

Metodika popisující laboratorní stárnutí asfaltových směsí

Metodika vznikla v rámci řešení projektu TAČR TA03030381
Nové zkušební metody asfaltových pojiv a směsí umožňující
prodloužení životnosti asfaltových vozovek

Autoři: Ing. Ondřej Dašek, Ph.D.
Ing. Petr Hýzl, Ph.D.
Ing. Pavel Coufalík
doc. Dr. Ing. Michal Varaus
Ing. Dušan Stehlík, Ph.D.
Ing. Petr Špaček
Ing. Zdeněk Hegr
RNDr. Svatopluk Stoklásek
Ing. David Matoušek
Ing. Petr Svoboda

V Brně, srpen 2015

OBSAH

1. Cíl metodiky
2. Vlastní popis metodiky
 - 2.1. Zdůvodnění potřeby metodiky
 - 2.2. Používané metody simulace stárnutí asfaltových směsí v laboratoři
 - 2.3. Popis navržené metody simulovaného stárnutí pro posouzení asfaltových směsí
 - 2.4. Hodnocení změny vlastností asfaltové směsi způsobené stárnutím metodou BSA
3. Srovnání „novosti postupů“
4. Popis uplatnění certifikované metodiky
5. Ekonomické aspekty
6. Seznam použité související literatury
7. Seznam publikací, které předcházely metodice
8. Dedikace na projekt
9. Vypracovali
10. Jména oponentů a názvy jejich organizací

1. Cíl metodiky

V České republice prozatím neexistuje metodika pro simulaci termooxidačního stárnutí asfaltových směsí v laboratoři. Výhodou simulovaného laboratorního stárnutí asfaltové směsi (tzn. stárnutí asfaltového pojiva zabudovaného do asfaltové směsi) je možnost posoudit vliv druhu, kvality a obsahu pojiva v asfaltové směsi, tloušťky filmu pojiva na povrchu kameniva a eventuálně i použitých přísad na změnu vlastností asfaltového pojiva v asfaltové směsi. Takto jsou zohledněny pro dané asfaltové pojivo konkrétní podmínky použití, které se mohou od doposud používaných standardních testů akcelerovaného simulovaného stárnutí pouhého pojiva odlišovat.

Pro laboratorní modelování stárnutí asfaltové směsi je v rámci této metodiky využit postup pocházející z Technické university v Braunschweigu (Braunschweigska metoda stárnutí, označovaná jako BSA). Při této metodě se rozprostře vrstva asfaltové směsi na ploché síto a vloží se na dobu 96 hodin do laboratorní sušárny s nuceným prouděním vzduchu s teplotou 80 °C. Míra zestárnutí asfaltové směsi se pak hodnotí změnou vlastností asfaltové směsi popř. změnou vlastností pojiva znovuzískaného z asfaltové směsi.

Cílem metodiky je navrhnout zkušební postup, který by umožňoval laboratorně simulovat změnu vlastností asfaltového pojiva zapříčiněnou termooxidačním stárnutím, přičemž toto pojivo je již zabudováno v asfaltové směsi.

2. Vlastní popis metodiky

2.1. Zdůvodnění potřeby metodiky

Vysoká mezerovitost, nekvalitní asfaltové pojivo nebo jeho nedostatečné množství v konkrétní asfaltové směsi (potažmo nedostatečná tloušťka asfaltového filmu), mohou vést k nadměrnému stárnutí a ztrátě elasticity pojiva (křehnutí). Ve svém důsledku mohou tyto parametry způsobovat předčasné poruchy asfaltové vrstvy vozovky. Čím je vyšší mezerovitost asfaltové směsi, tím snáze může do vrstvy pronikat vzdušný kyslík, což je jednou z příčin vyšší termooxidační zátěže (stárnutí) asfaltového pojiva. Rovněž v případě, že asfaltový film je na povrchu kameniva příliš tenký, může dojít k nadměrnému stárnutí této tenké vrstvy pojiva. Vzdůstá-li tloušťka asfaltového filmu, vzdůstá i exponenciálně difúzní odpor této vrstvy a pojivo nacházející se níže pod povrchem je méně ovlivněno stárnutím (degradací) a zachovává si původní vlastnosti. Stejný efekt vykazuje i snížení mezerovitosti asfaltové směsi. Na stárnutí asfaltového pojiva může mít vliv i druh a kvalita použitého kameniva. Termooxidační stárnutí je převládající typ procesu, který probíhá během životnosti asfaltového pojiva ve vozovce, zvláště pokud je pojivo vystaveno vyšším teplotám. Nutno si ale uvědomit, že mohou

existovat i jiné mechanismy, které vedou ke změně vlastností pojiva v čase (například migrace nízkomolekulárních látek obsažených ve výchozím asfaltovém pojivu atd.).

