

**Ministerstvo dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja SR
Sekcia cestnej dopravy a pozemných komunikácií**

TP 06/2012

TECHNICKÉ PODMIENKY

ZOSILŇOVANIE ASFALTOVÝCH VOZOVIEK

účinnosť od 01.12.2012

Október 2012

OBSAH

1	Úvodná kapitola	3
1.1	Predmet technických podmienok (TP)	3
1.2	Účel TP.....	3
1.3	Použitie TP	3
1.4	Vypracovanie TP.....	3
1.5	Distribúcia TP.....	3
1.6	Účinnosť TP	3
1.7	Nahradenie predchádzajúcich predpisov	3
1.8	Súvisiace a citované právne predpisy	3
1.9	Súvisiace a citované normy	4
1.10	Súvisiace a citované technické predpisy	4
2	Termíny a definície	5
3	Princípy metódy a postup navrhovania	5
4	Diagnostika	5
4.1	Všeobecne	5
4.2	Diagnostika stavu zemného telesa a odvodnenia vozovky.....	5
4.3	Diagnostika stavu vozovky	5
4.3.1	Únosnosť vozovky.....	5
4.3.2	Stav povrchu vozovky	6
4.3.3	Nerovnosť vozovky	6
4.3.4	Drsnosť vozovky	6
4.4	Prieskum vozovky	6
5	Návrh zosilnenia.....	6
5.1	Všeobecne	6
5.2	Vstupné údaje.....	7
5.2.1	Dopravné zaťaženie.....	7
5.2.2	Podložie.....	7
5.2.3	Klimatické podmienky	7
5.3	Vlastnosti materiálov vrstiev	7
5.4	Údaje o konštrukcii vozovky.....	7
5.5	Technologické varianty	8
5.6	Návrh zosilnenia.....	8
5.6.1	Návrh zosilnenia pomocou programu CANUV	8
5.6.2	Približná metóda stanovenia hrúbky zosilnenia	9
6	Návrh a posúdenie zosilnenia	11
6.1	Všeobecne	11
6.2	Posúdenie zosilnenia	11
6.2.1	Program CANUV	12
6.2.2	Posúdenie návrhu zosilnenia	12
7	PRÍLOHA 1 Delenie úseku na homogénne sekcie.....	14
7.1	Všeobecne	14
7.2	Delenie úseku podľa zvoleného intervalu priehybu	14
7.3	Delenie úseku pomocou súčtovej čiary	15
8	PRÍLOHA 2 Príklad návrhu.....	16
8.1	Všeobecne	16
8.2	Zaťaženie.....	16
8.3	Výsledky diagnostiky	16
8.3.1	Diagnostika stavu zemného telesa a odvodnenia vozovky.....	16
8.3.2	Únosnosť vozovky.....	17
8.3.3	Stav povrchu vozovky	17
8.3.4	Nerovnosť vozovky	17
8.3.5	Drsnosť vozovky	17
8.3.6	Prieskum vozovky	17
8.4	Návrh zosilnenia.....	17

1 Úvodná kapitola

1.1 Predmet technických podmienok (TP)

TP na zosilňovanie asfaltových (netuhých a polotuhých) vozoviek obsahujú ustanovenia a odporúčania na diagnostiku konštrukcií vozoviek, návrh a posúdenie návrhu zosilnenia.

TP neplatia pre údržbu a rekonštrukciu asfaltových vozoviek. Neplatia pre diagnostiku a zosilňovanie vozoviek na mostoch.

1.2 Účel TP

Cieľom týchto TP je zaviesť do praxe súhrn pravidiel pre rehabilitáciu vozoviek ich zosilnením a tým podporiť systém hospodárenia s vozovkami na pozemných komunikáciách (SHV).

1.3 Použitie TP

Tieto TP sú určené projektantom, investorom a všetkým pracovníkom, ktorí navrhujú zosilňovanie asfaltových vozoviek v rámci opravy alebo rekonštrukcie asfaltovej vozovky.

1.4 Vypracovanie TP

Tieto TP na základe objednávky Slovenskej správy ciest (SSC) vypracovala spoločnosť VUIS-CESTY s.r.o. Bratislava, zodpovedný riešiteľ Ing. Vladimír Řikovský, CSc., telefón +421 2 5477 1332, e-mail.: vlado@vuis-cesty.sk.

1.5 Distribúcia TP

Elektronická verzia TP sa po schválení zverejní na webovej stránke SSC: www.ssc.sk (technické predpisy) a na webovej stránke MDVRR SR: www.mindop.sk (doprava, cestná doprava, cestná infraštruktúra, technické predpisy).

1.6 Účinnosť TP

Tieto TP nadobúdajú účinnosť dňom uvedeným na titulnej strane.

1.7 Nahradenie predchádzajúcich predpisov

Tieto TP nahrádzajú TP 01/2004 Opravy a rekonštrukcie vozoviek. Zosilňovanie asfaltových vozoviek, MDPT SR z roku 2004 v celom rozsahu.

1.8 Súvisiace a citované právne predpisy

- [Z1] Zákon č. 135/1961 Zb. o pozemných komunikáciách (cestný zákon) v znení neskorších predpisov;
- [Z2] vyhláška FMV č. 35/1984 Zb., ktorou sa vykonáva zákon o pozemných komunikáciách (cestný zákon), v znení neskorších predpisov;
- [Z3] zákon č. 8/2009 Z. z. o cestnej premávke a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov;
- [Z4] vyhláška MV SR č 9/2009 z. z., ktorou sa vykonáva zákon o cestnej premávke a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov;
- [Z5] zákon č. 90/1998 Z. z. o stavebných výrobkoch v znení neskorších predpisov;
- [Z6] zákon č. 50/1976 Zb. o územnom plánovaní a stavebnom poriadku (stavebný zákon) v znení neskorších predpisov;
- [Z7] zákon č. 124/2006 Z. z. o bezpečnosti a ochrane zdravia pri práci a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov;
- [Z8] vyhláška MVR SR č. 558/2009 Z. z., ktorou sa ustanovuje zoznam stavebných výrobkov, ktoré musia byť označené, systémy preukazovania zhody a podrobnosti o používaní značiek zhody v znení neskorších predpisov;

- [Z9] nariadenie vlády č. 349/2009 Z. z. o najväčších prípustných rozmeroch vozidiel a jazdných súprav, najväčších prípustných hmotnostiach vozidiel a jazdných súprav, ďalších technických požiadavkách na vozidlá a jazdné súpravy v súvislosti s hmotnosťami a rozmermi a o označovaní vozidiel a jazdných súprav.

