



Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.

METODIKA



Environmentální požadavky pro využití
recyklovaných asfaltových směsí
v silničním stavitelství

Environmentální požadavky pro využití recyklovaných asfaltových směsí v silničním stavitelství

certifikovaná metodika

- Výstup projektu:** TE01020168 Centrum pro efektivní a udržitelnou dopravní infrastrukturu (CESTI)
- Název:** Environmentální požadavky pro využití recyklovaných asfaltových směsí v silničním stavitelství
- Zpracovatel:** Centrum dopravního výzkumu, v. v. i. (CDV)
České vysoké učení technické v Praze (ČVUT)
- Odpovědný řešitel:** Mgr. Roman Ličbinský
- Spoluřešitelé:** Ing. Vilma Jandová, RNDr. Jiří Huzlík, Ph.D., Mgr. Jitka Hegrová, Ph.D.,
Mgr. Martina Bucková, (CDV)
Ing. Jan Valentin, Ph.D., Ing. Zuzana Čížková, Ph.D. (ČVUT)
- Recenzenti:** Doc. Ing. Daniela Ďurčanská, CsC. – vedoucí Katedry cestného stavitel'stva, Stavebná fakulta Žilinskej univerzity v Žiline
Ing. Martina Hrušková – vedoucí oddělení speciálních činností, Ředitelství silnic a dálnic ČR
- Metodika schválená:** č. j.
ISBN: 978-80-88074-65-6

Tato metodika vznikla za finanční podpory Technologické agentury ČR v rámci programu Centra kompetence, projektu **TE01020168** - Centrum pro efektivní a udržitelnou dopravní infrastrukturu (CESTI), na výzkumné infrastruktuře pořízené z Operačního programu Výzkum a vývoj pro inovace (CZ.1.05/2.1.00/03.0064).

Anotace

Autoři:

Ing. Vilma Jandová, RNDr. Jiří Huzlík, Ph.D., Mgr. Jitka Hegrová, Ph.D., Mgr. Martina Bucková, Mgr. Roman Ličbinský, Ing. Jan Valentin, Ph.D., Ing. Zuzana Čížková, Ph.D.

Název:

Environmentální požadavky pro využití recyklovaných asfaltových směsí v silničním stavitelství

Abstrakt:

V současné době je stále více žádáno využití recyklovaného stavebního asfaltového materiálu z vozovek pro opětovné využití v rámci výstavby nových a rekonstrukce stávajících komunikací. Kromě zkoušení jejich mechanicko-fyzikálních vlastností je třeba se také zabývat otázkou vlivu těchto materiálů na životní prostředí (dále jen ŽP) v rámci jejich pokračujícího životního cyklu. Nyní se vhodnost použití asfaltových recyklovaných směsí z hlediska vlivu na ŽP prokazuje normovanými zkouškami, které stanovuje legislativa pro daný druh odpadu. Stanovení obsahu škodlivých látek je prováděno zkouškami vyluhovatelnosti odpadu o určité zrnitosti. Z pohledu kontaminace životního prostředí se v reálných podmínkách při použití recyklovaných asfaltových směsí zejména v rámci oprav současné metody jeví jako nedostatečné. Proto byla v rámci řešení projektu CESTI (Centrum pro efektivní a udržitelnou dopravní infrastrukturu, TE01020168) zpracována metodika Environmentálních požadavků pro využití recyklovaných asfaltových směsí v silničním stavitelství.

Metodika je koncipována jako dokument, který komplexně řeší problematiku stanovení kontaminantů v recyklovaných asfaltových směsích z úhlu pohledu jejich reálného využití. Definuje vhodné strukturní typy vzorků recyklovaných směsí a postupy jejich zkoušení v souvislosti s uvolňováním škodlivin tak, aby se co nejvíce přiblížily reálným podmínkám. Postupy jsou kombinacemi normovaných postupů daných současnou legislativou a nových postupů ověřených v rámci řešení výše uvedeného projektu. Metodika definuje sledované škodliviny a metody jejich stanovení. Část je také věnována hodnocení výsledků analýz, včetně návrhu následných postupů využití materiálu při daných koncentracích škodlivin.

Klíčová slova:

Recyklovaný asfalt, životní prostředí, organická analýza, polycyklické aromatické uhlovodíky

Certifikační orgán:

ČR, Ministerstvo dopravy, Odbor ITS, kosmických aktivit a VaVal – osvědčení o uznání uplatněné certifikované metodiky č. j.

Certified Methodology

Authors:

Ing. Vilma Jandová, RNDr. Jiří Huzlík, Mgr. Jitka Hegrová, Ph.D., Mgr. Martina Bucková, Mgr. Roman Ličbínský, Ing. Jan Valentin, Ph.D., Ing. Zuzana Čížková, Ph.D.

Title:

Environmental requirements for the use of reclaimed asphalt mixtures in road construction

Abstract:

At present, the use of recycled building asphalt mixtures from pavements is increasingly being sought for reuse as part of the construction of new and reconstruction of existing roads. In addition to testing their mechanical and physical properties, it is also necessary to address the issue of the environmental impact of these materials (the environment) in their continuing life cycle. Now the suitability of the use of asphalt recycled materials in terms of environmental impact is demonstrated by standardized testing set out by legislation for the type of waste. Determination of the content of harmful substances is carried out by leachability tests of waste with certain grain size. From the point of view of environmental contamination, the use of recycled asphalt materials, in particular in the context of repairs to the current method, appears to be inadequate under realistic conditions. Therefore, the methodology of the Environmental Requirements for the Use of Recycled Asphalt Materials in Road Construction was elaborated within the CESTI project (Center for efficient and sustainable transport infrastructure, TE01020168).

The methodology is conceived as a document which comprehensively solves the problems of determination of contaminants in recycled asphalt materials from the point of view of their real use. It defines the appropriate structural types of samples of recycled material and their procedures for releasing pollutants to be as close as possible to realistic conditions. Procedures are combinations of standardized procedures given by current legislation and new procedures verified in the framework of the above mentioned project. The methodology defines the observed pollutants and the methods of their determination. A part of this methodology is also devoted to evaluating the results of the analyses, including the design of follow-up procedures for the use of material at given concentrations of pollutants.

Keywords:

Reclaimed asphalt, environment, organic analyses, polycyclic aromatic hydrocarbons

Certification Authority:

The Czech Republic, Ministry of Transport, ITS, Space Activities and R&D&I Department – certificate document: reference number

Předmluva

Rekonstrukce a opravy silniční infrastruktury jsou zdrojem asfaltových materiálů znovuzískaných odfrézováním asfaltových vrstev nebo drcením desek vybouraných z asfaltových vozovek (dále jen R-materiál), které není nutné vždy pouze ukládat na skládky. Mnohdy se jedná o materiály, které lze upravit a znovu použít na stavby nových nebo rekonstrukce stávajících komunikací. Pokud se však tyto R-materiály dále využívají, je třeba ověřit nejen jejich mechanické vlastnosti, ale také jejich případný negativní vliv na ŽP v rámci následného životního cyklu. Uvolňování škodlivých látek z těchto materiálů do vod a půd může mít v konečném důsledku vliv i na zdraví člověka.

V současnosti jsou využívány k testování R-materiálů z hlediska jejich vlivu na ŽP vyluhovací zkoušky pro zrnité odpady a kaly. Tyto zkoušky nám však poskytují informace o možné kontaminaci prostředí látkami uvolněnými z R-materiálů v drceném stavu, tzn. při jejich reálném využití v nezpevněných vrstvách vozovek. Nejsou však již schopny poskytnout objektivní informace o vyluhování nežádoucích látek z R-materiálu, který je použit pro zpevněnou vrstvu vozovky, kdy je znovuzískaný odfrézovaný asfaltový materiál „zakonzervován“ v novém pojivu a je tedy předpoklad menší zátěže ŽP při jeho styku s vodou. Vzhledem k současným požadavkům kladoucím důraz na zvýšení využívaného množství R-materiálu vznikla potřeba stanovení testovacích postupů tak, aby jejich výsledky byly objektivní z hlediska využití R-materiálu v reálných podmínkách.

Za tímto účelem vznikla metodika Environmentálních požadavků pro využití znovuzískaných asfaltových směsí v silničním stavitelství, která hodnotí R-materiály z hlediska jejich využití pro zpevněné či nezpevněné vrstvy vozovek na základě dvou stanovených vyluhovacích zkoušek.

Obsah

1	Cíl metodiky	7
2	Úvod	8
3	Metodická část	10
3.1	Požadavky na testované vzorky	10
3.1.1	Příjem laboratorních vzorků	10
3.1.2	Skladování laboratorních vzorků	11
3.2	Příprava vzorku pro vyluhovací zkoušky	11
3.2.1	Příprava zrnitého vzorku	11
3.2.2	Příprava monolitického vzorku	11
3.3	Vyluhování vzorků	12
3.3.1	Příprava vodného výluhu zrnitého vzorku	12
3.3.1.1	Postup přípravy vodného výluhu	12
3.3.2	Postup vyluhování monolitických vzorků asfaltového materiálu	13
3.3.2.1	Chemikálie a činidla	14
3.3.2.2	Pomůcky	14
3.3.2.3	Podmínky zkoušení	14
3.3.2.4	Postup vyluhovací zkoušky	14
3.4	Analytická stanovení	16
3.4.1	Organická analýza	16
3.5	Hodnocení výsledků analytických stanovení	17
3.5.1	Hodnocení výsledků analýz zrnitého vzorku	17
3.5.2	Hodnocení výsledků analýz monolitických vzorků	17
3.6	Využití materiálu pro následnou recyklaci	20
3.7	Příklad hodnocení výsledků vyluhovacích zkoušek vzorků ze tří různých lokalit	21
4	Srovnání novosti postupů	28
5	Popis uplatnění certifikované metodiky	30
6	Ekonomické aspekty	31
7	Seznam publikací, které předcházely metodice	32
8	Použitá literatura	33

Elektronické přílohy:

Monolity-hodnoceni_sablona.xls (pro Excel 97 – 2003)

Monolity-hodnoceni_sablona.xlsm (pro verze Excelu vyšší než 2003)

