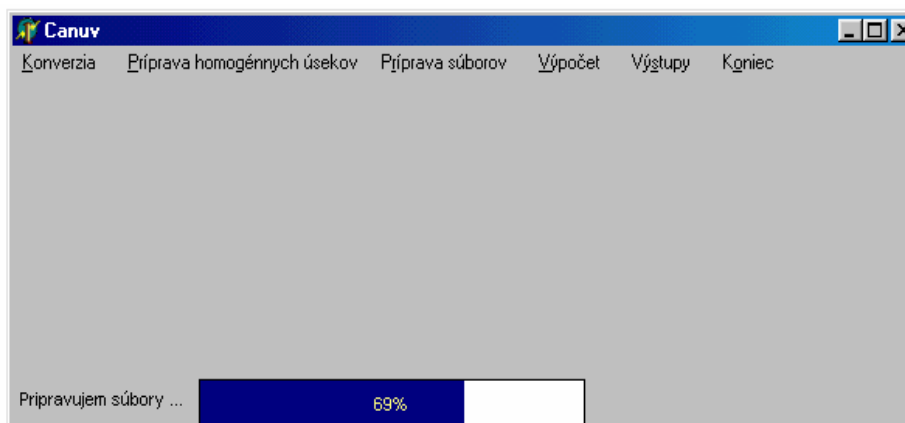
Obr. 11 Zadanie databázy homogénnych úsekov

C. 2.3 Položka Príprava súborov

Ak užívateľ bude inicializovať položku „Príprava súborov“, musí pre prípravu súborov zadať z adresára PRIP_DAT, ktorú databázu homogénnych úsekov chce použiť (obr. 11) a z adresára KUAB_OUT k nej prislúchajúcu databázu konvertovaného výstupného súboru z KUABu (po ukončení položky Konverzia) usporiadanú podľa staničenia (názov súboru = MENO (stan).DBF), nie podľa smerov – obr. 12. Po zadaní týchto dvoch databáz, program automaticky vytvorí vstupné súbory pre výpočet pre všetky body v zadaných homogénnych sekciách. Užívateľ je o tom informovaný výpisom na obrazovke (obr. 13). Súbory budú mať názov MENO-1.CAN až MENO-N.CAN, kde n je celkový počet bodov patriacich do všetkých zadaných homogénnych sekcií. Vytvorené súbory sú uložené do adresára PRIP_DAT.

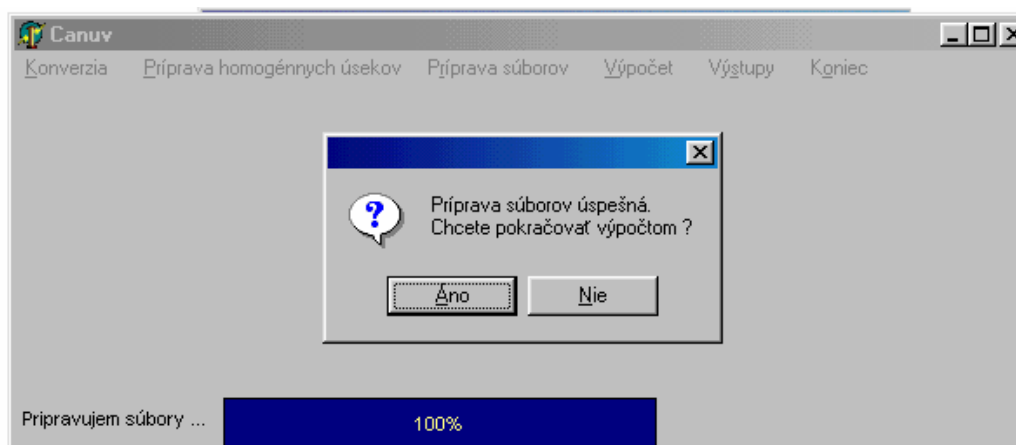


Obr. 12 Zadanie databázy po konverzii



Obr.13 Informácia o príprave vstupných súborov pre výpočet

O ukončení prípravy vstupných súborov pre výpočet je užívateľ informovaný výpisom na obrazovke, a je mu zároveň poskytnutá možnosť pokračovať výpočtom (obr.14).



Obr.14 Informácia o ukončení prípravy vstupných súborov pre výpočet

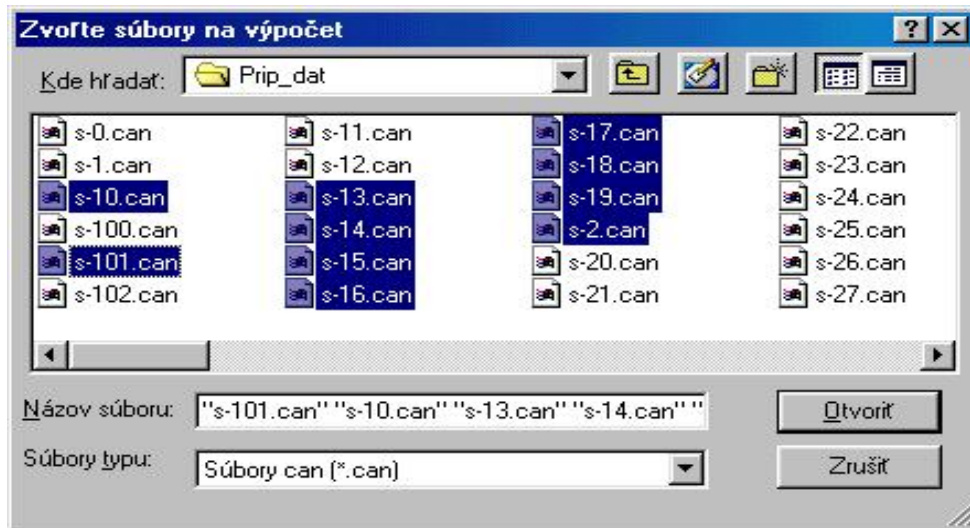
C. 2.4 Položka VÝPOČET

Vlastný výpočet začína buď odsúhlasením ponuky na výpočet po ukončení prípravy vstupných súborov, alebo inicializovaním položky „Výpočet“ po predchádzajúcom prerušení programu. Užívateľ má možnosť zadať súbory, ktoré chce počítať. Z ľubovoľného adresára môže zadať jeden súbor s príponou .can, alebo viacero súborov, pričom čísla súborov nemusia vytvárať ucelenú postupnosť (obr.15).

