

WASTE FORUM



RECENZOVANÝ ČASOPIS PRO VÝSLEDKY VÝZKUMU A VÝVOJE
PRO ODPADOVÉ HOSPODÁŘSTVÍ

ROČNÍK 2012

číslo 1
strana 1 – 59

Patron čísla

7. ročník česko-slovenského symposia
Výsledky výzkumu a vývoje pro odpadové hospodářství
ODPADOVÉ FÓRUM 2012 (25. – 27. 4. 2012, Kouty nad Desnou)
www.odpadoveforum.cz/symposium2012

OBSAH

Úvodní slovo šéfredaktora	3
Pro autory	3
Ověření použitelnosti Metodiky hodnocení implementace environmentálních politik na příkladu poplatků za uložení odpadu na skládky Fees for Depositing Waste in Landfills <i>Alena HADRABOVÁ</i>	4
Metody hodnocení ekologických a zdravotních rizik při využívání odpadů Methods of ecological and health risks assessment in the use of waste <i>Anna CIDLINOVÁ, Magdaléna ZIMOVÁ, Ján MELICHERČÍK, Zdeňka WITTLINGEROVÁ, Petra ŠEVČÍKOVÁ</i>	15
Testování ekologické vhodnosti stavebních výrobků Testing of ecological suitability of building products <i>Hana ŠTEGNEROVÁ, Jaroslava LEDEREROVÁ, Miroslav SVOBODA, Pavel LEBER</i>	23
Možnosť využitia recyklovaného kameniva z demolačného stavebného odpadu ako plniva do betónu The possibility of use of recycled aggregate from construction demolition waste as an aggregate in concrete <i>Miriám LEDEREROVÁ</i>	29
Studie vhodnosti využití struskového kameniva při výrobě vláknobetonu Study of convenient use of the slag aggregate in fibre reinforced concrete <i>Vladimíra VYTLAČILOVÁ, Karel ŠEPS, Aneta RAINOVÁ</i>	40
Vývoj činidla pro flotaci uhelných kalů na bázi biologických komponent The development of agent for flotation of coal sludge based on biological components <i>Radim PAVLÍK, Jiří VIDLÁŘ</i>	48
7. ročník česko-slovenského symposia Výsledky výzkumu a vývoje pro odpadové hospodářství ODPADOVÉ FÓRUM 2012	58
Interaktivní sborník (archiv) ODPADOVÉHO FÓRA 2006 – 2010 <u>zdarma!</u>	59

WASTE FORUM – recenzovaný časopis pro výsledky výzkumu a vývoje pro odpadové hospodářství

ISSN: 1804-0195; www.WasteForum.cz. Vychází čtvrtletně.

Ročník 2012, číslo 1

Vydavatel: CEMC – České ekologické manažerské centrum, IČO: 45249741, www.cemc.cz

Adresa redakce: CEMC, Jevanská 12, 100 31 Praha 10, ČR, fax: +420/274 775 869

Šéfredaktor: Ing. Ondřej Procházka, CSc., tel.: +420/274 784 448, 723 950 237, e-mail: prochazka@cemc.cz

Redakční rada: Prof. Ing. Dagmar Juchelková, Ph.D., prof. Ing. František Kaštánek, CSc., prof. Ing. Mečislav Kuraš, CSc.,
prof. Ing. Karel Obroučka, CSc., doc. RNDr. Jana Kotovicová, Ph.D., doc. Ing. Vladimír Čablík, CSc.,
doc. Dr. Ing. Martin Kubal, doc. Ing. Lubomír Růžek, CSc., doc. Ing. Miroslav Škopán, CSc.,
Ing. Vratislav Bednařík, CSc.

Web-master: Ing. Vladimír Študent

Redakční uzávěrka: 8. 1. 2012. Vychází: 12. 3. 2012



Úvodní slovo šéfredaktora

Vážení čtenáři,

v předmluvě minulého čísla, na internetových stránkách časopisu i rozeslanými e-mailovými zprávami jsem ke konci minulého roku informoval, že v zájmu zvýšení podílu příspěvků v anglickém jazyce jsme se rozhodli poplatek za uveřejnění Poděkování u příspěvků v českém nebo slovenském jazyce zvýšit z 200 Kč na 500 Kč, zatímco u příspěvků v anglickém jazyce zůstává tento poplatek beze změny.

Zatím se to prakticky nijak neprojevalo, všechny příspěvky jsou v češtině nebo slovenštině. Doufám, že to autory nezaskočí.

A teď k tomuto číslu. Do redakce jsem tentokrát obdržel pouze šest příspěvků a všechny nakonec prošly sítím recenzních posudků. Ale dlouho to bylo napínavé, protože řadě recenzentů na vypracování posudku nestačil ani více než měsíc, který jsem jim dal, a já dlouho nevěděl, zda se posudku dočkám nebo ne. Opět se stalo, že k některým příspěvkům přišel jeden posudek kladný s minimem připomínek a druhý ne sice zcela zamítavý, ale s celou řadou připomínek. V těchto případech nechávám plně na autorovi, co si z toho vybere. Posoudit sám, jak jsou připomínky podstatné a jak se s nimi autor vyrovnal, na to si odborně netroufám a tak bych správně měl třetího nezávislého recenzenta nebo znovu poslat upravený příspěvek k posouzení oběma recenzentům a jejich připomínky zase autorovi, autorem nově upravený příspěvek poslat... Na to v současnosti opravdu nemám čas! Už jsem kvůli tomu přišel o dva uražené recenzenty.

A v neposlední řadě zvu všechny čtenáře na již **7. ročník česko-slovenského symposia Výsledky výzkumu a vývoje pro odpadové hospodářství ODPADOVÉ FÓRUM 2012, které se koná 25. až 27. dubna 2012** opět v Koutech nad Desnou v Jeseníkách. Na adrese www.odpadoveforum.cz/symposium2012 najdete předběžný program symposia, formulář přihlášky účasti a další informace. **Termín pro zaslání přihlášek účasti je 31. března 2012.** Generálním partnerem symposia je společnost [EPS, s. r. o.](http://EPS.s.r.o.)

Přestože předběžný program symposia je již vystaven, stále je možné přihlásit nový příspěvek, a to až do 15. března – termínu pro zaslání plných textů příspěvků do sborníku. V programu je k 1. 3. přihlášeno celkem 52 příspěvků, z toho je 41 přednášek a 11 vývěsek. Přednášky jsou rozděleny do plenární sekce, která bude ve středu 25. 4. odpoledne, a šesti odborných sekcí, které se všechny uskuteční ve čtvrtek 26. 4. V pátek 27. 4. je plánována odborná exkurze na bioplynovou stanici v Šumperku, která využívá suchou technologii anaerobní digesce. Účastníci, kteří si ještě neprohlédli přečerpávací elektrárnu Dlouhé stráně, budou mít rovněž možnost.

Uzávěrka dalšího čísla časopisu WASTE FORUM je 8. dubna

Ondřej Procházka

Pro autory

České ekologické manažerské centrum (CEMC) na vydávání časopisu WASTE FORUM nedostává žádnou podporu z veřejných zdrojů. Proto se snažíme minimalizovat náklady spojené s vydáváním tohoto časopisu. Proto je časopis vydáván pouze v elektronické podobě a čísla jsou zveřejňována na volně přístupných internetových stránkách www.WasteForum.cz.

Pro snížení pracnosti přípravy jednotlivých čísel požadujeme, aby autoři příspěvků je posílali do redakce v kompletně zalomené podobě i se zabudovanými obrázky a tabulkami, tak zvané „**printer-ready**“. Pokyny k obsahovému členění a grafické úpravě příspěvků spolu s přímo použitelnou **šablonou grafické úpravy** ve WORDu jsou uvedeny na www-stránkách časopisu v sekci **Pro autory**.

Uveřejnění příspěvků v časopisu WASTE FORUM je v zásadě bezplatné. Nicméně abychom příjmově pokryli alespoň nezbytné externí náklady spojené s vydáváním časopisu (poplatky za webhosting, softwarová podpora), vybíráme symbolický poplatek za uveřejnění poděkování grantové agentuře či konstatování, že článek vznikl v rámci řešení určitého projektu. Více na www-stránkách v sekci **Inzerce**.

Ověření použitelnosti Metodiky hodnocení implementace environmentálních politik na příkladu poplatků za uložení odpadu na skládky

Alena HADRABOVÁ^{a, b}

^{a)} Katedra politologie, Fakulta mezinárodních vztahů

^{b)} Institut pro udržitelné podnikání, Vysoká škola ekonomická, Nám. Winstona Churchilla 4, 130 67 Praha 3, Česká republika

E-mail: hadraba@vse.cz

Souhrn

Cíle Státní politiky ochrany životního prostředí lze prosazovat prostřednictvím různých nástrojů, které mají odpovědné orgány k dispozici. Jde buď o nástroje direktivního, administrativního charakteru, nebo o nástroje tržně orientované, ekonomické, které mají vyvolat žádoucí odezvu na základě ekonomické kalkulace znečišťovatele. Klíčovou otázkou, která se v souvislosti s těmito nástroji objevuje, je to, zda je jejich použití skutečně efektivní, tj. zda žádoucí odezvu opravdu vyvolají a vedou znečišťovatele k takovému chování, které je v souladu se stanovenými cíli společnosti. Informace o možné úspěšnosti či neúspěšnosti uvažovaného nástroje může být odpovědným orgánům užitečná buď ve fázi rozhodování, zda ho použít či ne, nebo pro vyhodnocení jeho účinnosti ex post. Aby bylo možné alespoň orientačně takovéto posouzení nástrojů provést, je třeba mít k dispozici jednoduchou, srozumitelnou a použitelnou metodiku. Podle zadání a pod garancí Ministerstva životního prostředí byla kolektivem řešitelů pod vedením doc. Ing. Petra Šauera, CSc., na Vysoké škole ekonomické v Praze zpracována Metodika hodnocení implementace environmentálních politik (dále jen Metodika), která by měla takovéto posouzení umožnit.

V souvislosti s tím pak bylo provedeno ověření použitelnosti této Metodiky na některé vybrané nástroje, včetně poplatků za uložení odpadu na skládku, které jsou v České republice zavedeny od roku 1991. Kromě samotného testu použitelnosti metodiky, který byl hlavním cílem této části projektu, bylo možné i dospět k orientačnímu ověření faktického obsahu dané problematiky, tj. odpovědět na otázku, zda poplatky za uložení odpadu na skládky skutečně přispívají k dosažení stanoveného cíle (snížení množství ukládaného odpadu), či zda mají ještě jiné efekty, ať už kladné, nebo záporné.

Příspěvek je věnován popisu a analýze procesu hodnocení navržené metodiky na vybranému příkladu poplatků za uložení na skládku a prezentuje výsledky, ke kterým se v daném projektu dospělo.

Klíčová slova: metodika, poplatky, skládky, efektivnost

Úvod

Pro prosazování stanovených cílů environmentální politiky mohou orgány veřejné správy volit z široké škály možných nástrojů řízení. To, zda bude očekávaného efektu dosaženo, záleží na mnoha faktorech. Na prvním místě stojí samotná volba nástroje (bude-li to nástroj direktivní – např. zákaz, nebo nástroj ekonomický, mezi které patří především poplatky, daně, dotace, obchodovatelná emisní povolení či další). Výběr možného nástroje je jen počátečním krokem, hlavní význam pak má jeho konkrétní zvolená podoba. Nezáleží tedy zdaleka jen na tom, že jsme se rozhodli usměrňovat chování znečišťovatelů pomocí např. poplatků, nikoliv zákazy nebo příkazy. Záleží především na tom, v jaké výši a pro koho budou poplatky stanoveny, event. na tom, komu jsou určeny a jak s nimi posléze bude naloženo. Pro rozhodování o výběru nástroje a o jeho přesné podobě má proto velký význam možnost

posouzení, zda a jaké efekty tento nástroj přináší. Hodnocení efektivnosti implementace environmentálních politik a jejich nástrojů proto musí sloužit ve dvou základních rovinách:

- 1) ke zjištění, nakolik se s jejich pomocí podaří stanovených cílů dosáhnout,
- 2) k posouzení, nakolik byla alokace omezených společenských zdrojů, vynaložených na dosažení cílů efektivní.

Pro hodnocení efektivnosti environmentálních politik a v nich obsažených nástrojů se nabízí značné množství využitelných metod, a to jak pro hodnocení *ex ante*, tak pro hodnocení *ex-post* (cost-benefit analýza, vícekritériální hodnocení a další). Tyto metody jsou i podrobně popsány v četné odborné literatuře. Obsáhlý a vyčerpávající přehled o této oblasti podává např. publikace zpracovaná na Vysoké škole ekonomické kolektivem pod vedením P. Šauera [1]. Vzniká však i potřeba, kterou tyto známé a často používané metody nepokrývají – potřeba rychlého, základního, orientačního posouzení efektivnosti některého nástroje tam, kde složitější a náročnější hodnocení není pro daný účel třeba.

Proto byla takováto metodika hodnocení implementace environmentálních politik (dále jen Metodika) v roce 2009 zpracována v rámci projektu, jehož odborným garantem řešení bylo Ministerstvo životního prostředí České republiky.

Podrobně je tato metodika popsána ve výše uvedené publikaci, která byla jedním z výstupů daného projektu VaV. Pilotní aplikace pak byla v témže roce zpracována jako další výstup projektu a publikována (viz Šauer, P. a kol.: [2]).

Vyvinutá metodika má sloužit především k *ex-post* hodnocení efektivnosti implementace environmentálních politik. Může být použita i v jiných oblastech, např. pro hodnocení efektivnosti výdajových programů na ochranu životního prostředí [3]. Pro ověření použitelnosti této metodiky ke zvolenému účelu bylo provedeno testování na vybraných nástrojích environmentální politiky.

Metodika je založena na postupných krocích, ve kterých musí být zodpovězeny položené otázky, důležité pro další pokračování hodnocení. Podle toho, jak odpovědi zní, vyvíjí se další následné kroky až ke konečnému vyhodnocení. Pokud některé otázky nelze zodpovědět, zejména proto, že nejsou k dispozici snadno a rychle dostupné podklady a data, je možné tento bod přeskočit a pokračovat s tím, že nezodpovězené téma může být později vyřešeno samostatně. Po každém provedeném kroku lze hodnocení ukončit, nebo naopak učinit rozhodnutí o pokračování, v závislosti na tom, jak jsou položené otázky zodpovězeny.

Experimentální část

Pro usměrňování chování původců odpadů má státní environmentální politika několik různých nástrojů. Testovaná Metodika je koncipovaná tak, že zkoumá vždy jen jeden z nich, samostatně, a snaží se nalézt odpověď na otázku, zda daný nástroj vede ke stanovenému cíli či nikoliv. Pokud by bylo zadání formulováno tak, aby z více nástrojů byl vybrán ten nejúčinnější, bylo by nutné vybrat nástroje, které k danému cíli vést mohou, prověřit Metodikou každý z nich a pak porovnat výsledky. V případě popisované studie zadání takto postaveno nebylo, šlo pouze o otestování použitelnosti metodiky, a to na příkladu jednoho vybraného nástroje – poplatku za uložení odpadu na skládku.

Poplatek za uložení odpadu na skládku je konstruovaný jako platba „navíc“ k ceně, kterou si účtuje provozovatel skládky (jeho náklady + zisk). Původci odpadů se pak jeví jako součást ceny, kterou za uložení 1 tuny odpadů na skládku zaplatí, aniž by musel blíže zkoumat, jak si tuto částku rozdělí příjemci (provozovatel skládky si ponechá svoji část a poplatek odvede obci nebo SFŽP, podle toho, komu je určen podle zákona). Pro původce odpadů je tento poplatek součástí nákladů, další nákladovou položkou, která snižuje daňový základ pro výpočet daně z příjmu.

Tento poplatek chápe Státní politika životního prostředí jako nástroj, který má sloužit k dosažení několika cílů, z nichž hlavními jsou:

- snížení celkového objemu odpadů ukládaných na skládky,
- změna jejich struktury (snížení podílu nebezpečných odpadů ukládaných na skládky).

Nástroj má posloužit k hmotné stimulaci původců odpadů, kteří se rozhodují, zda a jak mohou snížit celkový objem produkováných odpadů (prevence, předcházení vzniku odpadů), zda a jak mohou změnit proporce mezi odpady nebezpečnými a odpady ostatními a následně pak jak se vzniklého odpadu v souladu se zákonem o odpadech zbaví. Hierarchické uspořádání možných způsobů v zákoně ukazuje, že přednost by měla být dávana materiálovému nebo energetickému využití v místě vzniku odpadu. Pokud to není možné, mělo by to být materiálové nebo energetické využití odpadu u jiného uživatele a teprve poté mají být zvažovány zákonem vyjmenované možnosti odstranění odpadu, z nichž nejfrekventovanější je uložení odpadu na skládku nebo spálení odpadu ve spalovně odpadů. Zatížení ukládání odpadu na skládky poplatkem sleduje tedy dosažení těchto cílů a poplatek má stimulační funkci.¹

Prioritním účelem testování bylo ověření použitelnosti výše uvedené Metodiky a rozšíření zkušeností s její aplikací při posuzování efektivnosti tržně konformních nástrojů environmentální politiky. Specifickým cílem pak bylo samotné posouzení úspěšnosti vybraného nástroje – poplatků za uložení odpadů na skládky – při dosahování stanovených cílů, zejména při dosahování snížení objemu odpadů vůbec a z toho snížení objemu odpadů ukládaných na skládku.

Potřeba hodnocení se odvozovala od posouzeného požadavku, který byl na dané hodnocení vznesen. Požadavek na hodnocení vycházel z toho, že ve veřejné správě ochrany životního prostředí se periodicky objevují návrhy na širší uplatnění tržně konformních nástrojů, hledání jejich dalších variant a účinnějších forem jako úkol, který je třeba splnit, jako protíváha k účinným, ale nepříliš populárním nástrojům příkazově administrativním. Stejně tak se periodicky objevují i pochybnosti o tom, zda stávající používané nástroje ve zvolené podobě očekávaný efekt přinášejí či nikoliv.

Východiska hodnocení

Legislativní úprava nakládání s odpady je v České republice záležitost poměrně nová. I před rokem 1989 existovala právní úprava pro nakládání s některými druhy odpadů (radioaktivní odpady, drahé kovy, odpady vypouštěné do vody a do ovzduší, odpady živočišného původu, odpady z těžby a další vybrané druhy), ale komplexní právní úprava chyběla. Zákon o odpadech byl připraven k přijetí dvakrát, jednou v sedmdesátých letech a podruhé na konci let osmdesátých. První pokus skončil neúspěšně především proto, že navrhovaná úprava nakládání s odpadem byla poměrně přísná a existovala důvodná obava, že drtivá většina původců odpadu nebude schopná se s takovými povinnostmi vyrovnat, budou jim muset být uděleny výjimky a zákon tím ztratí autoritu i význam. Druhý pokus, který se dostal až do podoby paragrafového znění v roce 1989, skončil proto, že se radikálně změnily společenské poměry a vzájemné vztahy jednotlivých subjektů v odpadovém hospodářství. Z toho důvodu bylo nutné zákon zásadním způsobem přeformulovat. To vyústilo k přijetí zákona č. 238/1991 Sb., o odpadech [4]. Tímto zákonem bylo také rozhodnuto o tom, že za uložení odpadů na skládky se bude platit. O tom, jak toto placení bude probíhat, bylo rozhodnuto samostatným zákonem č. 62/1992 Sb., o poplatcích za uložení odpadu [5].

Podle této první právní úpravy platili poplatek za uložení odpadu na skládku provozovatelé skládek, a to podle množství a kategorie ukládaného odpadu.

Těmito kategoriemi byly:

- zeminy a hlušiny
- ostatní (mimo zeminy a hlušiny)
- tuhý komunální odpad
- zvláštní odpady mimo nebezpečných a tuhých komunálních odpadů
- nebezpečné odpady.

¹ Kromě této stimulační funkce plní poplatek za uložení odpadu na skládku i neopominutelnou funkci fiskální. Je příjmem obce, na jejímž území se skládka nachází (základní poplatek) a příjmem Státního fondu životního prostředí (rizikový poplatek). U obou příjemců jde o důležitý zdroj příjmu, který umožní kompenzovat problémy spojené se skládkováním odpadů, případně lze za tyto prostředky podporovat prevenci vzniku odpadů nebo jiný podobný environmentálně prospěšný program.

Pro každou kategorii byla stanovena sazba v Kč/t uloženého odpadu. Rozlišovala se sazba I., která byla určena pro všechny skládky, a sazba II. Sazba II. se vybírala na skládkách, které neodpovídaly požadavkům na provozování skládek (předpisům), navíc k sazbě I., a to pro roky 1992 – 1996. V každém dalším roce se přitom sazba II. stanoveným způsobem zvyšovala. Po roce 1997 se další existence skládek neodpovídajících předpisům nepředpokládala a sazba II. tak měla ztratit smysl a skončit.

I když formálně poplatek platili provozovatelé skládek, fakticky tento náklad dopadl na původce odpadů, kterým je provozovatelé skládek zahrnuli do ceny za uložení.

Příjemcem poplatku podle sazby I. byly obce, poplatky podle sazby II. směřovaly do Státního fondu životního prostředí.

Druhý zákon č. 125/1997 Sb., o odpadech, poplatky za uložení odpadu zachoval, ale zavedl výrazné změny oproti stávajícímu systému (viz příloha č. 3 tohoto zákona) [6].

Pro účely placení poplatků za uložení odpadu na skládky zůstaly jen dvě kategorie, a to odpad nebezpečný a odpad komunální + ostatní. Za jakýkoliv odpad se vždy vybíral základní poplatek a za nebezpečný odpad se k němu vybíral ještě poplatek rizikový. Sazby jsou uvedeny v následující tabulce:

Tabulka 1: Základní poplatek za ukládání odpadů v Kč/t (kalendářní rok)

Kategorie odpadu	1998	1999 – 2000	2001 – 2002	2003 a dále
nebezpečný	200	250	350	450
Komunální + ostatní	20	30	50	80

Zdroj: Zákon č. 125/1997 Sb., o odpadech

Tabulka 2: Rizikový poplatek za ukládání nebezpečných odpadů v Kč/t (kalendářní rok)

Kategorie odpadu	1998	1999 – 2000	2001 – 2002	2003 a dále
Nebezpečný	300	500	750	1000

Zdroj: Zákon č. 125/1997 Sb., o odpadech

Základní poplatek byl příjmem obce, rizikový poplatek příjmem Státního fondu životního prostředí.

Poplatky, na rozdíl od předchozí úpravy, byli povinni platit přímo původci odpadů, což vedlo k administrativním problémům a ke komplikovanějšímu provádění kontrol a vymáhání poplatků.

Třetím, v současné době platným zákonem č. 185/2001 Sb., o odpadech, je placení poplatku za uložení na skládku řešeno stejně jako v předchozí úpravě. (viz následující tabulka – příloha č. 6 zákona) [7]:

Tabulka 3: Sazba základního poplatku za ukládání odpadů v Kč/t (kalendářní rok)

Kategorie odpadu	2002 – 2004	2005 – 2006	2007 – 2008	2009 a následující léta
Nebezpečný	1100	1200	1400	1700
Komunální + ostatní	200	300	400	500

Zdroj: Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech

Tabulka 4: Sazba rizikového poplatku za ukládání nebezpečných odpadů v Kč/t (kalendářní rok)

Kategorie odpadu	2002 – 2004	2005 – 2006	2007 – 2008	2009 a následující léta
Nebezpečný	2000	2500	3300	4500

Zdroj: Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech

Ze srovnání obou tabulek je patrné, že tam, kde se předchozí zákon překrýval s novým (roky 2002 a 2003) původní nižší poplatek přestal platit a došlo k jeho skokovému zvýšení. V určení příjemce

poplatků ke změně nedošlo, i nadále základní poplatky směřují do rozpočtu obce, v jejímž katastru se skládka nachází, a rizikový poplatek je příjmem Státního fondu životního prostředí. Změnil se způsob vybírání poplatků tak, aby se odstranily nedostatky předchozího. Poplatek v současné době vybere od původce odpadů provozovatel skládky a je povinen ho neprodleně odvést příjemci, tj. obci nebo SFŽP.

Z předchozího textu vyplývá, že srovnání poplatků a dalších adekvátních ukazatelů s nimi souvisejícími v časových řadách není dobře možné, protože minimálně mezi roky 1992 až 1997 platila jiná kategorizace odpadů ukládaných na skládky, a jiný byl i princip ukládání poplatků, kdy rozhodující pro jeho výši a určení příjemce nebylo (jako je tomu od r. 1997) to, zda jde o odpad nebezpečný či ostatní, ale to, na jakou skládku je ukládán (vyhovující či nevyhovující předpisům).

Nicméně hlavním cílem zavedení těchto poplatků za uložení na skládku (v původní i změněné podobě) bylo dosáhnout toho, aby původci odpadů snižovali objem odpadů ukládaných na skládky, snižovali podíl jeho nebezpečné složky, nebo aby pro svůj odpad hledali jiný způsob zbavení se. Za jiné způsoby zbavení se odpadů se zatím poplatek neplatí, ale jsou s nimi spojeny zpravidla vyšší náklady než za skládkování. Proto je původci účtována i vyšší cena za takovéto jiné způsoby zbavení se odpadu ve srovnání s tím, když ho uloží na skládku.

