

# **Metodika pro hodnocení silničních asfaltů z hlediska náchylnosti k termooxidačnímu stárnutí**

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, září 2015

## **OBSAH**

1. Cíl metodiky
2. Vlastní popis metodiky
  - 2.1. Zdůvodnění potřeby metodiky
  - 2.2. Stárnutí asfaltových pojiv
  - 2.3. Náchylnost ke stárnutí v současnosti vyráběných asfaltových pojiv
  - 2.4. Metody laboratorního stárnutí asfaltových pojiv popsané v platných předpisech
  - 2.5. Podstata metodiky – metoda laboratorního stárnutí asfaltového pojiva metodou RTFOT s trojnásobnou dobou trvání (3xRTFOT)
  - 2.6. Hodnocení náchylnosti silničních asfaltů k termooxidačnímu stárnutí pomocí metody 3xRTFOT - měřené veličiny
  - 2.7. Hodnocení náchylnosti silničních asfaltů k termooxidačnímu stárnutí pomocí metody 3xRTFOT – požadavky na změnu měřených veličin pro silniční asfalt 50/70 a 70/100
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. Vypracování metodiky
10. Jména oponentů a názvy jejich organizací

## 1. Cíl metodiky

Všechna v ČR vyráběná asfaltová pojiva v současné době splňují parametry požadované platnými technickými předpisy a normami. Dlouhodobým sledováním kvality asfaltových hutněných vrstev se však ukázalo, že některá pojiva v konstrukci vozovky nemusejí splňovat požadavky na dostatečnou trvanlivost. Změna vlastností asfaltového pojiva pak může následně negativně ovlivnit užité vlastnosti hutněné asfaltové vrstvy. Tento degradační proces se projevuje především ve vzniku trhlin a výtlučků, což vede dále k celkové desintegraci konstrukce vozovky. Cílem metodiky je zavést jednoduchý zkušební postup simulovaného stárnutí a současně nastavit požadavky na limitní hodnoty signálních veličin. Zvolené parametry jsou snadno stanovitelné laboratorními zkouškami a zároveň překročení zvolených hraničních hodnot indikuje problematické chování asfaltového pojiva. Potenciální možnost s předstihem rozpoznat asfaltová pojiva náchylná ke zrychlenému termooxidačnímu stárnutí představuje zásadní přínos pro zajištění kvality asfaltových vrstev používající jako pojivo nemodifikované silniční asfalty.

## 2. Vlastní popis metodiky

### 2.1. Zdůvodnění potřeby metodiky

Neutěšený stav některých pozemních komunikací, a zejména extrémní případy, kdy se prvotní poruchy asfaltového krytu objevují již v záruční době, vyvolává otázku efektivnosti investic do oprav silniční sítě.

Pokud je určitý materiál použit v nějakém výrobku, předpokládá se, že splňuje předepsané vlastnosti a že tyto vlastnosti zůstávají v čase víceméně neměnné. V případě asfaltových pojiv ale tento předpoklad úplně neplatí. Asfalty jako organické látky podléhají během technologických výrobních procesů hutněné asfaltové vrstvy celé řadě komplexních změn, které mohou vést ke změně funkčních vlastností jak asfaltového pojiva, tak zprostředkovaně i hutněné asfaltové vrstvy. Je to důsledek jednak skutečnosti, že výrobní procesy probíhají za zvýšené teploty a jednak obecnému vlivu oxidační zemské atmosféry s reaktivními molekulami kyslíku. Tyto komplexní pochody se souhrnně označují jako stárnutí materiálu.

V případě asfaltových pojiv se fyzikálně-chemické změny v důsledku podmínek při skladování, výrobě, transportu, pokládce asfaltových směsí a během jejich předpokládané životnosti považují za degradační – tedy takové, které zhoršují vlastnosti konstrukčních materiálů.

Teoretické předpoklady trvanlivosti materiálů však často nejen neodpovídají reálným zkušenostem uživatelů pozemních komunikací, ale stav některých povrchů vozovky silniční sítě neodpovídá ani vynaloženým prostředkům na jejich výstavbu, či opravu.