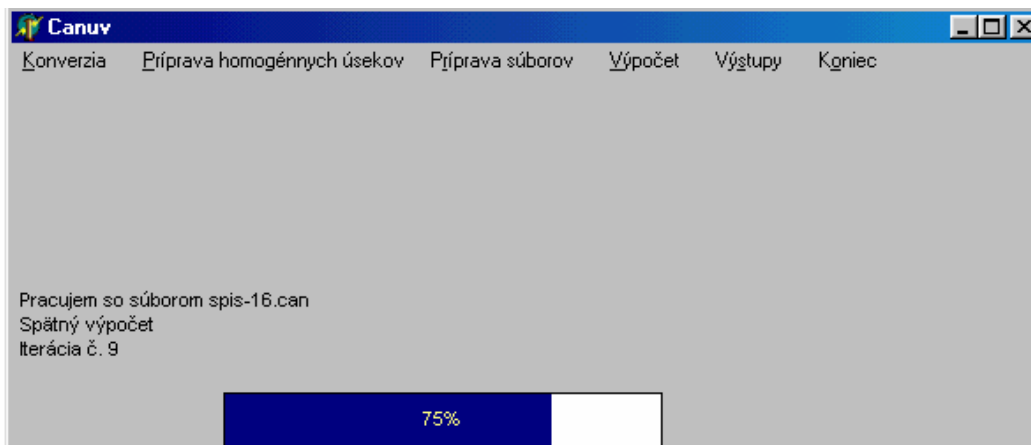
Označovanie súborov zvolených pre výpočet sa vykoná označením súboru kurzorom za súčasného stlačenia klávesy CTRL. Ak sú zadávané súbory, ktorých čísla tvoria ucelenú postupnosť, je možné označiť ich tak, že sa kurzorom označí prvý súbor, stlačí sa klávesa SHIFT a táto klávesa sa drží dovtedy, kým sa kurzorom neoznačí posledný súbor v postupnosti. Po označení súborov sa v dialógovom okne odsúhlasí položka „Otvoriť“.

Pred začatím vlastného výpočtu program skontroluje existenciu výstupných súborov pre všetky počítané súbory. Ak v adresároch nie sú výstupné súbory s rovnakým menom začne sa automaticky výpočet. Ak existujú výstupné súbory s rovnakým menom, program ponúkne možnosť

tieto súbory prepísať, pridať výsledky, prípadne zrušiť výpočet. V prípade výberu „Prepísať“ program odstráni existujúce súbory a v priebehu výpočtu vytvorí nové. Ak sa vyberie možnosť „Pridať“ výsledky budú doplnené na koniec existujúceho súboru. pri výbere „Zrušiť“ výpočet nezačne, program sa vráti do základného menu a je možné buď existujúce súbory presunúť do iného adresára alebo v databáze homogénnych úsekov zmeniť meno výstupného súboru a v položke „Príprava súborov“ dať vytvoriť nové vstupné súbory pre výpočet s príponou .CAN. O etape výpočtu je užívateľ informovaný výpisom na obrazovke (obr. 16).



Obr. 15 Zadávanie súborov na výpočet



Obr.16 Informácia o etape výpočtu

V priebehu výpočtu je možné prerušiť chod programu inicializovaním ľubovoľnej položky menu a následným zrušením vstupného dialógu. Vzniká však nebezpečie straty niektorého zo súborov DATA 1 až DATA3, v závislosti na tom v ktorej časti výpočtu program prerušíme, alebo ich premenovanie na súbory V1, V2, alebo V3. V prvom prípade je nutné chýbajúci súbor doplniť do adresára. V druhom prípade, ak nie je súbor prázdny, stačí ho premenovať na príslušný súbor - V1 na DATA1, V2 na DATA2 a V3 na DATA3.

Po ukončení výpočtu sú výsledky automaticky uložené do textových súborov MENO.ZGR, MENO.ZOS, MENO.HOS a databázového súboru MENO.DBF, kde „MENO“ je názov, ktorý bol uvedený vo vstupnom súbore pre výpočet s príponou .CAN. Textový súbor MENO.ZGR je uložený v adresári „Vyst_txt“. Textové súbory MENO.HOS a MENO.ZOS sú uložené v adresári „Vyst_hos“. Databázový súbor je uložený v adresári „Vyst_dbf“. Po uložení výsledkov program pokračuje vo

výpočte načítavaním vstupných údajov z ďalšieho zadaného vstupného súboru. Ak tento súbor neexistuje, program ukončí ukladanie do vyššie uvedených výstupných súborov a automaticky vykoná homogenizáciu súboru MENO.HOS podľa klasifikačného stupňa a vytvorí textový súbor MENO.HSH, ktorý uloží do adresára „Vyst_hos“. Na záver (po homogenizácii), program vytvorí okrem vyššie uvedených výstupných súborov taktiež súbory MENO-X.jpg, v ktorých je grafická interpretácia nameraných priehybov v osi zaťaženia a vypočítaných hrúbok zosilnenia v jednotlivých diagnostikovaných bodoch. Tieto súbory program ukladá do adresára „VYST_GRAF“. V názve grafického súboru je časť MENO názov, ktorý bol uvedený vo vstupnom súbore pre výpočet s príponou .CAN, a X je poradové číslo stránky grafu (pri dlhších úsekoch sa graf vzhľadom na delenie osí „x“ nezmesť na jednu stranu formátu A4).

C. 2.5 Položka VÝSTUPY

Táto položka umožňuje prezerat' všetky súbory vytvorené vo všetkých položkách programu, prípadne opravovat' databázové súbory.

Okrem súborov vytvorených v položkách Konverzia, Príprava homogénnych úsekov a Príprava súborov je možné prezerat' výstupné súbory vytvorené v položke Výpočet. V položke Výpočet program po ukončení výpočtu vytvára tieto výstupné súbory:

Prvým výstupným súborom je textový súbor MENO.ZGR, kde „MENO“ je názov, ktorý bol uvedený vo vstupnom súbore pre výpočet s príponou .CAN. Do tohto súboru ukladá výsledky po ukončení výpočtu každého súboru .CAN. Výstupné údaje obsahujú:

- identifikáciu bodu pre ktorý bol výpočet vykonaný (počiatočný a koncový uzlový bod a staničenie bodu v rámci uzlového úseku),
- hodnoty modulov pružnosti krytu (asfaltových vrstiev) prepočítané na 11⁰C, podkladu a podložia získané spätným výpočtom,
- číslo kritickej vrstvy (vrstva s najmenšou zvyškovou životnosťou),
- zvyškovú životnosť vozovky v danom bode a
- hrúbku zosilnenia potrebnú na splnenie požadovanej životnosti konštrukcie vozovky (zadanej vo vstupnom súbore na výpočet).