1 Cíl metodiky

Cílem metodiky je v první řadě zrychlení a zjednodušení procesu posouzení R-materiálu z hlediska jeho následného využití zejména pro opravy a rekonstrukce, případně i nové stavby pozemních komunikací v rámci zpevněných či nezpevněných vrstev nebo jeho uložení na skládky. Předpokladem přitom je dodržení všech požadavků z hlediska ochrany spodních vod a půd v České republice. Druhým motivačním hlediskem vzniku této metodiky je potřeba vytváření vhodných podpůrných analytických nástrojů, které umožní a budou podporovat efektivní recyklaci a opětovné používání stavebních materiálů, které již dnes v konstrukci vozovky zabudované jsou a zpravidla ke zhoršení vlivu na životní prostředí nevedou. Součástí tohoto motivačního aspektu je i jistá potřebnost sjednocení přístupů při provádění vyluhovacích zkoušek a v neposlední řadě vymezení podmínek pro používání tzv. monolitických zkoušek, které mnohem lépe reprezentují skutečný stav materiálu původní konstrukce asfaltové vozovky (tzv. znovuzískané asfaltové směsi) v nových konstrukčních vrstvách. To se týká především veškerých asfaltovým či hydraulickým pojivem stmelěných úprav, kdy proces vyluhování je odlišný od nestmelěné podoby použití takového materiálu. Aplikací metodiky je posouzen vliv R-materiálu na životní prostředí z hlediska uvolňování polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU) a to postupně na dvou typech materiálu, které vystihují obsahy škodlivých látek v jejich nejvyšší možné míře v rámci přetříděného a předrceného R-materiálu (vzniká jako úprava původní znovuzískané asfaltové směsi, která je vytvořena frézováním či vybouráním původních asfaltových vrstev vozovky) a pak také na úrovni reálných podmínek vyluhování a to při využití materiálu v rámci zpevněných vrstev vozovky. Na základě posouzení výsledků analýz vyluhovacích metod s platnými legislativními předpisy je následně stanoven postup využití příslušného asfaltového materiálu.

2 Úvod

Česká republika je v rámci Evropské unie zemí, která disponuje hustou dopravní infrastrukturou. Jejím vzrůstajícím problémem v posledních letech je její technická zanedbanost a postupné dožívání řady úseků sítě pozemních komunikací, které se však na druhé straně do jisté míry zlepšuje nebo alespoň stabilizuje díky průběžnému navyšování investic právě do oprav a rekonstrukce silniční infrastruktury. Při těchto činnostech však vzniká poměrně velké množství potenciálně odpadních stavebních materiálů, které lze a také je žádoucí dále využívat. K tomu nás nabádá zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech v platném znění a související legislativní předpisy. Znovu využívání stavebních materiálů je důležité pro zachování udržitelného rozvoje, snižování objemu produkovaných odpadů a hospodaření s neobnovitelnými přírodními zdroji. Při vhodné úpravě a použití získaných materiálů ze silničních staveb jsou tyto v mnoha případech stejně hodnotné jako materiály nové a to nejen z pohledu jejich mechanických vlastností, ale také z pohledu jejich vlivu na životní prostředí.

R-materiál jako vyfrézovaná nebo vybouraná a následně přetříděná a předrcená asfaltová směs z původní konstrukce vozovky (tzv. znovuzískaná asfaltová směs dle definice v ČSN EN 13008-8) je dosud z hlediska odpadů klasifikován kategorií ostatní, příp. nebezpečný odpad (pokud obsahuje asfaltová pojiva s obsahem dehtu nebo pouze dehet). O zařazení odpadu rozhoduje jeho původce na základě vlastností odpadu – znovuzískané asfaltové směsi nebo R-materiálu. V případě pochybnosti, zda se jedná o odpad, který má nebezpečné vlastnosti, je možné požádat pověřenou osobu o posouzení (zejména vyluhovatelnosti odpadu ve vztahu ke stanovení kategorie skládky, na kterou bude odpad uložen), případně o posouzení odpadu pro účely dalšího využití. V těchto případech se provede výluh R-materiálu podle ČSN EN 12457-4, tzn. zkouška vyluhovatelnosti zrnitých materiálů o velikosti zrn < 10 mm. Dle výsledků se pak provede hodnocení výluhu v souladu s vyhláškou MŽP č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu. Tento postup je prováděn z důvodu opětovného využívání asfaltového materiálu nebo jeho uložení na skládku, přičemž uvolnění nežádoucích látek při kontaktu s vodou je považováno za hlavní mechanismus vyluhování, který může představovat možné nebezpečí pro životní prostředí. Vyluhování dle výše uvedené normy je však vypovídající zejména pro materiály, které by měly být následně využity na povrchu terénu, např. pro opravy polních či lesních cest nebo v nestmelených konstrukčních vrstvách vozovek, kdy skutečně potřebujeme informace o koncentracích škodlivých látek obsažených v rozrušené frakci materiálu.

V současnosti je však žádoucí, aby se R-materiál v co největší možné míře využíval pro uplatnění primárně ve stmelených vrstvách vozovek, kdy je obalen novým pojivem a ztuhne do celistvé konstrukční vrstvy. Takto zpracovaný R-materiál je v podstatě zakonzervován v novém (nejčastěji asfaltovém) pojivu a je tedy třeba případný obsah jeho škodlivých látek stanovit na základě takové vyluhovací metody, která pracuje s materiálem v nedrceném, tzn. kompaktním stavu. Za účelem vzniku takovéto vyluhovací metody tedy byly, v rámci projektu centra

kompetence CESTI, provedeny paralelní vyluhovací zkoušky R-materiálů o zrnitosti < 10 mm a stejných typů R-materiálu spojených novým asfaltovým pojivem do válcového tělesa. Při vyluhování zrnitých materiálů se vycházelo z normy ČSN EN 12457-4, monolitické vyluhovací zkoušky vycházely z normativního předpisu ČSN EN 15 863. Ve výluzích byly stanoveny organické látky, jejichž koncentrace pak byly porovnány s legislativními předpisy pro posouzení kvality povrchových a podzemních vod, resp. s limity NV 401/2015 Sb. a Metodickým pokynem MŽP Indikátory znečištění z roku 2013.

Koncentrace PAU ve vodných výluzích použitých a analyzovaných typech R-materiálu v drceném stavu (velikost zrna < 10 mm) ve většině případů nesplnily limity pro povrchové a podzemní vody z hlediska mezí stanovených pro PAU, přičemž však bylo prokázáno, že při obalení těchto nadrcených R-materiálů novým asfaltovým pojivem se koncentrace PAU ve vodných výluzích opět v drceném stavu sníží průměrně o více jak 20 %. Výsledky vyluhovacích zkoušek zhutněného a stmelého R-materiálu novým asfaltovým pojivem (monolitické zkoušky) pak ve většině případů prokázalo splnění limitů vodných výluhů u PAU pro povrchové i podzemní vody. Z pohledu těchto výsledků by mělo být plnohodnotné využití R-materiálu především při výrobě stmelovaných asfaltových směsí. Uplatnění tohoto materiálu do nestmelovaných vrstev by se mělo realizovat v omezeném rozsahu pouze u materiálů, které vyhoví zkouškám vyluhovatelnosti v zrnitém stavu.

Na základě vyhodnocení výsledků výše uvedených zkoušek byla sestavena metodika Environmentálních požadavků pro využití znovuzískaných asfaltových materiálů v silničním stavitelství, která udává postup pro zkoušení R-materiálů jak v drceném tak v monolitickém stavu. Zkoušení v monolitickém stavu bylo na základě vyhodnocených výsledků navrženo tak, aby byl co možná nejvíce zkrácen čas, který je pro monolitické zkoušky potřeba. S využitím matematických vztahů sestavených na základě experimentálních výsledků je pak možné určit koncentrace sledovaných organických látek v různých krocích vyluhovací zkoušky. Závěrem této metodiky (metodického pokynu) je pak návrh na vhodné následné opětovné využití R-materiálu získaného úpravou znovuzískané asfaltové směsi z původní konstrukce vozovky.

3 Metodická část

Metodika je zpracována jako dokument stanovující postup zkoušení vzorků R-materiálu, případně znovuzískané asfaltové směsi ve smyslu ČSN EN 13108-8, získaných před zahájením oprav, rekonstrukcí, nebo staveb pozemních komunikací pro následné rozhodnutí o způsobu znovuvyužití těchto materiálů.

3.1 Požadavky na testované vzorky

Vzorky R-materiálů je třeba dodat do laboratoře jako Laboratorní vzorek, tzn. konečný vzorek z hlediska provedení odběru vzorků. Vzhledem k tomu, že tato metodika se zabývá opětovným využitím znovuzískané asfaltové směsi, resp. R-materiálu pro opravy, rekonstrukce či stavby pozemních komunikací na základě zhodnocení jejich možného negativního vlivu na životní prostředí, je potřeba, aby R-materiál byl dodán ve formě zrnité a dále ve formě pevné – tedy jako monolit.

Z každé hodnocené lokality je nutné dodat do laboratoře:

- 2 kg původního vyfrézovaného asfaltového materiálu (původní znovuzískané asfaltové směsi ve smyslu ČSN EN 13108-8) upraveného drcením na částice o velikosti < 10 mm;
- 3 ks monolitických vzorků tvaru válce připravených z původní znovuzískané asfaltové směsi nebo drcením a tříděním upraveného R-materiálu spojeného novým pojivem, o minimálním průměru 40 mm a minimální výšce 40 mm. Z hlediska opakovatelnosti zkoušky a přiblížení se co nejvíce reálnému povrchu vozovky je nutné, aby každý monolit byl vyroben samostatně, tzn., aby jeho povrch nebyl nijak porušen.

Pozn.: Je nepřijatelné provádět výrobu monolitů rozdělením jednoho slisovaného monolitického válce na tři kusy např. řezáním.

Protože podle velikosti monolitu bude volena vyluhovací nádoba a objem vyluhovací kapaliny, je vhodné předem uvést požadavek na rozměr monolitu z R-materiálu jeho dodavatelé. Doporučené rozměry monolitického tělesa dle této metodiky jsou průměr 100 ± 1 mm a výška maximálně 50 mm.

Důraz by také měl být kladen na vyžralost připraveného vzorku monolitu. Vzorek by měl být dostatečně dlouho vytvrzován, aby se zabránilo ovlivnění vyluhovacího procesu v důsledku probíhajících změn ve struktuře povrchu a v pórovitosti (mezerovitosti) zkušební tělesa. Pro účely tohoto metodického pokynu se doporučuje doba zrání připraveného zkušební tělesa min. 14 dní, přičemž doba zrání vymezuje časový úsek od výroby monolitického tělesa po zahájení vyluhovací zkoušky. Uvedené je významné zejména v případech, kdy se monolit vyrobí jako kompozitní směs recyklace za studena.