Někdy se poruchy projevují krátce (v řádech jednotek let) po uvedení vozovky do provozu. Je nutné si uvědomit, že prodloužení životnosti řádově o rok může přinést značné národohospodářské úspory. Proto je nutné používat stavební materiály, které dosahují dostatečné trvanlivosti. V případě asfaltových pojiv se jedná zejména o kvalitní oxidační stabilitu (někdy označovanou jako termooxidační stabilitu), tzn. odolnost vůči oxidativnímu stárnutí. Aby mohla být predikována odolnost asfaltových pojiv vůči stárnutí, je nutné tuto materiálovou vlastnost umět zkoušet. Proto je snahou najít jednoduchý laboratorní zkušební postup, který by lépe vystihoval náchylnost asfaltových pojiv ke stárnutí a dále který by od sebe výstižně odlišil pojiva, která vykazují zvýšenou náchylnost ke stárnutí od pojiv s kvalitní termooxidační stabilitou. Právě dostatečné rozlišení jednotlivých asfaltových pojiv pro danou veličinu je problémem některých postupů laboratorní simulace stárnutí, neboť výsledky pro dvě odlišně se chovající asfaltová pojiva jsou velmi podobné. Tento jev je označován jako nivelizační efekt. Metody uvedené ve stávajících platných předpisech jsou popsány v kapitole 2.4.

## 2.2. Stárnutí asfaltových pojiv

Asfalt je materiál organického původu, který se skládá z rozmanitých uhlovodíkových sloučenin, jež za určitých podmínek mohou podléhat degradačním procesům vlivem působení tepla, vzdušného kyslíku a ultrafialového elektromagnetického záření, či jejich kombinací.

Termooxidační degradace asfaltového pojiva je – stručně řečeno – soubor chemických pochodů, které jsou vyvolány vlivem tepla a vzdušného kyslíku. Většinou vedou k zabudování atomů kyslíku do chemických struktur asfaltového materiálu – organických uhlovodíkových molekul a jejich přeměně na sloučeniny, ovlivňující následně fyzikální vlastnosti asfaltových pojiv, jako je pružnost, moduly tuhosti, nízkoteplotní křehkost atd. Souhrnně lze označit tyto negativní degradační změny jako termooxidační stárnutí (degradace) pojiva. Oxidace může probíhat i za nižších teplot s mírně odlišnou kinetikou a rychlostí. Pokud procesy probíhají za zvýšené teploty, než jsou standardní klimatické podmínky, označujeme tuto oxidaci jako termooxidaci, protože je významně iniciována termickými vlivy. Typickým jevem spojeným s oxidací organických molekul za zvýšených teplot je tvorba nízkomolekulárních produktů, které z materiálu následně vytěkávají (destilační pochody).

Kinetika a průběh těchto termooxidačních reakcí má většinou povahu radikálových řetězových reakcí a je řízena především teplotou a přístupem kyslíku k pojivu (kontaktní plocha vystavená atmosférickému kyslíku). Právě přítomnost kyslíku v oxidačních reakcích umožňuje jejich lavinovitý exponenciální průběh.

Důsledkem vlivu zabudování kyslíkových atomů do molekuly je i labilizace okolních uhlíkových atomů. Na jedné straně se snáze molekuly v těchto místech štěpí (popřípadě

tvoří radikály) a uvolňují nízkomolekulární látky (úbytek hmotnosti v testu RTFOT u většiny asfaltů používaných ve střední Evropě), přičemž zplodiny oxidace prohlubují degradaci. Na druhé straně jsou uhlíkové atomy v okolí elektronegativních atomů (takovým prvkem je právě kyslík) náchylnější k nukleofilnímu a radikálovému ataku. Tento mechanismus rovněž vede ke zvětšování molekulové hmotnosti.

Rozsah termooxidačního stárnutí je závislý na složení a chemické povaze asfaltu. Je známo, že různé asfalty vykazují různou náchylnost k oxidaci, která se odráží nejen v rozsahu, ale i v teplotně časové závislosti degradačních chemických změn. To bylo prokázáno porovnáním asfaltů z různých ropných zdrojů například pomocí indexu stárnutí asfaltů, který je nejčastěji vyjadřován poměrem viskozity před stárnutím a po stárnutí.

Termooxidační stárnutí pojiva není spojeno pouze s technologickými procesy, ve kterých je asfaltová směs po určitou dobu udržována při významně zvýšené teplotě, ale pokračuje po celou dobu životnosti asfaltových vrstev vozovky. Zde již vstupují do hry i další faktory jako jsou difúzní odpor asfaltového filmu (stoupá s jeho tloušťkou), permeabilita asfaltové vrstvy pro molekuly vzdušného kyslíku (úměrné mezerovitosti položené asfaltové vrstvy a její tloušťce), vliv ultrafialového slunečního záření atd.

Dalšími (méně důležitými) formami stárnutí jsou destilační procesy (odpařování), migrační procesy (strukturální stárnutí) a fyzikální stárnutí. Destilační procesy probíhají nejvíce při zpracování silničních asfaltů za horka a často se objevují u některých typů asfaltů, u kterých za vyšších teplot dochází ve zvýšené míře k štěpení uhlovodíkových molekul za vzniku nízkomolekulárních sloučenin nebo obsahují lehké olejovité podíly. Pokud je zvýšená teplota aplikována déle, dochází k jejich vydestilování. Stárnutí odpařováním závisí na teplotě a okolních podmínkách. Odpar lehkých frakcí se zvyšuje s rostoucí teplotou, rostoucím povrchem a penetrací asfaltu.

