

**MINISTERSTVO DOPRAVY ČESKÉ REPUBLIKY**

**TP 170**

# **NAVRHOVÁNÍ VOZOVEK POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ**



**Schváleno MD ČR OPK pod č.j. 517/04-120-RS/1  
ze dne 23.11.2004 s účinností od 1. prosince 2004**

**Současně se ruší a nahrazují v celém rozsahu:**

- TP 77, schválené MD ČR pod č.j. 23977/95-230 ze dne 1.12.1995**
- TP 78, schválené MD ČR pod č.j. 23978/95-230 ze dne 1.12.1995**
- TP 122, schválené MD ČR pod č.j. 23842/99-120 ze dne 4.6.1999**

**Vysoké učení technické v Brně, fakulta stavební  
České vysoké učení technické v Praze, fakulta stavební  
Stavby silnic a železnic, a.s.  
ODS – Dopravní stavby Ostrava, a.s.**

**listopad 2004**



## OBSAH

<b>ÚVOD .....</b>	<b>iii</b>
<b>1 PŘEDMĚT TECHNICKÝCH PODMÍNEK.....</b>	<b>1</b>
<b>2 ZÁKLADNÍ USTANOVENÍ .....</b>	<b>1</b>
2.1 Závaznost TP .....	1
2.2 Rozsah platnosti TP .....	1
2.3 Předpoklady navrhování vozovek.....	1
2.4 Základní požadavek navrhování .....	1
<b>3 ZÁKLADNÍ POJMY, ZNAČKY A OZNAČOVÁNÍ .....</b>	<b>2</b>
3.1 Základní pojmy spolehlivosti konstrukcí vozovek .....	2
3.2 Značky a označování .....	2
<b>4 POŽADOVANÁ ROZHODNUTÍ A PODKLADY PRO NAVRHOVÁNÍ VOZOVEK .....</b>	<b>5</b>
4.1 Stanovení návrhové úrovně porušení.....	5
4.2 Zatížení.....	6
4.3 Podloží vozovky .....	8
4.4 Klimatické podmínky .....	10
4.5 Typy vozovek .....	10
<b>5 NÁVRH VRSTEV VOZOVEK.....</b>	<b>10</b>
5.1 Návrh krytů vozovek.....	10
5.2 Návrh vozovky .....	12
<b>6 KONSTRUKČNÍ POŽADAVKY .....</b>	<b>12</b>
6.1 Zemní těleso a odvodnění.....	12
6.2 Odolnost proti mrazovým zdvihům .....	13
6.3 Nestmelené vrstvy vozovek.....	14
6.4 Vrstvy netuhých vozovek .....	14
6.5 Vrstvy tuhých vozovek .....	16
<b>7 TECHNICKO-EKONOMICKÉ POROVNÁNÍ NAVRŽENÝCH VOZOVEK .....</b>	<b>16</b>
<b>8 ČINNOSTI SPOJENÉ S NAVRHOVÁNÍM PŘI VÝSTAVBĚ VOZOVEK .....</b>	<b>17</b>
8.1 Kontrola prací při výstavbě.....	17
8.2 Postup při změně návrhu vozovky.....	17
<b>9 POVINNÉ ÚDAJE PŘI NAVRHOVÁNÍ VOZOVEK .....</b>	<b>18</b>

<b>Tabulka 1 – Návrhové úrovně porušení v závislosti na dosavadním rozřídění pozemních komunikací s očekávaným dopravním zatížením a přípustnou plochou výskytu konstrukčních poruch na konci návrhového období .....</b>	<b>5</b>
<b>Tabulka 2 – Třídy dopravního zatížení.....</b>	<b>7</b>
<b>Tabulka 3 – Spolehlivost stanovení charakteristické hodnoty poměru únosnosti CBR v závislosti na třídě dopravního zatížení .....</b>	<b>9</b>
<b>Tabulka 4 – Požadované minimální moduly přetvárnosti na pláni vozovky v závislosti na druhu zeminy a zlepšení podloží vozovky (aktivní zóně).....</b>	<b>13</b>
<b>Tabulka 5 – Požadovaná minimální tloušťka nenamrzavých vrstev netuhé vozovky včetně podloží z nenamrzavých materiálů .....</b>	<b>14</b>
<b>Tabulka 6 – Požadovaná minimální tloušťka nenamrzavých vrstev tuhé vozovky včetně podloží z nenamrzavých materiálů.....</b>	<b>15</b>
<b>Tabulka 7 – Požadované minimální moduly přetvárnosti podloží vozovky a nestmelených vrstev vozovky před pokládkou následné konstrukční vrstvy vozovky v závislosti na jejich tloušťce a modulu přetvárnosti pod ní ležící vrstvy.....</b>	<b>17</b>
<b>Tabulka 8 – Zatřídění zeminy podle ČSN 72 1002, očekávaná hodnota únosnosti CBR při optimální vlhkosti a očekávaný modul přetvárnosti při kontrole podloží vozovky podle ČSN 72 1006 .....</b>	<b>22</b>

<b>Obrázek 1 – Postup návrhu vozovky podle katalogu .....</b>	<b>19</b>
<b>Obrázek 2 – Postup návrhu vozovky podle návrhové metody .....</b>	<b>20</b>
<b>Obrázek 3 – Stanovení kapilární vztlakovosti zemin podle ČSN 72 1002 Klasifikace zemin pro silniční komunikace, 1971.....</b>	<b>20</b>
<b>Obrázek 4 – Příklad odvodnění vrstvy nad méně propustným podkladem .....</b>	<b>20</b>

<b>DODATEK .....</b>	<b>23</b>
----------------------	-----------

Citované normy

Citované předpisy

Související normy

Obdobné předpisy

Nahrazení předchozích předpisů

Změny proti předchozím technickým podmínkám

## **Samostatné přílohy:**

### **A. KATALOG VOZOVEK**

### **B. NÁVRHOVÁ METODA**

## Úvod

TP pro navrhování vozovek pozemních komunikací vychází z tradice předpisů vydávaných Ministerstvem dopravy již od roku 1966. Předpisy užívaly a užívají analytickou návrhovou metodu založenou na znalosti dopravního zatížení, prostředí, charakteristik podloží a vrstev vozovky. Výpočtem se stanoví účinky zatížení ve vrstvách vozovky a podle jejich velikosti se stanovuje množství přípustných zatížení silničním provozem.

Návrhová metoda užívá jednoduchý a dostupný způsob výpočtu účinků zatížení a účinek zatížení odpovídá měřitelné veličině, kterou lze vozovku nebo vrstvu vozovky kontrolovat. Historicky se za vypočítaný a měřený účinek bral průhyb vozovky, napětí ve vrstvě a v poslední době poměrné přetvoření ve vrstvách vozovky a v podloží vozovky.

TP pokrývají celou problematiku návrhu nových vozovek rozdělením do tří částí.

Ve všeobecné části jsou definovány principy navrhování vozovek, požadované podklady pro navrhování, konstrukční požadavky, zásady pro porovnání navržených vozovek a kontrolu prací. V této části je také stanoveno, jak musí být návrh vozovky dokladován.

Návrh vozovky se pak provede podle:

**Katalogu vozovek**, který umožňuje návrh vozovky z běžných konstrukčních vrstev.

**Návrhové metody vozovek**, která podrobně rozvádí stanovení charakteristik dopravního zatížení, podloží a vrstev vozovky a stanovuje postup pro návrh a posouzení vozovky.

Všechny tři části navrhování na sebe navazují. V návrhu podle Katalogu jsou použity postupy a materiálová základna pokrytá dosavadními technickými předpisy. Návrhová metoda využívá přístupů a postupů vyplývajících z posuzování materiálů, vrstev a konstrukcí vozovek. Umožňuje zavedení soustavy technických předpisů vycházejících z evropských norem, které budou orientovány na funkční (performance) vlastnosti. Přesto navrhování podle této části vychází z dosavadních předpisů a laboratorních postupů s tím, že po přechodu na evropské normy bude nutno některé detaily navrhování přizpůsobit postupům podle ČSN EN.

Oproti dřívějším TP se navrhování liší zejména tím, že:

- Veškeré navrhování je v jednom technickém předpisu s přísnou návazností.
- Jsou zavedeny úpravy podloží vozovky (aktivní zóny), které výrazně ovlivňují návrh vozovky.
- Charakteristiky vrstev vozovek jsou upřesněny, vychází z dostupných materiálů a provedených měření. Některé vrstvy vozovek jako neprováděné nebo prováděné nespolehlivě byly vypuštěny.
- Při navrhování vozovky, kontrole výstavby a stavu vozovky se mohou používat funkční (performance) vlastnosti mající vztah k užívání a dlouhodobé funkci vozovky.
- Materiálové charakteristiky vrstev lze stanovit měřením v laboratoři nebo na vozovce.
- Umožňují použít přesnější výpočtové modely a modely porušování pro stanovení charakteristik vrstev vozovek s tím, že kalibrace soustavy dílčích součinitelů spolehlivosti odpovídajících těmto modelům se ověří na vozovkách uvedených v Katalogu vozovek.
- Nezabývají se výslovně návrhem spojitě vyztužených cementobetonových vozovek, nedošlo k jejich ověřování a transfer zahraničních zkušeností je možný.

Tyto TP jsou výstupem řešení výzkumného projektu MD ČR S301/120/601 Zlepšení stavu vozovek pozemních komunikací (1996 až 2001), řešení výzkumného záměru VUT FAST MSM 261100007 Teorie, spolehlivost a mechanismus porušování staticky a dynamicky namáhaných stavebních konstrukcí a s využitím posuzování vozovek před jejich opravou a rekonstrukcí a výzkumných záměrů ČVUT – Fakulty stavební MSM 210000001 Funkční způsobilost a optimalizace stavebních konstrukcí, resp. MSM 210000004 Experimentální výzkum stavebních materiálů a technologií.

Dopracování TP bylo provedeno v rámci řešení výzkumného projektu MD ČR 803/120/117 Asfaltové vozovky nové generace v ČR (řešitelé SSŽ, a.s., VUT, ČVUT, NIEVELT-Labor Praha spol. s r.o. a PSVS a.s.)



## **1 Předmět technických podmínek**

**1.1** Technické podmínky (dále jen TP) platí pro navrhování vozovek pozemních komunikací a konstrukcí dopravních a jiných ploch, nemotoristických komunikací a zpevněných krajnic zatěžovaných provozem kolových vozidel a klimatickými účinky.

**1.2** TP navazují na ČSN 73 0031, ČSN P ENV 1991-1 (ČSN 73 0035), ČSN 73 6114, ČSN 73 6121 až 31 Stavba vozovek, ČSN 73 6133, na související normy a Technické podmínky, Technické kvalitativní podmínky a další technické předpisy MD ČR pro stavby pozemních komunikací.

## **2 Základní ustanovení**

### **2.1 Závaznost TP**

Tyto TP jsou závazné v rozsahu působnosti Ministerstva dopravy ČR.

### **2.2 Rozsah platnosti TP**

**2.2.1** TP platí pro návrh nově budovaných vozovek včetně návrhu budoucí opravy nebo dostavby (etapové výstavby).

**2.2.2** TP lze použít pro posouzení provozovaných vozovek a pro návrh jejich údržby a oprav. Takové použití těchto TP specifikují TP 87 Navrhování údržby a oprav netuhých vozovek.

**2.2.3** TP umožňují použít upřesněné vstupní údaje pro navrhování, jiné zkoušky pro stanovení charakteristik navrhování a jiné modely. V návrhové metodě jsou uvedeny postupy využití a ověření těchto údajů a modelů.

### **2.3 Předpoklady navrhování vozovek**

TP vychází z následujících obecných předpokladů:

- je stanoveno užívání vozovky,
- vozovku navrhují příslušně kvalifikované a zkušené osoby,
- stavební práce provádějí organizace s příslušnou odborností a zkušeností,
- stavební materiály a výrobky se používají podle ustanovení těchto TP a podle ustanovení ČSN 73 6121 až 31 Stavba vozovek a dalších souvisejících norem a předpisů,
- je zajištěn náležitý dohled a řízení jakosti ve výrobních stavebních materiálech, stavebních směsích a na staveništi,
- vozovka se bude užívat způsobem uvažovaným při navrhování,
- vozovka se bude náležitě udržovat.

### **2.4 Základní požadavek navrhování**

Vozovka má být navržena a provedena takovým způsobem, aby s požadovanou spolehlivostí odolala zatížením a vlivům, jejichž výskyt lze během provádění a užívání očekávat.

### 3 Základní pojmy, značky a označování

#### 3.1 Základní pojmy spolehlivosti konstrukcí vozovek

Dále uvedené pojmy upřesňují pojmy z ČSN 73 6114.

**3.1.1 Spolehlivost vozovky** je schopnost vozovky plnit požadované provozní funkce v požadovaném časovém úseku. Základní charakteristikou spolehlivosti vozovky je její provozní způsobilost a únosnost. Dalšími charakteristikami spolehlivosti jsou trvanlivost, udržitelnost a opravitelnost vozovky.

**3.1.2 Provozní funkce** vozovky je schopnost vozovky umožnit bezpečný, plynulý, rychlý, hospodárný a pohodlný provoz silničních vozidel s omezením vlivu na životní prostředí (dopravní hluk).

**3.1.3 Provozní způsobilost** je vlastnost povrchu vozovky; je vyjádřena buď okamžitými měřenými hodnotami protismykových vlastností, podélné a příčné nerovnosti a dopravního hluku (při odvalování pneumatik) nebo druhem, lokalizací a plochou poruch vozovky.

**3.1.4 Únosnost** je schopnost vozovky přenášet zatížení. Při navrhování se vyjadřuje zatížením (nápravy nebo sestavy kol) a počtem opakování těchto zatížení.

**3.1.5 Trvanlivost** je schopnost povrchu vozovky odolávat účinkům zatížení a klimatických vlivů. Při navrhování vozovky se vyjadřuje předpokládanou dobou životnosti obrusné vrstvy.

**3.1.6 Udržitelnost a opravitelnost** jsou schopnosti vozovek zachovávat nebo zlepšovat provozní způsobilost a únosnost vozovky pomocí technologií údržby a oprav.

POZNÁMKA – Vlivem mechanických, fyzikálních, chemických a jiných procesů dochází k **poškození** konstrukčních vrstev vozovek, ke snižování únosnosti vozovky a trvanlivosti obrusné vrstvy. Kumulace poškození vede ke vzniku poruch vozovky.

**3.1.7 Konstrukční porucha** je porucha vozovky kumulací poškození opakovaným zatěžováním. Opakovaný tah (únava) ve stmelěných vrstvách vozovek způsobí vývoj trhlin (síťové trhliny v asfaltových vrstvách ve stopách vozidel a podélné a příčné trhliny ve střední třetině cementobetonové desky). Opakovaný tlak na podloží způsobí kumulaci nepružných přetvoření podloží s vývojem deformací ve stopě vozidel, porušení odvodnění pláň až prolomení vozovky.

**3.1.8 Povrchové poruchy** a poruchy krytových vrstev vozovky jsou poruchy vedoucí ke ztrátě odolnosti proti smyku a rovnosti, k vysprávkám povrchu a zvýšení dopravního hluku.

POZNÁMKA – Vývoj všech poruch a jejich klasifikace jsou popsány v katalogích poruch vozovek (TP 62 a TP 82).

**3.1.9 Návrhová úroveň porušení** je předpokládaný vývoj porušování vozovky, který je v těchto TP vyjádřen přípustnou plochou výskytu konstrukčních poruch na konci návrhového období.

POZNÁMKA 1 – Do doby, než budou k dispozici podklady pro celkové hodnocení ekonomické efektivity výstavby, užívání, údržby a opravy vozovek (např. posuzování podle programu HDM-4), zastupuje toto hodnocení návrhová úroveň porušení.

POZNÁMKA 2 – V závislosti na návrhové úrovni porušení jsou v TP 87 stanoveny hodnoty charakteristik provozní způsobilosti a jejich klasifikace.

#### 3.2 Značky a označování

**3.2.1** Použitá označování vrstev vozovek odpovídají souboru norem ČSN 73 6121 až 31:



AB I	- asfaltový beton, kvalitativní třída I, ...,
ACB	- asfaltocementový beton,
AKD	- asfaltový koberec drenážní,
AKM I	- asfaltový koberec mastixový, kvalitativní třída I, ...,
AKT	- asfaltový koberec tenký,
CB I	- cementový beton, skupina I, ...,
DL	- dlažba,
L	- ložní vrstva dlažby,
EKZ	- emulzní kalový zákryt,
KAPS I	- kamenivo zpevněné popílkovou suspenzí, kvalitativní třída I, ...,
KSC I	- kamenivo zpevněné cementem, kvalitativní třída I, ...,
LA I	- litý asfalt, jakostní třída I, ...,
MCB	- mezerovitý beton,
MZ	- mechanicky zpevněná zemina,
MZK	- mechanicky zpevněné kamenivo,
N	- nátěr,
OK I	- obalované kamenivo, kvalitativní třída I, ...,
PB I	- podkladový beton, kvalitativní třída I, ...,
PM	- penetrační makadam,
R	- recyklované vrstvy materiálů z vozovek stmelené cementem a asfaltovou emulzí nebo pěnou,
S I,	- stabilizace, kvalitativní třída I, ...,
ŠCM	- štěrk částečně vyplněný cementovou maltou,
ŠD	- štěrkodeř,
ŠP	- štěrkopísek,
VB I	- válcovaný beton, kvalitativní třída I, ...,
VM	- vsypný makadam,
VMT A	- asfaltová směs s vysokým modulem tuhosti, typ A, viz TP 151,
ZZv	- zlepšená zemina vápnem, viz ČSN 73 6133.

### **3.2.2 Použitá označování zemin podle ČSN 72 1001:**

- G** štěrkovité zeminy třídy G1 až G5 (G1 GW – štěrk dobře zrněný, G2 GP – štěrk špatně zrněný, G3 G-F – štěrk s příměsí jemnozrnné zeminy, G4 GC – štěrk jílovitý, G5 GM – štěrk hlinitý),
- S** písčité zeminy třídy S1 až S5 (S1 SW – písek dobře zrněný, S2 SP – písek špatně zrněný, S3 S-F – písek s příměsí jemnozrnné zeminy, S4 SC – písek jílovitý, S5 SM – písek hlinitý),
- F** jemnozrnné zeminy třídy F1 až F8 (F1 MG – štěrkovitá hlína, F2 CG – štěrkovitý jíl, F3 MS – písčitá hlína, F4 CS – písčitý jíl, F5 ML – hlína s nízkou plasticitou, F5 MI – hlína se střední plasticitou, F6 CL – jíl s nízkou plasticitou, F6 CI – jíl se střední plasticitou, F7 MH – hlína s vysokou plasticitou, F7 MV – hlína s velmi vysokou plasticitou, F7 ME – hlína s extrémně vysokou plasticitou, F8 CH – jíl s vysokou plasticitou, F8 CV – jíl s velmi vysokou plasticitou, F8 CE – jíl s extrémně vysokou plasticitou).

V TP jsou dále použity následující zkratky:

- A** - intenzita autobusů,  
**B** - mocnitel vyjadřující účinek opakovaného zatěžování,  
**CBR** - poměr únosnosti zemin (CBR) podle ČSN 72 1015, %,   
 $C_i$  - součinitel přepočtu TNV na účinek návrhové nápravy v dimenzačním průřezu,   
 $C_T$  - součinitel zohledňující borcení CB desky,   
**D0, D1** - návrhová úroveň porušení vozovky,   
**D** - poměrné porušení,   
**E** - modul pružnosti, MPa,

$E_{def,2}$	- modul přetvárnosti podloží a nestmelených vrstev vozovky podle ČSN 72 1006, MPa,
$L$	- pružná charakteristika CB desky, m,
$I_m$	- index mrazu, °C,
$H$	- tloušťky v katalogu, $H_A$ – asfaltových vrstev, $H_{CB}$ – cementobetonového krytu, $H_V$ – vozovky, mm,
$CH$	- konstrukce chodníku nebo jiné nemotoristické komunikace,
$O$	- konstrukce komunikací vyhrazených pro osobní vozidla, kde není trvalým fyzickým opatřením znemožněn vjezd TNV
$M$	- ohybový moment, MN,
$N1, N2$	- intenzita nákladních vozidel,
$N$	- počet opakování zatížení,
$N_c$	- celkový počet přejezdů návrhových náprav v návrhovém období,
$NS$	- intenzita návěsových souprav,
$PA$	- intenzita přívěsů autobusů nebo zadních náprav kloubových autobusů,
$PN$	- intenzita přívěsů nákladních vozidel,
$PI, PII$	- typ podloží stanovený v katalogu vozovek,
$Q$	- celkové zatížení návrhové nápravy,
$T$	- teplota, °C,
$TNV$	- těžká nákladní vozidla,
$TNV$	- intenzita těžkých nákladních vozidel,
$TDZ$	- třída dopravního zatížení,
$TNV_i$	- charakteristika provozu TNV, index odlišuje denní intenzity a celkový počet TNV,
$TP$	- technické podmínky.
$a_j$	- charakteristika únavy,
$a$	- poloměr zatěžovací plochy, mm,
$b$	- charakteristika únavy,
$d_{pr}$	- hloubka promrznutí, m,
$h$	- tloušťka vrstvy cementobetonového krytu, m,
$h_s$	- kapilární výška při úplném nasycení pórů zeminy vodou, m,
$f_t$	- pevnost betonu v tahu, MPa,
$l$	- poloměr relativní tuhosti CB desky, m,
$m$	- meziroční nárůst intenzity těžkých nákladních vozidel, %,
$m_j$	- počet sčítanců podle indexu $j$ ,
$q$	- dotykový tlak, MPa,
$w$	- průhyb vrstevnatého poloprostoru, mm,
$t$	- čas, návrhové období, roky,
$\Delta T$	- teplotní rozdíl, K,
$\alpha$	- délkový součinitel teplotní roztažnosti betonu, $K^{-1}$ ,
$\gamma$	- dílčí součinitel spolehlivosti,
$\delta$	- součinitel růstu intenzity těžkých nákladních vozidel,
$\varepsilon$	- poměrné přetvoření,
$\varepsilon_6$	- velikost poměrného přetvoření stanovená při únavové zkoušce asfaltových směsí pro $10^6$ zatěžovacích cyklů,
$\eta$	- součinitel nárůstu pevnosti betonu s časem,
$\mu$	- součinitel příčného přetvoření,
$\sigma$	- napětí, MPa,
$\tau$	- poměrná délka trvání klimatických podmínek,
$\psi$	- součinitel kombinace zatížení.

## 4 Požadovaná rozhodnutí a podklady pro navrhování vozovek

Navrhování vozovek se provede podle části TP:

- A. Katalog vozovek,
- B. Návrhová metoda.

Schéma navrhování podle jednotlivých částí TP je uvedeno v obrázcích 1 a 2.

Vstupní údaje pro návrh vozovky jsou:

- návrhová úroveň porušení,
- dopravní zatížení a návrhové období,
- charakteristiky podloží,
- klimatické podmínky.

Dopravní zatížení a charakteristiky podloží jsou podrobněji rozpracovány v návrhové metodě.

### 4.1 Stanovení návrhové úrovně porušení

#### 4.1.1 Návrhová úroveň porušení vozovky se stanovuje podle tabulky 1.

POZNÁMKA 1 – Jednotlivé návrhové úrovně porušení odpovídají funkčnímu rozdělení PK a intenzitě silničního provozu. Klasifikují budoucí poskytovanou provozní způsobilost vozovky a přípustný rozsah konstrukčních poruch na konci návrhového období.

POZNÁMKA 2 – Tabulka 1 umožňuje zařadit obslužné místní komunikace do dvou různých návrhových úrovní porušení. Vyšší návrhová úroveň se volí při vyšší náročnosti na trvanlivost a na charakteristiky provozní způsobilosti. Přihlíží se k omezení údržby a oprav vozovky v zástavbě, mezi obrubníky apod.

POZNÁMKA 3 – Pokud je výhodná etapová výstavba (dostavba) vozovek, může se v první etapě pro stanovení kvality a tloušťek vrstev volit nižší návrhová úroveň porušení (např. pro budoucí D1 se zvolí D2).

**Tabulka 1 – Návrhové úrovně porušení v závislosti na dosavadním rozřídění pozemních komunikací s očekávaným dopravním zatížením a přípustnou plochou výskytu konstrukčních poruch na konci návrhového období**

Návrhová úroveň porušení vozovky	Dopravní význam pozemní komunikace ČSN 73 6101, ČSN 73 6110	Očekávaná třída dopravního zatížení ČSN 73 6114 <sup>1)</sup>	Plocha s konstrukčními poruchami %
D0	Dálnice, rychlostní silnice, rychlostní místní komunikace, silnice I. třídy	S, I, II, III	< 1
D1	Silnice II. a III. třídy, sběrné místní komunikace, obslužné místní komunikace, odstavné a parkovací plochy	III, IV, V a VI	< 5
D2 <sup>-</sup>	Obslužné místní komunikace, nemotoristické komunikace, odstavné a parkovací plochy	V, VI	< 25
	Dočasné komunikace, účelové komunikace	IV až VI	

**Poznámky:**

<sup>1)</sup> Viz tabulka 2.

#### 4.1.2 Návrhová úroveň porušení se při navrhování zajišťuje:

- konstrukčními úpravami podloží vozovky,
- výběrem druhu konstrukčních vrstev a stavebních materiálů,
- stanovením tloušťek vrstev vozovky odpovídajících dopravnímu zatížení,
- konstrukčními a technologickými požadavky.

POZNÁMKA 1 – Některé druhy vrstev vozovky neumožňují zařazení do vyšších návrhových úrovní. Např. dlážděné vozovky na nestmeleném podkladu (s výjimkou MZK), nátěr na stmeleném podkladu a penetrační (vsypný) makadam a jiné úpravy bez asfaltových směsí v krytu vozovek nemohou být zařazeny do návrhové úrovně porušení vyšší než D2.

POZNÁMKA 2 – Pokud užíváním vozovky vznikají předčasné konstrukční poruchy, příčiny spočívají v:

- nedodržení konstrukčních a technologických požadavků (nedodržení požadované jakosti vrstev a jejich tloušťek, nedodržení pracovních teplot, podmínek pokládky a zhutnění asfaltových směsí, nespojení asfaltových vrstev, opožděném vytvoření a neutěsnění smršťovacích spár, neodvodnění vrstev nad nepropustnou nebo méně propustnou vrstvou apod.),
- nedostatečné běžné údržbě (spár a trhlin, povrchových poruch, odvodnění apod.),
- užívání, které neodpovídá předpokladům návrhu (vyšší dopravní zatížení, vyšší nápravový tlak apod.),
- podhodnocení vlivu prostředí a dopravního zatížení,
- kombinaci uvedených vlivů,
- chybném dimenzování.

## 4.2 Zatížení

### 4.2.1 Dopravní zatížení

Dopravní zatížení je počet zatížení určité velikosti.

Poznámka – U netuhých vozovek má kromě těchto charakteristik vliv na vývoj porušování vozovek doba trvání zatížení (rychlost přejezdu vozidla nebo stání).

### 4.2.2 Dopravní zatížení silničním provozem

**4.2.2.1** Velikost zatížení vozovek silničním provozem vychází z povolených limitů zatížení vozidel a náprav. V těchto TP se vychází z vyhlášky 341/2002 Sb., o schvalování technické způsobilosti a technických podmínkách provozu silničních vozidel na pozemních komunikacích, která připouští hnací nápravu o celkové působící statické síle 115 kN.

**4.2.2.2** Návrhová náprava užívaná při výpočtu a posouzení vozovek zastupující běžný silniční provoz má tyto charakteristiky:

- |   |                            |
|---|----------------------------|
| – zatížení nápravy  | $Q_k = 100 \text{ kN},$    |
| – počet kol se zdvojenými pneumatikami                              | 2,                         |
| – vzdálenost středu dotykových ploch                                | 0,344 m,                   |
| – poloměr dotykových (zatěžovacích) ploch                           | $a_k = 0,1203 \text{ m},$  |
| – průměrný dotykový tlak (intenzita svislého rovnoměrného zatížení) | $q_k = 0,550 \text{ MPa}.$ |

**4.2.2.3** Zatížení způsobovaná různými vozidly s různým využitím užitečné hmotnosti se převádí na návrhovou nápravu pomocí vztahů, které vyjadřují účinek daného zatížení na porušení vozovek.

POZNÁMKA – Přepočet zatížení na účinek návrhové nápravy užívaný v těchto TP byl získán vyhodnocením vážení náprav více než 1 milionu těžkých nákladních vozidel.

#### 4.2.2.4 Počet zatížení se stanoví z:

- odborných odhadů na základě urbanistických řešení oblasti a prognóz o vývoji dopravního zatížení,
- speciálních sčítání dopravy cílených na konkrétní akci,
- periodických celostátních sčítání silniční dopravy,
- údajů o přepravě hmot,
- vážení jednotlivých náprav těžkých vozidel (užívá se obvykle při kontrole přepočtu vozidel v silničním provozu na účinek návrhové nápravy).

**4.2.2.5** Při stanovení dopravního zatížení vozovek s běžným silničním provozem se podle ČSN 73 6114 užívají třídy dopravního zatížení (TDZ) s hodnotami průměrné denní intenzity provozu těžkých nákladních vozidel (TNV) pro všechny jízdní pruhy (průměrná intenzita TNV v návrhovém období zahrnuje nárůst dopravy) označením jako  $TNV_k$  za 24 h. Upřesněné TDZ jsou uvedeny v tabulce 2. Stanovení počtu TNV je v souladu s metodikou ŘSD ČR Sčítání dopravy na silniční a dálniční síti.

**Tabulka 2 – Třídy dopravního zatížení**

Třída dopravního zatížení	$TNV_k$ <sup>1)</sup>
S <sup>2)</sup>	> 7 500
I	3 501 - 7 500
II	1 501 - 3 500
III	501 - 1 500
IV	101 - 500
V	15 - 100
VI	< 15

<sup>1)</sup>  $TNV_k$  je průměrná denní intenzita těžkých nákladních vozidel (TNV) pro všechny jízdní pruhy v návrhovém období.

<sup>2)</sup> Zavedením TDZ S se upřesňuje tabulka C.1 ČSN 73 6114.

**4.2.2.6** Nárůst TNV je možno odhadnout z údajů v posledních třech sčítáních dopravy s uvážením dalšího rozvoje obsluhované oblasti danou pozemní komunikací nebo se použije součinitel nárůstu dopravy z údajů ŘSD ČR, případně se stanovuje ze zjednodušených doporučení těchto TP uvedených v katalogu nebo návrhové metodě.

**4.2.2.7** Návrhové období je doba, během níž nemá být vozovka zesilována nebo rekonstruována.

POZNÁMKA – Za zesílení se nepovažuje obnova ohrusné, případně i ložní vrstvy vozovky.

**4.2.2.8** Při návrhu nově budovaných vozovek trvalého charakteru je stanoveno návrhové období na 25 let.

**4.2.2.9** Návrhové období dočasných vozovek je shodné s předpokládanou dobou jejich užívání.

POZNÁMKA – Pro posouzení variant možných konstrukcí vozovek, včetně strategie výstavby, dostavby, údržby a oprav vozovek s hodnocením celkových nákladů se zahrnutím nákladů silničního provozu se použije delší období, tzv. analyzované období, např. 40 let.

**4.2.2.10** Celkové dopravní zatížení vyjádřené počtem TNV se stanoví násobením hodnoty  $TNV_k$  počtem dní v návrhovém období.

**4.2.2.11** Při stanovení návrhového dopravního zatížení se uvažují podmínky provozu (jízda v jedné stopě, pomalá jízda apod.).

#### **4.2.3 Dopravní zatížení jiným kolovým zatížením**

**4.2.3.1** Velikost zatížení při návrhu podle návrhové metody vychází z charakteristik vozidel (nebo mechanismů či letadel), která budou danou vozovku užívat.

**4.2.3.2** Pro výpočet a posouzení vozovky se stanovuje návrhová náprava (nebo sestava kol) s následujícími charakteristikami (viz 4.2.2.2):

- celkové zatížení,
- počet, tvar a geometrické uspořádání zatěžovacích ploch,
- průměrný dotykový tlak na povrch vozovky.

**4.2.3.3** Zatížení vozidly s nižší celkovou hmotností (mechanizmy, letadly) nebo zatížení ostatními vozidly se na návrhovou nápravu (sestavu kol) přepočítávají podle jejich účinku na porušování vozovky.

**4.2.3.4** Počet návrhových náprav, který charakterizuje počet zatížení dimenzačního průřezu všemi vozidly (mechanizmy, letadly), se stanovuje pro návrhové období.

#### **4.2.4 Zatížení klimatickými účinky**

Zatížení klimatickými účinky a vlastní tíhou konstrukce se uplatní jen při návrhu a posouzení vozovky s cementobetonovým krytem a proto je popsáno pouze v návrhové metodě.

### **4.3 Podloží vozovky**

#### **4.3.1 Všeobecně**

**4.3.1.1** Vlastnosti podloží vozovky pro návrh vozovky jsou závislé na druhu zeminy a u soudržných zemín na vodním režimu podloží. Vlastnosti podloží jsou návrhem a provedením zemního tělesa a podloží vozovky (aktivní zóny) ovlivnitelné.

**4.3.1.2** Podklady pro návrh zemního tělesa poskytuje podrobný geotechnický průzkum podle TP 76.

**4.3.1.3** Zemní těleso se navrhuje podle ČSN 73 6133.

**4.3.1.4** Vhodnost zemín pro použití v zemním tělese a podloží vozovky stanovuje ČSN 72 1002 a ČSN 73 6133.

**4.3.1.5** O použití málo vhodných a nevhodných zemín podle ČSN 73 1002 do násypu jejich zlepšením, vyztužením či zřízením vrstevnatého násypu rozhoduje výsledek ekonomického porovnání navržených variant zemního tělesa.

**4.3.1.6** Návrhem zlepšení nebo výměny zemín v podloží vozovky se umožní návrh vozovek o nižší tloušťce.

#### **4.3.2 Charakteristiky podloží**

**4.3.2.1** Pro návrh vozovky musí být ve výstupu průzkumu podle TP 76 stanoveny tyto charakteristiky podloží vozovky:

- Zařídění zeminy podle ČSN 72 1001 a ČSN 73 1001.
- Namrzavost zeminy podle ČSN 72 1002 nebo se stanovuje zkouškou podle ČSN 72 1191 (zejména v případě zemín upravených příměsí pojiv).
- Vodní režim podloží podle ČSN 73 6114 s úpravami podle 4.3.2.2 a kapilární vzlínavost se stanovuje podle obrázku 3 (viz strana 21).
- Poměr únosnosti CBR podle ČSN 72 1016 za optimální vlhkosti a po 4 dnech uložení ve vodě a návrhová hodnota CBR se stanoví podle 4.3.2.3 a 4.3.2.4; v případě nevhodných



zemin podle 4.3.2.5 se stanovuje také hodnota CBR po zlepšení zeminy příměsí pojiva (např. vápnem).

POZNÁMKA 1 – V některých případech (např. pro návrhovou úroveň porušení D1 při TDZ VI a pro D2) lze rozsah požadovaných podkladů snížit na zatřídění zeminy a očekávaný vodní režim.

**4.3.2.2** Vodní režim podloží se stanovuje podle ČSN 73 6114. Hloubka promrzání vozovky a podloží se nestanoví podle rovnice (D.7), ale ze vztahu:

- netuhé vozovky:

$$d_{pr} = 0,05 \sqrt{Im_d} \quad (4.1)$$

- tuhé vozovky:

$$d_{pr} = 0,16 \sqrt[3]{Im_d}, \quad (4.2)$$

kde  $d_{pr}$  – hloubka promrzání vozovky a podloží vozovky, m,

$Im_d$  – návrhová hodnota indexu mrazu, °C, podle přílohy B ČSN 73 6114.

**4.3.2.3** Charakteristická hodnota poměru únosnosti CBR pro homogenní úsek budované vozovky se určuje pro spolehlivost stanovení uvedenou v tabulce 3.

**Poznámka** – Příklad je uveden v příloze B.P.1.

**Tabulka 3 – Spolehlivost stanovení charakteristické hodnoty poměru únosnosti CBR v závislosti na třídě dopravního zatížení**

Třída dopravního zatížení	Spolehlivost stanovení (%)
VI, V	60
IV, III	75
S, I, II	87,5

**4.3.2.4** Návrhová hodnota poměru únosnosti CBR se stanoví v závislosti na vodním režimu v podloží pro:

- příznivý (difuzní)  $CBR_{opt}$
  - velmi nepříznivý (kapilární)  $CBR_{sat}$
  - nepříznivý (pendulární)  $CBR_{pen} = CBR_{opt} - 0,6 (CBR_{opt} - CBR_{sat})$
- (4.3)

POZNÁMKA – Na rozdíl od ČSN 72 1016 (1993) se nestanovuje hodnota CBR při návrhové vlhkosti, ale při vlhkosti optimální podle ČSN 72 1015. Hodnota  $CBR_{sat}$  se stanovuje po 4denním uložení zkušebního tělesa ve vodě. Tento postup je ve shodě s ČSN 72 1016 (1968) a ČSN EN 13286-47.

**4.3.2.5** Podle ČSN 73 6133 se:

- v návrhové úrovni porušení D0 a D1 při návrhové hodnotě poměru únosnosti CBR < 15 % nebo
- v návrhové úrovni D1 pro třídu dopravního zatížení VI a pro návrhovou úroveň porušení D2 při návrhové hodnotě poměru únosnosti CBR < 10 %

doporučuje provést zlepšení podloží. Zlepšení celé aktivní zóny nebo její horní části může být mechanické (příměsí vhodného materiálu pro úpravu zrnitosti) nebo příměsí pojiva, nebo výměnou podloží vhodnou zeminou. Podrobněji jsou zásady uvedeny v A.4.3 nebo B.8.1.

## 4.4 Klimatické podmínky

**4.4.1** Pro posouzení účinku mrazu na vozovku a podloží se stanovuje charakteristická hodnota indexu mrazu podle tabulky B.1 nebo mapy v obrázku B.1 ČSN 73 6114. Návrhová hodnota indexu mrazu se zvyšuje nebo snižuje podle článků B.2 až B.4 ČSN 73 6114.

**4.4.2** Pro návrh cementobetonových krytů se stanovuje průměrná roční teplota vzduchu podle přílohy A ČSN 73 6114.

**4.4.3** Charakteristiky podle 4.4.1 a 4.4.2 je možno přesněji stanovit z údajů meteorologických stanic dané oblasti pro střední dobu návratu 10 let.

**4.4.4** Návrhová teplota asfaltových vrstev vozovky se pro navrhování vozovek stanovuje na 15 °C (teplota asfaltových vrstev je vyšší než průměrná teplota vzduchu).

**4.4.5** Pro podrobnější analýzu účinků zatížení s využitím navrhování podle návrhové metody se mohou použít další reprezentativní hodnoty teplot – průměrné sezonní teploty, průměrné měsíční teploty, maximální, případně minimální denní teploty apod.

## 4.5 Typy vozovek

**4.5.1** Při navrhování se vozovky podle krytu vozovky a závislosti na vlastnostech konstrukčních vrstev rozlišují na vozovky s:

- cementobetonovým krytem (tuhé vozovky),
- krytem z asfaltových vrstev (netuhé vozovky),
- krytem z dlažebních prvků a dílců (dlažděné vozovky; patří mezi netuhé vozovky),
- krytem ze silničních dílců (patří mezi tuhé vozovky),
- nestmeleným krytem (patří mezi netuhé vozovky).

**4.5.2** Pro vozovky s krytem z asfaltových vrstev (případně dlažby) a z podkladového betonu (PB), válcovaného betonu (VB) nebo kameniv stmelených cementem (KSC) se používá označení vozovek polotuhé nebo kombinované. I tyto vozovky je možno podle TP navrhnout s tím, že jsou posuzovány jako netuhé. Je možno zvolit i jiný postup odpovídající 2.2.3.

**4.5.3** Navrhování vozovek tuhých a netuhých se odlišuje použitím metody pro výpočet účinků zatížení. Posouzení vozovek je vázáno na omezení výskytu konstrukčních poruch podle návrhové úrovně porušení.

**4.5.4** Vozovky s cementobetonovým krytem mají vysokou trvanlivost a nízkou potřebu údržby. Oprava vozovky obvykle prováděná po skončení návrhového období je technologicky a časově náročná.

**4.5.5** Netuhé vozovky se vyznačují vysokou přizpůsobivostí dopravnímu významu a dopravnímu zatížení. Obrusné vrstvy mají obvykle dobu životnosti nižší než je návrhové období, ale vyznačují se snadnou udržitelností a opravitelností.

## 5 Návrh vrstev vozovek

### 5.1 Návrh krytů vozovek

Krytové vrstvy jsou vystaveny účinkům dopravního zatížení, působení svislých a vodorovných sil, účinkům klimatickým, působení vody a chemických rozmrazovacích prostředků.