Podle Statistických ročenek životního prostředí České republiky za léta 2006, 2007, 2008 a 2009 byly základní údaje o celkovém množství odpadu, množství nebezpečného odpadu a v tom kolik bylo odstraněno uložením na skládky (D1 – D5) následující:² [8, 9, 10, 11]

Tabulka 5: Přehled základních údajů o objemu odpadu a jeho skládkování

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
celkový objem odpadů v tis.t	37 968	36 087	38 704	29 802	28 066	30 687	31 323
z toho nebezpečných	2 425	1 775	1 693	1 626	1 455	1 731	1 874
skládkováno z celkového objemu	.	.	.	4 220	4 909	4 834	4 789
z toho nebezpečných	.	.	.	71	65	79	76
% skládkovaného odpadu celkem	.	.	.	14 %	17%	16%	15 %
% skládkovaných nebezpečných odpadů	.	.	.	4,3 %	4,4 %	4,5 %	4,0 %

Zdroj: Statistické ročenky životního prostředí České republiky za léta 2006 – 2009, MŽP ČR, dostupné na www.cenia.cz (viz [8], [9], [10], [11])³

Přestože tabulka pracuje jen se zaokrouhlenými čísly (tis. t) a zaokrouhlenými procenty a některé údaje za roky 2002 – 2004 nebyly v danou chvíli z použitých zdrojů k dispozici, z údajů je zřejmé, že množství odpadů ukládaných na skládky ve zkoumaném období, ať už celkem nebo v tom nebezpečných, má více méně stabilní a jen z roku na rok kolísající úroveň. Na množství vznikajícího odpadu a odpadu ukládaného na skládky má vždy v daném roce vliv více faktorů a není zcela patrné, zda a jakou roli v tom sehrály stoupající poplatky za uložení na skládku.

Bylo proto vhodné podívat se na celý problém podrobněji za pomoci Metodiky, která může být takto použita jako pomoc při zkoumání problému a zároveň může být otestována její vhodnost.

Požadavek na hodnocení – důvody pro hodnocení a jejich přezkoumání

Vznesení požadavku na hodnocení a zjištění důvodů pro hodnocení je prvním krokem při uplatnění Metodiky. Pokud by takovéto důvody shledány nebyly, resp. nebylo možné doložit, komu a k čemu

² Za roky 2002, 2003 a 2004 jsou uvedeny pouze údaje o celkovém množství odpadu a z toho odpadu nebezpečného, uvedené ve Statistické ročence životního prostředí České republiky za rok 2006. Údaje o tom, kolik z tohoto množství bylo odstraněno uložením na skládky v této ročence uvedeny nejsou a starší ročenky nebyly v době zpracování studie k dispozici.

³ Protože primárním cílem studie bylo otestování Metody pro zvolený nástroj a nikoliv komplexní rozbor účinnosti a efektivnosti poplatku za uložení na skládku, byly použity pouze statistické údaje běžně a jednoduše dostupné z veřejných zdrojů, nikoliv delší (a reprezentativnější delší časová řada). Pokud by se skutečně vyhodnocovala účinnost tohoto nástroje, bylo by nutné statistické údaje rozšířit, aby jejich vypovídací schopnost byla větší.

budou výstupy sloužit, předpokládá testovaná Metodika, že je možné a vhodné hodnocení v tomto stádiu ukončit a nepokračovat v něm.

Oblast nakládání s odpady je v gesci Ministerstva životního prostředí České republiky, konkrétně jeho odboru odpadů. Po roce 1991 byla tato problematika vždy upravena zvláštním zákonem (v současné době zákonem č. 185/2001 Sb., o odpadech, ve znění pozdějších předpisů). Pro použití poplatků za uložení odpadu na skládku jakožto tržně orientovaného nástroje se stimulační a fiskální funkcí bylo třeba nejenom jeho zakotvení do právní úpravy, ale také zřízení a financování institucionálního zabezpečení, dozor a kontrola nad původci odpadů, provozovateli skládek a orgány veřejné správy, které ukládání a vybírání těchto poplatků zajišťují.

Výstupy hodnocení, tj. zjištění, zda používané poplatky v dané podobě vedou efektivně k naplnění stanovených cílů v nakládání s odpady, proto mohou sloužit především orgánům veřejné správy, tj. Ministerstvu životního prostředí ČR, které je ústředním orgánem státní správy a orgánem vrchního státního dozoru v oblasti odpadového hospodářství, dále pak krajům a krajským úřadům, které podle zákona o odpadech vykonávají v odpadovém hospodářství některé kompetence v samostatné i přenesené působnosti, a zejména orgánům veřejné správy na obecní úrovni (obecním úřadům obcí s rozšířenou působností a obecním úřadům v přenesené působnosti a obcím, které mají v samostatné působnosti nakládání s komunálním odpadem vzniklým na území obce).

Stejně tak získané poznatky mohou posloužit regulovaným subjektům (původcům odpadů) pro jejich případnou argumentaci při požadavcích na změny stávající úpravy, event. i nevládním organizacím, které se touto problematikou zabývají a usilují o naplnění společensky žádoucích cílů ze svého hlediska.

Z tohoto posouzení vyplývá, že má smysl se dále hodnocenou problematikou zabývat a pokračovat v hodnocení podle Metodiky.

Moduly hodnocení

Hodnocení zvoleného nástroje prosazení cílů environmentální politiky se podle Metodiky provádí v následujících relativně samostatných modulech:

- environmentální modul,
- ekonomický modul,
- institucionálně-sociální modul,

Pro každý modul je třeba upřesnit kritéria/faktory pro hodnocení a stanovit jejich váhy. V Metodice jsou tato kritéria/faktory navržena s tím, že u každého z nich je třeba odpovědět i na otázky, zda bylo toto kritérium/faktor explicitně vyjádřeno v cílech politiky a v požadavku na hodnocení.

V environmentálním modulu byla pro posouzení úspěšnosti zkoumaného nástroje (poplatky za uložení odpadu na skládky) zvolena 2 kritéria/faktory: "zabor zemědělské půdy"⁴ a "riziko kontaminace vodních zdrojů a ovzduší", přičemž ani jedno z těchto kritérií nebylo explicitně vyjádřeno v cílech politiky ani v požadavku na hodnocení (a ani žádná jiná kritéria). Kritéria navržena pro hodnocení bezprostředně souvisí s hodnocenou politikou.

Kritériu zaboru zemědělské půdy byla přiřazena váha 80 %, a to zejména z toho důvodu, že odnímání zemědělské půdy zemědělské výrobě pro jiné účely je považováno za negativní jev jak z environmentálního, tak i ekonomického hlediska a s budováním a provozováním skládek významně souvisí. Omezení objemu odpadů ukládaných na skládky, které by mělo být pozitivním důsledkem hodnoceného nástroje, by se pak mělo na odnímání zemědělské půdy projevit kladně.

⁴ Za nepříznivé je samozřejmě považováno i provozování skládek odpadu na ostatních plochách, ale toto kritérium bylo zvoleno proto, že za prioritní cíl je považováno to, aby skládky především nevznikaly na zemědělské půdě. Poplatky za uložení odpadu na skládku s tímto cílem souvisí jen zprostředkovaně, hlavním nástrojem by měly být odvody za odnětí zemědělské půdy zemědělské výrobě, což je jiný problém, který by bylo nutné zkoumat samostatně (zda odvody takto skutečně působí). Aktuálně prosazovaná zemědělská politika EU (ponechání významného podílu zemědělské půdy ladem) a z toho plynoucí názor, že by ladem ležící půda mohla být využívána i pro skládky odpadů, je přinejmenším námětem k diskusi, má i své odpůrce a teprve čas a vývoj na trhu potravin může potvrdit nebo vyvrátit správnost takovéto politiky.

Kontaminace vody a ovzduší, resp. přírodního prostředí v širším slova smyslu, bylo ohodnoceno váhou 20 %, protože se v případě regulérních oficiálních skládek projevuje jen jako riziko. Při správném budování a provozování skládek by toto riziko mělo být minimální a k ovlivnění vody a ovzduší by vůbec nemělo docházet. Ve skutečnosti k haváriím dochází, zejména ke kontaminaci ovzduší při případném zahoření skládek. Protože jde o havarijní situace, nejsou tyto úniky předmětem průběžného sledování. Co se týče možné kontaminace vodních zdrojů, toto riziko se považuje při současném zabezpečení skládek spíše za teoretické.

Další případné environmentální efekty nebyly v tuto chvíli do hodnocení zahrnuty, ale existuje samozřejmě možnost o ně v případě zájmu a potřeby hodnocení rozšířit (podle toho, jaké další environmentální aspekty skládkování by byly formulovány, a to jak záporné, tak případně kladné, např. efekt z možného využití skládkového plynu).

V ekonomickém modulu se jako kritéria úspěšnosti obvykle uvažují

- podíl přínosů (B) a nákladů (C),
- podíl environmentálních efektů (E) a nákladů (C),
- expertní posouzení relace environmentálních efektů (E) a nákladů (C),
- relevantní výčet národohospodářských souvislostí (vliv na ceny a inflaci, reálný růst HDP, zaměstnanost, konkurenceschopnost, zahraniční obchod, veřejné rozpočty, distribuce bohatství ve společnosti, inovační procesy, volná soutěž na trzích, pohyb kapitálu a další).

V popisovaném testování byla zvolena kritéria "expertní posouzení E/C" s váhou 22 % a "národohospodářské souvislosti", z nichž byly jako relevantní vybrány "ceny a inflace" (váha 13 %), "reálný růst HDP" (váha 14 %), "zaměstnanost" (váha 11 %), "konkurenceschopnost" (váha 13 %), "zahraniční obchod" (váha 10 %) a "inovační procesy" (váha 16 %). Expertní posouzení E/C bylo zvoleno proto, že v daný okamžik nebylo možné získat podrobnější údaje pro provedení propočtu B/C, event. E/C. Z národohospodářských faktorů byly vybrány ty, u kterých se jevila nějaká souvislost se zkoumanou problematikou a podle její míry se přidělovaly i váhy. Zvolené faktory byly i explicitně uvedeny v cílech politiky.

Pro třetí modul, institucionálně-sociální, byla navržena kritéria/faktory "legitimita politiky" (váha 17 %), "kvalita regulace" (váha 17 %), "legislativní úroveň" (váha 18 %), "vládní selhání" (váha 12 %), "lidská práva" (váha 21 %) a "občanská společnost" (váha 15 %), přičemž pouze poslední z nich bylo i explicitně vyjádřeno v cílech politiky (jako povinnost členského státu EU zajistit přístup veřejnosti ke správním řízením a informacím).

Váhy jednotlivých kritérií pro výše uvedené moduly navrhovala skupina tří expertů, kteří výběr kritérií sestavovali.

Jsou-li stanovena kritéria/faktory pro hodnocení a váha, která jim v konečném výsledku bude přičítána, je třeba shromáždit potřebné podklady a údaje, nutné k zodpovězení potřebných otázek. Tato fáze použití metodiky je nejnáročnější a nejsložitější, protože potřebné údaje lze často získat jen velmi obtížně, případně je nelze získat vůbec, anebo se mohou jevit málo věrohodné. Přebírají se z dostupných informačních zdrojů (statistických ročenek, publikovaných zpráv a studií apod.). Lze využít i expertní odhady, vlastní průzkum nebo jiný způsob.

Výsledky a diskuse

Testovaná metodika nabízí pro konečné vyhodnocení účinnosti nástroje podle zkoumaných dílčích kritérií/faktorů stupně „plně vyhovující“, „spíše vyhovující“, „spíše nevyhovující“ a „nevyhovující“, přičemž pro každý stupeň definuje pro potřeby hodnotitele i souhrn charakteristik, podle kterých hodnotitel stupeň hodnocení uděluje.

Na základě podrobnějšího vyhodnocení z dostupných údajů u kritéria „zábory půdy“ byla účinnost zkoumaného nástroje environmentální politiky označena stupněm „spíše nevyhovující“, což podle Metodiky znamená, že cílové hodnoty (pokud by byla v politice stanovena, což v tomto případě nebylo) nebylo dosaženo o 25 – 50 %, případně ho dosaženo bylo, ale z jiných důvodů než je použití

zkoumaného nástroje, nebo je-li cíl definován jako trend (to v případě záborů půdy spíše), ale na jeho splnění se podílejí více jiné faktory než hodnocená politika.

Analytickým vyhodnocením druhého environmentálního kritéria/faktoru („riziko kontaminace okolního prostředí“) dospělo hodnocení k podobnému závěru, tj. k udělení stupně „spíše nevyhovující“, a to ze stejných důvodů jako u záborů půdy.

V ekonomickém modulu bylo velmi obtížné získat potřebná data, která by umožnila zodpovědět pokládané otázky, protože se týkají velkého množství subjektů (firmy, obce, státní instituce), které samy často ani nejsou schopny tyto údaje vyčíslit a i kdyby to udělaly, obvykle tato data jednotlivě a v potřebné struktuře nezveřejňují.

U původců odpadů jde o náklady v podobě placených poplatků na uložení odpadu na skládku, administrativní náklady spojené s jejich evidencí a placením a o investiční náklady spojené s omezováním množství odpadu ukládaného na skládku. U provozovatelů skládek souvisí se zkoumanými poplatky zvýšené administrativní náklady spojené s jejich vybíráním, evidencí a odváděním konečným příjemcům. V orgánech veřejné správy jsou pak s tímto poplatkem spojeny jednorázové a provozní náklady vynaložené na zajišťování agendy ukládání, vybírání, kontrolu a vymáhání poplatků. Protože původcem komunálních odpadů jsou obce, na jejichž území odpady vznikají a obce náklady spojené s uložení odpadů na skládku přenášejí na domácnosti podle obecně závazné vyhlášky o financování systému, poplatek za uložení odpadu na skládku znamená (ne vždy, záleží na rozhodnutí obce) i zvýšené výdaje za odvoz odpadu pro domácnosti. Při prováděném testování jsme se proto museli spokojit s tím, že tyto náklady nelze odhadnout a jsou již tak dlouho součástí nákladové struktury zapojených subjektů, že se staly integrální součástí jejich rozpočtů a nejsou vnímány jako zvláštní problém.

Druhou stránku posuzovaného tématu činí přínosy, a to jak kvantifikovatelné (v peněžním vyjádření), tak nekvantifikovatelné. Příjemcem peněžního plnění jsou obce (vybrané základní poplatky za uložení odpadu na skládky) a Státní fond životního prostředí (vybrané rizikové poplatky za uložení nebezpečných odpadů na skládky). Nekvantifikovatelné (nepeněžní přínosy) ze zavedení poplatků za uložení odpadu na skládku se jeví málo významné, a to zejména proto, že (jak vyplývá z jiných dílčích závěrů v rámci zkoumání účinnosti tohoto poplatku), k významnému snížení objemu odpadů uložených na skládku, případně k významné změně struktury (poměr mezi nebezpečnými a ostatními odpady) v důsledku zavedení poplatku zatím nedochází. Pokud ovšem k tomuto efektu dojde, lze inkasovat všechny výhody s tím spojené (nižší environmentální dopady a rizika ze skládkování). Hodnocení základních ekonomických kritérií efektivnosti nebylo proto v daném okamžiku provedeno z důvodu neúplnosti a nízké kvality údajů. Pokud by bylo potřebné, bylo by nutné provést samostatný a náročný sběr ekonomických dat pro takovéto hodnocení.

Součástí postupu podle popisované Metodiky je i vyhodnocení doplňujících otázek, které mohou závěry ekonomického modulu zpřesnit. Při zavádění poplatků za uložení odpadu na skládku se teoreticky připouštěl možný vliv na inflaci, ale nebyl považován za významný a nebyl proveden žádný kvantitativní odhad. Ke zvýšení nákladů původců po zavedení poplatku došlo, původci odpadů je promítli do cen své produkce, ale vliv na inflaci byl zcela zanedbatelný.

Vzhledem k tomu, že se poplatky za uložení odpadu na skládku projeví v ceně produkce jako jedna z nákladových položek, mají vliv i na HDP, ale jejich objem je v porovnání s ostatními položkami opět zanedbatelný. Když se poplatky zavedly, nebo by se naopak zrušily, na HDP se to prakticky žádný vliv nemá.

Vliv na zaměstnanost byl také zcela zanedbatelný. Firmy, včetně provozovaných skládek, zvládají vícepráce spojené s agendou poplatků v rámci stávajících pracovních míst. Na počátku se projevil minimální požadavek na nárůst pracovníků ve veřejné správě (v řádu desítek v celé ČR).

Posledním faktorem, který bývá při zavádění poplatků zmiňován s obavou, je dopad na konkurenceschopnost produkce (zvýšování ceny kvůli poplatkům). I tento vliv se však projevil jako zcela zanedbatelný, a to jak uvnitř ČR, tak v zahraničním obchodě.

V souvislosti se zavedením poplatků se předpokládalo i nastartování inovačních procesů (hledání cest a způsobů, jak se poplatkům vyhnout). K těmto procesům ve výrobní sféře průběžně dochází, ale nelze jednoznačně tvrdit, že je to v přímé souvislosti se zavedenými poplatky. Pravděpodobně by k takovému vývoji došlo i bez nich, i když možná o něco pomaleji.

Třetí, tzv. institucionálně-sociální modul, není příliš založen na exaktních údajích. Hodnocení vychází spíše ze sociologických, psychologických apod. zkoumání a závěrů společenskovedních projektů.

Jako první byla položena otázka legitimacy politiky, resp. v našem případě legitimacy zavedení poplatků za uložení odpadů na skládky. Politika placení těchto poplatků měla podporu části veřejnosti, přičemž pohled na to, zda skládky potlačovat či rozvíjet, se značně liší nejen u těch, kteří se tímto problémem zabývají na obecní úrovni, ale i u těch, kteří jsou existencí skládek bezprostředně dotčeni (některým skládka vadí, někteří naopak vítají příjem, který z nich plyne). Identifikace s politikou vázla především na straně regulovaných, tj. původců odpadů. Postupem implementace politiky o tyto poplatky klesal zájem u všech stakeholderů, protože se objevily závažnější problémy k řešení a skládky jsou chápány vesměs jako samozřejmá součást života a krajiny, nutné zlo, se kterým málokdo cítí potřebu něco radikálního udělat.

Při posuzování kvality regulace dospělo hodnocení k závěru, že existují silné pochybnosti o stimulačním účinku poplatků v jejich současné výši (přestože dochází k jejich pravidelnému a předem avizovanému zvyšování). Zatížení ukládání odpadů na skládku těmito poplatky neřeší nepříznivou disproporci v porovnání celkových nákladů původců na uložení na skládku s alternativními možnostmi. Kladně je hodnocena zejména jednoduchost výpočtu, srozumitelnost a jednoznačnost právní úpravy i možnost kontroly ze strany veřejné správy.

Důležitou otázkou, kterou je třeba zodpovědět a posoudit, je možnost „vládního selhání“, čímž se myslí časové zpoždění zavedení politiky, ovládnutí regulátora nějakou lobby, nebezpečí korupce apod. V tomto směru byla situace posouzena spíše pozitivně. Nebezpečí selhání veřejné správy ve větším rozsahu nehrozí. Problémem může být spíše nelegální chování provozovatelů skládek, kteří by mohli přijímat na skládku v rozporu se zákonem i odpady, pro které není homologovaná, umožnit tak původcům platit nižší poplatky a dohodnout si s nimi za to odměnu v podobě nějakého nelegálního podílu na výnosu z tohoto podvodu. Zvyšuje se tím riziko kontaminace okolí skládky a rovněž by docházelo ke krácení příjmů Státního fondu životního prostředí. Toto chování by bylo obtížné zjištělné běžnou kontrolou ze strany orgánů odpadového hospodářství.

Jednou z otázek v institucionálně-sociálním modulu je i možný dopad na lidská práva (zdraví a bezpečnost obyvatel, spravedlnost a rovnost, ochrana soukromí, ochrana vlastnických práv a další lidská práva). Hodnocený nástroj, jak bylo konstatováno, do lidských práv nezasahuje a jeho hodnocení je naopak spíše pozitivní.

Protože jde o environmentální problém, nabízí se i otázka možné participace různých skupin občanské společnosti (ekologické organizace, občanská sdružení). Právní úprava poplatků za uložení odpadů na skládku žádný vstup do tohoto procesu veřejnosti neumožňuje, týká se jen původců, resp. provozovatelů skládek na jedné a úřadů na straně druhé. Základní sazba poplatků, která je příjmem obce, umožňuje z tohoto zdroje vylepšovat obecní rozpočet ve prospěch občanů. Ostatní obce, které nejsou příjemcem tohoto poplatku, ale často jsou postiženy existencí skládky (doprava, zápach...), vnímají situaci nepříznivě a dlouhodobě tento stav ovlivňuje mezilidské vztahy, kontakty a případnou spolupráci mezi obcemi. Tuto nevraživost a zhoršování vztahů díky nastavení placení poplatků vyhodnotila Metodika jako spíše negativní jev.

V rámci posuzování otázek jednotlivých modulů se provádí i bodování v rozsahu 1 – 4 bodů (podle návodu, kolik bodů má hodnotitel udělit při splnění určitých kritérií) a toto hodnocení se pak upravuje podle přidělených vah. Vyvrcholením celého hodnocení je výsledné hodnocení, které v daném případě dopadlo tak, že environmentální modul obdržel bodové hodnocení 2,00, ekonomický 2,40, institucionálně-sociální modul 2,90 a celkový výsledek pro hodnocený nástroj vyšlo jako 2,43 (plně negativní hodnocení by mělo hodnotu 4, naopak zcela pozitivní hodnotu 1).

Implementace nástroje tak byla vyhodnocena jako spíše pozitivní a v jednotlivých modulech poměrně vyrovnaná.⁵

Závěry

Testování metodiky přineslo dva důležité závěry. Především se potvrdilo, že navržená Metodika skutečně může posloužit svému účelu, tj. že lze s její pomocí poměrně rychle vyhodnotit, zda implementace environmentální politiky (resp. jejích jednotlivých nástrojů) vede ke stanovenému cíli, a to bez náročných, podrobných a drahých studií, které nejsou pro první (orientační) závěr třeba, ale mohou být zpracovány v případě potřeby později. Postupné kroky podle návodu, i s podrobnými pokyny jak získané podklady vyhodnotit, lze zvládnout bez náročného a rozsáhlého školení a bez speciálních dovedností, tj. Metodika je aplikovatelná i na pracovištích, která nedisponují zvláště specializovanými odborníky na tuto oblast.

Druhý cíl, který byl pro popisovanou studii stanoven, tj. ověřit podle Metodiky, zda poplatky za uložení odpadu na skládku skutečně přinášejí očekávaný efekt, byl také částečně naplněn, ale s určitými úskalími. Jde zejména o to, že prioritou bylo otestování samotné Metodiky a z důvodu časové tísně nebyly získány a použity některé potřebné podrobnější informace, které by přispěly k větší přesnosti závěrů. Ve větší míře byly použity i expertní odhady nebo některé položené otázky zůstaly pro daný okamžik nezodpovězeny. **Na základě prvotního vyhodnocení z těchto – zjednodušených a nedostatečných – podkladů se zdá, že poplatky za uložení odpadu na skládku svůj hlavní (stimulační) účel neplní a nevedou k výraznější změně chování původců odpadů, ať už co se týče objemu odpadů, jejich struktury a zejména co se týče zvolených způsobů odstranění.** Jak vyplývá i z výše uvedené tabulky č. 5, za vykázané roky ke snížení objemu skládkovaného odpadu nebo ke změnám v jeho struktuře prakticky nedošlo. Pokud v tomto směru k pozitivním efektům v České republice dochází, působí na to i jiné, vnější faktory, které s poplatky nesouvisí. K potvrzení tohoto zjištění bylo doporučeno podrobnější zkoumání s větším množstvím potřebných podkladů a údajů.

Protože však poplatky plní i již dříve zmíněnou významnou funkci fiskální a jsou zdrojem pro financování preventivních nebo kompenzačních programů, nelze doporučit jejich zrušení, protože výpadek těchto příjmů by jak obce, tak Státní fond životního prostředí citelně postihly a není jasné, jaké důsledky by to mělo pro odpadové hospodářství v České republice vůbec, nebo pro život občanů v obcích postižených existencí skládek.⁶

Literatura

- [1] ŠAUER, P., KREUZ, J., DVOŘÁK, A., LISA, A., PRÁŠEK, J.: *Hodnocení efektivnosti implementace environmentálních politik*, 2009, ISBN 978-80-85087-80-2. CENIA Praha
- [2] ŠAUER, P., KREUZ, J., DVOŘÁK, A.: *Metodika hodnocení environmentálních politik: pilotní aplikace*, VaV č. SP-4i1-63-07. Praha: MŽP, Vysoká škola ekonomická v Praze, 2009
- [3] KAPROVÁ, K., KAČMÁROVÁ, P., KOLSKÁ, K., PETKOVÁ, L., ŠAUER, P.: *Veřejné podpory v ochraně životního prostředí v České republice a přístupy k jejich posuzování*, 2010, ISBN 978-80—85087-94-9, CENIA Praha
- [4] Zákon č. 231/1991 Sb., o odpadech

⁵ Samotné hodnocení a výpočty, kterými se dospělo k prezentovanému výsledku, jsou poměrně rozsáhlé a překročily by prostor věnovaný tomuto článku. V případě zájmu o tyto podrobnosti je možné se s nimi seznámit prostřednictvím autorky studie na kontaktu uvedeném v záhlaví článku.