Obdobou destilace jsou migrační procesy, probíhající ovšem za normálních teplot s podstatně menší rychlostí. Tyto jevy jsou typické pro situace, kdy jsou do asfaltového pojiva přimíchány malé podíly fluxačních olejů, nebo nejsou při výrobě používány dostatečně výkonné destilační kolony, což vede k následnému vytvrzování (křehnutí) asfaltů. Při migračním (strukturálním) stárnutí dochází k nárůstu velikosti koloidních částic, přičemž v asfaltové směsi vnikají oleje do kameniva. Při tomto procesu asfaltové pojivo ztrácí plasticitu, elasticitu a křehne. Nárůstem velikosti částic postupně vznikne hrubá disperze a vícefázový systém.

Fyzikální tvrdnutí vzniká, pokud je asfaltové pojivo vystaveno nízkým teplotám po delší časové období. Většinou jde o reverzibilní proces, který není spojen s chemickými změnami v materiálu. Jedná se spíše o zafixování konformace molekul a agregování sloučenin na bázi vodíkových vazeb (můstků). Přesto tyto fyzikální procesy ve svém

důsledku vedou k zdánlivému zvýšení tvrdosti materiálu. V laboratoři se projevuje tím, že výsledná naměřená hodnota (například komplexní smykový modul) je závislá na tepelné historii vzorku.

Nejzásadnější vliv na změnu vlastností asfaltového pojiva má stárnutí termooxidační, proto se tato metodika dále zabývá pouze tímto druhem stárnutí.

### **2.3. Náchylnost ke stárnutí v současnosti vyráběných asfaltových pojiv**

Každá rafinerie se nachází pod tlakem ekonomických ukazatelů, a proto mnohé zavedly technologie, které umožňují ještě hlubší přepracování destilačních zbytků po frakcionaci ropy. Posouvají tak bilanční produktové schéma více na stranu lehkých a středních frakcí, jako je například motorová nafta a střední topný olej (za vzniku i menšího množství LPG a benzínu). Impulzem pro zavedení těchto technologií je tedy ekonomický pohled rafinerií na výtěžnost frakcionace. Základem těchto postupů je především „visbreaker“ technologie (visbreaking), jejíž podstatou je termické (nekatalytické) štěpení velkých molekul těžkých destilačních zbytků během rychlého ohřevu v trubkových pecích s následným přeorganizováním uhlíkových štěpů. Průvodním jevem je pokles viskozity termicky konvertované výstupní suroviny, což se odráží v názvu technologie.

Právě výstupní materiál visbreakingových reziduí se často přimíchává k bitumenovým produktům, protože svojí chemickou podstatou odpovídají velmi tvrdým asfaltům. Pro stabilizaci visbreakingových reziduí v bitumenové matrici a pro zlepšení jeho odolnosti vůči stárnutí je nutné, aby směsný materiál prošel procesem polofoukání.

Příměs visbreakingových reziduí k asfaltové matrici může vést ke snížení koloidní stability, zvýšení termické lability a snížení odolnosti proti stárnutí, změně teplotní citlivosti pojiva, změně povrchového napětí a vnitřní koheze, snížení viskozity směsného pojiva, zvýšení adheze a odolnosti proti působení vody v asfaltových směsích a ke změně teploty skelného přechodu. Všechny tyto změny chování základního pojiva závisejí na množství podílu přidaného visbreakingového rezidua.

### **2.4. Metody laboratorního stárnutí asfaltových pojiv popsané v platných předpisech**

Aby bylo možné predikovat termooxidační chování asfaltů na základě kvantifikačních zkoušek, jsou do laboratorní praxe zavedeny metody akcelerovaných testů, které v laboratoři simulují stárnutí asfaltových pojiv. Mezi laboratorní metodou a skutečným degradačním procesem by měla být co nejtěsnější korelace, jež na základě urychleného, časově omezeného testu, umožňuje popsat výsledek skutečného stavu ve zvolených bodech životnosti materiálů.

Laboratorní modelování stárnutí asfaltových pojiv je možné rozdělit na zrychlenou simulaci krátkodobého stárnutí a dlouhodobého stárnutí. Krátkodobé stárnutí modeluje stárnutí pojiva při obalování kameniva na obalovně asfaltových směsí a dlouhodobé stárnutí modeluje degradaci asfaltového pojiva zabudovaného ve ztuhlé asfaltové vrstvě. Mezi nejrozšířenější postupy učené pro krátkodobé stárnutí asfaltových pojiv je možné zařadit zkoušku tepelné stálosti v tenké pohybující se vrstvě (Rolling Thin Film Oven Test – RTFOT), zkoušku tepelné stálosti tenkého filmu (Thin Film Oven Test – TFOT) a zkoušku krátkodobého stárnutí metodou RFT (Rotating Flask Test).