Z hlediska provozní způsobilosti musí mít povrch požadované protismykové vlastnosti, rovnost a nesmí způsobovat nežádoucí dopravní hluk.

### **5.1.1 Asfaltové kryty**

**5.1.1.1** Jakost a tloušťky krytů se navrhují v závislosti na návrhové úrovni porušení a třídě dopravního zatížení podle ČSN 73 6121, případně ČSN 73 6122. Doporučené druhy obrusných vrstev a jejich tloušťky jsou specifikovány v katalogu vozovek i v návrhové metodě.

**5.1.1.2** V obrusných vrstvách se k zajištění dlouhodobých protismykových vlastností používají kameniva s ohladitelností požadovanou ČSN 73 6121, -22, -29 a -30. Z hlediska makrotextury povrchu vozovky se doporučují asfaltové betony hrubozrnné a střednězrnné s průběhem zrnitosti blíže spodní mezní čáře zrnitosti a asfaltové koberce mastixové, tenké a drenážní. Litý asfalt se zdrsňuje drceným kamenivem.

**5.1.1.3** Vrstvy s vhodnou makrotexturou mají také vhodné vlastnosti z hlediska hluku způsobovaného odvalováním pneumatik.

POZNÁMKA 1 – Při omezení rychlosti vozidel do 50 km/h je možné navrhnout z hlediska protismykových vlastností a dopravního hluku méně vhodný povrch s nižší makrotexturou (ABJ a AKT).

POZNÁMKA 2 – Pro výpočet dopravního hluku a protihlukových opatření slouží Novela metodiky pro výpočet hluku ze silniční dopravy, Zpravodaj MŽP 3/96, 1995.

**5.1.1.4** Vývoj trvalých deformací asfaltových krytů o celkové tloušťce 90 mm až 120 mm se omezuje předepsáním kvality krytů odpovídající třídě dopravního zatížení, rychlosti pohybu vozidel a soustředění zatížení do jízdních stop. Pro návrhovou úroveň porušení D0 a D1 ve třídě dopravního zatížení S a II, ve třídě III při pomalé (s rychlostí nižší než 50 km.h<sup>-1</sup>) a zastavující dopravě (na okružních a světelně řízených křižovatkách) a na zastávkách trolejbusů a autobusů při počtu zastavení více než 50 denně se požaduje prokázání odolnosti asfaltové směsi proti trvalým deformacím podle TP 109. Pro TDZ II až S se v návrhové úrovni D0 požaduje v krytových vrstvách použití modifikovaného asfaltu.

**5.1.1.5** Trvanlivost obrusné vrstvy je zajištěna dobrou přilnavostí asfaltu ke kamenivu, složením směsi a dosažením optimální mezerovitosti, dodržením předepsaných teplot při pokládce a požadovaným zhutněním směsi.

POZNÁMKA – Přilnavost asfaltu ke kamenivu se obvykle upravuje přísadami a posuzuje se podle ČSN 73 6161. Je výhodné posoudit odolnost asfaltové směsi vůči působení vody podle prEN 12697-12 s posouzením podle příslušné prEN 13108-1, prEN 13108-5 a prEN 13108-7.

**5.1.1.6** Omezení mrazových trhlin v asfaltových krytech se zajišťuje použitím vhodných asfaltů v požadovaném množství, modifikačních přísad, dodržením složení směsi a jejím požadovaným zhutněním. V případě použití směsí s vysokým modulem tuhosti se nebezpečí vzniku mrazových trhlin posuzuje podle přílohy 3 TP 151 (například stanovením kritických teplot v ochlazovací zkoušce, je-li při rovnoměrném poklesu teploty zamezeno zkracování zkušebního tělesa). U ostatních směsí se bez prokázání vhodných vlastností v obrusné vrstvě nedoporučuje použít nemodifikovaný silniční asfalt druhu o nižší penetraci než 50/70 a v ložní vrstvě nižší než 30/50. Vlastnosti se prokazují podle zásad v TP 151. U modifikovaných asfaltů třídy AM45 použitých do obrusné vrstvy se doporučuje prokázání vhodných vlastností ve velmi nepříznivých klimatických podmínkách (např.  $t_m > 600\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

**5.1.1.7** Penetrační nebo vsypný makadam s nátěrem nebo nátěr na některých podkladních vrstvách (PB, S I, KAPS I, SCM, R-materiál) lze použít jako kryt pro návrhovou úroveň D2. Při použití ve vyšší návrhové úrovni lze použít s tím, že jejich předpokládaná doba životnosti jako obrusné vrstvy je omezena na 6 let pro třídu dopravního zatížení V a VI a na 3 roky pro třídu dopravního zatížení IV. S výhodou se tyto vozovky použijí pro etapovou výstavbu s uvedenými dílčími dobami životnosti a pro dočasné vozovky.

### 5.1.2 Cementobetonové kryty

Cementobetonový kryt se navrhuje obvykle z betonů podle ČSN 73 6123. Při použití technologie zavibrování trnů a kotev se doporučuje navrhovat dvouvrstvový kryt. Jednovrstvový kryt se použije výjimečně se souhlasem investora; trny a kotvy se zabudovávají pomocí armovacích košů připevněných k podkladu.

### 5.1.3 Kryty z dlažeb

**5.1.3.1** Kryty z dlažeb jsou vhodné pro pomalou a statickou dopravu (obytné zóny, nemotoristické komunikace, komunikace pro pěší, dopravní plochy apod.). Při rychlostech vozidel vyšších než 30 km/h vzrůstá dopravní hluk a pro rychlosti vyšší než 50 km/h se kryty z dlažeb nedoporučují.

### 5.1.4 Nestmelené kryty

Nestmelené kryty lze použít pro nemotoristické a účelové komunikace nebo dočasné a staveništní komunikace. Použijí se nestmelené materiály jako je MZ (GW, SW), ŠD nebo MZK v tloušťkách nejméně 200 mm a s povrchem uzavřeným drobným kamenivem nebo recyklovatelnou asfaltovou směsí podle TP 111. Takové kryty jsou nejen levné při výstavbě, snadno se také udržují a opravují tou nejjednodušší mechanizací nebo ručně. Údržba musí být prováděna včas. U těchto vozovek je důležité povrchové odvodnění vozovky (vyšší minimální sklon).

## 5.2 Návrh vozovky

**5.2.1** Návrh vozovek podle katalogu vozovek se použije při zatížení vozidly splňujícími podmínky silničního provozu<sup>1</sup>.

**5.2.2** Návrhovou metodu je možno použít pro posouzení změn tloušťek jednotlivých vrstev vozovek a podloží vozovky upravující návrhy v katalogových listech. Návrh vozovek podle návrhové metody je nezbytný pro návrh účelových komunikací zatěžovaných vozidly nesplňujícími podmínky silničního provozu<sup>1</sup>.

**5.2.3** Návrh vozovek podle návrhové metody umožňuje podrobnou analýzu všech charakteristik potřebných pro výpočet a posouzení vozovek. Je možno použít i hodnoty charakteristik získané měřením, zejména nových materiálů a vrstev, a návrhová metoda určuje postup jejich stanovení a způsob ověření funkce takové vozovky.

## 6 Konstrukční požadavky

### 6.1 Zemní těleso a odvodnění

**6.1.1** Konstrukční požadavky pro zemní těleso stanovuje ČSN 73 6133, ČSN 73 3050 a vzorové listy VL 2.

**6.1.2** Trvalé odvodnění vozovek se navrhuje podle ČSN 73 6101 a vzorových listů staveb pozemních komunikací VL 2.2 Odvodnění.

**6.1.3** Při klesající niveletě a přechodu zářezu do násypu se zřizuje na konci zářezu příčná drenáž k zachycení vody, která se může vyskytnout na pláni v zářezu.

---

<sup>1</sup> Vyhl. 341/2002 Sb., o schvalování technické způsobilosti a technických podmínkách provozu silničních vozidel na pozemních komunikacích v platném znění.

**6.1.4** V závislosti na zabudované zemině nebo zlepšení podloží (aktivní zóny) jsou v tabulce 4 předepsány minimální hodnoty modulů přetvárnosti stanovené na pláni podle ČSN 72 1006. U zlepšeného (vrstevnatého) podloží jde o moduly ekvivalentní (odpovídají stejnému průhybu homogenního podloží) zastupující homogenní podloží.

**6.1.5** Splnění požadavků modulu přetvárnosti podloží z jemnozrnných zemin může být problematické. Pro informaci je v TP uvedena tabulka 8, což je tabulka B.1 ČSN 72 1002 doplněná o očekávané moduly přetvárnosti stanovené na podloží z těchto zemin při požadovaném zhutnění a vlhkosti v blízkosti vlhkosti optimální. Snížením vlhkosti (vysycháním) se modul jemnozrnných zemin zvyšuje nad uvedené hodnoty.

**Tabulka 4 – Požadované minimální moduly přetvárnosti na pláni vozovky v závislosti na druhu zeminy a zlepšení podloží vozovky (aktivní zóně)**

Požadovaný modul přetvárnosti, $E_{def,2}$ , MPa	Charakteristika podloží, návrhová úroveň porušení a třída dopravního zatížení
30	Jemnozrnné zeminy (F), pouze pro D1 v TDZ VI a pro D2
45	Jemnozrnné zeminy (F), zahliněné písčité a štěrkovité zeminy (S2 až S5, G3 až G5) nebo zeminy zlepšené příměsí drtě na CBR > 15 %, aktivní zóna v tloušťkách podle tabulky 9 ČSN 73 6133 ze zeminy o návrhové hodnotě CBR > 15 % nebo z jiného vhodného materiálu, upravené skalní podloží z hornin R5 a R6.
60	Písčité a štěrkovité zeminy (S2, G3 a G4) při návrhové hodnotě CBR > 15 %, aktivní zóna ze zlepšené zeminy příměsí pojiv při dosažení $CBR_{sat} > 10$ % nebo ze zeminy o návrhové hodnotě CBR > 25 % či z jiného vhodného materiálu, upravené skalní podloží z hornin R4 až R6.
90	Kamenitá sypanina, upravené skalní podloží z hornin R1 až R3, zeminy G1 a G2, zlepšené zeminy příměsí pojiva při dosažení $CBR_{sat} > 47$ %

**Poznámka** – Hodnoty modulu přetvárnosti podloží ze zemin s přísadou pojiv jsou uvedeny pro stanovení po 3 dnech po dokončení v případě použití vápna a po 7 dnech v případě použití cementu.

## 6.2 Odolnost proti mrazovým zdvihům

**6.2.1** V závislosti na návrhové úrovni porušení vozovky, charakteristice namrzavosti zeminy, typu vodního režimu podloží a indexu mrazu se požaduje minimální tloušťka vozovky podle tabulek 5 a 6. Do tloušťky vozovky je možno zahrnout vrstvu z nenamrzavých materiálů zlepšující podloží vozovky (aktivní zónu), u níž je plněno filtrační kritérium mezi touto vrstvou a vrstvou podloží ležící pod ní. Plnění filtračních kritérií se nepožaduje v případě nenamrzavé vrstvy zlepšené zeminy s příměsí pojiv. Vozovky v návrhové úrovni porušení D2 se neposuzují.

**6.2.2** Není-li tloušťka vozovky splněna, zvýší se tloušťka ochranné vrstvy nebo se navrhne:

- úprava zeminy v podloží (výměna, zlepšení zeminy mechanicky nebo použitím příměsí pojiva) se snížením namrzavosti zeminy nebo s dosažením nenamrzavé úpravy,
- úprava vodního režimu (zvýšení nivelety, hloubková a plošná drenáž, vodonepropustná membrána apod.).

### 6.3 Nestmelené vrstvy vozovek

**6.3.1** Minimální hodnoty modulů přetvárnosti stanovené na nestmelených podkladních vrstvách podle ČSN 72 1006 jsou v závislosti na modulu přetvárnosti pláně, druhu použitého materiálu a tloušťce nestmelené vrstvy předepsány v tabulce 7.

**6.3.2** V případě kontroly míry zhutnění modulem přetvárnosti na hotové vrstvě se postupuje podle ČSN 72 1006 (požadovaný modul přetvárnosti se stanoví na základě zhutňovací zkoušky).

### 6.4 Netuhé vozovky

**6.4.1** Vozovka musí splňovat minimální a maximální tloušťky jednotlivých vrstev a další doporučení zajišťující proveditelnost a správnou funkci vozovky (zrnatosti stavebních směsí musí odpovídat navrženým tloušťkám vrstev, musí být navrženy ochranné a spojovací postřiky, nátěry na krytech z penetračního nebo vsypného makadamu, úpravy na zvýšení protismykových vlastností apod.) podle ČSN 73 6121 až 31.

**Tabulka 5 – Požadovaná minimální tloušťka nenamrzavých vrstev netuhé vozovky včetně podloží z nenamrzavých materiálů**

Návrhová hodnota indexu mrazu °C	Vodní režim podloží	Nejmenší přípustná tloušťka vrstev z nenamrzavých materiálů pro vozovky s návrhovou úrovní porušení, m			
		D0	D1	D0	D1
		je-li zemina podloží			
		namrzavá a mírně namrzavá		nebezpečně namrzavá	
300	difuzní	-	-	-	-
	pendulární	-	-	0,30	-
	kapilární	0,30	-	0,40	0,30
400	difuzní	-	-	0,30	-
	pendulární	0,30	-	0,40	0,30
	kapilární	0,40	0,30	0,50	0,40
500	difuzní	0,40	0,30	0,45	0,35
	pendulární	0,45	0,35	0,55	0,45
	kapilární	0,55	0,45	0,65	0,55
600	difuzní	0,50	0,40	0,55	0,45
	pendulární	0,55	0,45	0,65	0,55
	kapilární	0,65	0,55	0,75	0,65
700	difuzní	0,60	0,50	0,65	0,55
	pendulární	0,65	0,55	0,75	0,65
	kapilární	0,75	0,65	0,85	0,75
800	difuzní	0,70	0,60	0,75	0,65
	pendulární	0,75	0,65	0,85	0,75
	kapilární	0,85	0,75	0,95	0,85

**Poznámka:**

Není-li uvedena požadovaná tloušťka vozovky (-), vozovka se neposuzuje, stejně tak se neposuzuje vozovka pro návrhovou úroveň porušení D2.

Pro mezilehlé hodnoty indexu mrazu se požadovaná tloušťka určí lineární interpolací se zaokrouhlením na 10 mm.

**Tabulka 6 – Požadovaná minimální tloušťka nenamrzavých vrstev tuhé vozovky včetně podloží z nenamrzavých materiálů**

Návrhová hodnota indexu mrazu °C	Vodní režim podloží	Nejmenší přípustná tloušťka vrstev z nenamrzavých materiálů pro vozovky s návrhovou úrovní porušení, m			
		D0	D1	D0	D1
		je-li zemina podloží			
		namrzavá a mírně namrzavá		nebezpečně namrzavá	
300	difuzní	-	-	0,35	-
	pendulární	0,35	-	0,45	0,35
	kapilární	0,50	0,40	0,60	0,50
400	difuzní	0,40	0,30	0,45	0,40
	pendulární	0,45	0,35	0,55	0,50
	kapilární	0,60	0,50	0,70	0,60
500	difuzní	0,50	0,40	0,55	0,50
	pendulární	0,55	0,45	0,60	0,60
	kapilární	0,70	0,60	0,80	0,70
600	difuzní	0,60	0,50	0,65	0,55
	pendulární	0,65	0,55	0,75	0,65
	kapilární	0,80	0,70	0,90	0,80
700	difuzní	0,65	0,60	0,70	0,65
	pendulární	0,70	0,65	0,80	0,70
	kapilární	0,85	0,75	0,95	0,85
800	difuzní	0,70	0,65	0,75	0,70
	pendulární	0,75	0,70	0,85	0,75
	kapilární	0,90	0,80	1,00	0,90

**Poznámka:**

Není-li uvedena požadovaná tloušťka vozovky (-), vozovka se neposuzuje, stejně tak se neposuzuje vozovka pro návrhovou úroveň porušení D2.

Pro mezilehlé hodnoty indexu mrazu se požadovaná tloušťka určí lineární interpolací se zaokrouhlením na 10 mm.

**6.4.2** Návrh vozovek se použije ve vzorovém příčném řezu podle doporučení ve vzorových listech PK a technických předpisech MD ČR.

**6.4.3** Navíc se v těchto TP zdůrazňuje nutnost odvodnění propustných vrstev vozovky na vrstvách méně propustných, jako je odvodnění lože pod dlažbou na stmelené vrstvě, odvodnění MZK na stmelěném podkladu, čehož se dosáhne použitím propustných materiálů v krajnici nebo uspořádáním podle obrázku 4 s použitím geotextilie nebo geodrénu.

**6.4.4** Je třeba také navrhnout utěsnění spáry a odvodnění podélného napojení styků dvou různých konstrukčních systémů (např. napojení asfaltové vozovky na vozovku cementobetonovou, panel tramvajového tělesa nebo na betonový rigol).

**6.4.5** Na podkladech stabilizovaných nebo zpevněných hydraulickými pojivy musí být provedena opatření proti vývoji reflexních trhlin do asfaltových vrstev:

- v cementem nebo hydraulickými silničními pojivy stmelěných podkladech omezením jejich smršťování úpravou pojiva, uvolněním smršťovacích napětí pojezdy vrstvy vibračním válcem v době tvrdnutí, vytvořením smršťovacích trhlin ve vzdálenostech 3 m až 5 m (vlozkami, vibračním diskem, proříznutím apod.); kratší vzdálenost platí pro asfaltový kryt o tloušťce nižší než 140 mm,



- provedením kompenzační vrstvy z nestmelené vrstvy na cementem stmelené vrstvě v tloušťce 50 mm až 150 mm,
- použitím membrány podle TP 147 z modifikovaného asfaltu s ochrannou vrstvou (podrtování, ochranná textilie nebo mikrokoberce podle ČSN 73 6130 apod.),
- použitím asfaltové vrstvy s odolností proti smršťovacím trhlinám, viz TP 147 a TP 148.

Zvyšováním tloušťky asfaltových vrstev se vývoj reflexních trhlin pouze oddaluje.

## **6.5 Tuhé vozovky**

**6.5.1** Pro konstrukční požadavky platí ČSN 73 6123 a TKP, kapitola 6.

**6.5.2** Délky (šířky) desek cementobetonových vozovek nemají být větší než 25násobek tloušťky desky, největší délka je však 6 m.

**6.5.3** V podkladní vrstvě z kameniv stmelených hydraulickým pojivem se v místech spár v cementobetonovém krytu rovněž vytvářejí spáry. Pro snížení eroze tohoto podkladu je možno navrhnout (s výjimkou MCB) položení geotextilie o plošné hmotnosti 500 g.m<sup>-2</sup> a v takovém případě není nutno v podkladu spáry vytvářet.

**6.5.4** Navržené tloušťky cementobetonového krytu za použití návrhové metody se v případě nestmelených podkladů (na MZK) zvýší o 20 mm. Rozměry desek se v tomto případě mohou zvětšit na velikost podle 6.5.2

## **7 Technicko-ekonomické porovnání navržených vozovek**

**7.1.1** Z možných návrhů vozovek v dané návrhové úrovni porušení a pro dané dopravní zatížení s variantami úpravy podloží vozovky a různých vozovek (tuhé, netuhé a různé podkladní vrstvy) se vybere účelná a technicky vhodná vozovka z hlediska místních materiálových zdrojů.

**7.1.2** Odlišně je nutno postupovat s ohledem na velikost stavby a na možnosti ekonomického využití technicky náročné technologie. Umožní-li to zadavatel, může být v nabídkovém řízení pro dané podmínky navržena variantní vozovka vybraná z Katalogu vozovek nebo může být navržena s použitím návrhové metody. Tímto způsobem lze zajistit optimální návrh vozovky pro dané podmínky s optimálním využitím technologických možností konkrétního uchazeče a materiálových možností dané stavby.

**7.1.3** Variantní vozovka musí mít stejné nebo vyšší užitné vlastnosti a celkové náklady na její výstavbu, údržbu a opravy včetně nákladů účastníků silničního provozu za omezení silničního provozu při údržbě a opravách v analyzovaném období, např. 40 let musí být nižší. Jelikož pro taková posouzení není dosud k dispozici ověřená metodika vyhodnocování a kritériem investorů je obvykle úspora investičních nákladů, pak za variantní vozovku lze považovat vozovky:

- s úpravami podloží vozovky (různé úpravy podloží a následné snížení tloušťek vozovek),
- s náhradou podkladních vrstev vozovky vrstvami o vyšší tuhosti nebo u asfaltových vrstev také vrstvami s vyšší odolností proti únavě,
- s různými opatřeními proti reflexním trhlinám (prokopírování smršťovacích trhlin z vrstev stabilizovaných nebo stmelených hydraulickým pojivem až na povrch asfaltových vozovek) včetně náhrady cementem stmelených vrstev,
- se změnou krytu.

## 8 Činnosti spojené s navrhováním při výstavbě vozovek

### 8.1 Kontrola prací při výstavbě

**8.1.1** Všechny vrstvy vozovek musí splňovat odpovídající požadavky ČSN a TKP.

**8.1.2** Kontrola prací je podrobně specifikována v TKP v kapitolách 3 až 10 a 26 až 28.

**8.1.3** Požadované moduly přetvárnosti pro převzetí zemní pláň a nestmelených podkladních vrstev podle TKP, kapitola 4 a kapitola 5 jsou uvedeny v tabulce 7.

**Tabulka 7 – Požadované minimální moduly přetvárnosti podloží vozovky a nestmelených vrstev vozovky před pokládkou následné konstrukční vrstvy vozovky v závislosti na jejich tloušťce a modulu přetvárnosti pod ní ležící vrstvy**

#### a) Ochranná vrstva

Podloží	Požadované moduly přetvárnosti $E_{def,2}$ stanovené na povrchu vrstvy, MPa					
	MZ o tloušťce vrstvy, mm			ŠD o tloušťce vrstvy, mm		
	150	200	250	150	200	250
<b>30</b> <sup>1)</sup>	45	50	60	50	60	70
<b>45</b>	60	60	60	70	80	90
<b>60</b>	60			90	100	110
<b>90</b>				120		

#### b) Podkladní vrstva

Ochranná vrstva	Požadované moduly přetvárnosti $E_{def,2}$ stanovené na povrchu podkladní vrstvy, MPa					
	ŠD o tloušťce vrstvy, mm			MZK o tloušťce vrstvy, mm		
	150	200	250	150	200	250
<b>45</b> <sup>1)</sup>	70	80	90			
<b>50</b> <sup>1)</sup>	80	90	100	100	110	120
<b>60</b>	90	100	110	110	120	130
<b>70</b>	100	110	120	120	130	140
<b>80</b>	110	120	120	130	140	150
<b>90</b>	120	120		140	150	150
<b>100</b>	120			150	150	
<b>120</b>				150		

**Poznámka:**

<sup>1)</sup> Platí pro vozovky a konstrukce v návrhové úrovni porušení D2 a D1 ve třídě dopravního zatížení VI.

### 8.2 Postup při výstavbě za odlišných podmínek v podloží

**8.2.1** Pokud jsou parametry zeminy vyskytující se v podloží odlišné od návrhu vozovky (od geotechnického průzkumu), je třeba při výstavbě vozovky navrhnout patřičná opatření.

**8.2.2** Pokud je zemina v podloží v nižší skupině vhodnosti podle ČSN 72 1002 (jiný druh zeminy, vyšší vlhkost) nebo skutečný vodní režim je méně příznivý, je třeba provést

k dosažení požadované kvality podloží vhodnou úpravu zeminy ke splnění požadavků podle projektové dokumentace.

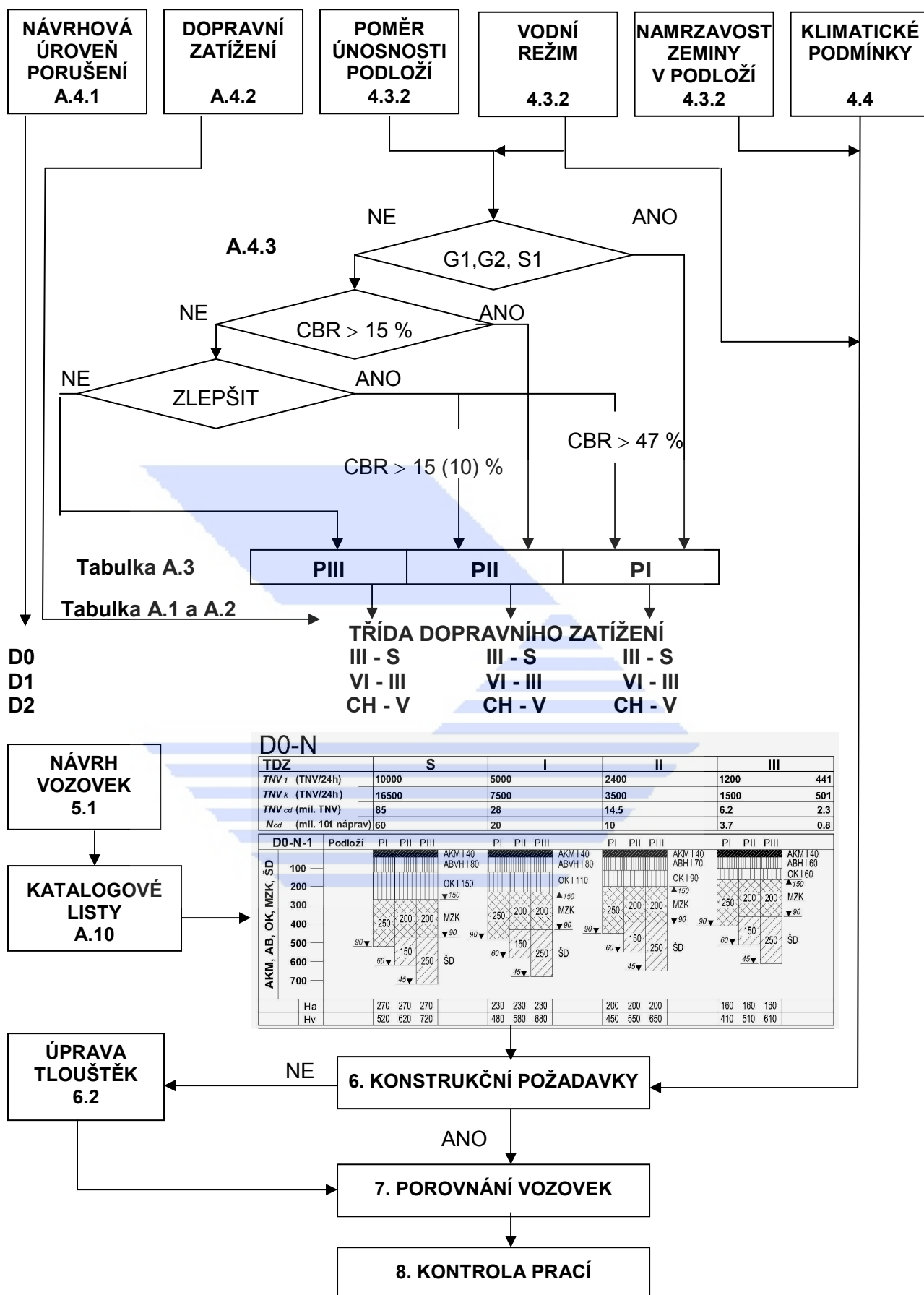
**8.2.3** Úpravu podloží zlepšením zeminy mechanicky nebo přísadou pojiva podle ČSN 73 6133 a TP 94, kterým se zajistí zpracovatelnost podloží, míra zhutnění a modul přetvárnosti na pláni, je vhodné provést zvýšením parametrů podloží tak, aby bylo možno zároveň snížit dimenzování vozovky. Návrh vozovky na zlepšeném podloží umožňují návrhová metoda i Katalog vozovek.

## **9 Povinné údaje při navrhování vozovek**

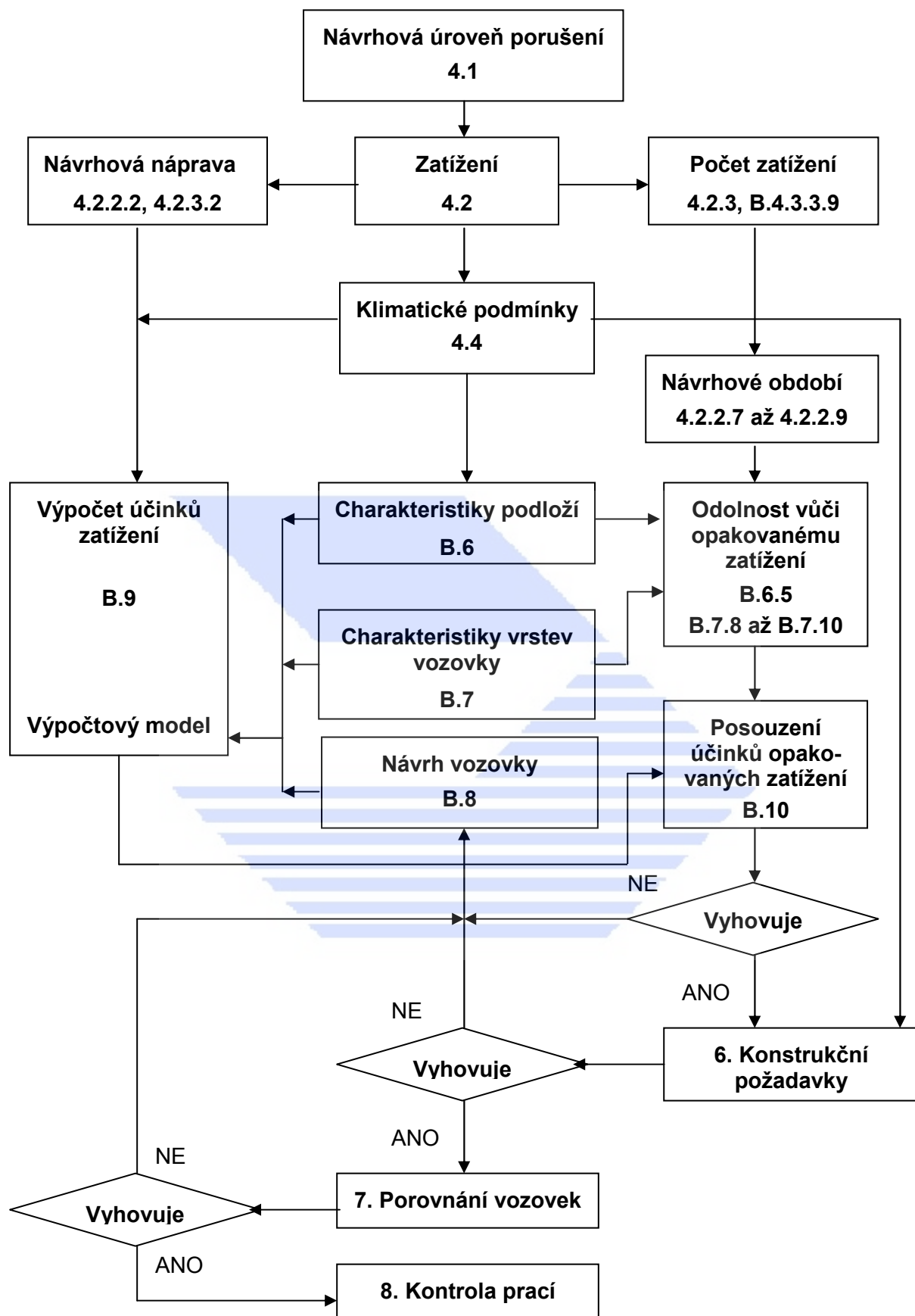
V dokumentaci pro návrh vozovky musí být uvedeny tyto povinné údaje:

1. Návrhová úroveň porušení a zdůvodnění použité úrovně, viz tabulka 1.
2. Dopravní zatížení (podle 4.2, A.4.2 nebo B.4.3) stanovením:
  - počtu TNV s uvedením zdroje údajů o dopravním zatížení (např. ze sčítání dopravy, z objemu přepravených hmot nebo na základě odborného odhadu apod.),
  - zhodnocení nárůstu TNV, uvedení návrhového období,
  - charakteristik pro upřesnění dopravního zatížení (při pomalé a zastavující dopravě) a v návrhové metodě uvedení součinitelů přepočtu TNV na účinek návrhové nápravy,
  - parametrů návrhové nápravy nebo sestavy kol (v případě zatížení vozidla, která nesplňují podmínky pro provoz silničních vozidel) a počet jejich přejezdů.
3. Charakteristiky podloží vozovky (únosnost CBR, vodní režim, namrzavost, zlepšení podloží apod.) s uvedením použitých podkladů (viz 4.3).
4. Klimatické podmínky (index mrazu a průměrné teploty vzduchu u vozovek s cementobetonovým krytem), viz 4.4 a ČSN 73 6114.
5. Zdůvodnění výběru typu vozovky a použitých vrstev podle místních podmínek.
6. Návrh vozovky (podle katalogu nebo výpočtem a posouzením podle návrhové metody).
7. Variantní návrhy vozovky pro výběr vozovky a technicko-ekonomické porovnání.
8. Konstrukční požadavky (odvodnění, posouzení odolnosti proti mrazovým zdvihům, požadavek opatření proti reflexním trhlinám a odolnosti proti tvorbě trvalých deformací).
9. Stanovení hodnot modulu přetvárnosti pro kontrolu podloží a nestmelených vrstev vozovky, viz tabulka 4 a 7.
10. Upřesňující požadavky (použité kvality a zrnitosti vrstev, použití druhů silničních asfaltů nebo modifikovaných asfaltů, postřiků, nátěrů apod.), viz ČSN 73 6121 až 31, další citované předpisy MD, např. TP 109, a zásady uvedené v těchto TP.

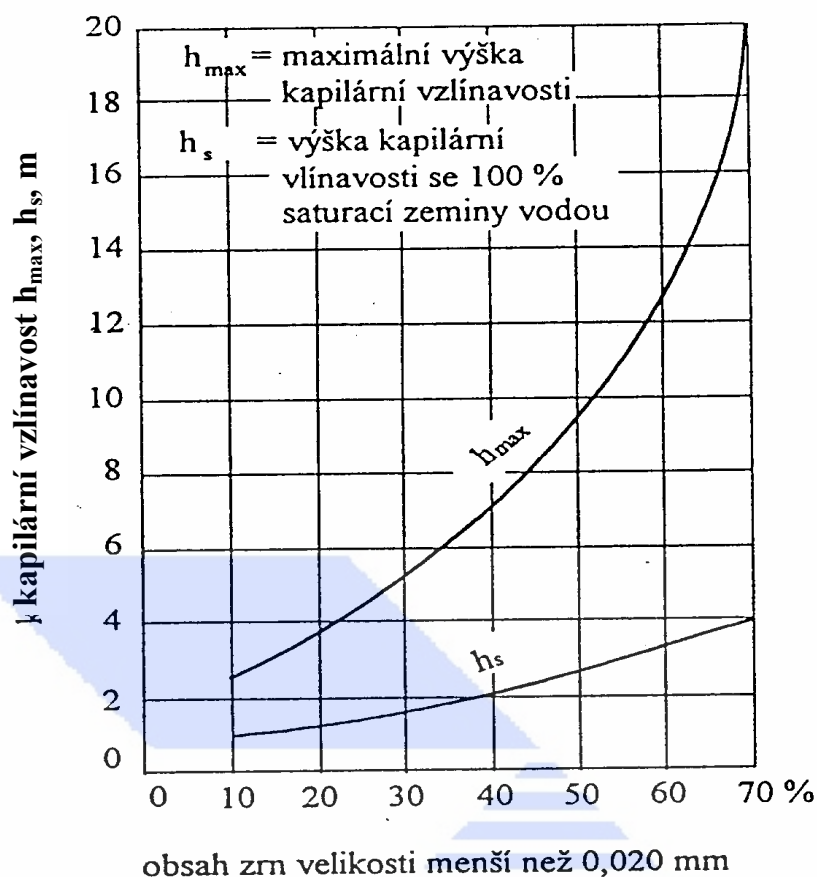




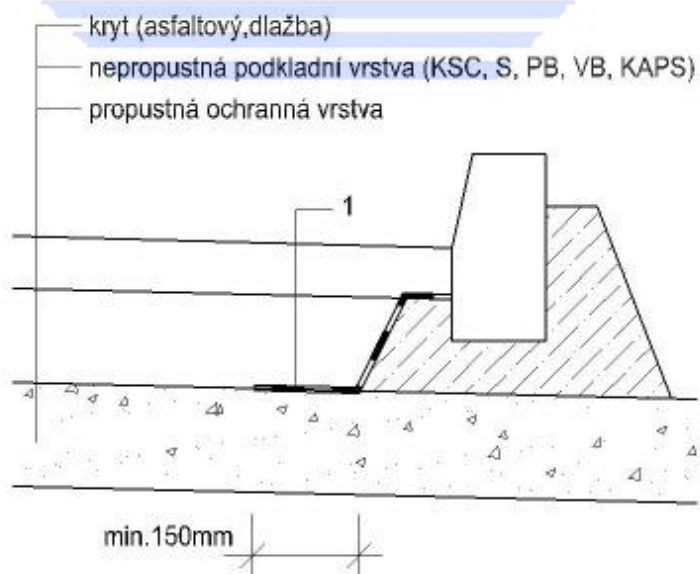
Obrázek 1 – Postup návrhu vozovky podle katalogu



Obrázek 2 – Postup návrhu vozovky podle návrhové metody



Obrázek 3 – Stanovení kapilární vzlinavosti zemin podle ČSN 72 1002  
 Klasifikace zemin pro silniční komunikace, 1971



Obrázek 4 – Příklad odvodnění vrstvy nad méně propustným podkladem,  
 1 – vložení geosyntetikum tloušťky 5 mm až 15 mm se součinitelem propustnosti  $> 1 \cdot 10^{-4} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$   
 vložení při provádění podkladní vrstvy

**Tabulka 8 – Zatřídění zeminy podle ČSN 72 1002, očekávaná hodnota únosnosti CBR při optimální vlhkosti a očekávaný modul přetvárnosti při kontrole podloží vozovky podle ČSN 72 1006**

Poř. číslo	Název zeminy	Symbol	Obsah jemných částic f [%]	Poměr únosnosti CBR [%]		Modul přetvárnosti $E_{def,2}^{1)}$ [MPa]	Skupina zemin
				při optimální vlhkosti	po uložení ve vodě		
1	šterkovitá hlína	F1 MG	35 – 65	8 – 18	5 – 10	$\leq 50$	V – VII
2	šterkovitý jíl	F2 CG	35 – 65	5 – 10	3 – 7	$\leq 30$	V – VII
3	písčitá hlína I	F3 MS <sub>1</sub>	35 – 50	5 – 25	4 – 15	$\leq 60$	III – V
4	písčitá hlína II	F3 MS <sub>2</sub>	50 – 65	3 – 15	2 – 5	$\leq 45$	VII – IX
5	písčitý jíl I	F4 CS <sub>1</sub>	35 – 50	5 – 30	5 – 20	$\leq 60$	IV – V
6	písčitý jíl II	F4 CS <sub>2</sub>	50 – 65	2 – 20	0 – 4	$\leq 50$	VII – IX
7	hlína s nízkou plasticitou	F5 ML	nad 65	2 – 20	2 – 7	$\leq 50$	VII – IX
8	hlína se střední plasticitou	F5 MI	nad 65	2 – 15	1 – 6	$\leq 45$	VII – IX
9	jíl s nízkou plasticitou	F6 CL	nad 65	3 – 20	1 – 8	$\leq 50$	VIII – X
10	jíl se střední plasticitou	F6 CI	nad 65	2 – 20	0 – 6	$\leq 50$	VIII – X
11	hlína s vysokou plasticitou	F7 MH	nad 65	3 – 7	0 – 4	$\leq 25$	VII – IX
12	hlína s velmi vysokou plasticitou	F7 MV	nad 65	2 – 6	0 – 3	$\leq 20$	VIII – X
13	hlína s extrémně vysokou plasticitou	F7 ME	nad 65	2 – 5	0 – 2	$\leq 20$	IX – X
14	jíl s vysokou plasticitou	F8 CH	nad 65	2 – 7	0 – 3	$\leq 25$	VIII – X
15	jíl s velmi vysokou plasticitou	F8 CV	nad 65	1 – 7	0 – 3	$\leq 25$	VIII – X
16	jíl s extrémně vysokou plasticitou	F8 CE	nad 65	1 – 6	0 – 3	$\leq 20$	IX – X
17	písek dobře zrněný	S1 SW	do 5	20 - 40 <sup>2)</sup>	20 - 40 <sup>2)</sup>	70 – 120	I – II
18	písek špatně zrněný	S2 SP	do 5	10 - 40 <sup>2)</sup>	10 - 40 <sup>2)</sup>	40 – 70	II – III
19	písek s příměsí jemnozrnné zeminy	S3 S-F	5 – 15	8 – 70	6 – 25	20 – 70	III – V
20	písek hlinitý	S4 SM	15 – 35	6 – 50	4 – 15	15 – 60	III – V
21	písek jílovitý	S5 SC	15 – 35	4 – 30	2 – 12	10 - 60	III – V
22	šterk dobře zrněný	G1 GW	do 5	40 - 80 <sup>2)</sup>	40 - 80 <sup>2)</sup>	100 - 120	I – II
23	šterk špatně zrněný	G2 GP	do 5	30 - 60 <sup>2)</sup>	30 - 60 <sup>2)</sup>	70 - 120	I – III
24	šterk s příměsí jemnozrnné zeminy	G3 G-F	5 – 15	20 – 90	6 – 60	45 - 90	I – III
25	šterk hlinitý	G4 GM	15 – 35	10 – 60	4 – 40	30 - 70	I – III
26	šterk jílovitý	G5 GC	15 – 35	5 – 30	3 – 20	15 - 60	II – IV

**Poznámky:**

<sup>1)</sup> Hodnoty modulu přetvárnosti jsou dosaženy při požadovaném zhutnění podle ČSN 72 1006 (při zhutnění na 102 % u zeminy F5 a F6 a 100% pro ostatní zeminy) za vlhkosti v blízkosti vlhkosti optimální.