1.9 Súvisiace a citované normy

STN 73 6114	Vozovky pozemných komunikácií. Základné ustanovenia pre navrhovanie
STN 73 6192	Rázová zaťažovacia skúška vozoviek a podložia
STN 73 6100	Názvoslovie pozemných komunikácií
STN EN 13108-1 (73 6163)	Asfaltové zmesi. Požiadavky na materiály. Časť 1: Asfaltový betón
STN EN 13108-5 (73 6163)	Asfaltové zmesi. Požiadavky na materiály. Časť 5: Asfaltový koberec mastixový
STN EN 13108-7 (73 6163)	Asfaltové zmesi. Požiadavky na materiály. Časť 7: Asfaltový koberec drenážny
STN EN 12271 (73 6161)	Nátery. Požiadavky
STN EN 12273 (73 6168)	Kalové zákryty. Požiadavky
STN EN 13108-2 (73 6163)	Asfaltové zmesi. Požiadavky na materiály. Časť 2: Asfaltový koberec veľmi tenký
STN EN 13108-6 (73 6163)	Asfaltové zmesi. Požiadavky na materiály. Časť 6: Liaty asfalt

1.10 Súvisiace a citované technické predpisy

TP 02/2002	Katalóg porúch asfaltových vozoviek, Príloha: Katalógové listy, SSC: 2002;
TP 07/2002	Rýchle vizuálne prehliadky zariadením VIDEOCAR. Vykonávanie a vyhodnocovanie, SSC: 2002;
TP 13/2006	Vykonávanie a vyhodnocovanie podrobných vizuálnych prehliadok asfaltových vozoviek, MDPT SR: 2006;
TP 10/2006	Systém hospodárenia s vozovkami, MDPT SR: 2006;
TP 14/2006	Meranie a hodnotenie drsnosti vozoviek pomocou zariadení SKIDDOMETER BV11 a PROFILOGRAPH GE, MDPT SR: 2007;
TP 08/2008	Použitie geosyntetických a im podobných materiálov v asfaltových vrstvách vozoviek, Príloha A a Príloha B, MDPT SR: 2008;
TP 03/2008	Navrhovanie a realizácia dodatočných jazdných pruhov, napojenia vozoviek a priečných rozkopávok cestných a miestnych komunikácií, MDPT SR: 2008
TP 01/2009	Meranie a hodnotenie únosnosti asfaltových vozoviek pomocou zariadenia FWD KUAB, Príloha A, Príloha B, Príloha C, Príloha D, MDPT SR: 2009
TP 03/2009	Navrhovanie netuhých a polotuhých vozoviek, MDPT SR: 2009;
TP 16/2011	Metodika merania a vyhodnotenia stavu povrchu vozovky pomocou zariadenia LINESCAN hodnotenie stavu povrchu vozovky kamerovým systémom LINESCAN, MDVRR SR: 2011;
TP 08/2011	Katalóg technológií na opravy základných typov porúch vozoviek, Prílohy (A – C), MDVRR SR: 2011;
TP 07/2011	Opätovné spracovanie vrstiev netuhých vozoviek za studena na mieste, MDVRR SR: 2011;
TP 04/2011	Recyklácia asfaltových zmesí za horúca v obalovacích súpravách, MDVRR SR: 2011;
TP 05/2011	Recyklácia asfaltových zmesí na mieste za horúca pre vozovky s dopravným zaťažením triedy I. až VI., MDVRR SR: 2011;
TP 03/2012	Využitie Georadaru (GPR) pri návrhu rehabilitácie/rekonštrukcie vozoviek, MDVRR SR: 2012;
TP 04/2012	Meranie a hodnotenie nerovnosti vozoviek pomocou zariadenia Profilograph

GE, MDVRR SR: 2012;
KLAZ 1/2010 Katalógové listy asfaltových zmesí, MDPT SR: 2010.

2 Termíny a definície

Základné termíny a definície týkajúce sa navrhovania konštrukcií vozoviek na pozemných komunikáciách sú uvedené v STN 73 6114 a v TP 03/2009

3 Princípy metódy a postup navrhovania

TP určujú zásady postupu pri navrhovaní zosilnenia konštrukcií asfaltových vozoviek na diaľniciach, cestách a miestnych komunikáciách. Obsahujú pravidlá, požiadavky a kritériá, ktoré treba uplatniť pri aplikovaní (SHV).

Navrhovanie zosilnenia je uceleným systémom, ktorý tvorí diagnostika a hodnotenie stavu vozovky, samotný návrh zosilnenia a posúdenie návrhu. Systém a jeho časti sú v tabuľke 1 týchto TP.

Zásady, ktoré sa týkajú diagnostiky a hodnotenia stavu vozoviek sú v súlade s tými, ktoré sú v týchto TP a týkajú sa meraní premenných parametrov vozoviek a hodnotenia ich stavu.

Pri navrhovaní zosilnenia sa uvažujú základné vstupné údaje, ktorými sú dopravné zaťaženie, hrúbka vrstiev a vozovky a vlastnosti materiálov, ako aj únosnosť podložia. Zohľadniť treba aktuálne podmienky realizácie (materiálové a technologické možnosti), ktoré sa premietajú do konštrukčného riešenia.

Pri navrhovaní zosilnenia vozovky a jeho posudzovaní sa uvažuje štandardné zaťaženie cestnými vozidlami s parametrami v zmysle [Z9].

4 Diagnostika

4.1 Všeobecne

Podkladom na hodnotenie stavu konštrukcií asfaltových vozoviek sú výsledky diagnostiky asfaltovej vozovky, odvodnenia a zemného telesa. Táto diagnostika by mala napomôcť aj k stanoveniu príčiny vzniku porúch vozovky.

4.2 Diagnostika stavu zemného telesa a odvodnenia vozovky

Cieľom hodnotenia stavu zemného telesa a odvodnenia vozovky je stanoviť poruchy zemného telesa a funkčnosť odvodňovacích zariadení. Ich funkčnosť napomôže určiť príčiny porúch podložia a podkladových vrstiev a objasniť ich vznik a dopad na správanie sa vozovky. Stav zemného telesa a odvodnenia vozovky sa hodnotí vizuálne. Zber údajov sa vykoná vizuálnou kontrolou pre každý jazdný smer samostatne (s označením smeru). Zaznamenávanie porúch zemného telesa vozovky a odvodňovacích zariadení sa musí vykonávať samostatne, nemôže sa realizovať súčasne so zaznamenávaním iných údajov. Pri hodnotení sa použije len jedno kritérium. Stav zemného telesa je bez takých porúch, ktoré môžu ovplyvniť únosnosť podložia vozovky alebo zemné teleso vykazuje poruchy ovplyvňujúce únosnosť podložia vozovky. Odvodnenie má tiež len jedno kritérium buď je funkčné a voda odteká alebo je nefunkčné a voda môže byť príčinou porúch podložia vozovky.