Zvyšková životnosť a hrúbka zosilnenia sú vypočítané pre rok, v ktorom sa vykonalo meranie priehybov. Ak sú v danom bode vypočítané moduly pružnosti jednotlivých vrstiev, je vypočítaná následne i zvyšková životnosť a hrúbka zosilnenia a tie sú spolu s ďalšími údajmi zapísané do výstupného textového súboru pre príslušné staničenie vyhodnocovaného bodu. Ak nie sú moduly pružnosti vypočítané, program ďalej nepočíta zvyškovú životnosť ani hrúbku zosilnenia a do textového výstupného súboru uloží pre dané staničenie bodu hodnotu nula pre všetky zapisované výsledky výpočtu.

Druhý výstupný súbor je taktiež vytváraný priebežne po ukončení výpočtu každého jednotlivého bodu. Názov výstupného súboru zodpovedá menu výstupného súboru uvedeného vo vstupnom súbore pre výpočet s príponou .CAN, ku ktorému je doplnená prípona .HOS. Názov súboru je teda MENO.HOS. Tento výstupný súbor obsahuje:

- identifikačné údaje jednotlivých bodov pre ktoré sa výpočet vykonal (číslo cesty, počiatočný a koncový uzlový bod a staničenie bodu v rámci uzlového úseku),
- rok v ktorom sa uskutočnilo meranie priehybu zariadením KUAB,
- východiskový rok pre ktorý sa vypočítavajú hodnoty priehybu, a zvyškovej životnosti (uvedený vo vstupnom súbore pre výpočet),
- identifikácia druhu podkladu vozovky pomocou číselného kódu, ktorý je rovnaký ako pri príprave homogénnych úsekov,

- klasifikačný stupeň únosnosti podľa kritérií pre Systém hospodárenia s vozovkou stanovený na základe zvyškovej životnosti vozovky vo východiskovom roku, ktorá je uvedená v poslednom stĺpci,
- zvyšková životnosti vozovky vo východiskovom roku.

Uvedená hodnota zvyškovej životnosti vo východiskovom roku je hodnota zvyškovej životnosti vypočítanej pre rok merania priehybu (je uvedená vo výstupnom súbore MENO.ZGR) zmenšená o číselný rozdiel medzi východiskovým rokom a rokom merania priehybu.

Tretím výstupným súborom vytvoreným po ukončení výpočtu každého bodu je databázový súbor s názvom MENO.DBF. Jeho štruktúra obsahuje údaje uvedené vo výstupných súboroch MENO.ZGR a MENO.HOS v nasledujúcom poradí:

- identifikačné údaje jednotlivých bodov pre ktoré sa výpočet vykonal (číslo cesty, počiatočný a koncový uzlový bod a staničenie bodu v rámci uzlového úseku),
- hodnoty modulov pružnosti krytu (asfaltových vrstiev) prepočítané na 11°C, podkladu a podložia získané spätným výpočtom,
- číslo kritickej vrstvy (vrstva s najmenšou zvyškovou životnosťou),
- zvyškovú životnosť vozovky v danom bode pre rok merania priehybu,
- hrúbku zosilnenia potrebnú pre splnenie požadovanej životnosti konštrukcie vozovky (zadanej vo vstupnom súbore pre výpočet),
- rok v ktorom bolo uskutočnené meranie priehybu zariadením KUAB,
- východiskový rok pre ktorý sa vypočítavajú hodnoty priehybu, a zvyškovej životnosti (uvedený vo vstupnom súbore pre výpočet),
- vypočítané hodnoty priehybu pre východiskový rok,
- identifikácia druhu podkladu vozovky pomocou číselného kódu, ktorý je rovnaký ako pri príprave homogénnych úsekov,
- klasifikačný stupeň únosnosti podľa kritérií pre Systém hospodárenia s vozovkou stanovený na základe zvyškovej životnosti vozovky vo východiskovom roku,
- zvyšková životnosti vozovky vo východiskovom roku,
- hodnota priehybu v osi zaťaženia nameraná pri diagnostike.

Štvrtý výstupný súbor je taktiež vytváraný priebežne po ukončení výpočtu každého jednotlivého bodu. Má rovnaké meno ako predchádzajúce výstupné súbory, ktoré je doplnené príponou .ZOS. Tento výstupný súbor obsahuje:

- identifikačné údaje jednotlivých bodov pre ktoré sa výpočet vykonal (číslo cesty, počiatočný a koncový uzlový bod a staničenie bodu v rámci uzlového úseku),
- zvyškovú životnosť v rokoch v roku merania priehybu (totožná s hodnotou v prvom výstupnom súbore MENO.ZGR),
- hrúbku zosilnenia potrebnú pre splnenie požadovanej životnosti konštrukcie vozovky zadanej vo vstupnom súbore pre výpočet.

Hrúbka zosilnenia je uvedená nielen na rok, v ktorom sa uskutočnilo meranie priehybu, ale taktiež aj na nasledujúce tri roky. Hodnota hrúbky zosilnenia v roku merania priehybu je totožná s hodnotou v prvom výstupnom súbore MENO.ZGR.

Piatym výstupným súborom vytváraným programom CANUV je súbor MENO.HSH, vytvorený homogenizáciou súboru MENO.HOS podľa klasifikačného stupňa. Súbor obsahuje:

- identifikačné údaje homogénnej sekcie (číslo cesty, počiatočný a koncový uzlový bod medzi ktorými sa homogénna sekcia nachádza, počiatočné a koncové staničenie homogénnej sekcie),
- rok merania priehybu a výhľadový rok,

- priemernú hodnotu priehybu v homogénnej sekcii vo výhľadovom roku vypočítanú z hodnôt priehybov vo výhľadovom roku uvedených v súbore MENO.HOS (pre staničenia spadajúce do homogénnej sekcii),
- identifikácia druhu podkladu vozovky pomocou číselného kódu, ktorý je rovnaký ako pri príprave homogénnych úsekov,
- klasifikačný stupeň únosnosti podľa kritérií pre Systém hospodárenia s vozovkou stanovený na základe zvyškovej životnosti vozovky vo východiskovom roku,
- zvyšková životnosti vozovky v homogénnej sekcii vo východiskovom roku.