Pro modelování dlouhodobého stárnutí se využívá zkouška urychleného dlouhodobého stárnutí v tlakové nádobě (Pressure Ageing Vessel – PAV) nebo urychlené dlouhodobé stárnutí metodou rotujícího válce (Rotating Cylinder Ageing Test – RCAT). Jednotlivé metody budou dále stručně představeny a zkušební podmínky jsou uvedeny v tabulce 1.

Tabulka 1: Přehled metod akcelerovaného stárnutí normovaných v Evropě

Metody urychleného stárnutí	Název Metody (angl.)	Označení normy	Pracovní teplota.	Velikost vzorku	Čas expozice	Podmínky expozice	Rozměr geometrie	Nucená cirkulace	Přívod Vzduchu/ kyslíku
	-	-	[°C]	[g]	[min]	-	[mm]	-	[ml/min]
RTFOT	Rotation Thin Film Oven Test	EN 12607- 1	163	35,0 ± 0,5	75 ± 1	rotující film	140 x Ø 64	Ano (přerušovaná)	Atm. vzduch 4,5
TFOT	Thin Film Oven Test	EN 12607- 2	120 (163)	50 ± 0,5	300 (+ 15)	statický film	9,5 x Ø 140	NE	-
RFT	Rotating Flask Test	EN 12607- 3	165	100 ± 1	150 ± 1	rotující film	1000 ml std. 29/32	ANO permanentní	Atm. vzduch 500
RCAT	Rotating Cylinder Aging Test	EN 15323	163	525 + 25	235 ± 5	rotující film	300 x Ø 125	ANO permanentní	Kyslík 4,0
PAV	Pressure Aging Vessel	EN 14769	100 (90/110)	50 ± 0,5	1200	statický film	9,5 x Ø 140	Ne/Ano (nucený přetlak)	Atm. vzduch 2,1 MPa

#### a) Tepelná stálost v tenké pohybující se vrstvě (RTFOT)

Zkouška tepelné stálosti v tenké pohybující se vrstvě je popsána v normě ČSN EN 12607-1. Stárnutí asfaltového pojiva je ovlivněno vzdušným kyslíkem pouze do malých tloušťek (přibližně 50 mikrometrů), proto se při zkoušce uplatňuje tenká pohybující se vrstva pojiva. Zkouška simuluje termooxidační stárnutí, kterému je pojivo vystaveno při obalování kameniva na obalovně asfaltových směsí. Při zkoušce se pro stárnutí pojiva používá sušárna s dvojitou stěnou a elektrickým ohřevem s teplotou 163 °C. Pro umístění pojiva slouží osm válcových skleněných nádobek, do kterých se fouká ohřátý vzduch z trysky. Kombinovaný účinek tepla a vzduchu se stanoví změnou hmotnosti pojiva v nádobkách nebo změnou vlastností asfaltového pojiva, které jsou

určovány před a po stárnutí. Pro popis změny vlastností se používají zkoušky penetrace jehlou, bodu měknutí nebo dynamické viskozity. Změny vlastností pojiva po stárnutí je rovněž možné vyjádřit reologickými vlastnostmi zjištěnými v dynamickém smykovém reometru.

#### **b) Tepelná stálost tenkého filmu (TFOT)**

Zkouška tepelné stálosti tenkého filmu se provádí podle normy ČSN EN 12607-2. Asfaltové pojivo se nalije na ploché misky tak, aby vytvořilo vrstvu o tloušťce 3,2 mm a vloží se do sušárny s nuceným prouděním vzduchu na poličky, které se otáčejí rychlostí 5,5 ot./min. Běžně se zkouška provádí po dobu pěti hodin při teplotě 120 °C popř. 163 °C. Zestárnutí pojiva se určí změnou hmotnosti pojiva nebo změnou jeho vlastností vzniklou v průběhu stárnutí (např. zkouškou kinematické viskozity podle ČSN EN 12595).

#### **c) Krátkodobé stárnutí metodou rotující baňky (RFT)**

Metoda stárnutí pojiva v rotující baňce popsána v normě ČSN EN 12607-3 simuluje krátkodobé stárnutí asfaltového pojiva při obalování kameniva na obalovně. Při zkoušce se asfaltové pojivo podrobí stárnutí v baňce rotačního vakuového destilačního zařízení při teplotě nejčastěji 165 °C po dobu 150 minut. Vliv tepla a vzduchu se určí změnou hmotnosti nebo změnou charakteristik pojiva (např. penetrace, bod měknutí nebo dynamická viskozita před a po stárnutí).

