

Asfaltový beton s vysokým modulem tuhosti VMT

Ing. Petr Bureš, Ing. Jiří Fiedler

Obsah

- ▶ Úvod
- ▶ Užití v konstrukci vozovky
- ▶ Stavební materiály
- ▶ Asfaltová směs (složení a technické požadavky)
- ▶ Stavební práce
- ▶ Hodnocení shody

Úvod

Pro směs VMT byly vypracovány samostatné technické podmínky TP 151 v roce 2001. Byly novelizovány v 2010.

V rámci projektu CESTI byly provedeny různé zkoušky vlastností směsí VMT, které umožnily upřesnění vlastností a úpravu některých požadavků.

Nyní byla směs VMT byla zařazena do ČSN 73 6120 Stavba vozovek – Ostatní asfaltové vrstvy – Provádění a kontrola shody. Norma bude vydána v 2020.

Požadavky na směsi VMT jsou uvedeny v příloze C.

Prezentace je zpracována dle návrhu normy z roku 2019

Charakteristika

Asfaltové směsi VMT jsou za horka zpracováváné asfaltové betony s vysokým modulem tuhosti, **s relativně vyšším obsahem asfaltů tvrdších druhů (případně se ztužujícími přísadami),** nízkou mezerovitostí pro podkladní vrstvy a upravenou mezerovitostí pro ložní vrstvy.

Jsou pro vozovky s velmi těžkým dopravním zatížením. **U těchto směsí je nutné prokázat vlastnosti kombinací empirických a funkčních požadavků.**

Podle maximální velikosti zrna se rozdělují směsi VMT na druhy 0/16 a 0/22 mm.

Použití směsí typu VMT

Směsi VMT umožňují:

- ▶ Minimalizovat vznik nadměrných trvalých deformací
- ▶ Dosáhnout vysoké odolnosti asfaltových vrstev proti únavě i proti působení vody a tím zajistit i jejich vysokou životnost
- ▶ Snížit tloušťky vozovky ve srovnání s klasickými typy úprav či zvýšit provozní výkonnost vozovky

Obecné zásady pro použití

- ▶ zohlednění předpokládaných podmínek při provádění prací (teplotních a povětrnostních) již při návrhu konstrukce vozovky
- ▶ návrh složení směsi VMT a posouzení jejich vlastností v dostatečném rozsahu a s ohledem na působící klimatické podmínky (zejména možný vliv nejnižších zimních teplot) a umístění vrstev VMT v konstrukci PK
- ▶ Zamezení vnikání vody do asfaltových vrstev vozovky (utěsnění okrajů vrstev asfaltovým postřikem apod.) a zajištění dostatečného odvodnění vrstvy

Návrh směsi VMT a její posouzení

Při použití směsi VMT s nemodifikovaným silničním asfaltem a tvrdým silničním asfaltem do podkladních vrstev vozovek s dopravním zatížením třídy S a I se doporučuje ověřit únavové charakteristiky zkouškou podle ČSN EN 12697-24, metoda A.

Zkouška se provádí při teplotě 10 °C. Návrhové hodnoty v TP 170 jsou pro teplotu 15 °C. Při ní bývá ϵ_6 vyšší.

Vliv teploty je vysvětlen v článku „Nové trendy v navrhování asfaltových vozovek a některé možnosti úprav české návrhové metody“ na konferenci AV 17.

Při návrhu vozovky z laboratorně naměřených hodnot funkčních vlastností ϵ_6 může být max. o 10 % vyšší než dle TP 170, přičemž sklon B nesmí být vyšší než $B = 5,0$.