Grafická prezentácia výsledkov

Po homogenizácii program automaticky vytvára grafickú prezentáciu priehybov nameraných v osi zaťaženia a vypočítaných hrúbok zosilnenia. Po ich vytvorení sú ihneď uložené do adresára „VYST_GRAF“ a vzápätí zobrazené na obrazovke. Ak je grafická prezentácia rozdelená na viacero stránok, zobrazí sa iba prvá stránka, avšak sú načítané všetky vytvorené stránky, pričom prechod medzi nimi je umožnený v spodnej časti grafu (obr. 17).

Súbory obsahujúce grafickú prezentáciu je možné prezerat' aj neskôr. Je však potrebné inicializovať položku „Výstupy“ otvoriť adresár „VYST_GRAF“ a dvakrát kliknúť na súbor obsahujúci požadovaný úsek. Ak grafická prezentácia obsahuje viacero stránok, stačí kliknúť na hociktorú z nich, program ju zobrazí a automaticky načíta aj zostávajúce, ktoré je možné prezerat' prepínaním stránok v spodnej časti grafu.

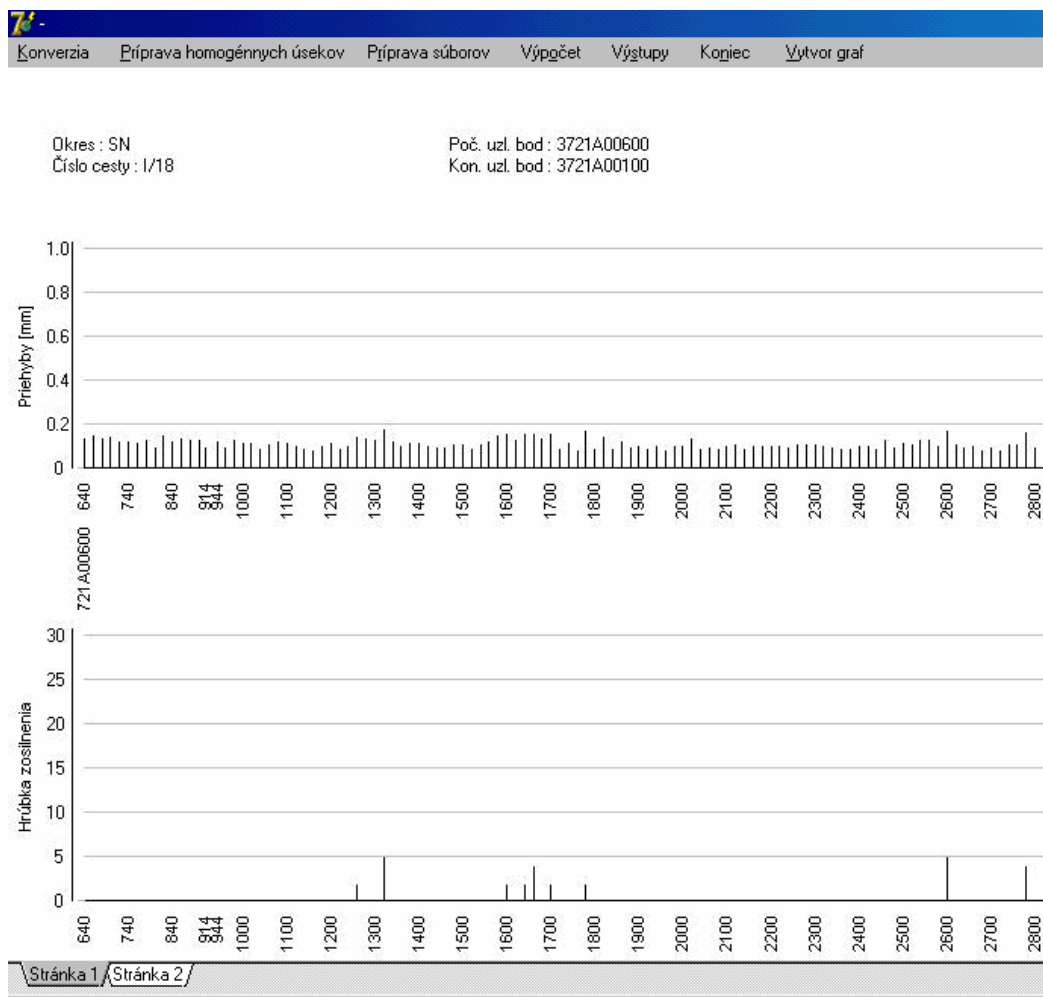
Prezeranie výstupných súborov

Všetky výstupné súbory (a taktiež aj súbory vytvorené v položkách Konverzia, Príprava homogénnych úsekov a Príprava súborov) je možné prezerat' tak, že sa inicializuje položka Výstupy, otvorí sa príslušný adresár do ktorého sa daný súbor ukladá a po dvojitom kliknutí na požadovaný súbor sa tento zobrazí na obrazovke.

Tlač výstupných súborov

Program neumožňuje priamo vytlačiť výstupné súbory. Ak je potrebné vytlačiť výstupné súbory, postupuje sa nasledovne

- a) textové výstupné súbory (meno.zgr, meno.zos, meno.hos, meno.hsh) – požadovaný súbor sa otvorí v ľubovoľnom textovom editore umožňujúcom tlač textových súborov (Poznámkový blok, Microsoft Word, prípadne Norton Commander a i.) a zadá sa príkaz „Tlačiť“;
- b) databázový výstupný súbor (meno.dbf) – požadovaný výstupný súbor sa otvorí v programe Microsoft Excel, upraví sa šírka stĺpcov, v položke súbor sa inicializuje časť „Vzhľad stránky“, potom „Formát papiera“ zvolí sa orientácia na šírku, odsúhlasí sa uvedené nastavenie a potom sa zadá príkaz „Tlačiť“;
- c) grafické výstupné súbory (meno.jpg) - požadovaný súbor sa otvorí v ľubovoľnom programe editore umožňujúcom tlač grafických súborov (napr. Windows - Skicár) a zadá sa príkaz „Tlačiť“. Tlač je možná aj tým spôsobom, že sa daný súbor otvorí dvojitým kliknutím na názov požadovaného grafického súboru v prostredí Windows, a súbor bude otvorený tým grafickým editorom, ktorý je prioritne nastavený na editáciu grafických súborov. V danom editore sa zadá príkaz „Tlačiť“