<sup>2)</sup> Hodnoty CBR nejsou v ČSN 72 1002 uvedeny, jsou převzaty z FM 5-410 Chapter 5, Soil classification, USA

## DODATEK

### Citované normy

ČSN 01 0102	Názvosloví spolehlivosti v technice
ČSN 72 1001	Pomenovanie a opis hornín v inžinierskej geológii
ČSN 72 1002	Klasifikace zemin pro dopravní stavby
ČSN 72 1006	Kontrola zhutnění zemin a sypanin
ČSN 72 1015	Laboratorní stanovení zhutnitelnosti zeminy
ČSN 72 1016	Laboratorní stanovení poměru únosnosti zemin (CBR)
ČSN 72 1191	Zkoušení míry namrzavosti zemin
ČSN 73 0020	Názvosloví spolehlivosti stavebních konstrukcí
ČSN 73 0031	Spolehlivost stavebních konstrukcí a základových púd. Základní ustanovení pro výpočet
ČSN P ENV 1991-1 (ČSN 73 0035)	Zásady navrhování a zatížení konstrukcí, Část 1: Zásady navrhování, 1996
ČSN 73 1001	Zakládání staveb. Základová půda pod plošnými základy
ČSN 73 1200	Názvoslovie v obore betónu a betonárskych prác
ČSN 73 1201	Navrhování betonových konstrukcí
ČSN 73 2400	Provádění a kontrola betonových konstrukcí
ČSN 73 3050	Zemní práce
ČSN 73 6100	Názvosloví silničních komunikací
ČSN 73 6101	Projektování silnic a dálnic
ČSN 73 6108	Lesní dopravní síť
ČSN 73 6109	Projektování polních cest
ČSN 73 6110	Projektování místních komunikací
ČSN 73 6114	Vozovky pozemních komunikací. Základní ustanovení pro navrhování
ČSN 73 6121	Stavba vozovek. Hutněné asfaltové vrstvy
ČSN 73 6122	Stavba vozovek. Litý asfalt
ČSN 73 6123	Stavba vozovek. Cementobetonové kryty
ČSN 73 6124	Stavba vozovek. Kamenivo stmelené hydraulickým pojivem
ČSN 73 6125	Stavba vozovek. Stabilizované podklady
ČSN 73 6126	Stavba vozovek. Nestmelené vrstvy
ČSN 73 6127	Stavba vozovek. Prolévané vrstvy
ČSN 73 6128	Stavba vozovek. Vtlačované vrstvy
ČSN 73 6129	Stavba vozovek. Postřiky a nátěry
ČSN 73 6130	Stavba vozovek. Emulzní kalové zákryty
ČSN 73 6131-1	Stavba vozovek. Dlažby a dílce. Část 1: Kryty z dlažeb
ČSN 73 6131-2	Stavba vozovek. Dlažby a dílce. Část 2: Kryty ze silničních dílců
ČSN 73 6131-2	Stavba vozovek. Dlažby a dílce. Část 3: Kryty z vegetačních dílců
ČSN 73 6133	Navrhování a provádění zemního tělesa pozemních komunikací
ČSN 73 6160	Zkoušení silničních živichých směsí
ČSN 73 6175	Měření nerovnosti povrchů vozovek
ČSN 73 6177	Měření protismykových vlastností povrchů vozovek
ČSN 73 6192	Rázová zatěžovací zkouška netuhých vozovek a podloží
ČSN EN 206-1	Beton – Část 1: Specifikace vlastností, výroba a shoda
ČSN EN 12591	Asfalty a asfaltová pojiva – Specifikace pro silniční asfalty
prEN 12697-12	Asfaltové směsi – Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka – Část 12: Odolnost zkušebního tělesa vůči vodě
prEN 12697-26	Asfaltové směsi – Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka – Část 26: Zkouška tuhosti
prEN 13108-1	Asfaltové materiály - Specifikace pro materiály – Část 1: Asfaltový beton
prEN 13108-5	Asfaltové materiály - Specifikace pro materiály – Část 5: Asfaltový kobec mastixový
ČSN EN 13286-7	Nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy - Část 47: Zkušební metoda pro stanovení Kalifornského poměru únosnosti (CBR), okamžitého indexu únosnosti a lineárního bobtnání

## **Citované předpisy**

- TP 62 Katalog poruch vozovek s cementobetonovým krytem, 1995,
- TP 76 Geotechnický průzkum pro pozemní komunikace, 2001,
- TP 82 Katalog poruch netuhých vozovek, 1997,
- TP 87 Navrhování údržby a oprav netuhých vozovek, 1997, v revizi 2005
- TP 91 Rekonstrukce vozovek s cementobetonovým krytem, 1997,
- TP 92 Navrhování údržby a oprav vozovek s cementobetonovým krytem, 1997,
- TP 94 Zlepšování zemin, 2004
- TP 104 Protihlukové stěny podél PK, 2003
- TP 109 Asfaltové hutněné vrstvy se zvýšenou odolností proti tvorbě trvalých deformací, změna č. 1, 2000
- TP 111 Přímé zpracování recyklovaného asfaltového materiálu do vozovek, 1998
- TP 112 Studené pěnoasfaltové vrstvy, 1998
- TP 126 Použití R-materiálu smícháním s kamenivem a asfaltovou pěnou pro PK, 1999
- TP 134 Údržba a opravy vozovek s použitím R-materiálu obalovaného za studena asfaltovou emulzí a cementem, 2000
- TP 147 Užití asfaltových membrán a výztužných prvků v konstrukci vozovky, 2001
- TP 148 Hutněné asfaltové směsi s přídavkem drcené gumy z pneumatik, 2001
- TP 151 Asfaltové směsi s vysokým modulem tuhosti (VMT), 2002
- TP 153 Zpevněná travnatá parkoviště, 2002
- TP 162 Recyklace konstrukčních vrstev netuhých vozovek za studena na místě s použitím asfaltových pojiv a cementu, 2003
- TP Recyklace netuhých vozovek na místě za studena s použitím hydraulického pojiva, 2004
- TP Recyklovaná stavební suť z demolic pro stavbu PK, 2005
- VL Vzorové listy pozemních komunikací, VL 1 – Vozovky a krajnice, VL 2.2 Odvodnění, 2006
- TKP staveb pozemních komunikací

## **Související normy**

ČSN IEC 300-3-1 (ČSN 01 0690) Řízení spolehlivosti. Část 3: Návod k použití. Oddíl 1: Metody analýzy spolehlivosti: Metodický návod.

## **Obdobné předpisy**

AASHTO Guide for Design of Pavement Structures, AASHTO 2002

RstO 86, Richtlinien für die Standartisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen, Ausgabe 1986, Ergänzte Fassung 2001

Thickness Design – Asphalt Pavement for Highways and Streets (MS –1), The Asphalt Institute, 1981

Design Manual for Roads and Bridges, Volume 7: Pavement Design and Maintenance, HMSO, 1994

NF P 98-086 Dimensionnement des chaussées routieres, Paris, 1992

Conception et dimensionnement des structures de chaussées, Guide technique, SETRA+LCPC, 1994

Catalogue des structures types de chaussées neuves, SETRA+LCPC, 1998

## **Nahrazení předchozích technických podmínek**

TP zcela nahrazují:

- TP 77 Navrhování vozovek pozemních komunikací, 1995
- TP 78 Katalog vozovek pozemních komunikací, 1995
- TP 122 Grafická metoda navrhování netuhých vozovek pozemních komunikací, 1999

TP částečně nahrazují:

- Tsm Dlážděné kryty vozovek, dopravních ploch a nemotoristických komunikací, Studijní a typizační ústav, s.p., Praha, 1991, nahrazují části týkající se navrhování vozovek.



# **TP Navrhování vozovek pozemních komunikací**



## **Část A – Katalog vozovek**



# OBSAH

<b>A.1</b>	<b>PŘEDMĚT ČÁSTI A TP .....</b>	<b>1</b>
<b>A.2</b>	<b>ZNAČKY A OZNAČOVÁNÍ.....</b>	<b>1</b>
<b>A.3</b>	<b>POSTUP NÁVRHU .....</b>	<b>1</b>
<b>A.4</b>	<b>STANOVENÍ VSTUPNÍCH ÚDAJŮ NAVRHOVÁNÍ.....</b>	<b>1</b>
A.4.1	Návrhová úroveň porušení vozovky.....	1
A.4.2	Dopravní zatížení .....	1
A.4.3	Charakteristiky podloží vozovky .....	2
A.4.4	Klimatické podmínky .....	4
<b>A.5</b>	<b>NÁVRH VOZOVEK.....</b>	<b>4</b>
A.5.1	Členění katalogových listů .....	4
A.5.2	Tuhé vozovky .....	5
A.5.3	Netuhé vozovky.....	5
A.5.4	Dlážděné vozovky a vozovky z dílců .....	6
A.5.5	Varianty návrhu vozovek .....	6
<b>A.6</b>	<b>KONSTRUKČNÍ POŽADAVKY .....</b>	<b>7</b>
<b>A.7</b>	<b>POROVNÁNÍ NAVRŽENÝCH VOZOVEK .....</b>	<b>7</b>
<b>A.8</b>	<b>KONTROLA PRACÍ.....</b>	<b>7</b>
<b>A.9</b>	<b>PŘÍKLAD POUŽITÍ KATALOGU .....</b>	<b>7</b>
A.9.1	Dálnice a navazující pozemní komunikace .....	7
A.9.2	Autobusové zastávky.....	9
<b>A.10</b>	<b>KATALOGOVÉ LISTY.....</b>	<b>11</b>
	Tuhé vozovky pro návrhovou úroveň porušení D0 a D1.....	12
	Asfaltové vozovky pro návrhovou úroveň porušení D0 a D1.....	14
	Dlážděné vozovky pro návrhovou úroveň porušení D1.....	16
	Dlážděné, asfaltové a cementobetonové vozovky pro D2.....	17
	Asfaltové a prašné vozovky pro návrhovou úroveň porušení D2 .....	19



## **A.1 Předmět Části A TP**

Navrhování vozovek podle katalogu umožní návrh vozovek pro běžný silniční provoz na podloží rozděleném do tří typů a s použitím normovaných vrstev vozovek.

## **A.2 Značky a označování**

Značky a označování jsou uvedeny v 3.2.

## **A.3 Postup návrhu**

Navrhování vozovek dodržuje postup uvedený ve schématu v obrázku 1.

## **A.4 Stanovení vstupních údajů navrhování**

### **A.4.1 Návrhová úroveň porušení vozovky**

Návrhy vozovek jsou připraveny pro návrhové úrovně porušení definované v 4.1 pro PK uvedené v tabulce 1.

### **A.4.2 Dopravní zatížení**

Dopravní zatížení se při návrhu vozovek podle katalogu vyjadřuje hodnotami charakteristik silničního provozu podle tabulek A.1 a A.2, které navazují na 4.2 a tabulku 2.

POZNÁMKA 1 – Uspořádání charakteristik dopravního zatížení v jednotlivých sloupcích tabulky zleva doprava umožňuje zpřesňování vstupů dopravního zatížení. Ve vzájemných přepočtech různě vyjádřených dopravních zatížení jsou použity obvykle dosahované charakteristiky meziročního nárůstu dopravního zatížení  $m$ , obvyklé hodnoty součinitelů  $C_i$  pro přepočet dopravního zatížení na účinek návrhové opravy a návrhové období 25 let. Při jiných charakteristikách  $m$ ,  $C_i$ , jiném návrhovém období nebo stanovení dopravního zatížení z jiných charakteristik dopravního zatížení se použijí články kapitoly B.4.3 s tím, že stanovené hodnoty  $TNV_k$  nebo  $N_c$  se použijí jako vstup do katalogových listů. Hodnota celkového počtu přejezdů návrhových oprav  $N_c$  platí pouze pro netuhé vozovky.

POZNÁMKA 2 – V případě pomalé a zastavující dopravy (místní i jiné komunikace s nejvyšší dovolenou rychlostí menší než  $50 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ , pravé jízdní pruhy při zvětšení počtu jízdních pruhů ve stoupání a klesání, okružní a světelně řízené křižovatky, zastávky trolejbusů a autobusů) se návrhové dopravní zatížení vozovek s asfaltovými vrstvami zvyšuje na dvojnásobek (součinitelem  $C_4 = 2$  vyjadřujícím zvýšený účinek zatížení pomalou a zastavující dopravou, viz B.10.2.14). Např. 125 autobusů na místní komunikaci v jednom jízdním směru (na zastávce) znamená 250 autobusů v obou jízdních směrech a jejich účinek odpovídá 500 TNV na vstupu  $TNV_I$  (spodní mez TDZ III).

POZNÁMKA 3 – Ve třídě dopravního zatížení VI jsou uvedeny minimální hodnoty počtu vozidel, které musí každá veřejná PK přenést. Z jakéhokoliv důvodu po ní může být veden i po krátkou dobu vyšší silniční provoz, který by neměl na vozovce vyvolat konstrukční poruchy (viz 3.1.7). Konstrukce označené jako O jsou navrženy tak, že ani občasný nebo náhodný přejezd TNV je nesmí porušit. Konstrukce označené jako CH mohou být TNV pojížděny pouze výjimečně.

POZNÁMKA 4 – Při návrhu dočasných vozovek se užívá charakteristika dopravního zatížení  $TNV_{cd}$  nebo  $N_{cd}$  pro návrhové období odpovídající době užívání vozovek.

**Tabulka A.1 – Stanovení dopravního zatížení návrhové úrovně D0**

<b>TDZ</b>	<b>TNV<sub>1</sub></b>	<b>m</b>	<b>TNV<sub>k</sub></b>	<b>C<sub>1</sub></b>	<b>TNV<sub>cd</sub></b>	<b>C<sub>2</sub></b>	<b>C<sub>3, N</sub></b>	<b>C<sub>3, T</sub></b>	<b>N<sub>cd</sub></b>
<b>S</b>	<b>10 000</b>	<b>5</b>	<b>23 500</b>	<b>0,40</b>	<b>85 mil.</b>	<b>1</b>	<b>0,7</b>	<b>2,0</b>	<b>60 mil.</b>
<b>I</b>	<b>5 000</b>	<b>3</b>	<b>7 500</b>	<b>0,40</b>	<b>28 mil.</b>	<b>1</b>	<b>0,7</b>	<b>2,0</b>	<b>20 mil.</b>
<b>II</b>	<b>2 400</b>	<b>3</b>	<b>3 500</b>	<b>0,45</b>	<b>14,5 mil.</b>	<b>1</b>	<b>0,7</b>	<b>2,0</b>	<b>10 mil.</b>
<b>III</b>	<b>1 200</b>	<b>2</b>	<b>1 500</b>	<b>0,45</b>	<b>6,2 mil.</b>	<b>1</b>	<b>0,6</b>	<b>1,7</b>	<b>3,7 mil.</b>
<b>IV</b>	<b>440</b>	<b>1</b>	<b>500</b>	<b>0,5</b>	<b>2,3 mil.</b>	<b>0,7</b>	<b>0,5</b>	<b>1,0</b>	<b>0,8 mil.</b>

**Tabulka A.2 – Stanovení dopravního zatížení návrhové úrovně D1 až D2**

<b>TDZ</b>	<b>TNV<sub>1</sub></b>	<b>m</b>	<b>TNV<sub>k</sub></b>	<b>C<sub>1</sub></b>	<b>TNV<sub>cd</sub></b>	<b>C<sub>2</sub></b>	<b>C<sub>3, N</sub></b>	<b>C<sub>3, T</sub></b>	<b>N<sub>cd</sub></b>
<b>III</b>	<b>1 200</b>	<b>2</b>	<b>1 500</b>	<b>0,5</b>	<b>6,9 mil.</b>	<b>1</b>	<b>0,6</b>	<b>1,7</b>	<b>2,9 mil.</b>
<b>IV</b>	<b>440</b>	<b>1</b>	<b>500</b>	<b>0,5</b>	<b>2,3 mil.</b>	<b>0,7</b>	<b>0,5</b>	<b>1,0</b>	<b>0,8 mil.</b>
<b>V</b>	<b>90</b>	<b>1</b>	<b>100</b>	<b>0,5</b>	<b>0,46 mil.</b>	<b>0,7</b>	<b>0,5</b>	<b>1,0</b>	<b>0,16 mil.</b>
<b>VI</b>	<b>15</b>	<b>0</b>	<b>15</b>	<b>0,5</b>	<b>70 tis.</b>	<b>0,7</b>	<b>0,5</b>	<b>1,0</b>	<b>25 tis.</b>

**Vysvětlivky k tabulkám A.1 a A.2:**

**TDZ** je třída dopravního zatížení, jsou uvedeny horní meze počtu těžkých nákladních vozidel (TNV),

**TNV<sub>1</sub>** průměrná denní intenzita provozu TNV v roce zahájení provozu PK,

**m** meziroční nárůst intenzity TNV (viz 4.2.2.6, případně B.4.3.5.3 a B.4.3.5.4), %,

**TNV<sub>k</sub>** charakteristická hodnota denní intenzity TNV uvedená v tabulce 2 jako průměrný počet TNV v návrhovém období 25 let, vozidel,

**C<sub>1</sub>** součinitel vyjadřující podíl intenzity TNV na nejvíce zatíženém jízdním pruhu, viz B.4.3.5.7

**TNV<sub>cd</sub>** návrhová hodnota celkového počtu přejezdů TNV za návrhové období, viz B.4.3.5.8, vozidel,

**C<sub>2</sub>** součinitel vyjadřující fluktuaci stop TNV, hodnoty jsou uvedeny v B.10.2.12,

**C<sub>3</sub>** součinitel spektra hmotnosti náprav TNV (viz B.4.3.8), jímž se přepočítává účinek TNV na účinek návrhové nápravy pro netuhé (N) a tuhé (T) vozovky, hodnoty jsou uvedeny v B.10.2.13,

**N<sub>cd</sub>** návrhová hodnota celkového počtu přejezdů návrhových náprav v návrhovém období 25 let přes dimenzační průřez (viz B.4.3.8).

### **A.4.3 Charakteristiky podloží vozovky**

**A.4.3.1** Podloží vozovky se při návrhu vozovek podle katalogu rozděluje do tří tříd podle tabulky A.3. Návrhové moduly pružnosti podloží vozovky odpovídají použité zemině nebo úpravě podloží vozovky a vodnímu režimu v podloží podle 4.3.2.4. Modul přetvárnosti pro přejímku pláň odpovídá 6.1.4.

**A.4.3.2** Podloží musí být zhutněno podle ČSN 72 1006 (míra zhutnění 102 % u zeminy F5 a F6 a 100 % zhutnění pro ostatní zeminy). Kromě splnění hodnoty modulu přetvárnosti musí být splněn poměr modulů  $E_{def,2} / E_{def,1} < 2,5$  a pro kamenitou sypaninu se poměr stanovuje zhutňovací zkouškou.

**POZNÁMKA 1** – Úpravou podloží vozovky zlepšením zrnitosti, příměsí pojiva nebo použitím horní vrstvy podloží (aktivní zóny) z vhodného materiálu lze zajistit přechod z nižší třídy podloží vozovky (PIII a PII) do vyšší třídy podloží. Rovněž úpravou vodního režimu lze ovlivnit charakteristiky podloží (viz 4.3.2.4). Podrobnější informace o úpravě podloží vozovky lze nalézt v B.8.1.

**POZNÁMKA 2** – Úpravou podloží se snižuje návrh tloušťek vrstev vozovky. Uvedené návrhy vozovek pro podloží PI jsou bez ochranné vrstvy, ale nepoužití ochranné vrstvy je možné pouze v případě nestmelené podkladní vrstvy nebo v případě podloží z nesoudržných zemin (pronikající voda, případně tající led na zemní pláni musí mít odvodnění).

POZNÁMKA 3 – Podloží vozovky se zařazuje do tříd podle poměru únosnosti CBR v návrhových podmínkách nebo pokud nejsou dostupné hodnoty CBR podle 4.3.2 lze použít zařazení zemin. Zařazení podloží umožňuje tabulka A.4.

POZNÁMKA 4 – Vlhkost podloží se může vlivem zvýšených srážek při provádění vozovky zvýšit a převzetí podloží modulem přetvárnosti může činit potíže. Pokud by z časových důvodů nebylo možné vyčkat zlepšení vlhkostních poměrů v podloží, může být i z tohoto důvodu výhodnější již v projektu zvolit úpravu podloží (i když by požadovaného modulu přetvárnosti pro převzetí plně bylo možné dosáhnout bez zlepšení) a zároveň zvolit jinou konstrukci vozovky odpovídající zlepšenému podloží.

POZNÁMKA 5 – Úprava podloží podle tabulky 9 ČSN 73 6133 zeminou o CBR vyšší než 15 % může poskytnout návrhový modul pružnosti podloží 60 MPa až 80 MPa. Bez podrobného ověření vlastností použitých materiálů je třeba klasifikovat toto podloží pro návrh podle katalogů jako P III.

**Tabulka A.3 – Typy podloží vozovky použité v katalogových listech**

Typ podloží	Návrhový modul pružnosti <sup>1)</sup>	Minimální modul přetvárnosti <sup>2)</sup>	Namrzavost podloží
<b>P I</b>	120 MPa	90 MPa	nenamrzavé
<b>P II</b>	80 MPa	60 MPa, 45 MPa <sup>3)</sup>	mírně namrzavé až namrzavé
<b>PIII</b>	50 MPa	45 MPa, 30 MPa <sup>3)</sup>	nebezpečně namrzavé

Poznámky jsou až za tabulkou A.4.

**Tabulka A.4 – Informativní příklady typů skladeb podloží vozovky podle charakteristik materiálů v aktivní zóně a v zemním tělese**

Typ podloží	Tloušťka horní vrstvy	Charakteristika vrstev podloží vozovky		
		horní vrstva podloží (aktivní zóna)	spodní podloží	
PI	> 0,5 m	G1 a G2,	CBR <sup>2)</sup> > 10 %	S, G
	min. 0,4 m	Zlepšení zemin přísadou pojiv na CBR <sub>sat</sub> <sup>1)</sup> > 47% (podle ČSN 73 6133)	CBR <sup>2)</sup> v rozmezí 5 % až 10 %	F1 až F6
	min. 0,3 m		CBR <sup>2)</sup> > 10 %	
	-	Násyp z kamenité sypaniny > 0,5 m <sup>3)</sup> , podloží z hornin R1 až R3 <sup>4)</sup>		
PII	0,3 - 0,5 m	Zemina o CBR <sup>2)</sup> > 25 %; G1, G2, S1, G3 <sup>5)</sup> nebo jiný materiál (kamenivo 0/125, struska, popílkový stabilizát apod.)	CBR <sup>2)</sup> v rozmezí 5 % až 15 %, maximální tloušťky platí při CBR < 10 %	S2 až S5 G3 až G5
	0,3 - 0,4 m	Zlepšení zemin přísadou pojiv na CBR <sub>sat</sub> <sup>1)</sup> > 10% (podle ČSN 73 6133)		F1 až F6
	-	CBR <sup>2)</sup> ≥ 15 %, S2, G3, G4 tloušťky > 0,5 m, podloží z hornin R4 až R6 <sup>4)</sup>		
PIII	minimálně 0,15 m <sup>6)</sup>	Zemina o CBR <sup>2)</sup> > 15 %; G1 až G3, S1 nebo jiný materiál obdobných vlastností (kamenivo 0/125, struska, cihelný recyklát, popílkový stabilizát apod.)	CBR <sup>2)</sup> v rozmezí 3 % až 10 %	F1 až F6
		Zlepšení zemin přísadou pojiv na CBR <sub>sat</sub> <sup>1)</sup> > 10% (podle ČSN 73 6133)		
	-	CBR <sup>2)</sup> v rozmezí 10 % až 15 %, S3 až S5, G4 a G5, podloží z hornin třídy R5, R 6 <sup>4)</sup> . Modul přetvárnosti $E_{def,2}$ > 30 MPa mohou splnit také zeminy F1 až F6 <sup>7)</sup> .		

**Poznámky k tabulce A.3:**

<sup>1)</sup> Návrhový modul pružnosti pro výpočet vozovky zastupuje chování podloží pod vozovkou za vlhkosti odpovídající návrhovému vodnímu režimu při krátkodobém zatížení přejezdem vozidla. Modul přetvárnosti stanovený podle ČSN 72 1006 charakterizuje chování podloží vozovky pod statickým

zatížením po dokončení podloží a představuje kontrolní (přejímací) zkoušku dokumentující vhodnost použitého materiálu a jeho dostatečné zhutnění za vlhkosti při zpracování (v blízkosti vlhkosti optimální). Proto nemůže existovat obecný matematický vztah mezi takto definovanými moduly. Za stejných podmínek je modul pružnosti vždy vyšší než modul přetvárnosti, který zahrnuje nepružnou složku přetváření.

- 2) Modul přetvárnosti zemní pláně při použití zlepšených zemin příměsí vápna se zkouší minimálně po třech dnech po provedení a při zlepšení cementem po 7 dnech po provedení. Dosažení požadovaného modulu přetvárnosti dříve, než je uvedeno, není na závadu díla.
- 3) Platí pro D1 v případě třídy dopravního zatížení VI a pro D2, hodnota 45 MPa u podloží P II platí pro zeminy S a G, neplatí pro zlepšení příměsí pojiv.

#### **Poznámky k tabulce A.4:**

- 1) Podle ČSN 73 6133, tabulka 6 se zkouší po 7 dnech uložení zkušebního tělesa ve vlhku a po následné saturaci tělesa ponořením do vody na dobu 4 dní.
- 2) Hodnota CBR se stanovuje v závislosti na vodním režimu podle 4.3.2.4.
- 3) Zatřídění skalních hornin se provádí podle tabulky 6 ČSN 73 1001 s přihlédnutím k možnosti zhoršení vlastností hornin v podloží vozovky v závislosti na čase (vlivem klimatických podmínek a vodního režimu v podloží), např. rozpadání břidlic a jílovců.
- 4) Nerovnosti povrchu skalního podloží je třeba před pokládkou první vrstvy vozovky vhodným způsobem upravit (viz ČSN 73 6133 čl. 9.2.2)
- 5) V difuzním vodním režimu je možno také použít G3 G-F. Pro splnění požadovaného modulu přetvárnosti musí být vlhkost zeminy při měření nižší než optimální vlhkost podle ČSN 72 1015.
- 6) O zlepšení podloží rozhoduje požadovaná hodnota modulu přetvárnosti. Očekávanou hodnotu modulu lze odvodit z tabulky 8. Požadovaná hodnota je uvedena v tabulce A.3. Tloušťku zlepšení lze určit podle 3.1.8.1 ČSN 73 6133 nebo jiným odborným způsobem.
- 7) Hodnoty CBR i modulů přetvárnosti zemin F1 až F6 výrazně závisí na vlhkosti. Při vlhkosti v intervalu  $w_{opt} - 3\%$  až  $w_{opt}$  by v některých případech modul přetvárnosti mohl dosáhnout požadované hodnoty 45 MPa. Použití zemin v celé aktivní zóně je třeba individuálně zvážit po konzultaci s geotechnikem. Je třeba přihlídnout k homogenitě materiálu a k tomu, zda může během výstavby dojít ke změně vlhkosti.

#### **A.4.4 Klimatické podmínky**

Vozovky uvedené v katalogových listech jsou navrženy s uvažováním odolnosti proti účinkům mrazu. Odolnost je třeba ověřit jen při návrhové úrovni D0 a D1 na podloží PII a PIII v kapilárním vodním režimu při indexu mrazu vyšším než 500°C. Postupuje se podle 6.2.

### **A.5 Návrh vozovek**

Podle typu vozovky (viz 4.5), návrhové úrovně porušení a stanoveného dopravního zatížení je možno zvolit konstrukce vozovek s různými druhy krytů, podkladních vrstev a na různých třídách podloží. Vozovky jsou uvedeny v katalogových listech v kapitole A.10.

#### **A.5.1 Členění katalogových listů**

**A.5.1.1** Katalogové listy jsou zpracovány pro návrhové úrovně porušení D0, D1 a D2.

**A.5.1.2** Katalogové listy jsou zpracovány pro vozovky tuhé, netuhé a dlážděné (T, N a D).

**A.5.1.3** Pro každý typ vozovek jsou zpracovány tabulky uvádějící návrhy vozovek s různými druhy podkladních vrstev.

**A.5.1.4** Pro každou návrhovou úroveň porušení, každý typ vozovky a pro každou podkladní vrstvu jsou zpracovány možné návrhy vozovek v závislosti na velikosti dopravního zatížení (viz tabulky A.1 a A.2).

**A.5.1.5** V každé TDZ jsou zpravidla tři návrhy vozovky lišící se úpravou podloží.



**A.5.1.6** Vozovky jsou navrženy pro horní mez TDZ, která je vyjádřena v katalogovém listu charakteristikami  $TNV_1$ ,  $TNV_k$ ,  $TNV_{cd}$  a  $N_{cd}$  (viz vysvětlivky pod tabulkou A.1 a A.2). Při takto uspořádaných katalogových listech je při dopravním zatížení uvnitř TDZ **možno lineární interpolací snížit** tloušťku cementobetonového krytu nebo asfaltových vrstev a cementem stmelených podkladů.

POZNÁMKA – Rozhodující pro snížení tloušťky je dopravní zatížení ve spodní polovině TDZ (při rozdílu tloušťek 20 mm se snižuje o 10 mm) nebo ve spodních třetinách TDZ (při rozdílu tloušťek 30 mm a více se pro střední třetinu snižuje o 10 mm a pro spodní třetinu o 20 mm). Při úpravě tloušťek vrstev vozovek uvnitř TDZ je nutno respektovat technologické požadavky provádění vrstev.

## **A.5.2 Tuhé vozovky**

**A.5.2.1.1** Návrhy konstrukcí vozovek jsou zpracovány pro oblasti s průměrnou roční teplotou 7 °C až 9 °C, pro teplotu 10 °C a více je možno tloušťku krytu o 10 mm snížit a pro teplotu 7 °C a méně je nutno tloušťku krytu o 10 mm zvýšit.

POZNÁMKA – Úprava tloušťek se provádí v důsledku rozdílných napětí od teplotního spádu v cementobetonové desce.

**A.5.2.1.2** Tloušťky cementobetonového krytu jsou stanoveny pro maximální délku desek uvedenou pod katalogovými listy.

### **A.5.2.2 Návrhová úroveň porušení D0**

**A.5.2.2.1** Katalogové tabulky jsou označeny D0-T-1 až -3. Úplné označení konstrukce vozovky s uvedením TDZ a typu podloží je např.: D0-T-2-S-PI, kde prostřední arabská číslice označuje pořadové číslo tabulky v uvedeném katalogovém listu.

### **A.5.2.3 Návrhová úroveň porušení D1**

**A.5.2.3.1** Katalogové tabulky jsou označeny D1-T-1 až 3, vybraná vozovka se označuje např. D1-T-1-I-PII.

### **A.5.2.4 Návrhová úroveň porušení D2**

**A.5.2.4.1** Katalogové vozovky jsou v tabulce označené D2-T-4.

**A.5.2.4.2** Cementobetonový kryt může být nejnižší skupiny CB III podle ČSN 73 6123 a TKP, kapitola 6 nebo beton C 25/30 XF4 podle ČSN EN 206-1.

**A.5.2.4.3** Příčné a podélné spáry jsou bez kotev a trnů.

## **A.5.3 Netuhé vozovky**

### **A.5.3.1 Návrhová úroveň porušení D0**

**A.5.3.1.1** Katalogové tabulky jsou označeny D0-N-1 až 6. Úplné označení konstrukce vozovky s uvedením TDZ a typu podloží je např.: D0-N-1-S-PII.

POZNÁMKA 1 – Ve vozovkách D0-N-1-II až S je pro omezení tloušťky asfaltových směsí vhodné nahradit spodní vrstvu z obalovaného kameniva hutněnou asfaltovou směsí o vysokém modulu tuhosti podle TP 151, která mají vyšší odolnost proti únavě (proti porušení síťovými trhlinami opakovaným zatěžováním), viz vozovky D0-N-2. Vzhledem k nízké odolnosti vůči únavě není v katalogových listech uvedena vrstva OK II.

### **A.5.3.2 Návrhová úroveň porušení D1**

**A.5.3.2.1** Katalogové tabulky jsou označeny D1-N-1 až 6, dlážděné vozovky D1-D-1 až 4. Úplné označení konstrukce vozovky je s uvedením TDZ a typu podloží např.: D1-N-1-III-PII.

**POZNÁMKA 1** – Ve všech návrzích vozovek je použit nejméně dvouvrstvový kryt; po skončení doby životnosti obrusné vrstvy lze její výměnou, případně i lokální výměnou (opravou) porušené ložní až podkladní vrstvy dosáhnout prodloužení životnosti vozovky.

### **A.5.3.3 Návrhová úroveň porušení D2**

**A.5.3.3.1** Katalogové tabulky dlážděných vozovek jsou označeny D2-D-1 a 2 a netuhé vozovky D2-N-3. Vozovky D2-N-5 a 6 mají navrženou obrusnou vrstvu s nižší trvanlivostí a vozovky D2-N-7 a 8 jsou vozovky s krytem zpevněným recyklovatelnou asfaltovou směsí (R-materiálem).

## **A.5.4 Dlážděné vozovky a vozovky z dílců**

**A.5.4.1** Dlážděné vozovky v návrhové úrovni D1 mají vyšší nároky na dlouhodobou rovnost povrchu.

**A.5.4.2** Vozovky s krytem z dílců a vegetačních tvárnic se navrhují podle ČSN 73 6131-2 a ČSN 73 6131-3, zejména podle TP 153.

## **A.5.5 Varianty návrhu vozovek**

**A.5.5.1** Množství uvedených katalogových vozovek lze rozšířit o záměnu některých konstrukčních vrstev uvedenou v tabulce A.5. Záměny vrstev jsou upřesněny v poznámkách pod katalogovými listy.

**A.5.5.2** Při náhradě obrusných vrstev podle tabulky A.5 je nutno dodržet celkovou tloušťku dvouvrstvového krytu nebo všech asfaltových vrstev.

**A.5.5.3** Použití náhrady kameniva v nestmelených vrstvách (MZK, ŠD a MZ) recyklovatelnými materiály z vozovek řeší TP 111. Při přejímce těchto vrstev měřením modulu přetvárnosti se měří za teploty povrchu nižší než 20 °C.

**A.5.5.4** Jiné konstrukční vrstvy stmelené pojivem (např. recyklovaný materiál s pojivem) lze použít na základě individuálního posouzení podle návrhové metody.

**Tabulka A.5 – Možná záměna vrstev uvedených v katalogových listech**

Vrstva v katalogu		Kvalita			Platnost pouze
		vyšší	nižší	rovnocenná	
<b>Kryt</b>	AKM		AB, AKT, AKD	LA I, LA III, AKT <sup>1)</sup>	
	AB I	AKM, LA I, LA III	AKD	AKT	
	AB I	ACB			stojící doprava
	AB II	AB I, AKT, LA I		LA II	
	AB III	AB II, AKT, LA II	LA V		
	N2V			EKZ	
<b>Podklad</b>	MZK	ŠCM			D1
	KSC I	VB I, PB I			
	PM		R-materiál <sup>2)</sup>	VM	pro D1 a D2
<b>Ochranná vrstva</b>	MZ	ZZv			
	MZ			ŠP, Recyklát <sup>3)</sup>	pro TDZ VI a V

**Poznámky k tabulce A.5:**

<sup>1)</sup> AKT v případě přetržité zrnitosti a použití modifikovaného asfaltu, o tloušťkách platí A.5.5.2.

<sup>2)</sup> R-materiál je zvlhčená a zhutněná recyklovatelná asfaltová směs bez přidání pojiva podle TP 111.

<sup>3)</sup> Recyklát (cihelňový nebo betonový) musí splňovat požadavky pro MZ podle ČSN 73 6126.



## **A.6 Konstrukční požadavky**

Konstrukční požadavky jsou uvedeny v kapitole 6. Některé důležité konstrukční požadavky jsou přímo pod jednotlivými katalogovými listy.

## **A.7 Porovnání navržených vozovek**

Pro návrh vhodné vozovky pro místní materiálovou základnu se navrhuje a porovnávají vozovky z různých katalogových listů postupem podle kapitoly 7.

## **A.8 Kontrola prací**

Pro stanovení kontroly prací platí kapitola 8.

## **A.9 Příklad použití katalogu**

### **A.9.1 Dálnice a navazující pozemní komunikace**

#### **A.9.1.1 Zadání vozovek**

Je třeba navrhnout vozovku pro dálnici a křižující silnice I. a II. třídy a pro účelové komunikace. Pro předběžné porovnání variant je třeba pro dálnici navrhnout vozovku s asfaltovým a cementobetonovým krytem. Pro ostatní úseky se požaduje pouze netuhá vozovka.

#### **A.9.1.2 Návrhová úroveň porušení**

Vozovky dálnice a silnice I. třídy se podle tabulky 1 požadují navrhnout pro návrhovou úroveň porušení D0. Vozovky silnice II. třídy a všech ploch na odpočívkách a vozovky přejezdu středního dělicího pásu se zatřídí do návrhové úrovně D1, požaduje se dlouhodobá životnost s omezenou údržbou a opravou. Stávající účelové komunikace (polní a lesní cesty) jsou s nepevněným povrchem a jsou tudíž v návrhové úrovni D2.

#### **A.9.1.3 Dopravní zatížení vozovek**

**A.9.1.3.1** Dálnice nahradí stávající silnici I. třídy zatíženou v současnosti průměrně 1 800 TNV. Po uvedení dálnice do provozu se (s ohledem na očekávané hospodářské oživení díky napojení území na dálnici) intenzita průměrný počet  $TNV_i = 2\,500$ . V prvních 5 letech se uvažuje s 3% nárůstem dopravy, po dokončení celého tahu dálnice na hraniční přechod a napojení na dálniční síť sousedního státu (po 12 letech) se předpokládá 6% meziroční nárůst dopravy. Průměrný nárůst TNV je tedy 4,5 %. Porovnáním údajů o dopravním zatížení v tabulce A.1 lze navrhovat vozovku pro TDZ I ve spodní třetině této třídy. Přesný výpočet dopravního zatížení se provede podle rovnice (B.4.3 a B.4.4). Vozovky na čerpací stanici pohonných hmot, k restauračnímu zařízení a na přejezdech středního dělicího pásu se předpokládají s dopravním zatížením 8 % hlavní trasy, tj. v TDZ IV při horní hranici. Parkoviště pro nákladní vozidla je třeba navrhnout v TDZ V, parkoviště pro osobní vozy pro TDZ VI.

**A.9.1.3.2** Silnice I. třídy je přeložkou křižující stávající silnice a podle sčítání dopravy je zatížena 1 300 TNV s očekávaným nárůstem 1 %. Silnice bude mít dopravní zatížení při horní hranici TDZ III.

**A.9.1.3.3** Silnice II. třídy křižující dálnici má dopravní zatížení podle sčítání dopravy 270 TNV s nárůstem 1 %. Silnice bude mít dopravní zatížení uprostřed TDZ IV.

**A.9.1.3.4** Křižující polní a lesní cesty jsou užívány pouze k běžné obsluze přilehlých polností a lesů. Předpokládá se jejich zachycení na hlavní polní cestu a zřízení nadjezdu přes dálnici. Obsluhovaná svozná plocha z polností a lesů je 500 ha. Množství přepravovaných hmot na 1 ha lze odhadnout na 100 t ročně. Přeprava se zajistí převážně dvounápravovými vozidly

o celkové hmotnosti do 18 t, jejichž účinek při užitečné hmotnosti 10 t odpovídá jednomu TNV. Počet TNV denně se stanoví: 500 ha x 100 t / 365 dní / 10 t na TNV = 13,7 TNV denně. Dopravní zatížení odpovídá TDZ VI. Napojení stávajících vedlejších cest na polní cestu hlavní se provede v dopravním zatížení popsaném jako občasný přejezd TNV (označeném jak O) s charakteristikou v katalogových tabulkách do 3 TNV za den.