⁶ Jen jako zcela aktuální skutečnost, která s touto problematikou souvisí, je možné připomenout čerstvé rozhodnutí Parlamentu ČR ohledně poplatků za znečišťování ovzduší, které byly novelou zákona o ovzduší u některých škodlivin zrušeny s argumentací, že ke zlepšení kvality ovzduší (při dané výši) stejně nepřispívají, účinné radikální zvýšení z různých důvodů nepřipadá v úvahu a že je proto třeba nalézt a uplatnit jiné nástroje. Fiskální aspekt věci – výpadek dosavadních příjmů z těchto poplatků u jejich příjemců diskutován a brán v úvahu nebyl.

- [5] Zákon č. 62/1992 Sb., o poplatcích za uložení odpadu
- [6] Zákon č. 125/1997 Sb., o odpadech
- [7] Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech
- [8] Statistická ročenka životního prostředí České republiky 2006, dostupné na http://www.mzp.cz/www/dav.nsf/rocenka_06/06_titul.htm
- [9] Statistická ročenka životního prostředí České republiky 2007, dostupné na [http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/\\$pid/CENMSFMVTMNS](http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/$pid/CENMSFMVTMNS)
- [10] Statistická ročenka životního prostředí České republiky 2008, dostupné na [http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/\\$pid/CENMSFT2346T](http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/$pid/CENMSFT2346T)
- [11] Statistická ročenka životního prostředí České republiky 2009, dostupné na [http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/\\$pid/CENMSFYXSS4W](http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/$pid/CENMSFYXSS4W)
- [12] Státní politika životního prostředí na léta 2004 – 2010, dostupné na <http://www.mzp.cz/osv/edice.nsf/e26dd68a7c931e61c1256f500033a4ee/c91bf4c5bdf30035c1256f50002af485?OpenDocument>

Fees for Depositing Waste in Landfills

Alena Hadrabová

Department of Political Science, Faculty of International Relations

Institute for Sustainable Business, University of Economics, Prague, Winston Churchill Sq. 4, 130 67, Prague 3, Czech Republic

Summary

The objectives of the state environmental policy can be enforced through various means available to the relevant authorities. These are either tools of a directive, administrative nature, or market-oriented (economic) tools. The latter are supposed to produce the desired response on the basis of economic calculation done by polluters. The key question, which emerges in connection with these tools, is whether their implementation is truly effective, i.e. whether they really evoke the desired response and lead polluters to a behavior that is consistent with the objectives of the society. Information about the potential success or failure of the tool which is being considered can be useful to the relevant authorities at two different stages -- during decision making process of whether to use a particular tool or not, or for post evaluation of its effectiveness. Simple, understandable and usable methodology is necessary in order to perform at least an initial assessment of these tools. Therefore, according to the assignment and under a guaranty of the Ministry of Environment a team of investigators at the University of Economics in Prague, headed by associate professor, Ing. Petr Šauer, CSc., have designed a methodology for evaluating the implementation of environmental policies (thereinafter called "the methodology"), which should allow an assessment of such a kind.

Within this effort, the methodology applicability was tested on some selected tools, including fees for depositing waste in landfills, which have been implemented in the Czech Republic since 1991. While testing the methodology, applicability was the main goal of this part of the project. This effort also enabled researchers to reach an initial verification of the factual content of the issue, i.e. to answer the question of whether the fees for depositing waste in landfills actually contribute to achieving the set goal (reduction of waste deposited) and/or whether they also have other – positive or negative – effects.

The paper is devoted to the description and analysis of the evaluative process of the proposed methodology on a selected example, i.e. on fees for landfilling – and presents the results of this project.

Keywords: Methodology, fees, landfill, effectiveness

Metody hodnocení ekologických a zdravotních rizik při využívání odpadů

**Anna CIDLINOVÁ^{a,b}, Magdaléna ZIMOVÁ^{a,b}, Ján MELICHERČÍK^a,
Zdeňka WITTLINGEROVÁ^b, Petra ŠEVČÍKOVÁ^b**

^a Státní zdravotní ústav v Praze, Šrobárova 48, 100 42 Praha 10,

^b Česká zemědělská univerzita, Fakulta životního prostředí, Kamýcká 1176,
165 21 Praha 6 – Suchbátka

E-mail: anna.cidlinova@szu.cz, mzimova@szu.cz, jmelichercik@szu.cz,
wittlingerova@fzp.czu.cz, sevcikovap@fzp.czu.cz

Souhrn

Metody hodnocení zdravotních a ekologických rizik jsou většinou používány pro hodnocení starých ekologických zátěží. Z hlediska ekologických a zdravotních rizik není dostatečně hodnocen dosavadní způsob využívání odpadů při jejich přímé aplikaci do životního prostředí. Pokud odpady obsahují toxické látky, mohou negativně ovlivnit životní prostředí a následně zdraví člověka. Na druhé straně, většina odpadů při stanovení vhodných podmínek je využitelná jako náhrada primárních zdrojů. Ve většině vyspělých států se proto hledají metody objektivizace možných rizik při využívání odpadů. Článek se zabývá metodami hodnocení zdravotních a ekologických rizik při využití odpadů. Metody hodnocení byly aplikovány na zbytky po spalování uhlí.

Uvedené výsledky byly získány v rámci projektu Vnitřní grantové agentury České zemědělské univerzity v Praze Fakulty životního prostředí č. 2011424003165, který navazoval na projekt Ministerstva životního prostředí ČR č. VaV SP/2f3/118/08.

Výsledky projektů jednoznačně prokázaly, že použité metody hodnocení rizik objektivně hodnotí zdravotní i ekologická rizika. Současně z výsledků vyplynulo, že zbytky po spalování uhlí volně uložené do prostředí bez jakýchkoliv následných úprav, které by vedly k jejich stabilizaci, mohou představovat značné riziko pro zdraví lidí a životní prostředí.

Klíčová slova: Zbytky po spalování uhlí, analýza rizika, Crystal Ball, Individuální celoživotní riziko rakoviny, Hazard index.

Úvod

Cílem projektů bylo ověřit metody hodnocení zdravotních a ekologických rizik na odpadech obsahující toxické prvky, které se mohou uvolňovat do životního prostředí. Odhady rizika se tak mohou stát zdrojem informací pro návrhy změn v rozhodování jak nakládat s odpady nebo jaká opatření jsou nezbytná, aby bylo možné odpady využít při náhradě primárních surovin. Výsledky hodnocení rizik se stávají podkladem pro další doporučení při nakládání s odpady včetně návrhů pro minimalizaci rizik při nakládání s určitou komoditou odpadu. Modelově byla identifikována potenciální rizika související se zbytky po spalování uhlí.

Důvodem hodnocení rizik u této komodity odpadů byl fakt, že energetickými společnostmi je vyprodukováno více než 13 milionů tun zbytků po spalování uhlí ročně. Přibližně s pěti procenty je nakládáno v režimu zákona o odpadech, ostatní produkce této komodity je producenty uváděna na trh jako druhotná surovina s jejich následným využitím.

Pokud je možné zbytky po spalování uhlí určitým způsobem využít, můžeme o nich mluvit jako o druhotných surovinách. V tomto směru je nejvíce využíván popílek, ale lze využít například i strusku nebo škváru [1]. Popílků nacházejí uplatnění v různých oblastech – ve stavebnictví, při rekultivacích, při čištění odpadních vod, v technologii stabilizace apod. Část produkce popílků se skládá. Struska se škvárou se nejčastěji používají ve stavebnictví k výstavbě násypů, obsypů a zásypů, jako plnivo

při výrobě cementu, maltovin, škvárového betonu, k výrobě cihlářských pálených výrobků jako ostřivo a lehčivo. Základní problém zbytků po spalování uhlí z hlediska jejich dalšího využití je obsah celé škály toxických prvků (více než 40). Prvky následně mohou ovlivnit životní prostředí a zdraví lidí. Každý jednotlivý prvek obsažený ve zbytcích po spalování uhlí má své specifické účinky na zdraví a životní prostředí a je zastoupen v různých koncentracích, které se pohybují od méně než 1 mg/kg až do 3500 mg/kg. Chemické látky obsažené ve zbytcích po spalování uhlí vykazují specifickou toxicitu a některé ještě navíc i karcinogenitu, mutagenitu, teratogenitu apod. [2]. Výskyt jednotlivých stopových prvků v různých produktech spalování závisí na charakteru vazby uhlé hmotě, velikosti částic a geochemickém chování prvků. Při aplikaci zbytků po spalování uhlí do životního prostředí a to bez jejich další úpravy může docházet k prosakování výluhu s obsahem toxických látek do podzemní a povrchové vody. Obyvatelé by pak hypoteticky mohli být exponováni kontaminovanou podzemní a povrchovou vodou [3], [4].

Při nevhodném používání zbytků po spalování uhlí mohou vznikat nové ekologické zátěže s možným znečištěním podzemních a povrchových vod. Prostřednictvím kontaminované půdy mohou následně škodlivé látky vstupovat do potravních řetězců a do ovzduší. V některých případech aplikace zbytků po spalování uhlí do životního prostředí může ovlivnit využití dotčených lokalit. Při ukládání zbytků po spalování uhlí na povrch terénu vzniká předpoklad navýšení kontaminace prostředí, půdy, vody a ovzduší toxickými prvky a tím i vznik zdravotního i ekologického rizika [5], [6].

Metodika

Pro hodnocení zdravotních rizik byly vybrány dvě metody – deterministická a pravděpodobnostní. Analýzy, hodnocení a stanovení zdravotních rizik byly provedeny podle současně platné metodiky US EPA [5] a Metodického pokynu MŽP [7]. Určení a zdůvodnění prioritních kontaminantů použitých pro modelový výpočet zdravotních rizik bylo stanoveno s ohledem na charakter, míru a rozsah jejich výskytu ve zbytcích po spalování uhlí, možné kontaminace prostředí, jejich toxicity a možné expozice populace. Dalším krokem v procesu hodnocení zdravotních rizik byl výběr expozičních scénářů, stanovení chronického denního příjmu a celoživotního denního průměrného příjmu. Výběr populace jako příjemce zdravotního rizika byl proveden s ohledem na předpokládaný zvýšený kontakt s kontaminantem. Po upřesnění nejdůležitějších transportních cest byly stanoveny pro výpočet rizika relevantní scénáře expozice potenciálně ohrožených příjemců vybraných skupin populace a to obyvatel, kteří mohou být ovlivněni ukládáním popílků do prostředí. Důležitá expoziční cesta pro obyvatele je prosakování výluhu z popílků do podzemní vody a do povrchové vody. Hodnocení zdravotních rizik bylo provedeno i prostřednictvím statistického programu Crystal Ball (verze 11) stochastickou analýzou Monte Carlo. Pro možnost následného porovnání s údaji z deterministického hodnocení byly použity hodnoty 50% percentilu a 95% percentilu příslušných pravděpodobnostních funkcí. Stanovení zdravotního rizika bylo provedeno pro nekarcinogenní i karcinogenní působení toxických látek obsažených ve zbytcích po spalování uhlí. Odhad rizika pro látky s nekarcinogenním účinkem byl proveden na základě výpočtu indexu nebezpečnosti, který je vyjádřen jako poměr chronické denní dávky (CDI) případně průměrné denní absorbované dávky (ADD) a příslušné referenční dávky (RfD). Jako měřítko rizika karcinogenního účinku u jednotlivce bývá používán celoživotní vzestup pravděpodobnosti vzniku nádorových onemocnění (ILCR), který je dán násobkem celoživotní průměrné dávky (LADD) a směrnici karcinogenního rizika (SF). Vypočteným reálným expozicím byla přiřazena míra nebezpečnosti a bylo provedeno slovní hodnocení zjištěných rizik. Pro hodnocení nekarcinogenního rizika byl použit index nebezpečnosti, jehož limitní hodnota je 1. Index je definovaný jako procento potenciální expozice chemickému prvku k nejvyšší úrovni expozice, kdy ještě nenastanou projevy toxických účinků. Pro hodnocení individuálního celoživotního rizika rakoviny ze strany kontaminantů bylo použito limitní kritérium $1,00E-05$ (riziko, že onemocní jedna osoba ze 10 000) [7].

U zbytků po spalování uhlí byla také zjišťována ekotoxicita normovanými a uzančnými metodami. Pro účely posouzení možnosti využívání odpadů na povrchu terénu byly použity aquatické ekotoxikologické testy, které byly doplněny kontaktními (terestrickými) testy, jelikož aquatické testy nepostihují vlivy ve vodě nerozpustných polutantů. Dalším důvodem použití navržené baterie testů bylo ověření výsledků výzkumných prací prováděných v Evropské unii a jiných vyspělých státech. Uváděné výsledky testů byly prováděny metodami shodnými pro stanovování ekotoxicity odpadů jako nebezpečné vlastnosti, tedy

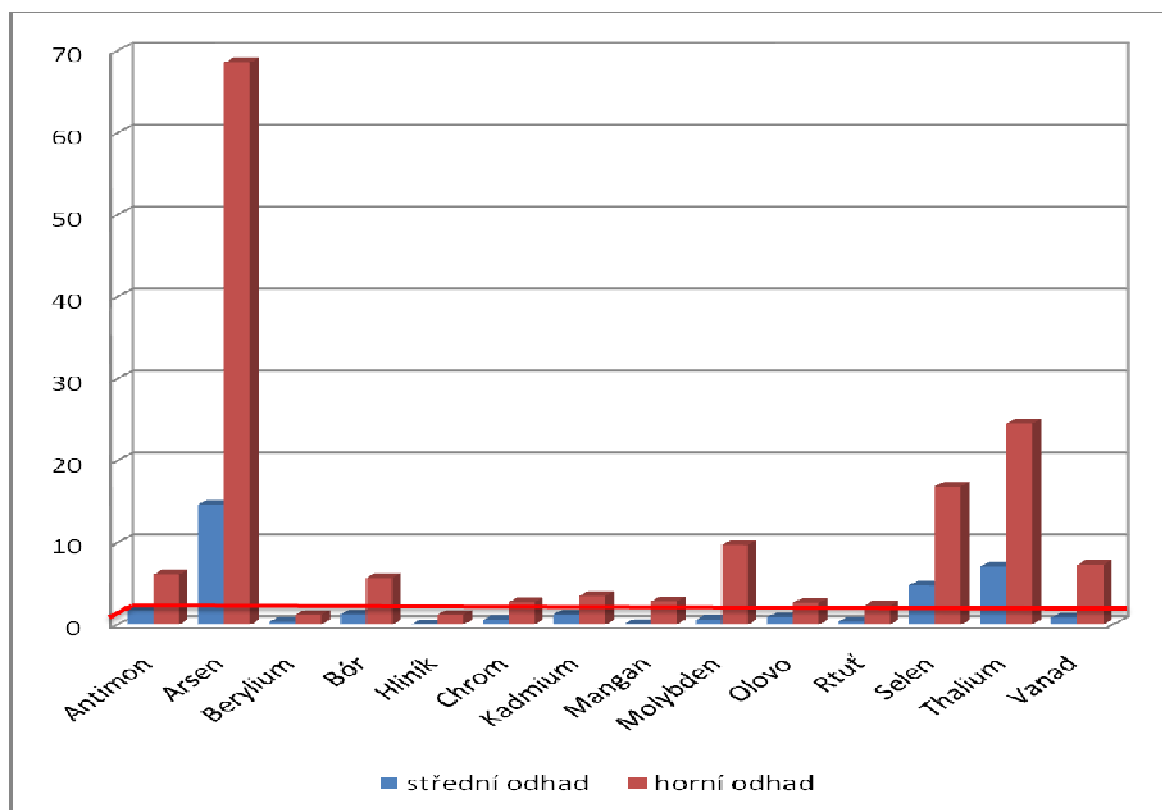
metodami pro hodnocení ekotoxicity uvedenými v příslušných právních předpisech – podle vyhlášky č. 294/05 Sb., tab. 10.2 [8]. U kontaktních testů byly použity jako bioindikátory následující organismy: Salát hlávkový (*Lactuca sativa* var. *capitata*), Chvostoskok (*Folsomia candida*), Roupice (*Enchytraeus crypticus*) a u aquatických testů byly jako indikátory použity luminiscenční bakterie (*Vibrio fischerii*), Hořčice bílá (*Sinapsus alba*), Řasová kultura (*Desmodesmus subspicatus*), Perloočky (*Daphnia magna* Straus) a Živorodka duhová (*Poecilia reticulata*) [9].

Výsledky práce

Pro výpočet zdravotního rizika bylo zvoleno 20 prvků (Sb, As, Ba, Be, B, Al, Cr, Cd, Co, Mn, Cu, Mo, Ni, Pb, Hg, Se, Ag, Tl, V a Zn) obsažených ve zbytcích po spalování uhlí. Dále byly vybrány čtyři reálné expoziční scénáře pro obyvatelstvo (dospělí i děti) na základě výběrové analýzy: ingesce vody při pití vody, dermální kontakt s vodou při koupání a sprchování, dermální kontakt s vodou při plavání a náhodná ingesce vody při plavání.

Nekarcinogenní riziko při orální expozici bylo prokázáno pro téměř všechny hodnocené prvky obsažené ve zbytcích po spalování uhlí. Limitní hodnota HI = 1 byla překročena u řady prvků (Sb, As, Ba, Be, B, Al, Cr, Cd, Mn, Cu, Mo, Pb, Hg, Se, Tl a V). Výsledek výpočtu HI u orální expozice dětí uvádí Graf 1. Nekarcinogenní riziko při dermální expozici bylo prokázáno pouze pro arsen a vanad. Nekarcinogenní riziko při orální i dermální expozici povrchovou vodou nebylo výpočty prokázáno.

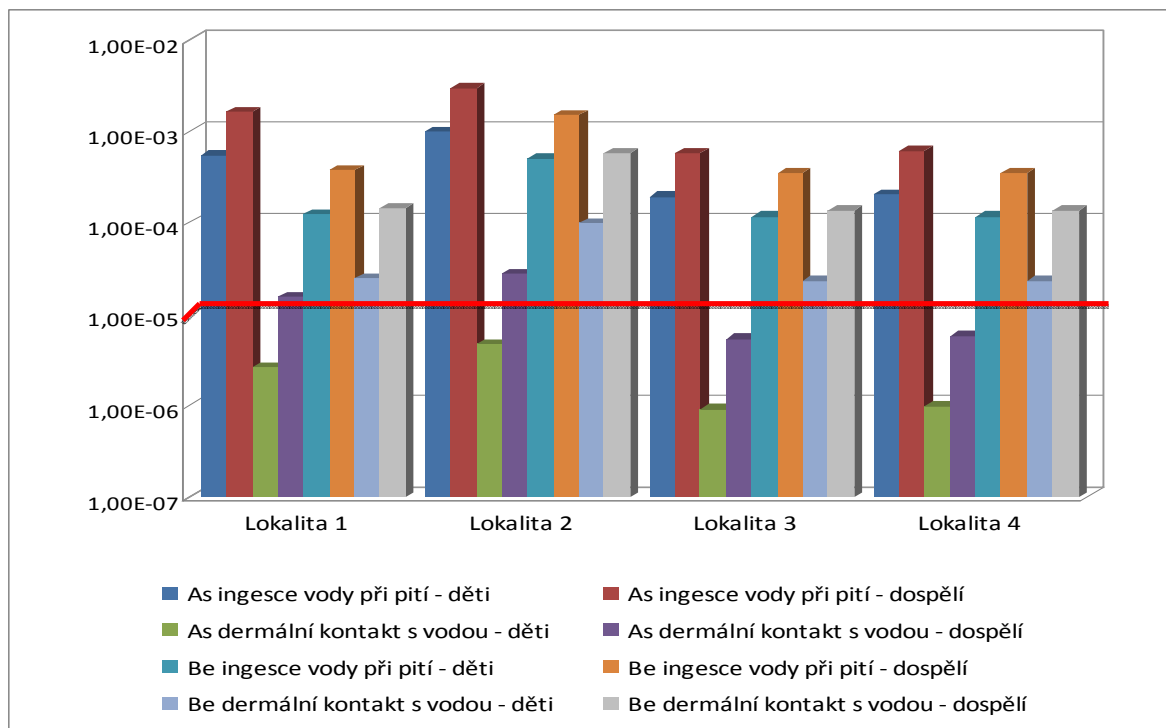
Graf 1: Výpočet HI pro orální expozici pitnou vodou – obyvatelé (děti)



Riziko vzniku nádorových onemocnění bylo vypočteno pro všechny hodnocené expoziční cesty i skupiny populace. U orální expozice podzemní vodou byla hodnota ILCR překročena o více než tři řády u arsenu i berylia, a to při průměrných i maximálních koncentracích As a Be ve zbytcích po spalování uhlí. Při orální či dermální expozici povrchové vody bylo prokázáno riziko pouze při maximálních koncentracích As a Be ve zbytcích po spalování uhlí. V Grafu 2 je znázorněno srovnání ILCR pro arsen

a berylium v pitné vodě v závislosti na sledovaných lokalitách. Lze říci, že nezáleží na tom, z jaké lokality uhlí potažmo zbytky po spalování uhlí pochází.

Graf 2: Výpočet ILCR pro orální a dermální expozici pitnou vodou kontaminovanou As a Be, obyvatelé (děti a dospělí)



Obě metody hodnocení zdravotních rizik – deterministická a pravděpodobnostní byly porovnány. Bylo zjištěno, že deterministický způsob nadhodnocuje riziko. Tuto skutečnost je uvedena v tabulce 1.

Tabulka 1: Komparace výpočtů HI pro vyprané prvky obsažené ve zbytcích po spalování uhlí deterministickým a statistickým způsobem pro orální expozici pitnou vodou – obyvatelé (děti)

Chemický prvek	Deterministický výpočet		Statistický výpočet	
	střední odhad	horní odhad	střední odhad	horní odhad
Antimon	1,6648	2,3973	1,8191	6,0856
Arsen	20,6159	554,0335	14,6616	68,5657
Berylium	0,3456	1,8858	0,3468	1,1980
Hliník	0,1472	1,3425	0,0380	1,2140
Kadmium	1,0844	1,2785	1,2713	3,5177
Měď	0,3359	7,8311	0,0990	0,7843
Molybden	1,4809	7,1598	0,6127	9,7297
Nikl	0,1995	0,9909	0,1947	0,7681
Olovo	0,7860	2,1309	0,8997	2,6291
Rtuť	0,6692	25,5708	0,3693	2,2938
Thalium	6,6662	9,4010	7,0719	24,5042
Vanad	1,3951	8,9498	0,8655	7,3242

Vedle modelového hodnocení zdravotních rizik bylo hodnoceno ekologické riziko na základě obecně používaných ekotoxických testů. Více než 50% testovaných odebraných vzorků zbytků po spalování uhlí nevyhovovalo limitům pro ekotoxicitu, které jsou určeny pro ukládání odpadů na povrch terénu [8]. Kontaktní testy prováděné podle metod vyhlášky č. 257/2009 Sb., [9] ani v jednom případě nevykazovaly pozitivitu viz tabulka 2.

Tabulka 2: Výsledky aquatických a kontaktních testů zbytků po spalování uhlí

DRUH TESTŮ	NEVYHOVUJE		VYHOVUJE	
	POČET	%	POČET	%
testy výluhové 2009	2	14,29	12	85,71
testy výluhové 2010	15	78,95	4	21,05
testy kontaktní 2009	1	7,14	13	92,86
testy kontaktní 2010	0	0	9	100

Kontaktní testy s největší pravděpodobností nejsou dostatečně citlivé pro testovaný materiál. Pro hodnocení zbytků po spalování uhlí je možno doporučit použití aquatických testů nejen k větší citlivosti testovacích organismů ale i vzhledem k uvolňování toxických prvků do vodního výluhu. Kontaktní testy prováděné podle metod vyhlášky 257/2009 Sb., [9] pravděpodobně dostatečně u zbytků po spalování uhlí nehodnotí možné negativní účinky na prostředí.

Diskuse

Metody hodnocení zdravotních a ekologických rizik se ukázaly být vhodné pro hodnocení využití odpadů při jejich aplikaci v prostředí. Hlavní rozdíl mezi oběma metodami je ten, že výsledkem deterministického způsobu hodnocení rizik je pouze jediná hodnota odhadu míry rizika, zatímco u pravděpodobnostního způsobu se jedná o rozložení rizika v hodnocené populaci, výsledkem tak není jediná hodnota, ale pravděpodobnostní rozložení distribuční funkce rizika dané přirozenými odlišnostmi jedinců v hodnocené populaci. Ve většině případů je riziko vypočítané prostřednictvím deterministické metody nadhodnocené a vzhledem k tomu, že pravděpodobnostní hodnocení zdravotních rizik zahrnuje na rozdíl od deterministické metody variabilitu v jednotlivých parametrech vstupujících do rovnice pro odhad rizika, má tento způsob mnohem větší vypovídající hodnotu. Modelové hodnocení zdravotních rizik pro aplikaci zbytků po spalování uhlí se ukázalo vhodné pro ověření použití uvedených metod. Metody byly vybrány také s ohledem na studii Americké agentury na ochranu životního prostředí „Human and Ecological Risk Assessment of Coal Combustion Wastes“ [5]. Tato studie použila stejnou metodu pravděpodobnostního hodnocení zdravotních rizik včetně stejného nastavení parametrů výpočtů.