3.1.1 Příjem laboratorních vzorků

Při přijetí všech výše uvedených vzorků je nutné vyplnit protokol o přijetí vzorku do laboratoře. Do protokolu je důležité zaznamenat hmotnost přijímaného vzorku, rozměry a datum výroby

u monolitického vzorku a způsob uchování vzorku při přepravě, dále pak je vhodné zaznamenat všechny nestandardní situace (např. porušení obalu atd.).

3.1.2 Skladování laboratorních vzorků

Skladování vzorků se doporučuje buď v tmavých obalech, nebo v místnosti bez přístupu světla při teplotě $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$ v souladu se zásadami pro uchování vzorků uvedených v Metodickém pokynu MŽP. Doba skladování do zahájení vyluhovacích zkoušek by neměla přesáhnout 1 měsíc od odběru vzorku.

3.2 Příprava vzorku pro vyluhovací zkoušky

Při dodání vzorků do laboratoře dle požadavků uvedených v kapitole 3.1 by nemělo být nutné je z hlediska jejich velikosti jakkoliv upravovat. Zejména u monolitických vzorků není žádoucí zasahovat do jejich tvaru, pouze je vhodné zkontrolovat, zda jsou splněny požadavky na minimální rozměry vzorku.

3.2.1 Příprava zrnitého vzorku

U zrnitého vzorku je třeba zkontrolovat, zda obsahuje alespoň z 95 % (hmotnostních) částice o velikosti < 10 mm. Kontrola se provede přesíváním vzorku pomocí prosévacího zařízení se sítí jmenovité velikosti otvorů 10 mm. Pokud nadsítná frakce na sítu nepřesáhne 5 % hmotnosti laboratorního vzorku, částice se odstraní a již dále nevstupují do procesu přípravy. V případě, že nadsítná frakce na sítu přesáhne hodnotu 5 % hmotnosti laboratorního vzorku, odstraní se z nadsítné frakce nerozdrtitelné částice (pokud se ve vzorku vyskytují), určí se jejich hmotnost a druh a tyto údaje se uvedou do záznamu o zpracování vzorku. Zbylé částice z nadsítné frakce se pak dále rozmělní nebo nadrtí (např. čelistovým nebo odrazovým drtičem) a opětovně se prosejí. Vzorek však nesmí být v žádném případě jemně namlet. Přesátý vzorek se dále zhomogenizuje důkladným promícháním vhodným nářadím (lopatka, kopistka).

Pokud vzorek nelze z důvodu vysoké vlhkosti prosévat, popř. drtit, je třeba jej vysušit. V tomto případě je doporučeno sušení na vzduchu při laboratorní teplotě, tmě a zabezpečení vzorků proti kontaminaci spadem. Vzorek se rovnoměrně rozprostře na podnos, který neabsorbuje vlhkost ze vzorku ani nezpůsobí kontaminaci vzorku, přičemž vrstva materiálu by neměla být vyšší než 15 mm. Během sušení se materiál může dle potřeby převracet. Sušení vzorku by nemělo být delší než 7 dní.

3.2.2 Příprava monolitického vzorku

Pokud jsou monolitické vzorky dodány do laboratoře podle požadavků uvedených v kapitole 3.1, není nutné u těchto vzorků upravovat jejich rozměr. Naopak případné zmenšování rozměru monolitů před vyluhovací zkouškou např. řezáním je nežádoucí, z důvodu vzniku nové „nevyzrálé“ plochy, která na tělese vznikne a může ovlivnit vyluhovací proces. Z důvodu opakovatelnosti vyluhovací zkoušky a přesnosti výsledků je třeba vždy pracovat s třemi monolity připravenými ze stejného R-materiálu a pojiva (materiálu z jedné hodnocené lokality).

Před zahájením vyluhovací zkoušky musí být každý monolitický vzorek očištěn od prachových částic nejlépe jemným ofukováním tělesa stlačeným vzduchem dostatečné kvality, aby se předešlo případné kontaminaci povrchu tělesa.

Následně se provede změření všech parametrů každého tělesa nutných pro stanovení jeho povrchu, tzn. průměr základny a výška. Měření se provede s přesností na ± 1 mm v několika opakováních (min. ve třech opakováních), z nichž se stanoví průměrné hodnoty.

Pozn. Z důvodu minimalizace možné kontaminace zkoušeného tělesa používáme při manipulaci s tělesem vždy ochranné rukavice.

3.3 Vyluhování vzorků

3.3.1 Příprava vodného výluhu zrnitého vzorku

Před samotnou vyluhovací zkouškou je třeba provést stanovení sušiny v zrnitém vzorku. Na základě stanovené hodnoty sušiny se dále připravuje navážka pro vyluhovací zkoušku materiálu, viz níže.

Stanovení sušiny zrnitého vzorku

Stanovení sušiny ve vzorku upraveném dle kapitoly 3.2.1 se provádí dle postupu určeného normou ČSN ISO 11465 – Kvalita půdy – Stanovení hmotnostního podílu sušiny a hmotností vlhkosti půdy – Gravimetrická metoda.

Do připravené Petriho misky s víčkem vysušené při 105°C , vychladlé v exikátoru a zvážené se naváží 10 až 15 g vzorku. Po stanovení hmotnosti Petriho misky se vzorkem se tato vysuší v sušárně při teplotě 105°C spolu s víčkem. Po vyjmutí ze sušárny se Petriho miska nechá vychladnout v exikátoru. Po té se opět určí hmotnost uzavřené Petriho misky s vysušeným vzorkem. Celková hmotnost Petriho misky před vysušením se odečte od celkové hmotnosti Petriho misky po vysušení – tímto se získá hmotnost vzorku po vysušení. Podíl sušiny se pak vypočte dle matematických vztahů uvedených v normě.

3.3.1.1 Postup přípravy vodného výluhu

Příprava vodného výluhu zrnitého vzorku vychází z normy ČSN EN 12457-4 Charakterizace odpadů – Vyluhování – Ověřovací zkouška vyluhovatelnosti zrnitých odpadů a kalů – Jednostupňová vsádková zkouška při poměru kapalné a pevné fáze 10 l/kg pro materiály se zrnitostí < 10 mm (bez zmenšení velikosti částic nebo s ním).

Určení množství vyluhovaného vzorku

Na základě stanovené sušiny ve vzorku se vypočte hmotnost navážky dle vztahu:

$$M = \frac{100 \times M_D}{DR}, \quad (1)$$

kde M hmotnost navážky vzorku [g],
 M_D hmotnost sušiny odpovídající navážce vzorku [g],
 DR sušina vzorku [%].

Objem vyluhovací kapaliny se vypočte podle vztahu:

$$L = \left(11 - \frac{100}{DR}\right) \times M_D, \quad (2)$$

kde L objem vyluhovací kapaliny [l],
 M_D, DR viz rovnice (1).

Pro účely tohoto metodického pokynu se doporučuje celková hmotnost navážky odpovídající $M_D=100$ g suchého zrnitého vzorku a celkový vyluhovací objem 1000 ml ultračisté vody.

Příprava výluhu

Připraví se vzorkovnice o příslušném objemu ze skla s uzávěry z inertního materiálu (polytetrafluoroethen). Do nich se naváží vypočtená množství navážky zrnitého vzorku dle vztahu (1) a přidá ultračistá voda o objemu vypočteném podle rovnice (2).

Vzorkovnice se pevně uzavřou a umístí na třepačku zajišťující plynulé převrácení vzorkovnic způsobem „hlava – pata“ s rychlostí otáčení 5 – 10 otáček/min.

Doba otáčení je $(24 \pm 0,5)$ hod.

Pozn.: Během vyluhování by nemělo docházet k usazování pevné fáze ve vzorkovnici a dále by se mělo zabránit nadměrnému odírání částic vedoucímu k významnému zmenšení jejich velikosti.

Oddělení kapalně a pevné fáze

Po ukončení třepání se vzorkovnice vyjme ze třepačky a po dobu (15 ± 5) min se ponechá v klidovém stavu, aby došlo k usazení suspendovaných pevných částic ve výluhu.

Následně se celý objem kapalně fáze přelije do centrifugačních zkumavek a kapalná fáze se odstředuje po dobu 30 min při 3000 ot/min.

U výluhu se stanoví jeho objem a změří se pH, konduktivita a teplota.

Výluhy se dále uchovají, viz EN ISO 5667-3 Kvalita vod – Odběr vzorků – Konzervace vzorků vod a manipulace s nimi. Dále se s vodným výluhem pracuje jako se vzorkem vody.

3.3.2 Postup vyluhování monolitických vzorků asfaltového materiálu

Vyluhovací zkouška monolitických vzorků vychází z normy ČSN EN 15 863, jejíž postup je modifikován pro zkoušení recyklovaných asfaltových materiálů stmelených novým pojivem. Vyluhovací zkouška je založena na vyluhování monolitického tělesa válcovitého tvaru v jednotlivých časových úsecích dle předem stanoveného schématu s pravidelnou výměnou vyluhovací kapaliny pro jednotlivé časové úseky vyluhování.

Před samotným vyluhovacím procesem je třeba určit velikost vyluhovací nádoby na základě stanovení jejího objemu a objem vyluhovací kapaliny. Povrch válcového monolitického tělesa připraveného k vyluhovací zkoušce se určí dle vztahu:

$$A = 2 \times \pi \times r \times (r + v), \quad (3)$$

kde A povrch monolitického vzorku [cm²],
 r poloměr základny monolitického vzorku [cm],
 v výška monolitického vzorku [cm].

Objem monolitu se vypočte podle vztahu:

$$V_1 = \pi \times r^2 \times v, \quad (4)$$

kde V_1 objem monolitického vzorku [cm³],
 r, v viz rovnice (3)

Objem vyluhovací kapaliny je definován vztahem:

$$V_2 = k \times A, \quad (5)$$

kde $k = 8 \pm 2$ poměr množství kapaliny, která je při vyluhovací zkoušce v kontaktu s monolitem a plochy povrchu zkušební tělesa [cm],
 V_2 objem vyluhovací kapaliny (ml),
 A viz rovnice (3).

Minimální objem vyluhovací nádoby se získá ze součtu vztahů (4) a (5). Pro zkoušku je důležité dodržet podmínku nejmenší vzdálenosti mezi zkušebním tělesem a stěnami i hladinou vyluhovací nádoby, resp. kapaliny, která je 2 cm. Při stanovení velikosti vyluhovací nádoby je nutno tuto podmínku zohlednit.