#### **A.9.1.4 Charakteristiky podloží**

**A.9.1.4.1** Podle geotechnického průzkumu se pozemní komunikace budují v zeminách o různé mocnosti jemnozrnných zemin F5 ML s hodnotami  $CBR_{opt}$  6 % až 9 % a  $CBR_{sat}$  3 % až 5 %, zeminy jsou nebezpečně namrzavé. Přirozená vlhkost zemin je o 3 % až 8 % vyšší než je optimální vlhkost těchto zemin. Hladina podzemní vody byla zjištěna v hloubce 8 m až 10 m pod stávajícím povrchem terénu. S ohledem na kapilární vzlínavost zemin 4 m až 6 m lze očekávat difuzní vodní režim v podloží vozovky až pendulární vodní režim v zářezech s vyšší hloubkou než 5 m.

**A.9.1.4.2** Zemní těleso se navrhuje jako vrstevnatý násyp se střídáním vrstev upravených vápnem v množství 1 % až 1,5 % (což je uvedeno ve zprávě geotechnického průzkumu a doloženo laboratorními zkouškami) a vrstev s nižší vlhkostí bez úpravy. Podloží vozovky dálnice a silnic musí být podle ČSN 73 6133 zlepšeno. Navrhuje se zlepšení vápnem v množství 3 % s dosažením hodnot  $CBR > 47$  % (doloženo zkouškami v geotechnickém průzkumu) na tloušťku 400 mm, zlepšení bude nenamrzavé. Podloží vozovky ostatních komunikací se navrhuje zlepšit do hloubky 250 mm s dosažením hodnoty  $CBR > 10$  % (1 % až 1,5 % vápna).

#### **A.9.1.5 Klimatické podmínky**

Návrhový index mrazu na daném území při době návratu 10 let je nejvýše 450 °C. Průměrná roční teplota je 8 °C.

#### **A.9.1.6 Návrh vozovek**

**A.9.1.6.1** Pro dálnici lze navrhnout vozovky z katalogových listů D0-T-I a D0-N-I ve třech variantách podkladních vrstev a dalších možnostech využití rozdílných asfaltových vrstev v první pokládané vrstvě na podkladu při úpravě podloží vozovky podle tabulky A.3 charakterizovaném jako PI.

**A.9.1.6.2** Z hlediska dostupnosti drceného kameniva a vyloučení vlivu trhlin (v případě použití cementem stmelených vrstev vozovky) se dává přednost netuhým vozovkám s podkladní vrstvou MZK (D0-N-1-I-PI, případně D0-N-2-I-PI). S ohledem na možnost snížení tloušťky asfaltových vrstev pro spodní třetinu TDZ se navrhuje celková tloušťka asfaltových vrstev podle D0-N-1-I-PI snižena na 210 mm (při rozdílu tloušťek 30 mm lze pro spodní třetinu TDZ snížit navrhovanou tloušťku o 20 mm). Předpokládá se provedení AKT 30 mm místo AKM 40 mm a tudíž se ložní vrstva provede z ABVH I o tloušťce 90 mm. V případě použití první pokládané vrstvy z hutněné směsi s vysokým modulem tuhosti VMT A podle TP 151, která má vyšší modul pružnosti a zároveň vyšší odolnost proti únavě (vyšší obsah asfaltu druhu 30/50), je možno podle D0-N-2-I-PI snížit tloušťku asfaltových vrstev pro spodní polovinu TDZ na 190 mm.

**A.9.1.6.3** Tuhá vozovka se navrhne podle katalogového listu D0-T-3-I-PI s tloušťkou CB I 280 mm. O výběru typu vozovky rozhodne nabídkové řízení.

**A.9.1.6.4** Pro vozovku ve středním dělicím pásu lze navrhnout vozovku D1-N-1-IV-PII, kterou je třeba přizpůsobit konstrukci vozovky na dálnici její výškou. Celkem 120 mm asfaltových směsí bude položeno na MZK 150 mm a ŠD 150 mm.

**A.9.1.6.5** Pro vozovky čerpací stanice se použije vozovka D1-N-1-IV-PII. Parkovací plochy lze navrhnout podle katalogového listu D1-N-1-V-PII. Je možná varianta návrhu vozovek z dlažby, pro pohyb nákladních vozidel lze použít vozovku D1-D-1-V-PII s podkladem

z betonu PB I, pro parkování osobních vozidel D1-D-3-VI-P II a pro chodníky D2-D-2-CH-P III s MZ v podkladu.

**A.9.1.6.6** Pro silnice I. třídy se navrhuje obdobná vozovka D0-N-1-III-P II s podkladní vrstvou z MZK pro podloží vozovky zlepšené vápnem. Jelikož se rovněž navrhuje AKT 30 mm místo AKM 40 mm, zvýší se tloušťka ložní vrstvy na ABVH I 70 a ponechá se tloušťka OK I 60 mm. V daném úseku je situována úroňová křižovatka s odbočovacím pruhem, proto je třeba v dané intenzitě silničního provozu (polovina vozidel bude odbočovat a současně účinek vozidel s pomalou a zastavující dopravou je dvojnásobný) navrhnout opatření proti tvorbě trvalých deformací bez zvyšování tloušťek vrstev.

**A.9.1.6.7** Pro silnici II. třídy se navrhuje vozovka D1-N-1-IV-P II. Tloušťka asfaltových směsí se může upravit pro polovinu rozpětí TDZ na 110 mm. Protože se obrusná vrstva navrhuje z AKT 30 mm, bude mít podkladní OK I tloušťku 80 mm.

**A.9.1.6.8** Pro hlavní polní cestu podél dálnice a před nadjezdem se navrhuje vozovka D2-N-5-VI-P II a pro vedlejší cesty se použije vozovka D2-N-7 pro občasný přejezd TNV vyjádřený 3 TNV denně na podloží P III.

#### **A.9.1.7 Konstrukční požadavky**

**A.9.1.7.1** Požadovanou tloušťku nenamrzavých materiálů v podloží vozovky je možno zkontrolovat. Požadovaná tloušťka vozovky musí být podle tabulky 4 a 5 (po interpolaci pro návrhový index mrazu 450 °C) pro vozovky v návrhové úrovni:

- D0 pro netuhé vozovky nejméně 480 mm, pro tuhé vozovky nejméně 580 mm,
- D1 nejméně 380 mm.

**A.9.1.7.2** Celková tloušťka navržených vozovek včetně nenamrzavé úpravy podloží vozovky je:

- pro dálnici včetně nenamrzavé úpravy podloží netuhé vozovky nejméně 850 mm (s VMT A na MZK), pro tuhé vozovky 930 mm,
- pro silnici I. třídy s úpravou podloží vápnem 470 mm,
- pro plochy kolem čerpací stanice je minimální tloušťka 420 mm.

**A.9.1.7.3** Všechny navržené vozovky tedy splňují požadavky posouzení vozovky vůči mrazovým zdvihům.

**A.9.1.7.4** Ve specifikaci návrhu vozovek pro dálnici je třeba zdůraznit požadovanou odolnost obou krytových vrstev proti tvorbě trvalých deformací podle TP 109 včetně použití modifikovaných asfaltů.

#### **A.9.2 Autobusové zastávky**

##### **A.9.2.1 Zadání pro návrh vozovky**

Na sběrné místní komunikaci B1 je třeba navrhnout vozovku autobusové zastávky městské hromadné dopravy do zálivu mimo jízdní pruh. Původní vozovka jízdního pruhu vozovky je netuhá s celkovou tloušťkou asfaltových vrstev 180 mm, podklad je ze štěrkodrti 200 mm a ochranná vrstva o tloušťce 150 mm je z mechanické stabilizace (štěrk s příměsí jemnozrné zeminy). Podloží vozovky je tvořeno jemnozrnnou zeminou a jelikož nejsou bližší údaje, bude se předpokládat typ podloží P III.

##### **A.9.2.2 Návrhová úroveň porušení**

Sběrná komunikace má návrhovou úroveň porušení D1 a stejná návrhová úroveň porušení se požaduje pro vozovku autobusové zastávky.

### **A.9.2.3 Dopravní zatížení vozovky**

**A.9.2.3.1** Na zastávce bude pravidelně zastavovat 120 autobusů městské hromadné dopravy denně.

**A.9.2.3.2** Návrhové dopravní zatížení se pro vstup do katalogu vozovek nejlépe vyjádří počtem návrhových náprav. Dopravní zatížení se pak vyjádří podle s tabulky A.1 s ohledem na přepočet autobusů jedoucích v jednom pruhu (C1), v jedné jízdni stopě (C2) s průměrným vytížením vozidla (C3) celkovým počtem návrhových náprav.

**A.9.2.3.3** Pro vozovku dlážděnou:  $N_c = 120 \text{ autobusů} \times C1 (1,0) \times C2 (1,0) \times C3 (0,7) \times 365 \text{ dnů} \times 25 \text{ roků} = 800\,000 \text{ návrhových náprav}$ . Dopravní zatížení je ve třídě dopravního zatížení IV v jeho horní hranici.

**A.9.2.3.4** Pro vozovku s asfaltovými vrstvami se  $N_c$  s ohledem na pomalou a zastavující dopravu zvyšuje na dvojnásobek ( $C4 = 2,0$ ),  $N_c = 1,6 \text{ mil. návrhových náprav}$ . Dopravní zatížení je ve třídě dopravního zatížení III v polovině rozpětí této TDZ.

### **A.9.2.4 Návrh vozovek**

**A.9.2.4.1** Dlážděná vozovka se zvolí z katalogového listu D1-D-1-IV-PIII s podkladem PB I 210 mm a MZ 200 mm. Kryt bude tvořit dlažba 120 mm x 120 mm z přírodního kamene.

**A.9.2.4.2** U asfaltových vozovek lze zvolit různé podklady. Pro podobnost s navrženou vozovkou se vybere vozovka s nestmeleným podkladem. Navržené tloušťky v katalogovém listu D1-N-3-III-III jsou: 190 mm asfaltových vrstev, ŠD 200 mm a MZ 200 mm. Pro TDZ III je v katalogovém listu D1-N-3-IV-III navrženo: 190 mm asfaltových směsí a stejné tloušťky podkladu. Pro polovinu rozpětí TDZ se tloušťka asfaltových vrstev může snížit nejvýše o polovinu rozdílu mezi návrhem pro TDZ IV a III, v tomto případě o 20 mm, tj. na 170 mm. Posouzením vychází návrh vozovky podobný jako v hlavní trase, navrhuje stejná tloušťka vrstev hutněných asfaltových směsí a je vyšší tloušťka ochranné vrstvy. Pro pomalou a zastavující dopravu je nutno navrhnout krytové vrstvy s odolností proti trvalé deformaci podle TP 109, tj. i ložní vrstva musí být z AB I.

## A.10 Katalogové listy

V souladu s členěním katalogových listů jsou v následujících tabulkách uvedeny návrhy vozovek podle tabulky A.6.

**Tabulka A.6 – Označení vozovek podle použitých vrstev a vozovek**

<b>D0-T-1</b>	<b>D0-T-2</b>	<b>D0-T-3</b>		strana A.12
CB KSC, ŠD (MZ)	CB S, ŠD (MZ)	CB MZK, ŠD		
<b>D1-T-1</b>	<b>D1-T-2</b>	<b>D1-T-3</b>		strana A.13
CB KSC, ŠD (MZ)	CB S, ŠD (MZ)	CB MZK, ŠD		
<b>D0-N-1</b>	<b>D0-N-2</b>	<b>D0-N-3</b>		strana A.14
AKM, AB, OK MZK, ŠD	AKM, AB, VMT A MZK, ŠD	AKM, AB, OK KSC, ŠD		
<b>D0-N-4</b>	<b>D0-N-5</b>	<b>D0-N-6</b>		strana A.15
AKM, AB, OK KSC, MZ	AKM, AB, OK S, ŠD	AKM, AB, OK S, MZ		
<b>D1-N-1</b>	<b>D1-N-2</b>	<b>D1-N-3</b>	<b>D1-N-4</b>	strana A.16
AB, OK MZK, ŠD	AB, OK ŠD, ŠD	AB, OK ŠD, MZ	AB, OK, PM ŠD, MZ	
<b>D1-N-5</b>	<b>D1-N-6</b>	<b>D1-N-7</b>	<b>D1-N-8</b>	strana A.17
AB, OK KSC, MZ	AB, OK KSC, ŠD	AB, OK S, MZ	AB, OK S, ŠD	
<b>D1-D-1</b>	<b>D1-D-2</b>	<b>D1-D-3</b>		strana A.18
DL, L KSC, MZ	DL, L S, MZ	DL, L MZK, ŠD		
<b>D2-D-1</b>	<b>D2-D-2</b>	<b>D2-N-3</b>	<b>D2-T-4</b>	strana A.19
DL, L ŠD	DL, L MZ	AB, R-mat MZ	CB MZ	
<b>D2-N-5</b>	<b>D2-N-6</b>	<b>D2-N-7</b>	<b>D2-N-8</b>	strana A.20
PM ŠD	N2V KSC, MZ	R-mat S, ZZv	R-mat, ŠD	

### Poznámky ke katalogovým listům:

1. V katalogových listech jsou uvedeny charakteristiky vrstev v souladu s ČSN 73 6121 až 31 Stavba vozovek včetně požadované kvality vrstev a zrnitosti.
2. U každého schématického znázornění vozovky je vyznačena požadovaná minimální hodnota modulu přetvárnosti (bez označení rozměru v MPa) při přejímce podloží a nestmelených vrstev vozovky. V případě kontroly míry zhutnění stanovováním modulu přetvárnosti na dokončené vrstvě se postupuje podle ČSN 72 1006 a požadovaný modul přetvárnosti se stanoví na základě zhutňovací zkoušky.
3. Uvedené označení  $H_{CB}$  je tloušťka cementobetonového krytu,  $H_A$  je tloušťka asfaltových vrstev a  $H_v$  je celková tloušťka vozovky.
4. V závislosti na tloušťce cementobetonového krytu jsou pod katalogovými listy uvedeny délky desek.
5. Při pomalé a zastavující dopravě se v katalogovém listu použije návrh vozovky pro dvojnásobné dopravní zatížení a požaduje se odolnost proti tvorbě trvalých deformací.
6. Při použití stabilizovaných a cementem stmelených podkladů je pod katalogovými listy zdůrazněno opatření proti reflexním trhlinám a odvodnění vrstvy.
7. Na vrstvách musí být navrženy ochranné a spojovací postřiky a úpravy pro zvýšení protismykových vlastností povrchu podle příslušných ČSN a TKP.



## D0-T

TDZ	S	I	II	III
$TNV_1$ (TNV/24h)	10000	5000	2400	1200
$TNV_k$ (TNV/24h)	23500	7500	3500	1500
$TNV_{cd}$ (mil. TNV)	85	28	14.5	6.2
				441
				501
				2.3

D0-T-1		Podloží		PI	PII	PI			PII	PIII	PI			PII	PIII	PI			PII	PIII						
CB, KSC, ŠD (MZ)	100					CB I 270						CB I 250						CB I 240						CB I 230		
	200																									
	300					KSC I 150						KSC I 150						KSC I 150						KSC I 150		
	400		90▼				90▼	(60)					90▼	(60)					90▼	(60)					90▼	(60)
	500		60▼		150							60▼	150		250				60▼	150		250				ŠD (MZ)
	600																									
	700																									
	Ha			270	270				250	250	250				240	240	240				230	230	230			
	Hv			420	570				400	550	650				390	540	640				380	530	630			

D0-T-2		Podloží		PI	PII	PI			PII	PIII	PI			PII	PIII	PI			PII	PIII	
CB, S, ŠD (MZ)	100																				
	200																				
	300																				
	400																				
	500																				
	600																				
	700																				
	Ha			270	270			250	250	250			240	240	240			230	230	230	
	Hv			420	570			400	550	650			390	540	640			380	530	630	

D0-T-3		Podloží		PI			PII			PIII			PI			PII			PIII							
CB, MZK, ŠD	100			CB I 300						CB I 280						CB I 270						CB I 250				
	200																									
	300	150▼					150▼							150▼						150▼						
	400		250	200				250	200	200					250	200	200				250	200	200		MZK	
	500																								▼ 90	
	600	90▼		150			90▼						90▼						90▼		90▼		150			ŠD
	700		60▼				60▼		150	250		ŠD		60▼		150	250		ŠD		60▼			250		ŠD
		Ha		300	300			280	280	280			270	270	270			250	250	250						
		Hv		550	650			530	630	730			520	620	720			500	600	700						

## Konstrukční požadavky pro D0T:

1. Tloušťka cementobetonového krytu platí pro průměrnou teplotu vzduchu 7 °C až 9 °C, při teplotě vyšší se může snížit o 10 mm, při teplotě nižší se musí zvýšit o 10 mm.
2. Délka desek cementobetonového krytu závisí na jejich tloušťce takto: tl. 290 mm až 300 mm – délka 6,00 m, 260 mm až 280 mm – 5,50 m, 240 mm až 250 mm – 5,25 m, 200 mm až 230 mm – 5,00 m.
3. Podélné spáry se kotví a příčné spáry vyztužují. Pro konstrukční požadavky platí TKP, kapitola 6.
4. V podkladní vrstvě z KSC se v místech spár v cementobetonovém krytu rovněž vytvářejí spáry. Pro snížení eroze podkladu je možno na KSC a S navrhnout geotextilii o plošné hmotnosti 500 g.m<sup>-2</sup>. V takovém případě není nutno spáry v KSC vytvářet.
5. Návrhy vozovky D0-T-1 a -2 na podloží PI se týkají propustného podloží (upravené skalní podloží, násyp z kamenité sypaniny, podloží z GW a GP). Návrh zlepšení zeminy příměsí pojiv splňující požadavky pro PI není efektivní, neboť pod vrstvu KSC a S je nutno použít ochrannou vrstvu.
6. Podkladní vrstva KSC I může být nahrazena mezerovitým betonem (MCB) o stejné tloušťce a bez geotextilie.



# D1-T

TDZ	III	IV	V	VI
$TNV_1$ (TNV/24h)	1200	440	90	15
$TNV_k$ (TNV/24h)	1500	500	100	15
$TNV_{cd}$ (mil. TNV)	6.2	2.3	0.46	0.070

D1-T-1		Podloží			PI	P II	P III	PI	P II	P III	
CB, KSC, ŠD (MZ)	100							CB II 210			CB II 200
	200										
	300							KSC I 150			KSC I 150
	400	90▼					90▼			90▼	
	500		150				60▼		150		ŠD (MZ)
	600			250						250	
	700						45▼				
	Ha		210	210	210			200	200	200	
	Hv		360	510	610			350	500	600	

D1-T-2		Podloží			PI	P II	P III	PI	P II	P III		
CB, S, ŠD (MZ)	100				CB II 210			CB II 200				
	200											
	300											
	400											
	500											
	600											
	700											
	Ha		210	210	210			200	200	200		
	Hv		360	510	610			350	500	600		

D1-T-3		Podloží			PI			PII			PIII			PII			PIII		
CB, MZK, ŠD	100				CB II 240						CB II 230			CB II 210					
	200	150▼			150▼			90▼			80▼								
	300	200			MZK			200			MZK			150			ŠD		
	400	90▼			90▼			90▼			60▼			45▼					
	500	60▼			150			60▼			150			200					
	600	45▼			ŠD			45▼			ŠD								
	700																		
	Ha	240	240	240		230	230	230		210	210								
	Hv	440	540	640		430	530	630		360	410								

## Konstrukční požadavky D1T:

- Délka desek cementobetonového krytu se navrhuje 5,00 m.
- V TDZ III a na autobusových zastávkách s více než 50 zastaveními denně se podélné spáry kotví a příčné spáry vyztužují. Pro konstrukční požadavky platí TKP, kapitola 6.
- V podkladní vrstvě z KSC se v místech spár v cementobetonovém krytu rovněž vytvářejí spáry. Pro snížení eroze podkladu je možno na KSC a S navrhnout geotextilii o plošné hmotnosti 500 g.m<sup>-2</sup>. V takovém případě není nutno spáry v KSC vytvářet.
- Návrhy vozovky D1-T-1 a -2 na podloží PI se týkají propustného podloží (upravené skalní podloží, násyp z kamenité sypaniny, podloží z GW a GP). Návrh zlepšení zeminy příměsí pojiv splňující požadavky pro PI není efektivní, neboť pod vrstvu KSC a S je nutno použít ochrannou vrstvu.
- Podkladní vrstva KSC I může být nahrazena mezerovitým betonem (MCB) o stejné tloušťce a bez geotextilie.

## D0-N

TDZ	S	I	II	III
$TNV_1$ (TNV/24h)	10000	5000	2400	1200
$TNV_k$ (TNV/24h)	23500	7500	3500	1500
$TNV_{cd}$ (mil. TNV)	85	28	14.5	6.2
$N_{cd}$ (mil. 10t náprav)	60	20	10	3.7
				441
				501
				2.3
				0.8

D0-N-1	Podloží	PI	PII	PIII	AKM I 40 ABVH I 80 OK I 150 MVK ŠD	PI	PII	PIII	AKM I 40 ABVH I 80 OK I 110 MVK ŠD	PI	PII	PIII	AKM I 40 ABH I 70 OK I 90 MVK ŠD	PI	PII	PIII	AKM I 40 ABH I 60 OK I 60 MVK ŠD
AKM, AB, OK, MKZ, ŠD	100																
	200																
	300																
	400																
	500																
	600																
	700																
	Ha	270	270	270		230	230	230		200	200	200		160	160	160	
	Hv	520	620	720		480	580	680		450	550	650		410	510	610	

D0-N-2	Podloží	PI	PII	PIII	AKM I 40 ABVH I 80 VMT A 120 MVK ŠD	PI	PII	PIII	AKM I 40 ABVH I 80 VMT A 80 MVK ŠD	PI	PII	PIII	AKM I 40 ABH I 70 VMT A 70 MVK ŠD
AKM, AB, VMT, MKZ, ŠD	100												
	200												
	300												
	400												
	500												
	600												
	700												
	Ha	240	240	240		200	200	200		180	180	180	
	Hv	490	590	690		450	550	650		430	530	630	

D0-N-3	Podloží	PI	PII	PIII	AKM I 40 ABVH I 80 OK I 120 KSC I ŠD	PI	PII	PIII	AKM I 40 ABVH I 80 OK I 80 KSC I ŠD	PI	PII	PIII	AKM I 40 ABH I 70 OK I 60 KSC I ŠD	PI	PII	PIII	AKM I 40 ABH I 60 OK I 50 KSC I ŠD
AKM, AB, OK, KSC, ŠD	100																
	200																
	300																
	400																
	500																
	600																
	700																
	Ha	240	240	240		200	200	200		170	170	170		150	150	150	
	Hv	420	560	660		380	520	620		350	490	590		310	450	550	

### Konstrukční požadavky pro vozovky D0N (viz poznámky 1 až 5):

- Při pomalé (nižší než 50 km.h<sup>-1</sup>) a zastavující dopravě se dopravní zatížení zdvojnásobuje (viz A.4.2, poznámka 2). Účinek této dopravy má zvýšený vliv na porušování vozovek.
- V TDZ S až II, ve třídě III při pomalé (nižší než 50 km.h<sup>-1</sup>) a zastavující dopravě a na zastávkách trolejbusů a autobusů při počtu jejich zastavení více než 125 denně se požaduje prokázání odolnosti asfaltových směsí proti tvorbě trvalých deformací podle TP 109.
- Pro TDZ S až II se požaduje v krytových vrstvách použití modifikovaného asfaltu.

## D0-N

TDZ		S			I			II			III			
TNV <sub>1</sub> (TNV/24h)		10000			5000			2400			1200			441
TNV <sub>k</sub> (TNV/24h)		23500			7500			3500			1500			501
TNV <sub>cd</sub> (mil. TNV)		85			28			14.5			6.2			2.3
N <sub>cd</sub> (mil. 10t náprav)		60			20			10			3.7			0.8

D0-N-4		Podloží	PI	PII	PIII	PI	PII	PIII	PI	PII	PIII	PI	PII	PIII	PI	PII	PIII
AKM, AB, OK, KSC, MZ	100		AKM I 40	ABVH I 80	OK I 120	AKM I 40	ABVH I 80	OK I 80	AKM I 40	ABH I 70	OK I 60	AKM I 40	ABH I 60	OK I 50	AKM I 40	ABH I 60	OK I 50
	200																
	300																
	400																
	500																
	600																
	700																
Ha			240	240	240		200	200	200		170	170	170		150	150	150
Hv			420	570	670		380	530	630		350	500	600		310	460	560

D0-N-5		Podloží	PI	PII	PIII	PI	PII	PIII	PI	PII	PIII	PI	PII	PIII	PI	PII	PIII
AKM, AB, OK, S, ŠD	100		AKM I 40	ABVH I 80	OK I 140	AKM I 40	ABVH I 80	OK I 100	AKM I 40	ABH I 70	OK I 80	AKM I 40	ABH I 60	OK I 60	AKM I 40	ABH I 60	OK I 60
	200																
	300																
	400																
	500																
	600																
	700																
Ha			260	260	260		220	220	220		190	190	190		160	160	160
Hv			460	590	690		420	550	650		390	520	620		350	470	570

D0-N-6		Podloží	PI	PII	PIII	PI	PII	PIII	PI	PII	PIII	PI	PII	PIII	PI	PII	PIII
AKM, AB, OK, S, MZ	100		AKM I 40	ABVH I 80	OK I 140	AKM I 40	ABVH I 80	OK I 100	AKM I 40	ABH I 70	OK I 80	AKM I 40	ABH I 60	OK I 60	AKM I 40	ABH I 60	OK I 60
	200																
	300																
	400																
	500																
	600																
	700																
Ha			260	260	260		220	220	220		190	190	190		160	160	160
Hv			460	610	710		420	570	670		390	540	640		350	490	590

- Na vrstvách KSC a S musí být provedena opatření proti vývoji reflexních trhlin do asfaltových vrstev podle 6.4.5 omezením jejich smršťování úpravou pojiva (pomalu tuhnoucí pojivo) nebo uvolněním smršťovacích napětí pojezdy vrstvy vibračním válcem v době tvrdnutí nebo vytvořením smršťovacích trhlin ve vzdálenostech do 5 m (vločkami, vibračním diskem, proříznutím apod.).
- Ve vozovkách D0-N-3-PI až D0-N-6-PI je návrh vozovky pro propustné podloží (upravené skalní podloží, násyp z kamenité sypaniny a podloží ze zemin GW a GP). Zlepšení zemin pojivy pro dosažení charakteristik podloží PI není efektivní.

# D1-N

TDZ	III	IV	V	VI
$T_{NV1}$ (TNV/24h)	1200	440	90	15
$T_{NVk}$ (TNV/24h)	1500	500	100	15
$T_{NVcd}$ (mil. TNV)	6.9	2.3	0.46	0.070
$N_{cd}$ (mil. 10t náprav)	2.9	0.8	0.16	0.025

D1-N-1	Podloží	PII PIII	PII PIII	PII PIII	PII PIII
AB, OK, ŠD					
100		ABS I 40 ABH I 60 OK I 50 ▲140	ABS II 40 OKS I 80 ▲130	ABS II 40 OKS I 60 ▲130	ABS II 40 OKS I 60 ▲130
200		170 170 MZK ▼90	150 150 MZK ▼80	150 150 MZK ▼80	150 150 MZK ▼80
300		150 250 ŠD ▼45	150 200 ŠD ▼45	150 200 ŠD ▼45	150 200 ŠD ▼45
400					
500					
Ha		150 150	120 120	100 100	
Hv		470 570	420 470	400 450	

D1-N-2	Podloží	PII PIII	PII PIII	PII PIII	PII PIII
AB, OK, ŠD					
100		ABS I 40 ABH I 60 OK I 90 ▲110	ABS II 40 OKS I 110 ▲100	ABS II 40 OKS I 70 ▲100	ABS II 40 OKS I 50 ▲80
200		250 200 ŠD ▼70	250 150 ŠD ▼70	200 150 ŠD ▼70	200 150 ŠD ▼50
300		150 150 ŠD ▼45	150 150 ŠD ▼45	150 150 ŠD ▼45	150 150 ŠD ▼30
400					
500					
Ha		190 190	150 150	110 110	90 90
Hv		440 540	400 450	310 410	290 390

D1-N-3	Podloží	PII PIII	PII PIII	PII PIII	PII PIII
AB, OK, ŠD, MZ					
100		ABS I 40 ABH I 60 OK I 90 ▲100	ABS II 40 OKS I 110 ▲100	ABS II 40 OKS I 70 ▲90	ABS II 40 OKS I 50 ▲80
200		150 200 ŠD ▼60	150 200 ŠD ▼60	150 150 ŠD ▼60	150 150 ŠD ▼45
300		150 200 MZ ▼45	150 200 MZ ▼45	150 200 MZ ▼45	150 150 MZ ▼30
400					
500					
Ha		190 190	150 150	110 110	90 90
Hv		490 590	450 550	410 460	390 390

D1-N-4	Podloží	PII PIII	PII PIII	PII PIII	PII PIII
AB, OK, PM, ŠD, MZ					
100		ABS II 40 OKS I 70 PM 90 ▲90	ABS II 40 OKS I 50 PM 90 ▲90	ABS II 40 OKS I 50 PM 90 ▲90	ABS II 60 PM 90 ▲60
200		250 150 ŠD ▼60	200 150 ŠD ▼60	200 150 ŠD ▼60	150 200 ŠD ▼30
300		150 200 MZ ▼45	150 200 MZ ▼45	150 200 MZ ▼45	
400					
500					
Ha		110 110	90 90		60 60
Hv		450 550	380 480		300 350

## Konstrukční požadavky pro vozovky D1N (viz poznámky 1 až 8):

- Při pomalé (nižší než 50 km.h<sup>-1</sup>) a zastavující dopravě se dopravní zatížení zdvojnásobuje (viz A.4.2, poznámka 2). Účinek této dopravy má zvýšený vliv na porušování vozovek.
- Ve TDZ III při pomalé a zastavující dopravě a na zastávkách trolejbusů a autobusů při počtu jejich zastavení více než 50 průměrně denně se požaduje prokázání odolnosti asfaltových směsí proti tvorbě trvalých deformací podle TP 109.
- V návrhu vozovek D1N-4 lze penetrační makadam (PM) nahradit vsypným makadame (VM) nebo vrstvou R-materiálu podle TP 111. Vrstva PM, VM a R-materiálu se před pokládkou asfaltové vrstvy opatří spojovacím postřikem.
- V TDZ V a VI může být vrstva MZ nahrazena vrstvou o stejné tloušťce ze štěrkopísku nebo recyklátu (cihelného, betonového), který splňuje požadavky zrnitosti na MZ.



## D1-N

TDZ		III	IV	V	VI
TNV <sub>1</sub> (TNV/24h)		1200	440	90	15
TNV <sub>k</sub> (TNV/24h)		1500	500	100	15
TNV <sub>cd</sub> (mil. TNV)		6.9	2.3	0.46	0.070
N <sub>cd</sub> (mil. 10t náprav)		2.9	0.8	0.16	0.025

D1-N-5		Podloží	PII PIII	PII PIII	PII PIII	PII PIII
AB, OK, KSC, MZ	100		ABS I 40 ABH I 60 OK I 50	ABS II 40 OKS I 70	ABS II 40 OKS I 60	ABS II 40 OKS I 50
	200		140 140 KSC I ▼ 60	130 140 KSC I ▼ 60	120 120 KSC I ▼ 60	120 120 KSC I ▼ 45
	300		150 250 MZ ▼ 45	150 200 MZ ▼ 45	150 200 MZ ▼ 45	150 150 MZ ▼ 30
	400					
	500					
	Ha	150 150	110 110	100 100	90 90	
	Hv	440 540	390 450	370 420	360 360	

D1-N-6		Podloží	PII PIII	PII PIII	PII PIII	PII PIII
AB, OK, KSC, ŠD	100		ABS I 40 ABH I 60 OK I 50	ABS II 40 OKS I 70	ABS II 40 OKS I 60	ABS II 40 OKS I 50
	200		130 130 KSC I ▼ 60	120 130 KSC I ▼ 60	120 120 KSC I ▼ 60	120 120 KSC I ▼ 45
	300		150 220 ŠD ▼ 45	150 200 ŠD ▼ 45	150 200 ŠD ▼ 45	150 150 ŠD ▼ 30
	400					
	500					
	Ha	150 150	110 110	100 100	90 90	
	Hv	430 500	380 440	370 420	360 360	

D1-N-7		Podloží	PII PIII	PII PIII	PII PIII	PII PIII
AB, OK, S, MZ	100		ABS I 40 ABH I 60 OK I 50	ABS II 40 OKS I 70	ABS II 40 OKS I 60	ABS II 40 OKS I 50
	200		170 170 S I ▼ 60	160 180 S I ▼ 60	140 150 S II ▼ 60	110 130 S II ▼ 45
	300		150 250 MZ ▼ 45	150 200 MZ ▼ 45	150 200 MZ ▼ 45	150 150 MZ ▼ 30
	400					
	500					
	Ha	150 150	110 110	100 100	90 90	
	Hv	470 570	420 490	390 450	350 370	

D1-N-8		Podloží	PII PIII	PII PIII	PII PIII	PII PIII
AB, OK, S, ŠD	100		ABS I 40 ABH I 60 OK I 50	ABS II 40 OKS I 70	ABS II 40 OKS I 60	ABS II 40 OKS I 50
	200		150 150 S I ▼ 60	150 150 S I ▼ 60	130 130 S II ▼ 60	100 120 S II ▼ 45
	300		150 220 ŠD ▼ 45	150 200 ŠD ▼ 45	150 200 ŠD ▼ 45	150 150 ŠD ▼ 30
	400					
	500					
	Ha	150 150	110 110	100 100	90 90	
	Hv	450 520	410 460	380 430	340 360	

- Na vrstvách KSC a S musí být provedena opatření proti vývoji reflexních trhlin do asfaltových vrstev podle 6.4.5 omezením jejich smršťování úpravou pojiva (pomalu tuhnoucí pojivo) nebo uvolněním smršťovacích napětí pojezdy vrstvy vibračním válcem v době tvrdnutí nebo vytvořením smršťovacích trhlin ve vzdálenostech do 5 m (vložkami, vibračním diskem, proříznutím apod.).
- Pokud podloží splňuje požadavky podloží PI (upravené skalní podloží, násyp z kamenité sypaniny a podloží ze zemin GW a GP), lze v návrhu vozovky vypustit ochrannou vrstvu a tloušťka S a KSC I se zvýší o 20 mm, tloušťka MZK o 50 mm. V případě vozovky s podkladem ze ŠD se použije minimální tloušťka 150 mm.
- Vrstva KSC I v TDZ V a VI může být nahrazena vrstvou VB nebo PB v tloušťce 100 mm
- V TDZ IV až VI lze ŠD nebo MZ nahradit recyklovatelným asfaltovým materiálem (RAM 1 a R-materiálem podle TP 111) o stejné tloušťce. Modul přetvárnosti vrstvy se měří při teplotě povrchu nižší než 20 °C.

## D1-D

TDZ	III	IV	V	VI
$TNV_1$ (TNV/24h)	1200	440	90	15
$TNV_k$ (TNV/24h)	1500	500	100	15
$TNV_{cd}$ (tis. TNV)	6900	2300	460	70
$N_{cd}$ (tis. 10t náprav)	2900	800	160	25

D1-D-1	Podloží	PII PIII	PII PIII	PII PIII
DL, KSC, MZ	100	DL 100 L 40	DL 80 L 40	DL 80 L 40
	200	190 210 KSC I	140 160 KSC I	120 120 KSC I
	300	60▼	60▼	60▼
	400	150 200 MZ	150 200 MZ	150 150 MZ
	500	60▼	60▼	45▼
Ha				
Hv		480 550	410 480	390 390

D1-D-2	Podloží	PII PIII	PII PIII	PII PIII
DL, S, MZ	100	DL 100 L 40	DL 80 L 40	DL 80 L 40
	200	200 230 S I	160 190 S I	120 150 S I
	300	60▼	60▼	60▼
	400	200 250 MZ	150 200 MZ	150 150 MZ
	500	60▼	60▼	45▼
Ha				
Hv		540 620	430 510	390 420

D1-D-3	Podloží	PII PIII	PII PIII	PII PIII
DL, MZK, ŠD	100	DL 100 L 40	DL 80 L 40	DL 80 L 40
	200	220 220 MZK	200 200 MZK	150 150 MZK
	300	100▼	90▼	70▼
	400	200 250 ŠD	150 200 ŠD	150 150 ŠD
	500	60▼	60▼	45▼
Ha				
Hv		560 610	470 520	420 420

### Konstrukční požadavky pro D1-D:

1. Tloušťka dlažebních prvků je uvedena jako minimální. Při návrhu vozovky autobusových a trolejbusových zastávek pro více jak 50 zastavení průměrně denně (TDZ IV) se dává přednost dlažbě velikosti 120 mm až 160 mm z přírodního kamene.
2. Pokud podloží splňuje požadavky podloží PI (upravené skalní podloží, násyp z kamenité sypaniny a podloží ze zemin GW a GP), lze v návrhu vozovky vypustit ochrannou vrstvu a tloušťka S a KSC I se oproti tloušťce na PII zvýší o 20 mm, tloušťka MZK o 50 mm.
3. Vrstva KSC I může být nahrazena vrstvou z VB, PB nebo MCB o uvedených tloušťkách.
4. Ložní vrstva na podkladech z S, KSC, VB a PB musí být odvodněna, např. podle obrázku 4 TP.
5. Vrstva MZK může být nahrazena vrstvou z ŠCM o uvedených tloušťkách.
6. V TDZ V a VI může být vrstva MZ nahrazena vrstvou o stejné tloušťce ze štěrkopísku nebo recyklátu (cihelného, betonového), který splňuje požadavky zrnitosti na MZ.



## D2

TDZ	V	VI	O	CH
$TNV_1$ (TNV/24h)	90	15		
$TNV_k$ (TNV/24h)	100	15		
$TNV_{cd}$ (tis. TNV)	460	70		
$N_{cd}$ (tis. 10t náprav)	160	25		

D2-D-1	Podloží	PII	PIII	PII	PIII	PII	PIII	PII	PIII
DL, ŠD	100	100▼	DL 80 L 40 ▲90	80▼	DL 80 L 40 ▲70	70▼	DL 80 L 40 ▲60	70▼	DL 60 L 30 ▲50
	200	150	ŠD ▼60	200	ŠD ▼30	150	ŠD ▼30	150	ŠD ▼30
	300	70▼		45▼		45▼		45▼	
	400	150	ŠD ▼30						
	500	45▼							
Ha									
Hv		420	470		320	370		270	320

D2-D-2	Podloží	PII	PIII	PII	PIII
DL, MZ	100	60▼	DL 80 L 40 ▲60	60▼	DL 60 L 30 ▲50
	200	200	MZ ▼30	250	MZ ▼30
	300				
	400				
	500				
Ha					
Hv			320	370	

D2-N-3	Podloží	PII	PIII	PII	PIII	PII	PIII	PII	PIII
AB, R-mat, ŠD (MZ)	100	80▼	ABS II 60 R-mat 60 ▲70	70▼	ABS III 50 R-mat 50 ▲60	60▼	ABJ III 50 R-mat 50 ▲50	60▼	ABJ III 50 R-mat 50 ▲45
	200	200	ŠD ▼30	150	ŠD ▼30	150	MZ ▼30	150	MZ ▼30
	300	45▼		45▼		45▼		45▼	
	400								
	500								
Ha		60	60	50	50	50	50	50	50
Hv		320	370	250	300	250	300	250	250

D2-T-4	Podloží	PII	PIII	PII	PIII	PII	PIII	PII	PIII
CB, MZ	100	60▼	CB III 180 ▲50	60▼	CB III 160 ▲50	60▼	CB III 140 ▲50	60▼	CB III 120 ▲45
	200	150	MZ ▼30	150	MZ ▼30	150	MZ ▼30	150	MZ ▼30
	300	45▼		45▼		45▼		45▼	
	400								
	500								
Ha									
Hv		330	380	310	360	290	340	270	270

### Konstrukční požadavky pro D2-D-1 až D2-T-4:

- Vozovky jsou opatřeny trvanlivým krytem a lze je použít pro obslužné a účelové komunikace a pro nemotoristické komunikace a chodníky.
- Vozovky s dopravním zatížením „O“ jsou konstrukce komunikací vyhrazených pro osobní vozidla, kde není trvalým fyzickým opatřením znemožněn vjezd TNV.
- Tloušťka dlažebních prvků je uvedena jako minimální.
- R-materiál je zhutněná recyklovatelná asfaltová směs bez pojiva podle TP 111.
- Vrstva MZ může být nahrazena vrstvou o stejné tloušťce ze štěrkopísku nebo recyklátu (cihelného, betonového), který splňuje požadavky zrnitosti na MZ.
- Délky cementobetonového krytu jsou: pro tloušťku 180 mm – 4,5 m, pro 160 mm – 4,0 m, pro 140 mm – 3,5 m a pro 120 mm – 3,0 m. Beton CB III může být nahrazen CB II nebo betonem C 25/30 XF4 podle ČSN EN 206-1.