Z výpočtů a hodnocení míry rizika bylo prokázáno, že zbytky po spalování uhlí jsou, vzhledem k obsahu a mobilitě řady prvků v nich obsažených, možnými nositeli rizik pro zdraví lidí a životní prostředí. Velmi důležitou roli v intenzitě škodlivého účinku daného prvku na organismus hraje nejen celkové množství přijatého prvku do organismu (po dobu trvání expozice), ale i chemická forma přijatého prvku a způsob vstupu této formy do organismu. Tento článek popisuje vyhodnocení zdravotního rizika pro dětskou a dospělou populaci z řad obyvatelstva. Negativnímu vlivu ze zbytků po spalování uhlí však mohou být vystaveny i další skupiny lidské populace. Jedná se především o pracovníky nakládající s odpadním materiálem ze spalování uhlí. Ti sice nebyli v předkládané práci zohledněni, ale z výsledků výše zmíněných grantů bylo zjištěno, že pracovníci nakládající při své práci se zbytky po spalování uhlí jsou vystaveni toxickému a karcinogennímu riziku, které představuje zejména prach z popílků. Největší riziko představuje v tomto případě berylium. Při expozičním scénáři dermální kontakt s prachem a nezáměrná ingesce prachu ze zbytků po spalování uhlí vypočítaná hodnota karcinogenního rizika

překročila limit $1,0E-05$ o více než 2 řády. U arsenu byla zjištěna obdobná situace, hodnota rizika byla překročena o více než jeden řád.

Vždy je nutné brát také v úvahu následující skutečnosti. V jednotlivých mediích prostředí se vyskytuje celá řada látek, které dosud nejsou identifikované a nejsou dostatečné údaje o jejich zdravotní nebezpečnosti, popřípadě úplně chybí. Při hodnocení expozice a rizika je nutné zvažovat možnosti aditivního, ale i synergického či antagonistického působení těchto faktorů [10], [4].

Zjištěné výsledky hodnocení zdravotních rizik byly porovnány s výsledky EPA [5]. Studie hodnotí ekologická a zdravotní rizika při ukládání zbytků po spalování uhlí do životního prostředí. Výsledky americké studie a výsledky uvedených projektů obdobně prokázaly možné riziko vzniku nádorových onemocnění a nekarcinogenní riziko při nezajištěném ukládání zbytků po spalování uhlí do životního prostředí. Vypočtená rizika, která mohou vznikat v důsledku ukládání zbytků po spalování uhlí do životního prostředí v ČR, jsou v některých případech až o řád vyšší. Skutečnost je dána vyššími koncentracemi rizikových prvků, které jsou obsaženy ve zbytcích po spalování uhlí pocházejících z ČR. Další obdobné studie, které by se hodnocením zbytků po spalování uhlí zabývaly, zatím nebyly provedeny.

Ekologické riziko bylo sledováno pouze na základě platných ekotoxikologických testů pro ukládání odpadů na povrch terénu. Aquatické testy se ukázaly jako velmi citlivé pro tuto komoditu odpadů. Citlivost vodních druhů byla o jeden řád vyšší než ta z terestriálních testů. Autoři zdůraznili užitečnost kompletní skupiny představující jak aquatické, tak půdní organismy reprezentující různé trofické úrovně [11]. Kontaktní testy s největší pravděpodobností nebyly dostatečně citlivé pro testovaný materiál [12] nebo vybrané metody podle vyhlášky č. 257/2009 Sb., [9] nejsou pravděpodobně dostatečně vhodné pro zvolenou komoditu a nehodnotí možné negativní účinky na prostředí.

Pro hodnocení zbytků po spalování uhlí je možno doporučit použití aquatických testů nejen k větší citlivosti testovacích organismů, ale i vzhledem k expozičním scénářům šíření toxických prvků. Kontaktní testy prováděné podle metod vyhlášky 257/2009 Sb. [9] pravděpodobně dostatečně nehodnotí možné negativní účinky na prostředí u zbytků po spalování uhlí.

Závěr

Použité metody hodnocení zdravotních rizik prokázaly vhodnost jejich použití při využití odpadu ukládaného do životního prostředí. Ve většině případů je riziko vypočítané prostřednictvím deterministické metody nadhodnoceno. Vzhledem k tomu, že pravděpodobnostní hodnocení zdravotních rizik zahrnuje na rozdíl od deterministické metody variabilitu v jednotlivých parametrech vstupujících do rovnice pro odhad rizika, má tento způsob mnohem větší vypovídající hodnotu.

Jednoznačně nelze zobecnit použití baterií ekotoxikologických testů pro všechny komodity odpadů ukládaných do životního prostředí. Pro hodnocení zbytků po spalování uhlí je možno doporučit použití aquatických testů nejen k větší citlivosti testovacích organismů, ale i vzhledem k expozičním scénářům šíření toxických prvků. Kontaktní testy prováděné podle metod vyhlášky č. 257/2009 Sb., [9] pravděpodobně dostatečně u zbytků po spalování uhlí nehodnotí možné negativní účinky na prostředí, což nemusí platit pro jiné druhy odpadů.

Výsledky modelového hodnocení rizik při aplikaci zbytků po spalování uhlí do životního prostředí jsou shodné s výsledky EPA [5]. Výpočty zvolených metod obdobně prokázaly možné negativní účinky zbytků po spalování uhlí při jejich aplikaci do prostředí bez vhodné stabilizace. To neznamená, že zbytky po spalování uhlí není možné využívat. Bezesporu ano, ale pouze za předpokladu důsledné stabilizace a výběru vhodné lokality jejich využití tak, aby bylo zabráněno vstupu škodlivých prvků do životního prostředí.

Poděkování

Tento článek vznikl s podporou projektu vnitřní grantové agentury FŽP ČZU v Praze 2011424003165 s názvem Environmentální a zdravotní rizika zbytků po spalování uhlí a jejich využití.

Přehled literatury a použitých zdrojů

- [1] Zimová, M., Podolská, Z., Matějů, L., Veverková, M., Wittlingerová, Z., Ševčíková, P., 2010: Existing approaches to minimize health and environmental risks in the use of energy by-products in the Czech Republic. Crete 2010 Proceedings of the 2nd International Conference on Hazardous and Industrial Waste Management.
- [2] Zimová, M., Cidlinová, A., Matějů, L., Melicherčík, J., Ježová, M., Podolská, Z., Štěpánková, M., Garbaczewska, A., Preslová, J., 2010: Výzkum skutečných vlastností odpadů považovaných za vhodný zdroj nestandardních surovin (zejména vedlejších energetických produktů) ve smyslu současných právních požadavků na ochranu zdraví lidí, životní prostředí a vyhodnocení získaných informací pro stanovení bezpečných postupů a požadavků pro jejich používání, podklady pro zprávu o řešení projektu, projekt MŽP č. VaV SP/2f3/118/08, Státní zdravotní ústav, Praha.
- [3] Michalíková, F., Sisol, M., Krinická, I., Kolesárová, M., 2011: Nakládanie s popolčkami zo spalovania uhlia v tepelných elektrárnách. Odpadové fórum (Waste management forum) 11/4: 18 – 19. ISSN 1212-7779.
- [4] Veverková, M., Zimová, M., Veverka, Z., Beneš, B., Kubal, M., Cidlinová, A., Matějů, L., Melicherčík, J., Seger, J., Kohout, P., Kuraš, M., 2010: Výzkum skutečných vlastností odpadů považovaných za vhodný zdroj nestandardních surovin (zejména vedlejších energetických produktů) ve smyslu současných právních požadavků na ochranu zdraví lidí, životní prostředí a hodnocení získaných informací pro stanovení bezpečných postupů a požadavků pro jejich používání, souhrnná písemná zpráva o řešení projektu, projekt MŽP č. VaV SP/2f3/118/08, Univerza-Středisko odpadů Praha, s.r.o., Praha.
- [5] US EPA, 2007: Human and Ecological Risk Assessment of Coal Combustion Wastes. Office of Solid Waste Research Triangle Park, NC 27709.
- [6] Zimová, M., Wittlingerová, Z., Cidlinová, A., Melicherčík, J., 2010: Stávající přístupy k minimalizaci zdravotních a ekologických rizik při využívání vedlejších energetických produktů v ČR. Integrovaná bezpečnost, Zborník z medzinárodnej vedeckej konferencie, Kočovce, Slovakia, str. 161 – 169. ISBN 978-80-8096-133-6.
- [7] MŽP ČR, 2005: Metodické pokyny MŽP pro analýzu rizik kontaminovaného území, Věstník MŽP ročník XV. částka 9.
- [8] Vyhláška č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu
- [9] Vyhláška č. 257/2009 Sb., o používání sedimentů na zemědělské půdě
- [10] Provazník K., Komárek L. et al., 2004: Manuál prevence v lékařské praxi. Souborné vydání. Univerzita Karlova – 3. Lékařská fakulta a Státní zdravotní ústav Praha. Vydalo nakladatelství Fortuna. ISBN 80-7168-942-4
- [11] Wilke, B. M., Riepert, F., Koch, C., and Kühne, T.: Ecotoxicological characterization of hazardous wastes, Ecotoxicology and Environmental Safety, 2008, 70, 283 – 293.
- [12] Ferrari, B., Radetski, C. M., Veber, A. M., and Ferard, J. F.: Ecotoxicological assessment of solid wastes: A combined liquid- and solid-phase testing approach using a battery of bioassays and biomarkers, Environmental Toxicology and Chemistry, 1999, 18, 1195 – 1202.

Methods of ecological and health risks assessment in the use of waste

Anna CIDLINOVÁ^{a,b}, Magdaléna ZIMOVÁ^{a,b}, Ján MELICHERČÍK^a, Zdeňka WITTLINGEROVÁ^b, Petra ŠEVČÍKOVÁ^b

^a National Institut of Public Heath, Šrobárova 48, 100 42 Praha 10,

^b Czech University of Life Sciences Prague, The Faculty of Environmental Sciences,
Kamýcká 1176, 165 21 Praha 6 – Suchbátka

Summary

Methods of ecological and health risks assessment are mostly used for the evaluation of old ecological burdens. In terms of environmental and health risks, the current way of using waste and its direct application to the environment is not assessed adequately. Waste may contain toxic substances that could negatively influence the environment and consequently human health. On the other hand, most of the waste can be, under appropriate conditions, used as a substitute for primary sources. Thus in most developed countries methods of assessment of potential risks during recovery are being sought. The article deals with methods of assessing health and environmental risks during waste utilization. Assessment methods were applied to the energy by-products of coal.

These results were obtained within the project of the Czech University of Life Sciences, Faculty of Environmental Science No.2011424003165 which followed the project of the Ministry of Environment of the Czech Republic No. Vav SP/2f3/118/08.

Project results clearly show that the used methods of risk assessment can objectively evaluate the health and environmental risks. At the same time the results showed that the energy by-products of coal loosely deposited into the environment without any subsequent modifications, which would lead to their stabilization, may pose a significant risk to human health and the environment.

Keywords: Risk analysis, energy by-products, individual lifetime cancer risk, Hazard Index, Crystal Ball.

Testování ekologické vhodnosti stavebních výrobků

Hana ŠTEGNEROVÁ, Jaroslava LEDEREROVÁ, Miroslav SVOBODA, Pavel LEBER

Výzkumný ústav stavebních hmot, a.s., Hněvkovského 65, 617 00 Brno
e-mail: stegnerova@vustah.cz

Souhrn

Ekonomicky výhodné a současně ekologicky přijatelné nakládání s odpady vyžaduje rozvoj nových technologií jejich využití. Jednou z možností je zpracování průmyslových odpadních materiálů jako surovin do stavebních hmot a výrobků. Tento postup však představuje určité riziko zátěže jak pro populaci, tak pro přirozené a antropogenní prostředí.

Ekotoxické vlastnosti odpadů, resp. stavebních výrobků se hodnotí zkouškami ekologické vhodnosti, které charakterizují vliv látek na živé organismy a životní prostředí.

Klíčová slova: ekotoxicita, ekologická vhodnost, odpadní materiály, stavební výrobky

Úvod

Výroba stavebních prvků je jako každá průmyslová výroba spojena s produkcí odpadů a současně přítomností kontaminantů, zejména chemické povahy (např. těžké kovy, organické polutanty) a následným vlivem těchto látek na životní prostředí.

Na legislativní úrovni Evropského společenství neexistuje jednotná právní úprava pro obsah nebezpečných látek ve stavebních výrobcích. Základní evropský předpis pro oblast stavebnictví směrnice Rady 89/106/EHS [1] byl nahrazen dokumentem nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 305/2011 [2]. Toto nařízení zohledňuje horizontální právní rámec pro uvádění výrobků na vnitřní trh, vytvořený nařízením Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 765/2008 [3] a rozhodnutím Evropského parlamentu a Rady č. 768/2008/ES [4]. Dne 18. prosince 2006 schválil Evropský parlament nařízení č. 1907/2006 [5], pro které se vžila zkratka REACH (registrace, hodnocení, povolování a omezování chemických látek). Účelem tohoto nařízení je především zajistit účinné fungování společného trhu pro chemické látky, ochranu lidského zdraví a životního prostředí před nežádoucími účinky chemických látek. Implementace evropských směrnic do národní legislativy ČR je realizována mj. nařízením vlády č. 163/2002 Sb., ve znění NV č. 312/2005 Sb. [6].

Problematiku stavebních výrobků se zakomponovaným odpadem řeší rovněž Evropská organizace pro oblast nebezpečných látek ve stavebních výrobcích (EOTA) [7], která např. zavádí kategorizaci nebezpečných substancí ve výrobcích podle způsobu užití a kontaktu s prostředím.

Odstranění technických překážek v oblasti stavebnictví může být dosaženo pouze zavedením harmonizovaných technických specifikací pro účely posuzování vlastností stavebních výrobků. Kromě ochrany zdraví se tyto předpisy týkají také životnosti, úspory energií, ochrany životního prostředí, ekonomických hledisek a dalších oblastí veřejného zájmu. Vlastnosti stavebních výrobků tak neurčují pouze technické kvality a základní charakteristiky, ale také neméně důležitá hlediska zdravotní a bezpečnostní, která souvisejí s použitím výrobku v průběhu jeho celého životního cyklu.

Pro oblast legislativy odpadového hospodářství jsou aktuálně diskutovány dvě zásadní změny. Ministerstvo životního prostředí ČR připravuje tzv. ekoauditovou novelu zákona o odpadech a nový zákon o odpadech. [8] Cílem novely je zvýšit konkurenceschopnost a posílit rozvoj podnikání v ČR odstraněním nadbytečných požadavků environmentální legislativy. V praxi to znamená zmírnit administrativní nároky při zachování dostatečné ochrany jak životního prostředí, tak zdraví populace. Ekoauditová novela zahrnuje rovněž nová ustanovení pro oblast nebezpečných odpadů. Předpokládá se, že novela vejde v platnost v průběhu roku 2012.

Nově připravený zákon o odpadech bude pravděpodobně rozdělen na dva předpisy – zákon o odpadech a zákon o výrobcích s ukončenou životností. Věcné záměry obou zákonů jsou zpracovávány na základě Rozšířených tezí rozvoje odpadového hospodářství z roku 2010. [9]

Základní požadavky na stavby

Stavby jako celek i jejich jednotlivé části musejí vyhovovat zamýšlenému použití, zejména s přihlédnutím k bezpečnosti a ochraně zdraví osob v průběhu celého životního cyklu staveb. Po dobu ekonomicky přiměřené životnosti musí stavby při běžné údržbě plnit základní požadavky na stavby bez nepříznivého dopadu na životní prostředí. Jedná se o tyto požadavky:

1. Mechanická odolnost a stabilita
2. Požární bezpečnost
3. Hygiena, ochrana zdraví a životního prostředí
4. Bezpečnost a přístupnost při užívání
5. Ochrana proti hluku
6. Úspora energie a tepla
7. Udržitelné využívání přírodních zdrojů

Ekotoxicita – jeden z parametrů ekologické vhodnosti

Ekotoxicita je obecně definována jako toxické působení na životní prostředí a živé organismy, účinek cizorodých látek na přítomná společenstva organismů v prostředí (rostlin a živočichů včetně člověka).

Z hlediska stavebních hmot a výrobků představuje toxicita akutní či pozdní nebezpečí v důsledku nepříznivého zatížení životního prostředí biologickou akumulací nebo toxickými účinky na biotické systémy.

Problematiku účinku rizikových látek na živé organismy řeší obor ekotoxikologie. Cílem tohoto oboru je vývoj metod, které charakterizují vliv chemických, fyzikálních a biologických faktorů na populace a na společenstva nehumánních druhů.

Testy toxicity jsou experimentální metody, pomocí kterých se zjišťuje reakce organismu na expozici toxickou látkou za standardních reprodukovatelných podmínek (na živém materiálu v laboratorních podmínkách).

Hodnocení ekotoxicity

Pro vyhodnocení ekotoxického rizika lze využít přístup chemický (porovnání výsledků chemických analýz s kritérii jakosti) nebo přístup biologický, založený na posouzení toxicity. Tyto dva přístupy se vzájemně doplňují, ovšem pro testování složitých směsí neznámého původu jsou vhodnější biologické testy. Zahrnují komplexní účinky všech rizikových látek včetně mechanismů jejich vzájemných interakcí bez nutnosti detailní chemické analýzy.

Platná legislativa, podle které se ekotoxicita hodnotí, je zaměřena na metody hodnocení vodních výluhů (akvatické testy). [10] Tyto zkoušky však nepostihují v plném rozsahu ekotoxicitu řady nebezpečných látek. V důsledku jejich nízké rozpustnosti ve vodě nebo hydrofobního charakteru nejsou ve výluzích obsaženy a dosažené výsledky tak nejsou objektivní.

Akvatické testy mají proto limitované použití s nízkou vypovídací hodnotou o daném vzorku i vzhledem k jejich krátkodobé expozici. [11,12]

Aktuálně je používána baterie akvatických testů stanovení akutní ekotoxicity pro následující organismy:

- obratlovci – živorodka duhová *Poecilia reticulata*,
- bezobratlí – hrotnatka velká (perloočka) *Daphnia magna*,
- autotrofní jednobuněčné řasy – *Desmodesmus subspicatus*,
- vyšší zelené rostliny – hořčice *Sinapis alba*.

Z ekologického hlediska je sada relevantní jen pro vodní ekosystémy. Je nevhodná pro posouzení rizik půdních ekosystémů, testuje pouze přenesenou vlastnost – toxicitu výluhu, ale nikoli vzorek samotný a podhodnocuje tak ekotoxicitu látek, obsažených ve vzorku.

Z výše uvedeného vyplývá nutnost změny stávajících metod pro hodnocení ekotoxicity odpadů. Jednou z možností je zavedení kontaktních (terestriálních, terestrických) testů. Tyto testy jsou založeny na bezprostředním kontaktu testovacích organismů s testovanými vzorky a jejich reálné dlouhodobé expozici toxikantům. Kontaktní testy vykazují vyšší citlivost, detekují nižší koncentrace látek a mají současně charakter testů reprodukčních. Jejich výsledky jsou klíčovým indikátorem rovnováhy ekosystémů. [13]

Kritérium ekotoxicity

Jako nebezpečný se hodnotí materiál, jehož vodný výluh vykazuje ve zkouškách akutní toxicity alespoň pro jeden testovací organismus při určené době působení testovaného materiálu hodnoty limitních koncentrací: LC (EC, IC) 50 \leq 10 ml . l⁻¹.

- LC 50 – koncentrace, která způsobí úhyn 50 % testovacích ryb ve zvoleném časovém úseku;
- EC 50 – koncentrace, která způsobí úhyn nebo imobilizaci 50 % testovacích organismů (*Daphnia magna*) ve zvoleném časovém úseku;
- IC 50 – koncentrace, která způsobí 50% inhibici růstu nebo růstové rychlosti řasové kultury nebo 50% inhibici růstu kořene *Sinapis alba* ve srovnání s kontrolou ve zvoleném časovém úseku.

Navrhovaná sada organismů pro kontaktní testy – dle CeHO VÚV T.G.M. Praha [14]:

- půdní členovec chvostoskok *Folsomia candida*,
- hrotnatka velká (perloočka) *Daphnia magna*,
- půdní roupice *Enchytraeus crypticus*,
- luminiscenční bakterie *Vibrio fischeri*,
- autotrofní jednobuněčné řasy – *Desmodesmus subspicatus*,
- kořen suchozemské rostliny – salát *Lactuca sativa*.



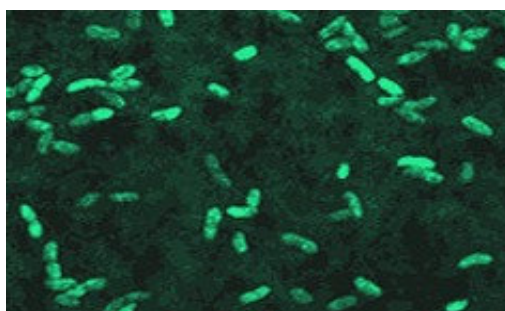
Obrázek 1: Půdní členovec chvostoskok *Folsomia candida*



Obrázek 2: Hrotnatka velká (perloočka) *Daphnia magna*



Obrázek 3: Půdní roupice *Enchytraeus crypticus*



Obrázek 4: Luminiscenční bakterie *Vibrio fischeri*

Tabulka 1: Vybrané předpisy pro stanovení ekotoxicity

Označení normy	Třídící znak	Název normy
ČSN ISO 11267	836451	Kvalita půdy – Inhibice reprodukce chvostoskoků (<i>Folsomia candida</i>) látkami znečišťujícími půdu
ČSN ISO 16387	836450	Kvalita půdy – Vliv znečišťujících látek na Enchytraeidae (<i>Enchytraeus</i> sp.) – Stanovení vlivu na reprodukci a na přežití
ČSN EN ISO 11348-3 ČSN EN ISO 11348-2	757734	Jakost vod – Stanovení inhibičního účinku vzorků vod na světelnou emisi <i>Vibrio fischeri</i> (Zkouška na luminiscenčních bakteriích) Část 2: Metoda se sušenými bakteriemi. Část 3: Metoda s lyofilizovanými bakteriemi
ISO 11269-2		Soil quality – Determination of the effects of pollutants on soil flora. Part II: Effects of chemicals on the emergence and growth of higher plants
ČSN EN ISO 7346-2	757761	Jakost vod – Stanovení akutní letální toxicity látek pro sladkovodní ryby [<i>Brachydanio rerio</i> Hamilton-Buchanan (Teleostei, Cyprinidae)] – Část 2: Obnovovací metoda
ČSN EN ISO 6341	757751	Zkouška inhibice pohyblivosti <i>Daphnia magna</i> Straus (<i>Cladocera</i> , <i>Crustacea</i>) – Zkouška akutní toxicity
ČSN EN ISO 8692	757740	Jakost vod – Zkouška inhibice růstu sladkovodních zelených řas
ČSN EN 14735	838004	Charakterizace odpadů – Příprava vzorků odpadu pro testy ekotoxicity

Závěr

Ke světovým hospodářským i politickým úkolům patří řešení složité problematiky účelného nakládání s odpady. Snahou každé vyspělé společnosti by mělo být omezení produkce odpadů, jejich správná klasifikace, posouzení nebezpečnosti a maximálního efektivního využití s minimálními dopady na životní prostředí a zdraví obyvatelstva.

Pevné materiály včetně stavebních hmot a výrobků s obsahem nejrozličnějších kontaminantů mohou negativně ovlivňovat živé organismy včetně člověka. Pro zjištění tohoto rizika je potřebné mimo jiné určení jejich ekotoxicity. Současná česká legislativa je založena především na testování vodných výluhů materiálů. Látky omezeně rozpustné nebo nerozpustné nelze akvatickými testy stanovit.

Testování ekologické vhodnosti stavebních výrobků za použití kontaktních testů identifikuje souhrnné riziko použitého materiálu včetně vzájemných interakcí přítomných kontaminantů. Jejich zavedení do legislativních předpisů je proto jedním z důležitých úkolů pro další vývoj v oblasti ochrany životního prostředí.

Poděkování

Příspěvek vznikl za podpory výzkumného záměru MSM 2623251101 – Výzkum ekologického zpracování průmyslových odpadních materiálů (VEZPOM).