4.3 Diagnostika stavu vozovky

Diagnostiku stavu vozovky je možné realizovať postupmi a zariadeniami opísanými v týchto TP alebo iným zariadeniami pomocou ktorých získame informácie a údaje o skladbe vozovky a premenných parametroch vozovky ako aj o vlastnostiach materiálov jednotlivých vrstiev vozovky a podložia (ako príklad možno uviesť GEORADAR, Deflektograf, Benkelmanom nosník, CURVIAMETER a podobne).

4.3.1 Únosnosť vozovky

Únosnosť vozovky sa meria a vyhodnocuje podľa TP 01/2009.

Výsledkom merania musí byť hodnota (hodnoty) priehybu povrchu vozovky pod stredom zaťažovacej plochy, prípadne ďalšie poradnice vplyvovej čiary alebo priehybového profilu.

Merania sa robia v pravej jazdnej stope vozidiel v dopravnom pruhu. Vzdialenosť meraných bodov (krok merania) závisí od účelu merania a je stanovená nasledovnými pravidlami:

- pri meraní s cieľom získať podklady pre rozhodovanie o potrebe zosilňovania vozoviek na cestnej sieti je vzdialenosť bodov najviac 100 m,
- pri meraní na stanovenom úseku s cieľom získať podklady pre projekt zosilnenia vozovky je vzdialenosť obvykle najviac 20 m.

4.3.2 Stav povrchu vozovky

Stav povrchu vozovky je možné hodnotiť podľa týchto TP: TP 13/2006, TP 16/2011, TP 07/2002

4.3.3 Nerovnosť vozovky

Diagnostika nerovností vrátane vyhodnotenia je podrobne spracovaná v technických podmienkach TP 4/2012. V TP 04/2012 je spracované aj samotné vyhodnotenie, pomocou ktorého sa stav nerovnosti zaraďujú do 5 klasifikačných stupňov.

4.3.4 Drsnosť vozovky

Drsnosť vozovky a jej diagnostika je podrobne spracovaná v predpise TP 14/2006. V týchto TP je podrobne spracované vyhodnotenie meraní a zaradenie drsnosti do 3 klasifikačných stupňov.

4.4 Prieskum vozovky

Prieskum vozovky sa realizuje za účelom stanovenia skladby vozovky, stanovenia vlastností materiálov vrstiev a vlastností podložia.

Väčšinou sa realizuje pomocou vývrtov. Optimálnym riešením je vývrt o priemere 400 mm. V tomto vývrte sa dá realizovať aj meranie časti únosnosti vozovky a podložia.

Výsledkom prieskumu sú:

- hrúbky jednotlivých vrstiev;
- materiály jednotlivých vrstiev;
- vlastnosti jednotlivých vrstiev;
 - o asfaltové zmesi;
 - druh;
 - objemová hmotnosť;
 - čiara zrnitosti;
 - obsah asfaltu;
 - o hydraulicky stmelené materiály;
 - pevnostné charakteristiky;
 - o nestmelené materiály;
 - čiara zrnitosti;
 - pevnosť CBR;
 - namŕzavosť;
 - o podložie
 - čiara zrnitosti;
 - objemová hmotnosť;
 - vlhkosť v prirodzenom stave;
 - CBR pri návrhových podmienkach;
- únosnosť na častiach vozovky (M_{vd} , prípadne E_{def1} a E_{def2} na povrchoch nestmelených vrstiev a hydraulicky stmelených vrstiev a na podloží).

Je potrebné brať do úvahy, že materiály vo vozovke majú vlastnosti a boli postavené technológiou podľa noriem, platných v čase výstavby vozovky. Ako príklad možno uviesť penetračný makadam alebo obalovaný štrkopiesok.

5 Návrh zosilnenia

5.1 Všeobecne

Návrh zosilnenia sa robí na základe diagnostiky stavu konštrukcie vozovky postupmi, ktoré sú v súlade s metodikou návrhu a posudzovania v zmysle STN 73 6114. Schéma postupu pri návrhu zosilnenia je zobrazená v tabuľke 1 týchto TP.

Rozhodovací proces pri návrhu zosilnenia sa zakladá:

- na výsledkoch diagnostiky;

- vstupoch pre návrh (dopravné zaťaženie a klimatické podmienky);
- technologických možnostiach.

Ak je to možné a diagnostické postupy to umožnia, je potrebné zistiť príčinu vzniku porúch na vozovke.

Pred samotným návrhom zosilnenia je potrebné overiť funkčnosť odvodňovacích zariadení a stavu zemného telesa.

Pri rozhodovaní o návrhu zosilnenia je podstatná diagnostika a ďalšie nevyhnutné podklady:

- možnosť zvýšenia nivelety vozovky;
- možnosť použitia recyklácie (technológie sú uvedené v kapitole 9, 10 prílohy B predpisu TP 08/2011 prípadne TP 04/2011 a TP 05/2011;
- výsledky diagnostiky;
- výsledky prieskumu vozovky.

5.2 Vstupné údaje

Medzi vstupné údaje zaraďujeme dopravné zaťaženie, údaje o podloží a údaje o klimatických podmienkach.

5.2.1 Dopravné zaťaženie

Základným vstupným údajom pre návrh zosilnenia je dopravné zaťaženie. Podkladom pre výpočet dopravného zaťaženia sú tieto údaje:

- počet nákladných vozidiel za 24 h v oboch smeroch;
- návrhové obdobie;
- výhľadové koeficienty.

Postup výpočtu je podrobne uvedený v TP 03/2009. Výsledkom výpočtu je počet návrhových náprav počas návrhového obdobia s označením N_c .

5.2.2 Podložie

Podkladom pre vstupné údaje o podloží je prieskum vozovky (vývrty). Na základe prieskumu je možné stanoviť niektoré parametre zeminy v podloží (čiara zrnitosti, návrhový modul pružnosti podložia atď.).

5.2.3 Klimatické podmienky

Klimatické podmienky sa stanovujú na základe indexu mrazu prostredníctvom mapy a miesta kde sa nachádza vozovka (STN 73 6114). Súčasne sa hydrologické podmienky stanovujú na základe výsledkov prieskumu a informácii hydrologických pomeroch v mieste vozovky.

5.3 Vlastnosti materiálov vrstiev

Vlastnosti materiálov vrstiev budú stanovené na materiáloch získaných z prieskumu vozovky (vývrtov). Vlastnosti sa stanovujú podľa platných skúšobných slovenských a európskych noriem za podmienok daných normami. Vlastnosti materiálov sú charakterizované parametrami noriem, ktoré boli platné v čase výstavby. Pri odvodzovaní deformačných a pevnostných charakteristík materiálov je potrebné brať do úvahy únavu materiálu.

5.4 Údaje o konštrukcii vozovky

Údaje o konštrukcii vozovky získame z prieskumu, konkrétne z vývrtov a meraní hrúbok jednotlivých vrstiev vozovky.