#### **d) Urychlené dlouhodobé stárnutí metodou rotujícího válce (RCAT)**

Metoda popsána v normě ČSN EN 15323 simuluje dlouhodobé stárnutí asfaltového pojiva. Do horizontálně umístěného ocelového rotujícího válce s pojivem v laboratorní sušárně s teplotou 85 °C se vhání kyslík po dobu 140 hodin. Stárnutí pojiva se hodnotí změnou vlastností (např. penetrace nebo bod měknutí) před a po procesu simulovaného stárnutí. Po úpravě zkušebních podmínek lze metodu použít rovněž pro simulování krátkodobého stárnutí pojiva.

#### **e) Urychlené dlouhodobé stárnutí v tlakové nádobě (PAV)**

Zkouška urychleného dlouhodobého stárnutí podle ČSN EN 14769 simuluje stárnutí, kterému je pojivo podrobeno během své životnosti. Pojivo (zestárnuté metodou RTFOT) v nepohybující se vrstvě tloušťky přibližně 3,2 mm se umístí v miskách do tlakové nádoby přehřáté na zkušební teplotu (běžně 85 °C, 90 °C, 100 °C nebo 110 °C) s pracovním tlakem vzduchu 2,1 MPa. Běžně používaná doba stárnutí je 20 hodin nebo 65 hodin. Vliv urychleného dlouhodobého stárnutí se určí změnou vlastností asfaltového pojiva, které jsou stanoveny před a po stárnutí.

## **2.5. Podstata metodiky – metoda laboratorního stárnutí asfaltového pojiva metodou RTFOT s trojnásobnou dobou trvání (3xRTFOT)**

Stárnutí asfaltového pojiva metodou RTFOT s trojnásobnou dobou trvání (3xRTFOT) vychází z postupu popsaného v normě ČSN EN 12607-1 (Asfalty a asfaltová pojiva – Stanovení odolnosti proti stárnutí vlivem tepla a vzduchu – Část 1: Metoda RTFOT) a z rakouské oborové specifikace RVS 08.97.05. Navržená metodika pro laboratorní simulaci termooxidační stability asfaltových pojiv využívá modifikovaný postup stárnutí asfaltového pojiva RTFOT, ve kterém je prodloužena celková doba simulovaného stárnutí na trojnásobek. Proto se tato metoda označuje jako metoda 3xRTFOT. Pro vlastní vyhodnocení a posouzení rozsahu termooxidačního stárnutí pojiv jsou navrženy jako signální veličiny následující parametry stanovované v laboratoři:

- bod měknutí podle ČSN EN 1427
- komplexní smykový modul a fázový úhel zjištěný při referenční teplotě a frekvenci v dynamickém smykovém reometru podle ČSN EN 14770.

Postup 3xRTFOT poměrně dobře identifikuje náchylnost ke zrychlenému stárnutí (například způsobenému vyšším podílem visbreakingových zbytků v asfaltovém pojivu). Je třeba zdůraznit, že oxidace probíhá za poměrně vysoké teploty, jakým jsou asfaltové směsi vystaveny především při výrobě. Rozsah a průběh oxidace je indukován především termicky vlivem vysoké teploty a má mírně jinou kinetiku než procesy dlouhodobého stárnutí. Přesto dokáže odhalit reaktivní sloučeniny nebo struktury asfaltového pojiva, které tento materiál labilizují a jsou potenciálně náchylné k termooxidačním změnám. Metoda leží svým expozičním degradačním zatížením mezi postupy RTFOT a PAV. Postup prokazuje vyšší citlivost hodnocení změny vlastností pojiv v dynamickém smykovém reometru oproti klasické zkoušce bodu měknutí kroužkem a kuličkou.

Při stárnutí asfaltového pojiva metodou RTFOT s trojnásobnou dobou trvání (3xRTFOT) se tedy využije laboratorní zařízení specifikované normou ČSN EN 12607-1 (sušárna s dvojitou stěnou a elektrickým ohřevem). Doba stárnutí pohybující se vrstvy pojiva se ovšem prodlouží na trojnásobek, tzn. 225 minut při teplotě 163 °C. Delší expoziční doba vzorku se projevuje masivnějším rozsahem jeho termické oxidace, čímž se charakter pojiva více blíží vlastnostem pojiva na konci své doby životnosti ve vrstvě vozovky.