Literatura

1. Směrnice Rady 89/106/EHS ze dne 21. prosince 1988 o sbližování právních a správních předpisů členských států, týkajících se stavebních výrobků, ve znění směrnice Rady 93/68/EHS
2. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 305/2011 ze dne 9. března 2011, kterým se stanoví harmonizované podmínky pro uvádění stavebních výrobků na trh a kterým se zrušuje směrnice Rady 89/106/EHS
3. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 765/2008 ze dne 9.7.2008, kterým se stanoví požadavky na akreditaci a dozor nad trhem, týkající se uvádění výrobků na trh
4. Rozhodnutí Evropského parlamentu a Rady č. 768/2008/ES ze dne 9.7.2008 o společném rámci pro uvádění výrobků na trh
5. Nařízení Evropského parlamentu č. 1907/2006 o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek a o zřízení Evropské agentury pro chemické látky
6. Nařízení vlády č. 163/2002 Sb. ze dne 6. března 2002, kterým se stanoví technické požadavky na vybrané stavební výrobky, ve znění nařízení vlády č. 312/2005 Sb. ze dne 13. července 2005
7. Evropská organizace pro odborné technické schvalování. *EOTA Technical Report (TR) 034- General ER 3 Checklist for ETAGs/CUAPs/ETAs-Content and/or release of dangerous substances in products/kits*. July 2009. Dostupný z: <http://www.eota.be/en-GB/content/technical-reports/11/>
8. ŠVORC, V. Přípravované novinky v právní úpravě odpadového hospodářství. Sborník konference *Analytika odpadů*, Žďár nad Sázavou, 9 – 10 (2011)
9. Rozšířené Teze rozvoje odpadového hospodářství (MŽP, 25.8.2010)
10. Vyhláška č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady
11. HOFMAN, J., R. VÁCHA a M. KULOVANÁ. Ekotoxikologické hodnocení vytěžených sedimentů a tuhých odpadů a legislativní změny. Sborník konference *Odpadové fórum*, Milovy, 3482 – 3489 (2009)
12. KULOVANÁ, M., V. KOČÍ a S. VOSÁHLOVÁ. Jak dál v hodnocení ekotoxicity odpadů. Sborník konference *Odpadové fórum*, Milovy, 3358 – 3365 (2009)
13. KOČÍ, V. Význam testů toxicity pro hodnocení vlivů látek na životní prostředí. *Chem. listy* 100, 882 – 888 (2006)
14. Metodický pokyn odboru odpadů ke stanovení ekotoxicity odpadů. *Věstník MŽP*, XVII, 4 (2007)

Testing of ecological suitability of building products

Hana ŠTEGNEROVÁ, Jaroslava LEDEREROVÁ, Miroslav SVOBODA, Pavel LEBER
Research Institute of Building Materials, JSC, Hněvkovského 65, 617 00 Brno

Summary

Economical and environmental dealing with waste requires the development of new technologies for their usage. One of the options is fabrication of industrial waste as raw materials to construction materials and products. However, this procedure represents a certain risk for both population and nature. Evaluation of ecological qualities of waste and building products is realized through ecotoxicological methods. These methods describe impact of substance on environment and living organisms.

Keywords: ecotoxicology, ecological suitability, waste, building products

Možnosť využitia recyklovaného kameniva z demolačného stavebného odpadu ako plniva do betónu

Miriám LEDEREROVÁ

*Slovenská technická univerzita v Bratislave, Fakulta stavebná,
Katedra materiálového inžinierstva, Radlinského 11, 813 68 Bratislava,
e-mail: miriam.ledererová@stuba.sk*

Súhrn

Príspevok prezentuje výsledky výskumných prác zameraných na overenie možnosti využitia odpadového recyklovaného kameniva získaného z betónových konštrukcií ako plniva do betónu, resp. čiastočnej náhrady prírodného kameniva do betónu. Vlastnosti betónov z týchto kamenív sa porovnávajú s vlastnosťami betónov vyrobených z prírodného ťaženého kameniva. Hodnotili sa vlastnosti recyklovaného kameniva, spracovateľnosť čerstvých betónov, pevnosť v tlaku, statický modul pružnosti a zmrašťovanie zatvrdnutých betónov. Príspevok zhrnuje dosiahnuté výsledky sledovaných základných mechanicko-fyzikálnych vlastností cementových kompozitov v porovnaní s referenčným betónom z prírodného kameniva.

Kľúčové slova: betónový recyklát, prírodné kamenivo, cement, spracovateľnosť, pevnosti recyklovaného betónu.

Úvod

Nedostatok vhodného prírodného kameniva (ťaženého a drveného) do betónov v niektorých lokalitách Slovenska, ochrana životného prostredia, racionálne využívanie prírodných zdrojov a napĺňanie programového vyhlásenia vlády POH (program odpadového hospodárstva) v otázke Trvalo udržateľného rozvoja nás neustále nútia hľadať nové riešenia v oblasti využitia materiálov ako plniva do betónu.

Demolačné práce, sanačné práce, stavby nových tunelov ako aj iná stavebná a ťažobná činnosť sú spojené s produkciou značného množstva materiálu – odpadu. Tieto sa hromadia na skládkach a haldách, často zaberajú poľnohospodársku pôdu a v konečnom dôsledku negatívne vplyvajú na kvalitu životného prostredia.

Treba však poznamenať, že využitie takýchto zdrojov materiálu je spojené s určitými investičnými nárokmi. Výrobca resp. producent odpadu si musí zriadiť alebo úzko spolupracovať s recyklačným závodom v blízkom okolí, ktorý má drviacu a triediacu linku na výrobu vhodných frakcií kameniva.

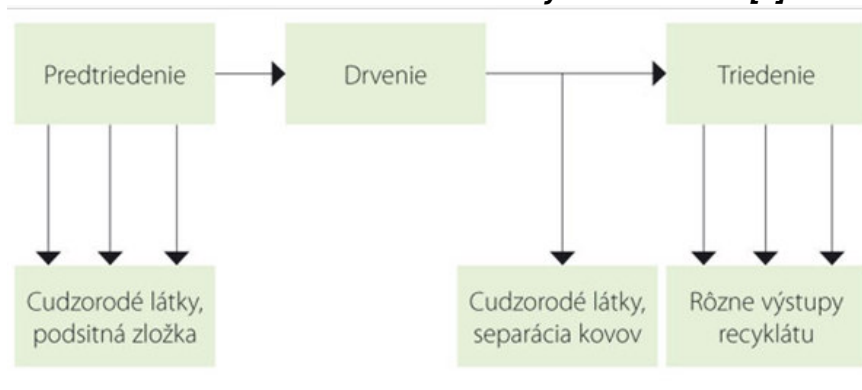
Jedným zo základných predpokladov kvalitného spracovania stavebného odpadu je výber technologickej linky – recyklačného zariadenia –, ktoré musí spĺňať stanovené základné požiadavky. Prvá časť – drvenie vstupného materiálu, sa realizuje drvičmi, ktoré môžu byť čelustňové (najviac sa používajú), odrazové alebo kuželové. Druhú časť predstavuje triedenie na vibračných triedičoch s rôznym počtom a priemerom sít. Na odstránenie nežiaducich (najmä feromagnetických) prvkov, ako napr. výstuže, armovacích prvkov, sa používajú magnetické separátory. Pre úplnosť treba uviesť, že linka musí mať, podľa parametrov výstupného zrna recyklátu, aj zodpovedajúci počet dopravných pásov. Nevyhnutnou súčasťou každej linky je aj manipulačný prostriedok, ktorý zabezpečuje prísun materiálu do násypky drviča ako aj manipuláciu s hotovým výrobkom. Zložka predtriedenia nespadá do recyklačnej zostavy [1].

Použitie recyklovaného kameniva na výrobu betónu je dané technickými normami, ktoré predpisujú požadované parametre kameniva. Podľa využitia konkrétneho recyklovaného kameniva v stavebníctve sa sledujú jednotlivé vlastnosti ako sú napr. chemické a mineralogické zloženie, obsah

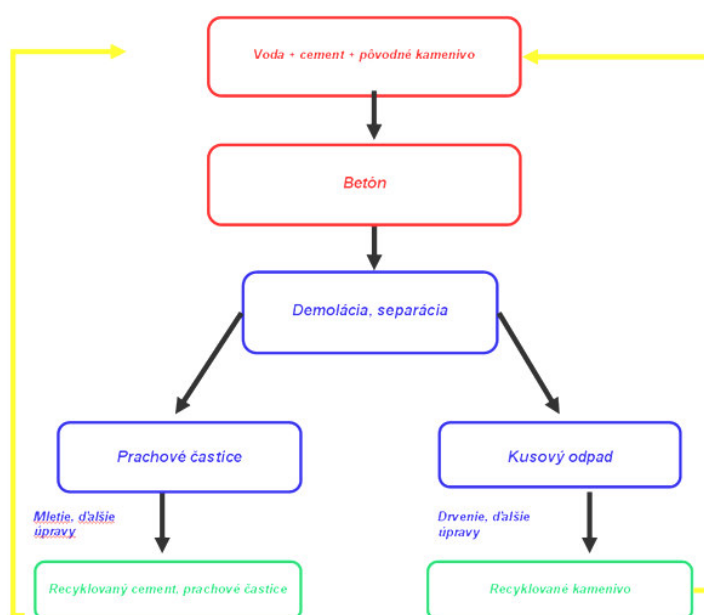
škodlivín a fyzikálno – mechanické vlastnosti. Získať požadované vlastnosti sledovaných charakteristík však býva zložité, nakoľko vstupný materiál je veľmi rôznorodý (heterogénny).

Snahou výskumných a experimentálnych prác v oblasti stavebného a demolačného odpadu bolo získaný recyklovaný materiál využiť ako plnivo do betónov.

Obrázok 1: Triedenie na vibračných triedičoch [1]



Obrázok 2: Recyklácia



Experimentálna časť

Použité materiály – kamenivo

Vlastnosti, kvalitu a vhodnosť kameniva do rôznych konštrukcií určuje pôvod, druh a stav použitej horniny, prípadne umelého alebo recyklovaného kameniva. Použitie kameniva si okrem mechanickej pevnosti vyžaduje aj ďalšie, veľmi dôležité, vlastnosti, ako sú geometrické charakteristiky, odolnosť proti účinkom klimatických podmienok, odolnosť proti všetkým účinkom zaťaženia v rámci daného použitia a odolnosť proti chemickým látkam. Komplex týchto účinkov, ktoré pôsobia na kamenivo a ktoré sú v povrchových vrstvách konštrukcií zo všetkých ostatných vrstiev najnepriaznivejšie, si vyžaduje rad rozdielných požiadaviek na kamenivo pri jeho výbere. Jednotlivé požiadavky sú však často v rozpore a je potrebné hľadať kompromis medzi požiadavkami na tieto vlastnosti, najmä s ohľadom na konečné použitie. Pri vyberaní vhodného kameniva je preto potrebné brať do úvahy všetky možné vplyvy, ktoré

môžu pôsobiť na jednotlivé úpravy. Európske normy na výrobky z kameniva [2, 3 – 7], už priamo reagujú na tieto požiadavky a všetky vlastnosti kameniva sa podľa nich vyhodnocujú s ohľadom na konečné použitie, na základe kategórií jednotlivých vlastností. Uvedené normy stanovujú vlastnosti kameniva získaného spracovaním prírodného, umelého alebo recyklovaného materiálu a zmesi z tohto kameniva, ktoré sa používajú do betónu, do bitúmenových zmesí, na nátery ciest, letísk a iných dopravných plôch, ako ľahké kamenivo do betónu, malty a injektážnej malty, ako ľahké kamenivo do bitúmenových zmesí a na nátery a do nestmelených a stmelených vrstiev, ako kamenivo do malty, ako kamenivo do nestmelených a hydraulicky stmelených materiálov používaných v inžinierskom stavebníctve a pri výstavbe ciest, ako kameň na vodné stavby a tiež ako kamenivo na koľajové lôžko.

Vlastnosti betónového recyklátu na výrobu betónu musia spĺňať rovnaké kritériá a požiadavky ako prírodné kamenivo, t. z. kritériá uvedené v STN EN 12620+A1 Kamenivo do betónu. [2] Týka sa to predovšetkým vlastností kameniva, ako je objemová hmotnosť, zrnitosť, tvarové charakteristiky, odolnosť proti rozdrobovaniu a obrušovaniu, nasiakavosť, odolnosť proti zmrazovaniu a rozmrazovaniu, obsah škodlivých látok, chemické zloženie kameniva a iné. Z dostupnej literatúry vyplýva, že treba dopredu uvažovať s niektorými negatívnymi vlastnosťami recyklovaného betónu a to :

- nižšia objemová hmotnosť ($2,0 - 2,5 \text{ Mg.m}^{-3}$),
- vyššia nasiakavosť,
- nižšia odolnosť proti zmrazovaniu a rozmrazovaniu,
- vyšší obsah jemných častíc v drobnom recyklovanom betóne,
- nižšia trvanlivosť drobného materiálu.

Drobné zrná betónového recyklátu obsahujú veľký podiel cementového kameňa, ktorý býva podľa použitia pôvodnej betónovej konštrukcie čiastočne skorodovaný a povrchové vrstvy zŕn obsahujú CaCO_3 , ktorý vzniká karbonatizáciou. Preto použitie drobných zŕn betónového recyklátu (do 4 mm) je čiastočne obmedzené a podiel drobného recyklovaného materiálu by sa mal pohybovať v závislosti od jeho vlastností medzi 20 – 40 %. Hrubé zrná betónového recyklátu do 32 mm vykazujú lepšie vlastnosti ako zrná recyklovaného betónu nad 32 mm. [8]

Aj napriek uvádzaným negatívnym vlastnostiam betónového recyklátu, používanie betónu z recyklovaného kameniva má svoje pozitíva a práve, ekonomické a environmentálne zhodnocovanie nás núti hľadať cesty ako túto druhotnú surovinu čo najefektívnejšie využiť.

Na dôsledné zhodnotenie použiteľnosti recyklovaného kameniva a porovnanie rôznych druhov recyklovaného betónu bolo potrebné vykonať základné skúšky vlastností betónového recyklátu a porovnať ich s vlastnosťami prírodného kameniva.

Betónový recyklát, ktorý sa použil na toto overenie a porovnanie vlastností s prírodným kamenivom bol odobratý zo skládok:

- bývalá tehelňa v mestskej časti Bratislava Devínska Nová Ves – firma Špeciálne činnosti, a. s. – separované skládky (materiál bol predrvený z vybraných betónových vozoviek v čelustovom drviči zn. HARTL POWERCRUSHER), po drvení boli odstránené zrná nad 63 mm, zemina a magnetom odseparovaná oceľová výstuž (vzorka č. 1). Čelustový drvič zn. HARTL POWERCRUSHER zabezpečuje predrvenie v hornej časti drviacej komory a dodrvenie v dolnej časti drviacej komory. Tento pohyb zaručuje vysoký výkon pri každom nastavení štrbiny a absolútne kubický výsledný produkt. Pri výslednom požadovanom zrne 0/70 nie je spravidla nutné následné dodrvenie. HARTL Powercrusher PC 1265J sa využíva aj pri výstupnom zrne 0/56, podľa smerníc – na podlažia vozoviek,
- centrálna skládka stavebného odpadu v prístave – Recyklačný závod Dunaj, s.r.o. – stavebný odpad z demolácie budov využívala odrazový drvič zn. RESTA DCJ 900*600 s otvorom drviča. Drviaca štrbina je 40 – 120 mm, hod. výkon 40 – 120 t, obsahuje magnetický separátor, používa sa na primárne drvenie lomového kameňa, recyklácia stavebného odpadu. Materiál bol predrvený na spomínanom odrazovom drviči s veľkosťou zrna do 150 mm (a na vibračnom rošte bola odseparovaná zemina a magnetom sekundárne odseparovaná výstuž) – (vzorka č. 2),
- prírodné kamenivo (ťažné) bolo odobraté z lokality ťaženého štrkopiesku v Rovinke, s veľkosťou zrna do 32 mm (vzorka č. 3).

Odber a laboratórne spracovanie vzoriek betónového recyklátu a prírodného kameniva sa vykonalo podľa platných STN:

- vzorkovanie podľa STN EN 932-1 [9],
- zmenšovanie laboratórnych vzoriek podľa STN EN 932-2 [10].

Po získaní reprezentatívnej vzorky, t. z. hrubej vzorky z haldy sa v laboratóriu pripravila laboratórna vzorka (vzorka zmenšená z hrubej vzorky, určená na laboratórne skúšky) a z nej jednotlivé skúšobné vzorky a návažky. Na skúšobných vzorkách sa podľa platných STN EN stanovili nasledujúce fyzikálne vlastnosti betónového recyklátu a prírodného kameniva:

- Zrornosť. Sitový rozbor, podľa STN EN 933-1 [11],
- Tvar zŕn. Tvarový index, podľa STN EN 933-4 [12] a index plochosti podľa STN EN 933-3
- Odolnosť proti obrusovaniu (mikro-Deval), podľa STN EN 1097-1 [13],
- Odolnosť proti rozdrobovaniu LA, podľa STN EN 1097-2 [14],
- Sypná hmotnosť a medzerovitosť, podľa STN EN 1097-3 [15],
- Objemová hmotnosť zŕn a nasiakavosť, podľa STN EN 1097-6 [16],
- Súčiniteľ urýchleného vyhladzovania kameniva, podľa STN 72 1182 [17]
(Poznámka: na skúšku urýchleného vyhladzovania bol k dispozícii len prístroj podľa zrušenej STN, preto sa skúšky vykonali podľa tejto normy),
- Odolnosť proti zmrazovaniu a rozmrazovaniu, podľa STN EN 1367-1 [18].

Všetky uvedené skúšky sa robili na skúšobných vzorkách a na návažkách s hmotnosťou predpísanou pre jednotlivé skúšky stanovenou v príslušných STN EN. Skúšky sa robili podľa už nových platných STN EN, len pri skúške na stanovenie súčiniteľa urýchleného vyhladzovania sa použil prístroj citovaný v zrušenej STN, nakoľko nový prístroj nebol k dispozícii. Výsledky skúšok sú uvedené v nasledujúcich tabuľkách:

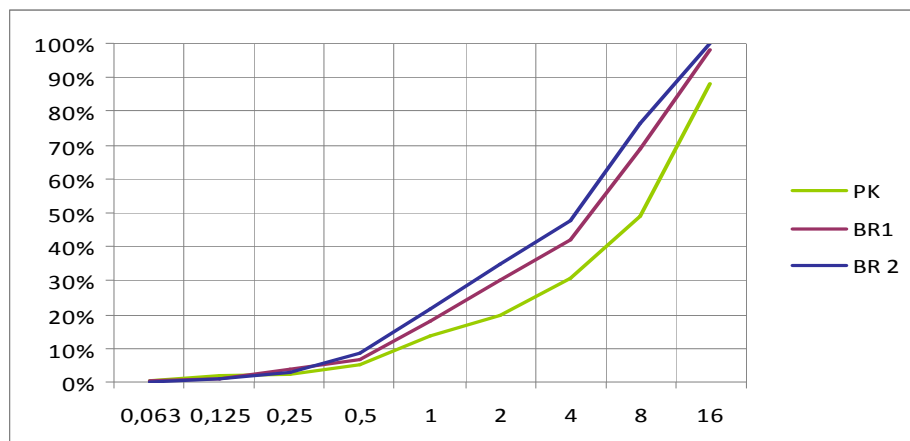
Obsah jemných zŕn (f) (prepadajúce sitom 0,063 mm) bol pri vzorke č. 1 – 1,71 %, pri vzorke č. 2 – 0,42 % a pri vzorke č. 3 – 2,35 %.

Podiel drobného kameniva (pod 4 mm) bol pri vzorke č. 1 – 44,58 %, pri vzorke č. 2 – 9,40 %, pri vzorke č. 3 – 41,61 %.

Vzorka č. 2 obsahovala vysoký podiel cudzorodých častíc, predovšetkým častí vybúraného asfaltu a tehlových zŕn, ktorých najväčšia časť bola medzi 63 až 250 mm, ale značná časť bola aj medzi 16 až 63 mm. Podiel cudzorodých častíc nad 16 mm z recyklovaného materiálu nad 16 mm bol až 6,35 %. Podiel cudzorodých zŕn pod 16 mm sa prakticky nedal stanoviť, ale aj tu sa nachádzali zrná cudzích materiálov okrem zŕn z betónu.

Z uvedeného sitového rozboru možno vidieť výrazné rozdiely medzi jednotlivými materiálmi, ktoré aj takto naznačujú možnosť využitia recyklovaného materiálu na rôzne konštrukčné účely.

a) Výsledky sitového rozboru stanovené ako priemer z troch meraní:



Obrázok 3: Čiary zrnitosti porovnávajúceho a recyklovaného kameniva

b) **Tvar zŕn – tvarový index (SI) a index plochosti (FI)** – stanovované na frakcii 8/16 mm

Tabuľka 1: Výsledky stanovenia tvaru zŕn

Skúšobná vzorka číslo	Tvarový index (SI)	Index plochosti (FI)
1	3,86	31,7
2	2,74	33,4
3	2,35	28,6

c) **Odolnosť proti obrusovaniu** – mikroDeval (M_{DE}) za mokra, prepád sitom 1,6 mm – stanovované na frakcii 10/14 mm

d) **Odolnosť proti rozdrobovaniu** – Los Angeles (LA), prepád sitom 1,6 mm – stanovované na frakcii 10/14 mm

Tabuľka 2: Výsledky stanovenia odolnosti proti obrusovaniu (M_{DE}) a rozdrobovaniu (LA)

Skúšobná vzorka číslo	mikroDeval (M_{DE}) [%]	Los Angeles (LA) [%]
1	20,2	31,2
2	24,3	33,4
3	4,6	24,6

e) **Sypná hmotnosť (ρ_b) a medzerovitost' (v)** – stanovované na frakcii 8/16 mm

Tabuľka 3: Výsledky stanovenia sypnej hmotnosti (ρ_b) a medzerovitosti (v)

Skúšobná vzorka číslo	Sypná hmotnosť (ρ_b) [$Mg \cdot m^{-3}$]	Medzerovitost' (v) [%]
1	1,615	21,15
2	1,437	23,10
3	1,836	18,63

f) **Objemová hmotnosť zŕn (ρ_{rd}) a nasiakavost' (WA)** – stanovované na frakcii 8/16 mm

Tabuľka 4: Výsledky stanovenia objemovej hmotnosti zŕn (ρ_{rd}) a nasiakavosti (WA)

Skúšobná vzorka číslo	Objemová hmotnosť (ρ_{rd}) [$Mg \cdot m^{-3}$]	Nasiakavost' (WA) [%]
1	2,591	4,53
2	2,483	5,82
3	2,677	0,79

g) **Súčiniteľ urýchleného vyhladzovania kameniva f_{OK}** – stanovované na frakcii 8/11 mm

h) **Odolnosť proti zmrazovaniu a rozmrazovaniu F** – stanovované na frakcii 8/16 mm

Tabuľka 5: Výsledky stanovenia vyhladiteľnosti (f_{OK}) a odolnosti proti mrazu (F)

Skúšobná vzorka číslo	Súčiniteľ urýchleného vyhladzovania (f_{OK}) [–]	Odolnosť proti zmrazovaniu a rozmrazovaniu (F) [%]
1	0,46	3,63
2	0,47	4,27
3	0,41	0,72

Z hodnotenia kvality hrubého kameniva (obr. 3 a tab.1 – 5) podľa ustanovení STN EN 12620+A1 [2] vyplýva:

Z hľadiska zrnitosti možno vzorku č. 1, ktorej maximálne zrno je 45 mm, zaradiť do triedy zrnitosti kategórie GA 90. Vzorku č. 2, ktorej maximálne zrno je cca 200 mm, možno zaradiť do kategórie GA 75. Vzorku č. 3, ktorej maximálne zrno je 32 mm, možno zaradiť do kategórie GA 90. Zrnitosť je u všetkých vzoriek relatívne plynulá, avšak s vnútornou skladbou zŕn často odlišnou. Napríklad vzorka č. 1 má relatívne veľký podiel zŕn drobného kameniva medzi 1 až 4 mm, pričom vzorka č. 2 má najväčší hmotnostný podiel zŕn nad 45 mm. Táto vzorka má zároveň v tejto oblasti zŕn aj najväčší podiel cudzorodých častíc.

Z hľadiska tvarového indexu možno všetky skúšané vzorky zaradiť do kategórie SI40 a z hľadiska indexu plochosti možno všetky vzorky zaradiť do kategórie FI35.

Z hľadiska odolnosti proti obrusovaniu možno vzorku č. 3 zaradiť do kategórie MDE10 a vzorky 1 až 2 do kategórie MDE25.

Z hľadiska odolnosti proti rozdrobovaniu možno vzorku č. 3 zaradiť do kategórie LA25, vzorky 1 a 2 do kategórie LA35.

Pre sypanú hmotnosť, medzerovitosť, objemovú hmotnosť a nasiakavosť jednotlivé normy neuvádzajú kategórie týchto vlastností, avšak výsledky skúšok týchto vlastností sa musia deklarovať v rámci vyhlásenia zhody. Z hľadiska nasiakavosti, ktorá sa požaduje pri stanovení trvanlivosti, ako predbežná skúška odolnosti proti zmrazovaniu a rozmrazovaniu, možno vzorku č. 3 zaradiť do kategórie WA241.

Z hľadiska vyhladiteľnosti (po prepočítaní na základe prepočítavacích koeficientov) možno vzorky č. 1 a 2 zaradiť do kategórie PSV50.