Tabuľka 1 Schématický postup pri návrhu zosilnenia

A	B	C
DIAGNOSTKA	NÁVRH ZOSILNENIA	POSÚDENIE NÁVRHU
A1 Diagnostika odvodnenia a zemného telesa	B1 Vstupné údaje -dopravné zaťaženie	C1 Model vozovky
- stav zemného telesa	- počet nákladných vozidiel	C2 Výpočty
- stav odvodnenia	- ekvivalentný počet návrhových náprav	C3 Kritéria
A2 Diagnostika stavu vozovky	návrhové obdobie	
- únosnosť vozovky	- výhľadové koeficienty dopravy	
- stav povrchu vozovky	B2 Vstupné údaje - podložie	
- nerovnosť vozovky	B3 Vstupné údaje - klimatické podmienky	
- drsnosť vozovky	B4 Vstupné údaje - vlastnosti materiálov vrstiev	
	B5 Technologické varianty	
A3 Prieskum vozovky	B6 Návrh zosilnenia	
- skladba vozovky, hrúbky		
- materiály vrstiev		
- vlastnosti materiálov vrstiev		
- vlastnosti podložia		
- únosnosť častí vozovky a podložia		

5.5 Technologické varianty

Ak je potrebné meniť podkladovú (nosnú) vrstvu zasahujeme do konštrukcie vozovky a v tomto prípade sa jedná o rekonštrukciu vozovky. Nejedná sa o opravu, kde patrí aj zosilnenie vozovky.

Zosilnenie predpokladá zmenu nivelety

Ak je možné upraviť niveletu prichádzajú do úvahy tieto možnosti:

- polozenie jednej asfaltovej obrusnej vrstvy krytu;
- polozenie dvoch vrstiev krytu;
- frézovanie jednej asfaltovej vrstvy a polozenie jednej prípadne dvoch asfaltových vrstiev;
- frézovanie dvoch asfaltových vrstiev a polozenie dvoch prípadne troch asfaltových vrstiev;
- použitie recyklačnej technológie REMIX plus.

Vlastný výber spôsobu zosilnenia závisí od konkrétnych podmienok. Maximálna hrúbka asfaltových vrstiev novo položených je 100 mm.. V prípade potreby väčšieho zosilnenia ide o rekonštrukciu vozovky a nie o opravu.

5.6 Návrh zosilnenia

5.6.1 Návrh zosilnenia pomocou programu CANUV

Postup stanovenia hrúbky zosilnenia, pri ktorom sa využíva hodnotenie celej priehybovej krivky čiary z merania pomocou zariadenia KUAB je veľmi podrobne spracovaný v TP 01/2009.

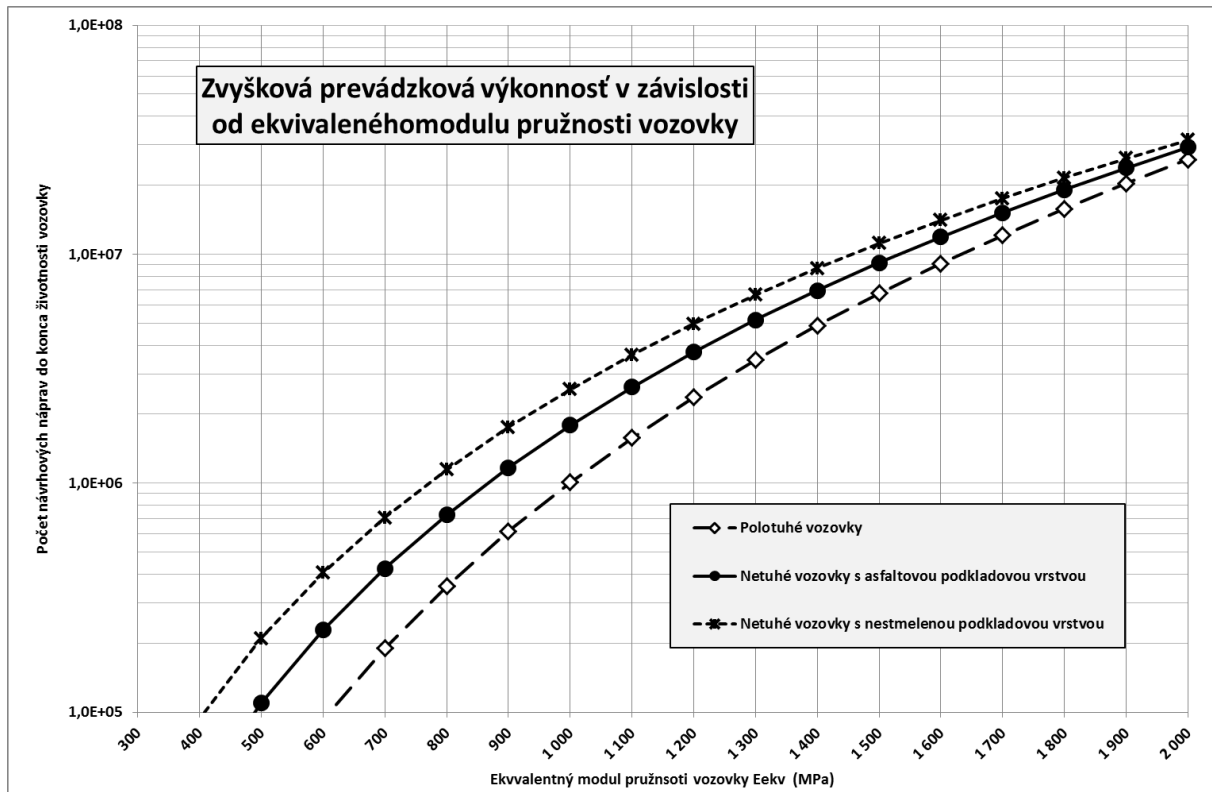
V týchto TP je aj zatriedenie únosnosti do klasifikačných stupňov od 1 do 5 na základe druhu vozovky a dopravného zaťaženia pre hodnotu ekvivalentného modulu pružnosti E_{ekv} .

Výsledkom hodnotenia pomocou programu CANUV je ekvivalentná hrúbka zosilnenia v každom meranom bode. Hodnotený úsek si môžeme rozdeliť na homogénne sekcie podľa jedného z postupov uvedených v prílohe.

5.6.2 Približná metóda stanovenia hrúbky zosilnenia

V prípade, že poznáme ekvivalentný modul pružnosti vozovky z meraní KUAB - om podľa postupov uvedených v TP 01/2009 môžeme postupovať približnou metódou stanovenia hrúbky zosilnenia.

Zvyškovú prevádzkovú výkonnosť pre daný druh vozovky a dané dopravné zaťaženie približne stanovíme na základe E_{ekv} pomocou grafu na obrázku 1.