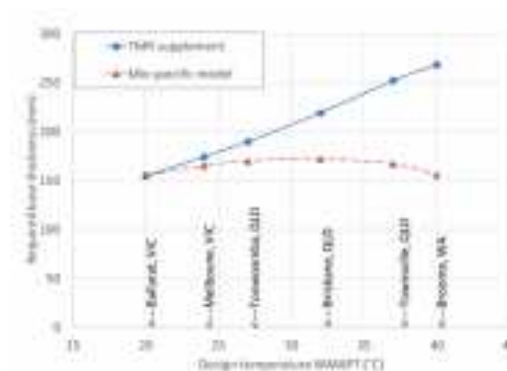
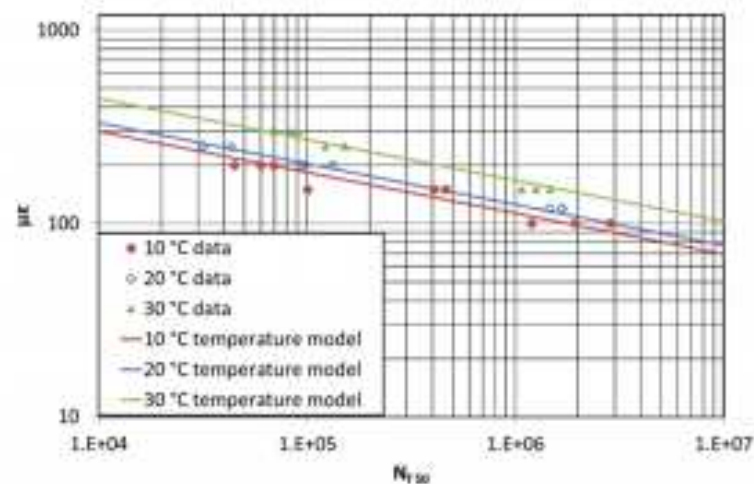
Vliv teploty na odolnost směsi proti únavě

Je to v textu článku a v tabulce 1. Podrobně v *Silnice mosty 1/2014 str.17-22 a 1/2017 str.14-18*

Nedávny návrh rozsahu zkoušení v Australii: 3 teploty, 27 těles

Denneman et al, Optimising thickness design for asphalt pavements

In warmer parts of Australia, 17th AAPA Int. Flexible Pavements Conf. , August 2017



*A new approach to asphalt pavement design
Denneman, webinar 2017*

Článek a prezentace „Nové trendy v navrhování asfaltových vozovek a některé možnosti úprav české návrhové metody“ na AV 17

Hodnocení únavových vlastností VMT

Aplikace výsledků zkoušek funkčních vlastností směsí s VMT (tj. modul tuhosti, únavové charakteristiky) může v některých případech vést při návrhu vozovky k příliš velkému zmenšení tloušťky vozovky a tím k jejímu poddimenzování, protože únavová zkouška v laboratoři plně nevystihuje dlouhodobé chování ve vozovce.

K poddimenzování vozovky by mohlo dojít i v případě, že by únavové charakteristiky směsi VMT byly horší než návrhové hodnoty (např. malý obsah pojiva).

Riziko je částečně omezeno nižší hodnotou součinitele aplikace pro směsi VMT $\gamma_u = 1,3$ – čl. B.10.2 TP 170.

Návrh konstrukce vozovky s VMT se v tomto případě musí provést ve spolupráci se specialisty.