Nežádoucí změny vlastností pojiva nebo asfaltové směsi, které snižují užité vlastnosti materiálu, se souhrnně označují jako jeho degradace. Aby bylo možné hodnotit vliv těchto parametrů na rychlost a rozsah degradace asfaltového pojiva v reálné asfaltové směsi, je nutné v laboratoři modelovat stárnutí asfaltového pojiva zabudovaného přímo v asfaltové směsi (ne pouze na asfaltovém pojivu). V dalším textu bude označováno termooxidační stárnutí asfaltového pojiva obsaženého v asfaltové směsi jako „stárnutí asfaltové směsi“.

Soustava českých technických předpisů doposud nezahrnuje žádný postup, který by popisoval modelování stárnutí asfaltové směsi v laboratorních podmínkách. Je tedy snahou najít jednoduchou a finančně nenáročnou laboratorní zkušební metodu, která by umožňovala hodnotit stárnutí asfaltového pojiva v asfaltové směsi a pomocí které by bylo možné porovnat náchylnost ke stárnutí pro jednotlivá asfaltová pojiva obsažená v konkrétních asfaltových směsích.

Pro posouzení odolnosti asfaltových směsí vůči stárnutí je třeba brát v úvahu dvě skutečnosti, které ovlivňují celý proces posouzení vlivu stárnutí na kvalitu hutněných asfaltových vrstev:

A) Jednak je to samotné provedení a expozice asfaltové směsi vůči externím vlivům navozující termooxidační (popřípadě i jiné druhy nebo mechanismy) stárnutí. V tomto případě se jedná především o zvolenou teplotu a formu uchování asfaltové směsi v průběhu laboratorního modelování stárnutí (volně ložená směs versus hutněná asfaltová směs).

B) Jednak samotné vyhodnocení změn posuzované změnou reologických veličin buď samotného pojiva (znovuzískaného pojiva) nebo reologických vlastností samotné hutněné asfaltové směsi. V prvním případě se vyhodnocuje především vliv tloušťky asfaltového filmu, popřípadě možný katalytický vliv použitého kameniva. V druhém případě se jedná o komplexní posouzení vlastností asfaltové směsi (doporučeno především pro oblasti nízkých teplot).

Oba přístupy je možno kombinovat pro získání plastičtějšího obrazu probíhajících změn a jejich vzájemných souvislostí.

Metodika může rovněž sloužit jako nástroj pro porovnání různých asfaltových směsí ve fázi návrhu a optimalizace asfaltové směsi, pro analyzování vlivu přidání modifikačních přísad nebo pro porovnání různých postupů výroby asfaltových směsí z hlediska jejich vlivu na termooxidační stárnutí. Dostupné metody jsou popsány v následující kapitole.

2.2. Používané metody simulace stárnutí asfaltových směsí v laboratoři

Existují různé postupy hodnotící stárnutí asfaltových materiálů, které zahrnují změnu vlastností asfaltových pojiv přímo v asfaltových směsích. V těchto zkouškách jsou zahrnuty vlivy tloušťky asfaltového filmu, typu směsi, mezerovitosti a kvality použitých materiálů. Následné laboratorní zkoušky jsou prováděny přímo na zestárlých směsích nebo na znovuzískaném zestárlém pojivu. Zároveň je ve Spolkové republice Německo běžná kontrola zestárnutí pojiva po procesu výroby a pokládky, která se prokazuje vlastnostmi znovuzískaného pojiva z asfaltové směsi v rámci předávacích procedur.

V následujícím textu jsou popsány nejčastěji používané postupy modelování stárnutí asfaltových směsí v laboratoři. Žádný z těchto postupů není doposud uveden v českých technických předpisech ani ve schválených harmonizovaných evropských normách.

a) Braunschweigska metoda stárnutí – Braunschweiger Alterung (BSA)

Při této metodě je nezhotněná asfaltová směs vystavena teplotě 80 °C po dobu 96 hodin. Nezhotněná asfaltová směs je umístěna v temperované zkušební komoře s nucenou cirkulací vzduchu. Následně jsou prováděny vybrané laboratorní zkoušky přímo na zkušebních vzorcích připravených z takto laboratorně zestárlé asfaltové směsi a výsledky jsou porovnávány s vlastnostmi nativní nezestárlé asfaltové směsi. Metoda simuluje termooxidační stárnutí asfaltové směsi (vrstvy) jako v reálné vozovce. Postup byl optimalizován (teplota) na podmínky, při kterých jsou omezeny štěpné reakce a destilační stárnutí, které vznikají při vyšších teplotách. Termooxidační zátěž leží mezi metodou RTFOT a PAV.