Obrázok 1 Stanovenie zvyškovej prevádzkovej výkonnosti na základe ekvivalentného modulu pružnosti

Ekvivalentná hrúbka zosilnenia sa vypočíta na základe zvyškovej prevádzkovej výkonnosti (počet návrhových náprav do konca životnosti) N_{zv} a potrebnej prevádzkovej výkonnosti N_c charakterizovanej počtom návrhových náprav počas budúceho návrhového obdobia zo vzťahu:

$$h_{zv} = -4 + 76 * \log N_{zv} \quad (1)$$

$$h_c = -4 + 76 * \log N_c \quad (2)$$

$$h_e = h_c - h_{zv} \quad (3)$$

kde:

h_{zv} je zvyšková, teoretická hrúbka zosilnenia (mm);

h_e ekvivalentná hrúbka zosilnenia v mm;

h_c potrebná, teoretická hrúbka zosilnenia (mm);

h_e návrhová, teoretická hrúbka zosilnenia (mm);

N_{zv} je počet návrhových náprav, ktoré je možné realizovať na vozovke do konca životnosti;

N_c počet návrhových náprav, ktoré budú zaťažovať vozovku v nasledovnom návrhovom období;

Podľa prílohy si môžeme rozdeliť úsek z hľadiska hrúbky zosilnenia na homogénne sekcie.

Pre danú sekciu vypočítame z hodnôt ekvivalentných modulov:

- priemernú hodnotu

$$E_{ekv} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n E_{ekv,i} \quad (4)$$

- smerodajnú odchýlku

$$\sigma_{E_{ekv}} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (E_{ekv,i} - E_{ekv})^2} \quad (5)$$

- variačný koeficient

$$v_c = \frac{\sigma_{E_{ekv}}}{E_{ekv}} \quad (6)$$

- zaručenú hodnotu ekvivalentného modulu pre danú pravdepodobnosť

$$E_{ekv,z} = E_{ekv} + K_p * \sigma_{E_{ekv}} \quad (7)$$

kde:

E_{ekv} je priemerná hodnota ekvivalentného modulu pružnosti (MPa);

$E_{ekv,i}$ hodnota ekvivalentného modulu pružnosti v danom konkrétnom meranom bode „i“ (MPa);

n počet meraných bodov respektíve počet hodnôt ekvivalentných moduloch v danom homogénnom úseku;

$\sigma_{E_{ekv}}$ smerodajná odchýlka ekvivalentného modulu pružnosti v danom homogénnom úseku;

v_c variačný koeficient;

$E_{ekv,z}$ zaručená hodnota ekvivalentného modulu pružnosti pre stanovenú pravdepodobnosť v danom homogénnom úseku.

K_p koeficient vyjadrujúci spoľahlivosť hodnoty pre danú pravdepodobnosť je uvedený v tabuľke 2.

Tabuľka 2 Hodnoty koeficientu K_p pre zvolenú pravdepodobnosť

Stanovenie hodnoty K_p					
Pravdepodobnosť	60 %	70 %	80 %	90 %	95 %
Hodnota K_p	0,84	1,04	1,28	1,64	1,96

Pravdepodobnosť si stanovíme na základe významu komunikácie a návrhového obdobia.

Pomocou grafu na obrázku 1 týchto TP si na základe zaručenej hodnoty ekvivalentného modulu pružnosti pre stanovenú pravdepodobnosť v danom homogénnom úseku $E_{ekv,z}$ stanovíme zvyškovú prevádzkovú výkonnosť N_{zv} a pomocou vzťahu (1) týchto TP si vypočítame zvyškovú teoretickú hrúbku zosilnenia h_{zv} v mm.

Potrebnú teoretickú hrúbku zosilnenia h_c si vypočítame zo vzťahu (2) týchto TP, kde podkladom je počet návrhových náprav, ktoré budú zaťažovať vozovku v nasledovnom návrhovom období N_c .

Návrhovú teoretickú hrúbku zosilnenia h_e si vypočítame pre danú homogénnu sekciu podľa vzťahu (3) týchto TP.

Ekvivalentná hrúbka h_e (mm) je vyjadrená pre štandardnú asfaltovú zmes AC obrus kvalitatívnej triedy I. v zmysle katalógových listov asfaltových zmesí (KLAZ). Ekvivalentná hrúbka zosilnenia h_e sa prevedie na skutočnú hrúbku vrstvy z určitého materiálu h_m pomocou koeficienta ekvivalencie j_e podľa vzťahu :

$$h_e = h_m \cdot j_m \quad (8)$$

V prípade návrhu zosilnenia z viacerých vrstiev platí podmienka

$$h_e = \sum_{i=1}^{i=n} h_m \cdot j_m \quad (9)$$

kde: _

h_m je hrúbka vrstvy z materiálu m v (mm);
 j_m súčiniteľ ekvivalencie pre rôzne asfaltové materiály;
 n počet vrstiev, ktorými zosilňujeme.

Technológie recyklácie musia spĺňať parametre normových materiálov (napríklad AC ložná II. kvalitatívnej triedy II.).

Tabuľka 3 Súčiniteľ ekvivalencie asfaltových zmesí

Označenie		Súčiniteľ ekvivalencie j_m	Kvalitatívna trieda podľa KLAZ	Norma
AC	Obrus	1,00	I.	STN EN 13108-1
AC	Ložná	1,00	I.	STN EN 13108-1
AC	Podkladová	1,00	I.	STN EN 13108-1
AC	Obrus	0,80	II.	STN EN 13108-1
AC	Ložná	0,80	II.	STN EN 13108-1
AC	Podkladová	0,80	II.	STN EN 13108-1
SMA		1,05		STN EN 13108-5
PA		1,10		STN EN 13108-7

6 Návrh a posúdenie zosilnenia

6.1 Všeobecne

K návrhu zosilnenia konštrukcie vozovky sa pristupuje vtedy, keď pri hodnotení vozovky z hľadiska únosnosti táto nespĺňa predpísané požiadavky.

Cieľom návrhu zosilnenia je určiť hrúbku vrstiev vrátane vlastností materiálov, pričom treba uvážiť a posúdiť konštrukčné a technologické varianty. Technologické varianty treba vždy posúdiť aj z hľadiska možností opätovného použitia materiálov.

V prípade, že zosilnenie je menšie ako 40 mm možno vozovku považovať z hľadiska únosnosti za kvalitnú a zosilňovať vozovku z dôvodu únosnosti nie je potrebné.

Konkrétne materiály vrstiev zosilnenia a konkrétny technologický postup pri zosilňovaní sa stanoví na základe konkrétnych podmienok vozovky.

(Napríklad na vozovkách, kde sa nemôže meniť niveleta je potrebné vrstvy frézovať. Vrstvy, v niektorých prípadoch, kde sa kopírujú z hydraulicky stmelených vrstiev trhliny do vrstiev krytu je potrebné použiť geosyntetické materiály. Od zaťaženia závisí aj použitie rôznych kvalitatívnych tried asfaltových zmesí.)