Riziko poruch při nízkých teplotách

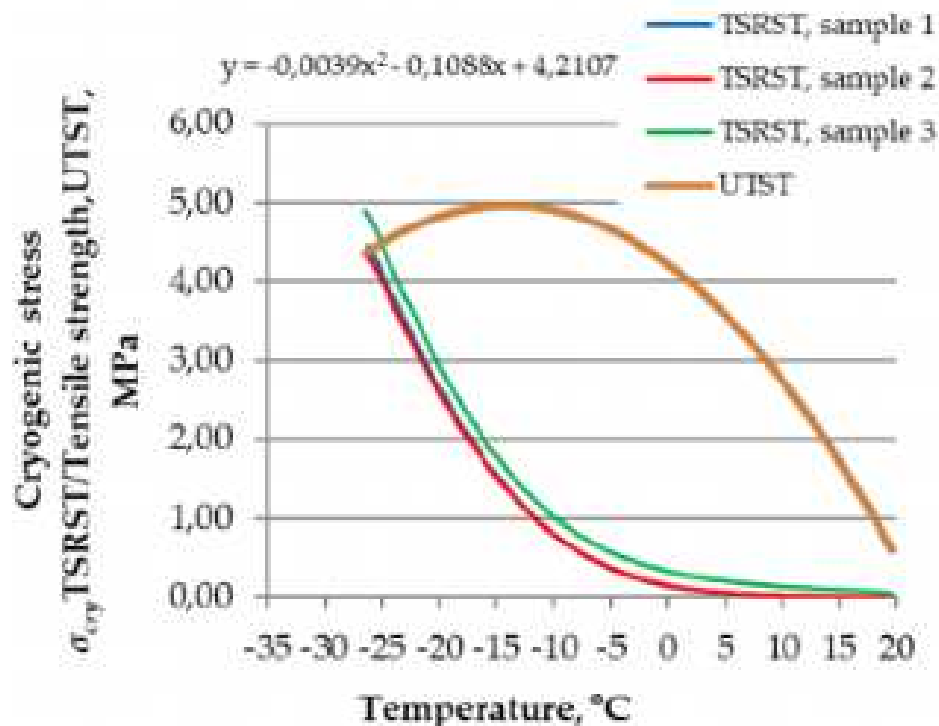
Posouzení vlastností při nízkých teplotách (stanovení pevnosti v tahu za ohybu a stanovení poklesu napětí na 50 % při teplotě 0 °C) se musí provést, pokud je asfaltová směs typu VMT z nemodifikovaného pojiva použita do ložní vrstvy vozovky a na ní položená obrusná vrstva má tloušťku nižší než 45 mm nebo jsou-li klimatické podmínky lokality velmi nepříznivé ($I_{md} > 600^{\circ}\text{C}$). **Čl.C.2.2**

V Polsku došlo před několika lety na nových vozovkách dálnic s VMT k poměrně velkým poruchám vlivem mrazu

např.: Judycki J., et al, 2017, IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 236 012002
Field investigation of low-temperature cracking and stiffness moduli on selected roads with conventional and high modulus asphalt concrete.

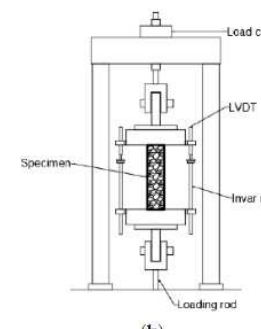
Článek obsahuje fotografie a popis poruch

Zkoušky za nízkých teplot



TSRST ochlazovací zkouška
UTST jednoosý tah

Schéma přístroje



Pro $T < -15$ °C již u této směsi nedochází k relaxaci napětí

Pszczola M., et al, Influence of Bitumen Type and Asphalt Mixture Composition on Low-Temperature Strength Properties According to Various Test Methods, 2018

Směsi VMT

Článek obsahuje porovnání výsledků zkoušek na směsích s různými pojivy.

11

Další podmínky použití VMT

Použití směsi VMT při rekonstrukcích vozovek je třeba individuálně posoudit.

Pokud je podklad vrstvy pod VMT porušen trhlinami, podél kterých může docházet k pohybům i po provedené sanaci trhlin, musí se zejména v případech horizontálních pohybů zvolit řešení vložením asfaltové vrstvy typu SAL z modifikovaného asfaltu podle přílohy I normy ČSN 73 6120.

Při pokládce asfaltové směsi VMT na nestmelené vrstvy je třeba věnovat náležitou pozornost rovnosti povrchu, aby se omezilo nebezpečí nadměrného lokálního snížení tloušťky vrstvy VMT.