3.3.2.1 Chemikálie a činidla

- Ultračistá voda, stupeň 1 podle ISO 3696:1987

3.3.2.2 Pomůcky

- Vyluhovací nádoba příslušné velikosti ze skla uzavíratelná víkem, aby bylo zabráněno dlouhodobému kontaktu vyluhovací kapaliny se vzduchem. Víko nádoby musí být opatřeno otvorem o průměru 1-2 mm uprostřed víka.
- Vlasec s povrchovou úpravou PTFE.
- Tyčinka z libovolného materiálu (sklo, kov) o průměru cca 5 - 7 mm a délce cca 150 mm.
- Vzorkovnice pro uchování výluhů ze skla.

3.3.2.3 Podmínky zkoušení

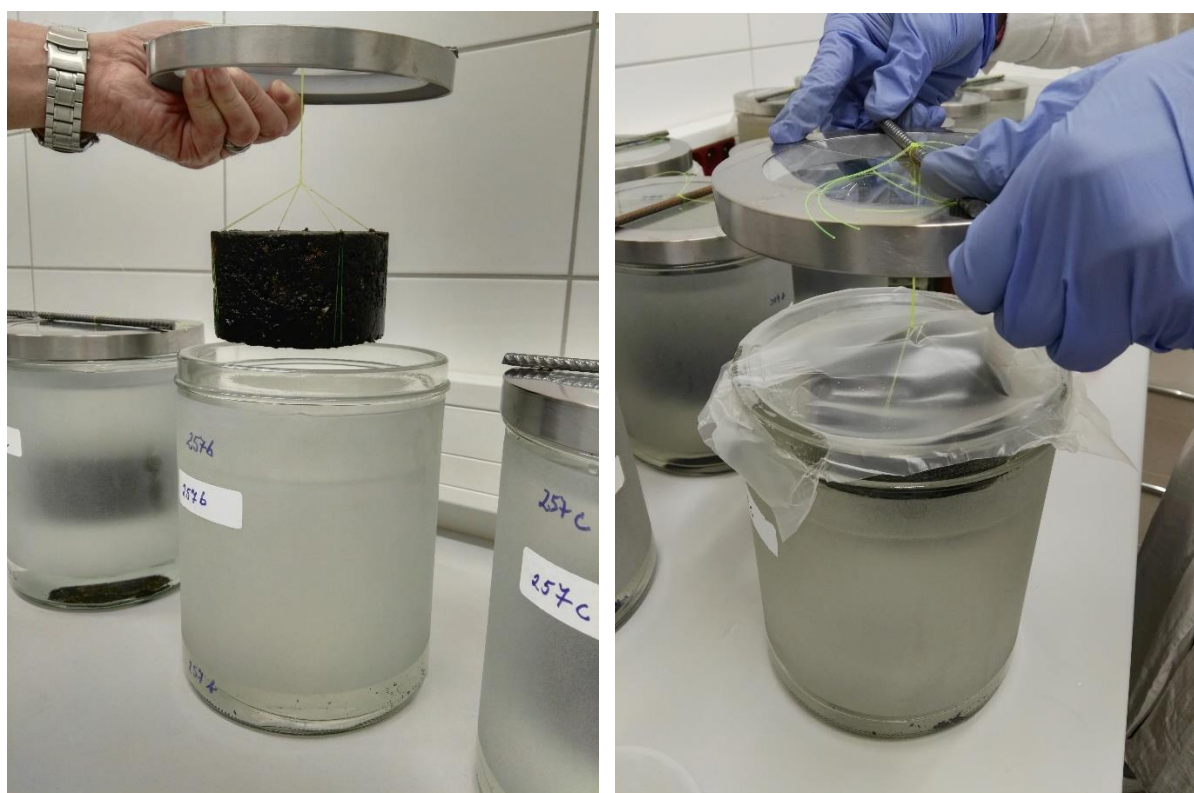
Vyluhovací zkouška se provádí v místnosti bez přístupu světla při okolní teplotě (20 ± 1)°C.

3.3.2.4 Postup vyluhovací zkoušky

Vzorek monolitu očištěný od prachových částic se ováže vlascem tak, aby konce úvazu směřovaly od středu horní monolitické podstavky směrem vzhůru. Konce úvazu se protáhnou

otvorem ve víku vyluhovací nádoby. Mezi dva konce úvazu se vloží tyčinka, která se položí na víko. Úvazy nad tyčinkou se sváží tak, aby bylo možné dále regulovat výšku zavěšení monolitu ve vyluhovací nádobě (Obr. 1).

Do vyluhovací nádoby se nalije příslušný objem vyluhovací kapaliny – ultračisté vody, viz kapitola 3.3.1.1, vypočtený dle vztahu (5). Monolit zavěšený na víku vyluhovací nádoby se ponoří do vyluhovací kapaliny a vyluhovací nádoba se víkem uzavře. Po té se upraví délka závěsu monolitu tak, aby byla splněna podmínka 2 cm vzdálenosti testovaného tělesa ode dna vyluhovací nádoby a hladiny vyluhovací kapaliny. Zkontroluje se také, zda je splněna podmínka minimální vzdálenosti 2 cm testovaného tělesa od stěn vyluhovací nádoby.



Obr. 1 Příklad úvazu monolitu

Zaznamená se čas t_0 jako čas začátku prvního kroku vyluhovací zkoušky, nastaví se podmínky pro vyluhovací zkoušku uvedené v části 3.3.2.3 a vzorek monolitu se nechá vyluhovat po dobu určenou prvním krokem vyluhovací zkoušky (Tabulka 1).

Po ukončení prvního kroku se zaznamená čas ukončení vyluhování t_1 , sejme se víko z vyluhovací nádoby, společně s víkem se vyjme monolit. Výluh z prvního kroku vyluhovací zkoušky se slije do předem připravených vzorkovnic určených pro jeho uchování do doby provedení analýzy bez případných uvolněných částic usazených na dně vyluhovací nádoby.

Pozn.: Velikost vzorkovnic by měla být zvolena tak, aby vzorkovnice na příslušnou analýzu byla naplněna po okraj z důvodu zabránění styku výluhu se vzduchem.

Do vyluhovací nádoby se opět nalije příslušný objem vyluhovací kapaliny – ultračisté vody, viz 3.3.1.1, vypočtený dle vztahu (4), do kapaliny se ponoří monolit a uzavře se víko. Zkontrolují se podmínky vyluhovací zkoušky popsané výše a zaznamená se čas t_2 jako čas počátku druhého kroku vyluhovací zkoušky. Postup se dále opakuje pro všechny stanovené kroky vyluhovací zkoušky dle uvedeného schématu vycházejícího z ČSN EN 15863 (Tabulka 1). Pro úsporu nákladů na zkoušky stačí provést analýzy pouze pro kroky označené ve sloupci „Analýza a výluh provedeny“ slovem „ano“. K výpočtu empirických parametrů rovnice (8) v tabulkovém procesoru se použijí data pro vyluhovací kroky označené ve sloupci „Použito k výpočtu“ slovem „ano“.

U každého vzorku vodného výluhu se neprodleně po jeho získání změří pH a elektrolytická konduktivita.

Tabulka 1: Schéma jednotlivých kroků vyluhovací zkoušky monolitů asfaltových směsí

Vyluhovací krok i	Délka vyluhovacího kroku [den]	Doba od začátku zkoušky t_i [den]	Analýza a výluh provedeny	Použito k výpočtu
1	0,25±0,01	0,25±0,01	ano	ne
2	0,75±0,03	1,00±0,03	ano	ne
3	1,25±0,04	2,25±0,08	ano	ne
4	1,75±0,08	4,00±0,17	ano	ano
5	5,00±0,25	9,00±0,42	ano	ano
6	7,00±0,33	16,00±0,75	ano	ano
7	20,00±1,00	36,00±1,75	ano	ano
8	28,00±1,00	64	ne	ne

Zdroj: ČSN EN 15863

3.4 Analytická stanovení

Při zpracování vodných výluhů získaných při vyluhovacích zkouškách jak zrnitých materiálů, tak monolitických vzorků se s nimi dále pracuje jako se vzorky vod.

3.4.1 Organická analýza

Postup přípravy vodného výluhu pro organickou analýzu je popsán v kapitolách 3.3.1 a 3.3.2. Příprava extraktu i samotná analýza je prováděna podle ČSN ISO 28 540 – Kvalita vod – Stanovení 16 polycyklických aromatických uhlovodíků ve vodě – Metoda plynové chromatografie s hmotnostně spektrometrickou detekcí (GC MS).

Z hlediska tohoto metodického postupu se stanovují následující polycyklické aromatické uhlovodíky: Naftalen (Nap), Anthracen (Ant), Fluoranthen (Fla), Chrysen (Chr), Benzo[b]fluoranthen (BbF), Benzo[k]fluoranthen (BkF), Benzo[a]pyren (BaP), a Benzo[ghi]perylen (BPe).

3.5 Hodnocení výsledků analytických stanovení

3.5.1 Hodnocení výsledků analýz zrnitého vzorku

Výsledkem analýzy je koncentrace stanovené látky vyjádřená ve hmotnostních jednotkách na jednotku množství vyluhovací kapaliny c [$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$]. Protože voda odtékající z povrchu komunikací není nijak legislativně definována, výsledné koncentrace PAU se porovnají s limity stanovenými pro povrchovou vodu dle Nařízení vlády 401/2015 Sb. Výsledek se slovně okomentuje.

3.5.2 Hodnocení výsledků analýz monolitických vzorků

Výsledky analýzy udávají množství vyluhované škodliviny R [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$], která za danou dobu vyluhovací zkoušky projde jednotkovou plochou povrchu vzorku do vyluhovací kapaliny. Vyluhování probíhá v jednotlivých krocích (Tabulka 1) a množství vyluhované škodliviny prošlé jednotkovou plochou v daném kroku se vypočte podle rovnice

$$r_i = \frac{10 \times c_i \times V_2}{A}, \quad (6)$$

kde	r_i	množství vyluhované škodliviny, která za příslušnou dobu i -tého kroku vyluhování projde jednotkovou plochou povrchu vzorku do vyluhovací kapaliny [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$]
	c_i	stanovená koncentrace škodliviny v kroku i [$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$] jako medián tří koncentrací škodlivin stanovených podle ČSN ISO 28 540 v odpovídajících vzorcích z příslušné hodnocené lokality
	V_2	viz rovnice (5)
	A	viz rovnice (3)

Celkové množství škodliviny, které projde po i vyluhovacích krocích jednotkovou plochou monolitického vzorku se vypočte podle rovnice

$$R = \sum_{j=1}^i r_j, \quad (7)$$

kde	R	množství vyluhované škodliviny, které za příslušnou dobu t_i vyluhování projde jednotkovou plochou povrchu vzorku do vyluhovací kapaliny [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$]
	r_j	viz rovnice (6).