6.2 Posúdenie zosilnenia

Posúdenie zosilnenia je možné robiť dvomi spôsobmi:

- programom CANUV,
- spôsobom v článku 6.2.2 týchto TP.

6.2.1 Program CANUV

V prípade, ak máme k dispozícii program CANUV, ktorý vypočíta hrúbku zosilnenia aj posúdi navrhnutú konštrukciu vozovky so zosilnením. Program CANUV je podrobne rozpracovaný v TP 01/2009.

6.2.2 Posúdenie návrhu zosilnenia

Hrúbku zosilňujúcej vrstvy (vrstiev) asfaltovej vozovky môžeme aj posúdiť. Mechanická účinnosť asfaltovej vozovky zosilnenej vrstvou (vrstvami), alebo upravenej výmenou materiálov vrstiev sa posúdi pomocou súčiniteľa využitia únavovej pevnosti materiálu stmelenej (kritickej) vrstvy vozovky. Na výpočet súčiniteľa využitia únavovej pevnosti SV sa použijú modely konštrukcie vozovky s návrhovými parametrami a všeobecný vzťah

$$SV = \sum_{i=1}^{i=n} q_i \cdot \frac{\sigma_{r,i}}{S_N \cdot R_{i,i}} \quad (10)$$

kde:

- $\sigma_{r,i}$ radiálne napätie na spodnom povrchu posudzovanej (kritickej) vrstvy pre zaťaženie modelu kolesom návrhovej nápravy
- q_i pomerné trvanie určitých podmienok – i namáhania vozovky (0,5 pre stredné ročné podmienky, 0,3 pre podmienky v lete a 0,2 pre podmienky v zime)
- $R_{i,i}$ výpočtová hodnota pevnosti materiálu posudzovanej vrstvy v ťahu pri ohybe
- S_N súčiniteľ únavy materiálu, pre ktorý platí vzťah

$$S_N = a - b \cdot \log N \quad (11)$$

kde:

- a, b sú parametre únavy materiálu.

Výpočet (a posúdenie) súčiniteľa využitia únavovej pevnosti materiálu kritickej vrstvy sa robí pre účinok opakovaného zaťaženia $N_{c(I)}$ v etape I, ktorá trvá od začiatku používania vozovky do času zosilnenia a pre účinok zaťaženia $N_{c(II)}$ v etape II, t. j. pre návrhové obdobie po zosilnení vozovky. Súčiniteľ využitia SV únavovej pevnosti pre obe etapy (I + II) sa vyráta pomocou vzorca:

$SV_{(I+II)} = SV_I + SV_{II}$, rozpísaného v tvare

$$SV_{(I+II)} = \sum_{i=1}^{i=n} q_i \cdot \frac{\sigma_{r,i(II)}}{S_{N(I+II)} \cdot R_{i,i}} + \sum_{i=1}^{i=n} q_i \cdot \frac{\Delta \sigma_{r,i}}{S_{N(I)} \cdot R_{i,i}} \quad (12)$$

kde rozdiel napätí je

$$\Delta \sigma_{r,i} = \sigma_{r,i(II)} - \sigma_{r,i(I)} \quad (13)$$

kde:

- $\sigma_{r,i(I)}$ napätie v posudzovanej (kritickej) vrstve v etape I,
- $\sigma_{r,i(II)}$ napätie v posudzovanej (kritickej) vrstve v etape II.

Súčinitele únavy $S_{N(I)}$ a $S_{N(I+II)}$ sa vyrátajú pomocou vzťahu (11) týchto TP pre $N_{c(I)}$ a $N_{c(II)}$, pričom

$$N_{c(II)} = N_{c(II)\max} - N_{c(I)} \quad (14)$$

Všeobecný upravený vzťah pre teoretickú prevádzkovú výkonnosť $N_{c,\max}$ je

$$\log N_{c,\max} = \frac{a - \sum q_i \cdot \frac{\sigma_{r,i}}{R_{i,i}}}{b} \quad (15)$$

Posúdenie návrhu zosilnenia jestvujúcej vozovky sa robí pomocou modelu konštrukcie vozovky, ktorého parametre (moduly pružnosti E a Poissonove čísla μ) materiálov vrstiev a podložia sú vyrátané spätným výpočtom na základe priehybovej čiary povrchu vozovky a poradnicami nameranými pri dynamickej zaťažovacej skúške zariadeniami typu FWD.

Návrh zosilnenia konštrukcie asfaltovej vozovky pre projekt opravy vozovky na určitom úseku treba posúdiť pomocou kritérií. Základné kritériá, pomocou ktorých sa návrhy posúdia sú tie, ktoré sa používajú pri navrhovaní netuhých a polotuhých asfaltových vozoviek a sú uvedené v TP 03/2009.

Sú to:

- A. Ochrana vozovky proti účinkom premrzania,
- B. Pevnosť a únava stmelených materiálov,
- C. Stabilita nestmelených materiálov,
- D. Stabilita podložia.

Vzhľadom na únavu zabudovaných materiálov a zmenu ich vlastností je potrebné upraviť výpočtové charakteristiky (redukovať). Jedným z riešení môže byť aj redukcia súčiniteľa využitia pevnosti materiálu (%) vo vzťahu k počtu opakovaných zaťažení alebo doby používania vozovky.

7 PRÍLOHA 1 Delenie úseku na homogénne sekcie

7.1 Všeobecne

Cieľom rozdelenia úseku na homogénne sekcie znamená rozdelenie úseku na časti v ktorých je únosnosť približne rovnaká. Hodnoty charakteristík únosnosti (napríklad priehyb) majú v homogénnom úseku rovnomerne rozdelené hodnoty, variačný koeficient $c_v \leq 0,35$. Odporúčaná najmenšia dĺžka homogénnej sekcie z hľadiska technológie je 200 m. Homogénny úsek sa štatisticky zhodnotí, Vypočíta sa priemerná hodnota, smerodajná odchýlka, variačný koeficient, zaručená hodnota pre zvolenú charakteristiku atď.

7.2 Delenie úseku podľa zvoleného intervalu priehybu

Hranice homogénnych sekcií sa stanovujú pomocou zvoleného intervalu charakteristiky únosnosti (napríklad priemerného priehybu) na hodnotenom úseku. Súbor nameraných charakteristík sa vyhodnotí štatisticky. Stanoví sa odchýlka od priemeru Δ (napríklad Δy).

Všetky namerané hodnoty y v danej homogénnej sekcie musia byť v intervale:

$$y - \Delta y \leq y \leq y + \Delta y \quad (P1)$$

Metóda je vhodná pri navrhovaní zosilňovania vozoviek na cestnej sieti v procese rozhodovania.