Stavební materiály

Pojiva

- ▶ 20/30 a 30/45, dle tabulky 1 ČSN 65 7204:2016
- ▶ PMB 10/40-65, PMB 25/55-60, -65, dle ČSN 65 7222-1
- ▶ PMB 10/40-65 NT, 25/55-60 (65) NT, dle ČSN 65 7222-3
- ▶ CRMB 25/55-60 N a V, dle ČSN 65 7222-2
- ▶ MG 20/30 a MG 35/50, dle tabulky 2 ČSN 65 7204:2016
- ▶ tvrdý silniční asfalt 15/25, dle ČSN EN 13924-1
- ▶ pojiva v kombinaci s vhodnou ztužující přísadou

Užití tvrdších asfaltů a/nebo ztužujících přísad musí být doloženo zkouškami pojiva i směsi včetně únavových vlastností a charakteristik chování asfaltových směsí za nízkých teplot.

Pojiva a přísady

Při užití CRMB 25/55-60 V je třeba splnit i požadavky pro směsi s CRMB V dle přílohy H.

Použití nenormových asfaltových pojiv musí odpovídat parametrům uvedeným ve stavebním technickém osvědčení (STO), případně evropskému technickému posouzení (ETA).

Na zlepšení přilnavosti asfaltu, k úpravě zpracovatelnosti a reologických vlastností se mohou používat přísady (např. syntetické vosky, přírodní asfalty, kyselina polyfosforečná). Současně je přípustné použití přírodních či syntetických vláken rozptýlené výztuže. Přilnavost pojiva dle ČSN 73 6161 musí být „dobrá“.

Stavební materiály

R-materiál

Z hutněných asfaltových vrstev **max 40 %** hm. směsi pro podkladní vrstvu a **25 %** pro ložní vrstvu

V případě dávkování nepřehříváného R-materiálu (dávkování studenou cestou) max. 20 % hm. směsi

Při dávkování **>20 %** hm. směsi musí být zvoleno **měkčí pojivo o 1 gradaci vyšší**, vhodná **oživovací látka** (rejuvenátor), nebo **PMB označený RC** dle ČSN 65 7222-1

Zrnitost směsi

Výsledná čára zrnitosti směsi v oboru dle tabulky C.2

Směsi VMT

15

Typ směsi	VMT 16		VMT 22	
Počet úderů Marshallova pěchu	2 x 75			
Obecné požadavky				
Zrnitost / síto (mm)	VMT 16	VMT 16 CR	VMT 22	VMT 22 CR
31,5	–	–	100	100
22,4	100	100	90 až 100	90 až 100
16	90 až 100	90 až 100	72 až 82	75 až 90
8	54 až 70	60 až 75	50 až 60	55 až 70
4	36 až 52	45 až 60	34 až 46	40 až 55
2	26 až 38	30 až 45	24 až 34	25 až 45
0,125	–	6 až 11	–	5 až 10
0,063	5 až 10	5 až 10	5 až 9	4 až 9
Max. podíl STK v SK nebo DTK v DK (%)	jen drcené			

Mezerovitost směsi

Typ směsi	VMT 16	VMT 22
Minimální mezerovitost V_{\min} (%) ^{a, b}	3,0 (2,5)	3,0 (2,5)
Maximální mezerovitost V_{\max} (%) ^{a, b}	5,0 (6,0)	5,0 (6,0)

^a Mezerovitost zhutněné asfaltové směsi a stupeň vyplnění mezer směsi se stanoví dle ČSN EN 13108-20 ed. 2:2018, tabulka B.1, řádek 3. Hodnoty v závorkách platí pro kontrolní zkoušky.

^b Pro ložní vrstvy a jako podklad pro litý asfalt se doporučuje mezerovitost v intervalu 3,5 % až 5,0 %, u ložních vrstev s ohledem na možné dohutnění směsi a u litých asfaltů pro snížení rizika vzniku „puchýřů“.