Jednotlivými škodlivinami jsou polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU) uvedené v kapitole 3.4.1.

Hodnocení výsledků vyluhovacích zkoušek vychází z experimentálních dat a normy ČSN EN 15863. Závislost R na celkové době vyluhovací zkoušky vyhovuje empirickému vztahu

$$R = Rmax \cdot \frac{t}{P+t}, \quad (8)$$

kde	R	viz rovnice (7)
	t	doba vyluhování [den]
	$Rmax$	maximální vyluhovatelné množství škodliviny [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$]
	P	empirická konstanta (doba, za kterou se vyluhuje polovina vyluhovatelné škodliviny) [den]

Oba empirické parametry se vypočtou buď nelineární regresi ve vhodném statistickém software, nebo po linearizaci v tabulkovém procesoru pomocí funkce pro lineární regresi. Pro lineární regresi se nejprve provede transformace dat. K regresi se v tomto případě použije vztah

$$Y = Q \cdot X, \quad (9)$$

kde	Q	koeficient lineární regrese [-]
	X	nezávislá transformovaná proměnná [-]
	Y	závislá transformovaná proměnná [-]

a k transformaci vztahy

$$Y = \frac{R_m}{R} - 1, \quad (10)$$

$$X = \frac{t_m}{t} - 1, \quad (11)$$

kde	R, t	viz rovnice (8)
	t_m	celková doba provedené vyluhovací zkoušky (krok 7, Tabulka 1) [den]
	R_m	množství vyluhované škodliviny, která za celkovou dobu t_m provedené vyluhovací zkoušky projde jednotkovou plochou povrchu vzorku do vyluhovací kapaliny [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$]

Z regresního koeficientu Q se vypočtou parametry $Rmax$ a P podle vztahů

$$Rmax = \frac{R_m}{1-Q}, \quad (12)$$

$$P = \frac{Q}{1-Q} \cdot t_m, \quad (13)$$

kde	R_m, t_m	viz rovnice (11)
	Q	viz rovnice (9)

Podle vztahu (8) je možné odhadnout množství vyluhované škodliviny v libovolném čase. Hodnocení výsledků vyluhovacích zkoušek vychází z následujících předpokladů:

- Škodlivina je obsažena ve vodě odtékající z povrchu komunikace.
- Největší koncentrace škodliviny ve vodě odtékající z povrchu komunikace je v souladu se vztahem (8) při prvním dešti po jeho položení.
- Ke stanovení uvedené koncentrace se použije limitního vztahu pro rychlost vyluhování škodliviny z povrchu materiálu, který je dán směrnicí funkce (8) v čase $t=0$, definovanou rovnicí (14).

$$S_{R0} = \frac{R_{max}}{P}, \quad (14)$$

kde S_{R0} směrnicí rovnice (8) v bodě $t=0$ [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{den}^{-1}$]
 R_{max}, P viz rovnice (8).

- Odtok dešťových vod z komunikace s plochou S_S je dán vztahem

$$Q_S = \psi \cdot S_S \cdot q_s, \quad (15)$$

kde: Q_S průtok dešťových vod [$\text{l}\cdot\text{den}^{-1}$]
 ψ součinitel odtoku [-] (Tabulka 2)
 S_S plocha komunikace [m^2]
 q_s intenzita směrodatných srážek uvažované periodicity p [$\text{l}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{den}^{-1}$] (Tabulka 3)

- Koncentrace škodliviny ve vodách odtékajících z povrchu komunikace o ploše S_S je dána vztahem

$$c = \frac{S_{R0} \cdot S_S}{Q_S} = \frac{S_{R0}}{\psi \cdot q_s}, \quad (16)$$

kde Q_S, q_s, S_S, ψ viz rovnice (15)
 S_{R0} viz rovnice (14)
 c koncentrace škodliviny ve vodách odtékajících z komunikace [$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$]

Tabulka 2: Hodnoty součinitele odtoku při daném sklonu komunikace pro zpevněné pozemní komunikace (např. asfalt, beton, dlažba se zálivkou spár)

Sklon komunikace [%]	< 1	≥1 a ≤ 5	>5
ψ	0,7	0,8	0,9

Zdroj: TP 83

Tabulka 3: Význam koeficientu p – „Periodicita srážek“

p [-]	0,1	0,2	0,5	1,0	2,0	5,0
Výskyt srážek v čase [roky]	1x za 10 let	1x za 5 let	1x za 2 roky	1x ročně	2x ročně	5x ročně

Zdroj: Žabička 2008

Pokud je známa intenzita deště v hodnoceném místě, použije se ve vztahu (16). Jinak je možné k odhadu koncentrací odtékajících z povrchu komunikace využít tabelované údaje (Tabulka 4). K posouzení se využije nejnepříznivější případ, tj. doba trvání srážky 60 minut a periodičita $p = 1$ a nejpravděpodobnější případ, tj. doba trvání srážky 15 minut a periodičita $p = 5$. V obou případech se použije součinitel odtoku odpovídající reálným podmínkám na místě. Koncentrace takto spočtených škodlivin se porovnají s limitními hodnotami pro nejvyšší přípustné koncentrace (NEK-NPK) stanovených PAU pro povrchové vody dle Nařízení vlády o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod č. 401/2015 Sb. Ve výsledku hodnocení se uvede, zda tyto koncentrace odpovídají uvedeným limitům, případně o kolik procent překračují limitní hodnotu.

Tabulka 4: Intenzita dešťů q_s [$l \cdot m^{-2} \cdot den^{-1}$] v některých místech

Doba trvání srážek t [min]	5	10	15	15	15	15	30	60	60
Periodičita srážek p [-]	1	1	5	1	0,5	0,2	1	1	0,5
Brno	1 901	1 408	536	1 115	1 391	1 754	657	380	639
České Budějovice	1 728	1 244	484	976	1 244	1 642	596	346	622
Hradec Králové	2 160	1 339	475	976	1 236	1 572	570	320	536
Jihlava	1 901	1 356	467	1 045	1 365	1 814	622	363	648
Karlovy Vary	1 832	1 201	449	924	1 201	1 590	562	328	588
Olomouc	2 246	1 486	536	1 123	1 400	1 780	665	389	631
Ostrava	2 091	1 443	570	1 106	1 356	1 711	657	380	631
Plzeň	1 884	1 296	441	1 002	1 296	1 693	588	346	596
Praha	2 074	1 408	492	1 089	1 417	1 875	622	354	648
Zlín	2 100	1 503	596	1 192	1 469	1 840	708	415	674
Znojmo	2 246	1 555	492	1 175	1 512	1 979	708	406	708
Průměr	2 015	1 386	503	1 066	1 353	1 750	632	366	629

Zdroj: Žabička 2008

3.6 Využití materiálu pro následnou recyklaci

Formulář k vyhodnocování výsledků jednotlivých testů ukazuje Tabulka 5. Do každého řádku odpovídajícího hodnocené lokalitě, ze které byly vzorky odebrané v souladu s kapitolami 3.2.1 a 3.2.2, se do jednotlivých sloupců zaznamenají počty případů, ve kterých příslušný vzorek nevyhověl Nařízení vlády ČR č. 401/2015 Sb., Příloha 3 A - Povrchové toky, tab. 1b, normy environmentální kvality vyjádřené jako nejvyšší přípustné koncentrace (NEK-NPK). Celkový počet hodnocených limitů pro tento legislativní předpis je uveden v řádku „Počet hodnocených parametrů“.

Tabulka 5: Vyhodnocovací formulář k hodnocení výsledků analýz na n hodnocených lokalitách podle Nařízení vlády ČR č. 401/2015 Sb., Příloha 3 A - Povrchové toky, tab. 1b, hodnoty NEK-NPK

Materiál	Výluh – počty nevyhovujících případů			
	R-drcený	CR-drcený	CR-monolit	
Původ vzorku				Nejnepříznivější případ
L1				
L2				
...				
Ln				
Počet hodnocených parametrů	7	7	7	7

Zdroj: CDV

Pokud vyluhovací zkoušky vzorků drceného CR-materiálu a R-materiálu z příslušné odběrové lokality vyhoví ve všech parametrech, není nutné provádět výluhy z monolitů a materiály jsou vhodné k využití ve zpevněných i nezpevněných vrstvách. Pro odběrové lokality s nenulovými hodnotami v prvních dvou sloupcích se provedou vyluhovací zkoušky monolitů. Pokud vyhoví zkoušky monolitů v obou případech (Tabulka 5), jsou materiály vhodné do zpevněných vrstev. Pokud nevyhoví zkoušky monolitů pouze pro nejnepříznivější případ, není testovaný materiál vhodný k použití v oblastech s ochranou vod. Pokud nevyhoví obě zkoušky monolitů, není testovaný materiál vhodný k použití při stavbě, opravách nebo rekonstrukcích dopravních staveb.

3.7 Příklad hodnocení výsledků vyluhovacích zkoušek vzorků ze tří různých lokalit

Jako příklad aplikace metodiky slouží hodnocení následujících vzorků pocházejících ze tří různých hodnocených lokalit. Hodnotí se jednak původní R-materiál, dále pak recyklovaný CR-materiál. Hodnoty koncentrací PAU stanovené ve vodných výluzích provedené podle kapitoly 3.3.1 jsou porovnány s limitními hodnotami specifikovanými v kapitole 3.6 s vyznačením překročených hodnot (Tabulka 6, Tabulka 7).

U vyluhovací zkoušky monolitů, připravených z výše uvedených recyklovaných asfaltových směsí (CR) a splňujících podmínky uvedené v kapitolách 3.1, 3.2.2 a 3.3.2, je nejprve nutné uvést parametry vzorků a objem vyluhovací kapaliny. Obecně stanovovanými parametry měřeními ve výluhu jsou jeho konduktivita a pH (Tabulka 8).