Tabuľka 4 Namerané údaje

Staničenie	Namerané údaje	Súčtová čiara hodnoty	Staničenie	Namerané údaje	Súčtová čiara hodnoty
0	840	213	525	475	355
25	850	436	550	498	226
50	840	649	575	475	74
75	830	852	600	435	-118
100	855	1080	625	635	-110
125	790	1243	650	644	-93
150	760	1376	675	624	-96
175	795	1544	700	633	-90
200	835	1752	725	678	-39
225	841	1966	750	650	-16
250	815	2154	775	630	-13
275	450	1977	800	670	30
300	480	1830	825	635	38
325	460	1663	850	644	55
350	438	1474	875	624	52
375	475	1322	900	633	58
400	490	1185	925	678	109
425	480	1038	950	685	167
450	440	851	975	645	185
475	450	674	1000	655	213
500	460	507			

V tabuľke 4 je príklad nameraných údajov ekvivalentného modulu a hodnoty súčtovej čiary.

7.3 Delenie úseku pomocou súčtovej čiary

Hranice homogénnych sekcií sa stanovujú na základe tvaru a zmien graficky vyjadrenej súčtovej čiary. Body súčtovej čiary sa vypočítajú:

$$S_1 = y_1 - y \quad (P2)$$

$$S_{i=2}^n = y_i - y + S_{i-1} \quad (P3)$$

kde:

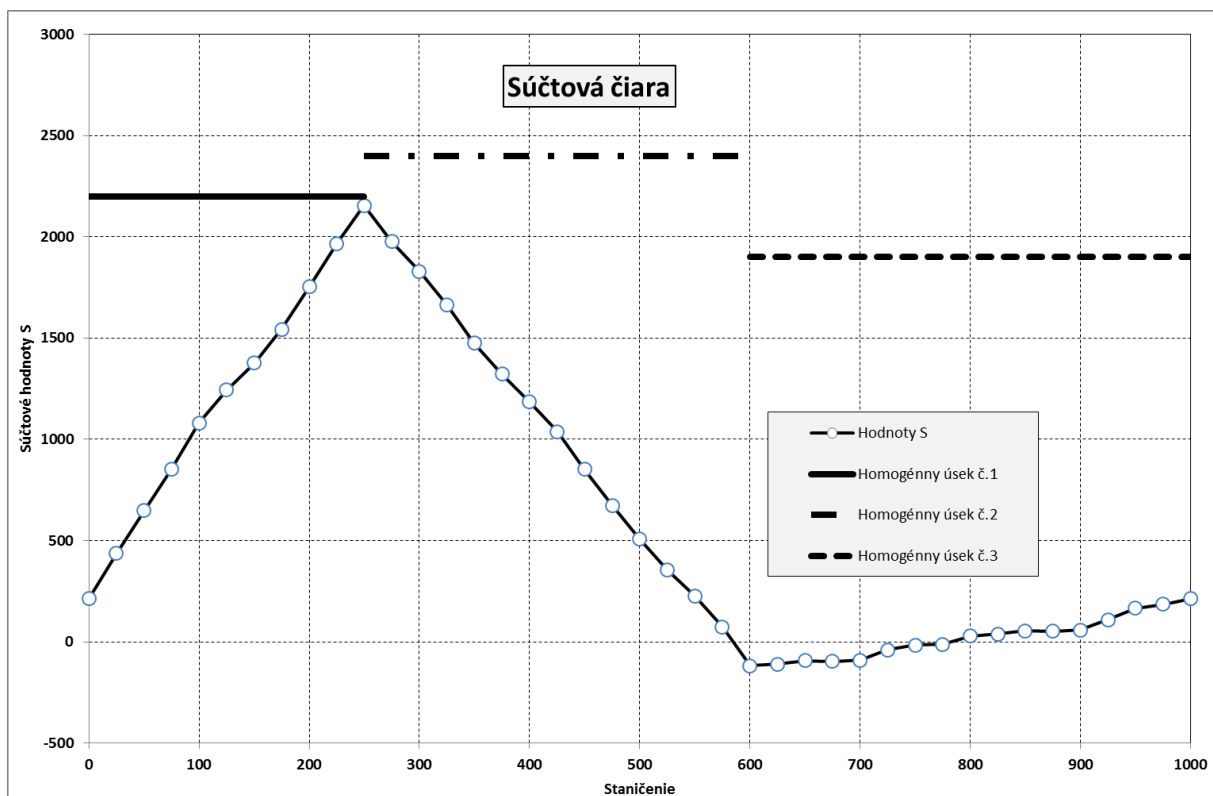
S_1 je hodnota súradnice bodu 1;

S_i hodnota súradnice bodu i ;

y priemerná hodnota charakteristiky úseku (napríklad priehybov);

y_i hodnota charakteristiky (napríklad priehybu) v bode i ;

Zmena sklonu súčtovej čiary indikuje hranice zmeny a homogenity a miesto, kde môžeme úsek rozdeliť.



Obrázok 2 Príklad rozdelenia na homogénne sekcie

Graficky sú namerané hodnoty zobrazené na obrázku 2, kde je uvedené aj rozdelenie úseku na homogénne sekcie nameraných údajov z tabuľky 4 týchto TP.

8 PRÍLOHA 2 Príklad návrhu

8.1 Všeobecne

Príklad stanovuje metódu ako určiť hrúbku zosilnenia. Príklad nezohľadňuje stav všetkých premenných parametrov vozovky nevyhnutných k správne návrhu zosilnenia ale vychádza len z únosnosti. Z tohto dôvodu príklad sa nevenuje konkrétnej technológii. Jednotlivé technológie sú podrobne rozpracované v TP 08/2011.

8.2 Zaťaženie

Objednávateľ uvádza nasledovné údaje o dopravnom zaťažení:

- počet ťažkých nákladných vozidiel je 102 za 24 hodín v oboch smeroch;
- návrhové bolo dané $n_0 = 20$ rokov,
- nárast intenzity dopravy sa predpokladá o 50 %, koeficient $\delta_z = 1,00$ a $\delta_k = 1,50$.

Redukovaný počet (ťažkých) nákladných vozidiel (NV_{red}) v jednom smere a v jednom (dimenzovanom) pruhu za 24 hodín sa určuje redukovaním NV_p .