Pro podkladní vrstvy se doporučuje mezerovitost 3,0 % až 4,5 %.

Odolnost vůči vodě, deformacím a mrazu

Typ směsi	VMT 16 a VMT 22
Minimální poměr pevnosti v příčném tahu ITSR (%) ^c	80
Maximální poměrná hloubka koleje PRD_{AIR} (%) po 5 000 cyklech ^d	3,0
Maximální přírůstek hloubky koleje WTS_{AIR} (mm/10 ³ cyklů) ^d	0,05
Doba poklesu napětí na hodnotu 50 %, t_{50} , při $T = \pm 0^{\circ}\text{C}$ (s) ⁱ	max. 1 200 (pro horní podkl. vrstvy) max. 600 (pro ložní vrstvy)

- ^c Stanovení ITRS dle ČSN 13108-20 ed. 2:2018, tab. B.1, řádek 7.
- ^d Zkouška odolnosti proti tvorbě trvalých deformací se provede dle ČSN 13108-20 ed. 2:2018, tabulka D.1, řádek 4
- ⁱ dle přílohy K této normy. Pokud výsledky nevyhoví, je nutné provést další ověření (např. stanovení kritické teploty) či dle zkušeností.

Teploty při výrobě a pokládce směsí VMT

Typ směsi	VMT 16 a VMT 22
Mezní hodnoty teploty asfaltové směsi (°C) ^e	20/30 a 30/45 = 155 °C až 195 °C PMB = 155 °C až 180 °C CRMB = 160 °C až 180 °C PMB NT = 135 °C až 160 °C

^e Uvedené minimální a maximální teploty nesmí být překročeny na žádném místě obalovny.

Při pokládce jsou předepsány jen minimální teploty dle tloušťky vrstvy VMT a druhu pojiva od 130 do 170 °C (tabulka C.3).

V budoucnu může být zapotřebí maximální teploty při pokládce VMT snížit, dojde-li v EU k zavedení nebo zpřísnění limitů asfaltových výparů. (např. nutnost užití nízkoteplotních směsí nebo odsávání na finišerech)

Zrnitost / síto (mm)	VMT 16	VMT 16 CR	VMT 22	VMT 22 CR
Min. obsah rozpustného pojiva B_{min} (% hm.) ^f	4,4	–	4,2	–
Max. obsah rozpustného pojiva B_{max} (% hm.) ^f	5,6	–	5,4	–
Min. obsah dávkovaného množství CRMB V nebo silničního asfaltu s CRBC (% hm.) ^g	–	5,3	–	5,3
Max. obsah dávkovaného množství CRMB-V nebo silničního asfaltu s CRBC (% hm.) ^g	–	6,5	–	6,5
Min. obsah asfaltového pojiva po extrakci dle ČSN EN 12697-1 ^h	–	4,3	–	4,3
Minimální stupeň vyplnění mezer VFB_{min} (%) ^a	70		70	
Maximální stupeň vyplnění mezer VFB_{max} (%) ^a	80		80	

^f obsah asfaltu se násobí faktorem $\rho = 2,650/\rho_d$, kde ρ_d je objemová hmotnost kameniva v Mg/m^3 dle ČSN EN 1097-6.

^g Stanovení obsahu pojiva dle ČSN EN 12697-39, kdy se zpětně určí celkový obsah CRMB 25/55-60 V nebo CRBC.

^h Pro stanovení asfaltového pojiva po extrakci lze u směsí s CRMB 25/55-60 V nebo CRBC využít též postup podle přílohy L této normy.