Obr.17 Grafická prezentácia

PRÍLOHA D (informatívna)

METODIKA MERANIA A HODNOTENIA ÚNOSNOSTI ASFALTOVEJ VOZOVKY INÝM TYPOM DEFLEKTOMETRA FWD

D.1 Účel metodiky

Účelom metodiky je určiť všeobecné technické požiadavky na iné typy deflektometrov FWD (nielen od firmy KUAB), ktoré sa môžu používať pri diagnostike únosnosti asfaltovej vozovky a definovať požiadavky a postupy na hodnotenie únosnosti a stanovenie hrúbky zosilnenia pre asfaltové vozovky s nestmelenými alebo hydraulicky stmelenými podkladovými vrstvami.

D.2 Diagnostika únosnosti

D.2.1 Všeobecne

Veličiny potrebné na hodnotenie únosnosti je možné získavať rôznymi metódami a merať rôznymi zariadeniami. Pre postupy uvedené v tejto metodike je možné využívať iba priehybovú krivku povrchu vozovky. Táto krivka sa musí namerať iba deflektometrom typu FWD, pričom použitý deflektometer musí vyhovovať technickým požiadavkám uvedeným v nasledujúcich častiach metodiky a musí umožňovať záznam požadovaných veličín.

D.2.2 Požiadavky na diagnostické zariadenie

D.2.2.1 Na meranie únosnosti sa používajú iba deflektometre typu FWD, ktorých technické vybavenie vyhovuje nasledovným požiadavkám:

- a) sila pôsobiaca na povrch vozovky v rozsahu $50 \text{ kN} \pm 5 \text{ kN}$,
- b) doba pôsobenia zaťaženia v rozsahu 20 ms – 60 ms,
- c) delená alebo tuhá zaťažovacia doska s priemerom 300 mm, majúca na spodnej strane tenkú gumovú vrstvu,
- d) minimálne 7 snímačov priehybu s presnosťou min 2% a rozlišovacou schopnosťou min. 1 mikrometer umiestnených vo vzdialenostiach 0, 300, 450, 600, 900, 1200 a 1500 mm od osi zaťažovacej dosky,
- e) teplomer na meranie teploty vzduchu,
- f) infračervený teplomer na meranie teploty povrchu vozovky,
- g) merač dĺžok.

D.2.2.2 Použitý deflektometer FWD musí spĺňať požiadavky z hľadiska opakovateľnosti merania zaťaženia aj priehybov.

Podmienka opakovateľnosti zaťaženia je splnená, ak variačný koeficient je $\leq 2\%$. Na výpočet variačného koeficientu sa použije 10 hodnôt zaťažovacej sily zaznamenaných pri 10-tich úderoch na úrovni cca 50 kN. Pred týmito desiatimi hodnotami sa musia vykonať minimálne dva údery, ktoré sa však do výpočtu opakovateľnosti zaťaženia nepoužívajú.

Pri analýze opakovateľnosti priehybov sú všetky priehyby najskôr prepočítané na porovnávaciu hodnotu zaťažovacej sily 50 kN. Kritérium opakovateľnosti na meranie priehybov je splnené, ak smerodajná odchýlka vypočítaná z priehybov prepočítaných na silu 50 kN pri sérii desiatich úderov je $\leq 2 \mu\text{m}$. Toto kritérium platí vtedy, ak je priemerná hodnota vypočítaná z priehybov prepočítaných na silu 50 kN $\leq 40 \mu\text{m}$. Ak

je priemerná hodnota z prepočítaných priehybov väčšia ako $40\mu\text{m}$, kritérium opakovateľnosti merania priehybov je splnené vtedy, ak smerodajná odchýlka priehybov prepočítaných na silu 50 kN pri sérii desiatich úderov je menšia alebo rovná hodnote 1,25 % priemernej hodnoty priehybov pri desiatich zaťažovacích úderoch zväčšenej o $1,5\mu\text{m}$. Ak na jednom alebo viacerých snímačoch nie sú splnené predchádzajúce podmienky, kritérium opakovateľnosti merania priehybov nie je splnené.

- D.2.2.3 Záznamové zariadenie deflektometra musí umožňovať záznam údajov potrebných na následné hodnotenie únosnosti vozovky a stanovenie potrebnej hrúbky jej zosilnenia. Tieto údaje sú uvedené v kap. 6 týchto TP..
- D.2.2.4 Odporúča sa, aby záznamové zariadenie deflektometra umožňovalo záznam priebehu zaťažovacej sily a hodnôt priehybov na jednotlivých snímačoch v čase.

D.2.3 Podmienky merania

Musia byť splnené podmienky uvedené v kap. 2.4 týchto TP.

D.2.4 Príprava merania a postup merania na meracom bode

Musia byť splnené podmienky uvedené v kap. 2.5 týchto TP .

D.2.5 Požadované výstupy z merania

Výstupy z meraní musia byť uložené do súborov umožňujúcich ich počítačové spracovanie pri hodnotení únosnosti vozovky.

Pre každý diagnostikovaný úsek je zo všetkých meraní na jednotlivých meracích miestach vytvorený jeden výstupný súbor, ktorý musí obsahovať všetky údaje uvedené v kap. 2.6 týchto TP .

D.3 Hodnotenie únosnosti

D.3.1 Všeobecne

Pre hodnotenie únosnosti sa používajú rôzne metódy. Postupy uvedené v tejto metodike využívajú pre hodnotenie únosnosti vozovky porovnanie vypočítanej zvyškovej životnosti vozovky s požadovanou životnosťou. Zvyšková životnosť vozovky sa určuje z hodnôt napätí vypočítaných v modeli vozovky, pričom sa využívajú moduly pružnosti vrstiev modelu určené spätným výpočtom z priehybovej krivky nameranej na povrchu vozovky deflektometrom typu FWD, zohľadňuje sa únava materiálu a dopravné zaťaženie vozovky.

