



## LIMITY STÁVAJÍCÍCH METODIK NÁVRHU VOZOVEK V ČR A NA SLOVENSKU Z POHLEDU UVAŽOVÁNÍ DELŠÍHO NÁVRHOVÉHO OBDOBÍ

Zpracovali: Ing. Jan Valentin, Ph.D., Ing. Petr Mondschein, Ph.D. (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

### Souhrn

Návrh vozovek je vždy prováděn s využitím výpočtového modelu či metodiky, která zohledňuje vnější i vnitřní podmínky, které konstrukci ovlivňují. Současně vychází z předpokladu určitého návrhového období, které je v ČR i na Slovensku řadu desetiletí uvažováno 25 let (příp. 30 let). Rozdílné jsou v jednotlivých metodikách kritéria, podle kterých se posouzení a zhodnocení provádí. Tato skutečnost je porovnána i v rámci řešení této aktivity. Dalším aspektem je potom nastavení minimálních materiálových požadavků, kterými lze charakterizovat v omezené míře jejich degradaci v čase. De facto jediným indikátorem dosud zůstávají únavové parametry, jelikož metodiky nijak nezohledňují změnu tuhosti. Slovenská metodika pracuje se třemi klimatickými obdobími, současně však nezohledňuje změnu tuhosti asfaltové směsi v čase. Na druhé straně slovenský přístup uvažuje s vývojem trvalých deformací, což lze bezesporu považovat za další indikaci degradace asfaltové vozovky. Obecně se tak ukazuje, že vhodným řešením by mohlo být sjednocení obou metodik s využitím aspektů, kterými se každá metodika v kladném slova smyslu odlišuje. Rozdílnost výsledku výpočtu oběma metodikami je demonstrována na několika typech konstrukcí vozovek, kde je uvažováno stejné zatížení dopravou a stejné návrhové období. Přesto je výsledný výpočet diametrálně odlišný a nelze tedy rozhodnout, zda danou metodikou je vozovka navržena skutečně správně či nikoli.

### Oblast použití

Poznatky získané provedenými analýzami i srovnávacími výpočty umožňují identifikovat rozdílnost mezi oběma metodikami. Současně poměrně dobře dokumentují nedostatky zvolených výpočtových modelů zejména z hlediska návrhu vozovek s prodlouženou životností, a to v kombinaci se zpracováním scénářů jejich cyklické opravy. Docílené výsledky tak jsou především důležitým podkladem při dalším rozvoji numerických modelů predikce užitného chování asfaltových vozovek, kde

je nezbytné zvolit správný přístup při posuzování charakteristik tuhosti či únavy při dobrém zohlednění použitých materiálů. Současně se jako klíčové jeví v modelech dokázat zohlednit stav, kdy se část konstrukce vozovky obnoví a tato skutečnost má v nějaké míře dopad i na konstrukční vrstvy, které zůstávají nezměněné a nadále podléhají pokračujícím účinkům degradace. Rozdíl je pouze v míře, s jakou k této degradaci dochází. Z praktického hlediska jsou poznatky klíčové při posuzování či návrhu vozovek, u kterých by byl stanoven požadavek na provedení posouzení a výpočtů s delším obdobím než je 30 let.

### Metodika a postup řešení

Z hlediska vlastního postupu řešení byla pozornost nejprve zaměřena na porovnání obou metodik. Důvodem je skutečnost, že obě metodiky vycházejí ze společných základů a historicky jedné metodiky, která se rozdělením Československa postupně upravila do dnešní podoby dvou metodik. Prvním rozdílem je samozřejmě kritérium, kterým se životnost netuhé vozovky posuzuje. Dalším aspektem jsou vstupy, které metodiky zohledňují a kde jediným rozdílem je uvažování návrhové úrovně porušení v případě české metodiky (slovenská neuvažuje). Obdobně byla pozornost věnována přístupu, kterým je v metodice uvažován přepočet intenzit dopravy na charakteristickou návrhovou nápravu, kde menší rozdíly mezi metodikami existují. S tím souvisí i princip započítání jednotlivých typů těžkých nákladních vozidel, kdy nelze jednoznačně určit, který z přístupů je propracovanější. V neposlední řadě byla pozornost věnována i degradačním parametrům, kdy slovenská metodika navíc posuzuje i odolnost vozovky/vrstvy proti vzniku trvalých deformací.