^a Mezerovitost ztuhlé asfaltové směsi a stupeň vyplnění mezer směsi se stanoví dle ČSN EN 13108-20 ed. 2:2018, tabulka B.1, řádek 3

Typ směsi	VMT 16	VMT 22
Funkční zkoušky		
Minimální modul tuhosti při T = 15 °C (MPa) ^j		
metoda A podle ČSN EN 12697-26 (2PB-TR)	9 000	9 000
metoda C podle ČSN EN 12697-26 (IT-CY)	9 500	9 500
Odolnost proti únavě ϵ_6 podle ČSN EN 12697-24 (metoda A) ^k ($\mu\text{m/m}$)	min. 125	

- ^j **Stanovení modulu tuhosti se provádí vždy.** Před stanovením modulu tuhosti, popř. dalších funkčních charakteristik lze provést stanovení stability S (≥ 14 kN), přetvoření F (20-50) pro silniční, mutigrádové a silniční tvrdé asfalty, F (20 až 60) pro modifikované asfalty.
- ^k **Stanovení odolnosti proti únavě** se musí provádět při použití silničních a tvrdých silničních asphaltů do směsí VMT, **pokud modul tuhosti při 15 °C >12 500 MPa při stanovení metodou A nebo 13 500 MPa metodou C.** *Zkouška únavy metodou A se provádí při 10 °C (tab. D.4 ČSN EN 13108-20 Zkoušky typu)*

Stavební práce

Pro stavby většího významu (dálnice, silnice I. třídy a místní komunikace I. třídy) se doporučuje zpracování schématu pokládky s uvedením množství pokládané směsi, podmínek pokládky, druhu a počtu válců, délek záběru válců a jejich pracovní rychlosti.

Před první pokládkou asfaltové směsi dle této přílohy je třeba provést hutnicí pokus. Jeho platnost je omezena na použití obdobné hutnicí sestavy v obdobných klimatických podmínkách. U použití při pozdějších aplikacích je vždy nejlepším doložením úspěšná předchozí praxe (referenční stavba).

Nejnižší přípustné teploty při pokládce

Musí být uvedeny v dokumentaci pro pokládku a musí být v souladu s druhem použitého asfaltu i technickými údaji výrobce asfaltu. (Tabulka C.3)

Druh asfaltu	Tloušťka vrstvy ^{a b}		
	do 70 mm	70 mm až 100 mm	nad 100 mm
30/45, MG 35/50	160 °C	145 °C	130 °C
20/30, MG 20/30, 15/25	170 °C	155 °C	140 °C
PMB 25/55-60, CRMB 25/55-60 N	160 °C	145 °C	130 °C
PMB 10/40-65, CRMB 25/55-60 V	170 °C	155 °C	140 °C

^a Teplota směsi se měří v místě rozdělovacího šneku finišeru.

^b Teplotu směsi při použití nízkoteplotního asfaltu a dalších přísad stanoví výrobce asfaltové směsi dle doporučení výrobce asfaltu nebo přísady.

Maximální přípustné teploty při pokládce nejsou zatím předepsány

Hutnění směsí VMT

Hutnění se má provádět při co možná nejvyšších teplotách v uvedených intervalech, obvykle ve dvou fázích s následným uhlazením. Přitom nesmí docházet k poruchám na vrstvě.

Optimální teploty hutnění pro první fázi hutnění jsou 160 °C až 120 °C. Optimální teploty hutnění pro druhou fázi jsou 120 °C až 90 °C.

Při použití tvrdých pojiv (15/25, 20/30 nebo PMB 10/40-65) se musí zhutněné vrstvy před zimním obdobím zakrýt další vrstvou (např. ACL, ACO), aby bylo minimalizováno nebezpečí vzniku teplotně indukovaných trhlin.

Hodnocení shody

C.6.1 Zkoušky typu

Dle ČSN EN 13108-20 ed. 2 a přílohy B této normy Jsou ověřovány vlastnosti dle tabulky C.2.

Pro nízkoteplotní asfaltové směsi se musí provést doplňující zkoušky dle přílohy J.