Tabulka 6: Koncentrace PAU ve vodných výluzích drcených asfaltových směsí (R)

Vzorek	Původ vzorku	Nap	Ant	Fla	BbF	BkF	BaP	BPe
		[$\mu\text{g/l}$]	[$\mu\text{g/l}$]	[$\mu\text{g/l}$]	[$\mu\text{g/l}$]	[$\mu\text{g/l}$]	[$\mu\text{g/l}$]	[$\mu\text{g/l}$]
Z-256-17	L1	12,000	0,050	0,279	0,146	0,070	0,096	0,202
Z-300-17	L2	0,045	0,003	0,037	0,050	0,004	0,012	0,086
Z-330-17	L3	0,068	0,058	0,583	0,618	0,333	0,502	0,474
NV 401/2015 Sb. povrchové toky, NEK-NPK		130	0,1	0,12	0,17	0,17	0,27	0,0082

Zdroj: CDV

 Legenda: Překročení limitu stanoveného v Nařízení vlády ČR 401/2015 Sb., Příl. 3 A, tab. 1b, NEK-NPK
Tabulka 7: Koncentrace PAU ve vodných výluzích drcených asfaltových směsí (CR)

Vzorek	Původ vzorku	Nap	Ant	Fla	BbF	BkF	BaP	BPe
		[$\mu\text{g/l}$]	[$\mu\text{g/l}$]	[$\mu\text{g/l}$]	[$\mu\text{g/l}$]	[$\mu\text{g/l}$]	[$\mu\text{g/l}$]	[$\mu\text{g/l}$]
Z-258-17	L1	0,075	0,030	0,173	0,082	0,036	0,063	0,254
Z-302-17	L2	0,056	0,005	0,024	0,025	0,002	0,011	0,076
Z-332-17	L3	0,196	0,213	1,297	1,299	0,723	1,164	1,493
NV 401/2015 Sb. povrchové toky, NEK-NPK		130	0,1	0,12	0,17	0,17	0,27	0,0082

Zdroj: CDV

 Legenda: Překročení limitu stanoveného v Nařízení vlády ČR 401/2015 Sb., Příl. 3 A, tab. 1b, NEK-NPK
Tabulka 8: Průměrné hodnoty pH, konduktivity a objemu vyluhovací vody; hmotnosti a plochy zkušebních vzorků

Vzorek	Původ vzorku	pH	konduktivita	V_2	m	A	$k=V_2/A$
		[-]	[$\text{mS}\cdot\text{m}^{-1}$]	[ml]	[g]	[cm^2]	[cm]
Z-257-17	L1	10,07	7,197	2772,6	1006,3	346,6	7,999
Z-301-17	L2	10,08	6,103	2563,5	719,9	320,4	8,001
Z-331-17	L3	9.83	5,770	2614.8	839.5	326.9	7.999

Zdroj: CDV

Z koncentrací PAU ve výluhu a rozměrů zkušební vzorku se spočtou podle rovnice (6) množství vyluhované škodliviny, která za dobu příslušného kroku vyluhování projdou jednotkovou plochou povrchu vzorku do vyluhovací kapaliny. Podle rovnice (7) se spočtou celková množství škodlivin, která projdou po i vyluhovacích krocích jednotkovou plochou pro každý monolitický vzorek. Pro každou hodnocenou lokalitu reprezentovanou číslem vzorku (kapitola 3.1) se spočte medián výsledků pro každou škodlivinu (výsledné hodnoty viz Tabulka 9). Další postup výpočtu znečištění vod odtékajících z povrchů komunikací je názorně popsán v příkladu s využitím reálných dat, počínaje výpočtem množství vyluhovaných škodlivin, které za celkovou dobu vyluhování v příslušném kroku projde jednotkovou plochou povrchu vzorku do vyluhovací kapaliny (hodnota R).

Praktický postup výpočtu – příklad pro MS Excel:

Do přiloženého souboru (Monolithy-hodnoceni_sablona.xls pro Excel 97 – 2003 nebo Monolithy-hodnoceni_sablona.xlsm pro vyšší verze Excelu), list „Výpočet parametrů“ se vloží do prvního sloupce ("A") do podbarvené buňky označení příslušného vzorku. Ve druhém sloupci ("B") jsou vloženy příslušné doby vyluhování (Tabulka 1). Do dalších podbarvených sloupců se vloží hodnoty R jednotlivých hodnocených PAU jako mediány koncentrací PAU ve vzorcích opakovaně odebraných na jedné hodnocené lokalitě, jak definuje kapitola 3.1. Pokud se kopírují z jiného souboru, vloží se jako hodnoty. Takto se postupuje pro všechny hodnocené vzorky podle vzrůstajícího čísla jejich označení. Přiložený soubor je dimenzován na 10 hodnocených vzorků. Příklad vložených hodnot R obsahuje Tabulka 9.

Pozn.: Měnitelné buňky v souboru jsou podbarveny šedou barvou. Jejich změny je třeba provádět vepsáním dat nebo jejich překopírováním ze zdrojového souboru jako hodnoty, jinak se podbarvení měnitelných buněk může změnit.

Tabulka 9: Množství vyluhovaných škodlivin R , která za příslušnou dobu vyluhování t projdou jednotkovou plochou povrchu vzorku do vyluhovací kapaliny

Vzorek	Doba vyluhování t [den]	Nap	Ant	Fla	BbF	BkF	BaP	BPe
		[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^2$]
Z-257-17	0,25	2,420	0,602	1,163	0,949	0,407	0,091	0,391
Z-257-17	1	6,098	1,315	2,587	1,881	0,762	0,438	0,842
Z-257-17	2,25	15,677	2,112	4,566	2,448	1,010	0,540	1,192
Z-257-17	4	26,295	2,815	6,487	3,433	1,440	0,658	1,651
Z-257-17	9	33,090	3,508	8,126	3,789	1,578	0,711	1,933
Z-257-17	16	37,717	4,380	10,486	4,269	1,831	0,772	2,092
Z-257-17	36	44,209	4,991	12,318	4,397	1,872	0,788	2,141
Z-301-17	0,25	3,533	0,538	1,044	0,266	0,105	0,016	0,103
Z-301-17	1	6,799	0,903	1,479	0,614	0,198	0,059	0,315
Z-301-17	2,25	10,203	1,125	1,991	1,007	0,334	0,128	0,455
Z-301-17	4	12,940	1,318	2,641	1,803	0,527	0,198	0,792
Z-301-17	9	16,936	1,509	3,069	2,191	0,715	0,263	0,993
Z-301-17	16	21,163	1,841	3,439	2,272	0,731	0,279	1,045
Z-301-17	36	25,934	2,018	3,871	2,381	0,747	0,295	1,094
Z-331-17	0,25	3,570	0,408	0,653	0,093	0,058	0,016	0,048
Z-331-17	1	7,204	0,723	2,047	0,237	0,123	0,054	0,098
Z-331-17	2,25	10,017	1,085	3,670	0,341	0,163	0,101	0,192
Z-331-17	4	12,115	1,632	5,314	0,447	0,217	0,146	0,263
Z-331-17	9	13,447	2,005	7,178	0,596	0,278	0,162	0,326
Z-331-17	16	14,944	3,323	9,322	0,717	0,318	0,232	0,401
Z-331-17	36	16,777	4,165	12,309	0,838	0,396	0,280	0,441

Zdroj: CDV

Ve sloupci následujícím za sloupcem s hodnotami R posledního hodnoceného PAU jsou vloženy transformační vzorce dle rovnic (10) a (11) k výpočtům směrnice lineární regrese Q . Vzorce jsou v souboru uzamčeny a nelze je změnit. Příklad výsledků získaných transformací výše uvedených dat uvádí Tabulka 10.

Tabulka 10: Transformace doby vyluhování t a množství vyluhovaných škodlivin, která za příslušnou dobu vyluhování projdou jednotkovou plochou povrchu vzorku do vyluhovací kapaliny R , na bezrozměrné proměnné X a Y

Vzorek	Transformovaná doba vyluhování X	Nap	Ant	Fla	BbF	BkF	BaP	BPe
Z-257-17	143	17,267	7,294	9,588	3,636	3,595	7,686	4,476
Z-257-17	35	6,250	2,796	3,762	1,338	1,456	0,799	1,542
Z-257-17	15	1,820	1,364	1,698	0,796	0,853	0,459	0,796
Z-257-17	8	0,681	0,773	0,899	0,281	0,300	0,197	0,297
Z-257-17	3	0,336	0,423	0,516	0,160	0,186	0,108	0,108
Z-257-17	1,25	0,172	0,139	0,175	0,030	0,022	0,021	0,023
Z-257-17	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Z-301-17	143	6,340	2,752	2,709	7,947	6,118	17,450	9,668
Z-301-17	35	2,814	1,236	1,618	2,875	2,764	4,020	2,469
Z-301-17	15	1,542	0,794	0,944	1,365	1,238	1,312	1,404
Z-301-17	8	1,004	0,532	0,466	0,321	0,418	0,492	0,382
Z-301-17	3	0,531	0,337	0,261	0,087	0,045	0,122	0,102
Z-301-17	1,25	0,225	0,096	0,125	0,048	0,022	0,057	0,047
Z-301-17	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Z-331-17	143	3,699	9,214	17,841	7,990	5,846	16,513	8,164
Z-331-17	35	1,329	4,764	5,013	2,535	2,231	4,199	3,498
Z-331-17	15	0,675	2,840	2,354	1,454	1,438	1,774	1,296
Z-331-17	8	0,385	1,553	1,316	0,875	0,825	0,920	0,676
Z-331-17	3	0,248	1,077	0,715	0,405	0,425	0,731	0,350
Z-331-17	1,25	0,123	0,253	0,320	0,168	0,247	0,209	0,099
Z-331-17	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Zdroj: CDV

V následujících sloupcích jsou uvedeny názvy parametrů Q , P , R_{max} a S_{RO} s rozměry těchto veličin, v dalších sloupcích pak jsou vloženy vzorce pro jejich výpočet podle rovnic (9), (12), (13) a (14), přičemž se do výpočtu zahrnují kroky 4, 5, 6 a 7, Tabulka 1. Takto je zpracován postup se vzorky monolitů ze všech hodnocených lokalit a všechny buňky se vzorci jsou zabezpečeny proti změně. Z testovaných dat vypočtené výsledky hodnot Q , R_{max} , P a S_{RO} uvádí Tabulka 11.