V dalším kroku řešení byla pozornost věnována vzájemnému porovnání a posouzení materiálových parametrů, které souvisejí s degradačním chováním konstrukčních asfaltových vrstev. Jedná se o moduly tuhosti a únavové parametry. V tomto ohledu jsou patrné rozdíly a to zejména v oblasti únavových parametrů, kdy česká metodika mnohem podrobněji zohledňuje aspekty, které výsledné únavové

parametry ovlivňují (modifikace asfaltových pojiv). Uvedená oblast nadále představuje jedno z klíčových hledisek, kterému je nezbytné věnovat zvýšenou pozornost a to i v kontextu správnosti nastavení minimálních požadovaných hodnot (to se týká např. tuhostem při zvolených teplotách). V neposlední řadě bylo zvoleno několik konstrukcí vozovek a k nim nastaveny hypotetické intenzity dopravy a jejich vývoj v čase s návrhovým obdobím zvýšeným oproti standardu na 35 let. Oběma metodikami byl proveden pro tyto konstrukce propočty při zohlednění zvolených cyklů obnovy či výměny obrusné nebo ložní vrstvy.

## Výsledky

Při využití postupu uvedeného v návrhové metodě dle TP 170 "Návrhování vozovek pozemních komunikací" MD ČR je hodnotícím kritériem při posuzování konstrukce vozovky celkové poměrné porušení  $D_{cd}$ . Při vlastním posouzení se vychází ze superpozice relativního poškození, která se vyjadřuje předpokladem, kdy velikost každého namáhání poškodí materiál úměrně meznímu počtu těchto namáhání stanoveného zkouškou (Minerova hypotéza). Metoda primárně posuzuje asfaltové vrstvy a zejména kritickou asfaltovou vrstvou, přičemž se předpokládá, že například hydraulickými pojivy stmelené podkladní vrstvy dosáhnou své meze porušení až po kritickém porušení asfaltových vrstev. Proto hydraulickými pojivy stmelené vrstvy nejsou v české návrhové metodice samostatně posuzovány a do výpočtů vstupují upravené parametry odpovídající částečné degradaci těchto vrstev. Předpokládá se tedy, že pokud nedojde k meznímu porušení asfaltových vrstev, resp. kritické podkladní asfaltové vrstvy, potom se neporuší ani hydraulicky stmelená podkladní vrstva. Následně se tedy již samostatně posoudí pouze podloží a to zejména ve vazbě na požadovanou únosnost.

Mezní hodnotou, která musí být v případě české návrhové metody splněna, je podmínka  $D_{cd} \leq 1,0$ . Při předpokladu požadované zbytkové životnosti pro posuzované období lze potom toto kritérium dále zpříšňovat. Pokud bude například uvažováno 35leté návrhové období a zbytková životnost bude stanovena 20 %, potom lze výše uvedenou podmínku upravit na novou maximální přípustnou hodnotu celkového poměrného porušení pro dané období  $D_{cd,upr} \leq 0,8$ , čímž je garantována požadovaná rezerva zbytkové životnosti konstrukce vozovky.

V případě slovenské metodiky je určujícím kritériem relativní porušení  $S_v$ , které se uvažuje pro každou z konstrukčních vrstev. Mezní hodnota dle příslušných předpisů je v závislosti na významnosti

pozemní komunikace stanovena hodnotou 0,80 nebo 0,85. Přístup se zohledněním zbytkové životnosti je potom obdobný jako v předešlém případě. Při vlastním posouzení se sleduje nekritičtější konstrukční vrstva, kde může v čase dojít k nejvyššímu relativnímu porušení.