b) Metody programu SHRP

V rámci amerického výzkumného programu SHRP byly vyvinuty metodiky pro sledování stárnutí asfaltových pojiv přímo v asfaltových směsích, které jsou popsány ve zprávě SHRP-A-383. Postup SHRP#1025 simuluje krátkodobé stárnutí. Nezhotněná asfaltová směs je podrobena termooxidačnímu stárnutí v laboratorní sušárně s nuceným prouděním vzduchu po dobu 4 hodin při teplotě 135 °C.

Dlouhodobé stárnutí popisuje postup SHRP#1030. Pro směsi s nízkou mezerovitostí a plynulou čarou zrnitosti nebo pro směsi s vysoce viskózním pojivem se doporučuje jako dlouhodobé stárnutí použít uložení zhotněné asfaltové směsi (zkušební tělesa) do sušárny s teplotou 85 °C na pět dní a pro asfaltové směsi s vysokou mezerovitostí nebo asfaltové směsi s měkkým pojivem se doporučuje nízkotlaká oxidace zhotněných zkušebních těles v triaxiální komoře při teplotě 85 °C po dobu pěti dní. Následně je pojivo znovuzískáno a podrobeno funkčním zkouškám.

c) Metody technické komise RILEM

V rámci technické komise RILEM byl vyvinut postup stárnutí vrstvy asfaltové směsi, který má za úkol simulovat dvě fáze stárnutí (krátkodobé a dlouhodobé). Při krátkodobém stárnutí je nezhutněná vrstva asfaltové směsi umístěna na čtyři hodiny do laboratorní sušárny s nuceným prouděním vzduchu při teplotě 135 °C. Každou hodinu se asfaltová směs míchá po dobu jedné minuty. Při simulaci dlouhodobého stárnutí se nezhutněná vrstva krátkodobě zestárnuté asfaltové směsi umístí na devět dní do sušárny s nuceným prouděním vzduchu s teplotou 85 °C. Doporučuje se odebírat vzorky asfaltové směsi a směs zamíchat po 2, 5, 7 a 9 dnech stárnutí. Tento postup je prozatím ve fázi vývoje.

d) Návrh evropské normy prEN 12697-52

V současné době se tvoří první verze evropské normy s označením prEN 12697-52, která by měla popisovat metody simulace stárnutí asfaltové směsi v laboratoři. Norma je ovšem prozatím ve stadiu veřejného připomínkování (Enquiry).

Norma popisuje dvě sady postupů urychleného termooxidačního stárnutí asfaltových směsí. První dva postupy (modelování krátkodobého stárnutí a modelování dlouhodobého stárnutí) mohou být aplikovány na nezhutněnou asfaltovou směs a zbývající dva postupy se použijí pro zestárnutí zhutněných laboratorních těles. Zkušební tělesa mohou být vyrobena v laboratoři nebo odebrána z hotové vrstvy.

Při stárnutí nezhutněné směsi se asfaltová směs rozprostře na plochou desku v tloušťce cca 25 mm a udržuje se při zvýšené teplotě v laboratorní sušárně s nuceným proudem vzduchu po danou dobu (nejčastěji 4 hodiny při teplotě 135 °C v souladu s předpisem SHRP-A-383 pro krátkodobé stárnutí nebo 336 hodin při teplotě 60 °C podle předpisu BRRC nebo 216 hodin při teplotě 85 °C podle předpisu RILEM nebo 96 hodin při teplotě 80 °C – Braunschweigska metoda pro dlouhodobé stárnutí). Kromě toho může být aplikován zvýšený tlak pro urychlení stárnutí – nejčastěji v přístroji PAV (20 hodin při teplotě 90 °C a tlaku 2,1 MPa).

V případě stárnutí zhutněných těles jsou popsány dva postupy stárnutí. První metoda popisuje uložení zkušebních těles s mezerovitostí nad 8 % na ploché desce do laboratorní sušárny se zvýšenou teplotou s nuceným proudem vzduchu po danou dobu (nejčastěji 120 hodin při teplotě 85 °C). Druhý postup stárnutí předepisuje uložení zhutněných zkušebních těles do triaxiální komory, přičemž skrz těleso nuceně proudí okysličovadlo (ozonem obohacený stlačený vzduch) po danou dobu při dané teplotě (nejčastěji 72 hodin až 168 hodin).