## D2-N

TDZ		V		VI		O		CH	
TNV <sub>1</sub> (TNV/24h)		90		15					
TNV <sub>k</sub> (TNV/24h)		100		15					
TNV <sub>cd</sub> (tis. TNV)		460		70					
N <sub>cd</sub> (tis. 10t náprav)		160		25					

D2-N-5		Podloží		PII PIII		PII PIII		PII PIII			
PM, ŠD	100			PM 90				PM 90			
	200			ŠD				ŠD			
	300			ŠD							
	400			ŠD							
Ha											
Hv		390 440		290 340		300 350					

D2-N-6		Podloží		PII PIII		PII PIII		PII PIII			
N, KSC, MZ	100			N 2V 20				N 2V 20			
	200			KSC I				KSC I			
	300			MZ				MZ			
	400			MZ				MZ			
Ha											
Hv		340 370		290 320		290 290					

D2-N-7		Podloží		PII PIII		PII PIII	
R-mat, S (ZZ)	100			R-mat 90			
	200			S III			
	300			ZZ			
	400						
Ha							
Hv		290 440		200 350			

D2-N-8		Podloží		PII PIII		PII PIII	
R-mat, ŠD	100			R-mat 50			
	200			ŠD			
	300			ŠD			
	400			ŠD			
Ha							
Hv				250 300		200 250	

## Konstrukční požadavky pro D2-N-5 až D2-N-8:

1. Vozovky lze použít pro nemotoristické, obslužné a účelové komunikace nebo dočasné a stavební komunikace; snadno se udržují a opravují, údržba však musí být prováděna včas.
2. Obrusná vrstva z penetračního makadamu (PM) s nátěrem může být u vozovek D2N-5 nahrazena vsypným makadamem (VM) nebo vrstvou zhuštěné recyklovatelné asfaltové směsi bez pojiva (R-materiál nebo RAM 1 podle TP 111) s nátěrem; obrusná vrstva z R-materiálu je použita u vozovek D2-N-7 a D2N-8 s nátěrem, nebo bez nátěru v případě hutnění vrstvy při teplotě vyšší než 20 °C.
3. Vrstvy opatřené pouze nátěrem (PM, VM, RAM nebo KSC I) vyžadují údržbu povrchu, předpokládaná doba životnosti obrusné vrstvy je obvykle 6 – 8 let. Vozovky se použijí pro etapovou výstavbu s uvedenou dílčí dobou životnosti a pro dočasné vozovky s dopravním zatížením vyjádřeným  $TNV_{cd}$  nebo  $N_{cd}$  s plánovanou běžnou údržbou.
4. Vrstva MZ může být nahrazena vrstvou o stejné tloušťce ze štěrkopísku nebo recyklátu (cihelnoho, betonového), který splňuje požadavky zrnitosti na MZ.
5. Vrstvu ŠD nebo MZ lze nahradit recyklovatelným asfaltovým materiálem (RAM 1 a R-materiálem podle TP 111). Modul přetvárnosti vrstvy se měří při teplotě povrchu nižší než 20 °C.
6. ZZ je zemina zlepšená přísadou pojiv s požadovanou hodnotou CBR > 47 % podle ČSN 73 6133 a S III je stabilizace podle ČSN 73 6125 prováděná metodou na místě.

# **TP Navrhování vozovek pozemních komunikací**



## **Část B – Návrhová metoda**

## **OBSAH**

<b>B.1 PŘEDMĚT A PŘEDPOKLADY UŽITÍ TÉTO ČÁSTI TP .....</b>	<b>1</b>
B.1.1 Předmět návrhové metody.....	1
B.1.2 Předpoklady užití návrhové metody.....	1
<b>B.2 ZNAČKY A OZNAČOVÁNÍ.....</b>	<b>1</b>
<b>B.3 POSTUP NÁVRHU .....</b>	<b>1</b>
<b>B.4 STANOVENÍ VSTUPNÍCH ÚDAJŮ NAVRHOVÁNÍ.....</b>	<b>1</b>
B.4.1 Návrhová úroveň porušení vozovky.....	1
B.4.2 Návrhové situace a návrhové období .....	2
B.4.3 Dopravní zatížení .....	2
B.4.4 Zatížení klimatickými vlivy .....	5
B.4.5 Zatížení vlastní tíhou konstrukce .....	6
<b>B.5 KLIMATICKÉ PODMÍNKY .....</b>	<b>6</b>
<b>B.6 CHARAKTERISTIKY PODLOŽÍ VOZOVKY .....</b>	<b>6</b>
B.6.1 Všeobecně .....	6
B.6.2 Stanovení modulu pružnosti podloží vozovky ze zkoušky CBR .....	6
B.6.3 Stanovení modulu pružnosti vrstevnatého podloží vozovky .....	7
B.6.4 Stanovení modulu pružnosti rázovou zkouškou .....	8
B.6.5 Odolnost vůči opakovanému zatěžování .....	8
<b>B.7 CHARAKTERISTIKY MATERIÁLŮ KONSTRUKČNÍCH VRSTEV .....</b>	<b>9</b>
B.7.2 Moduly pružnosti stanovené na základě složení asfaltové směsi.....	9
B.7.3 Moduly pružnosti stanovené zkouškou modulu tuhosti .....	10
B.7.4 Moduly pružnosti tuhých konstrukčních vrstev .....	10
B.7.5 Moduly pružnosti stabilizovaných vrstev a vrstev stmelených hydraulickým pojivem .....	11
B.7.6 Moduly pružnosti nestmelených a prolévaných vrstev .....	11
B.7.7 Stanovení modulu pružnosti z rázové zkoušky .....	13
B.7.8 Únavové charakteristiky asfaltových směsí stanovené zkouškou únavy .....	13
B.7.9 Únavové charakteristiky stanovené na základě složení asfaltové směsi.....	14
B.7.10 Únavové charakteristiky tuhých vrstev.....	15
<b>B.8 NÁVRH VOZOVKY .....</b>	<b>15</b>
B.8.1 Návrh zemního tělesa a podloží .....	15
B.8.2 Návrh ochranné a podkladní vrstvy .....	17
B.8.3 Návrh krytů vozovek .....	20
B.8.4 Dimenzování konstrukce vozovky.....	22
<b>B.9 VÝPOČET ÚČINKŮ ZATÍŽENÍ.....</b>	<b>22</b>
B.9.1 Netuhé vozovky .....	22
B.9.2 Tuhé vozovky .....	23

<b>B.10 POSOUZENÍ KONSTRUKCE VOZOVKY .....</b>	<b>24</b>
B.10.1 Všeobecně .....	24
B.10.2 Posouzení stmelených vrstev a podloží vozovky opakovaným namáháním.....	24
B.10.3 Experiment k ověření vývojových návrhů vozovek.....	28
<b>B.11 KONSTRUKČNÍ POŽADAVKY .....</b>	<b>29</b>
<b>B.12 POROVNÁNÍ NAVRŽENÝCH VOZOVEK.....</b>	<b>29</b>
<b>B.13 ČINNOSTI SPOJENÉ S NAVRHOVÁNÍM PŘI VÝSTAVBĚ VOZOVEK .....</b>	<b>29</b>
<b>B.14 PŘÍKLADY NAVRHOVÁNÍ VOZOVEK.....</b>	<b>29</b>
B.14.1 Zadání .....	29
B.14.2 Návrhová úroveň porušení.....	29
B.14.3 Dopravní zatížení a návrhové období .....	29
B.14.4 Podloží .....	30
B.14.5 Klimatické podmínky.....	30
B.14.6 Návrh a posouzení netuhých vozovek .....	30
B.14.7 Návrh vozovky s cementobetonovým krytem pro úsek D xx05 .....	34
B.14.8 Výběr optimálního návrhu vozovky .....	36
<b>Příloha B.1.....</b>	<b>38</b>
<b>Příloha B.2.....</b>	<b>41</b>
<b>Příloha B.3.....</b>	<b>46</b>
 <b>Seznam tabulek</b>	
B.1 – Minimální návrhové hodnoty pružnosti podloží vozovky .....	7
B.2 – Třídy minimálního modulu pružnosti asfaltových vrstev vozovek .....	9
B.3 – Návrhové hodnoty vlastností cementobetonových vrstev vozovek.....	10
B.4 – Návrhové hodnoty charakteristik netuhých konstrukčních vrstev .....	13
B.5 – Návrhové charakteristiky únavy asfaltových směsí .....	15
B.6 – Minimální tloušťky nestmelených vrstev .....	20
B.7 – Doporučené skladby a minimální tloušťky vrstev asfaltových krytů.....	22
B.8 – Doporučená jakost a minimální tloušťky cementobetonových krytů.....	23
B.9 – Předpokládaný vývoj dopravního zatížení dálnice.....	31
B.10 – Příklad posouzení konstrukce vozovky programem LAYEPS .....	33
B.11 – Posouzení variant vozovek dálnice Dxx .....	34

## **B.1 Předmět a předpoklady užití této části TP**

### **B.1.1 Předmět návrhové metody**

**B.1.1.1** Návrhová metoda v této části TP zavádí pravidla návrhu a posouzení vozovek s detailní analýzou všech vnějších vlivů s využitím funkčních vlastností podloží vozovky a vrstev vozovek.

**B.1.1.2** Návrhová metoda slouží k návrhu vozovek jiným kolovým zatížením. Při zatížení silničním provozem především slouží k optimalizaci návrhu vozovky s ohledem na konkrétní podmínky stavby ve stadiu dokumentace pro zadání stavby a zejména ve stadiu realizační dokumentace stavby (viz kapitola 7). Umožňuje využít upřesněné podmínky navrhování vozovek, vlastnosti podloží, konkrétní materiálové charakteristiky vrstev a upřesnit tloušťky vrstev vozovky.

**B.1.1.3** Návrhová metoda umožní zavádění nových vrstev a konstrukčních uspořádání, podporuje a rozvíjí požadavky obsažené v připravovaných evropských normách a umožní transfer zahraničních technologií. Charakteristiky podloží vozovky a vrstev vozovek je možno stanovit laboratorním měřením použitých materiálů nebo polním měřením vrstev se zohledněním variability charakteristik. Umožňuje analyzovat vozovku ve všech stádiích stavby, užívání a oprav. Umožňuje také za podmínek uvedených v textu využít i jiné výpočtové modely a modely porušování.

### **B.1.2 Předpoklady užití návrhové metody**

**B.1.2.1** Užití navrhování podle B.1.1.2 s konkrétním zatížením a detailními podmínkami je omezeno na organizace a pracovníky provozující potřebný výpočtový program a mající teoretické znalosti a praktické zkušenosti s navrhováním vozovek a stanovením požadavků na upřesněné charakteristiky vrstev vozovek.

**B.1.2.2** Užití navrhování podle B.1.1.3 s využitím měření funkčních vlastností podloží vozovky a vrstev vozovek je omezeno na organizace disponující potřebnou výzkumně vývojovou základnou pro zkoušení vrstev vozovek a posuzování konstrukcí vozovek.

## **B.2 Značky a označování**

Použitá označování jsou uvedena v 3.2.

## **B.3 Postup návrhu**

Navrhování vozovek dodržuje postup uvedený ve schématu v obrázku 2.

## **B.4 Stanovení vstupních údajů navrhování**

### **B.4.1 Návrhová úroveň porušení vozovky**

Návrhové úrovně porušení jsou definovány v 4.1 a jsou uvedeny v tabulce 1.



## **B.4.2 Návrhové situace a návrhové období**

### **B.4.2.1 Návrhová situace**

**B.4.2.2** Návrhová situace je souhrn fyzikálních podmínek, pro které se návrhem prokazuje, že vozovka bude během návrhového období plnit požadavky únosnosti.

**B.4.2.3** Při posuzování vozovek se vyšetřují trvalé a případně dočasné návrhové situace. Dočasné situace se váží na dobu výstavby vozovky.

**B.4.2.4** Pokud je posouzení vozovky v dočasné situaci vyžadováno, postupuje se stejně jako při návrhu a posouzení etapové výstavby.

### **B.4.2.5 Návrhové období**

**B.4.2.5.1** Návrhové období je definováno v 4.2.2.7 až 4.2.2.9.

**B.4.2.5.2** V případě návrhu vozovky s uvažováním budoucích náhlých změn charakteristik dopravního zatížení, tj. intenzity provozu případně jejího relativního nárůstu, skladby dopravního proudu a parametrů náprav vozidel, se návrhové období člení na dílčí návrhová období:

$$t_d = \sum_{j=1}^{m_j} t_{dj}, \quad (\text{B.4.1})$$

kde  $t_d$  je délka návrhového období, roky,

$t_{dj}$  délka  $j$ -tého dílčího návrhového období, roky,

$m_j$  počet dílčích návrhových období.

**B.4.2.5.3** Dílčí návrhová období se využijí při návrhu vozovek s dostavbou nebo opravou vozovky (etapová výstavba).

## **B.4.3 Dopravní zatížení**

Stanovení dopravního zatížení vychází z 4.2 a je upřesněno následujícími články.

**B.4.3.1** Celkový počet opakování zatížení se vyjadřuje součtem všech opakování zatížení všemi uvažovanými zatěžovacími sestavami (nápravami nebo sestavami kol):

$$N_{ic} = \sum N_i, \quad (\text{B.4.2})$$

kde  $N_{ic}$  je celkový počet opakování zatížení (provozní výpočtové zatížení),

$N_i$  počet opakování zatížení  $i$ -tou zatěžovací sestavou.

**B.4.3.2** Stanovení zatížení zatěžovacími sestavami je podrobné a je spolehlivým podkladem pro výpočet a posouzení vozovky. Používá se hlavně při zatížení speciálními vozidly, mechanizmy a letadly zejména účelových komunikací, letištních ploch apod.

**B.4.3.3** Pro výpočet a posouzení se používá návrhová zatěžovací sestava podle 4.2.3. Pro přepočet ostatních zatěžovacích sestav na účinek návrhové sestavy se používá rovnice (B.10.11).

**B.4.3.4** Při zatížení běžným silničním provozem v návaznosti na sčítání dopravy se v ČR postupuje podle B.4.3.5. Při zatížení menšími vozidly než jsou těžká nebo střední nákladní vozidla (nemotoristické komunikace, chodníky, odstavné a parkovací plochy atd.) se zatížení obvykle nestanovuje, přesto tyto konstrukce musí být navrženy tak, aby přenesly i náhodné přejezdy těžkého nákladního vozidla bez porušení.

#### B.4.3.5 Zatížení běžným silničním provozem

**B.4.3.5.1** Při použití výsledků celostátního sčítání dopravy počínaje rokem 1990 se stanovuje průměrná denní intenzita provozu TNV v obou směrech v roce sčítání dopravy:

$$TNV_0 = 0,1 N1 + 0,9 N2 + PN2 + N3 + PN3 + 1,3 NS + A + PA, \quad (B.4.3)$$

kde  $TNV_0$  je průměrná denní intenzita provozu všech těžkých nákladních vozidel v roce sčítání dopravy, vozidel/den.

Další symboly jsou průměrné denní intenzity provozu:

- N1** lehkých nákladních vozidel (užitečná hmotnost do 3,5 tun), vozidel/den,
- N2** středních nákladních vozidel (užitečná hmotnost 3,5-10 tun), vozidel/den,
- PN2** přívěsy středních nákladních vozidel, vozidel/den,
- N3** těžkých nákladních vozidel (užitečná hmotnost nad 10 tun), vozidel/den,
- PN3** přívěsů těžkých nákladních vozidel, vozidel/den,
- NS** návěsových souprav, vozidel/den,
- A** autobusů, vozidel/den,
- PA** přívěsů autobusů, vozidel/den.

**B.4.3.5.2** Průměrná hodnota denní intenzity provozu TNV v (dílčím) návrhovém období se rovná průměrné denní intenzitě provozu v tomto období. Pro stanovení průměrné hodnoty denní intenzity provozu TNV se dovoluje uvažovat lineární trend nárůstu intenzity provozu:

$$TNV_k = 0,5 (\delta_z + \delta_k) TNV_0, \quad (B.4.4)$$

kde  $TNV_k$  je průměrná hodnota denní intenzity provozu TNV v (dílčím) návrhovém období, vozidel/den,

$TNV_0$  průměrná denní intenzita provozu TNV v roce provedení dopravně-inženýrského průzkumu (sčítání dopravy), vozidel/den,

$\delta_z, \delta_k$  součinitele nárůstu intenzity provozu TNV pro roky počátku a konce (dílčího) návrhového období.

**B.4.3.5.3** Součinitele  $\delta$  stanovuje objednatel na základě předpokládaného vývoje intenzity TNV podle 4.2.2.6. Pro běžný silniční provoz se součinitele stanovují podle vztahu:

$$\delta_i = (1 + 0,01 m)^{t_i}, \quad (B.4.5)$$

kde  $\delta_i$  je součinitel nárůstu dopravy pro  $i$ -tý rok,

$m$  meziroční nárůst intenzity provozu těžkých nákladních vozidel, %,

$t_i$  počet roků mezi rokem  $i$ -tým a rokem sčítání dopravy, roky.

**B.4.3.5.4** Při nedostatku přesnějších údajů podle 4.2.2.6 lze součinitele  $m$  uvažovat v závislosti na dopravním významu komunikace takto:

- dálnice, rychlostní silnice, rychlostní místní komunikace  $m = 5 \%$ ,
- silnice I. třídy  $m = 1 \%$ ,
- ostatní komunikace  $m = 0 \%$ .

**B.4.3.5.5** V závislosti na průměrné hodnotě denní intenzity TNV pro všechny jízdní pruhy se dopravní zatížení zařazuje do tříd podle tabulky 2.

**B.4.3.5.6** Návrhová hodnota intenzity provozu TNV se stanovuje pro nejvíce zatížený jízdní pruh podle vztahu:

$$TNV_d = C_1 TNV_k, \quad (B.4.6)$$

kde  $TNV_d$  je návrhová hodnota denní intenzity provozu TNV pro nejvíce zatížený jízdní pruh, vozidel/den,  
 $C_1$  součinitel vyjadřující podíl intenzity TNV na nejvíce zatíženém jízdním pruhu,  
 $TNV_k$  charakteristická hodnota denní intenzity TNV pro všechny jízdní pruhy v obou směrech, vozidel/den.

**B.4.3.5.7** Pro běžnou skladbu silničního provozu se uvažuje:

- pro jednopruhovú komunikace  $C_1 = 1,00$ ,
- pro obousměrnú komunikace s
  - jedním jízdním pruhem v jednom směru  $C_1 = 0,50$ ,
  - dvěma jízdními pruhy v jednom směru  $C_1 = 0,45$ ,
  - třemi a více jízdními pruhy v jednom směru  $C_1 = 0,40$ .

Do počtu jízdních pruhů se započítávají pruhy pro pomalá vozidla.

Speciálním dopravně-inženýrským průzkumem lze stanovit přímo návrhovou intenzitu nejvíce zatíženého jízdního pruhu ( $C_1$  se klade rovno 1,00).

**B.4.3.5.8** Návrhová hodnota celkového počtu přejezdů TNV se stanovuje ze vztahu:

$$TNV_{cd} = TNV_d \cdot 365 \cdot t_d, \quad (B.4.7)$$

kde  $TNV_{cd}$  je návrhová hodnota celkového počtu přejezdů TNV za (dílčí) návrhové období, vozidel/návrhové období,  
 $TNV_d$  návrhová hodnota denní intenzity TNV pro nejvíce zatížený jízdní pruh, vozidel/den,  
 $t_d$  délka (dílčího) návrhového období, roky.

**B.4.3.6** Stanovení dopravního zatížení z celkového objemu přepravených hmot

Zatížení z celkového objemu přepravených hmot se stanovuje po určení způsobu jejich přepravy, tj. stanovení druhu použitých vozidel k přepravě hmot (N1, N2, N3, NS, PN2, PN3), jejich vytížení apod. Objem přepravených hmot se tak převede na počet takto stanovených vozidel a ty se převedou podle rovnice (B.4.3) na počet TNV a dále se již postupuje podle B.4.3.5.

**B.4.3.7** Jiné stanovení dopravního zatížení

Podle mezinárodního standardu se dopravní zatížení vyjadřuje celkovým počtem vozidel s celkovou hmotností vyšší než 3,5 t (podle vyhlášky 341/2002 Sb.) a člení se do skupin podle druhu a počtu náprav podle s B.4.3.1. S ohledem na zavedené stanovení dopravního zatížení podle B.4.3.5 se takto členěné dopravní zatížení převede na běžné dopravní zatížení podle rovnice (B.4.3) a dále se postupuje podle B.4.3.5.

**B.4.3.8** Stanovení dopravního zatížení z vážení náprav

**B.4.3.8.1** Dopravní zatížení netuhých vozovek lze vyjádřit z vážení všech náprav vozidel s celkovou hmotností vyšší než 3,5 t za období vážení (za 24 h, rok apod). Počet návrhových náprav za období vážení se pak stanoví ze vztahu:

$$N_d = \sum_{i=1}^n \left( \frac{P_i}{100} \right)^B, \quad (B.4.8)$$

kde  $N_d$  je celkový počet návrhových náprav za období vážení, návrhových náprav za období (24 h, rok),  
 $n$  počet jednotlivých náprav,

$P_i$  hmotnost jednotlivých náprav, kN,  
 $B$  mocnitel, viz B.6.5.2 a B.7.8.6.

**B.4.3.8.2** Nejpresnější vyjádření návrhové hodnoty dopravního zatížení se dosáhne stanovením celkového počtu návrhových náprav působících v dimenzačním průřezu vozovky:

$$N_{cd} = C_2 \cdot C_4 \cdot N_d \cdot t_d, \quad (\text{B.4.9})$$

kde  $N_{cd}$  je návrhová hodnota celkového počtu návrhových náprav za (dílčí) návrhové období, působící v dimenzačním průřezu vozovky, návrhových náprav,  
 $C_2$  součinitel vyjadřující fluktuaci stop vozidel, viz B.10.2.12,  
 $C_4$  součinitel vyjadřující vliv rychlosti pohybu vozidel na vozovce s vrstvami z asfaltových směsí podle B.10.2.14,  
 $N_d$  celkový počet návrhových náprav za období vážení podle B.4.3.8.1, návrhových náprav,  
 $t_d$  počet období (dnů, roků) v návrhovém období, dny nebo roky.

**B.4.3.8.3** Návrhová hodnota celkového počtu návrhových náprav lze stanovit z návrhové hodnoty celkového počtu přejezdů TNV

$$N_{cd} = C_2 \cdot C_3 \cdot C_4 \cdot TNV_{cd} \quad (\text{B.4.10})$$

kde  $C_3$  je součinitel spektra hmotnosti náprav podle B.10.2.13 nebo B.10.2.15,  
 $TNV_{cd}$  návrhová hodnota celkového počtu přejezdů TNV za (dílčí) návrhové období (viz B.4.3.5.8), vozidel/návrhové období,  
 $C_2, C_4$  viz B.4.3.8.2.

## B.4.4 Zatížení klimatickými vlivy

### B.4.4.1 Netuhé vozovky

**B.4.4.1.1** Zatížení klimatickými účinky se pro netuhé vozovky nestanovuje. Reologické vlastnosti (relaxace napětí) asfaltových vrstev s výjimkou velmi nízkých teplot dovolují zanedbat zatížení běžnými teplotními změnami. Vznik a vývoj mrazových trhlin se řeší návrhem vrstev podle 5.1.1.6.

**B.4.4.1.2** Smršťování při tvrdnutí stabilizovaných a stmelených vrstev hydraulickými pojivy vede ke vzniku smršťovacích trhlin. V závislosti na teplotě (teplotní roztažnosti vrstvy) dochází na smršťovacích trhlinách k teplotním pohybům. Teplotní pohyby a průhyby v důsledku dopravního zatížení způsobují na trhlinách namáhání asfaltových vrstev nad nimi ležících, která vedou k vývoji reflexních trhlin. Omezení vývoje reflexních trhlin se zajišťuje konstrukčními opatřeními podle 6.4.5.

### B.4.4.2 Tuhé vozovky

**B.4.4.2.1** Hodnoty účinků zatížení se pro výpočet vozovky stanoví s přihlédnutím ke zvýšenému namáhání cementobetonových vrstev v důsledku nerovnoměrného rozdělení teploty podle jejich tloušťky. Účinky teplotního namáhání se určují pro teplotní rozdíl horního a spodního povrchu vrstev za předpokladu lineárního rozdělení teploty podle tloušťky.

**B.4.4.2.2** Návrhová hodnota (kladného) teplotního rozdílu v cementobetonovém krytu vozovky s podkladními vrstvami z asfaltových směsí, kameniva stmeleného hydraulickým pojivem, proléváními, nestmelenými nebo stabilizovanými podklady se určuje podle rovnice:

$$\Delta T_k = (18,6 - 0,6 T_m) + 28 (h - 0,22), \quad (\text{B.4.11})$$

kde  $\Delta T_k$  je návrhová hodnota (kladného) teplotního rozdílu v cementobetonové desce, K,  
 $T_m$  průměrná roční teplota vzduchu, °C,  
 $h$  tloušťka cementobetonové desky, m.

**B.4.4.2.3** Při navrhování vozovky s horní podkladní vrstvou z podkladního betonu a s asfaltovým krytem nebo s krytem z dlažeb se účinky teplotního namáhání nevyšetřují.

## **B.4.5 Zatížení vlastní tíhou konstrukce**

**B.4.5.1** Zatížení vlastní tíhou CB vozovky je zahrnuto ve výpočtu napětí podle přílohy B.2.

**B.4.5.2** V upřesněných výpočtových modelech tuhých vozovek podle 2.2.3 se návrhové hodnoty zatížení vlastní tíhou konstrukce stanovují ze jmenovitých rozměrů a průměrných hodnot objemové hmotnosti.

## **B.5 Klimatické podmínky**

Klimatické podmínky jsou definovány v 4.4.

## **B.6 Charakteristiky podloží vozovky**

### **B.6.1 Všeobecně**

**B.6.1.1** Podloží se geotechnickým průzkumem definuje podle 4.3.

**B.6.1.2** Podloží vozovky z hlediska výpočtu a posouzení vozovek je charakterizováno převratnými vlastnostmi (modul pružnosti a Poissonovo číslo) a odolností proti opakovanému zatěžování (nárůst trvalé deformace).

**B.6.1.3** Modul pružnosti lze stanovit na základě laboratorní zkoušky únosnosti CBR nebo měřením rázovou zkouškou vozovky při zatížení odpovídajícím velikosti a době trvání zatížení.

### **B.6.2 Stanovení modulu pružnosti podloží vozovky ze zkoušky CBR**

**B.6.2.1** Návrhová hodnota únosnosti podloží CBR se stanoví podle 4.3.2.4.

**B.6.2.2** Návrhová hodnota modulu pružnosti podloží vozovky se odvozuje ze zkoušky CBR podle ČSN 72 1016:

$$E_{pd} = 17,6 (CBR)^{0,64},$$

(B.6.1)

kde  $E_{pd}$  je návrhová hodnota modulu pružnosti podloží, MPa,  
 $CBR$  návrhová hodnota únosnosti CBR v % podle 4.3.2.4.

POZNÁMKA – Rovnice má obor platnosti CBR 2 % až 12 %, pro vyšší hodnoty je stanovený modul pružnosti na straně vyšší spolehlivosti návrhu vozovky. Pro zeminy o CBR  $\geq 30$  % se doporučuje užívat návrhový modul pružnosti 150 MPa.

**B.6.2.3** Návrhová hodnota součinitele příčného přetvoření se rovná charakteristické hodnotě a stanovuje se v závislosti na návrhové hodnotě modulu pružnosti:

- |   |                    |         |
|---|--------------------|---------|
| – pro $E_{pd} \leq 30$ MPa                  | $\mu_{pd} = 0,5,$  |         |
| – pro $30 \text{ MPa} < E_{pd} \leq 45$ MPa | $\mu_{pd} = 0,45,$ |         |
| – pro $45 \text{ MPa} < E_{pd} < 60$ MPa    | $\mu_{pd} = 0,40,$ | (B.6.2) |
| – pro $E_{pd} \geq 60$ MPa                  | $\mu_{pd} = 0,35,$ |         |
| – pro $E_{pd} > 120$ MPa                    | $\mu_{pd} = 0,30.$ |         |

**B.6.2.4** V tabulce B.1 jsou pro předběžnou orientaci při návrhu vozovky uvedeny návrhové hodnoty modulů pružnosti a součinitelů příčného přetvoření podloží podle použitých zemin.

### B.6.3 Stanovení modulu pružnosti vrstevnatého podloží vozovky

**B.6.3.1** Modul pružnosti vrstevnatého podloží, zvláště pokud je část podloží vozovky (aktivní zóna) zlepšena, se nahradí ekvivalentním modulem podloží.

**B.6.3.2** Ekvivalentní modul podloží vozovky je modul pružnosti homogenního poloprostoru, pro který:

- při výpočtu a posouzení vozovky vychází stejné namáhání vrstev vozovky (ohybový moment cementobetonového krytu a stejné protažení v asfaltových vrstvách netuhých vozovek),
- vychází stejný průhyb konstrukce vozovky (nebo poloprostoru při zatížení pomocí zatěžovací desky) jako pro poloprostor vrstevnatý.

Model poloprostoru a zatížení se při výpočtu a posouzení přizpůsobuje charakteru působícího zatížení. Zatížení pod vozovkou dobře nahradí zatěžovací deska o poloměru 350 mm. Postup výpočtu je popsán v B.P1.4-g).

**B.6.3.3** Zlepšení podloží (druh a tloušťka aktivní zóny) se provádí podle zásad uvedených v B.8.1.

**Tabulka B.1 – Minimální návrhové hodnoty modulu pružnosti podloží vozovky a charakteristiky pro posouzení podloží vozovky opakovaným zatěžováním v závislosti na druhu zemin v podloží vozovky**

Zeminy (označení podle ČSN 72 1002)	Moduly pružnosti pro vodní režim, MPa		Součinitelé příčného přetvoření pro vodní režim		Charakteristiky nárůstu trvalé deformace	
	difuzní a pendulární	kapilární	difuzní a pendulární	kapilární	$\varepsilon_6$ $10^{-6}$ m/m	B
GW, GP nebo kamenitý násyp a skalní podloží	150	150	0,30	0,30	410	5,0
SW	120	120	0,35	0,35		
SP, G-F, GC, GM,	80	70	0,35	0,35		
SC, MS <sub>1</sub> , CS <sub>1</sub> , <sup>1)</sup> S-F, CG, MG, SM	50	40	0,40	0,40		
ML, MI, MH, <sup>1)</sup> MS <sub>2</sub> , CS <sub>2</sub> , CL, CI	45	30	0,40	0,5		

<sup>1)</sup> Nevhodné zeminy do násypu poskytují nevhodné podloží. Použití těchto zemin se řeší podle ČSN 73 6133 a kapitoly B.8.1 těchto TP.



#### **B.6.4 Stanovení modulu pružnosti rázovou zkouškou**

**B.6.4.1** Modul pružnosti podloží vozovky se s výhodou stanoví přímým měřením rázovou zkouškou podle ČSN 73 6192 rázovým zařízením skupiny A při měření na povrchu vozovky. Toto měření předpokládá měření na zkušebním poli vozovky nebo jiné vybudované vozovce na daném podloží.

**B.6.4.2** Rázové zařízení skupiny B a C podle ČSN 73 6192 nemůže charakterizovat návrhový modul, neboť zanedbává vliv přetížení podloží vozovky konstrukcí vozovky a naměřený výsledek je ovlivněn vlhkostí povrchové vrstvy při měření.

**B.6.4.3** Stanovení modulu pružnosti podloží vozovky vychází z naměřené průhybové čáry rázovým zařízením s umístěním snímačů průhybu do vzdálenosti nejméně 1 800 mm od středu zatížení přičemž nejméně tři snímače mají být ve vzdálenosti větší než 1 200 mm od středu zatížení. Při analýze průhybové čáry se používá výpočtový program vrstevnatého poloprostoru. Krátký zatěžovací pulz (u jednohmotového rázového zařízení kolem 0,025 s) způsobuje, že na registrované průhybové čáře se projeví stlačení poloprostoru jen do omezené hloubky (při stlačení poloprostoru krátkým rázem do hloubky nejvíce 3 m se vozovka již vrací do nezatíženého stavu). Tento jev se proto doporučuje modelovat zavedením tuhého poloprostoru od hloubky 3 m (zavedením modulu pružnosti od této hloubky v hodnotě 10 000 MPa). Opakovanými výpočty průhybové čáry s postupným upřesňováním modulů pružnosti vrstev zemního tělesa, podloží vozovky a vozovky lze stanovit spolehlivé moduly podloží vozovky a zemního tělesa. Pro výpočet vozovky se použije modul pružnosti zastupující celé vrstevnaté podloží vozovky a zemní těleso (ekvivalentní modul podloží, viz článek B.6.3.2).

**B.6.4.4** Pro výpočet ekvivalentního modulu pružnosti podloží vozovky existují standardní programy vyhodnocující měření rázovým zatížením. Výsledky je třeba postupem podle B.6.4.3 prokázat (většina programů počítá s deformací celého poloprostoru a moduly podloží jsou pak stanoveny více než dvakrát vyšší). Některé programy obsahují i pomocné postupy k výpočtu modulů pružnosti podloží vozovky a vrstev vozovky.

**B.6.4.5** Návrhová hodnota modulu pružnosti homogenního úseku se stanoví pro spolehlivost stanovení, která je stejná jako hodnota únosnosti CBR podle tabulky 3.

#### **B.6.5 Odolnost vůči opakovanému zatěžování**

**B.6.5.1** Stanovení odolnosti proti opakovanému zatěžování není odvozeno z laboratorní nebo polní zkoušky. Bylo stanoveno z vyhodnocení vozovek tak, aby kumulované nevratné stlačení podloží vozovky nezpůsobilo porušení vozovky vytvořením podélného hrbolu (zatlačení vozovky do podloží vozovky ve stopě vozidel se mezi stopami vytvoří hrbol doprovázející takto vyjeté koleje) nebo pokleslého okraje vozovky (vyšší zatížení může vést i ke ztrátě stability zemního tělesa pod okrajem vozovky). Trvalé deformace narušují odvodnění pláň (odvodnění pláň v příčném řezu) a zároveň ovlivňují porušení stmelových vrstev vozovky.

**B.6.5.2** Charakteristiky odolnosti podloží vozovky vůči opakovanému zatěžování uvedené v tabulce B.1 vystupují ve formálním vztahu:

$$N_{ij,lim} = 10^6 (\epsilon_6 / \epsilon_{ij})^B, \quad (B.6.3)$$

kde  $N_{ij,lim}$  je mezní počet opakování zatížení o velikosti  $i$  za  $j$ -tých podmínek,

$\epsilon_{ij}$  poměrné stlačení podloží vozovky při zatížení  $i$  za  $j$ -tých podmínek, hodnota s ohledem na hodnotu  $\epsilon_6$  v tabulce B.1 musí být v absolutní hodnotě a v jednotce  $10^{-6}$  pro niž se užívá označení mikrostrain,

$\epsilon_6$  velikost přípustného poměrného stlačení podloží vozovky pro  $10^6$  zatěžova-

cích cyklů zatížení za  $j$ -tých podmínek, v absolutní hodnotě a v mikro-strainech,

**B** charakteristika nárůstu trvalé deformace podloží vozovky.

## B.7 Charakteristiky materiálů konstrukčních vrstev

**B.7.1.1** Konstrukční vrstvy pro využití v návrhové metodě jsou charakterizovány přetvárnými vlastnostmi (modulem pružnosti a Poissonovým číslem) a odolností proti opakovanému zatěžování (odolností proti únavě). Další funkční vlastnosti, jako je odolnost proti tvorbě trvalých deformací, odolnost proti smršťovacím trhlinám a trvanlivost, jsou využity v konstrukčních požadavcích v 6.4 a 6.5.

**B.7.1.2** Třídy modulů pružnosti a únavových vlastností asfaltových směsí z běžných materiálů lze stanovit na základě použitých hmot, druhu směsi a mezerovitosti. Tento postup se běžně používá při navrhování uvedeném v B.1.1.2 a B 1.2.1.

**B.7.1.3** Modul pružnosti a Poissonovo číslo stmelěných materiálů (asfaltových směsí a betonů) lze stanovit na základě laboratorní zkoušky modulu tuhosti.

**B.7.1.4** Modul pružnosti ostatních vrstev lze stanovit měřením rázovou zkouškou podle metody A ČSN 73 6192 při zatížení odpovídajícím velikosti zatížení.

**B.7.1.5** Únavové vlastnosti asfaltových směsí lze stanovit únavovou laboratorní zkouškou.

**B.7.1.6** Postupy uvedené v B.7.1.3 až B.7.1.5 se využijí při navrhování podle B.1.1.3 a B.1.2.2.

### B.7.2 Moduly pružnosti stanovené na základě složení asfaltové směsi

**B.7.2.1** Modul pružnosti asfaltových směsí je výrazně závislý na druhu pojiva, typu směsi a mezerovitosti směsi.

**Tabulka B.2 – Návrhové moduly pružnosti asfaltových směsí při 15 °C**

Třída $S_{min}$	Modul pružnosti MPa	Poissonovo číslo	Konstrukční vrstva		Druh pojiva
			Typ směsi	Mezerovitost (%)	
$S_{min11000}$	11 000	0,25	VMT	2 – 5	20/30, AM 25
$S_{min9000}$	9 000	0,30	VMT, AB I	2 – 5	30/50, AM 45
$S_{min7500}$	7 500	0,33	AB I	2 – 5	50/70, AM 65
			OK I	5 – 10	50/70
			LA	0	20/30
$S_{min5500}$	5 500	0,33	AB II	2 – 5	70/100
			OK I	5 – 10	70/100
		0,35	AKM LA	2 – 5 0	50/70, AM 65 30/50
$S_{min4500}$	4 500	0,33	AB III OK II	2 – 5 5 – 10	70/100 70/100

**B.7.2.2** Na základě provedených zkoušek byly odvozeny návrhové moduly pružnosti běžných asfaltových směsí, které jsou v tabulce B.2 zařazeny do tříd podle prEN 13108-1. Použití směsí AB VMT upravují TP 151. Použití směsí VMT s pojivy 20/30 a 10/20 je v našich

klimatických podmínkách nutné individuálně prověřit podle zásad v TP 151 z hlediska odolnosti proti smršťovacím trhlinám.

### B.7.3 Moduly pružnosti stanovené zkouškou modulu tuhosti

**B.7.3.1** Modul pružnosti se stanovuje jako komplexní modul tuhosti metodikou podle části IX ČSN 73 6160.

**B.7.3.2** Návrhový modulem pružnosti je průměrná hodnota modulu tuhosti stanovená při přetvoření menším než  $50 \cdot 10^{-6}$  m/m a frekvenci zatěžování 10 Hz.

**B.7.3.3** Lze použít i jiných zařízení pro stanovení modulu tuhosti podle prEN 12697-26, které stanovují modul pružnosti v odpovídajících podmínkách. Je třeba znát převodní vztah na moduly pružnosti stanovené za podmínek B.7.3.1 a B.7.3.2.

**B.7.3.4** Zkouškou v příčném tahu při dynamickém zatěžování lze stanovit Poissonovo číslo (při osazení dvou snímačů dráhy ve směrech na sebe kolmých). Návrhová hodnota je průměr z měření nejméně 4 zkušebních těles.

### B.7.4 Moduly pružnosti tuhých konstrukčních vrstev

**B.7.4.1** Návrhové moduly pružnosti cementobetonových vrstev vozovky jsou uvedeny v tabulce B.3.

**B.7.4.2** Pro výpočet napětí v betonové desce účinkem teplotního namáhání se místo hodnoty modulu pružnosti podle tabulky B.3 používá hodnota modulu pružnosti pro teplotní namáhání:

$$E_{kT} = 0,65 E_k, \quad (B.7.1)$$

kde  $E_{kT}$  je návrhová hodnota modulu pružnosti pro teplotní namáhání,

$E_k$  návrhová hodnota modulu pružnosti betonu podle tabulky B.3.