Důležitými parametry, které při výpočtu a numerickém modelování vývoje chování konstrukčních vrstev vozovky mají zásadní vliv, jsou materiálové charakteristiky vymezující použité vrstvy. V rámci řešení aktivity v roce 2015 byla pozornost zaměřena především na problematiku modulů tuhosti a únavových parametrů, jak je obě metodiky uvažují. Prvním rozdílem jsou v případě modulů tuhosti charakteristické teploty, kdy slovenská metodika rozlišuje moduly v závislosti na ročním období. Při porovnání charakteristik s mezními hodnotami stanovenými v ČR se zde jeví jisté rozdíly, které je obecně dále kriticky posoudit porovnáním zkušebních těles laboratorně připravených směsí s tělesy zkušebních vývrtů odebraných z konstrukce vozovky.

Tab. 1 Návrhové parametry tuhosti a únavy dle TP170.

Typ směsi	Modul tuhosti (MPa) při 15°C	Únavové parametry	
		$\epsilon_6$	B
ACO, I	7500	135	5,0
ACL, I	7500	135	5,0
ACO, II	5500	115	5,0
ACL, II	5500	115	5,0
ACP	5500	100	5,0
SMA	7500	160	5,0
VMT A	9000	135	5,0

Tab. 2 Návrhové parametry tuhosti a únavy dle TP02/2009.

Typ směsi	Modul tuhosti (MPa) při teplotě			Únavové parametry	
	0°C	11°C	27°C	a	b
ACO, I	7500	5500	3000	0,95	0,120
ACL, I	5700	4200	3000	0,95	0,110
ACP, I	4500	3050	1250	0,95	0,110
ACO, modif.	7500	6000	3750	0,97	0,105
ACL, modif.	5700	4600	2800	0,95	0,110
SMA	7500	6000	3750	0,97	0,105

Opakovaně se zde projevují poměrně zásadní rozdíly v dosahovaných hodnotách. Druhým aspektem je volba únavových parametrů. Zde se v případě slovenské metodiky nejvíce projevuje skutečnost, že není zohledněna v dostatečné míře modifikace asfaltových pojiv a tudíž je z podstaty metodiky jedno, zda je modifikovaný asfalt použit nebo ne. Paradoxně dokonce při některých výpočtech vzniká situace, kdy vrstva s PMB vykazuje horší degradaci než vrstva stejné asfaltové směsi i tloušťky konstrukční vrstvy, avšak s použitím silničního asfaltu. Takový výsledek je nelogický. Česká

metodika oproti tomu v daleko lepší míře umí zohlednit vliv modifikace a možnost únavový parametr  $\varepsilon_6$  dále zlepšit, pokud je modifikace kvalitnější. Známa je i závislost zvýšení tohoto parametru z hlediska celkové životnosti.

V poslední části řešení aktivity 1.4.4 byly provedeny výpočty 8 typů konstrukcí vozovek s uplatněním obou návrhových metod. Konstrukce vozovek byly pro oba výpočty vždy identické stejně jako uvažované intenzity dopravy a skladba těžkých nákladních vozidel z hlediska jednotlivých typů. Shodně bylo uvažováno návrhové období 35 let a to s ohledem ke snaze posoudit návrhové metodiky z pohledu potřeby pozdějšího posuzování vozovek s dlouhou životností. Pro tento účel byla shodně pro všechny konstrukce zvolena ještě další premisa, kterou je scénář provedených oprav či rekonstrukcí. Ten v případě dále uvedených dvou typů konstrukcí předpokládal výměnu obrusné vrstvy po 10-12 letech (odpovídá současným poznatkům i v Německu, kde již delší dobu neplatí dřívější poznatky o životnosti SMA i 15 a více let). Současně se po cca 22 letech uvažovalo s výměnou ložní vrstvy. Výsledky propočtů jsou shrnuty dále, přičemž je patrné, že výsledné posouzení se mezi metodikami diametrálně liší.

Tab. 3 Posouzení konstrukce vozovky s VMT v kritické podkladní vrstvě (7000 TNV/den v roce 2015).