Zestárnutá asfaltová směs nebo zestárnutá zkušební tělesa jsou pak použita pro další laboratorní zkoušky, které umožní popsat vliv termooxidačního stárnutí na vlastnosti asfaltových směsí. Alternativou může být znovuzískání pojiva ze zestárnutých směsí a zhodnocení stárnutí asfaltové směsi na změnu vlastností asfaltového pojiva.

2.3. Popis navržené metody simulovaného stárnutí pro posouzení asfaltových směsí

Z hlediska aplikační snadnosti a dostupných zkušeností se v současnosti jeví použití metody BSA jako nejoptimálnější řešení pro modelování stárnutí asfaltových směsí. Metoda BSA byla vyvinuta a optimalizována na Technické univerzitě Braunschweig (Německo). Nevyžaduje náročné instrumentální vybavení a je snadno použitelná v podmínkách České republiky. Postup je možné aplikovat na laboratorně připravenou asfaltovou směs nebo na asfaltovou směs vyrobenou na obalovně.

Při této metodě se na vrstvu nezhuťné asfaltové směsi působí zvýšenou teplotou po stanovenou dobu. Stupeň zestárnutí asfaltového pojiva obsaženého v asfaltové směsi se poté hodnotí změnou vlastností zestárnuté asfaltové směsi po jejím přeformování na zkušební tělesa (např. změna tuhosti) oproti vlastnostem směsi před procesem simulace stárnutí. Další možností hodnocení stárnutí asfaltové směsi je znovuzískání asfaltového pojiva z asfaltové směsi před a po procesu simulace stárnutí, přičemž na těchto pojivech se určí vybrané laboratorní vlastnosti (např. penetrace, bod měknutí, komplexní smykové moduly a fázové úhly, dynamická viskozita atd.). Z rozdílů výsledků těchto zkoušek se hodnotí míra zestárnutí pojiva v asfaltové směsi.

Popis postupu:

Před vlastní zkouškou se nejprve na obalovně asfaltových směsí odebere vzorek asfaltové směsi v souladu s ČSN EN 12697-27 nebo se připraví v laboratoři podle ČSN EN 12697-35. V případě odebraného vzorku asfaltové směsi se vzorek zahřeje v laboratorní sušárně a rozprostře se v tloušťce vrstvy 25 mm (± 5 mm) na síto. Vzorek asfaltové směsi připravený v laboratoři se ihned po vyrobení rozprostře na síto v tloušťce vrstvy přibližně 25 mm (± 5 mm) tak, aby nebylo nutné směs znovu ohřívat. Část asfaltové směsi se uchová pro určení jejích počátečních vlastností před stárnutím.

Laboratorní sušárna s nuceným prouděním vzduchu se přehřeje na teplotu 80 °C (± 1 °C) po dobu 60 minut. Síta s asfaltovou směsí se vloží do vyhřáté laboratorní sušárny. Stárnutí trvá 96 hodin (± 1 hodina). Poté se síta se zestárnutou asfaltovou směsí vyjmou z laboratorní sušárny, asfaltová směs se odebere ze sít a uloží pro další zkoušky.

2.4. Hodnocení změny vlastností asfaltové směsi způsobené stárnutím metodou BSA

Doposud nebyly stanoveny požadované parametry, které by měly zajišťovat vyhovující vlastnosti asfaltové směsi resp. vlastnosti znovuzískaného pojiva ze zestárnuté směsi po procesu stárnutí BSA. Je to zřejmě z toho důvodu, že na výsledky zkoušek má kromě vlastností použitého pojiva značný vliv druh asfaltové směsi, její složení, kvalita

použitých materiálů a eventuálně použití přísad. Postup je tedy vhodný zejména pro relativní porovnání různých asfaltových směsí při jejich laboratorním návrhu nebo kontrole vlastností, pro analyzování vlivu přidání modifikačních přísad nebo pro porovnání různých postupů výroby asfaltových směsí z hlediska jejich vlivu na termooxidační stárnutí.