### **Popis laboratorního postupu metody 3xRTFOT**

Před vlastním procesem stárnutí metodou 3xRTFOT se připraví vzorek asfaltu podle normy ČSN EN 12594. Vzorek asfaltového pojiva se po zahřátí v nádobě s víkem na teplotu o 10 °C nižší, než je zkušební teplota, zhomogenizuje mícháním. V případě speciálních asfaltových pojiv nebo polymerem modifikovaných pojiv může být nezbytné připravit vzorek při vyšší teplotě. Poté se stanoví počáteční vlastnosti asfaltového pojiva

před stárnutím – penetrace podle ČSN EN 1426, bod měknutí podle ČSN EN 1427 a komplexní smykový modul a fázový úhel podle ČSN EN 14770 (viz kapitola 2.6).

Sušárna se předejde na zkušební teplotu 163 °C po dobu 60 minut. Do skleněných nádobek se nalije 35,0 g ± 0,5 g vzorku asfaltového pojiva. Počet skleněných nádobek musí být dostatečný k provedení všech plánovaných zkoušek.

Nádobky s asfaltovým pojivem se vloží do držáku sušárny vyhřáté na zkušební teplotu, dvířka se uzavřou a spustí se otáčení držáku s frekvencí otáčení 15,0 min<sup>-1</sup> ± 0,2 min<sup>-1</sup>. Nastaví se průtok vzduchu 4,0 l/min ± 0,2 l/min. Zkouška trvá 225 min ± 1 min od doby, kdy teplota v sušárně dosáhla hodnoty o 1 °C nižší, než je zkušební teplota 163 °C. Jestliže se do 15 min nedosáhne zkušební teploty 163 °C ± 1 °C, zkouška se přerušuje. Na konci zkušební doby se nádobky vyjmou ze sušárny.

Veškeré zestárnuté pojivo se ihned přelije do jedné sběrné nádoby bez ochlazení a opětovného zahřívání nádobek. Směs pojiva se homogenizuje mícháním tak, aby se nevmíchaly vzduchové bubliny. Pro odstranění pojiva z nádobek je možné použít uzpůsobené špachtle nebo jiné vhodné nástroje.

## **2.6. Hodnocení náchylnosti silničních asfaltů k termooxidačnímu stárnutí pomocí metody 3xRTFOT – měřené veličiny**

Vlastnosti pojiva po zkoušce stárnutí se stanovují do 72 hodin v souladu s příslušnými zkušebními metodami, aniž by se vzorek znovu ohříval více než jednou. Na zestárnutém asfaltovém pojivu metodou 3xRTFOT se určí penetrace podle ČSN EN 1426, bod měknutí podle ČSN EN 1427 a případně komplexní smykový modul a fázový úhel podle ČSN EN 14770 při teplotě 60 °C a frekvenci 1 Hz. Pro určení komplexního smykového modulu a fázového úhlu se použije tloušťka vzorku (velikost mezery mezi destičkami dynamického smykového reometru) 1 mm a průměr destiček 25 mm. Pokud by byla při určení komplexních smykových modulů a fázových úhlů pojiva po 3xRTFOT nedostatečná tuhost měřicí soustavy přístroje, použije se tloušťka vzorku 2 mm a průměr destiček 8 mm.

Stanovení komplexního smykového modulu a fázového úhlu musí být provedeno v rámci lineárně viskoelastické oblasti asfaltového pojiva. Zkouška komplexního smykového modulu a fázového úhlu je prozatím jen doporučena, protože většina silničních laboratoří v ČR není doposud vybavena zařízením dynamický smykový reometrem.

Vliv stárnutí 3xRTFOT na změnu vlastností asfaltových pojiv se pak hodnotí změnou hodnot uvedených laboratorních zkoušek před stárnutím a po stárnutí metodou 3xRTFOT.

## 2.7. Hodnocení náchylnosti silničních asfaltů k termooxidačnímu stárnutí pomocí metody 3xRTFOT – požadavky na změnu měřených veličin pro silniční asfalt 50/70 a 70/100

V tabulce 2 jsou uvedeny požadavky na maximální přípustnou změnu vlastností silničních asfaltů gradace 50/70 a 70/100 po stárnutí metodou 3xRTFOT.

Tabulka 2: Požadované vlastnosti silničních asfaltů gradace 50/70 a 70/100 po stárnutí metodou 3xRTFOT

Vlastnost	Metoda zkoušení	Jednotka	Hodnota
Zvýšení bodu měknutí po 3xRTFOT	ČSN EN 1427	°C	≤ 15
Zvýšení komplexního smykového modulu po 3xRTFOT	ČSN EN 14770, 60 °C, 1 Hz	-	≤ 15tinásobek