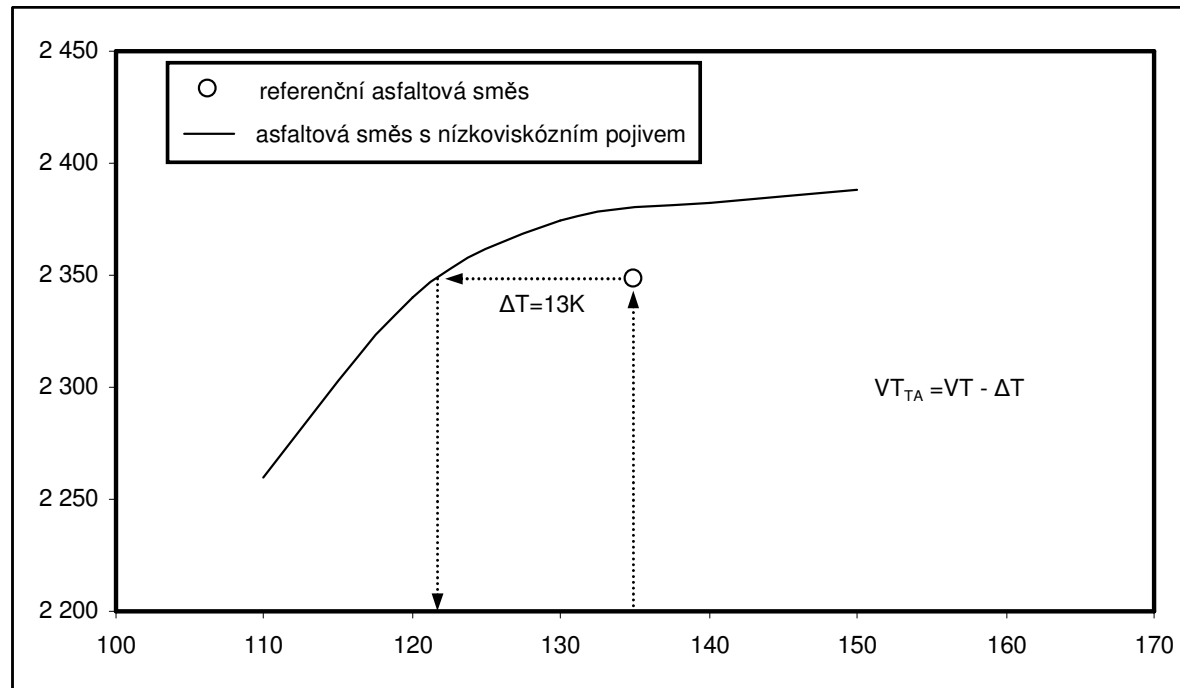
C.6.2 Kontrolní zkoušky

Četnosti jsou v článku 6.2 normy a tabulce 6. Požadavky na zkoušky směsí odebraných na stavbě jsou v tabulce A.1.