Z hľadiska odolnosti proti zmrazovaniu a rozmrazovaniu možno vzorku č. 3 zaradiť do kategórie F1 a vzorky č. 1 až 2 do kategórie F4.

Cement

Na výrobu betónov sa použil portlandský troskový cement STN EN 197-1 CEM II/B-S 32,5 R.

Normálna hustota cementu (stanovená podľa STN EN 196-3 [19]) bola 26 %. Pevnosť cementu sa stanovila v zmysle ustanovení STN EN 196-1 [20]. Zistili sa takéto pevnosti cementu:

- pevnosť v ťahu pri ohybe – po 28 dňoch – 7,90 MPa
- pevnosť v tlaku – po 28 dňoch – 38,60 MPa
- 28-dňová pevnosť v tlaku cementu vyhovuje požiadavke STN EN 197-1 [21].

Voda

Ako zámesová aj ošetrovacia voda sa použila pitná voda z vodovodnej siete. Svojimi vlastnosťami vyhovovala požiadavkám STN EN 1008 [22].

Metodika skúšok

Pri riešení experimentálnej časti projektu [23,24] sa preukázalo, že najproblematickejšou frakciou vyrobenou z recyklovaného kameniva je frakcia 0-4 mm vzhľadom na vysoký obsah jemných zŕn. Je známe, že jemné podiely vo frakcii 0-4 mm výrazne ovplyvňujú výsledné vlastnosti betónu [8, 25, 26].

Z uvedeného dôvodu boli okrem betónov z recyklovaného kameniva vyrobené aj betóny, s frakciou 0-4 mm zo štandardných (porovnávacích) kamenív a frakcia 4-8 a 8-16 mm bola z príslušného recyklovaného kameniva. Sledované vlastnosti betónov sa porovnali s vlastnosťami betónov vyrobených len z porovnávacích kamenív.

Výroba a ošetrovanie betónových vzoriek

Na výrobu betónov sa použilo celkom 7 rozličných zmesí kameniva pripravených z frakcií 0-4 mm, 4-8 mm a 8-16 mm vyššie uvedeným postupom.

Granulometrické zloženie zmesí kameniva bolo optimalizované a navrhnuté tak, aby sa dosiahli približne rovnaké polohy čiar zrnitosti. Snahou bolo eliminovať vplyv rôzneho granulometrického zloženia použitých kamenív na sledované vlastnosti betónov. Podmienkou pri tom bolo, aby čiary zrnitosti navrhovaných zmesí kameniva ležali v oblasti vhodnej zrnitosti pre kamenivo s $D_{max} = 16$ mm podľa DIN 1045 [27].

Recyklované kamenivo, ktoré sa bude používať do rôznych stavebných konštrukcií pre daný konkrétny účel použitia, musí vyhovovať požiadavkám rovnakým, ako na prírodné alebo umelé kamenivo. Na hodnotenie použiteľnosti kameniva pre jednotlivé technologické postupy však doteraz neboli vydané európske normy. Preto pri hodnotení niektorých vlastností sme vychádzali z metodiky platnej danom období [28] a z údajov uvedených vo výrobných normách na kamenivo. [2, 3 – 7]

Všetky overované betóny boli vyrobené s dávkou cementu 350 kg.m^{-3} h.b. Dávka cementu bolo optimalizovaná overovacími skúškami. Návrh zloženia jednotlivých betónov sa urobil výpočtovou metódou podľa Bolomeya. Čerstvý betón sa miešal v miešačke s núteným obehom s objemom 25 l. Navrhnuté zloženie betónov sa korigovalo na základe skúšok konzistencie tak, aby konzistencia čerstvého betónu bola vo všetkých prípadoch rovnaká – čas Vebe 4 ± 1 s. Pri skúške sa postupovalo podľa STN EN 12350-3 [29].

Z čerstvého betónu sa vyrobili vzorky na skúšku pevnosti v tlaku (kocky s hranou 100 mm), na skúšku statického modulu pružnosti a na stanovenie objemových zmien betónu (trámce s rozmermi 100/100/400 mm). Čerstvý betón bol vibrovaný 40 s na laboratórnom vibračnom stole s elektromagnetickým upínaním foriem. Vzorky na stanovenie pevnosti v tlaku a modulu pružnosti boli ošetrované vo vlhkom prostredí, vzorky na stanovenie objemových zmien betónu v normálnom laboratórnom prostredí.

Skúšky vlastností zatvrdnutého betónu

Skúšky vlastností kameniva sa uvádzajú na obr. 3 a v tabuľkách 1 – 5. *Objemová hmotnosť a pevnosť v tlaku* zatvrdnutého betónu sa stanovovali vo veku vzoriek 28 dní. Pri stanovovaní objemovej hmotnosti sa postupovalo podľa STN 73 1315 [30] a pri skúške pevnosti v tlaku betónu podľa STN 73 1317 [31]. *Statický modul pružnosti* betónov sa stanovoval v súlade s ustanoveniami STN ISO 6784 [32]. *Objemové zmeny* betónov sa stanovovali podľa STN 73 1320 [33]. Na skúšobné trávce (100x100x400 mm) sa hneď po odformovaní nalepili kovové terčíky s mernou základňou 200 mm. Vzdialenosť terčikov v sledovanom období (1, 7, 14, 28, 56, 90 dní) sa merala Krumlovým deformmetrom.

Dosiahnuté výsledky a ich diskusia

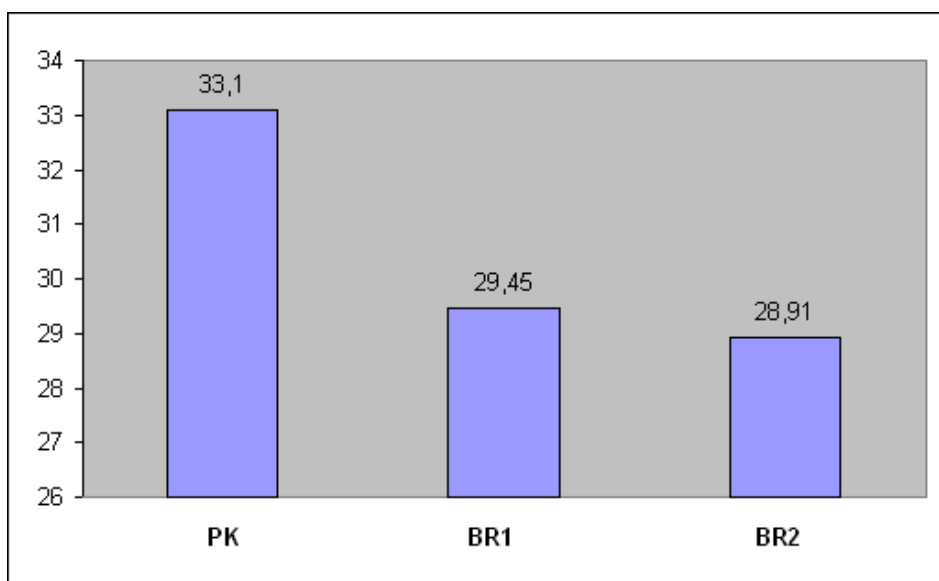
Objemová hmotnosť a pevnosť v tlaku betónov z odpadového, kombinovaného aj porovnávacieho kameniva sa uvádza v tabuľke 6. Potreba dávky zámesovej vody na dosiahnutie konštantnej konzistencie betónov s odpadovým, kombinovaným a porovnávacím kamenivom je pri rovnakom druhu a dávke cementu ovplyvnená ako vlastnosťami samotného kameniva (granulometrické zloženie, tvar zŕn, charakter ich povrchu atď.), [34 až 37]. Pri vzájomnom porovnaní vodných súčiniteľov betónov použitých pri výrobe zámesí možno konštatovať, že pri betónoch mal pravdepodobne najväčší vplyv na dávku zámesovej vody obsah odplaviteľných a cudzorodých častíc, podiel prachových častíc v drobnom kamenive. Betón s dunajským kamenivom mal najnižší vodný súčiniteľ (0,50) a betón s recyklovaným kamenivom podľa dávky recyklátu najvyšší (0,53 – 0,61).

Pevnosti v tlaku betónov (tabuľka 6) sú ovplyvnené ako vlastnosťami samotných zložiek, tak aj zložením vekom betónu v čase skúšky. Náhrada drobného recyklovaného kameniva porovnávacím prírodným kamenivom viedla pri betónoch k relatívne porovnateľným hodnotám ako pri betónoch vyrobených len z prírodného kameniva [35,36,37].

Tabuľka 6: Objemová hmotnosť a pevnosť v tlaku betónov

Charakteristiky		Prírodné kamenivo	Betónový recyklát B1	Betónový recyklát B2
Objemová hmotnosť	[kg/m ³]	2 300	2 260	2 220
Pevnosť v tlaku 100x100x200 mm	[MPa]	32 – 35	27,5 – 30,5	28,5 – 29
Pevnosť v ťahu pri ohybe 100x100x400 mm	[MPa]	4,5 – 4,7	4,3 – 4,5	3,7 – 3,9
Zmrašťovanie (70 dní)	[‰]	0,4975	0,522	0,5775

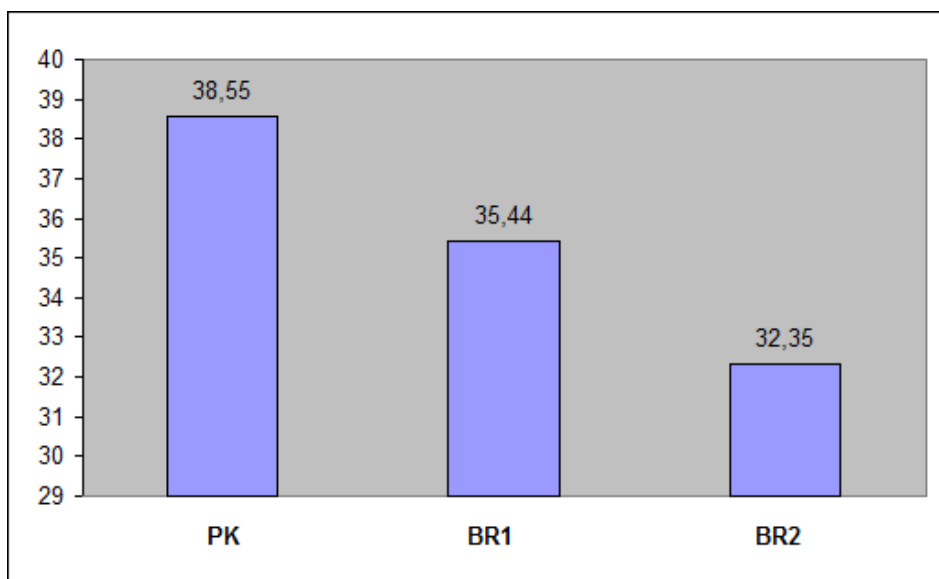
Obrázok 4: Pevnosť v tlaku betónov



Legenda:

PK – betón z prírodného kameniva,
 BR 1 – betón z 50 % náhradou hrubého kameniva,
 BR 2 – betón zo 100% náhradou hrubého kameniva.

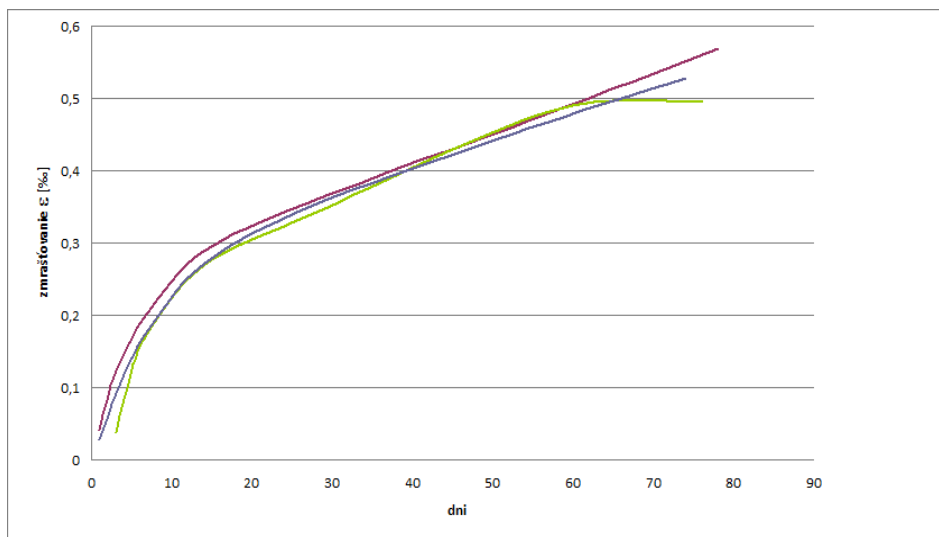
Obrázok 5: Modul pružnosti betónu



Legenda:

PK – betón z prírodného kameniva,
BR 1 – betón z 50 % náhradou hrubého kameniva,
BR 2 – betón zo 100% náhradou hrubého kameniva.

Obrázok 6: Zmrašťovanie betónu



Legenda:

PK – betón z prírodného kameniva,
BR 1 – betón z 50 % náhradou hrubého kameniva,
BR 2 – betón zo 100% náhradou hrubého kameniva.

Záver

Recyklované kamenivo obsahuje okrem zŕn pôvodného kameniva aj cementový tmel, nižšiu objemovú hmotnosť, nižšiu sypanú hmotnosť, vyššiu medzerovitosť, horšie tvarové vlastnosti, väčší obsah jemných častíc. Náhrada prírodného kameniva recyklovaným viedla len k miernemu zníženiu pevností. Pri nízkych podieloch (25 %, 50 %) recyklovaného kameniva boli pevnosti betónu porovnateľné s pevnosťami betónov z prírodného kameniva. S narastajúcim podielom recyklovaného kameniva sa pevnosti znižovali. Pri 100 %-nej náhrade hrubého kameniva recyklovaným sa pevnosti betónov znížili. (cca o 5 – 7 MPa) Zmrašťovanie betónov s použitím recyklovaného kameniva bolo len mierne väčšie ako pri ťaženom prírodnom kamenive.

Výsledky preukázali použiteľnosť hrubých frakcií recyklovaného kameniva, betóny do triedy C 20/25, skúsenosti s daným kamenivom potvrdzujú, že recyklované kamenivo môže byť vhodnou náhradou pri výrobe betónov, reálna je náhrada recyklovaným kamenivom do 25% (hrubé frakcie), čiastkovou náhradou hrubého kameniva – vyššie pevnostné triedy betónov.

Literatúra

1. Cais Ľubomír; Recyklačné zariadenia na spracovanie stavebného odpadu, ASB, 2008.
2. STN EN 12620 +A1, Kamenivo do betónu, 2004
3. STN EN 13043 Kamenivo do bitúmenových zmesí a na nátery ciest, letísk a iných dopravných plôch, 2004
4. STN EN 13055-1 Ľahké kamenivo. Časť 1: Ľahké kamenivo do betónu, malty a injektážnej malty, 2004
5. STN EN 13055-2 Ľahké kamenivo. Časť 2: Ľahké kamenivo do bitúmenových zmesí a na nátery a do nestmelených a stmelených vrstiev, 2004
6. STN EN 13139 Kamenivo do malty, 2004
7. STN EN 3242 Kamenivo do nestmelených a hydraulicky stmelených materiálov používaných v inžinierskom staviteľstve a pri výstavbe ciest, 2004
8. Pytlík, P. Beckerová, L.: In: Zborník zo seminára „Ekologické možnosti využívání druhotných surovín ve stavebnictví a jiných odvětvích“, Brno, VÚSH, 1999
9. STN EN 932-1 Skúšky na stanovenie všeobecných vlastností kameniva. Časť 1: Spôsoby vzorkovania, 1999
10. STN EN 932-2 Skúšky na stanovenie všeobecných vlastností kameniva. Časť 2: Postupy zmenšovania laboratórnych vzoriek, 2002
11. STN EN 933-1 Skúšky na stanovenie geometrických charakteristík kameniva. Časť 1: Stanovenie zrnitosti. Sitový rozbor, 2002
12. STN EN 933-4 Skúšky na stanovenie geometrických charakteristík kameniva. Časť 4: Stanovenie tvaru zŕn. Tvarový index, 2002
13. STN EN 1097-1 Skúšky na stanovenie mechanických a fyzikálnych vlastností kameniva. Časť 1: Stanovenie odolnosti proti obrusovaniu (mikro-Deval), 1999
14. STN EN 1097-2 Skúšky na stanovenie mechanických a fyzikálnych vlastností kameniva. Časť 2: Metódy na stanovenie odolnosti proti rozdrobovaniu, 2002
15. STN EN 1097-3 Skúšky na stanovenie mechanických a fyzikálnych vlastností kameniva. Časť 3: Stanovenie sypnej hmotnosti a medzerovitosti, 2002
16. STN EN 1097-6 Skúšky na stanovenie mechanických a fyzikálnych vlastností kameniva. Časť 6: Stanovenie objemovej hmotnosti zŕn a nasiakavosti, 2002
17. STN 72 1182 Stanovenie súčiniteľa urýchleného vyhladzovania kameniva, 1977
18. STN EN 1367-1 Skúšky na stanovenie tepelných vlastností a odolnosti kameniva proti klimatickým vplyvom. Časť 1: Stanovenie odolnosti proti zmrazovaniu a rozmrazovaniu, 2002
19. STN EN 196-3 Metódy skúšania cementu. 3 časť. Stanovenie času tuhnutia a objemovej stálosti, 1997
20. STN EN 196-1 Metódy skúšania cementu. 1. časť. Stanovenie pevnosti, 1997
21. STN EN 197-1 Cement. Zloženie, špecifikácie a kritéria na preukazovanie zhody cementov na všeobecné použitie, 2002

22. STN EN 1008 Zámesová voda do betónu, Špecifikácia odberu vzoriek, skúšania a preukazovania vhodnosti vody, vrátane recyklovanej vody z postupov betonárskych prác, ako zámesovej vody do betónu, 2003
23. Ledererová, M.: Optimalizácia technológie recyklácie betónových silikátových materiálov. In: Dizertačná práca, Bratislava 2005
24. Unčík, S., Ledererová M., Struhárová, A.: Projekt VEGA 1/0554/08 „Využitie recyklovaného kameniva pri výrobe cementových kompozitov“
25. Bajza, A., Rouseková, I. – Technológia betónu, Bratislava. JAGA GROUP, s.r.o., 2006
26. Weigler, H., Sieghart, K.: Beton. Arten-Herstellungs-Eigenschaften. Berlin: Verlag für Architektur und technische Wissenschaften, 1989
27. DIN 1045 Beton und Stahlbeton, 1988
28. STN 72 1512 Hutné kamenivo na stavebné účely. Technické požiadavky (zrušená), 1992
29. STN EN 12350-3 Skúšanie čerstvého betónu. Časť 3: Skúška VeBe, (0801)
30. STN 73 1315 Stanovenie objemovej hmotnosti, hustoty a pórovitosti betónu (04.90)
31. STN 73 1317 Stanovenie pevnosti betónu (10.88)
32. STN ISO 6784 Betón. Stanovenie statického modulu pružnosti v tlaku, 1993
33. STN 73 1320 Stanovenie objemových zmien betónu (10.88)
34. Wesche, K.: Baustoffe für tragende Bauteile. Band 2: Beton, Mauerwerk. Wiesbaden und Berlin: Bauwerlag GmbH, 1993, 524 s.
35. Mindess, S., Young, J.F.: Concrete. New Jersey: Prentice-Hall, INC., Englewood Cliffs, N.J., 1981, 671 s.
36. Neville, A.M.: Properties of Concrete. Harlow: Addison Wesley Longman Limited, 1997, 844 s.
37. Rouseková, I.: Využitie odpadového kameniva ako plniva do betónu. In: Konferencia cementy, Bratislava 2010

Pod'akovanie

Príspevok bol vypracovaný za podpory grantového projektu VEGA 1/0554/08.

The possibility of use of recycled aggregate from construction demolition waste as an aggregate in concrete

Miriam LEDEREROVÁ

*Department of Material Engineering, Faculty of Civil Engineering,
Slovak Technical University in Bratislava*

Summary

The contribution presents the results of research work aimed at verifying the possibility of use of waste recycled aggregate from concrete structures as aggregate to concrete or partial replacement of natural aggregates in concrete.

Properties of concrete from these aggregates were compared with the properties of concrete that had been made from natural aggregates.

Properties of recycled aggregate, workability of fresh concretes, compressive strength, static modulus of elasticity, and shrinkage of hardened concrete were evaluated.

The contribution summarizes the results obtained on the basic mechanical physical properties of cement composites and compares them with the reference concrete made from natural aggregate.

Keywords: *recycled concrete, natural aggregates, cement, mechanical properties, workability, strength of recycled concrete.*

Studie vhodnosti využití struskového kameniva při výrobě vláknobetonu

Vladimíra VYTLAČILOVÁ, Karel ŠEPS, Aneta RAINOVÁ

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, Katedra betonových a zděných konstrukcí, Thákurova 7, 166 29 Praha 6,

E-mail: vladimira.vytlacilova@fsv.cvut.cz, karel.seps@fsv.cvut.cz, aneta.rainova@fsv.cvut.cz

Souhrn

Cílem tohoto článku je představit výsledky úvodní studie experimentálního programu, který se týká výroby betonů s rozptýlenou výztuží s plnou náhradou přírodního kameniva drceným struskovým kamenivem. Potřeba opětovného využívání odpadních či druhotných materiálů je stále naléhavější a vede odbornou veřejnost ke snaze hledat nové cesty k jejich využívání a nové možnosti spojení klasických stavebních materiálů s odpadními či vedlejšími produkty vznikajícími z primární výroby či procesů recyklace. Omezení produkce odpadu a jeho využívání jako další zdroj je v souladu s cíli „recyklační společnosti“ o jejíž vytvoření se snaží Evropská komise. V rámci experimentálního programu zaměřeného na využití drceného struskového kameniva dostupného na českém trhu v recyklačních linkách stavebního a demoličního odpadu bylo prvním úkolem získat aktuální informace o produkci tohoto materiálu. Dále byly určeny základní mechanicko-fyzikální vlastnosti struskového kameniva různého původu a vyrobeny zkušební betonové směsi s plnou náhradou přírodního kameniva struskovým kamenivem s přídavkem polypropylenových vláken. Výsledky byly porovnávány s výstupy z experimentálních výzkumů jiných pracovišť. Získané poznatky dále poslouží k optimalizaci betonové směsi s využitím alternativního recyklovaného kameniva.

Klíčová slova: struska, struskové kamenivo, vláknobeton, mechanicko-fyzikální vlastnosti

Úvod

Struska, jakožto odpadní materiál, vzniká jako vedlejší průmyslový produkt tepelných a spalovacích procesů. Základní druhy strusky jsou rozlišovány na vysokopecní a ocelářskou strusku (Obrázek 1, 2), tyto druhy se nazývají souhrnně krystalickou struskou, která vzniká pozvolným tuhnutím na vzduchu odpalované taveniny při výrobě surového železa nebo oceli¹. Chemické složení a teplota při zpracování podstatně ovlivňuje její strukturu, na které závisí další vlastnosti. Struskové kamenivo, které je předmětem tohoto článku, je pak vyráběno drcením a tříděním krystalické strusky a dalších vedlejších produktů hutní výroby. Granulovaná struska je v současné době využívána především v násypových tělesech pozemních komunikací^{2,3}, jako zásyp opěrných konstrukcí, zásypy a obsypy liniových a potrubních staveb, k výrobě silničních koberců a podkladních vrstev, na terénní úpravy, jako ostřivo při výrobě cihlářských pálených výrobků, ale i při zavážení vyuhlených dolů. Vedle granulovaného struskového kameniva, které není doposud tak hojně využíváno, se používá struska především ve formě jemně mleté (vysokopecní) strusky jako aktivní i výplňová přísada do betonu. Granulovaná vysokopecní struska vzniká rychlým zchlazením tekuté vysokopecní strusky ve vodě. Rovněž granulované struskové kamenivo připravené úpravou z vysokopecní strusky vykazuje latentně-hydraulické vlastnosti, kterých se v kombinaci s betonem hojně využívá.

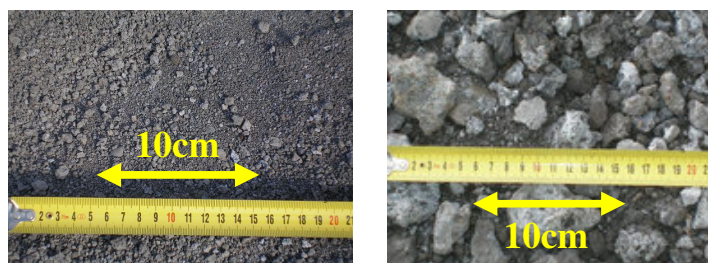
Podle aktuálních údajů vyrábí evropský ocelářský průmysl⁴ 45 milionů tun strusky za rok. Dle firemních podkladů Arcelor Mittal⁵ je v současnosti v České Republice vyprodukováno 32 000 tun granulované strusky ročně. Z celkového množství strusky je v současné době přibližně 30 % používáno ve formě granulátu s vysokou mezerovitostí do těles vozovek a 60 % pak jako jemně mletá forma strusky při výrobě cementu⁴. Na výrobu 1 tuny surového železa pak připadá 300 kg vyprodukované strusky⁶. Využití jemně mleté strusky je v současné době zavedeným způsobem opětovného využití

tohoto sekundárního produktu hutnictví, např. pro výrobu cementů nebo betonů. Produkce drceného struskového kameniva však vedle jeho uplatnění v tělesech pozemních komunikací stále vyžaduje další způsoby znovuvyužití. Zároveň normy⁷ dovolují využití umělého a recyklovaného kameniva do betonů, ustanovení pro recyklovaná kameniva však nejsou prozatím v této normě zahrnuta. Je tedy nutné vždy prokázat vhodnost tohoto kameniva pro použití do betonu.