Ak je vozovka hodnotená ako neúnosná, navrhuje sa jej zosilnenie asfaltovou vrstvou, pričom jej hrúbka sa navrhuje s prihliadnutím na výhľadové dopravné zaťaženie, kvalitu materiálu zosilňujúcej vrstvy, únavové procesy a stupeň využitia materiálov jednotlivých vrstiev konštrukcie vozovky.

D.3.2 Postup hodnotenia únosnosti a návrhu zosilnenia

Na splnenie uvedeného cieľa je potrebné v celom hodnotiacom procese postupne obsahovo naplniť a vykonať nasledujúce parciálne úlohy:

- skompletizovať vstupné údaje potrebné na hodnotenie únosnosti a stanovenie hrúbky zosilnenia,
- zostaviť zjednodušený fyzikálny model konštrukcie vozovky zlúčením materiálovo príbuzných vrstiev,

- c) z nameranej priehybovej krivky povrchu vozovky určiť hodnoty modulov pružnosti vrstiev zjednodušeného modelu (tzv. spätný výpočet),
- d) vypočítať radiálne a zvislé napätia v kritických miestach modelu konštrukcie vozovky,
- e) vypočítať zvyškovú prevádzkovú výkonnosť jednotlivých vrstiev modelu a určiť kritickú vrstvu,
- f) pre kritickú vrstvu vypočítať zvyškovú životnosť a porovnať ju s požadovanou hodnotou,
- g) ak je vozovka hodnotená ako neúnosná (vypočítaná zvyšková životnosť je menšia ako požadovaná), vypočítať zvislé a radiálne napätia v upravenom modeli vozovky, ktorý vznikne po pridaní zosilňujúcej vrstvy,
- h) výpočty opakovať pre rôzne hrúbky zosilnenia dovtedy, kým nie sú splnené definované kritéria využitia najviac namáhanej vrstvy modelu vozovky.

D.3.3 Vstupné údaje na hodnotenie

D.3.3.1 Na hodnotenie únosnosti vozovky a stanovenie hrúbky zosilnenia sú potrebné nasledovné údaje:

- a) polomer zaťažovacej dosky,
- b) vzdialenosť snímačov od osi zaťaženia,
- c) namerané údaje pre každé merané miesto,
 - staničenie jednotlivých meracích bodov (buď ako lokálne v rámci diagnostikovaného úseku, alebo uzlové vo vzťahu k uzlovému úseku),
 - veľkosť zaťažovacej sily a hodnoty priehybov namerané pri tejto zaťažovacej sile na každom zo snímačov,
 - teplotu vzduchu a vozovky pre každý meraný bod,
 - čas v rámci dňa, v ktorom sa meranie na meracom mieste vykonalo.
- d) počet asfaltových vrstiev konštrukcie vozovky, ich druh (ABI, ABII, ABIII, AKM, AKT, OKI, OKII, OKIII, LA, ACB, PAH a pod),
- e) hrúbku každej asfaltovej vrstvy,
- f) Poissonove čísla každej asfaltovej vrstvy zodpovedajúce teplote + 11⁰ C a Poissonove číslo podložia vozovky,
- g) výpočtové hodnoty pevnosti v ťahu pri ohybe pre všetky stmelené vrstvy vozovky (asfaltové aj hydraulicky stmelené),
- h) druh podkladovej vrstvy (nestmelený, stmelený cementom, stmelený asfaltom) a hrúbku každej podkladovej vrstvy,
- i) počet ťažkých nákladných vozidiel na sledovanom úseku v oboch smeroch, rok pre ktorý sa tento počet určil a predpokladaný medziročný nárast intenzity dopravy na sledovanom úseku,
- j) požadovaná zvyšková životnosť vozovky.

D.3.3.2 Okrem údajov potrebných na výpočty musia vstupy obsahovať aj identifikačné a doplňujúce údaje, z ktorých najdôležitejšie sú:

- a) identifikačné údaje meraného úseku - okres, triedu a číslo cesty, počiatkový a koncový uzlový bod v rámci uzlového lokalizačného systému, staničenie začiatku úseku v rámci uzlového úseku,
- b) dátum merania,
- c) smer merania, meraný jazdný pruh,
- d) druh povrchu vozovky,
- e) typ použitého meracieho zariadenia,
- f) meno osoby, ktorá vykonala meranie,
- g) všetky okolnosti, ktoré by mohli ovplyvniť namerané výsledky (počasie, poruchy vozovky, a pod.).
- h) povinné komentáre popisujúce meraný smer, uzlový úsek a dĺžku merania.

D.3.4 Vytvorenie výpočtového modelu konštrukcie vozovky

- D.3.4.1 Skutočná konštrukcia vozovky sa pre potreby výpočtu modulov pružnosti z priehybovej krivky nameranej deflektometrom FWD a následného určenia zvyškovej životnosti a výpočtu hrúbky zosilnenia zjednodušuje do 3-vrstvového systému (2 vrstvy na podloží s nekonečnou hrúbkou).
- D.3.4.2 Pri zjednodušovaní sa asfaltové vrstvy (obvykle obrusná, ložná a horná podkladová vrstva konštrukcie vozovky) spájajú do jednej vrstvy, ktorej hrúbka sa rovná súčtu hrúbok jednotlivých spojených vrstiev. Poissonove číslo spojenej vrstvy sa volí s prihliadnutím na podiel daných vrstiev v celkovej hrúbke spojenej vrstvy. Takto vytvorená vrstva tvorí vrchnú vrstvu zjednodušeného modelu vozovky pri netuhých aj polotuhých vozovkách.
- D.3.4.3 Ak je spodná podkladová vrstva vozovky z nestmelených materiálov (netuhá vozovka), druhú vrstvu modelu vozovky (nachádzajúcu sa pod zlúčenou asfaltovou vrstvou) tvorí vrstva vytvorená spojením spodnej podkladovej vrstvy vozovky a ochrannej vrstvy vozovky do jednej vrstvy. Hrúbka spojenej vrstvy sa rovná súčtu hrúbok jednotlivých spojených vrstiev. Poissonove číslo spojenej vrstvy sa volí s prihliadnutím na podiel daných vrstiev v celkovej hrúbke spojenej vrstvy.
- D.3.4.4 Ak je spodná podkladová vrstva z materiálu stmeleného hydraulickým alebo bitúmenovým spojivom (polotuhá alebo celoasfaltová vozovka), druhú vrstvu modelu vozovky (nachádzajúcu sa pod zlúčenou asfaltovou vrstvou) tvorí iba táto samotná vrstva. Hrúbka vrstvy a Poissonove číslo v modeli vozovky sú rovnaké ako hrúbka a Poissonove číslo danej vrstvy. Nestmelená ochranná vrstva, ktorá sa nachádza pod stmelenou podkladovou vrstvou je v tomto prípade uvažovaná ako súčasť podložia.
- D.3.4.5 Tretiu (najnižšiu) vrstvu modelu s nekonečnou hrúbkou tvorí v prípade netuhej vozovky jej podložie. V prípade vozovky s podkladovou vrstvou stmelenou hydraulickým alebo bitúmenovým spojivom je ako súčasť podložia uvažovaná aj ochranná vrstva vozovky z nestmeleného materiálu. V oboch prípadoch sa Poissonove číslo tejto vrstvy rovná Poissonovemu číslu podložia.