Konstrukční vrstva	t (mm)	Sv	Dcd
SMA 11; PMB; ČSN EN 13108-5	40	0,87	0,03
ACL 16; PMB; ČSN EN13108-1	60	1,34	0,00
VMT 22; PMB; TP151	100	0,96	0,04
SC C <sub>5/6</sub> 22	200	0,72	-
SD <sub>A</sub> 0/45	220	0,00	-
Podloží	-	0,37	0,25
<b>CELKEM</b>	<b>620</b>		

Tab. 4: Posouzení konstrukce vozovky s typickým AC v kritické podkladní vrstvě (7000 TNV/den v roce 2015).

Konstrukční vrstva	t (mm)	Sv	Dcd
SMA 11; PMB; ČSN EN 13108-5	40	0,80	0,08
ACL 16; PMB; ČSN EN13108-1	60	0,74	0,01
ACP 22; 50/70; ČSN EN13108-1	90	0,34	0,67
SC C <sub>5/6</sub> 22	220	0,80	-
SD <sub>A</sub> 0/45	220	0,00	-
Podloží	-	0,40	0,49
<b>CELKEM</b>	<b>630</b>		

## Závěr

Na základě provedených analýz a výpočtů lze shrnout klíčové poznatky, jež je třeba zohlednit při

rozvoji návrhových metodik, resp. modelů predikce dlouhodobého chování asfaltových vozovek:

- Návrhové metodiky na Slovensku a v ČR pro netuhé a polotuhé vozovky jsou kalibrovány na 25 let (max. 30 let). Delší návrhové období neumožňuje zcela exaktní výpočty, resp. k prokázání dostatečné životnosti vozovky je nezbytné přistupovat s vědomím této skutečnosti a nejistotou časově delšího výpočtu.
- Návrhové metodiky na Slovensku a v ČR nezohledňují v žádném směru scénáře oprav a údržby vozovky s jednotlivými cykly obnovy či rekonstrukcí, přičemž česká metodika s jistou výhodou umožňuje provádět lepší predikci. Je třeba přesto mít na paměti skutečnost, že se vždy jedná o predikci ve výpočtovém modelu, který nebyl nikdy koncipován pro účely zapracování technického vylepšení konstrukce vozovky a tudíž i odlišného průběhu degradace v čase a při různých podmínkách; např. podkladních vrstev, pokud ložní a obrusnou vrstvu obnovíme.
- Slovenská návrhová metodika dle TP 03/2009 v minimální míře rozlišuje únavové parametry mezi různými typy asfaltových vrstev, zejména potom není rozlišeno provedení konkrétních vrstev s využitím silničního nebo polymerem modifikovaného asfaltu. Tato skutečnost tak nepostihuje správně únavovou životnost, která je typem pojiva a mírou jeho modifikace zásadním způsobem ovlivněna. V tomto směru česká návrhová metodika dle TP170 nabízí lepší přístup, který reflektuje v lepší míře únavové parametry, které jsou opakovaně ověřovány při laboratorních zkouškách různými metodami dle platných EN norem a jsou lépe srovnatelné s poznatky jiných zemí.
- Slovenská návrhová metodika dle TP03/2009 pracuje s nižšími hodnotami modulů tuhosti, které v dlouhodobém výhledu nutně nemusí odpovídat skutečným poznatkům, které jsou dosahovány i na zkušebních vzorcích odebraných z vozovek pozemních komunikací. V tomto ohledu je nezbytné další intenzivní sledování této charakteristiky, neboť i v ČR máme zkušenost rozdílnosti modulu tuhosti u identické směsi vyrobené v laboratoři nebo odebrané z konstrukce vozovky

## Literatura

- [1] Ministerstvo dopravy ČR: Tehcnické podmínky TP170 – Navrhování vozovek pozemních komunikací, Praha, 2004.
- [2] Ministerstvo dopravy SK: Technické podmínky TP03/2009 - Navrhovanie netuhých a polotuhých vozoviek, Bratislava, 2009.