Ve snaze uplatnit struskové kamenivo podobně vhodně jako jemně mletou strusku se autoři zaměřují na výrobu betonů se struskovým kamenivem a dalšími recykláty. Při využití struskového kameniva v betonové směsi je třeba zaměřit se především na složení strusky, které dále ovlivňuje vlastnosti betonové směsi, na mechanicko-fyzikální parametry struskového kameniva (objemová hmotnost, sypná hmotnost, frakce, zrnitost, odolnost proti drcení kameniva, mezerovitost, nasákavost atd.) a možné ovlivnění směsi typickými vlastnostmi kameniva (alkalicko-křemičitá reakce, chloridy, sírany). Z hlediska chemického rozboru se struska skládá především z 30 – 50 % CaO, 28 – 40 % SiO₂, 8 – 24 % Al₂O₃ a 1 – 18 % MgO, přičemž její složení je závislé na jakosti vyráběné oceli či litiny. Její složení je tak velice blízké chemickému složení cementu. Pro alkalickou aktivaci je vhodná granulovaná struska s obsahem amorfní fáze více než 90 %, která vzniká rychlým zchlazením.

Současný výzkum se obrací k možnostem využití granulované strusky, přičemž ve stavebnictví se užívá v menší míře z důvodu vyššího obsahu těžkých kovů. Byla studována odolnost betonů s přídavkem jemně granulované strusky⁸. Mechanické charakteristiky betonu s příměsí strusky a fyzikální charakteristiky strusky použité pro výrobu betonové směsi, které jsou rovněž předmětem tohoto článku, byly zkoumány v^{9, 10}. Podle autorů se odolnost betonů se struskovým kamenivem při působení vlhkosti, mrazu a vyluhování ukazuje jako mírně nižší, avšak uspokojivá ve srovnání s klasickým betonem⁹. Stejně parametry byly zkoumány v¹⁰, kde byla rovněž zjišťována pevnost v tlaku, v tahu, a modul pružnosti. Autoři rovněž poukazují na fakt, že za normálních povětrnostních podmínek byl beton se struskovým kamenivem dokonce odolnější než klasický beton. Dále bylo například ukázáno možné nebezpečí objemových změn strusky v souvislosti s chemickým složením strusky, tento fakt byl zkoumán například v¹¹ a je ovlivněn množstvím CaO a MgO ve strusce. Snaha využít struskového kameniva pro celkovou náhradu plniva v betonové směsi je představena v¹², kde je rovněž poukázáno, že objemové změny typické pro struskové kamenivo mohou příznivě působit na smršťování takovýchto betonů.

Jak u vysokopecní strusky, tak u ocelářské je tedy možné používat při prokázání souladu jejich vlastností s normami a především v případě ocelářské strusky je nutno klást důraz na chemismus (silikátovou analýzu) materiálu a parametry rozpínavosti. Struska však nabízí i řadu pozitivních vlastností ve spojení s betonem, z nichž lze jmenovat především latentně-hydraulické vlastnosti vysokopecní strusky. Ocelářská struska je pevnější, u vysokopecní strusky lze například využít její nižší hmotnosti. Struskové kamenivo lze získat v suché formě granulátu z deponií (Obrázek 3) nebo jako zavodněné z výsypek. Na obrázcích 1 a 2 jsou znázorněny různé frakce struskového kameniva.



Obrázek 1: Frakce ocelářské strusky 0/8mm a 0/32mm¹³



Obrázek 2: Frakce vysokopecní strusky 8/16mm a 16/32mm¹³



Obrázek 3: Deponie struskového kameniva

Experimentální část

Cílem výzkumu bylo stanovení mechanicko-fyzikálních vlastností vláknobetonu, vyrobeného s použitím ocelářské a vysokopecní strusky jako plné náhrady přírodního kameniva při výrobě vláknobetonu. Tyto výsledky porovnat s hodnotami zjištěnými na jiném pracovišti a s hodnotami vláknobetonu s recyklovaným kamenivem cihelným a betonovým. Použitý postup návrhu vláknobetonu s plnou náhradou kameniva struskou je uplatněn zejména z ekonomického a ekologického hlediska, dále pak s ohledem na snadnou technologickou proveditelnost, snadné zpracování a použitelnost postupu v praxi. Experimenty a výroba vzorků byly provedeny v ústředních laboratořích Fakulty stavební, ČVUT v Praze.

Vlastnosti kameniva

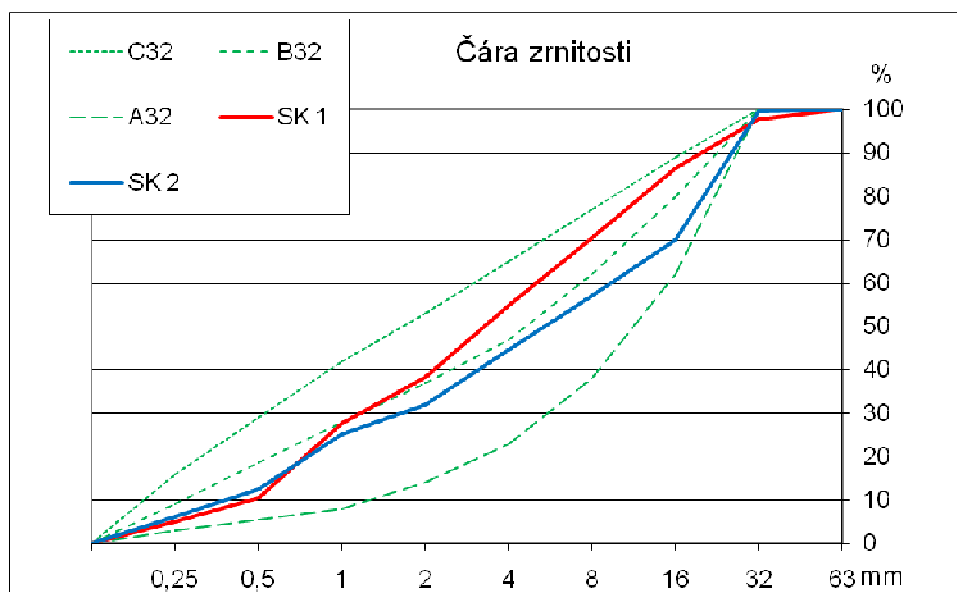
V první fázi experimentálního programu bylo pro výrobu vláknobetonu použito struskové kamenivo ze dvou lokalit. První struskové kamenivo (SK 1) bylo získáno od společnosti DESTRO, s.r.o. a jedná se o vysokopecní vzduchem chlazenou strusku široké frakce 0/32 mm v kombinaci se směsí strusky, cihelného a betonového recyklátu frakce 0/32 mm. Druhé struskové kamenivo (SK 2) poskytnuté společností AZS 98, s.r.o. je ocelářskou struskou, jedná se kombinaci strusky frakce 0/16 a 16/32 mm.

U obou kameniv byly sledovány vlastnosti, jako je čára zrnitosti, nasákavost, objemová hmotnost, sypná hmotnost volně sypaného materiálu a v setřeseném stavu. Naměřené hodnoty jednotlivých

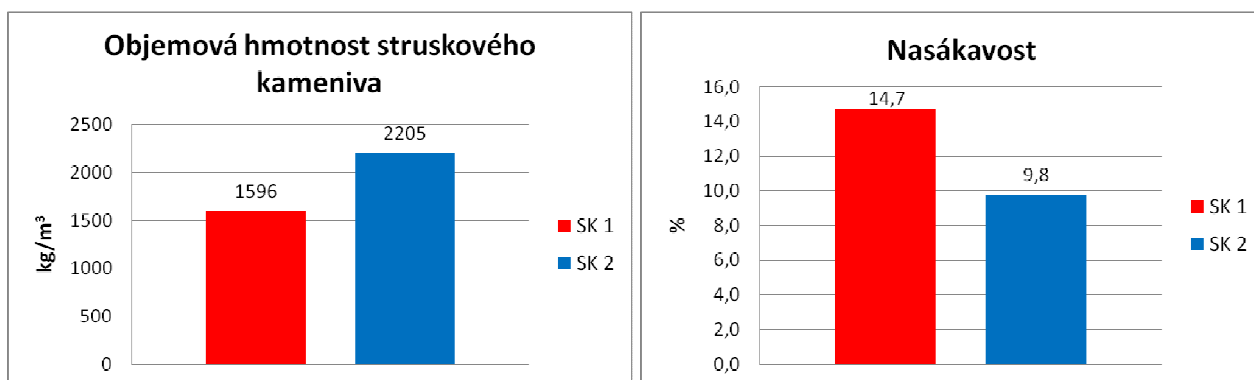
vlastností jsou názorné z grafů 1 – 5 (všechny zobrazené hodnoty jsou průměry ze tří měření). Měření uvedených charakteristik bylo v souladu s normami – objemová hmotnost a nasákavost (dle ČSN 72 1171), sypaná hmotnost volně sypaného materiálu, v setřeseném stavu a mezerovitost (dle ČSN EN 1097-3), rozbor zrnitosti (dle ČSN EN 933-1).

Vhodnost použitých strusek z hlediska dalších požadovaných vlastností byla posouzena na základě ročních kontrolně-výrobních zkoušek provedených v recyklačních linkách.

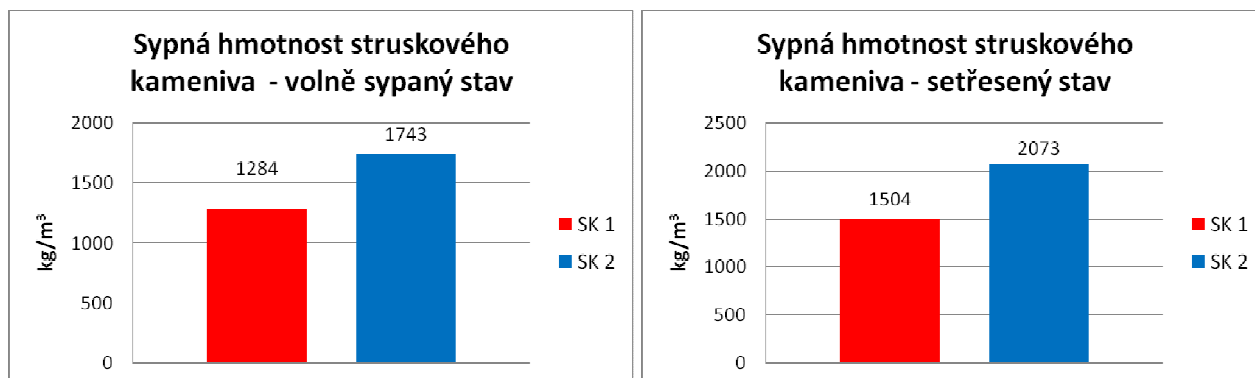
Na základě dosažených výsledků byla prokázána vhodnost struskového kameniva pro použití při výrobě betonu.



Graf 1: Čáry zrnitosti jednotlivých typů použitého struskového kameniva
(Křivky A32, B32 a C32 označují hranice mezi dobrou, použitelnou a nevhodnou zrnitostí)



Graf 2, 3: Objemová hmotnost struskového kameniva (vlevo), nasákavost struskového kameniva (vpravo)



Graf 4, 5: Sypná hmotnost volně sypaného struskového kameniva (vlevo), sypná hmotnost struskového kameniva v setřeseném stavu (vpravo)

Výroba vzorků

Pro potřeby výzkumu bylo vyrobeno šest krychlí o hraně 150 mm pro obě série S1 a S2. Ostatní výsledky vzorků sérií (S3 – C3) byly převzaty z literatury, jedná se o výzkum Španělského (S3), Italského (S4) pracoviště a předchozí výzkum prováděný na Fakultě stavební ČVUT v Praze (B3, C3).

Popis složení zkoušených vzorků je uveden v tabulce 1.

Tabulka 1: Složky vzorků jednotlivých sérií

Popis vzorku	Kamenivo	Pojivo	Vlákna
S1	Struskové kamenivo 1	CEM II/B-M(S-LL) 32,5R	Forta Ferro 1% obj.
S2	Struskové kamenivo 2		
S3	Struskové kamenivo ⁹	CEM I 42,5 R	Bez vláken
S4	Struskové kamenivo ¹⁰	CEM II – A/L 42,5 R	
B3	Betonový recyklát ¹⁵	CEM II/B-M(S-LL) 32,5R	Forta Ferro 1% obj.
C3	Cihelný recyklát ¹⁵		

Struskové kamenivo bylo dávkováno v sériích S1 a S2 v množství 1504 a 2041 kg/m³.

U všech sérií vyrobených vzorků tohoto experimentálního programu byla použita vlákna Forta FerroTM na základě předchozích zkušeností s jejich využitím při výrobě vláknobetonu. Jedná se o polypropylenová monofilamentní nefibrilující vlákna vyráběná ze 100 % nového polypropylenu v kombinaci se síťovým (fibrilovaným) vláknem. Používají se k omezení smršťování betonu, zlepšení rázové odolnosti, zvýšení únavové odolnosti a houževnatosti betonu. Toto vlákno pro zvláště vysoké zatížení poskytuje maximálně dlouhou životnost a díky synergickým účinkům dvou složek a velké délce také významné strukturální mechanické vlastnosti. Vlákno je nekorozivní, nemagnetické, chemicky inertní a 100% odolné vůči alkáliím¹⁴. Množství vláken ve zkoušených recepturách bylo stanoveno, na základě předcházejících experimentálních zkoušek s vlákny, na 1 % celkového objemu (čemuž odpovídá množství 9,1 kg/m³), aby byl prokázán jejich výraznější vliv ve struktuře betonu s recykláty.

Množství cementu u vzorků S1 i S2 bylo stanoveno na základě předchozích experimentů v hodnotě 300 kg/m³. Stejně množství směsného cementu bylo použito i u sérií B3, C3. U série S3 bylo množství cementu 310 kg/m³, série S4 byla vyrobena s použitím 317 kg/m³.

Množství vody bylo stanoveno, vzhledem k dobré zpracovatelnosti a aktuální vlhkosti kameniva, přímo při míchání směsi. Jednotlivé vodní součinitele byly 0,53 (série S1), 0,6 (S2), 0,66 (C3), 0,48 (B3), 0,6 (S3) a 0,52 (S4).

Receptury vyráběné v rámci experimentálního programu, prováděného na Fakultě stavební ČVUT, byly modifikovány tak, aby nebylo nutné přidávat žádné další přísady a byla přitom zachována dobrá

zpracovatelnost směsi a její nízká cena. Všechny složky vláknobetonové směsi byly dávkovány hmotnostně. Složení vzorků a popis experimentů sérií S3, S4, B3 a C3, zde uvedených pro porovnání, je podrobněji popsáno v ^{9, 10, 15}.

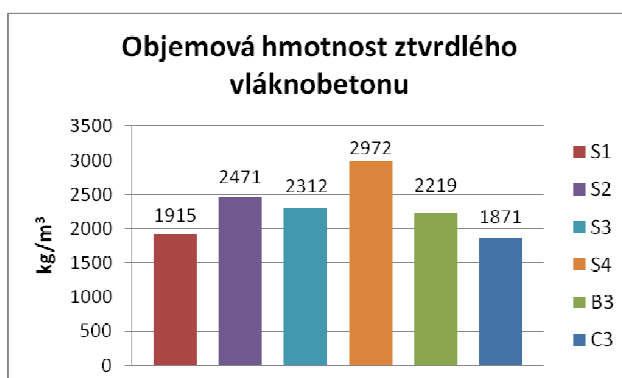
Experimentální zkoušky

Měření základních mechanicko-fyzikálních vlastností bylo provedeno podle standardních testovacích metod pro běžný beton dle příslušných norem ČSN EN pro jednotlivé stanovení zkoušených charakteristik. Na čerstvém betonu bylo prováděno stanovení objemové hmotnosti čerstvého betonu (dle ČSN EN 12350-6). Na ztvrdlém betonu byla prováděna zkouška pevnosti v tlaku na krychlích (dle ČSN EN 12390-3), zkouška pevnosti v příčném tahu na krychlích (dle ČSN EN 12390-6), zkouška pevnosti v tahu ohybem na trámčích (dle ČSN EN 12390-5) a stanovení objemové hmotnosti na ztvrdlém betonu (dle ČSN EN 12390-7). Pevnost v tlaku a pevnost v příčném tahu byla odzkoušena na normových zkušebních krychlích o hraně 150mm. Zkoušky byly prováděny po 28 dnech od výroby vzorků (série S1 – S4) a po 90 dnech (série B3 a C3).

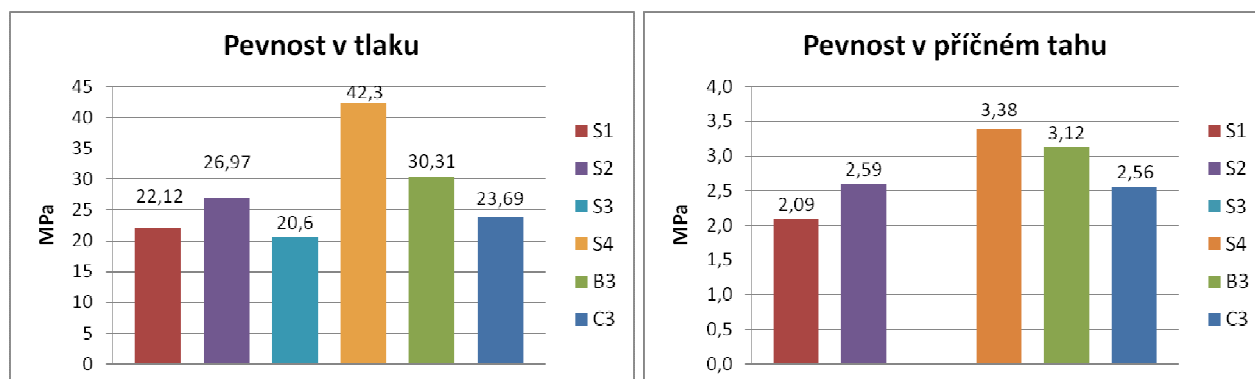
Výsledky a diskuse

Výsledky naměřených veličin jsou znázorněny v grafech 6 – 8, jedná se o průměr ze tří naměřených hodnot objemových hmotností ztvrdlého vláknobetonu, pevností v tlaku a pevností v příčném tahu.

Objemová hmotnost betonu s plnou náhradou přírodního kameniva struskovým je velmi proměnlivá a závisí jak na typu strusky, tak na zdroji, ze kterého je získána. Obecně má ocelářská struska vyšší objemové hmotnosti oproti vysokopecní.



Graf 6: Objemová hmotnost ztvrdlého vláknobetonu



Graf 7, 8: Pevnost v tlaku (vlevo) a pevnost v příčném tahu (vpravo), měřeno na krychlích o hraně 150 mm

Pevnost betonu v tlaku je srovnatelná s betony na bázi recyklovaného kameniva, přičemž se prokázala závislost pevnosti na objemové hmotnosti použitého kameniva – strusky. U série S4 je vysoká pevnost způsobena zřejmě nejen vysokou objemovou hmotností struskového kameniva, ale i kvalitou použitého cementu. Stejně tak u pevnosti betonu v příčném tahu lze konstatovat, že jsou hodnoty srovnatelné jako při použití jiných recyklovaných materiálů. Hodnoty pevností jsou opět v závislosti na objemové hmotnosti kameniva.

Závěry

Naměřené hodnoty charakteristik struskového kameniva byly zjištěny v souladu s uvedenými normami a byla prokázána vhodnost struskového kameniva jakožto náhrady běžného kameniva při výrobě betonu s rozptýlenou výztuží⁷.

Složení betonové směsi bylo navrhováno s ohledem na finanční náročnost výroby, a proto nebyly používány žádné speciální přísady upravující vlastnosti směsi a rovněž byla zvolena nižší dávka cementu s ohledem na ekologickou stránku záměru, která bude i dále sledována.

Měření objemové hmotnosti prokázalo předpokládanou nižší objemovou hmotnost betonu s náhradou kameniva vysokopeční struskou, což je možné s výhodou využít v případě požadavku na nižší hmotnost výsledného výrobku. Objemová hmotnost vláknobetonu s užitím ocelářské strusky je srovnatelná s objemovou hmotností běžného betonu. Pevnostní charakteristiky výsledného betonu jsou porovnatelné s betony s plnou náhradou přírodního kameniva recyklovaným a jsou dostatečné pro možné uplatnění ve stavebních konstrukcích.

Dosažené poznatky z experimentálního programu v první etapě prokázaly vhodnost použití struskového kameniva při výrobě betonu s rozptýlenou výztuží. Tato skutečnost podpořila záměr projektu a předpoklady, že navrhované zaměření zkoušek ve druhé etapě řešení projektu je správné.

V rámci dalšího výzkumu bude pokračováno ve sledování vlastností struskového kameniva i výsledného vláknobetonu se zaměřením na optimalizaci jednotlivých složek a charakteristických vlastností pro vláknobeton např. duktilitu.

Poděkování

Příspěvek byl vypracován za finanční podpory grantového projektu GAČR 104/10/1128 „Identifikace materiálových charakteristik cementovláknových kompozit s plným využitím recyklátů“.

Literatura

1. TP 138: *Užití struskového kameniva do PK – 2010*.
2. Sherwood P.: *Alternative materials in road construction, 2nd edition*. Thomas Telford Ltd, London 2001.
3. ČSN 73 6133: *Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací – 2010*, TP 93: *Návrh a provádění staveb pozemních komunikací s využitím popílků a popelů*.
4. www.euroslag.com, staženo 2. ledna 2012
5. www.arcelormittal.com, staženo 5. ledna 2012
6. Neville A. M.: *Properties of concrete*. Wiley, New York 1997.
7. ČSN EN 206-1: *Beton – Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda – 2001*.
8. Yüksel I., Turhan B., Özkan O.: *Durability of concrete incorporating non-ground blast furnace slag and bottom ash as fine aggregate*. Building and Environment 42 (2007), pp. 2651 – 2659.
9. Manso J.M., Polanco J.A., Losañez M., González J.J.: *Durability of concrete made with EAF slag as aggregate*. Cement and Concrete Composites 28 (2006), pp. 528 – 534.
10. Pellegrino C., Gaddo V.: *Mechanical and durability characteristics of concrete containing EAF slag as aggregate*. Cement and Concrete Composites 31 (2009), pp. 663 – 671.
11. Wang G.: *Determination of the expansion force of coarse steel slag aggregate*. Construction and Building Materials 24 (2010), pp. 1961 – 1966.

12. Chunlin L., Kunpeng Z., Depeng Ch.: *Possibility of Concrete Prepared with Steel Slag as Fine and Coarse Aggregates: A Preliminary Study*. Procedia Engineering 24 (2011), pp: 412 – 416.
13. www.prodej-strusky.cz, staženo 3. ledna 2012
14. Technický list FORTA FERROTM, staženo 22.června 2011.
15. Vytlačilová V., Šeps K.: *Vliv popílku v cementovláknových kompozitech s využitím recyklovaného kameniva*. Praha: CEMC, WASTE FORUM 3 (09/2011), s. 172 – 178, ISSN 1804-0195.

Study of convenient use of the slag aggregate in fibre reinforced concrete

Vladimíra VYTLAČILOVÁ, Karel ŠEPS, Aneta RAINOVÁ

Czech Technical University in Prague, Faculty of Civil Engineering, Department of Concrete and Masonry Structures, Thákurova 7, 166 29 Prague 6,

E-mail: vladimira.vytlacilova@fsv.cvut.cz, karel.seps@fsv.cvut.cz, aneta.rainova@fsv.cvut.cz

Summary

The aim of this article is to present results of preliminary study of experimental program, which is focused on manufacturing of concrete with full replacement of natural stone aggregate by artificial crushed slag aggregate and with fibre reinforcement. The need to reuse waste products or by-products, which becomes more and more important in current time, leads to efforts to search new ways of waste materials reusing and new possibilities in combinations of typical construction materials and waste or secondary products of primary production or recycling. In scope of experimental program, which is aimed on utilization of slag aggregate available on Czech market in recycling line for construction and demolition waste, first objective was to collect actual information about production of this material. Further, basic mechanical and physical properties of slag aggregate with different origin were investigated, and testing specimens with full replacement of natural aggregate by granulated slag aggregate and polypropylene fibres were prepared. Resulting properties were compared with properties of concretes with substitution by other different recycled materials from construction side, which were also investigated on department of authors. Obtained data and results will be used in application and during optimization of concrete mixture composition, where alternative recycled aggregate would be used.