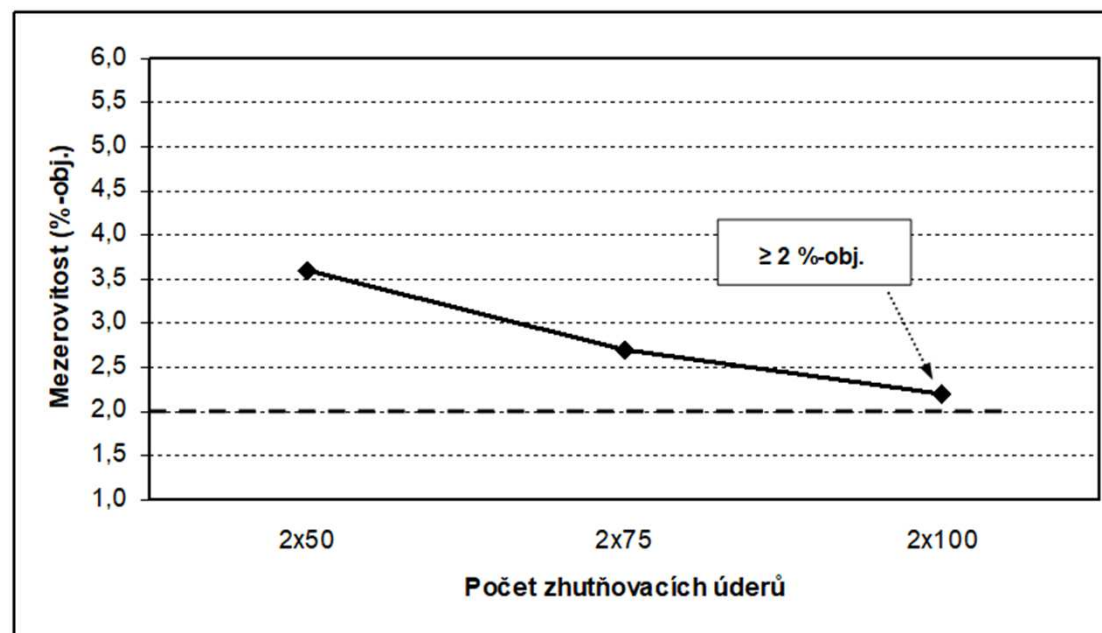
Výsledky se vyhodnocují podle tabulky 7 a tabulky C.2.

Kontrolní zkoušky hotové vrstvy se provádí v rozsahu a četnostech podle tabulky A.2.

Stanovení určující teploty pro výrobu Marshallových zkušebních těles (VT_{TA})



Závislost mezerovitosti na hutnění při teplotě hutnění VT_{TA} pro směs v podkladní vrstvě



Tabulka A1 – Kontrolní zkoušky asfaltové směsi odebrané na stavbě

Druh zkoušky	Minimální četnost zkoušek (zkouška/t)		
	Obrusná vrstva	Ložní vrstva	Podkladní vrstva
Teplota směsi na obalovně	každá šarže (záznam)		
Teplota směsi u finišeru	1krát za hod.		
Zrnitost ^a	1 000	2 000	2 000
Obsah pojiva ^a			
Mezerovitost ^a	15 000	15 000	–
Odolnost proti vzniku trvalých deformací ^{b e}			
Odolnost proti účinkům vody ^{c e}	15 000	15 000	–
Modul tuhosti ^{d e}	–	15 000	–

^a Četnost zkoušek platí pro pozemní komunikace s nejvyšší dovolenou rychlostí > 90 km/h a pro vozovky s TDZ S až III, ale vždy min. 1krát na předávanou stavbu (objekt, úsek). Četnost zkoušek pro vozovky TDZ IV až CH a další dopravní plochy je dána dohodou objednatele se zhotovitelem. Pro dokladování k přejímacímu řízení staveb lze použít výsledky zkoušek směsí (obsah pojiva, zrnitost, mezerovitost), které nejsou starší více jak 21 dnů vztaženo ke dni pokládky příslušné vrstvy.
Pro směsi typu SAL se četnost zvyšuje na 250 t a to pro zrnitost, obsah pojiva i mezerovitost.

^b Platí pro směsi typu VMT, VMT CR, SMA L, BBTM 8NH, SMA 8NH, ACO CR, ACL CR, SMA CR, SAL, SAL CR.

^c Platí pro směsi typu VMT, VMT CR, SMA L, BBTM 8NH, SMA 8NH, ACO CR, ACL CR, SMA CR, BBTM CR, AKO CR, PA CR.

^d Platí pro směsi typu VMT, VMT CR, SMA L.

^e Pro zkoušku je proveden odběr směsi na obalovně tak, aby výsledky zkoušek sloužily k dokladování při přejímacím řízení pro různé stavby za období výroby nepřesahující 15 000 t směsi. Pro zkoušku platí podmínky uvedené ve čtvrtém odstavci článku C.4 ČSN 73 6121:2019.

Směsi VMT