**Tabulka B.3 – Návrhové hodnoty vlastností cementobetonových vrstev vozovek**

Konstrukční vrstva podle ČSN 73 61..		Moduly pružnosti (MPa)	Poissonova čísla (-)	Charakteristiky		Min. tloušťka (mm)
				pevnosti <sup>1)</sup> v tahu (MPa)	únavy B (-)	
CB I	23	37 500	0,2	4,30	20	200
CB II		37 500	0,2	4,30	20	200
CB III		35 000	0,2	3,75	20	180
CB IV		32 500	0,2	3,25	20	180
PB I	24	30 000	0,2	2,55	20	100
PB II		27 000	0,2	2,15	20	100
PB III		23 000	0,2	1,75	20	100
VB I		23 500	0,2	3,30	20	100
VB II		20 000	0,2	2,80	20	100
MCB	24	6 000	0,2			100

<sup>1)</sup> Hodnoty pevnosti jsou oproti ČSN 73 6123 nižší s ohledem na pevnost vyjádřenou kvantilem 0,05.

**B.7.4.3** Návrhová hodnota teplotního součinitele délkové roztažnosti betonu se uvažuje hodnotou:

$$\alpha_k = 0,00001 \text{ K}^{-1} . \quad (\text{B.7.2})$$

**B.7.4.4** Součinitel nárůstu pevnosti betonu s časem je

$$\eta = 1,15 . \quad (\text{B.7.3})$$

**B.7.4.5** Do vozovek s návrhovou úrovní porušení D2 lze použít i cementové betony podle ČSN EN 206-1, které jsou mimo rozsah platnosti ČSN 73 6123, pokud jsou ochráněny před účinky vody a rozmrazovacích solí. V tomto případě se pro návrh konstrukce vozovky použijí charakteristické hodnoty pevnosti v tahu stanovené vydělením normových hodnot podle ČSN 73 1201 součinitelem 0,65, čímž se přihlíží k působení betonu v konstrukci vozovky.

#### **B.7.5 Moduly pružnosti stabilizovaných vrstev a vrstev stmelených hydraulickým pojivem**

**B.7.5.1** Návrhové moduly pružnosti stabilizovaných vrstev a vrstev stmelených hydraulickým pojivem jsou uvedeny v tabulce B.4. Za vrstvy stabilizované se podle B.8.2.6 považují také recyklované vrstvy stmelené cementem a cementem a asfaltem.

POZNÁMKA – Modul pružnosti stabilizovaných vrstev a vrstev stmelených hydraulickým pojivem je výrazně závislý na stmelení zrn. Modul pružnosti zkušebních těles se pohybuje od 8 000 MPa do 35 000 MPa. Vzhledem k vytvoření trhlin ve vrstvě vozovky, nedokonalému spojení s ostatními vrstvami vozovky a postupné degradaci vrstvy se při návrhu vozovky používají moduly odpovídající prakticky desetinné hodnoty stanovené laboratorní zkouškou nebo po vyhodnocení měření rázovou zkouškou za předpokladu dokonalého spolupůsobení vrstev a neporušení vrstvy trhlinami. Uvažovaný nízký modul je obvykle dosažen až na konci životnosti vozovky a zajišťuje opravitelnost konstrukce vozovky. Uvedený předpoklad modulu pružnosti je značně konzervativní. Pokrývá rovněž teoreticky nemodelovaný kloub v místě každé trhliny (kde jsou vyšší poměrná protažení ve vrstvě nad ní ležící) a hranu vozovky. Okraj vozovky není ve výpočtech modelován, posuzuje se poloprostor (s vodorovným a hloubkovým nekonečnem), okraj vozovky není dokonale podepřen, malý blok (segment, kraj o obvykle konečném rozměru větším než 0,5 m) vrstvy nerozliší zatížení na větší plochu a dochází ke zvýšenému namáhání podloží vozovky s projevem kumulace nevratných stlačení, případně ke ztrátě stability podloží vozovky a zemního tělesa s výrazným poklesem povrchu.

**B.7.5.2** Posouzení účinků namáhání vrstvy se z důvodů uvedených v poznámce B.7.5.1 při postupu podle TP neprovádí. Ověř se pouze, zda vozovka s minimální tloušťkou asfaltových vrstev a při návrhovém modulu pružnosti vrstev stabilizovaných a stmelených hydraulickým pojivem splňuje požadavky namáhání podloží. Zajišťuje se tak dlouhodobá životnost konstrukce přesahující návrhové období bez oprav podkladu nebo zesílení.

**B.7.5.3** V případě použití charakteristiky spolupůsobení  $g$  v programu LAYMED nebo LAYEPS mezi asfaltovými vrstvami a vrstvami stabilizovanými nebo stmelenými hydraulickým pojivem v hodnotách 0,98 až 0,99 nebo  $U$  v odpovídajících hodnotách k modelování nedokonalého spojení vrstev se již požadavky minimálních tloušťek asfaltových vrstev prakticky neuplatní.

**B.7.5.4** V odůvodněných případech je možno použít i jiného modelu výpočtu namáhání a posouzení vozovky podle 2.2.3 a B.9.1.6. V takovém případě se mohou použít i jiné návrhové moduly pružnosti tak, aby odpovídaly zásadám použité metody.

#### **B.7.6 Moduly pružnosti nestmelených a prolévaných vrstev**

**B.7.6.1** Návrhové moduly pružnosti užívaných nestmelených a prolévaných vrstev jsou uvedeny v tabulce B.4.

POZNÁMKA 1 – Modul pružnosti nestmelených materiálů je způsoben vnitřním třením zrn kameniva. Nejnížší modul mají těžená kameniva a nejvyšší drcená kameniva s plynulou čarou zrnitosti a s dokonalým zhuťnutím. Velikost návrhového modulu pružnosti také ovlivňuje nehomogenita vrstvy způsobovaná výrobou a segregací.

POZNÁMKA 2 – Modul pružnosti prolévaných vrstev vozovky je výrazně závislý na výplňové směsi stmelující nebo vyplňující zrna kameniva kamenné kostry.

POZNÁMKA 3 – Návrhové moduly pružnosti nestmelených a prolévaných vrstev vozovky jsou také ovlivněny modulem pod ní ležících vrstev (jejich ekvivalentním modulem pružnosti). Modul pružnosti vrstev je rovněž ovlivněn vrstvami nad ní ležícími, jejich tloušťkou a modulem pružnosti.

POZNÁMKA 4 – S ohledem na nehomogenitu vrstvy a pracnost byl z tabulky oproti dříve užívaným předpisům vypuštěn vibrovaný štěrka a VIBROCEM.

**Tabulka B.4 – Návrhové hodnoty charakteristik netuhých konstrukčních vrstev**

Konstrukční vrstva podle TP ... ČSN 73 61..		Moduly pružnosti (MPa)	Poissonova čísla (-)	Minimální tloušťka (mm)
Membrána s ochranou: – podrtřováním, – textilií	TP 147	250	0,5	2,5
		100	0,5	1,5
PM	27	800	0,33	50
VM	28	800	0,33	90
Dlažba	31	300	0,25	40
Dlažba zámková		600	0,25	60
Lože pod dlažbu		150	0,25	30
KSC I	24	2 500	0,22	120
KSC II		2 000	0,22	150
S I	25	1 200	0,23	100
S II		1 000	0,23	100
S III		800	0,3	100
KAPS I	27	2 000	0,22	150
KAPS II		1 200	0,25	150
KAPS III		800	0,25	150
ŠCM		600	0,25	150
MZK	26	600	0,25	150
ŠD		400	0,3	150
MZ		150	0,3	150
ŠP		120	0,3	150

**B.7.6.2** Charakteristiky vlastností dalších materiálů neuvedených v tabulce B.4, jako jsou například postřiky (s výjimkou membrány ve funkci oddělení přetváření membránou spojených vrstev podle TP 147), nátěry, emulzní kalové zákryty, betonářská ocel, hmoty pro ošetřování betonu, materiály pro výplň spár, technické textilie, lepenky atd., se při návrhu vozovky podle těchto TP neuplatňují a jejich použití stanoví normy pro provádění konstrukčních vrstev vozovek podle souboru ČSN 73 6121 až 31.

**B.7.6.3** Výztužné prvky se u novostaveb nedoporučují používat. Použití při opravách je specifikováno v TP 147.



## **B.7.7 Stanovení modulu pružnosti z rázové zkoušky**

**B.7.7.1** Modul pružnosti podkladní vrstvy, z níž nelze odebrat neporušené zkušební vzorky pro zkoušku modulu tuhosti (nestmelené a prolévané vrstvy), se s výhodou stanoví přímým měřením rázovou zkouškou podle ČSN 73 6192 zařízením skupiny A při měření na povrchu vozovky. Toto měření předpokládá měření na zkušebním úseku vozovky nebo na podobně vybudované vozovce s danou vrstvou vozovky.

**B.7.7.2** Stanovení modulu pružnosti dané vrstvy vychází z průhybové čáry naměřené rázovým zařízením s umístěním snímačů průhybu do vzdálenosti nejméně 1 200 mm od středu zatížení. Pokud se použije průhybová čára se snímači s umístěnými ve větší vzdálenosti od středu zatížení (např. do 2 500 mm), snímače ve vzdálenosti větší než 1 200 mm reagují na vrstevnatost podloží vozovky a je pak vhodné je zanedbat, tj. podloží vozovky se nahradí ekvivalentním modulem pružnosti podloží s předpokladem tloušťky do hloubky 3 m podle B.6.4.3. Opakovanými výpočty průhybové čáry na modelu vozovky s definovanými tloušťkami vrstev s postupným upřesňováním modulů pružnosti vrstev podloží vozovky a vrstev vozovky se stanoví spolehlivé moduly dané vrstvy.

**B.7.7.3** Pro výpočet modulu pružnosti vrstev vozovky existují standardní programy vyhodnocující měření rázovým zatížením. Výsledky je třeba standardním programem výše uvedeným postupem prokázat. Výpočet modulů je iterační proces a omezenými počty kroků nemusí být stanovení modulů podkladní vrstvy z některých průhybových čar spolehlivé (výpočet vrstevnatého poloprostoru často snižuje modul pružnosti podkladních vrstev).

**B.7.7.4** Návrhová hodnota modulu pružnosti podkladní vrstvy se stanoví na homogenním úseku pro spolehlivost stanovení jako hodnota únosnosti CBR podle tabulky 3. U vrstev se stmelením (např. ŠCM, KAPS nebo stmelené recyklované vrstvy) se musí přihlížet k degradaci vrstvy zatěžováním a klimatickými účinky a návrhový modul se snižuje podobně, jak je uvedeno v poznámce B.7.5.1. U nových vrstev, včetně recyklovaných je vhodné provést experiment podle B.10.3.

## **B.7.8 Únavové charakteristiky asfaltových směsí stanovené zkouškou únavy**

**B.7.8.1** Únavové charakteristiky se využijí při posouzení odolnosti vozovky proti opakovanému zatěžování. Únavové charakteristiky se stanovují podle ČSN 73 6160, Část IX.

**B.7.8.2** Zkušební teplota v únavové zkoušce je 10 °C a frekvence opakovaného cyklického zatěžování je 25 Hz. Zkouška se provádí při konstantní velikosti průhybu zkušební tělesa v průběhu zkoušky.

**B.7.8.3** V případě použití jiných zkušebních zařízení podle prEN 12697-24 je třeba dílčí součinitele spolehlivosti aplikace únavové zkoušky přiřazené této zkoušce (viz B.10.2.3) stanovit tak, aby se vypočtené tloušťky katalogových konstrukcí vozovek v Části A s použitými naměřenými charakteristikami běžně použitých materiálů tímto zařízením nelišily o více než 10 mm asfaltových vrstev. Konkrétní hodnoty charakteristik materiálů použité při výpočtu katalogu vozovek jsou uvedeny v příloze B.P.3.

**B.7.8.4** Vyjádření únavové zkoušky je ve formě Wöhlerova diagramu:

$$\log \varepsilon_{0j} = a_j + b \log N, \quad (\text{B.7.4})$$

kde  $\varepsilon_{0j}$  je maximální amplituda poměrného přetvoření ve zkušebních podmínkách  $j$  na počátku měření,

$a_j, b$  zjišťované parametry únavové zkoušky,  $a$  je kvocient únavové přímky v rozmezí  $-2,5$  až  $-3,2$  a  $b$  je její sklon v rozmezí  $-0,14$  až  $-0,35$ ,

$N$  počet opakování zatěžování.



**B.7.8.5** Únavová charakteristika  $a$  se nahrazuje charakteristikou  $\varepsilon_6$  jako velikost počátečního přetvoření odvozená z únavové zkoušky při  $10^6$  zatěžovacích cyklech v jednotce  $10^{-6}$  označované jako mikrostrain:

$$\log(\varepsilon_6/10^6) = a_j + 6b, \quad (\text{B.7.5})$$

kde  $a, b$  jsou charakteristiky únavy v rovnici (B.7.4),

$\varepsilon_6$  je průměrná velikost přetvoření odvozená z únavové přímky při  $10^6$  zatěžovacích cyklech, v jednotce  $10^{-6}$  ( $\mu\text{m/m}$ ), mikrostrain.

**B.7.8.6** Počet zatížení odpovídající počátečnímu přetvoření ve zkušebním tělese  $\varepsilon_0$  za daných podmínek podle B.7.8.2 se stanoví:

$$N = 10^6 (\varepsilon_6 / \varepsilon_0)^B, \quad (\text{B.7.6})$$

kde  $B = -1/b$ , (B.7.7)

$B$  je charakteristika únavy v rozmezí 3 až 10,  
ostatní charakteristiky viz (B.7.4) a (B.7.5).

**B.7.8.7** Pro spolehlivé stanovení charakteristiky únavy  $\varepsilon_6$  je třeba, aby nejméně 3 měření únavové zkoušky byla v pásmu  $5 \cdot 10^5$  až  $5 \cdot 10^6$  opakování zatížení.

**B.7.8.8** Charakteristiky únavy se získají regresní analýzou a jsou v úrovni spolehlivosti 0,5.

**B.7.8.9** Nutnou charakteristikou únavy je také charakteristika rozptylu měření  $\gamma_{up}$ . Stanovuje se jako posun hodnoty  $a$  nebo  $\varepsilon_6$  vyjádřený:

$$\gamma_{up} = (\varepsilon_{6, 50\%} / \varepsilon_{6, 5\%}), \quad (\text{B.7.8})$$

kde  $\gamma_{up}$  je dílčí součinitel rozptylu únavové zkoušky,

$\varepsilon_{6, 50\%}$  průměrná velikost přetvoření odvozená z únavové přímky při  $10^6$  zatěžovacích cyklech, mikrostrain,

$\varepsilon_{6, 5\%}$  minimální velikost přetvoření odvozená z únavové přímky při  $10^6$  zatěžovacích cyklech pro pravděpodobnost výskytu 5 %, mikrostrain.

Pro stanovení této charakteristiky se doporučuje postup podle prEN 12697-24.

## **B.7.9 Únavové charakteristiky stanovené na základě složení asfaltové směsi**

**B.7.9.1** Únavové charakteristiky jsou závislé na druhu směsi. Vyšší odolnost proti únavě vykazují směsi s nižší mezerovitostí, směsi jemnozrnnější, s vyšším obsahem pojiva, s vyšším koeficientem sytosti a s modifikovanými asfalty.

**B.7.9.2** Pro návrh vozovky podle B.1.1.2 se používají návrhové charakteristiky únavy podle tabulky B.5. Hodnoty  $\varepsilon_6$  a  $B$  byly stanoveny na základě provedených zkoušek podle ČSN 73 6160 a byly rozděleny do tříd podle prEN 13108-1.

**B.7.9.3** Dílčí součinitel rozptylu únavové zkoušky asfaltové směsi je obvykle závislý na čáře zrnitosti a velikosti maximálního zrna kameniva. Skeletové a segregovatelné směsi s většími zrny jsou náchylné k porušení vlastních zrn. Vzniklá porušení zrn se pak projeví menším počtem opakování zatížení v únavové zkoušce. Náhodnost tohoto jevu způsobí značný rozptyl naměřených výsledků.

**B.7.9.4** Při dosavadním stavu poznání se zavádí minimální hodnota dílčího součinitele rozptylu únavové zkoušky  $\gamma_{up} = 1,15$ . Pro směsi se zrnitostí vyšší než 16 mm a mezerovitostí vyšší než 10 % (OKVH) je vhodné použít  $\gamma_{up} = 1,25$ .

**B.7.9.5** Při navrhování podle B.1.1.3 a B.1.2.2 se použijí naměřené charakteristiky únavy  $\varepsilon_6$ ,  $B$  a  $\gamma_{up}$  s tím, že musí být dodrženy minimální tloušťky asfaltových směsí uvedené v tabulce B.8 nebo se provede experiment podle B.10.3.

#### B.7.10 Únavové charakteristiky tuhých vrstev

Únavové charakteristiky cementových betonů jsou v tabulce B.3.

**Tabulka B.5 – Návrhové charakteristiky únavy asfaltových směsí**

Charakteristika únavy			Konstrukční vrstva		Druh pojiva
Třída	$\varepsilon_6$ $10^{-6}$ m/m	$B$	Typ směsi	Mezerovitost %	
$Fat_{\varepsilon_{min}135}$	135	5,0	VMT A	2 - 5	30/50, AM 45
			AB <sup>1)</sup>	2 - 5	Modifikovaný asfalt
$Fat_{\varepsilon_{min}115}$	115		AB <sup>2)</sup>	4 - 7	Silniční asfalt
$Fat_{\varepsilon_{min}100}$	100		OK I	4 - 10	Silniční asfalt
$Fat_{\varepsilon_{min}85}$	85		OK II	>10	Silniční asfalt

**Poznámky:**

<sup>1)</sup> Směs splňuje požadavky pro obrusnou vrstvu.

<sup>2)</sup> Směs splňuje požadavky pro ložní vrstvu.

## B.8 Návrh vozovky

Návrhem vozovky se rozumí výběr vrstev a návrh tloušťky vrstev vozovky v závislosti na návrhové úrovni porušení, dopravním zatížení a na druhu a vlhkosti zemin v zemním tělese a v podloží. V této kapitole jsou obsaženy zásady pro návrh úpravy podloží vozovky a tloušťek vrstev vozovky.

### B.8.1 Návrh zemního tělesa a podloží

**B.8.1.1** Zemní těleso se navrhuje podle ČSN 73 6133.

**B.8.1.2** Při návrhu zemních prací a návrhu rozvozu hmot se musí přihlížet k geotechnickému průzkumu a stanoveným podmínkám v podloží s respektováním hospodárního návrhu zemního tělesa a vozovky podle 4.3.1.5 a 4.3.1.6.

**B.8.1.3** Nejvhodnější podloží vozovky poskytují nesoudržné zeminy zatříděné do písků a štěrků (S1, G1, G2), násypy z tvrdé kamenité sypaniny a skalní podloží vozovky vyrovnané nesoudržným materiálem. Takové podloží vozovky je nenamrzavé, poskytuje vhodný povrch pro technologickou dopravu (neplatí pro stejnozrné písky a štěrky) a podloží vozovky značně přispívá k únosnosti vozovky. U těchto podloží se obvykle nestanovuje únosnost CBR a vztah (B.6.1) je konzervativní, proto jsou moduly pružnosti pro výpočet konstrukce odvozeny metodou B.6.4 a jsou uvedeny s rezervou v tabulce B.1. Toto podloží nevyžaduje ochrannou vrstvu vozovky.

**B.8.1.4** O použití nebo návrhu zlepšení podloží vozovky ze soudržných zemin podle ČSN 73 6133 rozhoduje charakteristika únosnosti CBR při vlhkosti odpovídající vodnímu režimu podle 4.3.2.4. V případě, že hodnota CBR při odpovídajícím vodním režimu je (podle 4.3.2.5):

- CBR < 15 % při návrhu vozovky pro návrhovou úroveň porušení D0 a D1 nebo
- CBR < 10 % při návrhu vozovky pro návrhovou úroveň porušení D2 a D1 pro TDZ VI,

doporučuje se navrhnout zlepšení podloží vozovky způsobem uvedeným v B.8.1.5 až B.8.1.7.

**POZNÁMKA** – O zlepšení zeminy v podloží může také rozhodnout vyšší přirozená vlhkost, neboť takovou zeminu nelze v nepříznivém období zabudovat do zemního tělesa. Zvýšené náklady na úpravu podloží umožní snížit tloušťku vrstev vozovky, a proto je vhodné s touto úpravou při návrhu vozovky počítat.

**B.8.1.5** Podloží vozovky o CBR < 15 % pro návrhovou úroveň porušení D0 a D1 je možno zlepšit vhodnou zeminou s charakteristikou CBR odpovídající vodnímu režimu podle 4.3.2.4 v hodnotě CBR  $\geq$  15 % nebo jiným vhodným materiálem (cihelňný nebo betonový recyklát, struska, kamenitá sypanina, popílkový stabilizát apod.) v minimální tloušťce podle tabulky 6 ČSN 73 6133.

**B.8.1.6** Podloží vozovky ze zemin o CBR < 10 % obsahující jíly je vhodné zlepšit pojivem podle TP 94. Zlepšení při použití příměsi vápna je charakterizováno podle tabulky 6 ČSN 73 6133 hodnotami CBR, min. 10 % po 7 dnech uložení při 95 % relativní vlhkosti a 4 dnech uložení ve vodě.

**B.8.1.7** Pokud se podloží vozovky ze zemin o CBR < 10 % zlepší vápnem s dosažením hodnoty CBR  $\geq$  47 % za podmínek zkoušení CBR uvedených v B.8.1.6, považuje se tato vrstva za nenamrzavou a vrstva zlepšení může být připočtena k tloušťce nenamrzavých materiálů podle 6.2. V případě pochybnosti o nenamrzavosti nebo hodnoty pouze CBR  $\geq$  25 % je možno provést přímé měření namrzavosti zlepšení, přičemž zkušební těleso se na dobu odpovídající předpokládané době od provedení vrstvy do výskytu mrazů uloží do prostředí o 95 % vlhkosti a teprve poté se stanoví měřením namrzavost.

**POZNÁMKA** – Pro návrhovou úroveň porušení D2 a D1 v TDZ VI a V se obvykle nepoužívá tento podrobný postup. Charakteristika podloží vozovky se odvozuje ze zařazení zeminy a předpokládané vlhkosti. Problému, kterému je nutné se při provádění vozovky vyhnout, je pružící podloží vozovky (díky nasycení zeminy vodou je ve zbývajících pórech uzavřen vzduch, který se při zatížení stlačí a po odtížení vrátí zeminu do původního tvaru) a plastické, mokré podloží vozovky (často vzniká jako následek špatného odvodnění zemního tělesa). K zabránění těmto jevům obvykle stačí správné odvodnění stavby, případně tloušťka zlepšení (vhodnou zeminou nebo cihelným recyklátem) minimálně 150 mm.

**B.8.1.8** Návrhový modul pružnosti podloží vozovky se stanoví podle B.6.2. Při vrstevnatém podloží uvedenými úpravami se stanoví podle B.6.3. Modul pružnosti zemin se stanoví podle rovnice (B.6.1). Modul pružnosti vrstvy zlepšené vápnem se v případě CBR  $\geq$  10 % uvažuje 200 MPa, v případě CBR  $\geq$  47 % se uvažuje 300 MPa, při zlepšení vápnem a cementem 600 MPa, pokud zkouškami není prokázána hodnota vyšší. Při zlepšení cementem mohou být dosaženy parametry S III s návrhovým modulem pružnosti vyšším než 800 MPa.

**POZNÁMKA** – V případě dodržení tlouštěk vrstev pro zlepšení podloží podle B.8.1.6 jsou ekvivalentní moduly pružnosti 65 MPa (pro CBR 2 %) až 80 MPa (při CBR 10 %).

**B.8.1.9** Modul přetvárnosti při vrstevnatém podloží s uvedenými úpravami se stanoví výpočtem ekvivalentního modulu přetvárnosti podle B.6.3. Modul přetvárnosti zlepšené vrstvy vápnem se v případě CBR  $\geq$  10 % uvažuje 100 MPa, v případě CBR  $\geq$  47 % se uvažuje 200 MPa, při zlepšení vápnem a cementem 300 MPa, pokud zkouškami není prokázána hodnota vyšší. Při zlepšení cementem mohou být dosaženy parametry S III s modulem přetvárnosti nejméně 800 MPa. Minimální moduly přetvárnosti pro přejímku podloží jsou uvedeny v tabulce 4.

**B.8.1.10** Pro rozhodnutí o návrhu výše uvedených úprav podloží vozovky TP v úvodní části obsahují tabulku 8 převzatou z ČSN 72 1002, doplněnou o očekávaný modul přetvárnosti. V případě druhu zeminy a vlhkosti odpovídající vlhkostem mezi optimální vlhkostí a po čtyřdenním uložení ve vodě je možno usoudit na chování zeminy při provádění.

**POZNÁMKA** – Často je navrhováno zvýšení modulu deformace pomocí výztužných textilií. Toto je třeba upřesnit. Při tloušťkách vrstvy větších než 0,5 m se vliv výztužného prvku neprojeví, modul pružnosti podloží vozovky nebo naměřený modul přetvárnosti odpovídá vlastnosti použité zeminy, její hodnotě únosnosti CBR při dosažené míře zhutnění. Přínos výztužných textilií je pouze v případě rychlého a ekonomického provádění aktivní zóny na měkkých zeminách, kde se textilií s přesahem nebo kotvením překryje nevhodné místo, rozprostře se vhodný materiál a pojezdem techniky se výztužná textilie deformuje a napne, čímž se umožní vyšší zhutnění použitého materiálu a zvýšení únosnosti. Proti tomuto opatření stojí dvojnásobná tloušťka použitého vhodného materiálu kladená ve dvou vrstvách (příčemž první není dokonale zhutněna, zhutnění odpovídá požadavku pro násypové těleso) nebo zlepšení vápnem. Účinek obou alternativních opatření je srovnatelný, ale zlepšení vápnem vyžaduje delší dobu prací. Další přínos použité výztužné textilie pro chování vozovky je nulový, deformace, při níž textilie začne aktivně působit, nastanou jen při dosažení mezního stavu zemního tělesa (stability svahu).

## **B.8.2 Návrh ochranné a podkladní vrstvy**

### **B.8.2.1 Všeobecně**

#### **B.8.2.1.1 Ochranná vrstva zajišťuje:**

- zamezení pronikání podloží zeminy do konstrukce vozovky (filtrační funkce),
- odvodnění konstrukce vozovky (drenážní funkce),
- únosnost vozovky,
- ochranu vozovky před účinky promrzání podloží a
- vhodný podklad pro provedení následných vrstev vozovky.

**B.8.2.1.2** Ochranná vrstva může být vrstva nestmelená (MZ, ŠD, případně ŠP vhodné zrnitosti) nebo stmelená (zlepšená zemina pojivy nebo S III). Pokud se použije stmelená ochranná vrstva vozovky, je třeba, aby vrstva nad ní byla nestmelená (propustná a napojená na odvodňovací zařízení). Propustná vrstva v konstrukci vozovky nemusí být v případě nesoudržné zeminy v podloží vozovky (s maximálním obsahem jemných částic 15 %).

**B.8.2.1.3** Splnění filtračních kritérií je založeno na posouzení zrnitosti podloží vozovky a nestmelené vrstvy podle ČSN 73 6126. V případě nesplnění daných požadavků je třeba zrnitosti upravit nebo použít technickou textilií.

**B.8.2.1.4** Ochrana vozovky před účinky promrzání podloží vozovky jako namrzání ledových vrstviček v namrzavé zemině v podloží vozovky se zajišťuje tloušťkou vozovky (minimální tloušťky jsou uvedeny v tabulce 5 a 6) a to obvykle zvýšením tloušťky ochranné vrstvy nebo opatřeními uvedenými v 6.2.2.

**B.8.2.1.5** Při možném výskytu vody v úrovni pláně je nutná ochranná vrstva ve funkci plošné drenáže s dodržením filtračního kritéria podle ČSN 73 6126 a propustností vyjádřenou minimálním koeficientem propustnosti  $10^{-3}$  m/s.

### **B.8.2.2 Podkladní vrstvy**

**B.8.2.2.1** Podkladní vrstvy zajišťují únosnost vozovky a jsou vhodným podkladem pro položení cementobetonového krytu, asfaltových vrstev nebo dlažby. Musí obvykle umožnit staveništní dopravu, která je nesmí poškodit.

**B.8.2.2.2** V konstrukci vozovky je třeba mít vždy propustnou vrstvu napojenou na podpovrchové odvodnění nad vrstvou méně propustnou jak je požadováno v 6.3.2.

**POZNÁMKA** – Zejména s ohledem na trhliny ve vrstvách stabilizovaných a stmelených hydraulickými pojivy je třeba mít pod těmito vrstvami na soudržných zeminách propustnou podkladní vrstvu k odvodnění pronikající vody případnou reflexní trhlinou. Nasáková vrstva KAPS umožňuje hromadění vody ve vrstvě a při promrzání vozovky pod asfaltovými vrstvami a dlažbou vznikají mrazové zdvihy a následné porušení asfaltových vrstev při tání a uvolnění dlažeb. Uvolnění dlažeb způsobí i neodvod-

něná ložní vrstva na vrstvách stabilizovaných a stmelených hydraulickými pojivy. Poruchy asfaltových vrstev způsobuje i vrstva MZK na stabilizované vrstvě, pokud vrstva MZK není odvodněna.

### B.8.2.3 Návrh nestmelených vrstev

**B.8.2.3.1** Nestmelené vrstvy přispívají k únosnosti v závislosti na druhu použitého kameniva, jeho zrnitosti a mezerovitosti (drcené s plynulou čarou zrnitosti přispívá nejvíce).

**B.8.2.3.2** Tloušťka nestmelených vrstev ve vozovce závisí na návrhové úrovni porušení, dopravním zatížení a únosnosti podloží. Minimální a maximální tloušťky jsou dány technologií provádění.

**B.8.2.3.3** Minimální tloušťka nestmelených vrstev v závislosti na druhu zeminy v podloží vozovky vyjádřená očekávaným modulem přetvárnosti je uvedena tabulce B.7.

**B.8.2.3.4** Nestmelené vrstvy lze použít k zamezení reflexních trhlin podle 6.4.5.

Tloušťka 150 mm až 300 mm uvedená v ČSN 73 6126 může být při pokládce finišerem snížena na tloušťku minimálně 1,5násobku maximálního zrna frakce kameniva.

**Tabulka B.6 – Minimální tloušťky nestmelených vrstev**

Druh podkladní vrstvy		Minimální tloušťka nestmelených podkladních vrstev, mm, pro vozovky s návrhovou úrovní porušení									
		D0			D1			D2 a D1 TDZ VI			
		pro zeminy v podloží vozovky o uvedeném modulu přetvárnosti									
		$E_{def,2}$									
		45	60	90	45	60	90	30	45	60	90
ochranná vrstva	ŠP <sup>1)</sup>						-	200	200		
	MZ	200	150	-	200	150	-	150 <sup>2)</sup>	150 <sup>2)</sup>	150 <sup>2)</sup>	-
	ŠD	150	150	-	150	150	-	150	150	150	-
(spodní) pod- kladní vrstva	ŠD	200	200	150	200	150	150	150 <sup>3)</sup>	150 <sup>3)</sup>	150 <sup>3)</sup>	150
	MZK	200	150	150	200	150	150	-	-	-	-

**Poznámky:**

- <sup>1)</sup> Štěrkopísek s obsahem jemných částic do 5 % hmotnosti není vhodný, porušuje se staveništní dopravou, povrch se musí zpevňovat drceným kamenivem nebo recyklovatelnou asfaltovou směsí a obvykle se nedoporučuje používat.
- <sup>2)</sup> Namísto MZ může být použit cihelný recyklát splňující požadavky ČSN 73 6126.
- <sup>3)</sup> Minimální tloušťka, v případě ochranné vrstvy z ŠD lze podklad nahradit zvýšením tloušťky ŠD na 200 mm.

### B.8.2.4 Návrh vrstev stabilizovaných a stmelených hydraulickými pojivy

**B.8.2.4.1** K únosnosti vozovky přispívá každá podkladní vrstva v závislosti na požadované pevnosti směsí stabilizovaných a stmelených hydraulickými pojivy. Tyto podklady smršťováním při tvrdnutí vytváří trhliny, které se s teplotou rozšiřují a zužují. V asfaltových vrstvách se mohou vytvořit reflexní trhliny.

**B.8.2.4.2** Podkladní vrstvy S a KSC, na něž se navrhují vrstvy z asfaltových směsí, se navrhují v maximálních tloušťkách:

- KSC - 160 mm,
- S I, S II - 200 mm.

Omezením tloušťek se částečně snižuje vývoj reflexních trhlin v krytu. V případě vyšších tloušťek asfaltových směsí je možno tloušťky cementem stmelených směsí zvýšit, ale jejich



tloušťka se nedoporučuje vyšší než tloušťka asfaltových vrstev. Přesto se má provést některé z uvedených opatření proti vývoji reflexních trhlin podle 6.4.5.

**B.8.2.4.3** U vozovek s kryty z dlažeb se tloušťky S a KSC neomezuji.

**B.8.2.4.4** Požadovaná nejnižší jakost a minimální tloušťky vrstev pro vozovky s cementobetonovými kryty v závislosti na návrhové úrovni porušení vozovky jsou:

- D0: KSC I 120 mm, S I 150 mm, S II 100 mm + MCB 100 mm, S II 150 + OK I 40 mm <sup>1</sup>,
- D1: KSC II 150 mm, S II 150 mm + OK I 40 mm. <sup>1</sup>

Pokud se po podkladní vrstvě bude vést staveništní doprava, musí být tloušťka vrstev minimálně 150 mm. Podklad vozovky v tunelu musí být navržen s propustnou vrstvou pod CB krytem, obvykle z MCB.

**B.8.2.4.5** Podkladní vrstvy z PB a VB se navrhují pro vozovky s asfaltovým krytem nebo krytem z dlažeb na místních a účelových komunikacích pro návrhovou úroveň porušení D1. Doporučené tloušťky vrstev podle dopravního zatížení jsou 100 mm až 200 mm.

**B.8.2.5** Návrh prolévaných podkladních vrstev

**B.8.2.5.1** Prolévané vrstvy přispívají k únosnosti v závislosti na výplňové směsi kameniva kamenné kostry.

**B.8.2.5.2** PM a VM se používá především jako horní podkladní vrstva na podklady z nestmelených vrstev. Použití PM a VM jako krytu je specifikováno v 5.1.1.7.

**B.8.2.5.3** Minimální tloušťka ŠCM je podle ČSN 73 6127 200 mm, ale dovoluje se její snížení až na 150 mm.

**B.8.2.5.4** Vrstvy KAPS I až III se doporučují pro návrhovou úroveň porušení vozovky D2 v tloušťce 150 až 200 mm, pro návrhovou úroveň D0 a D1 nejsou vhodnou podkladní vrstvou, zejména se nesmí použít pod vrstvy z asfaltové směsi. Pod dlažbou musí být lože dlažby odvodněno.

**B.8.2.6** Návrh vrstev z recyklovaných materiálů

**B.8.2.6.1** Vrstvy s použitím recyklovatelného asfaltového materiálu bez přidání pojiva (RAM 1 nebo R-materiál podle TP 111) se s výhodou použijí jako zpevnění povrchu nestmeleného kameniva v tloušťce max. 90 mm a při návrhu vozovky se počítá s vlastnostmi, jako má penetrační makadam. Použití recyklovatelné asfaltové směsi namísto kameniva do podkladních nestmelených vrstev je možné, ale potenciální možnosti této směsi nejsou využity (nepředpokládá se dodatečné stmelení vrstvy). Je také obtížně realizovatelná kontrola vrstev statickou zatěžovací deskou (modul přetvárnosti podle 8.1.3), neboť vrstva při statickém zatížení vykazuje dotvarování (jako stálé stlačování pod zatížením). Modul přetvárnosti se proto měří při teplotě povrchu nižší než 20 °C.

**B.8.2.6.2** Recyklací vrstev vozovek rozpojením a mísením s cementem se získají vrstvy, které lze považovat za cementovou stabilizaci. V tom případě platí pro navrhování vozovek B.8.2.4.

**B.8.2.6.3** Recyklací vrstev vozovek rozpojením a mísením s cementem a asfaltovou emulzí nebo asfaltovou pěnou (TP 126, 132, 134 a 162) se získají stmelené vrstvy, které již nevyžadují omezení s ohledem na tvorbu smršťovacích trhlin. Do ukončení dlouhodobého ověření

---

<sup>1</sup> Mezerovitost OK nebo AB v průkazní zkoušce je omezena na 5 % pro dosažení odolnosti vůči rozrušování vodou, která se při nadzdvížení desky (zejména v důsledku teplotního rozdílu) shromažďuje pod deskou a po zatížení desky je voda pod tlakem z tohoto volného prostoru vytlačena. Vrstvy mohou být nahrazeny AKD s odvedením prosakující vody z vrstvy mimo konstrukci.



vrstev se tyto vrstvy považují za odpovídající cementové stabilizaci S I, která s ohledem na spolupůsobení s asfaltovými vrstvami umožní snížit minimální tloušťku asfaltových vrstev podle tabulky B.7 o 25 %.

**B.8.2.6.4** Betonový recyklát je možno použít jako náhradu kameniva ve vrstvách vozovek, pokud splňuje kvalitativní požadavky kameniva.

### **B.8.2.7** Návrh podkladních vrstev z asfaltových směsí vyrobených za horka

**B.8.2.7.1** K funkci vozovek přispívají asfaltové vrstvy v závislosti na zrnitosti kameniva, druhu a množství pojiva.

**B.8.2.7.2** Jako horní podkladní vrstva pod krytové vrstvy z asfaltových směsí obvykle slouží vrstvy OK. Běžně používaný vyšší obsah hrubého kameniva s nízkým obsahem asfaltu činí tyto vrstvy méně odolné vůči únavě. Je možno je nahradit vrstvou AB v kvalitě pro ložní vrstvu nebo vrstvami o vysokém modulu tuhosti (VMT), zejména pak typem VMT A s vyšším obsahem asfaltu, a tudíž i s vyšší odolností vůči únavě. Tyto vrstvy umožní snížit celkovou tloušťku asfaltových směsí.

**B.8.2.7.3** Návrh běžných vozovek usnadní doporučení kvality a tloušťky běžných asfaltových směsí v závislosti na návrhové úrovni porušení vozovky a třídě dopravního zatížení podle tabulky B.7. V posledním sloupci tabulky jsou uvedeny minimální tloušťky asfaltových vrstev, které se doporučuje respektovat s ohledem na namáhání nepodchycená výpočtem.

## **B.8.3** Návrh krytů vozovek

### **B.8.3.1** Návrh asfaltových krytů

**B.8.3.1.1** Při návrhu se respektují požadavky 5.1.1.1 až 5.1.1.6.

**B.8.3.1.2** Doporučené druhy obrusných vrstev a jejich tloušťky jsou uvedeny v tabulce B.7.

### **B.8.3.2** Návrh cementobetonových krytů

**B.8.3.2.1** Doporučené druhy betonů a tloušťky nevyztužených cementobetonových krytů vozovek silničních komunikací se v závislosti na návrhové úrovni porušení a třídě dopravního zatížení navrhuje podle tabulky B.8.

**B.8.3.2.2** Kryty vozovek s návrhovou úrovní porušení pouze D2 a dopravním zatížením třídy V a VI mohou být provedeny z PB I opatřených nátěrem nebo EKZ. Navrhuje se minimální tloušťka 200 mm.

### **B.8.3.3** Návrh krytů z dlažeb

**B.8.3.3.1** Tloušťky dlažebních prvků a tloušťka lože se volí podle třídy dopravního zatížení:

- III: 100 mm až 160 mm, lože 40 mm,
- IV, V: 80 mm až 160 mm, lože 40 mm,
- VI: 60 mm až 80 mm, lože 30 mm,
- nemotoristické komunikace: 40 až 60 mm, lože 30 mm.

**B.8.3.3.2** Kryty z dlažeb se doporučuje navrhovat na podklady stabilizované nebo stmelelé hydraulickými pojivy nebo ŠCM, případně MZK. Při návrhové úrovni porušení D2 se mohou použít nestmelené podklady (užíváním se mohou snižovat parametry rovnosti pro D1 nepřípustné).