D.3.5 Určenie hodnôt modulov pružnosti vrstiev zjednodušeného modelu vozovky (spätný výpočet)

- D.3.5.1 Princípom výpočtu je postupné približovanie vypočítanej priehybovej krivky ku nameranej krivke v meracom bode dovedy, pokiaľ nie sú splnené kritéria povoleného rozdielu medzi nameranou a vypočítanou priehybovou krivkou.
- D.3.5.2 Vypočítanú krivku tvoria priehyby povrchu modelu vozovky, ktorý sa vytvoril zo skutočnej konštrukcie vozovky podľa postupu uvedeného v bode 4. Na výpočet priehybov povrchu je možné použiť niektorý z výpočtových programov pracujúcich na základe riešenia viacvrstvového lineárne pružného polpriestoru (napr. OPMEKO, LAYMED, BISAR apod.). Priehyby povrchu modelu sa musia vypočítať v tých vzdialenostiach od osi zaťaženia, v ktorých sa merali priehyby.
- D.3.5.3 Kritéria povoleného rozdielu medzi nameranou a vypočítanou priehybovou krivkou musia zvoliť tak, aby nepresnosť pri výpočte modulov pružnosti vrstiev modelu vozovky neovplyvnila vypočítané hodnoty napätí v modeli vozovky do tej miery, že by v konečnom dôsledku došlo k rozdielom vo vypočítanej zvyškovej životnosti vozovky.
- D.3.5.4 Zaťaženie povrchu modelu musí zodpovedať parametrom zaťaženia pri meraní priehybu deflektometrom FWD. Polomer zaťažovacej plochy v modeli vozovky sa musí rovnať polomeru zaťažovacej dosky deflektometra. Veľkosť zaťažovacieho tlaku

v modeli sa vypočíta z podielu zaťažovacej sily pri meraní a plochy zaťažovacej dosky.

- D.3.5.5 Moduly vrstiev zjednodušeného modelu konštrukcie vozovky sa určujú spätným výpočtom v každom meranom bode. Nie je možné vytvoriť „priemernú priehybovú krivku“ na celý diagnostikovaný úsek a hodnoty modulov vrstiev určovať iba pre túto jednu krivku.
- D.3.5.6 Moduly pružnosti určené spätným výpočtom z nameranej priehybovej krivky sa vzťahujú na teplotu vozovky, pri ktorej sa meranie vykonalo. Pre potreby výpočtu zvyškovej životnosti sa vypočítaná hodnota modulu pružnosti asfaltových vrstiev prepočítava na vzťažnú teplotu +11°C. Prepočet sa vykonáva podľa rovnice odvodennej z grafu závislosti modulov pružnosti asfaltových zmesí na teplote, ktorej tvar je

$$E = 7717,04 - 225,29 \cdot T + 1,94 \cdot T^2$$

D.3.6 Výpočet zvyškovej životnosti vozovky

- D.3.6.1 Metodika výpočtu zvyškovej životnosti vozovky využíva zjednodušený model vozovky vytvorený pri spätnom výpočte modulov pružnosti z nameranej priehybovej krivky podľa postupu uvedeného v bode 4. Tento model je doplnený číselnými hodnotami modulov pružnosti podložia a podkladu určenými spätným výpočtom a číselnou hodnotou modulu pružnosti asfaltovej vrstvy po prepočítaní na teplotu +11°C v zmysle bodu 5.6. Tým vzniká sústava so všetkými parametrami potrebnými pre výpočet radiálnych napätí na spodnej hrane oboch vrstiev modelu a vertikálnych napätí na podloží.
- D.3.6.2 Na výpočet napätí v jednotlivých miestach modelu vozovky je možné použiť niektorý z výpočtových programov pracujúcich na základe riešenia viacvrstvového lineárne pružného polpriestoru (napr. OPMEKO, LAYMED, BISAR a pod.).
- D.3.6.3 Zvyšková prevádzková výkonnosť asfaltovej vrstvy modelu vozovky v návrhových nápravách sa vypočíta zo vzťahu

$$\log N = \frac{0,95 \cdot R_{i,bit} - \sigma_{r,bit}}{0,12 \cdot R_{i,bit}}$$

kde je: $\sigma_{r,bit}$ - radiálne napätie v ťahu pri ohybe na spodnom okraji asfaltovej vrstvy modelu vozovky [MPa]

$R_{i,bit}$ - hodnota pevnosti materiálu asfaltovej vrstvy [MPa]

- D.3.6.4 Zvyšková prevádzková výkonnosť hydraulicky stmelenej vrstvy modelu vozovky v návrhových nápravách sa vypočíta zo vzťahu

$$\log N = \frac{R_{i,podkl} - \sigma_{r,podkl}}{0,07 \cdot R_{i,podkl}}$$

kde je: $\sigma_{r,podkl}$ - radiálne napätie v ťahu pri ohybe na spodnom okraji hydraulicky stmelenej podkladovej vrstvy modelu vozovky [MPa]

$R_{i,podkl}$ - hodnota pevnosti materiálu podkladovej vrstvy [MPa]

- D.3.6.5 Zvyšková prevádzková výkonnosť podložia modelu vozovky v návrhových nápravách sa vypočíta zo vzťahu

$$\log N = \frac{0,00346 \times E_p - \sigma_z}{0,7 \times \sigma_z}$$

kde je: σ_z - zvislé napätie na povrchu podložia modelu vozovky [MPa]
 E_p - modul pružnosti podložia určený spätným výpočtom [MPa]