Tabulka 11: Parametry pro výpočty koncentrací PAU ve vodách odtékajících z povrchů komunikací

Vzorek	Parametr	Nap	Ant	Fla	BbF	BkF	BaP	BPe
Z-257-17	Q [-]	0,090	0,102	0,120	0,037	0,040	0,026	0,037
	P [den]	3,539	4,102	4,915	1,386	1,502	0,955	1,366
	Rmax [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$]	48,555	5,560	14,000	4,566	1,950	0,809	2,222
	S _{RO} [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{den}^{-1}$]	13,721	1,355	2,848	3,294	1,298	0,847	1,627
Z-301-17	Q [-]	0,133	0,072	0,063	0,039	0,047	0,059	0,046
	P [den]	5,517	2,803	2,403	1,449	1,776	2,244	1,728
	Rmax [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$]	29,908	2,176	4,129	2,477	0,784	0,314	1,146
	S _{RO} [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{den}^{-1}$]	5,421	0,776	1,718	1,709	0,441	0,140	0,663
Z-331-17	Q [-]	0,053	0,214	0,175	0,113	0,110	0,132	0,088
	P [den]	2,027	9,813	7,656	4,586	4,438	5,459	3,486
	Rmax [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$]	17,565	5,160	14,629	0,939	0,439	0,315	0,482
	S _{RO} [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{den}^{-1}$]	8,665	0,526	1,911	0,205	0,099	0,058	0,138

Zdroj: CDV

S využitím hodnot součinitele odtoku (Tabulka 2) a dat o intenzitách deště (Tabulka 4) se nakonec vypočtou podle rovnice (16) koncentrace PAU, odpovídající jejich koncentracím ve vodách odtékajících z komunikace při prvním dešti a porovnají se s příslušnými limity. Vypočtené hodnoty jsou přehledně uvedeny na listě „Výsledky“ s vyznačením hodnot překračujících uvedené legislativní limity. V tomto listě jsou uvedeny i hodnoty průměrných intenzit deště a součinitelů odtoku (Tabulka 4 a Tabulka 2) vhodných k tomuto hodnocení s názorným vyznačením hodnot použitých pro nejnepříznivější a nejpravděpodobnější scénář. Data týkající se součinitele odtoku a intenzit deště se dají měnit dle vlastního scénáře tak, že se modifikují podbarvená data, aby průměrné intenzity deště měly požadované hodnoty. Pro případ jejich ztráty je zde vložena i jejich zabezpečená záloha. Záložními daty se obnoví ztracená nebo změněná data překopírováním hodnot. Takto se dají obnovit i názvy měst, ke kterým se data vztahují.

V příloženém souboru na listu „Výsledky“ Závislost množství příslušného PAU prošlého do výluhu jednotkovou plochou na době vyluhování (vyluhovací křivky) pro jednotlivé testované vzorky je možné zobrazit v listu „Data a graf“, který je zabezpečen proti přepsání.

Pozn.: Toto zobrazení funguje pouze v případě, že označení vzorků na listě „Výpočet parametrů“ je vloženo postupně od nejnižší hodnoty po nejvyšší.

Příklady souhrnného hodnocení výsledků vyluhovacích zkoušek uvádí Tabulka 12 a Tabulka 13. Jako vstupní data byly použity v uvedeném příkladu průměrné hodnoty intenzit deště (viz Tabulka 4). V případě nejnepříznivějšího scénáře to byly intenzity deště s dobou trvání 60 minut a periodicitou srážek 1x ročně při součiniteli odtoku odpovídajícímu sklonu <1% ($\psi=0,7$), pro nejpravděpodobnější scénář hodnoty intenzit dešťů s dobou trvání 15 minut a periodicitou srážek 5x ročně při součiniteli odtoku odpovídajícímu sklonu 1 – 5% ($\psi=0,8$).

Tabulka 12: Nejnepříznivější případ - rovina

Vzorek	Původ směsi	Nap	Ant	Fla	BbF	BkF	BaP	BPe
		[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]
Z-257-17	L1	0,0536	0,0053	0,0111	0,0129	0,0051	0,0033	0,0064
Z-301-17	L2	0,0212	0,0030	0,0067	0,0067	0,0017	0,0005	0,0026
Z-331-17	L3	0,0338	0,0021	0,0075	0,0008	0,0004	0,0002	0,0005
NV 401/2015 Sb, povrchové toky, NEK-NPK		130	0,1	0,12	0,17	0,17	0,27	0,0082

Zdroj: CDV

 Legenda: Překročení limitu stanoveného v Nařízení vlády ČR 401/2015 Sb., Příl. 3 A, tab. 1b, NEK-NPK
Tabulka 13: Nejpravděpodobnější případ - sklon 1 až 5 %

Vzorek	Původ směsi	Nap	Ant	Fla	BbF	BkF	BaP	BPe
		[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]
Z-257-17	L1	0,0341	0,0034	0,0071	0,0082	0,0032	0,0021	0,0040
Z-301-17	L2	0,0135	0,0019	0,0043	0,0042	0,0011	0,0003	0,0016
Z-331-17	L3	0,0215	0,0013	0,0047	0,0005	0,0002	0,0001	0,0003
NV 401/2015 Sb, povrchové toky, NEK-NPK		130	0,1	0,12	0,17	0,17	0,27	0,0082

Zdroj: CDV

 Legenda: Překročení limitu stanoveného v Nařízení vlády ČR 401/2015 Sb., Příl. 3 A, tab. 1b, NEK-NPK

Obsahy PAU na třech hodnocených odběrových lokalitách ve vodných výluzích předrcených asfaltových směsí uvedeného příkladu nevyhověly Nařízení vlády ČR č. 401/2015 Sb. Obsahy PAU ve vodných výluzích z monolitů připravených z asfaltových směsí odebraných na třech odběrových lokalitách uvedeného příkladu vyhověly ve všech parametrech Nařízení vlády ČR č. 401/2015 Sb. (Tabulka 14).

Tabulka 14: Počty nevyhovujících případů dle Nařízení vlády ČR č. 401/2015 Sb. pro tři hodnocené lokality

Materiál	Výluh – počty nevyhovujících případů			
	R-drcený	CR-drcený	CR-monolit	
Původ vzorku			Nejnepříznivější případ	Nejpravděpodobnější případ
L1	2	2	0	0
L2	1	1	0	0
L3	6	5	0	0
Počet hodnocených parametrů	7	7	7	7

Zdroj: CDV

Závěr:

Materiály odebrané na odběrových lokalitách L1, L2 a L3 uvedeného příkladu jsou vhodné k použití v silničním stavitelství do zpevněných vrstev bez dalšího omezení.

4 Srovnání novosti postupů

Problematika hledání nových postupů pro provádění vyluhovacích zkoušek u silničních staveb je diskutována již řadu let. Jedním z klíčových motivačních faktorů je skutečnost, že v zásadě všechny dnes používané nebo přípustné zkušební metody, u kterých jsou pro výsledný výluh stanoveny nějaké normativní či zákonné požadavky na limity vyluhování škodlivých látek v koncentracích přesahujících specifikované meze, pracují s volně loženým (nezhutněným a především nestmeleným) materiálem. Tato skutečnost dobře simuluje podmínky použití nestmelených minerálních hornin či zemin v podloží, podkladních systémech a zemních tělesech konstrukcí vozovek nebo železničních staveb nebo nestmelené podkladní vrstvy konstrukcí vozovek. Používané metody, resp. skutečnost, že se využívají dezintegrovací materiály, však neodpovídá povaze jejich použití v konstrukci vozovky, pokud zrnitý materiál typu kamenivo, zemina, zrnitý recyklát (umělé kamenivo) byl použit ve směsi, která byla stmelena hydraulickým pojivem nebo asfaltem. V tomto případě totiž vzniká kompozit, který má jen omezenou mezerovitost a tedy omezenou propustnost vody, současně ale zrna bývají obalena pojivem, které ve většině případů intenzivnější vyluhování škodlivých látek minimalizuje nebo pasivuje. Pokud se ale takový kompozit pro účely běžně používaných a požadovaných vsádkových vyluhovacích metod před vlastním vyluhovacím cyklem (cykly) předrtí či přemele, pasivační funkce se ztratí, jelikož se zrna opětovně obnaží. Kromě ztráty funkce obalení či pasivace se navíc vytváří podoba materiálu, ve které v konstrukci vozovky není zabudován. Tudíž i výsledek vyluhovací zkoušky neodpovídá realitě a podmínkám, které v konstrukci vozovky mohou nastat nebo nastávají.

Již v rámci evropského projektu ReRoad, který byl řešen v rámci schématu 6. rámcového programu podpory vědy a výzkumu v EU byla problematice vyluhování u asfaltových vozovek v souvislosti s jejich recyklací věnována pozornost. Byl zde kromě porovnání některých metod definován i zkušební postup s recirkulačním testem, který v jedné z variant uvažoval i s monolitickým zkušebním vzorkem. V rámci později řešeného evropského projektu CoRePaSol, který se zaměřoval na návrh harmonizovaných specifikací pro technologie recyklace asfaltových vozovek za studena, byla v rámci pracovního balíčku WP5 problematice opětovně věnována pozornost. Důvodem byla skutečnost, že specifickým problémem některých konstrukcí vozovek budovaných v minulosti je přítomnost černouhelného dehtu, který v sobě obsahuje násobně vyšší koncentrace škodlivých PAU. Pokud se takové konstrukce recyklují, zvyšuje se riziko uvolnění těchto polycyklických aromatů do prostředí, čemuž se dnes technologicky předchází používáním recyklace za studena na místě s využitím asfaltové pěny nebo asfaltové emulze, jelikož je obecně známo, že asfaltový film, který obalí riziková zrna, pasivuje účinek nadměrného vyluhování škodlivých látek do okolí. Proto byly nejprve identifikovány různé metody, které se pro vyluhovací zkoušky v Evropě používají. I zde byla na prvním místě uváděna vsádková metoda dle EN 12457-4. Vedle toho byly ale identifikovány i další metody jako je vsádková zkušební metoda pro zeminy dle ISO 21268-1, vyluhovací zkouška pro kamenivo dle EN 1744-3, zmiňovaná metoda ověřovaná v rámci ReRoad projektu, perkolační (překapávací) metoda s horním přítokem vody podle postupů, které byly rozvíjeny v rámci technické komise CEN TC 351 a odpovídají CEN/TC 14405, jakož i některé monolitické zkoušky, které byly v některých zemích Evropy laboratorně ověřovány a to včetně jednoduchého postupu, který v minulosti prováděl VÚV TGM ve spolupráci s Fakultou stavební ČVUT v Praze, kdy se válcová zkušební tělesa ukládala do velké nádoby s vodou, z níž se po dobu až 64 dní postupně odebíral výluh pro další testování. Vyjma

monolitických experimentálních testů všechny metody, které jsou dosud specifikovány v technických normách či technických informacích CEN, pracují se zrnitým (nezhutněným a nestmeleným) materiálem s velikostí zrn mezi 4 a 32 mm. Tato skutečnost tak nadále neřešila podstatu potřeby monolitických zkušebních metod, kterou je lepší přiblížení vyluhovací zkoušky reálným podmínkám ve vozovce a způsobu, s jakou rychlostí k vyluhování dochází.