Tabulka B.7 – Doporučené skladby a minimální tloušťky vrstev z asfaltových směsí

Návrhová úroveň porušení	Třída dopravního zatížení	Obrusné vrstvy	Ložní (podkladní) vrstvy	Podkladní vrstvy	Minimální <sup>3)</sup> tloušťka, mm	
					krytu	vrstev
D0	S	AKM I 40, AKD 40 <sup>1) 2)</sup> , ABH I 50, ABS I 50 <sup>1) 2)</sup> , AKT 30 <sup>1) 2)</sup> , LAD I 40	ABVH I 80 <sup>1) 2)</sup> ,	OK I 100	110	190
	I			OK I 70	100	160
	II		ABH I 60, <sup>1) 2)</sup> ABH I 50 <sup>2)</sup>	OK I 70	90	140
	III					120
	IV	ABH II 50, ABS II 50 <sup>2)</sup> , AKT 30 <sup>2)</sup> , LA I 40	OK I 60			100
D1	II	ABH I 50, AKT 30 <sup>2)</sup> , AKM I 40 <sup>2)</sup> , LA I 40	ABH II 50 ABVH II 60 <sup>2)</sup>	OK I 50	90	130
	III	ABS I 40 <sup>2)</sup> , LA II 40 AKT 30, AB II 50 <sup>2)</sup>	ABH III 50 <sup>2)</sup>	OK I 50		110
			OK I 80 <sup>2)</sup>			
	IV	AB III 40 (LA II 40)	OK I 60,			100
	V	AB III 40 (LA II 30)	OK I 50,			80
	VI	AB III 60	PM 50			60
D2	IV	PMH				90
	V	PMJ				50
		N2V, EKZ	KSC I, ŠCM, KAPS I, asfaltový recyklát, recyklace			6
		VI	MZK, ŠD, MZ			

**Poznámky:**

- <sup>1)</sup> Požaduje se prokázání odolnosti proti trvalým deformacím. Pro TDZ II až S se v návrhové úrovni D0 doporučuje použít modifikovaný asfalt.
- <sup>2)</sup> Při pomalé (s rychlostí nižší než 50 km/h) a zastavující dopravě, resp. pro pravé jízdní pruhy při zvětšení počtu jízdních pruhů ve stoupání a klesání a na zastávkách trolejbusů a autobusů se požaduje prokázání odolnosti proti trvalým deformacím.
- <sup>3)</sup> Minimální tloušťky asfaltových vrstev se použijí při navrhování vozovek: na cementem stmelěných podkladech, nebo pokud jsou navrženy ve spodní podkladní asfaltové vrstvě směsi s vysokým modulem tuhosti VMT A nebo jsou v této vrstvě asfaltové betony s modifikovaným asfaltem nebo asfaltové směsi se zvýšenou odolností proti tvorbě trhlin. Při použití recyklované vrstvy stmelené cementem a asfaltovou emulzí nebo pěnou je možno tyto tloušťky asfaltových vrstev ještě snížit o 25 %, jejich nejmenší tloušťka je však 50 mm, nebo se použije nátěr, případně EKZ.

Tabulka B.8 – Doporučená jakost a minimální tloušťky cementobetonových krytů

Návrhová úroveň porušení	Třída dopravního zatížení	Cementobetonový kryt min. tloušťky, mm
D0	S	CB I 250
	I	CB I 240
	II	CB I 220
	III	CB I 200
D1	VI až III	CB II 200
D2 <sup>1)</sup>	VI až IV	CB III 180

**Poznámky:**

Tabulka vychází z ČSN 73 6123.

- <sup>1)</sup> Cementový beton CB III se díky malému rozsahu prací obvykle nenavrhuje (nejsou připraveny průkazní zkoušky). Pro návrhovou úroveň vozovky D2 se doporučuje použít CB min. II

nebo C 25/30 XF4 podle ČSN EN 206-1 v tloušťce min. 160 mm, minimální tloušťka nemotoristických komunikací nebo chodníků je 120 mm.

#### **B.8.3.4 Návrh krytů ze silničních dílců a vegetačních dílců**

**B.8.3.4.1** Kryty ze silničních dílců se používají pro dočasné komunikace a plochy.

**B.8.3.4.2** Kryty z vegetačních dílců se používají pro parkovací plochy, místní a účelové komunikace pro ojedinělé přejezdy vozidel a jejich občasná stání.

**B.8.3.4.3** Vozovky s kryty z dílců se navrhují podle ČSN 73 6131 bez dimenzování.

#### **B.8.3.5 Návrh nestmelených krytů**

**B.8.3.5.1** Nestmelené kryty pro vozovky návrhové úrovně D2 podle 5.1.4 se s výhodou použijí na zlepšeném podloží, zejména s dosažením  $\text{CBR} \geq 47\%$ . Vozovky s takovou vrstvou jsou vhodné i pro dopravní zatížení v TDZ V s tím, že vlastní vozovka bude mít minimální tloušťku nestmelené vrstvy (výjimečně 50 mm až 100 mm při splnění požadavku, že maximální zrno bude tvořit 2 třetiny tloušťky vrstvy). S výhodou se použije také R-materiál, který se v případě provádění při teplotě vyšší než  $20^\circ\text{C}$  vytvoří poměrně trvanlivý povrch bez provedení nátěru.

### **B.8.4 Dimenzování konstrukce vozovky**

**B.8.4.1** Pro navrženou úpravu podloží vozovky a vybrané konstrukční vrstvy se navrhnou tloušťky vrstev vozovky podle zásad B.8.2 a B.8.3. Jako dobré vodítko při navrhování slouží Část A Katalog vozovek.

**B.8.4.2** Pro vybrané konstrukční vrstvy a podloží vozovky se stanoví hodnoty jejich vlastností pro výpočet konstrukce.

**B.8.4.3** Stanoví se model konstrukce pro výpočet přetvoření a napětí ve vrstvách a model vozovky se zatíží návrhovým zatížením podle B.9. Namáhání se posoudí s ohledem na porušování vozovek opakováním zatížení podle B.10. Jsou-li splněny předepsané podmínky spolehlivosti návrhu, upraví se návrh s ohledem na konstrukční požadavky podle B.11 (kapitola 6) TP. Vozovky na různém podloží, s různými podkladními a krytovými vrstvami se vzájemně porovnají pro zjištění optimální varianty návrhu vozovky podle B.12 (kapitola 7) TP. Konečný návrh se připraví včetně návrhu kontroly provádění podle B.13 (kapitola 8) TP.

## **B.9 Výpočet účinků zatížení**

### **B.9.1 Netuhé vozovky**

**B.9.1.1** Výpočtovým modelem netuhé vozovky je vrstevnatý, lineárně pružný poloprostor. Konstrukční vrstvy a podloží vozovky se považují za homogenní a izotropní. Vrstvy jsou definovány návrhovými hodnotami modulů pružnosti, součinitelů příčného přetvoření a návrhovými tloušťkami. Na stycích vrstev se většinou předpokládá dokonalé spolupůsobení. Pouze mezi cementem stmelenými a asfaltovými vrstvami je vhodné předpokládat nedokonalé spolupůsobení (částečný prokluz) vrstev. Nedokonalé spolupůsobení může být vyjádřeno v programu LAYEPS (LAYMED) buď pomocí charakteristiky  $g$  (obvykle v hodnotě 0,98 - 0,99), nebo  $U$  (vyjadřující poměr mezi přetvořením obou vrstev na místě styku). V jiných programech se zavádí i jinak vyjádřené nedokonalé spolupůsobení.

**B.9.1.2** Odpor materiálu proti přetváření krytu z dlažeb z přírodního kamene se může zanedbat, dlažba pouze roznáší zatížení na větší plochu. Je vhodné nahradit dlažbu vrstvou o návrhovém modulu pružnosti do 300 MPa a lože vrstvou o modulu 150 MPa. Stejně se

nahrazuje dlažba z vibrolisovaného betonu v případě jednoduchých tvarů (obdélník), v případě složitých tvarů s prostorovými zámkami je vhodné nahradit tuto vrstvu návrhovým modulem pružnosti 600 MPa.

**B.9.1.3** Statické zatížení podle 4.2.2.2 nebo 4.2.3.2 působí u netuhých vozovek na povrchu poloprostoru.

**B.9.1.4** Pro posouzení konstrukce vozovky se výpočtem stanovují maximální vodorovná protažení ve spodní části asfaltových vrstev ve směru kolmém k pohybu vozidel a maximální stlačení podloží vozovky pro průměrné roční podmínky podle 4.4.4. Pro porovnání vlivu různých konstrukčních vrstev mohou být využity další charakteristiky napětového a přetvárného stavu.

**B.9.1.5** Maximální poměrná přetvoření asfaltových vrstev a podloží vozovky se mohou stanovit pro všechny reprezentativní teplotní stavy a stavy podloží.

**B.9.1.6** Výpočet se provádí vhodným programem (LAYEPS, LAYMED, BISAR, ALIZE apod.). Použití jiného programu podle 2.2.3, jiného výpočtového modelu (například s posouzením vozovky ve dvou etapách s různým spolupůsobením vrstev a s různými moduly stmelovaných vrstev hydraulickým pojivem) a jiných podmínek, například podle B.7.5.4, je vázáno na ověření výsledků výpočtu a posouzení, případně na úpravu dílčích součinitelů spolehlivosti podle B.10.2.1 až B.10.2.11. Pro ověření návrhu vozovek a prokázání výhod tohoto navrhování se využijí k posouzení vozovky, které jsou uvedeny v Části A TP. Součinitele spolehlivosti výpočtového modelu je třeba stanovit tak, aby se vypočtené tloušťky katalogových konstrukcí s použitím jiného modelu vozovek nelišily o více než 10 mm asfaltových vrstev.

## **B.9.2 Tuhé vozovky**

**B.9.2.1** Výpočtovým modelem cementobetonových vozovek je tenká tuhá (Kirchhoffova) deska na podkladě podle Winklerovy hypotézy. Náhrada podkladu modelovaného vrstevnatým lineárně pružným poloprostorem s charakteristikami podloží vozovky podle tabulky B.1 a podkladních vrstev podle tabulek B.2 a B.4 se provede podle článku B.9.2.5. Odpor materiálu krytu z dlažeb proti přetváření se zanedbává.

**B.9.2.2** Zatížení návrhovou nápravou podle 4.2.2.2 nebo 4.2.3.2 se umísťuje u volné podélné a příčné hrany tak, aby v desce vyvolávalo největší tahové napětí.

**B.9.2.3** Zatížení působí

- u vozovek s cementobetonovým krytem nebo vozovek s asfaltovým krytem a cementobetonovou horní podkladní vrstvou na povrchu krytu,
- u vozovek s cementobetonovou podkladní vrstvou a dlážděným krytem se umísťuje na povrch horní podkladní vrstvy.

**B.9.2.4** Výpočtem se stanovují maximální tahová napětí v cementobetonové vrstvě pro klimatické podmínky podle 4.4.2 při současném působení:

- pro vozovky s cementobetonovým krytem a betonovou horní podkladní vrstvou (VB a PB):
  - zatížení návrhovou nápravou a kladného teplotního rozdílu,
  - zatížení návrhovou nápravou a záporného teplotního rozdílu,
- pro vozovky s cementobetonovým krytem bez betonové podkladní vrstvy (ostatní podklady):
  - zatížení návrhovou nápravou a kladného teplotního rozdílu,
- pro vozovky s asfaltovým krytem nebo krytem z dlažeb:
  - zatížení návrhovou nápravou.

**B.9.2.5** Pro výpočet napětí se použije metoda splňující B.9.2.1. Použití jiného výpočtového modelu a jiných podmínek podle 2.2.3 je vázáno na ověření výsledků výpočtu a posouzení, případně na úpravu dílčích součinitelů spolehlivosti v B.10.2.1 až B.10.2.11. Pro ověření návrhu vozovek a prokázání výhod tohoto navrhování se využijí k posouzení vozovky, které jsou uvedeny v Části A TP. Součinitele spolehlivosti výpočtového modelu je třeba stanovit tak, aby se vypočtené tloušťky katalogových konstrukcí vozovek v Části A nelišily o více než 10 mm cementobetonového krytu.

## B.10 Posouzení konstrukce vozovky

### B.10.1 Všeobecně

**B.10.1.1** Každé zatížení vyvolá v konstrukci namáhání (relativní přetvoření nebo napětí). Velikost namáhání se stanovuje výpočtem. Ve stmelené vrstvě dochází úměrně velikosti namáhání k poškození vrstvy. V nestmelených vrstvách a v podloží vozovky dochází úměrně velikosti namáhání k nevratnému přetvoření.

**B.10.1.2** Kumulace poškození a nevratných přetvoření vede k poruchám vozovky.

**B.10.1.3** Ve stmelených vrstvách dojde zatěžováním v oblasti s nejvyšším opakovaným namáháním ke vzniku mikrotrhliny ve struktuře vrstvy. Dalším opakováním zatížení se mikrotrhlina začne vrstvou šířit ve vodorovném i svislém směru. Posouzením vozovky se stanovuje, zda je vrstva namáhána úměrně požadovanému počtu opakování zatížení tak, aby se trhlina v návrhovém období projevila pouze s požadovanou pravděpodobností výskytu podle návrhové úrovně porušení (pravděpodobnost výskytu porušení je v tabulce 1 vyjádřena procentem porušené plochy).

**B.10.1.4** V nestmelených vrstvách a zejména v podloží vozovky se kumulují nevratná přetvoření. Pokud by docházelo vyšším namáháním k rychlé kumulaci přetvoření, ve vozovce by se projevila porucha s plochými vyjetými koleje označovaná v katalogu poruch jako podélný hrbol. Již od vývoje první mikrotrhliny je stmelená vrstva méně únosnou (má nižší modul pružnosti) a pod ní ležící vrstvy a podloží vozovky jsou více namáhány. Posouzením vozovky se stanovuje, zda je podloží vozovky namáháno úměrně požadovanému počtu opakování zatížení tak, aby se v návrhovém období porucha s požadovanou pravděpodobností neprojevila.

### B.10.2 Posouzení stmelených vrstev a podloží vozovky opakovaným namáháním

**B.10.2.1** Při posouzení se vychází ze superpozice relativních poškození, která vyjadřuje, že daná velikost každého namáhání poškodí materiál úměrně meznímu počtu těchto namáhání stanoveného zkouškou (tzv. Minerova hypotéze):

$$D_{ij} = \frac{N_{ij}}{N_{ij,lim}}, \quad (B.10.1)$$

$$D_{cd} = \sum_{i=1}^{m_i} \sum_{j=1}^{m_j} D_{ij}, \quad (B.10.2)$$

kde  $D_{ij}$  je poměrné porušení návrhového průřezu po  $N_{ij}$  opakování zatížení  $i$ -tou zatěžovací sestavou v  $j$ -tých podmínkách, zatěžovací sestava viz 4.2.2.3 a 4.2.3.2,

$N_{ij}$  celkový počet opakování zatížení vyjádřeného  $i$ -tou zatěžovací sestavou v  $j$ -tých podmínkách,



- $N_{ij,lim}$  mezní počet opakování zatížení vyjádřený  $i$ -tou zatěžovací sestavou v  $j$ -tých podmínkách,  
 $D_{cd}$  celkové poměrné porušení v průběhu návrhového období,  
 $m_i$  počet různých kategorií zatěžovacích sestav,  
 $m_j$  počet různých podmínek.

**B.10.2.2** Celkové poměrné porušení  $D_{cd}$  musí splňovat podmínku:

$$D_{cd} \leq 1, \quad (B.10.3)$$

Po zavedení ČSN EN 13286-7 na stanovení modulu pružnosti v triaxiálním přístroji budou pravděpodobně naměřené hodnoty modulu pružnosti nestmelených vrstev nižší než návrhové hodnoty. U podloží naopak vyšší. Důsledkem může být vyšší vypočtená hodnota  $D_{cd}$  (podle skladby konstrukce a podloží). Při posuzování netuhých vozovek výpočtem podle návrhové metody se doporučuje, aby hodnota  $D_{cd}$  se pohybovala v mezích 0,6 až 0,85.

**B.10.2.3** Mezní počet opakování zatížení vozovky při zatížení definovaném v 4.2.2.3 se stanoví ze vztahu, který odpovídá vztahům (B.6.3) a (B.7.6):

- pro netuhé vozovky

$$N_{ij,lim} = \frac{10^6}{\gamma_d C_2 C_4} \left( \frac{\gamma_u \gamma_D \varepsilon_6}{\gamma_{up} \varepsilon_{ij}} \right)^B, \quad (B.10.4)$$

- pro tuhé vozovky

$$N_{ij,lim} = \frac{1}{\gamma_d C_2} \left( \frac{\gamma_u \gamma_D f_{t,ij}}{\sigma_{Q,ij} + \psi \cdot \sigma_{Tj}} \right)^B, \quad (B.10.5)$$

Ve vztazích (B.10.4) a (B.10.5) je:

- $N_{ij,lim}$  je mezní počet opakování zatížení  $i$  v podmínkách  $j$ ,  
 $\varepsilon_{ij}$  vypočtené maximální poměrné protažení na spodním líci asfaltových vrstev a maximální stlačení povrchu podloží vozovky pod zatížením  $i$  v podmínkách  $j$  dosazované v absolutní hodnotě, mikrostrain,  
 $\sigma_{Q,ij}$  maximální napětí v tahu v cementobetonové vrstvě od zatížení  $i$  v podmínkách  $j$ , MPa,  
 $\sigma_{Tj}$  maximální napětí v tahu v cementobetonové vrstvě vlivem teploty v podmínkách  $j$ , MPa,  
 $f_{tj}$  pevnost v tahu betonu - napětí na mezi porušení jednorázovým namáháním za  $j$ -tých podmínek, MPa,  
 $\varepsilon_6, B$  charakteristiky podle B.6.5.2, B.7.8.5 a B.7.8.6, mikrostrain,  
 $\gamma_d$  dílčí součinitel spolehlivosti výpočtového modelu podle B.10.2.8,  
 $\gamma_u$  dílčí součinitel spolehlivosti aplikace únavové zkoušky na podmínky zatížení vyskytující se ve vozovce podle B.10.2.9,  
 $\gamma_{up}$  dílčí součinitel rozptylu únavové zkoušky podle B.7.8.9 a B.7.9.3 až B.7.9.5. Pro podloží se zkouška neprovádí a  $\gamma_{up} = 1,0$ ,  
 $\gamma_{Di}$  dílčí součinitel spolehlivosti porušení vozovky podle B.10.2.10,  
 $C_2$  součinitel vyjadřující fluktuaci stop TNV podle B.10.2.12,  
 $C_4$  součinitel vyjadřující vliv rychlosti pohybu TNV podle B.10.2.14,  
 $\psi_j$  součinitel kombinace zatížení pro  $j$ -té podmínky podle B.10.2.11.



Vypočtené hodnoty účinků zatížení jsou závislé na použitém výpočtovém modelu a parametrech únavy. Dílčí součinitele spolehlivosti a součinitele  $C_2$  a  $C_4$  jsou pro každou návrhovou metodu ve vzájemném souladu. Jejich úprava je možná za podmínek uvedených v B.9.1.6 a B.9.2.5.

**B.10.2.4** Při stanovení celkového poměrného porušení splňujícího podmínku (B.10.3) se s výhodou použije intenzit silničního provozu popsaného celkovým počtem přejezdů TNV podle B.4.3.5.8 pomocí vztahu:

$$D_{cd} = \frac{TNV_{cd}}{TNV_{cd,lim}}, \quad (B.10.6)$$

kde  $D_{cd}$  je návrhová hodnota celkového poměrného porušení za návrhové období,

$TNV_{cd}$  návrhová hodnota celkového počtu přejezdů TNV za návrhové období podle vztahu (B.4.7),

$TNV_{cd,lim}$  mezní hodnota počtu přejezdů TNV za návrhové období.

**B.10.2.5** Podmínka (B.10.3), resp. (B.10.6) se v případě návrhu budoucí souvislé opravy nebo dostavby vozovky vyšetřuje zvlášť pro období před opravou (dostavbou) a pro období po opravě (dostavbě). Je-li návrhová úroveň v jednotlivých etapách vybudované vozovky rozdílná, stanovují se relativní úrovně porušení asfaltových vrstev a podloží vozovky v poslední návrhové úrovni porušení. Pro netuhé vozovky je celkové poměrné porušení dáno součtem poměrných porušení všech období. Etapová výstavba tuhých vozovek se nepoužívá.

**B.10.2.6** Mezní hodnota počtu přejezdů TNV se pro netuhé vozovky stanovuje jako minimální z hodnot  $TNV_{cd,lim}$  s použitím maximálních přetvoření asfaltových vrstev a podloží vozovky podle B.9.1.4 ze vztahu:

$$TNV_{cd,lim} = \frac{10^6}{\gamma_d C_2 C_3 C_4} \left( \frac{\gamma_u \gamma_{Di} \epsilon_6}{\gamma_{up} \epsilon_j} \right)^B, \quad (B.10.7)$$

Pro navrhování podle B.9.1.5 s použitím maximálních přetvoření asfaltových vrstev a podloží vozovky při různých reprezentativních stavech vozovky se použije vztah:

$$TNV_{cd,lim} = \frac{10^6}{\gamma_d C_2 C_3 C_4} \left[ \sum_{j=1}^n \tau_j \left( \frac{\gamma_{up} \epsilon_j}{\gamma_u \gamma_{Di} \epsilon_6} \right)^B \right]^{-1}, \quad (B.10.8)$$

kde  $TNV_{cd,lim}$  je mezní hodnota počtu přejezdů TNV za návrhové období, vozidel,

$\epsilon_j$  poměrné protažení stmelené vrstvy a poměrné stlačení podloží vozovky podle B.9.1.4 nebo pro  $j$ -té podmínky dle B.9.1.5 dosazované v absolutní hodnotě, mikrostrain,

$n$  počet období s reprezentativními podmínkami v roce,

$\tau_j$  poměrná délka trvání podmínek s reprezentativní teplotou v případě výpočtu podle 4.4.5,

$C_3$  součinitel spektra hmotnosti náprav TNV podle B.10.2.13,

Ostatní označení jsou shodná s článkem B.10.2.3.

**B.10.2.7** Mezní počet přejezdů TNV se pro tuhé vozovky stanovuje jako minimální z hodnot stanovených pro všechny návrhové polohy a pro všechny zatěžovací případy ze vztahu:

$$TNV_{cd,lim} = \frac{1}{\gamma_d C_2 C_3} \left( \frac{\gamma_u \gamma_D \eta f_{td}}{\sigma_{Qd} + \psi \cdot \sigma_{Td}} \right)^B, \quad (B.10.9)$$

- kde  $\eta$  je součinitel nárůstu pevnosti betonu s časem podle B.7.4.4,  
 $f_{td}$  pevnost betonu v tahu podle tabulky B.3, MPa,  
 $\sigma_{Qd}$  vypočtené maximální napětí v betonu způsobené zatížením podle B.9.2.3 a B.9.2.4, MPa.  
 $\sigma_{Td}$  vypočtené maximální napětí v betonu vlivem teploty podle B.9.2.3 a B.9.2.4, MPa.

Ostatní označení jsou shodná s článkem B.10.2.3 a B.10.2.6.

**B.10.2.8** Dílčí součinitel spolehlivosti výpočtového modelu vystihuje nejistoty vstupních údajů, výpočtového modelu, přepočtu zatížení apod. V současném stavu poznání je stanoven v hodnotách:

- pro netuhé vozovky  $\gamma_d = 1,60$ ,
- pro tuhé vozovky  $\gamma_d = 2,00$ .

**B.10.2.9** Dílčí součinitel spolehlivosti aplikace únavové zkoušky je stanoven:

- pro netuhé vozovky
  - při posouzení běžných asfaltových vrstev  $\gamma_u = 1,60$ ,
  - při posouzení asfaltových vrstev s vysokým modulem tuhosti  $\gamma_u = 1,30$ ,
  - při posouzení podloží  $\gamma_u = 1,00$ .
- pro tuhé vozovky
  - pro desky s klznými trny nebo kotvami  $\gamma_u = 1,35$ ,
  - pro desky bez trnů a kotev  $\gamma_u = 1,25$ .

**B.10.2.10** Dílčí součinitel spolehlivosti porušení vozovky v závislosti na návrhové úrovni porušení dosahuje hodnot:

- pro asfaltové vrstvy netuhých vozovek
  - $\gamma_{D0} = 1,00$ ,
  - $\gamma_{D1} = 1,10$ ,
  - $\gamma_{D2} = 1,35$ .
- pro podloží
  - $\gamma_{D0} = 1,00$ ,
  - $\gamma_{D1} = 1,10$ ,
  - $\gamma_{D2} = 1,40$ .
- pro tuhé vozovky
  - $\gamma_{D0} = 1,00$ ,
  - $\gamma_{D1} = 1,10$ ,
  - $\gamma_{D2} = 1,35$ .

Při návrhu etapové výstavby vozovky se kvalita a tloušťky vrstev v první etapě sice navrhují o návrhovou úroveň porušení vozovky níže, ale při posouzení je tato vozovka zaříděna do návrhové úrovně porušení odpovídající významu v poslední etapě dostavby, jak je stanoveno v B.10.2.5.

**B.10.2.11** Součinitel kombinace zatížení  $\psi$  v závislosti na třídě dopravního zatížení je v těchto hodnotách:

- pro TDZ S  $\psi = 0,45$ ,
- pro TDZ I až III  $\psi = 0,40$ ,
- pro TDZ IV až VI  $\psi = 0,35$ .

**B.10.2.12** Součinitel vyjadřující fluktuaci stop TNV v jízdní stopě je stanoven:

- pro návrhovou úroveň porušení D0, D1, třídu dopravního zatížení III až S, autobusové a trolejbusové zastávky  $C_2 = 1,00$ ,
- pro ostatní úrovně porušení a třídy dopravního zatížení  $C_2 = 0,70$ .

**B.10.2.13** Součinitel spektra hmotnosti náprav TNV vyjadřující vliv různých zatížení se stanovuje v závislosti na charakteru dopravního zatížení:

- běžné dopravní zatížení
  - netuhé vozovky  $C_3 = 0,5$ ,
  - tuhé vozovky  $C_3 = 1,0$ .
- nepříznivé dopravní zatížení s mezinárodní a dálkovou dopravou, autobusové a trolejbusové zastávky:
  - pro netuhé vozovky  $C_3 = 0,7$ ,
  - pro tuhé vozovky  $C_3 = 2,0$ .
- velmi nepříznivé dopravní zatížení na komunikacích s převahou plně naložených TNV (v blízkosti výroby surovin a stavebních hmot):
  - pro netuhé vozovky  $C_3 = 1,0$ ,
  - pro tuhé vozovky  $C_3 = 4,0$ .

**B.10.2.14** Součinitel vyjadřující vliv rychlosti pohybu TNV pro vozovky s asfaltovými vrstvami v závislosti na návrhové nebo dovolené rychlosti komunikace:

- při rychlosti 50 km/h a vyšší  $C_4 = 1,0$ ,
- při zastavování vozidel a rychlosti nižší než 50 km/h  $C_4 = 2,0$ .

**B.10.2.15** Po jisté době od platnosti těchto TP se pro netuhé vozovky doporučuje ověřit součinitel  $C_3$  vážením náprav přibližně ze vztahu:

$$C_3 = \frac{1}{TNV_c} \sum \left( \frac{P_i}{100} \right)^B, \quad (B.10.10)$$

kde  $P_i$  je hmotnost každé nápravy zváženého TNV, kN,  
 $TNV_c$  počet zvážených TNV, vozidel,  
 $B$  charakteristika podle tabulky B.1 a B.5.

Pro přesnější stanovení  $C_3$  pro danou vozovku nebo typy vozovek se použije vztahu:

$$C_3 = \frac{D_{i,c}}{D_{100 \text{ kN},c}}, \quad (B.10.11)$$

kde  $D_{i,c}$  je celkové relativní porušení podle vztahů (B.10.1) až (B.10.5) daným počtem zatížení  $i$  s charakteristikami podle 4.2.3.2.,  
 $D_{100 \text{ kN},c}$  celkové relativní porušení podle vztahů (B.10.1) až (B.10.5) daným počtem zatížení návrhovou nápravou s charakteristikami podle 4.2.2.2.

### B.10.3 Experiment k ověření vývojových návrhů vozovek

**B.10.3.1** Při vývoji nových hmot pro úpravu podloží vozovky nebo pro stavbu vrstev vozovek, nového konstrukčního uspořádání vrstev vozovky apod. se má provést pokusné ověření. Pokusné ověření prokazuje očekávané funkční vlastnosti a proveditelnost a kvalitu prací.

**B.10.3.2** Funkční vlastnosti materiálů vrstev vozovky se musí posoudit v podmínkách simulujících podmínky, kterým budou vystaveny ve vozovce. Zejména před pokusným ověřením

použití druhotných surovin je nutno ověřit jejich chování za účinku vody a mrazu modelováním těchto podmínek.

**B.10.3.3** Pokusné ověření vozovky se provede v podmínkách odpovídajících použití vozovky nebo v podmínkách nejméně příznivých pro použití vozovky. Návrh tloušťek vrstev musí být založen na stanovených funkčních vlastnostech vrstev a na předpokládaném zatížení realizovaném po dobu pozorování vozovky ve stanovených podmínkách.

**B.10.3.4** Zatěžování vozovek se realizuje v běžných podmínkách užívání vozovek nebo se modeluje přejížděním náprav vozidel nebo kol vozidel (na kruhové nebo přímé zkušební dráze) nebo je modelována jeho velikost a průběh zatěžování (zatěžováním rázy nebo pulzy modelujícími přejezdy kol).

**B.10.3.5** V průběhu zatěžování se posuzuje únosnost vozovky měřením průhybové čáry pod zatížením a zaznamenávají se veškeré změny povrchu vozovek.

**B.10.3.6** Po skončení experimentu se provedou laboratorní funkční zkoušky na zkušebních tělesech odebraných z vozovky a experiment se vyhodnotí.

## **B.11 Konstrukční požadavky**

Konstrukční požadavky jsou uvedeny v kapitole 6 TP.

## **B.12 Porovnání navržených vozovek**

Technicko-ekonomické porovnání navržených vozovek je upřesněno v kapitole 7 TP.

## **B.13 Činnosti spojené s navrhováním při výstavbě vozovek**

Pro stanovení kontroly prací platí 8.1. Při úpravě podloží a změně návrhu vozovky při výstavbě se postupuje podle 8.2.

## **B.14 Příklady navrhování vozovek**

### **B.14.1 Zadání**

Je třeba navrhnout varianty výstavby vozovky dálnice s postupně se zvyšujícím dopravním zatížením. Zadavatel připouští v zadávací dokumentaci variantní návrh netuhých i tuhých vozovek s tím, že všechny varianty budou splňovat požadavky dopravního zatížení. V ZTKP se ovšem závazně vyžaduje podkladní vrstva z MZK. Výpočet a posouzení je provedeno podle TP na základě hodnot návrhových charakteristik a na základě měřených modulů pružnosti a únavy asfaltové vrstvy.

### **B.14.2 Návrhová úroveň porušení**

Pro výstavbu dálnice je nutno podle tabulky 1 zvolit návrhovou úroveň porušení D0, čímž se zajistí dlouhodobá životnost vozovky s údržbou nebo opravou obrusné vrstvy.

### **B.14.3 Dopravní zatížení a návrhové období**

Stanovení intenzit dopravy vychází z celostátního sčítání dopravy, směrových průzkumů, dopravních modelů a výhledových koeficientů nárůstu na území ČR. Pro dálkovou dopravu se vychází z prognóz pro hraniční přechody. V době uvedení dálnice do provozu se předpokládá meziroční nárůst těžké dopravy 3 %, po 10 letech užívání bude celá dálnice napojena

na dálniční síť sousedního státu. Úsek 06 převezme ze sousedních hraničních přechodů zatížení 600 těžkými nákladními vozidly v každém směru a po následujících 10 let je odhadován nárůst dopravního zatížení těžkými vozidly 6 % a později se ustálí na 3 %. Na úseku 05 se předpokládá nárůst 3 % po celou dobu analyzovaného období. Dopravní zatížení je zpracováno v tabulce B.9. Každý úsek dálnice má dva úseky s rozdílným dopravním zatížením.

**Tabulka B.9 – Předpokládaný vývoj dopravního zatížení dálnice**

Úsek	Průměrná roční intenzita TNV za 24 h (TNV)								TNVcd (mil. TNV)		
	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	10 let	25 let	35 let
D xx05	4 300	4 980	5770	6 700	7 760	9 000	10430	12 100	8,3	26,4	43,7
	3 800	4 400	5 100	5 920	6 860	7 950	9 220	10 700	7,3	23,3	38,5
D xx06	1 000	1 150	1 350 2 550	3 100	3 770	4 370	5 070	5 870	1,9	10,4	18,8
	-	-	1 200	1 460	1 770	2 060	2 385	2 760	-	4,0	7,9

**Poznámka:**

TNVcd je stanoveno ze součtu dopravních zatížení charakterizovaných uvedeným dopravním zatížením v jednotlivých letech s použitím  $C_1 = 0,45$ . V případě použití rovnic (B.4.4) a (B.4.5) je dopravní zatížení vyšší, konkrétně na úseku 05 o 3,5 %.

#### B.14.4 Podloží

Na daném území lze očekávat dva typy podložních hornin:

- jemnozrnné zeminy, které bude možno zlepšovat příměsí vápna,
- skalní a kamenité s horninou zatříděnou do R1 až R3, které bude možno vyrovnat předrceným kamenivem ze skalních zářezů na zrnitost 0/63.

Na obou typech podloží lze dosáhnout úpravy, která bude nenamrzavá a únosná tak, že bude možno vynechat ochrannou vrstvu vozovek. V obou případech se předpokládá podle tabulky B.1 minimální modul pružnosti  $E_{pd} = 150$  MPa. Může být také provedena úprava jemnozrnných zemín k dosažení zhutnění a požadované únosnosti pláně pro technologickou dopravu v nepříznivém období s ovlivněním namrzavosti zeminy z nebezpečně namrzavé na mírně namrzavou až namrzavou (zlepšení bude provedeno na  $CBR > 10$  %). Při návrhu tloušťky zlepšení vápnem 300 mm lze očekávat minimální návrhový modul podloží  $E_{pd} = 80$  MPa. Při této úpravě bude třeba navrhnout ochrannou vrstvu.

Vodní režim v zářezech z jemnozrnných zemín je kapilární na násypech je difuzní.

#### B.14.5 Klimatické podmínky

Index mrazu pro nadmořskou výšku 320 m až 360 m podle tabulky B.1 ČSN 73 6114 je 424 °C.

#### B.14.6 Návrh a posouzení netuhých vozovek

Navrhují se vozovky pro návrhovou úroveň D0, dopravní zatížení I. Použijí se asfaltové vrstvy s obměnou první podkladní asfaltové vrstvy OK I s asfaltem 70/100 a 50/70, AB II s asfaltem 70/100 a VMT A s multigradovým asfaltem 30/50. Poslední vozovka bude navržena s použitím AB I s novým typem modifikovaného asfaltu gradace 65, směs byla zkoušena v laboratoři a byl stanoven modul tuhosti a únavové vlastnosti, stanovený modul tuhosti při 15 °C a 10 Hz harmonického zatěžování je 7 000 MPa a poměrné přetvoření při 1 milionu opakování zatížení o frekvenci 25 Hz při teplotě 10 °C je  $\epsilon_6 = 165$  mikrostrainů, dílčí součinitel rozptylu únavové zkoušky  $\gamma_{up} = 1,15$ .



#### **B.14.6.1 Výpočet netuhé vozovky programem LAYMED**

V případě použití starší verze LAYMED je třeba postupovat níže popsaným způsobem.

Pro výpočet podle programu typu I nebo II se nadefinuje výpočtový model vozovky (zatížení, moduly pružnosti, součinitelé příčného přetvoření a tloušťky vrstev vozovky, modul pružnosti a součinitel příčného přetvoření podloží). Výpočtové moduly vrstev jsou v tabulkách B.1, B.2, B.4 a B.5. Výpočtem se stanoví maximální relativní protažení asfaltových vrstev a maximální relativní stlačení podloží v několika bodech pod zatěžovacím kruhem a mezi zatěžovacími pruhy (maximální přetvoření je buď pod středem zatěžovacích ploch, nebo mezi plochami), při výpočtu s jednou zatěžovací plochou se přetvoření lineárně sčítají.

Tato relativní přetvoření se použijí pro stanovení mezní hodnoty celkového počtu přejezdů zatížení podle rovnic (B.10.7) v případě definování návrhové nápravy podle 4.2.2.2 nebo (B.10.4) při speciálním definování zatížení podle 4.2.3.2.

Použitím rovnic (B.10.6) nebo (B.10.1) se stanoví poměrné porušení asfaltových vrstev a podloží vozovky.

#### **B.14.6.2 Výpočet a posouzení netuhé vozovky programem LAYEPS**

1) Pro návrh a posouzení netuhých vozovek je zpracován dialogový program LAYEPS pro počítače PC jako inovovaná verze programu LAYMED z roku 1983. Ve svém typu výpočtu III a IV jsou vstupními údaji:

- návrhová úroveň porušení,
- návrhové období,
- charakteristická hodnota denní intenzity provozu  $TNV_0$  (meziroční nárůst nebo koeficienty růstu  $TNV$ , stanoví se  $TNV_k$  a z ní se odvodí třída dopravního zatížení),
- popis fluktuace stop  $TNV$  v jízdní stopě (vybere se hodnota součinitele  $C_2$ ),
- charakteristika vytížení vozidel  $TNV$  (běžné, nepříznivé a velmi nepříznivé dopravní zatížení a jim odpovídá výběr součinitele  $C_3$ ),
- charakteristika rychlosti pohybu  $TNV$  (rychlost 50 km/h a vyšší, nebo pomalý a zastavující silniční provoz, vybere se hodnota  $C_4$ ),
- modul pružnosti podloží (v závislosti na CBR a vodním režimu),
- názvy vrstev podle tabulek B.2 a B.4, u výpočtu typu IV lze měnit moduly pružnosti, Poissonova čísla, charakteristiky únavy a spolupůsobení vrstev podle výsledků měření nebo v závislosti na podmínkách spolupůsobení.

2) K vybraným charakteristikám (návrhová úroveň porušení, třída dopravního zatížení, konstrukční vrstvy podkladu vozovky a únosnost zeminy CBR) jsou v databázi programu uloženy katalogové listy vozovek podle Části A, které se podle označení vyvolají (z důvodu omezení označení na 8 znaků je místo D0N-1-III-PII použito označení 0N1III-2). Provedou se potřebné úpravy (přidání vrstev, změny tloušťek, druhů ochranné vrstvy a upřesní se návrhové moduly pružnosti vrstev vozovky podloží, dopravní zatížení apod.), program tuto vozovku vypočítá a posoudí. Je možno zadat a uložit jakákoliv jiná složení vozovek, která respektují kapitulu B.8, databáze katalogových vozovek je první pomůckou.

3) Výstupními charakteristikami z programu jsou (viz tabulka B.10):

- zadání vozovky (návrhová úroveň porušení,  $TNV_k$ ,  $TNV_{cd}$ , součinitelé  $C_i$  charakterizující provoz  $TNV$  a charakteristiky návrhové nápravy),
- charakteristika výpočtového modelu vozovky (druhy vrstev, jejich tloušťka, spolupůsobení vrstev a charakteristiky podloží),
- celkové relativní porušení asfaltových vrstev a podloží,
- minimální požadovaná tloušťka nenamrzavých vrstev podle tabulky 5.



### B.14.6.3 Úpravy tloušťek vrstev vozovky

- 1) Pokud je hodnota celkového relativního porušení asfaltových vrstev vyšší než 1,0, musí se zvýšit tloušťka asfaltových vrstev, obvykle spodní asfaltové vrstvy, a výpočet se opakuje.
- 2) Pokud je hodnota celkového relativního porušení podloží vyšší než 1,0, musí se zvýšit tloušťka podkladních vrstev a výpočet se opakuje.
- 3) Pokud není splněna požadovaná tloušťka vrstev netuhé vozovky a podloží z nena-mrzavých materiálů podle tabulky 4, upraví se tloušťka ochranné vrstvy, ale mnohem výhod-nější je navrhnout jiná opatření v podloží podle 6.2.2, pro něž se provede nový návrh a po-souzení.
- 4) Opakovanými výpočty se hledá taková kombinace vrstev, aby obě hodnoty celkového relativního porušení  $D_{cd}$  byly v mezích 0,7 až 1,0. U vozovek s minimálními tloušťkami kon-strukčních vrstev budou některé hodnoty relativního porušení nižší než doporučené. S ohledem na očekávané snížení modulů pružnosti nestmelených vrstev (MZK a ŠD) se pro vozovky s těmito podklady doporučuje rozmezí  $D_{cd}$  v mezích 0,6 až 0,85 (viz B.10.2.2).