Jednotlivé koeficienty sú:

- C1 súčiniteľ prevodu dopravného zaťaženia cestnej komunikácie na jeden smer a jeden (dimenzovaný) pruh: pre našu vozovku berieme hodnotou 0,5;
- C2 súčiniteľ vyjadrujúci pravdepodobnosť opakovania priečného profilu vozovky (v dimenzovanom pruhu): pre posudzovanú vozovku berieme hodnotu 1,0;
- C3 súčiniteľ vyjadrujúci mieru zaťaženia nákladných vozidiel a podľa výpočtov, ktorý môžeme uvažovať: vyťaženie 70 % hodnotou 0,53;
- C4- súčiniteľ, ktorý vyjadruje zvýšený účinok dopravného zaťaženia na úsekoch s usmernenou (kanalizovanou) dopravou, v miestach pred križovatkami a v miestach, kde vozidlá brzdia, zastavujú a akcelerujú a podobne. Jeho hodnota pre náš prípad je 2,0;

Celkové dopravné zaťaženie vyjadrené celkovým počtom nákladných vozidiel za návrhové obdobie n_0 rokov: $NV_c = NV_{red} \cdot 365 \cdot n_0$

Účinok prejazdov rôznych typov nákladných vozidiel, ktoré sa vyskytujú v dopravnom prúde sa vyjadruje účinkom (agresivitou) štandardného - návrhového zaťaženia. Týmto je návrhová náprava o ťaži 100 kN.

Je to fiktívne zaťaženie, ktoré používame preto, aby sme neposudzovali konštrukciu vozovky pre každé nákladné vozidlo vyskytujúce sa v dopravnom prúde.

Celkový počet prejazdov (opakovaní zaťaženia) návrhovej nápravy N_c , ktorý vyjadruje zastúpenie a účinky jednotlivých typov vozidiel v dopravnom prúde, sa určuje pomocou vzťahu $N_c = C5 \cdot NV_c$.

Prevodový súčiniteľ C5 je teda funkciou pomerného zastúpenia nákladných vozidiel v dopravnom prúde, ale aj zastúpenia typov konštrukcií vozoviek na cestnej sieti. V našom prípade uvažujeme s hodnotou 2,0.

Pre náš prípad potom uvažujeme:

- C1= 0,50;
- C2= 1,00;
- C3= 0,53 t. j. 70 % vyťaženie;
- C4= 2,00;
- C5= 2,00;
- návrhové obdobie je 20 rokov;
- nárast intenzity dopravy uvažujeme o 50 %.

N_c je 1 005 000 opakovaní návrhovou metódou. V ďalšom výpočte sme uvažovali s hodnotou 1.10^6 zaťažení nápravou 100 kN.

8.3 Výsledky diagnostiky

8.3.1 Diagnostika stavu zemného telesa a odvodnenia vozovky

Vozovka je v záreze nie je v násype a preto stav zemného telesa neposudzujeme. Vozovka má plne funkčné zariadenia na odvodnenie vozovky odvodnenie neovplyvňuje správanie sa zeminy v podloží ani vozovku.

8.3.2 Únosnosť vozovky

Výsledky meraní únosnosti sú uvedené v tabuľke 4. Do hodnotenia vstupuje ekvivalentný modul pružnosti.

8.3.3 Stav povrchu vozovky

Na základe vizuálnej prehliadky povrchu vozovky možno konštatovať, že sa prevažne jedná o poruchy obrusnej a ložnej vrstvy krytu.

8.3.4 Nerovnosť vozovky

Vyskytujú sa priečne deformácie (koľaje) v rozsahu 0 - 50 mm.

8.3.5 Drsnosť vozovky

Drsnosť vozovky je nevyhovujúca, je potrebné vymeniť obrusnú vrstvu vozovky.

8.3.6 Prieskum vozovky

Na základe jadrového vývrtnu bola stanovená takáto konštrukcia vozovky:

-	ABS	(AC 11 obrus)	50 mm
-	ABH	(AC 16 ložná)	50 mm
-	ABH	(AC 16 podklad)	80 mm
-	ŠD		200 mm
-	ŠP		200 mm
-	Spolu		580 mm

8.4 Návrh zosilnenia

Podkladom budú výsledky meraní pre stanovenie homogénnych sekcií uvedené v prílohe 1 týchto TP. Pre jednotlivé homogénne sekcie sme odvodili z grafu na obrázku 2 týchto TP jednotlivé zvyškové životnosti. Zvolili sme 90 % pravdepodobnosť a pre zaručenú hodnotu sme stanovili N_{zv} .

Tabuľka 5 Zvyšková prevádzková výkonnosť pre jednotlivé homogénne sekcie

Stanovenie zvyškovej prevádzkovej výkonnosti na základe E_{ekv} a grafu na Obr. 2	Vzorac	Homogénne sekcie			Homogénne sekcie		
		1	2	3	1	2	3
		E_{ekv}	E_{ekv}	E_{ekv}	N_{zv}	N_{zv}	N_{zv}
		MPa	MPa	MPa	Náprava	Náprava	Náprava
Priemerná hodnota	(4)	823	465	515	7,79E+05	8,18E+04	1,23E+05
Smerodajná odchýlka	(5)	29,59	20,03	79,93			
Zaručená hodnota 90 %	(6)	774	432	384	6,12E+05	6,12E+04	3,85E+04

Podľa vzorcov (1) a (2) týchto TP sme vypočítali h_{zv} a h_c . Podľa vzťahu (3) týchto TP sme vypočítali hrúbku zosilnenia pre jednotlivé homogénne sekcie

Tabuľka 6 Stanovenie teoretickej hrúbky zosilnenia vozovky pre homogénne sekcie

Veličina	Značka	Jednotka	Vzťah	Homogénne sekcie číslo		
				1	2	3
Počet návrhových náprav zvyškový	N_{zv}	náprava	tabuľka	6,12E+05	6,12E+04	3,85E+04
Zvyšková, teoretická hrúbka zosilnenia	h_{zv}	mm	(1)	436	360	344
Potrebný počet návrhových náprav	N_c	náprava	zaťaženie	1,00E+06	1,00E+06	1,00E+06
Potrebná teoretická hrúbka zosilnenia	h_c	mm	(2)	452	452	452
Návrhová, teoretická hrúbka zosilnenia	h_e	mm	(3)	16	92	108

Navrhujeme zosilnenie:

- homogénny úsek 1 zosilnenie 50 mm vrstvou AC obrus;
- homogénny úsek 2 zosilnenie 50 mm vrstvou AC obrus a vrstvou 50 mm AC ložná;
- homogénny úsek 3 zosilnenie 50 mm vrstvou AC obrus a vrstvou 50 mm AC ložná;

Návrhy zosilnenia sú tiež len príkladom. Z hľadiska výsledkov ďalších premenných parametrov môžu byť aj iné alternatívy napríklad pre homogénny úsek 1:

- bez zosilnenia;
- náter podľa STN EN 12271;
- mikrokoberec podľa STN EN 12273;
- SMA 40 mm podľa STN EN 13108-5;
- AC 50 mm podľa STN EN 13108-1;
- BBTM 30 mm podľa STN EN 13108-2;
- MA 30 mm podľa STN EN 13108-6.

Obdobne pre homogénny úsek 2 a 3 je viacej alternatív a to v kombinácii s frézovaním. Frézovanie a jeho hrúbka je závislá od stavu vozovky (stav všetkých premenných parametrov vozovky).