Popis hodnocení změn vlastností asfaltové směsi způsobených stárnutím:

Vlastnosti asfaltové směsi po laboratorní simulaci stárnutí se stanovují příslušnými zkušebními metodami, aniž by se vzorek znovu ohříval více než jednou. Na zestárnuté asfaltové směsi je možné určit tuhost podle ČSN EN 12697-26 nebo je možné vakuovou destilací v rotačním vakuovém destilačním zařízení zpětně získat asfaltová pojiva postupem podle ČSN EN 12697-3 pro další zkoušky pojiv obsažených v asfaltové směsi (penetrace podle ČSN EN 1426, bod měknutí podle ČSN EN 1427, bod lámavosti podle ČSN EN 12693 a komplexní smykové moduly a fázové úhly podle ČSN EN 14770).

Vliv stárnutí metodou BSA na změnu vlastností asfaltových směsí se pak hodnotí změnou hodnot uvedených laboratorních zkoušek před stárnutím a po stárnutí metodou BSA.

Vzhledem k velkému množství parametrů, které je nutné při hodnocení stárnutí asfaltové směsi uvažovat (např. použité materiály, typ směsi, tloušťka asfaltového filmu), slouží metodika jako nástroj pro relativní porovnání různých asfaltových směsí ve fázi návrhu a optimalizace asfaltové směsi, pro analyzování vlivu přidání modifikačních přísad nebo pro porovnání různých postupů výroby asfaltových směsí z hlediska jejich vlivu na termooxidační stárnutí.

3. Srovnání „novosti postupů“

V ČR je v platnosti několik postupů popisujících simulaci stárnutí asfaltového pojiva, ovšem neexistuje v současné době platný technický předpis, který by popisoval simulaci stárnutí asfaltové směsi v laboratoři. Metodika popisující proces stárnutí asfaltové směsi v laboratorních podmínkách nově umožní popsat vliv složení asfaltové směsi, dávkování asfaltového pojiva a vliv druhu a kvality použitých materiálů na změny vlastností asfaltové směsi způsobené stárnutím.

Nyní se na evropské úrovni začíná pracovat na první verzi harmonizované evropské normy s označením prEN 12697-52, která by měla popisovat metody simulace stárnutí asfaltové směsi v laboratoři. Norma je ovšem prozatím ve stadiu veřejného připomínkování (Enquiry).

Tato metodika byla inspirována postupem stárnutí asfaltové směsi, který vznikl na Technické univerzitě Braunschweig (Německo) s označením BSA.

4. Popis uplatnění certifikované metodiky

V současné době převažují na asfaltových vozovkách ve zvýšené míře spíše poruchy typu trhliny. Tento typ poruchy je reprezentován především trhlinami, jež vznikají jako důsledek odbourávání (relaxací) indukovaného napětí a při kterém jsou za daných podmínek překročeny pevnostní charakteristiky asfaltového materiálu. Tyto poruchy se často vyskytují dokonce i v prvních letech po zhotovení asfaltových vrstev. Jedním z možných důvodů vzniku těchto poruch je zrychlené stárnutí asfaltového pojiva obsaženého v asfaltové směsi, přičemž vlastnosti této směsi mohou značně ovlivnit rychlost stárnutí asfaltového pojiva. Proto je nutné hodnotit stárnutí asfaltového pojiva přímo zabudovaného do asfaltové směsi laboratorními zkouškami. Projevuje se tak hlavně vliv tloušťky asfaltového filmu, která hraje zásadní roli v dynamice a rozsahu stárnutí asfaltového pojiva, popřípadě vliv kameniva.

Tato metodika popisující postup simulace termooxidačního stárnutí asfaltové směsi v laboratoři bude uplatněna v silničních laboratořích při porovnání různých asfaltových směsí ve fázi návrhu a optimalizace asfaltové směsi, pro analyzování vlivu přidání modifikačních přísad nebo pro porovnání různých postupů výroby asfaltových směsí z hlediska jejich vlivu na termooxidační stárnutí. Certifikovanou metodiku může uplatnit zejména Ministerstvo dopravy ČR a Ředitelství silnic a dálnic ČR (popř. jiný investor), čímž získají nástroj pro hodnocení náchylnosti asfaltových směsí ke stárnutí.

5. Ekonomické aspekty

Hlavní ekonomický přínos této metodiky spočívá v rozpoznání náchylnosti asfaltových směsí ke zrychlenému termooxidačnímu stárnutí, což je v současné době jeden z klíčových prvků při vzniku poruch asfaltových vozovek. Silniční laboratoře budou schopny rozlišit asfaltové směsi odolné vůči stárnutí od asfaltových směsí náchylných k rychlému termooxidačnímu stárnutí. Bude tedy možné identifikovat a využívat pouze směsi, které prokáží vysokou odolnost vůči stárnutí. Je předpoklad, že následně dojde k prodloužení životnosti asfaltových vrstev a k celospolečenským úsporám plynoucím z nižších nároků na opravy, popřípadě z prodloužení cyklu oprav.