## 3. Srovnání „novosti postupů“

Norma ČSN EN 12591 (Asfalty a asfaltová pojiva – Specifikace pro silniční asfalty) a norma ČSN EN 14023 (Asfalty a asfaltová pojiva – Systém specifikace pro polymerem modifikované asfalty) obsahují požadavky na hodnotu změny hmotnosti, hodnotu zbylé penetrace a hodnotu zvýšení bodu měknutí po simulaci stárnutí metodou RTFOT (popř. RFT). Jedná se pouze o požadavky na změnu vlastností pojiv po krátkodobém stárnutí a tyto požadavky jsou nastaveny tak, aby je splnila naprostá většina vyráběných asfaltových pojiv. Dlouhodobé stárnutí je možné v ČR hodnotit zkouškou PAV podle ČSN EN 14769 nebo zkouškou RCAT podle ČSN EN 15323. Tyto postupy ovšem vyžadují nákladné laboratorní vybavení, a proto tyto zkoušky nejsou v České republice rozšířeny. V zahraniční literatuře jsou hodnoty stanoveny většinou pro systém hodnocení pojiva metodikou SHRP – tzv. PG Grade. Filozofie tohoto systému je nastavená odlišně a není při ní určena limitní hodnota, která by jednoznačně stanovila hranici, za kterou se považuje změna vlastností za diskriminující faktor pro další použití asfaltového pojiva ve výrobě asfaltových směsí.

Postup vytvořený v rámci této metodiky má za úkol kvalitněji rozpoznat pojiva náchylná k termooxidačnímu stárnutí od pojiv, která vykazují uspokojivou odolnost vůči tomuto degradačnímu procesu. Výše uvedený přístup k řešení problematiky stárnutí a především výstupy z něho nebyly zatím v České republice dosud zavedeny a používány. Uvedený postup má výhodu, že uspořádání této laboratorní metody v sobě zahrnuje i určitý vliv dlouhodobého stárnutí, což od sebe dokáže lépe rozlišit jednotlivá asfaltová pojiva (postup odstraňuje nivelizační efekt, neboť výsledky měřených hodnot se od sebe často značně odlišují). Na základě hlubší termické oxidace pak lze u jednotlivých pojiv jednoznačně identifikovat defektní chování silničních asfaltů, které se na vozovce projeví předčasným stárnutím a poruchami asfaltového krytu.

Tato metodika byla inspirována rakouským postupem stárnutí asfaltového pojiva, nazvaným „trojnásobné RTFOT“ a označovaným jako „3-fach RTFOT“. Postup stárnutí 3xRTFOT není zatím běžně rozšířen, požadavek na jeho provedení byl zakotven pouze v rakouské oborové specifikaci RVS 08.97.05. Zde je uvedeno, že zvýšení bodu měknutí asfaltového pojiva podrobeného stárnutí metodou 3xRTFOT může být maximálně 15 °C. Provedené hodnocení asfaltů pomocí stanovení bodu měknutí a jeho nárůstu po provedené zkoušce 3xRTFOT popřípadě pomocí stanovení komplexního smykového modulu a fázového úhlu, potvrzuje tuto hodnotu jako limitní hranici, která umožňuje stanovit přílišnou náchylnost asfaltového pojiva k termooxidaci. V současné době se v Rakousku vede diskuze o variantě limitní hodnoty bodu měknutí po 3xRTFOT, která je stanovena tak, že nárůst bodu měknutí musí ležet maximálně do 8 °C nad hranicí horního přípustného bodu měknutí. Pro gradaci silničního asfaltu 50/70 to tedy znamená do 62 °C (54 °C + 8 °C = 62 °C). Rovněž se v Rakousku uvažuje o zřízení požadavku na zbylou penetraci po 3xRTFOT (25 (0,1 mm)).

## 4. Popis uplatnění certifikované metodiky

V současné době dochází k poruchám asfaltových vrstev trhlinami, což je úzce spojeno s vlastnostmi asfaltového pojiva a jeho změnami v průběhu užívání vrstvy. Je možné předpokládat, že některá pojiva mají sklon k rychlému termooxidačnímu stárnutí, které je v případě asfaltového pojiva jednoznačně degradační proces, snižující trvanlivost stavebního díla a snižující užité hodnoty asfaltové vozovky především tím, že zvyšuje náchylnost asfaltové vrstvy k tvorbě trhlin a její postupné desintegraci. Tuto negativní tendenci je možno u asfaltového pojiva předpovídat na základě výsledků laboratorní zkoušky 3xRTFOT, která je poměrně jednoduchou modifikací stávající používané metody s velkými důsledky na klasifikaci jednotlivých pojiv, které často při jednoduché metodě RTFOT vykazují velmi podobné chování (nivelizační efekt). Výsledky provedené na velké skupině silničních asfaltů dokládá, že takové asfalty s potenciálním problematickým chováním se pomocí této metody dají jednoznačně identifikovat.