D.3.6.6 Najmenšia hodnota N vypočítaná pre asfaltovú, podkladovú vrstvu a pre podložie určuje *kritickú vrstvu*, pre ktorú sa vypočíta zvyšková prevádzková výkonnosť v jednotlivých nasledujúcich rokoch zo vzťahu:

$$N_{czvys, i} = N - \sum_{i=1}^k N_n \cdot \delta_i$$

kde je: $N_{czvys, i}$ - zvyšková prevádzková výkonnosť v i -tom roku v návrhových opravách. Pre rok merania $i=1$
 N_n - ročný počet návrhových oprav v danom úseku v roku sčítania dopravy
 N - počet návrhových oprav, ktorý je schopná preniesť kritická vrstva do konca životnosti
 δ_i - výhľadový koeficient medziročného nárastu intenzity dopravy

Pre prvú hodnotu $N_{czvys, i}$ menšiu ako nula je hodnota zvyškovej životnosti

$$ZZ = i - 1 \text{ [roky]}$$

D.3.6.7 V prípade, že zvyšková životnosť kritickej vrstvy je menšia ako požadovaná zvyšková životnosť, vypočítava sa potrebná hrúbka zosilnenia.

D.3.6.8 Výpočet zvyškovej životnosti vozovky sa vykonáva v každom meranom bode.

D.3.7 Stanovenie hrúbky zosilnenia vozovky

D.3.7.1 Metodika výpočtu potrebnej hrúbky využíva zjednodušený model konštrukcie vozovky použitý v etape určenia zvyškovej životnosti vozovky, ktorý je však doplnený o ďalšiu (zosilňujúcu) vrstvu, ktorá sa v modeli umiestňuje nad asfaltovú vrstvu modelu vozovky.

D.3.7.2 Modul pružnosti a Poissonove číslo zosilňujúcej vrstvy sa určuje podľa návrhových hodnôt materiálu zosilňujúcej vrstvy zodpovedajúcich teplote $+11^{\circ}\text{C}$.

D.3.7.3 Hrúbka zosilňujúcej vrstvy sa v prvej etape navrhuje odhadom a potom je upravovaná tak, aby vyhovela kritériám využitia kritickej vrstvy podľa hodnoty súčiniteľa využitia.

Ak je kritickou vrstvou asfaltová vrstva modelu vozovky nachádzajúca sa pod zosilňujúcou vrstvou, alebo asfaltová podkladová vrstva v prípade celoasfaltových vozoviek, súčiniteľ využitia tejto vrstvy po pridaní zosilňujúcej vrstvy by mal byť v rozsahu $S_v = 0,85 - 0,95$.

Ak je kritickou vrstvou hydraulicky stmelená podkladová vrstva modelu vozovky, súčiniteľ využitia tejto vrstvy po pridaní zosilňujúcej vrstvy by mal byť v rozsahu $S_v = 0,92 - 0,95$.

Ak je kritickou vrstvou podložie vozovky, súčiniteľ využitia podložia po pridaní zosilňujúcej vrstvy musí byť $S_v \leq 1$.

D.3.7.4 Súčiniteľ využitia asfaltovej vrstvy modelu zosilnenej vozovky sa vypočíta zo vzťahu

$$S_v = \frac{\sigma_{r,bit}}{S_{N,bit} \cdot R_{i,bit}}$$

kde je: $\sigma_{r,bit}$ - radiálne napätie v ťahu pri ohybe na spodnom okraji asfaltovej vrstvy modelu zosilnenej vozovky [MPa]

$R_{i,bit}$ - hodnota pevnosti materiálu asfaltovej vrstvy [MPa]

$S_{N,bit}$ - súčiniteľ únavy materiálu vrstvy vypočítaný zo vzťahu

$$S_{N,bit} = 0,95 - 0,12 \cdot \log N_v$$

kde N_v je počet návrhových náprav, ktoré musí zosilnená vozovka prenieť počas návrhového obdobia

D.3.7.5 Súčiniteľ využitia hydraulicky stmelenej podkladovej vrstvy modelu zosilnenej vozovky sa vypočíta zo vzťahu

$$S_v = \frac{\sigma_{r,podkl}}{S_{N,podkl} \cdot R_{i,podkl}}$$

kde je: $\sigma_{r,podkl}$ - radiálne napätie v ťahu pri ohybe na spodnom okraji hydraulicky stmelenej podkladovej vrstvy modelu zosilnenej vozovky [MPa]

$R_{i,podkl}$ - hodnota pevnosti materiálu hydraulicky stmelenej podkladovej vrstvy [MPa]

$S_{N,podkl}$ - súčiniteľ únavy materiálu vrstvy vypočítaný zo vzťahu

$$S_{N,podkl} = 1 - 0,07 \cdot \log N_v$$

kde N_v je počet návrhových náprav, ktoré musí zosilnená vozovka prenieť počas návrhového obdobia

D.3.7.6 Súčiniteľ využitia podložia modelu vozovky sa vypočíta zo vzťahu

$$S_{v,p} = \frac{\sigma_z}{\sigma_{z,dov}} \leq 1$$

kde je: σ_z - zvislé napätie na povrchu podložia modelu zosilnenej vozovky [MPa]

$\sigma_{z,dov}$ - dovolené napätie na podloží vypočítané zo vzťahu

$$\sigma_{z,dov} = \frac{0,00346 \cdot E_p}{1 + 0,7 \cdot \log N_v}$$

kde je: E_p - je modul pružnosti podložia určený spätným výpočtom v modle vozovky [MPa]

N_v - počet návrhových náprav, ktoré musí zosilnená vozovka prenieť počas návrhového obdobia

D.3.7.7 Pre výpočet napätí v jednotlivých miestach modelu zosilnenej vozovky potrebných pre výpočet súčiniteľa využitia vrstvy je možné použiť niektorý z výpočtových programov pracujúcich na základe riešenia viacvrstvového lineárne pružného polpriestoru (napr. OPMEKO, LAYMED, BISAR a pod.).

D.3.8 Výpočtové programy

- D.3.8.1 Na hodnotenie únosnosti vozovky a stanovenia hrúbky zosilnenia je možné použiť komplexné výpočtové programy vyhovujúce požiadavkám uvedeným v tejto metodike. V súčasnosti je k dispozícii program CANUV, ktorého užívateľský manuál tvorí prílohu C tejto metodiky.