Ekonomickou výhodou tohoto postupu pro silniční laboratoře lze spatřovat rovněž v tom, že pro zkoušku stárnutí asfaltové směsi BSA není nutné pořizovat další nákladné zařízení. Využije se totiž stávající laboratorní zařízení – sušárna s nuceným prouděním vzduchu, kterou jsou všechny silniční laboratoře vybaveny.

6. Seznam použité související literatury

Büchler S., Mollenhauer K., Renken P. Schlussbericht zum Forschungsprojekt FE 07.208/2004/BGB Einfluss von modifizierten Bitumen auf die Kälte- und Ermüdungseigenschaften von Asphalt und deren Veränderung während der Nutzungsdauer.

Büchler S., Wistuba M.P.: Das Braunschweiger Verfahren zur Alterung von Asphaltmischgut und deren Einfluss auf die Kälte- und Ermüdungseigenschaften, Straße und Autobahn 1, 2010, Seite 6.

Büchler S., Renken P., Mollenhauer K.: Relation between rheological bitumen characteristic and resistance of asphalt against fatigue and cold temperatures. Paper No.402-077. Euroasphalt and Eurobitume Congress. Copenhagen. 2008.

prEN 12697-52: Bituminous mixtures — Test methods — Part 52: Conditioning to address oxidative ageing. CEN/TC 227.

Piérard N., Vanelstraete A.: Developing a test method for the accelerated ageing of bituminous mixtures in the laboratory. 7th International RILEM Symposium on Advanced Testing and Characterization of Bituminous Materials (ATCBM09), Rhodes (Grèce). 2009.

De la Roche C., Van de Ven M., Van den Bergh W., Gabet T., Dubois V., Grenfell J., Porot L.: Development of a laboratory bituminous mixtures ageing protocol. 7th International RILEM Symposium on Advanced Testing and Characterization of Bituminous Materials (ATCBM09), Rhodes (Grèce). 2009.

Bell C.A., AbWahab Y., Cristi M.E., Sosnovske D.: Selection of Laboratory Aging Procedures for Asphalt-Aggregate Mixtures. SHRP-A-383. Strategic Highway Research Program, National Research Council, Washington, DC, 1994.

SHRP program: „Standard Practice for Short Term Aging of Asphalt Concrete Mixtures, ” SHRP #1025, 1992.

SHRP program: „Standard Practice for Long Term Aging of Asphalt Concrete Mixtures, ” SHRP #1030, 1992.

7. Seznam publikací, které předcházely metodice

Stoklásek S. a kol.: Stárnutí asfaltových pojiv jako důležitý aspekt životnosti asfaltových vozovek. Posouzení vlivu stárnutí na kvalitu asfaltových pojiv pomocí přístroje DSR. Příloha B 4.2 výzkumné zprávy projektu TA03030381. 2014.

Dašek O.: Nové zkušební metody asfaltových pojiv a směsí umožňující prodloužení životnosti asfaltových vozovek. Prezentace na Týmu 6 pro asfaltové technologie za horka. 2015.

Dašek O., Coufalík P., Hýzl P., Špaček P., Hegr Z., Matoušek D.: Změny vlastností silničních asfaltů způsobené stárnutím. Příspěvek na konferenci Asfaltové vozovky 2015, České Budějovice, 2015.

8. Dedikace na projekt

Metodika byla zpracována v rámci řešení projektu TAČR TA03030381 Nové zkušební metody asfaltových pojiv a směsí umožňující prodloužení životnosti asfaltových vozovek.

9. Vypracování metodiky

Ing. Ondřej Dašek, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební

Ing. Petr Hýzl, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební

Ing. Pavel Coufalík, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební

doc. Dr. Ing. Michal Varaus, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební

Ing. Dušan Stehlík, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební

Ing. Petr Špaček, Skanska a.s.

Ing. Zdeněk Hegr, Skanska a.s.

RNDr. Svatopluk Stoklásek, nezávislý konzultant

Ing. David Matoušek, Pragoprojekt a.s.

Ing. Petr Svoboda, Pragoprojekt a.s.

10. Jména oponentů a názvy jejich organizací

Ing. Lubomír Kvarda, Ředitelství silnic a dálnic ČR

Ing. Milan Slaviček, SILMOS-Q s.r.o.