Certifikovaná metodika pro hodnocení použitelnosti asfaltového pojiva z hlediska termooxidačního stárnutí je určena pro orgány státní správy (zejména Ministerstvo dopravy ČR a Ředitelství silnic a dálnic ČR), které touto certifikovanou metodikou získají jednoduchý nástroj pro hodnocení náchylnosti asfaltových pojiv ke stárnutí. Metodika bude uplatněna při kontrole vlastností silničních asfaltů a zejména při kontrole stálosti těchto vlastností po simulaci stárnutí metodou 3xRTFOT v laboratoři. Metodiku budou využívat silniční laboratoře nebo laboratoře výrobců asfaltů.

## 5. Ekonomické aspekty

Hlavní ekonomický přínos této metodiky je možné spatřovat v jednoznačné identifikaci termooxidačního stárnutí silničních asfaltů (například způsobené vyšším podílem

visbreakingových zbytků, jež představují v současné době jeden z hlavních problémů ovlivňujících kvalitu asfaltových pojiv). Silniční laboratoře budou schopny snadno odlišit silniční asfalty s dobrou termooxidační stabilitou od asfaltů, které vykazují známky rychlého termooxidačního stárnutí a tato pojiva vyloučit z používání v hutněných asfaltových vrstvách. Vyloučení nekvalitních pojiv se projeví pozitivně na kvalitě asfaltových povrchů. Je možno předpokládat, že dojde k výraznému prodloužení životnosti asfaltových vrstev a celospolečenským úsporám plynoucím ze snížení nákladů pro cyklus údržby a oprav asfaltové vozovky.

Ekonomickou výhodu tohoto postupu pro silniční laboratoře lze spatřovat v tom, že pro zkoušku dlouhodobého stárnutí 3xRTFOT není nutné pořizovat další nákladné zařízení (PAV nebo RCAT). Využije se totiž stávající zařízení sloužící pro zkoušku krátkodobého stárnutí RTFOT podle normy ČSN EN 12607-1.

## 6. Seznam použité související literatury

ČSN EN 12607-1 Asfalty a asfaltová pojiva - Stanovení odolnosti proti stárnutí vlivem tepla a vzduchu - Část 1: Metoda RTFOT

ČSN EN 12607-2 Asfalty a asfaltová pojiva - Stanovení odolnosti proti stárnutí vlivem tepla a vzduchu - Část 2: Metoda TFOT

ČSN EN 12595 Asfalty a asfaltová pojiva - Stanovení kinematické viskozity

ČSN EN 12607-3 Asfalty a asfaltová pojiva - Stanovení odolnosti proti stárnutí vlivem tepla a vzduchu - Část 3: Metoda RFT

ČSN EN 14769 Asfalty a asfaltová pojiva - Urychlené dlouhodobé stárnutí v tlakové nádobě (PAV)

ČSN EN 15323 Asfalty a asfaltová pojiva - Urychlené dlouhodobé stárnutí metodou rotujícího válce (RCAT)

ČSN EN 12594 Asfalty a asfaltová pojiva - Příprava analytických vzorků

ČSN EN 1426 Asfalty a asfaltová pojiva - Stanovení penetrace jehlou

ČSN EN 1427 Asfalty a asfaltová pojiva - Stanovení bodu měknutí - Metoda kroužek a kulička

ČSN EN 14770 Asfalty a asfaltová pojiva - Stanovení komplexního modulu ve smyku a fázového úhlu - Dynamický smykový reometr (DSR)

ČSN EN 12591 Asfalty a asfaltová pojiva - Specifikace pro silniční asfalty

ČSN EN 14023 Asfalty a asfaltová pojiva - Systém specifikace pro polymerem modifikované asfalty

Spiegl M.: Entwicklungen von gebrauchsvorhaltensorientierten Bitumenspezifikationen. Bauseminar Gestrata 2009.

[http://www.gestrata.at/archiv/seminar\\_2009/bauseminar\\_teil1.pdf](http://www.gestrata.at/archiv/seminar_2009/bauseminar_teil1.pdf).

Technische Vertragsbedingungen-Baustoffe RVS 08.97.05: GmbH., Anforderungen an Asphaltmischgut (Januar 2007/Februar 2010).

## 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.

Coufalík P.: Vlastnosti silničních asfaltů s určením vlivu stárnutí metodou RTFOT. Sborník konference Juniorstav 2014. 2014.

Dašek O., Coufalík P., Hýzl P., Varaus M., Špaček P., Hegr Z., Stoklásek S.: Nové zkušební metody umožňující predikovat prodloužení životnosti asfaltových vozovek. Silniční obzor, roč. 75, číslo 2. 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.

## 8. Dedikace na projekt

Metodika byla zpracována v rámci řešení projektu Technologické agentury ČR s označením TA03030381 a názvem „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 Slavíček, SILMOS-Q s.r.o.