**Tabulka B.10 – Příklad posouzení konstrukce vozovky programem LAYEPS**

Posouzení vozovky :		Dálnice D xx-05			
Úroveň porušení	D0			počet kol	2
Návrhové období	25				
delta z	1.00	C1 =	.45	poloměr otisku	120.3
delta k	2.00	C2 =	1.00	intenzita	.55
TNVo	4300.	C3 =	.70		
TNVc	26400000.	C4 =	1.00		
Vrstvy :	čís.	materiál	tl.	spolupūs.	poměrné porušení
	1	AKM	40.	.000	.0000
	2	AB I	70.	.000	.0001
	3	OK I	110.	.000	<b>.8319</b>
	4	MZK	200.	.000	.0000
	5	SD	150.	.000	.0000
		celkem	<b>570.</b>	min. tl.	430.
Podloží :	modul střední	80.	poměrné porušení		<b>.7945</b>
	index mrazu	424.			
	mírně namrzavé				

### B.14.6.4 Posouzení dálničních vozovek

- 1) Posouzení možných návrhů netuhých vozovek pro dálnici D xx-05 a -6 je v tabulce B.11. V jednotlivých sloupcích jsou pro dopravní zatížení podle tabulky B.9 ( $TNV_{cd} = 26,4$ , resp. 10,4 mil. TNV) uvedeny druhy a tloušťky navržených vrstev vozovky na dvou druhých podloží. Jednotlivé výpočty dokumentují návrh vozovky s použitím různé asfaltové směsi do spodní vrstvy z asfaltových směsí. Rozdílné moduly pružnosti odpovídající odlišným pojivům podle tabulky B.2 a rozdílné charakteristiky únavové zkoušky podle tabulky B.5 umožňují pro zadané podmínky užívání vozovky odlišný návrh tloušťek vrstev vozovek, zejména asfalto-vých vrstev. Zhotoviteli se tak umožňuje zvolit návrh vozovky s dosažením minimalizace ná-kladů na výstavbu.
- 2) Jestliže se pro úsek 05 změnil druh asfaltu do OK I, zvýší se modul tuhosti vrstvy a ten umožní snížit tloušťku OK o 20 mm, je ovšem nutné zvýšit o 20 mm tloušťku MZK nebo tloušťku ŠD o 30 mm (při nižší únosnosti podloží). Změna čáry zrnitosti OK na AB s vyšším obsahem pojiva nezvýší modul tuhosti, ale zvýší odolnost vůči opakovanému zatěžování,

což rovněž umožní snížit tloušťku asfaltových vrstev o 20 mm, ale požaduje zvýšit tloušťku MZK o 40 mm nebo ŠD o 50 mm. Záměna pojiva v AB za pojivo 30/50 s jeho vyšším obsahem zvýší modul tuhosti a rovněž odolnost proti opakovanému zatěžování (směs VMT A), což umožní snížit tloušťku asfaltových vrstev o 30 mm a tloušťka nestmelených podkladů se proti předešlému příkladu nezmění. Modifikované pojivo s naměřenými vlastnostmi modulu tuhosti a únavy pak umožní další snížení asfaltových vrstev celkem o 40 mm, ale vyžádá si zvýšení a úpravu tlouštěk nestmeleného podkladu.

3) Při nižším dopravním zatížení na úseku 06 nejsou úspory asfaltových vrstev a změny tlouštěk nestmelených vrstev tak výrazné jako na úseku 05. Přínosem je ovšem možná postupná výstavba dálnice při skokovém nárůstu dopravního zatížení. V první etapě se nevybuduje obrusná vrstva z AKM, pouze budoucí ložní vrstva se vybuduje v kvalitě obrusné vrstvy. Po dokončení celého tahu před nebo po nárůstu dopravního zatížení se vybuduje obrusná vrstva z AKM. Díky součtu relativních porušení asfaltových směsí a podloží z obou etap vozovky si zatížení v uvedeném příkladu nevyžádá celkovou vyšší tloušťku asfaltových vrstev, budou jen malé změny tlouštěk nestmelených podkladních vrstev v porovnání s výstavbou na plnou tloušťku asfaltových směsí (při nižší tloušťce je vozovka více namáhána a také porušována, a celková tloušťka asfaltových vrstev vychází obvykle o 10 mm vyšší). Počítáme-li s životností obrusné vrstvy AKM 15 roků, pak tímto opatřením během návrhového období nemusí dojít k obnově obrusné vrstvy (uspoří se jedna obnova, tedy 40 mm asfaltových vrstev v analyzovaném období 35 let).

#### **B.14.6.5 Konstrukční požadavky**

1) Odolnost proti mrazovým zdvihům. Pro klimatické podmínky, vodní režim a mírně namrzavou až namrzavou úpravu podloží vápnem je podle tabulky 4 zapotřebí tloušťku nenamrzavých materiálů 520 mm. Tuto tloušťku splňují všechny vozovky.

2) Vrstvy musí být provedeny z materiálů odpovídajících návrhu vozovky, musí být dodržen druh asfaltu a návrh směsi. Krytové vrstvy musí obsahovat modifikovaný asfalt a splňovat požadavky odolnosti proti tvorbě trvalých deformací.

**Tabulka B.11 – Posouzení variant vozovek dálnice Dxx při různých podkladních asfaltových vrstvách a na dvou druzích podloží (o modulu pružnosti 80 MPa a 150 MPa)**

#### **a) Úsek Dxx-05**

<b>Dxx-05, podklad MZK</b>														
<b>OK I, 70/100</b>			<b>OK I, 50/70</b>			<b>AB II, 70/100</b>			<b>VMT A</b>			<b>AB (AM65)</b>		
<b>P</b>	<b>80</b>	<b>150</b>	<b>P</b>	<b>80</b>	<b>150</b>	<b>P</b>	<b>80</b>	<b>150</b>	<b>P</b>	<b>80</b>	<b>150</b>	<b>P</b>	<b>80</b>	<b>150</b>
AKM	40	40	AKM	40	40	AKM	40	40	AKM	40	40	AKM	40	40
AB I	70	70	AB I	70	70	AB I	70	70	AB I	70	70	AB I	70	70
OK I	110	110	OK I	90	90	AB II	90	90	VMT	80	80	AB	70	70
MZK	200	210	MZK	200	230	MZK	200	250	MZK	200	250	MZK	200	150
SD	150		SD	180		SD	200		SD	200		SD	230	150
Ha	220	220		200	200		200	200		190	190		180	180
Hv	570	430		580	430		600	450		590	450		610	480
PPa	,832	,819		,697	,686		,582	,561		,390	,374		,278	,306
PPp	,795	,775		,805	,833		,760	,808		,785	,789		,816	,775

## b) Úsek Dxx-06

Dxx-06, podklad MZK														
I. etapa, 1,9 mil TNV			II. etapa, 8,5 mil TNV			10,4 mil. TNV			10,4 mil. TNV			10,4 mil. TNV		
OK I, 70/100			OK I, 70/100			OK I, 70/100			VMT A			AB (AM65)		
P	80	150	P	80	150	P	80	150	P	80	150	P	80	150
			AKM	40	40	AKM	40	40	AKM	40	40	AKM	40	40
AB I	60	60	AB I	60	60	AB I	60	60	AB I	60	60	AB I	60	60
OK I	90	90	OK I	90	90	OK I	90	90	VMT	80	80	AB	70	70
MZK	200	230	MZK	200	230	MZK	200	200	MZK	200	200	MZK	200	230
SD	170		SD	170		SD	150		SD	150		SD	170	
Ha	150	150		190	190		190	190		180	180		170	170
Hv	520	380		560	420		540	390		530	380		540	400
PPa	,302	,314		,521	,515		,673	,729		,224	,240		,157	,158
PPp	,233	,270		,430	,440		,654	,786		,675	,755		,789	,823
I. + II. etapa 10,4 mil. TN				,823	,829									
				,663	,710									

3) Vrstvy musí být provedeny podle ČSN 73 6121 a ČSN 73 6126 s předepsaným infiltračním a spojovacími postřiky.

Při přechodu zářezu do násypu v jemnozrnných zeminách se musí zřídit příčná drenáž

### B.14.6.6 Kontrola prací při výstavbě

Všechny stavební technologie se kontrolují podle požadavků příslušných TKP.

Pro převzetí podloží a nestmelených vrstev musí být splněny tyto minimální hodnoty modulu přetvárnosti stanovené podle ČSN 72 1006 v závislosti na návrhu vozovky podle tabulky 6:

- Podloží zlepšené na CBR > 10 %  $E_{\text{def},2} = 60$  MPa,
- Podloží zlepšené na CBR > 47 %  $E_{\text{def},2} = 90$  MPa,
- Kamenitý násyp a upravené skalní podloží  $E_{\text{def},2} = 90$  MPa,
- Vrstva ŠD na podloží zlepšeném na CBR > 10 %  $E_{\text{def},2} = 90$  MPa,
- Vrstva MZK na podloží zlepšeném na CBR > 47 % nebo na ŠD  $E_{\text{def},2} = 150$  MPa.

Žádná z naměřených hodnot nesmí být nižší než je uvedeno. Zároveň musí být dodržen poměr modulů přetvárnosti podle ČSN 72 1006 charakterizující řádné zhutnění.

### B.14.7 Návrh vozovky s cementobetonovým krytem pro úsek D xx05

#### B.14.7.1 Vstupní údaje

- 1) Návrhová úroveň porušení podle B.14.2 se stanovuje jako D0.
- 2) Dopravní zatížení a návrhové období je stanoveno podle B.14.3:
  - návrhová náprava podle 4.2.2.2,
  - dopravního zatížení podle tabulky B.9  $TNV_{\text{cd}} = 26,4$  mil. vozidel,
  - součinitel přepočtu dopravního zatížení  $C_2 = 1,0$ ,  $C_3 = 2,0$ ,
  - součinitel kombinace zatížení  $\psi = 0,45$ ,
  - návrhové období je 25 let.

- 3) Podloží s úpravou ve 2 variantách podle B.14.1.4
  - 1. typ: návrhový modul pružnosti  $E_{pd} = 150 \text{ MPa}$ , zemina nenamrzavá,
  - 2. typ: návrhový modul pružnosti  $E_{pd} = 80 \text{ MPa}$ , zemina namrzavá, vodní režim difuzní v případě násypu a kapilární v zářezu.
- 4) Klimatické podmínky:
  - návrhová hodnota indexu mrazu je  $Im_d = 424 \text{ } ^\circ\text{C}$ ,
  - průměrná roční teplota vzduchu je  $Tm = 8 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

#### **B.14.7.2 Návrh skladby vozovky**

- 1) Podle požadavků v ZTKP jsou navrženy podkladní vrstvy z MZK s minimální tloušťkou CB krytu podle tabulky B.8 (výpočty napětí jsou pro tyto varianty vozovek v příloze B.2 v tabulkách B.P2.3 a B.P2.4, přičemž je také počítána varianta s CB 240 mm):

- |                      |             |               |
|----------------------|-------------|---------------|
| - pro 1. typ podloží | - CB I min. | 250 mm        |
|                      | - MZK       | <u>200 mm</u> |
|                      |             | 450 mm,       |
| - pro 2. typ podloží | - CB I min. | 250 mm        |
|                      | - MZK       | 200 mm        |
|                      | - ŠD        | <u>150 mm</u> |
|                      |             | 600 mm        |

- 2) Podle požadavku objednatele je max. délka desek 5,0 m a spáry jsou vyztuženy trny nebo kotvami podle ČSN 73 2123 a TKP kapitola 6.

#### **B.14.7.3 Posouzení vozovky**

- 1) Deformační charakteristiky vrstev vozovky:

- |                                    |  |
|------------------------------------|--|
| - cementový beton CB I             | $E_d = 37\,500 \text{ MPa}$ , $\mu_d = 0,20$ ,   |
| - mechanicky zpevněné kamenivo MZK | $E_d = 600 \text{ MPa}$ , $\mu_d = 0,25$ ,       |
| - šterkodrt' ŠD                    | $E_d = 400 \text{ MPa}$ , $\mu_d = 0,30$ ,       |
| - 1. typ podloží                   | $E_{pd} = 150 \text{ MPa}$ , $\mu_{pd} = 0,30$ , |
| - 2. typ podloží                   | $E_{pd} = 80 \text{ MPa}$ , $\mu_{pd} = 0,35$ .  |

- 2) Zatížení:

- návrhová náprava je podle 4.2.2.2
- kladný teplotní rozdíl podle B.4.4.2.2 je  $\Delta T_d = 14,64 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

- 3) Charakteristiky výpočtového modelu konstrukce

Postupem a výpočtem podle B.P2.2 (viz tabulku B.P2.3) byly stanoveny hodnoty pružné charakteristiky desky:

pro výpočet napětí způsobeného zatížením návrhovou nápravou:

- pro 1. typ podloží  $l_d = 0,823 \text{ m}$ ,
- pro 2. typ podloží  $l_d = 0,990 \text{ m}$ ,

pro výpočet napětí v důsledku teplotního rozdílu:

- pro 1. typ podloží  $l_t = 0,714 \text{ m}$ ,
- pro 2. typ podloží  $l_t = 0,851 \text{ m}$ .

- 4) Vypočtená napětí

Postupem podle B.P2.3 dokumentovaným tabulkou B.P2.3 se stanovila napětí: při zatížení návrhovou nápravou (viz tabulku B.P2.3):

- pro 1. typ podloží  $\sigma_{tQ} = 1,754$  MPa,
  - pro 2. typ podloží  $\sigma_{tQ} = 1,969$  MPa,
- při teplotním rozdílu:
- pro 1. typ podloží  $\sigma_{tT} = 1,820$  MPa,
  - pro 2. typ podloží  $\sigma_{tT} = 1,570$  MPa.

5) Mezní počet přejezdů TNV je podle vztahu (B.10.9):

- pro 1. typ podloží  $TNV_{cd,lim} = 47,8$  mil. vozidel,
- pro 2. typ podloží  $TNV_{cd,lim} = 21,9$  mil. vozidel, vozovka nesplňuje zadání (požadovaná hodnota  $TNV_{cd} = 26,4$  mil. TNV) a je třeba zvýšit tloušťku CB I na 260 mm.

#### **B.14.7.4 Úprava konstrukce**

Vzhledem k tomu, že se jedná o nestmelenou horní podkladní vrstvu MZK, vypočtená tloušťka krytu se v souladu s čl. 6.5.4 zvýší o 20 mm. Definitivní skladby vozovek:

pro 1. typ podloží	- CB I	270 mm
	- MZK	<u>200 mm</u>
		470 mm,
pro 2. typ podloží	- CB I	280 mm
	- MZK	200 mm
	- ŠD	<u>150 mm</u>
		630 mm.

#### **B.14.7.5 Konstrukční požadavky**

1) Posouzení odolnosti proti mrazu

Požadavek na potřebnou minimální tloušťku z hlediska odolnosti proti mrazovým zdvihům je splněn, pro 2. typ podloží podle tabulky 5 je minimální požadovaná tloušťka 0,62 m.

2) Vrstvy musí být provedeny z materiálů odpovídajících návrhu vozovky.

3) Vrstvy musí být provedeny podle ČSN 73 6123 a ČSN 73 6126.

4) Při přechodu zářezu do násypu v jemnozrnných zeminách se musí zřídit příčná drenáž.

5) Návrh se ukončí zpracováním vzorového příčného řezu, rozmístění spár vzhledem k vodicímu a dělicímu proužku, vyztužení spár a přechodů mezi vozovkou s asfaltovým krytem a vozovkou s cementobetonovým krytem podle TKP, kapitola 6.

#### **B.14.7.6 Kontrola prací při výstavbě**

Kontrola podloží a vrstev vozovky se předepisuje stejně jako v B.14.6.6.

### **B.14.8 Výběr optimálního návrhu vozovky**

**B.14.8.1** Optimální výběr vozovky je možno provést na základě porovnání celkových nákladů na výstavbu, údržbu a opravu vozovek včetně uvážení zvýšených nákladů v silničním provozu, tedy se započtením všech nákladů. Pokud se náklady na údržbu, opravy a silniční provoz neliší (vyžadují stejnou strategii údržby a oprav), pak rozhodující jsou náklady na výstavbu.

**B.14.8.2** Dopravní zatížení bylo rozpočteno na období 35 let pro možnost porovnání celkových nákladů na údržbu a opravu vozovek. Z nárůstu dopravního zatížení je zřejmé, že pokud se předpověď nárůstu naplní, bude nutno na úseku 05 po 25 až 30 letech upravovat šířkové uspořádání dálnice (vybudovat třetí jízdní pruh jízdního pásu) a v té době se opraví také vozovka.

**B.14.8.3** Na základě dosavadních zkušeností se u asfaltových vozovek předpokládá po 10 až 15 letech užívání obnova ohrusné vrstvy a po 25 až 30 letech obnova krytových vrstev s případným zesílením vozovky a obnovou odvodňovacích zařízení (rigolů).

**B.14.8.4** O vozovkách s cementobetonovým krytem s kotvami a trny se předpokládá, že po 25 až 30 letech budou provedeny pouze lokální opravy. Do cenových porovnání je třeba zahrnout také ztráty uživatelů (ztráta času a jízdního pohodlí, dopravní nehody apod.) při opravě cementobetonového krytu v poměrně delším období.

**B.14.8.5** Při rozhodování o navržených asfaltových vozovkách na úseku 05 přichází v úvahu pouze nabízená cena vozovky, která bude ovlivněna náklady zhotovitele podle jeho materiálových a technologických možností. Na úseku 06 se také bude posuzovat etapovost výstavby.





## Příloha B.1

### STANOVENÍ NÁVRHOVÉHO MODULU PRUŽNOSTI A MODULU PŘETVÁRNOSTI ZE ZKOUŠKY CBR

**B.P1.1** Postup se použije pro stanovení návrhové hodnoty CBR pro PK v návrhové úrovni D0 a D1.

**B.P1.2** Doporučuje se vycházet z několika zkoušek, pro významné případy návrhu je možno postupovat podle následujícího schématu :

- Odebere se 6 až 8 vzorků zeminy v souladu s TP 76, na kterých se provede zkouška CBR podle ČSN 72 1016. Zkouší se při optimální vlhkosti zeminy stanovené zkouškou Proctor-standard podle ČSN 72 1015 a po 4denním uložení zkušební tělesa ve vodě.
- Pro návrh konstrukce vozovky se použije hodnota CBR odpovídající vlhkosti podle očekávaného vodního režimu v závislosti na podmínkách v podloží vozovky a jejich úpravách v podle s 4.3.6.
- Za návrhovou hodnotu CBR se bere hodnota zajišťující, že 60 %, 75 % nebo 87,5 % ostatních zjištěných hodnot je stejných nebo vyšších. Zvolené procento spolehlivosti je závislé na dopravním zatížení podle tabulky 3.

**B.P1.3** Postup vyhodnocení:

- a) Určí se dopravní zatížení podle 4.2.
- b) Provede se 6 - 8 zkoušek CBR.
- c) Vyberou se hodnoty CBR odpovídající očekávané vlhkosti podle vodního režimu podle 4.3.6.
- d) Výsledné hodnoty CBR se seřadí podle velikosti.
- e) Pro každou změnu hodnoty (postupuje se od nejnižší) se stanoví procento hodnot z celkového počtu stejných nebo větších.
- f) Výsledky se zakreslí a body se proloží křivka. Pokud jsou hodnoty normálně rozděleny, křivka by měla mít tvar „S“ a 50% hodnota by měla být blízko průměru.
- g) Z křivky se odečte příslušná hodnota CBR, která odpovídá zvolené spolehlivosti stanovení únosnosti podloží.

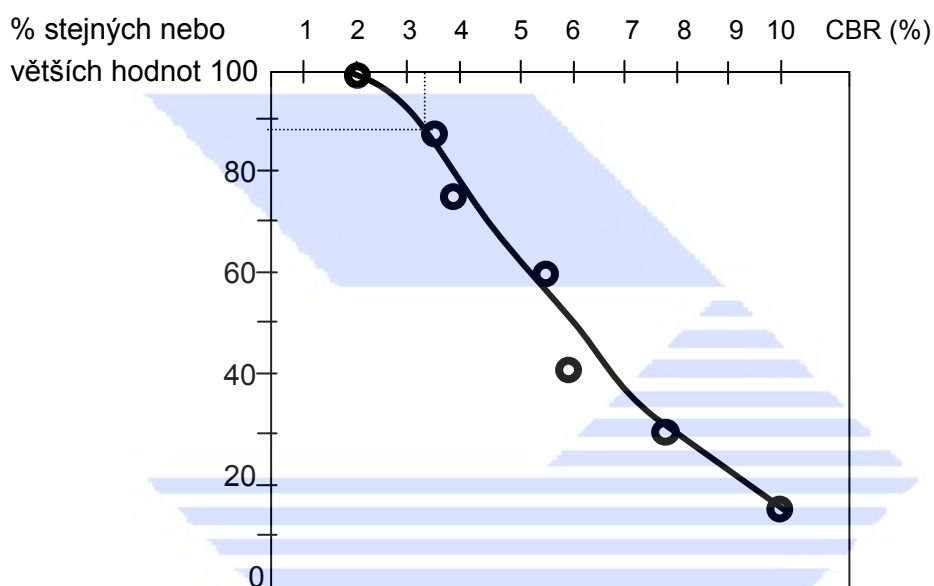
**B.P1.4** Příklad:

- a) Dopravní zatížení  $TNV_k = 2\,000$  přejezdů, třída dopravního zatížení je II, spolehlivost stanovení podle tabulky 3 je 87,5 %.
- b) Celý úsek je veden v násypu výšky 0,5 až 1,5 m a stejném zářezu. Vodní režim bude v celém úseku pendulární.
- c) Výsledek sedmi zkoušek CBR zeminy F4 o indexu plasticity 12 je uveden v tabulce B.P2.1. Hodnota CBR pro pendulární režim je stanovena podle 4.3.2.4.

**Tabulka B.P1.1 – Zpracování výsledků měření únosnosti CBR jednotlivých vzorků**

Vzorek	Poznámka	CBR <sub>opt</sub>	CBR <sub>sat</sub>	CBR <sub>pen</sub>	Počet ≥	% ≥
1	zářez	14	8	10	1	14
2	zářez	10	6	8	2	29
3	zářez	8	5	6	3	43
4	násyp	8	4	5,6	4	57
5	násyp	6	3	4	5	71
6	násyp	6	2	3,6	6	86
7	násyp	4	1	2	7	100

d) Závislost CBR na % stejných nebo větších hodnot :



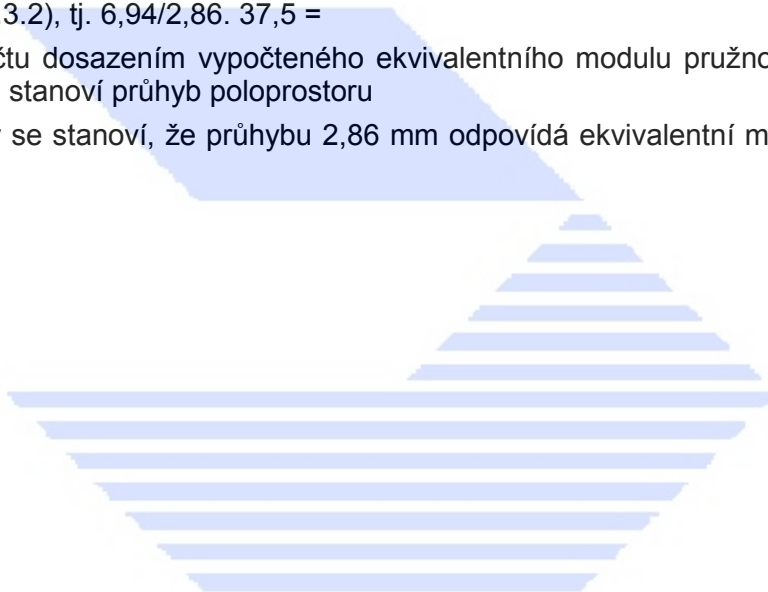
e) Pro požadovanou spolehlivost stanovení 87,5 % vychází podle závislosti hodnota CBR 3,3 %.

f) Podle B.8.1.4 je nutno provést zlepšení zeminy v aktivní zóně. I při optimální vlhkosti bude při stanovené spolehlivosti hodnota CBR = 6 %. Je vhodné zlepšení zemin vápnem do hloubky 400 mm, což převyšuje požadavek podle tabulky 9 ČSN 73 6133. Podle zkoušek zlepšení zeminy je dosahováno při dávkování vápna 3 % únosnosti CBR ≥ 50 %, touto úpravou se dosáhne zlepšení, které bude kontrolováno modulem přetvárnosti 90 MPa.

Kontrolu předpokladu lze učinit výpočtem podle B.6.3:

- Zlepšená zemina má po 3 dnech po dokončení modul přetvárnosti bez nasycení vodou podle B.8.1.9 o hodnotě 200 MPa a je provedena na tloušťku 400 mm.
- Podlovní zemina s CBR do 6 % bude mít podle odpovídajících hodnot v tabulce B.6 asi 20 MPa, hloubka, která se reálně projeví na měření modulu přetvárnosti odpovídá napětí do 3 % použitého zatížení desky, nejméně však do hloubky 4násobku průměru desky.
- Zbývající poloprostor se modeluje jako nedeformovatelný modulem 10 000 MPa.
- Průhyb takto definovaného vrstevnatého poloprostoru pod zatížením 500 kPa na zatěžovací desce o poloměru 150 mm je výpočtem programem LAYMED 1,09 mm.

- Průhyb poloprostoru o modulu přetvárnosti 20 MPa je výpočtem roven 5,70 mm.
  - Ekvivalentní modul přetvárnosti se stanoví násobením modulu podloží vozovky poměrem průhybů (viz B.6.3.2), tj.  $5,70/1,09 \cdot 20 = 104,6$  MPa.
- g) Návrhový modul pružnosti výpočtem ekvivalentního modulu pružnosti se stanoví výpočtem vrstev poloprostoru:
- Zlepšená zemina o tloušťce 400 mm, modul pružnosti podle B.8.1.8 (nejsem si jist) v hodnotě 300 MPa.
  - Zemina v podloží vozovky podle rovnice (B.6.1) při dosazení za  $CBR_{pen} = 3,3 \%$  má  $E_d = 37,5$  MPa. Tloušťka podloží vozovky je podle B.6.4.3 celkem 2,1 m (krátkodobost zatížení dovolí proniknout namáhání do 3 m pod vozovku při předpokládané vozovce o tloušťce 0,5 m).
  - Podloží, které se chová jako nedeformovatelné, o modulu pružnosti 10 000 MPa.
  - Průhyb poloprostoru pod zatížením 500 kPa na zatěžovací desce o poloměru 350 mm stanovený výpočtem programem LAYMED je 2,86 mm.
  - Průhyb poloprostoru o modulu pružnosti 37,5 MPa stanovený výpočtem je 6,94 mm.
  - Ekvivalentní modul se stanoví násobením modulu pružnosti podloží vozovky poměrem modulů (viz B.6.3.2), tj.  $6,94/2,86 \cdot 37,5 = 91$  MPa.
  - Kontrolou výpočtu dosazením vypočteného ekvivalentního modulu pružnosti do programu LAYMED se stanoví průhyb poloprostoru 3,04 mm.
  - Iteračními kroky se stanoví, že průhybu 2,86 mm odpovídá ekvivalentní modul pružnosti o hodnotě 97 MPa.



## Příloha B.2

### Výpočet napětí v cementobetonové desce

#### B.P2.1 Charakteristiky konstrukce

**B.P2.1.1** Základní charakteristikou konstrukce pro stanovení napětí způsobeného zatížením a kladným teplotním rozdílem v tenké tuhé desce na Winklerově podkladu je poloměr relativní tuhosti desky:

$$I = \sqrt[4]{\frac{E h^3}{12(1-\mu^2)k}}, \quad (\text{B.P2.1})$$

kde

$E, \mu, h$  je modul pružnosti, MPa, součinitel příčného přetvoření materiálu, tloušťka desky, m,

$k = r/w$  tzv. modul reakce podkladu, kde  $r$  je jeho odpor a  $w$  je průhyb.

**B.P2.1.2** Přetvárné charakteristiky podloží a konstrukčních vrstev jsou v těchto TP moduly pružnosti a součinitele příčného přetvoření materiálů vrstev (materiály vrstev jsou homogenní a izotropní) a poloměr relativní tuhosti desky se pro výpočet napětí určuje z přibližného vztahu<sup>1</sup>:

$$I = L, \quad (\text{B.P2.2})$$

kde

$I$  - poloměr relativní tuhosti desky podle modelu desky na Winklerově podkladu, m

$L$  - tzv. pružná charakteristika desky, která se určí podle modelu tuhé desky na lineárně pružném poloprostoru, m.

**B.P2.1.3** Pružná charakteristika desky se určuje ze vztahu:

$$L = h^3 \sqrt[3]{\frac{E(1-\mu_p^2)}{6E_p(1-\mu^2)}}, \quad (\text{B.P2.3})$$

kde

$L$  - pružná charakteristika desky, m,

$h$  - tloušťka desky, m,

$E$  - modul pružnosti betonu, MPa, viz tabulka B.3,

$E_p$  - modul pružnosti podloží, MPa, viz B.6.2,

$\mu$  - součinitel příčného přetvoření betonu, viz tabulka B.3,

$\mu_p$  - součinitel přetvoření materiálu podloží, viz B.6.2.

**B.P2.1.4** Jako charakteristika vrstevnatého podkladu se do vztahu B.P2.3 používá ekvivalentní modul pružnosti podkladu, stanovený z podmínky rovnosti maximálních ohybových momentů v desce na vrstevnatém podkladě a na náhradním homogenním poloprostoru. Ekvivalentní modul pružnosti se stanovuje iterací z podmínky:

<sup>1</sup> Vztah B.P2.2 vychází z přibližné rovnosti ohybového momentu v blízkém okolí středu nekonečné desky na podkladě podle Winklerova modelu a modelu lineárně pružného poloprostoru. Při výpočtech nad rámec těchto TP (např. přetvoření desky) uvedený vztah neplatí.

$$E_p = \frac{2qa(1 - \mu_p^2)}{w}, \quad (\text{B.P2.4})$$

$$a = 1,2 L, \quad (\text{B.P2.5})$$

kde

- q** - dotykový tlak, uvažuje se **q** = 1 MPa,
- a** - náhradní poloměr kruhové zatěžovací plochy, m,
- w** - maximální průhyb vrstevnatého poloprostoru, který představují vrstvy podloží a podkladu, m<sup>2</sup>.

POZNÁMKA – Postup iterace je dokumentován v B.P2.3.

**B.P2.1.5** Pro výpočet napětí vlivem teplotního namáhání se poloměr relativní tuhosti stanovuje ze vztahu:

$$I_T = L_T, \quad (\text{B.P2.6})$$

kde

- I<sub>T</sub>** - poloměr relativní tuhosti pro výpočet napětí v důsledku teplotního namáhání, m,
- L<sub>T</sub>** - pružná charakteristika desky, m, stanovená podle vztahu (B.P2.3) s použitím hodnoty **E<sub>T</sub>**, MPa, jako modulu pružnosti betonu pro výpočet napětí vlivem teplotního namáhání, viz B.7.4.2.

## B.P2.2 Výpočet napětí

**B.P2.2.1** Maximální hodnotu kladného ohybového momentu od zatížení návrhovou nápravou podle 4.2.2.2 lze určit z přibližného vztahu:

$$M = 0,335ql^2 \left( \frac{a_e}{l} - 0,042 \right), \quad (\text{B.P2.7})$$

kde

- M** - běžný (vztažený k jednotce šířky průřezu) ohybový moment, MN,
- q** - dotykový tlak, MPa,
- l** - poloměr relativní tuhosti desky, m,
- a<sub>e</sub>** - poloměr zatěžovací plochy ekvivalentního zatížení podle tabulky B.P2.1, m.

**Tabulka B.P2.1 – Poloměr zatěžovací plochy ekvivalentního zatížení **a<sub>e</sub>****

Poloměr relativní tuhosti desky <b>l</b> , m	Poloměr zatěžovací plochy ekvivalentního zatížení <b>a<sub>e</sub></b> , m	
	podélná hrana	příčná hrana
0,6	0,152	0,13
0,8	0,155	0,139
1	0,154	0,143
1,2	0,153	0,143
1,4	0,152	0,144
1,6	0,15	0,144
1,8	0,147	0,143

<sup>2</sup> Průhyb vrstevnatého podkladu je třeba vypočítat s přesností danou výpočtem programem LAYMED

**B.P2.2.2** Tahové napětí v průřezu se stanoví podle vztahu:

$$\sigma = \frac{6M}{h^2}, \quad (\text{B.P2.8})$$

kde

**M** - kladný ohybový moment, MN,

**h** - tloušťka desky, m.

**B.P2.2.3** Teplotní napětí se stanoví ze vztahu:

$$\sigma_T = 0,5 E_T \alpha_T \Delta T C_T, \quad (\text{B.P2.9})$$

kde

**E<sub>T</sub>** - modul pružnosti betonu pro teplotní namáhání, MPa,

**α<sub>T</sub>** - součinitel délkové roztažnosti betonu,

**ΔT** - teplotní rozdíl v betonové desce, K,

**C<sub>T</sub>** - součinitel, kterým se zohledňuje borcení desky podle B.P2.2.4

**B.P2.2.4** Součinitel **C<sub>T</sub>** se stanovuje podle tabulky B.P2.2 takto:

- při výpočtu napětí u podélné hrany v závislosti na hodnotě poměru  $L_x / I_T$ ,
- při výpočtu napětí u příčné hrany v závislosti na hodnotě poměru  $L_y / I_T$ ,

kde

**L<sub>x</sub>, L<sub>y</sub>** - délka, případně šířka desky, m,

**I<sub>T</sub>** - poloměr relativní tuhosti pro výpočet teplotního namáhání, m.

**Tabulka B.P2.2 – Součinitel C<sub>T</sub> pro výpočet teplotního namáhání**

$L_x/I_T, L_y/I_T$	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
<b>C<sub>T</sub></b>	0,19	0,42	0,70	0,92	1,03	1,08	1,09	1,07

**Poznámka** – Pro mezilehlé hodnoty platí lineární interpolace.

### **B.P2.3 Příklad výpočtu napětí**

**B.P2.3.1** Vstupní údaje pro výpočet:

- průměrná roční teplota vzduchu pro dané území stanovená podle ČSN 73 6114 je 8 °C,
- návrhový modul pružnosti podloží:
  - 1. typ podloží  $E_{pd} = 150$  MPa,
  - 2. typ podloží  $E_{pd} = 80$  MPa,
- délka CB desek bude maximálně 5,0 m,
- šířka desek bude maximálně 4,25 m.

**B.P2.3.2** Postup určení pružných charakteristik desek pro navržené konstrukce vozovky na vrstevnatém podkladě postupnými iteračními kroky podle B.P2.4 je dokumentován v tabulce B.P2.3.



**Tabulka B.P2.3 – Příklad výpočtu pružných charakteristik CB desek, podkladu a podloží pro výpočet napětí zatížením návrhovou nápravou a teplotou**

Číslo vozovky, zatížení	Vrstvy	Tloušťka mm	Modul pružnosti	Poissonovo číslo	Výpočet	$E_{pd}$ , MPa	$L, L_T$ m	$a$ , cm	$w$ , cm	$E_{pd}$ , MPa
1.1, nápravou	CB I	240	37 500	0,20	1.	150	0,807	97	1,070	159
	MZK	200	600	0,25	2.	159	0,792	95	1,050	159
	Podl.		150	0,30						
1.1, teplotou	CB I	240	24 375	0,20	1.	150	0,700	84	0,915	160
	MZK	200	600	0,25	2.	160	0,685	82	0,891	162
	Podl.		150	0,30						
1.2, nápravou	CB I	250	37 500	0,20	1.	150	0,840	101	1,120	158
	MZK	200	600	0,25	2.	158	0,827	99	1,092	160
	Podl.		150	0,30	3.	160	0,823	99	-	-
1.2, teplotou	CB I	250	24 375	0,20	1.	160	0,714	86	0,938	160
	MZK	200	600	0,25						
	Podl.		150	0,30						
2.1, nápravou	CB I	240	37 500	0,20	1.	80	0,996	120	2,303	91
	MZK	200	600	0,25	2.	91	0,954	114	2,164	93
	ŠD	150	400	0,30	3.	93	0,947	114	-	-
	Podl.		80	0,30						
2.1, teplotou	CB I	240	24 375	0,20	1.	80	0,863	104	1,930	94
	MZK	200	600	0,25	2.	94	0,817	98	1,790	96
	ŠD	150	400	0,30	3.	96	0,812	97	1,770	97
	Podl.		80	0,30						
2.2, nápravou	CB I	250	37 500	0,20	1.	99	0,966	116	2,211	92
	MZK	200	600	0,25	2.	92	0,990	119	2,280	94
	ŠD	150	400	0,30						
	Podl.		80	0,30						
2.2, teplotou	CB I	250	24 375	0,20	1.	97	0,845	102	1,890	94
	MZK	200	600	0,25	2.	94	0,851	102	-	-
	ŠD	150	400	0,30	3.					
	Podl.		80	0,30						

**B.P2.3.4** Výpočet napětí postupem podle B.P2.2 a B.P2.3 je v tabulce B.P2.4.

**Tabulka B.P2.4a – Výpočet napětí pro podélnou hranu**

Číslo vozovky	Zatížení nápravou			Zatížení teplotou			
	$l, m$	$a_e, m$	$\sigma_Q, MPa$	$l_T, m$	$C_T, -$	$\Delta T, K$	$\sigma_T, MPa$
1.1	0,792	0,155	1,851	0,685	1,05	14,36	1,838
1.2	0,823	0,155	1,754	0,714	1,03	14,64	1,820
2.1	0,947	0,154	2,077	0,812	0,94	14,36	1,645
2.2	0,990	0,154	1,969	0,851	0,88	14,64	1,570

**Tabulka B.P2.4b – Výpočet napětí pro příčnou hranu**

Číslo vozovky	Zatížení nápravou			Zatížení teplotou			
	$l, m$	$a_e, m$	$\sigma_Q, MPa$	$l_T, m$	$C_T, -$	$\Delta T, K$	$\sigma_T, MPa$
1.1	0,792	0,139	1,608	0,685	0,94	14,36	1,649
1.2	0,823	0,139	1,521	0,714	0,91	14,64	1,624
2.1	0,947	0,142	1,859	0,812	0,75	14,36	1,314
2.2	0,990	0,143	1,777	0,851	0,70	14,64	1,249

## Příloha B.3

### Charakteristiky použité pro výpočet katalogových listů

Uvedené charakteristiky slouží pro porovnávání vozovek v případě použití jiného výpočtového modelu nebo modelu porušování a případné úpravy dílčích součinitelů spolehlivosti podle 2.2.3 a B.9.2.5.

**Tabulka B.P3.1 – Charakteristiky vrstev použité při výpočtu a posouzení vozovek v katalogových listech**

Vrstva	Modul pružnosti MPa	Poissonovo číslo	Charakteristika únavy	
			$\epsilon_6$	B
AKM	5500	0.35	160.0	5.0
AB I	7500	0.33	135.0	5.0
AB II	5500	0.33	115.0	5.0
AB III	4500	0.33	115.0	5.0
OK I	5500	0.33	100.0	5.0
VMT A	9000	0.30	135.0	5.0
PM, VM	800	0.33		
KSC I	2500	0.22		
KSC II	2000	0.22		
S I <sup>1)</sup>	1200	0.23		
S II <sup>2)</sup>	1000	0.23		
S III	800	0.30		
ŠCM	600	0.25		
MZK	600	0.25		
ŠD	400	0.30		
ZZ	300	0.30		
MZ	150	0.30		
DL	300	0.25		
LOZE	150	0.25		
PI	120	0.35	410	5
PII	80	0.35		
PIII	50	0.40		

<sup>1)</sup> včetně recyklované vozovky s pojivem cement a asfaltová emulze nebo asfaltová pěna

<sup>2)</sup> včetně recyklované vozovky s pojivem cement

## **Vypracování technických podmínek**

Zpracovatelé:

Vysoké učení technické v Brně

Doc. Ing. Jan Kudrna, CSc.,  
Dr. Ing. Michal Varaus

České vysoké učení technické

Doc. Ing. František Luxemburk, CSc.,  
Ing. Ludvík Vébr, CSc.,

Stavby silnic a železnic a.s.

Ing. Ivan Racek,  
Ing. Jiří Fiedler

ODS – Dopravní stavby Ostrava, a.s.

Ing. Alexandr Arťušenko

Technická a redakční rada:

Ing. Marie Birnbaumová,  
RNDr. Vladimír Köllner,  
Ing. Ján Marusič,  
Ing. Václav Neuvirt, CSc.,  
Ing. Lubomír Tichý, CSc.

Vydavatel: Ministerstvo dopravy České republiky

Náklad: 150 - upravený dotisk - září 2006

Počet stran: 100

Distribuce: Vysoké učení technické v Brně, fakulta stavební, IČO 216305,  
Ústav pozemních komunikací, Veveří 331/95, 602 00 Brno,  
tel. 541 147 341, fax. 541 213 081, E-mail: kachlikova.v@fce.vutbr.cz

ROADCONSULT – Ing. Ludvík Vébr, CSc.  
Trávníčkova 11, 155 00 Praha 5,  
tel. 235 522 380, 224 354 420, 602 653 143, fax: 224 311 085  
e-mail: [vebr@roadconsult.cz](mailto:vebr@roadconsult.cz), [vebr@fsv.cvut.cz](mailto:vebr@fsv.cvut.cz)  
[www.roadconsult.cz](http://www.roadconsult.cz)