Nedostatky a absenci vhodných postupů s dostatečným souborem opakovaných výsledků, které laboratorní postup validují, do značné míry má eliminovat zde popsána metoda, kterou podrobněji vymezuje kapitola 3.2.2. V tom je přínos metodiky nový a v České republice neexistuje dnes alternativní postup, který by v obdobné míře a se zvolenou komplexností vhodnou monolitickou zkoušku vymezoval, a to včetně jednotných okrajových podmínek jejího provedení.

Druhý aspekt novosti se týká kombinace provedení výluhu u zrnitého materiálu a výluhu stanoveného na monolitických zkušebních tělesech. Komplexně provedený postup pro dvě stádia výskytu zrnitého materiálu se může jevit jako časově náročný, poskytuje však ucelenou informaci. Navíc může pomoci objasnit pro každý konkrétní případ přínos, pokud se problematický zrnitý materiál (například recyklované kamenivo nebo jiný zrnitý vedlejší produkt průmyslové výroby či odpad) použije v konstrukci vozovky, před vlastním zabudováním však dojde k jeho promísení s vhodným pojivem, které umožní nejen stmelení jednotlivých komponent, ale současně zajistí i jistou úroveň pasivace, resp. eliminace nadměrného vyluhování škodlivých látek.

V ČR dnes pro dopravní stavby (a nejen pro ně) srovnatelný postup neexistuje. Dokonce nejsou k dispozici ani dostatečná porovnání, která by pro některé aplikace přinášela argumenty o vhodnosti používání vsádkových metod. Jelikož jsou tyto metody harmonizované evropskou normou, jsou používány bez ohledu na to, zda se v dostatečné míře blíží realitě. V Evropě je opět jako jednotící a mezi státy porovnatelná používána pouze některá z uvedených vsádkových metod, jak je upravují výše uvedené normy. Ani na této úrovni neexistuje jednotná monolitická zkouška. Tím pádem neexistují ani ucelené nástroje porovnávající výsledek vsádkové metody pro výskyt sledovaného materiálu v nestmelené podobě s výsledky monolitické zkoušky, kde se má prokázat účinek vlivu obalení zrn zrnitého materiálu a jejich stmelení, čímž se významně sníží množství vyluhovaných škodlivin.

5 Popis uplatnění certifikované metodiky

Metodika byla pojata jako dokument sloužící zejména ke zrychlení a zjednodušení procesu posouzení R-materiálu z hlediska jeho následného využití v silničním stavitelství za předpokladu dodržení legislativních požadavků na ochranu životního prostředí v České republice. Metodika proto nalezne uplatnění zejména v oblasti oprav, rekonstrukcí a případně i nové výstavby pozemních komunikací jak pro zpevněné, tak i nezpevněné vrstvy.

Primárně bude tedy metodika sloužit zejména firmám a společnostem provádějícím opravné, udržovací nebo stavební práce na pozemních komunikacích. Na tyto subjekty je apelováno, aby pokud možno v co největší možné míře znovu využívaly již použité stavební materiály, což vede k předcházení vzniku odpadů, šetření s přírodními zdroji a zachování udržitelného rozvoje. Aplikací postupů této metodiky budou stavební subjekty schopné poměrně jednoduše a v krátkém časovém intervalu určit, do jaké míry a v jaké úpravě bude možné využít původní asfaltový R-materiál a v rámci jakých částí komunikace.

Metodika bude dále sloužit jako podpůrný nástroj pro nadřízené orgány jako MD ČR, MŽP, ŘSD, krajské a městské úřady atd., které pomocí dohledu nad její aplikací při plánovaných stavebních pracích mohou kvalitněji zajistit jak druhotné využívání stavebních materiálů, tak také kontrolu nad vlivem těchto materiálů na životní prostředí.

6 Ekonomické aspekty

Metodika se zabývá postupem zkoušení vzorků R-materiálu, případě znovuzískané asfaltové směsi před zahájením oprav, rekonstrukcí nebo nových staveb pozemních komunikací pro rozhodnutí o správném způsobu znovuvyužití těchto materiálů v rámci příslušných staveb. Design zkoušení těchto materiálů byl zvolen tak, aby co nejlépe popsal uvolňování škodlivin ze zrnitých či zhutněných materiálů při jejich styku s vodou v reálných podmínkách.

Aplikace metodiky v praxi má za cíl vést ke zvýšení množství znovuvyužití stavebních materiálů v co největší možné míře v souladu s požadavky na ochranu životního prostředí, což vede k úspoře nákladů na provádění stavebních prací na pozemních komunikacích. Pokud již v počátku plánování stavební činnosti označíme R-materiál na základě aplikace metodiky jako vedlejší produkt (ne odpad), znamená to úsporu finančních prostředků v oblasti nákupu nových surovin (kameniva) a nákladů na jejich přepravu do místa určení. V tomto případě pak lze uvést i úsporu v oblasti životního prostředí, kdy dochází k šetření životního prostředí a hospodárnému využívání přírodních zdrojů. V případě, kdy R-materiál není odpadem, jsou také uspořeny náklady na likvidaci nebo uskladnění těchto odpadových materiálů na skládkách, včetně jejich přepravy.

Celkově se bude výše úspory finančních prostředků pro dané stavební práce na pozemní komunikaci odvíjet od velikosti opravované či nově stavěné plochy komunikace. V počátku využití metodiky je nutné investovat do odběru vzorků a jejich testování dle metodiky. Tato investice je však ve srovnání s úsporou finančních prostředků při znovuvyužití R-materiálu v místě stavby mnohonásobně nižší.

7 Seznam publikací, které předcházely metodice

- BUCKOVÁ, Martina, Roman LIČBINSKÝ, Vilma JANDOVÁ et al. Leaching of metals from reclaimed asphalt and their effect on living organisms. *WASTE FORUM*, 2018, no. 3, p. 326-335. ISSN 1804-0195.
- JANDOVÁ, Vilma, Roman LIČBINSKÝ, Jiří HUZLÍK et al. Uvolňování polyaromatických uhlovodíků z recyklátu z asfaltových vrstev vozovek v reálných podmínkách. *Silniční obzor*, 2017, roč. 78, č. 7-8, s. 179 - 184. ISSN 0322-7154.
- LIČBINSKÝ, Roman, Jiří HUZLÍK, Iva PROVALILOVÁ et al. Groundwater contamination caused by road construction materials. *Transaction on Transport Sciences*, 2012, vol. 5, no. 4, p. 205-214. ISSN 1802-971X.
- ENELL, Anja, Ciaran MCNALLY, Roman LIČBINSKÝ et al. Environmental characterisation of Reclaimed Asphalt – Waterborne Emissions. *Re-Road final conference*. Brusel (Belgie), 13. 11. 2012.
- LIČBINSKÝ, Roman, Jiří HUZLÍK a Vilma JANDOVÁ. Leaching of harmful compounds from reclaimed asphalt under real conditions. In *WASCON 2012 Conference proceedings*, Göteborg (Švédsko), 30.5. - 1.6.2012 [CD-ROM]. Linköping, ISCOWA, SGI, 2012.
- ENELL, Anja, Ciaran MCNALLY, Roman LIČBINSKÝ et al. Environmental characterisation of Reclaimed Asphalt. In *WASCON 2012 Conference proceedings*, Göteborg (Švédsko), 30.5. - 1.6.2012 [CD-ROM]. Linköping, ISCOWA, SGI, 2012.

8 Použitá literatura

- ČSN ISO 3696:1994. Jakost vody pro analytické účely. Specifikace a zkušební metody. Praha: Český normalizační institut.
- ČSN EN ISO 5667-3:2012. Kvalita vod – Odběr vzorků – Část 3: Konzervace vzorků a manipulace s nimi. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.
- ČSN ISO 11465:1998. Kvalita půdy – Stanovení hmotnostního podílu sušiny a hmotnostní vlhkosti půdy – Gravimetrická metoda. Praha: Český normalizační institut.
- ČSN EN 12457-4:2003. Charakterizace odpadů – Vyluhování – Ověřovací zkouška vyluhovatelnosti zrnitých odpadů a kalů – Část 4: Jednostupňová vsádková zkouška při poměru kapalné a pevné fáze 10 l/kg pro materiály se zrnitostí menší než 10 mm (bez zmenšení velikosti částic, nebo s ním). Praha: Český normalizační institut.
- ČSN EN 13108-8:2017. Asfaltové směsi – Specifikace pro materiály – Část 8: R-materiál. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.
- ČSN EN 15 863:2017. Charakterizace odpadů – Základní charakterizační zkouška vyluhovatelnosti - Dynamická vyluhovací zkouška monolitických odpadů s pravidelně se opakující obnovou výluhu za stanovených zkušebních podmínek. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.
- ČSN ISO 28 540: 2012. Kvalita vod – Stanovení 16 polycyklických aromatických uhlovodíků (PAH) ve vodě – Metoda plynové chromatografie s hmotnostně spektrometrickou detekcí (GC-MS). Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.
- Metodický pokyn Ministerstva životního prostředí Příprava zkušebního vzorku pro posouzení odpadů na základě jejich vyluhovatelnosti a obsahu škodlivin v sušině. Věstník MŽP 12, prosinec 2010.
- Nařízení vlády ČR č. 401/2015 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech.
- Odvodnění zpevněných ploch vsakováním. [on line], [cit. 26-10-2018]. Dostupné z: <<https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/4846-odvodneni-zpevnnych-ploch-vsakovanim>>.
- Technické podmínky TP 83 Odvodnění pozemních komunikací. 2014. Ministerstvo dopravy, odbor pozemních komunikací.
- Technický katalog IV. Štěrbínové žlaby - page 96. [on line], [cit. 26-10-2018]. Dostupné z: <<http://www.babc.cz/katalogy/technicky-katalog-szi/files/assets/basic-html/page96.html>>.
- Žabička, Z. Odvodnění zpevněných ploch vsakováním. Český instalatér 2/2008. [on line], [cit. 26-10-2018]. Dostupné z: <<https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/4846-odvodneni-zpevnnych-ploch-vsakovanim>>.

Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.
Líšeňská 33a
636 00 Brno
www.cdv.cz