Keywords: Granulated slag aggregate, fibre reinforced concrete, mechanical and physical properties

Vývoj činidla pro flotaci uhelných kalů na bázi biologických komponent

Radim PAVLÍK^a, Jiří VIDLÁŘ^b

^aOKD, a. s., Důl Karviná, závod Lazy, 735 06 Karviná – doly, ul. Čs. armády č.p. 1, Česká republika

^bHornicko-geologická fakulta, VŠB-Technická univerzita Ostrava, 17. listopadu 15, 708 33 Ostrava-Poruba, Česká republika

E-mail: radim.pavlik@okd.cz, jiri.vidlar@vsb.cz

Souhrn

Článek uvádí experimentální výsledky, spojené s výzkumem možností nahrazení stávajících petrochemických činidel, užívaných pro flotaci černouhelných kalů v OKD a.s., novým činidlem, složeným z biologických složek, tj. složek z obnovitelných zdrojů. Získané výsledky rozšiřují dosud získané a autorsky chráněné poznatky. Nové biologické flotační činidlo je tvořeno komponenty, které jsou meziprodukty nebo vedlejšími produkty výroby metylesteru řepkového oleje, resp. bioetanolu. Na podkladě vyhodnocených laboratorních testů flotace řady vzorků uhelných kalů z úpraven Dolu Karviná a Dolu ČSM lze konstatovat, že nové flotační činidlo vykazuje potřebnou flotační účinnost. Nové složení biologického flotačního činidla (označení Totalbio X) bude provozně odzkoušeno v OKD, a.s. Důl Karviná, úpravárenský komplex závodu ČSA.

Klíčová slova: flotace, činidla, kaly

Úvod

Dobře fungující kalový okruh úpravy černého uhlí má podstatný vliv na hospodářský výsledek nejen úpravy, ale i celého dolu.

Kaly jsou produkovány na úpravně mokrým odtříděním jemných podílů, které jsou obsaženy v surové těžbě (primární kaly), nebo procesně vznikají přímo na úpravně uhlí (sekundární kaly). Jejich hmotnostní podíl ve vztahu k surové těžbě je významný, proto musí být dále úpravou zhodnocovány snížením jejich popelnatostí.

Hlavním procesem, při němž dochází k oddělení částic uhlí od zrn hlušiny, je pěnová flotace. Je to metoda, využívající k separaci částic jejich rozdílných fyzikálně-chemických vlastností, především polarity jejich povrchu. Tu je možno ovlivňovat hydrofobizační složkou flotačního činidla. Dočasnou stabilitu flotační pěny, obsahující hydrofobizovaná uhlí zrna zajišťuje další složka flotačního činidla – složka pěnicí. Výsledný reagenční režim, určený množstvím a složením přidávaného směsného flotačního činidla výrazně ovlivňuje požadovanou kvalitu koncentráту a dostatečně vysokou popelnatost hlušiny. Na úpravně Dolu Karviná, závod ČSA se v současnosti zkušebně používá činidlo, které obsahuje pěnicí složku biologickou a hydrofobizující složku petrochemickou (ozn. SEMIBIO). Toto činidlo bylo vyvinuto jako výstup grantového projektu MPO ČR-TP na řešitelském pracovišti HGF, VŠB-TU Ostrava [1]. V této spojitosti nové činidlo – TOTALBIO – představuje verzi se 100% podílem biologických složek. Na dalších úpravách uhlí OKR se v současnosti používají činidla, jejichž veškeré komponenty pocházejí z petrochemického průmyslu, jsou to produkty destilace ropy. Jedná se o importované činidlo Montanol 551, popř. o směs Montanolu 551 s vypírácím olejem.

Vlivem ubývajících zásob ropy, spekulací na trzích, politickou nestabilitou, popř. válečnými konflikty v dotčených oblastech dochází ke zvyšování ceny ropy, a tím i k rostoucímu trendu cen ropných produktů. Pro postupné zavádění „biologických flotačních činidel“ hovoří také oprávněný veřejný zájem na vyšší ochraně životního prostředí (čistotě odpadních vod) v důsledku snazší biologické degradace zbytkových koncentrací nového flotačního činidla.

Obecná charakteristika a rozdělení flotačních činidel

Podle úlohy, kterou plní činidla ve flotačním procesu je lze rozdělit do těchto skupin:

a) Flotační činidla ovlivňující fázové rozhraní tuhá látka – kapalina

Sběrače jsou organické heteropolární látky, které se selektivně absorbují na vybrané povrchy minerálních zrn. Zvyšují hydrofóbnost povrchu minerálních zrn, a tím zajišťují pevné spojení částic flotovaného materiálu a vzduchových bublin, což je základní podmínkou flotace.

Činidla řídící, jde o anorganické nebo organické látky, které podporují adsorpci sběrače na povrch minerálních zrn a tím zvyšují jejich flotovatelnost (aktivátory), resp. adsorpci sběrače omezují a tím flotovatelnost určitých minerálů potlačují nebo ruší (depresory). Mezi řídící činidla patří dále činidla, ovlivňující koncentraci vodíkových iontů (činidla modifikující pH).

Skupinu doplňují řídící činidla, která ovlivňují dispergaci a koagulaci jemných a velmi jemných minerálních zrn., resp. činidla ovlivňující redukční potenciál fázového rozhraní minerál – voda.

Obecně platí, že řídící činidla vytvářejí podmínky pro potřebnou účinnost selektivního oddělování jednotlivých minerálů z polymetalických rudnin, při úpravě uhelných kalů je jejich užití výjimečné [2].

b) Flotační činidla ovlivňující fázové rozhraní kapalina – plyn

Pěniče jsou povrchově aktivní organické heteropolární sloučeniny, snižující povrchové napětí na rozhraní kapalné a plynné fáze, napomáhající jemnobublinné dispergaci vzduchu, zabraňují koalescenci vzduchových mikrobublinek a zvyšují stálost pěny [2].

Charakteristika složení flotačního činidla TOTALBIO

Pro definici vývojového činidla bylo v konečné fázi výzkumu využito 3 biologických komponent, které jsou komerčně dostupné v bilančním množství. Vlastnosti těchto komponent byly analyzovány a testovány v laboratořích HGF, VŠB-TU Ostrava, vybrané chemické rozbory také ve spolupráci s akreditovanými laboratořemi [1].

1. Přiboudlina (PŘ.)

Jedná se o odpadní produkt z výroby bioetanolu po fermentaci přírodních cukrů a škrobů. Její destilační rozmezí bývá variabilní (97 – 138 °C).

Dominantní složkou je amylalkohol (1-pentanol), akcesorie 1-butanol, 1-propanol. Amylalkohol – C₅ H₁₁-OH má celkem 8 izomérů destilujících v rozmezí teplot 102 – 138 °C.

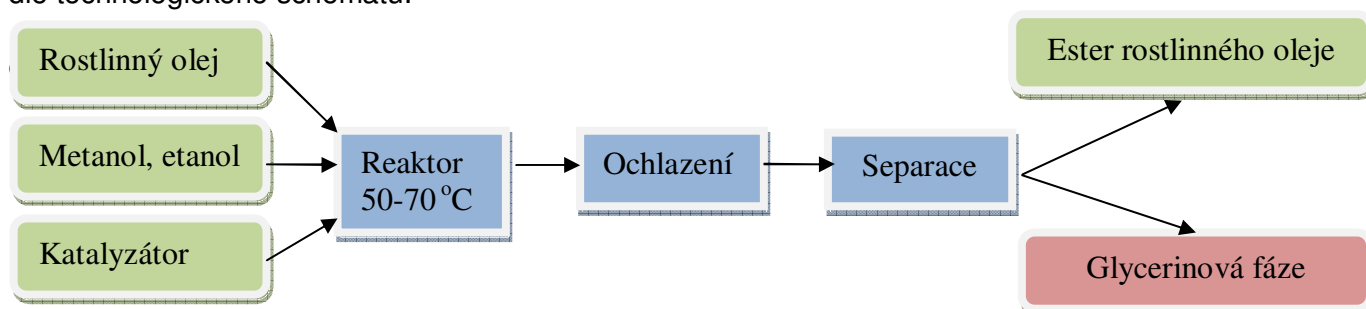
Obsah amylalkoholu v přiboudlině: 54 – 93 %

Hustota přiboudliny: 0,83 – 0,87 kg/l

Bod vzplanutí: 38 – 48 °C

2. Glycerinová fáze (G.F.)

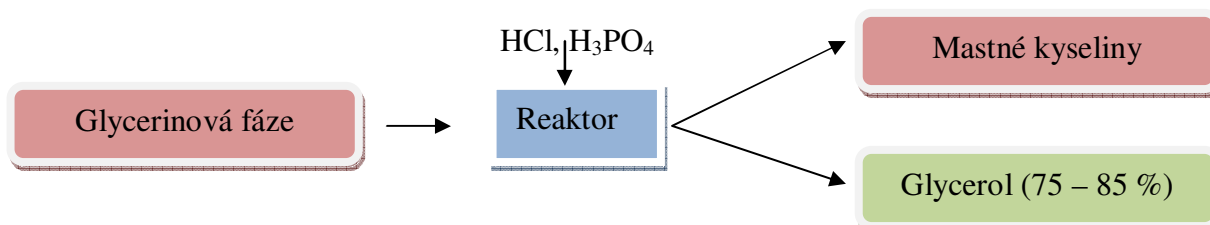
Je vedlejším produktem (meziproduktem) výroby esteru rostlinných olejů (popř. živočišných tuků) dle technologického schématu:



Obsah glycerolu : 19 – 35 %
 Obsah FFA (volné karboxylové kyseliny): 25 – 48 %
 Bod vzplanutí (při obsahu metanolu 9 – 14 %) je 38 °C
 Viskozita dynamická : 600 – 650 mPa.s (20 °C), 48 – 55 mPa.s (65 °C)

3. Mastné kyseliny (M.K.)

Jedná se produkt získaný zpracováním glycerinové fáze:



Obsah FFA (volné karboxylové kyseliny) : nad 70%
 Hustota : 0,88 – 0,89 kg/l
 Bod vzplanutí: nad 200 °C
 Viskozita dynamická: 30 – 31 mPa.s (20 °C)

Experimentální část

Použité vzorky

Dva vzorky flotačního rmutu byly odebrány na úpravně dolu ČSM, a to z přívodu na flotaci jednotlivých linek. Vzorek přívodu na flotační linku A o technologické zrnitosti 0 – 0,5 mm, vzorek přívodu na linku B o technologické zrnitosti 0 – 0,25 mm.

Třetí vzorek byl odebrán z přívodu na flotační linku úpravny dolu Karviná, závodu ČSA, jeho technologická zrnitost je 0 – 0,5 mm (**Tabulka 1** a **Graf 1**).

Vzorky byly podrobeny kontrolnímu zrnitostnímu rozboru pro zpřesnění obsahu jednotlivých zrnitostních tříd.

Vzorek nového flotačního činidla sestával ze tří výše uvedených biologických komponent, jejichž objemové zastoupení bylo experimentálně optimalizováno a pro účely publikace označeno jako Totalbio X.

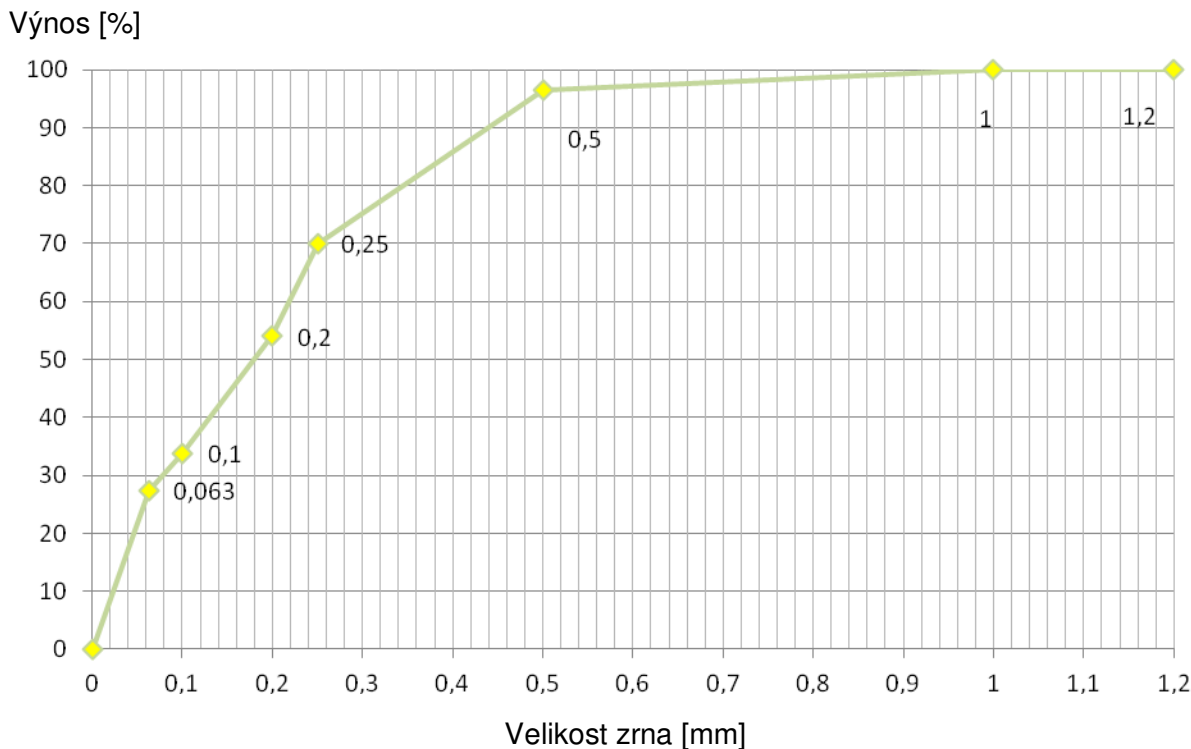
Zrnitostní rozbor

Přívod na flotační linku na úpravně dolu Karviná, závodu ČSA, zrnitost 0 – 0,5 mm

Tabulka 1: Zrnitostní rozbor přívodu na flotační linku na úpravně dolu Karviná, závodu ČSA, zrnitost 0 – 0,5 mm.

Zrnitostní třídy [mm]	Výnos [%]	Nadsítné [%]	Podsítné [%]	Popelnatost [%]
+ 1	0,04	0,04	100,00	3,0
0,5 – 1,0	3,51	3,55	99,96	3,1
0,25 – 0,5	26,50	30,05	96,45	7,3
0,2 – 0,25	15,94	45,99	69,95	12,2
0,1 – 0,2	20,18	66,17	54,01	18,2
0,063 – 0,1	6,41	72,58	33,83	26,8
– 0,063	27,42	100,00	27,42	25,2
	100			Ø 16,29

Graf 1: Křivka podsítného z přívodu na flotační linku na úpravně dolu Karviná, závodu ČSA, zrnitost 0 – 0,5 mm.



Flotační přístroj, použitá metodika experimentů

Pro daný účel byl použit *mechanický flotátor* s vlastním nasáváním vzduchu, typ VRF-2 o užitečném objemu flotační buňky 1 litr (**Obr.1**), otáčky měsidla 1400/min, otáčky stěrače pěny 14 ot/min, zahuštění rmutu 100 g/l, provzdušnění rmutu 0,5 l/min.

Proměnnou veličinou bylo složení a dávka flotačního činidla.



Obrázek 1: Flotační přístroj VRF-2

Metodika laboratorních flotačních testů byla účelově modifikována. Na počátku výzkumu šlo o metodiku frakčních flotačních testů dle podnikové normy [3], zobrazujících při zvoleném reagenčním režimu časový průběh flotace, resp. relativní flotovatelnost daných černouhelných kalů, měřitelnou např. hodnotou výnosu koncentráту při jeho zadané popelnatosti (viz. **Tabulka 2 – 5** a vektorové diagramy flotovatelnosti **Obrázek 2 – 5**). V další fázi výzkumu byla flotace vedena *dvouproduktově*, tj. získáván 1 koncentrát (pěnový produkt) a 1 odpad (flotační hlušiny) za určený flotační čas. K porovnání účinnosti činidla Totalbio X bylo za jinak stejných podmínek užito referenční činidlo Montanol 551 (považováno za „evropský standard“) a další referenční činidlo, užívané na dalších úpravných uhlí OKD, a.s., tj. směs Montanolu 551 a vypíracího oleje ve hmotnostním poměru 1:1. Celkový čas laboratorní flotace byl na podkladě frakčních flotací stanoven na 6 minut.

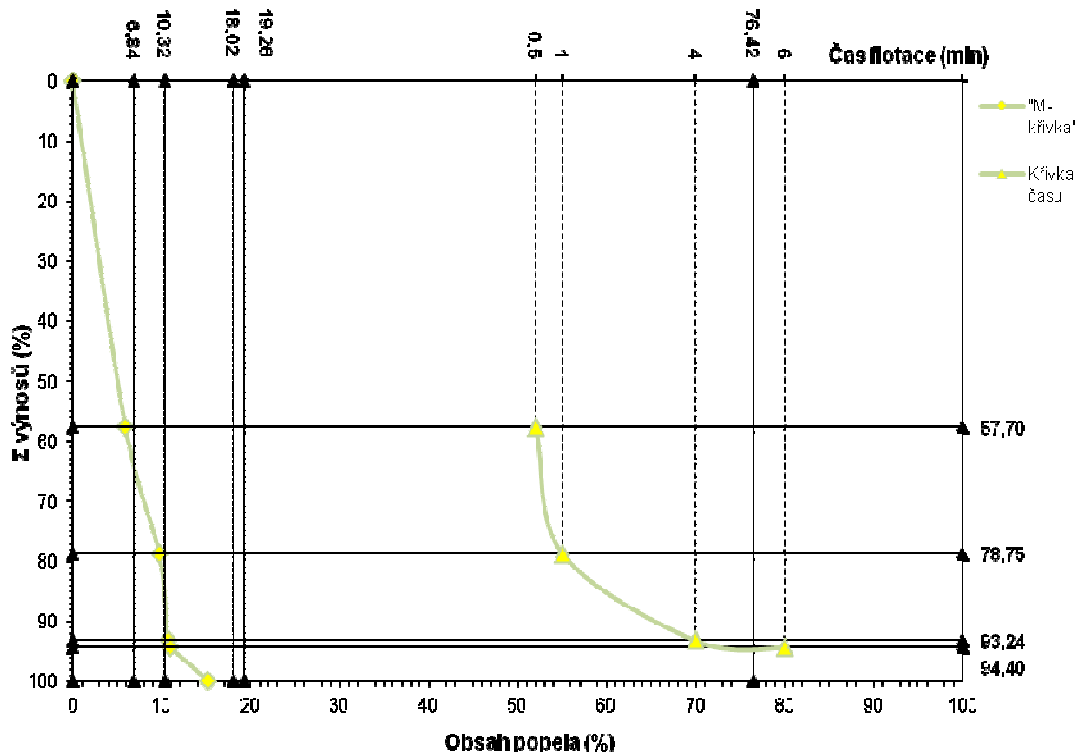
Frakční flotace – uhelné kaly z dolu Karviná, závod ČSA, zrnitost 0 – 0,5 mm

Flotační činidlo Montanol 551

Tabulka 2: Tabulka flotovatelnosti uhelných kalů úpravny dolu Karviná, závodu ČSA, zrnitost 0 – 0,5 mm, flotační činidlo Montanol 551, dávka činidla 1 kg/t.

FRAKCE (INTERVAL) [minut]		VÝNOS [%]	OBSAH POPELA [%] A ^d	MNOŽSTVÍ POPELA [%]	Σ VÝNOSŮ [%]	Σ MNOŽSTVÍ POPELA [%]	Σ MNOŽSTVÍ POPELA / 100
Minimum	Maximum						
1		2	3	4 = 2 * 3	5 = Σ 2	6 = Σ 4	7 = 6 / 100
pod	0,5	57,70	10,32	595,464	57,70	595,464	5,95
0,5	1	21,05	18,02	379,321	78,75	974,785	9,75
1	4	14,49	6,84	99,1116	93,24	1073,8966	10,74
4	6	1,16	19,26	22,3416	94,40	1096,2382	10,96
nad	6	5,60	76,42	427,952	100,00	1524,1902	15,24
		100		1524,19			

Obrázek 2: M – diagram flotovatelnosti uhelných kalů úpravny dolu Karviná, závodu ČSA, zrnitost 0 – 0,5 mm, flotační činidlo Montanol 551, dávka činidla 1 kg/t.

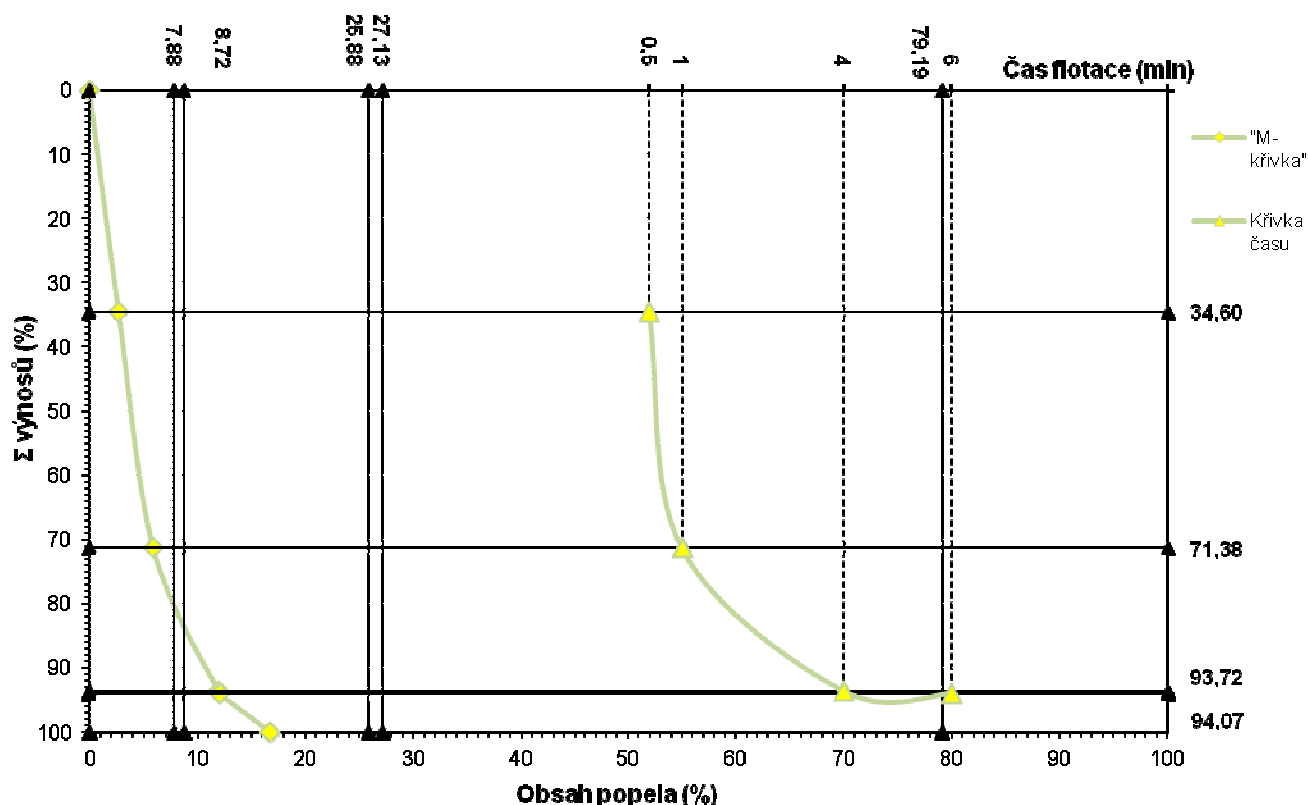


Flotační činidlo Montanol 551, vypírací olej 1:1

Tabulka 3: Tabulka flotovatelnosti uhelných kalů úpravny dolu Karviná, závodu ČSA, zrnitost 0 – 0,5 mm, flotační činidlo Montanol 551, vypírací olej 1:1, dávka činidla 1kg/t

.FRAKCE(INTERVAL) [minut]		VÝNOS [%]	OBSAH POPELA [%] A ^d	MNOŽSTVÍ POPELA [%]	Σ VÝNOSŮ [%]	Σ MNOŽSTVÍ POPELA [%]	Σ MNOŽSTVÍ POPELA / 100
Minimum	Maximum						
1		2	3	4 = 2 * 3	5 = Σ 2	6 = Σ 4	7 = 6 / 100
pod	0,5	34,60	7,88	272,648	34,60	272,648	2,73
0,5	1	36,78	8,72	320,7216	71,38	593,3696	5,93
1	4	22,34	27,13	606,0842	93,72	1199,4538	11,99
4	6	0,35	25,88	9,058	94,07	1208,5118	12,09
nad	6	5,93	79,19	469,5967	100,00	1678,1085	16,78
		100		1678,11			

Obrázek 3: M – diagram flotovatelnosti uhelných kalů úpravny dolu Karviná, závodu ČSA, zrnitost 0 – 0,5 mm, flotační činidlo Montanol 551, vypírací olej 1:1, dávka činidla 1kg/t.

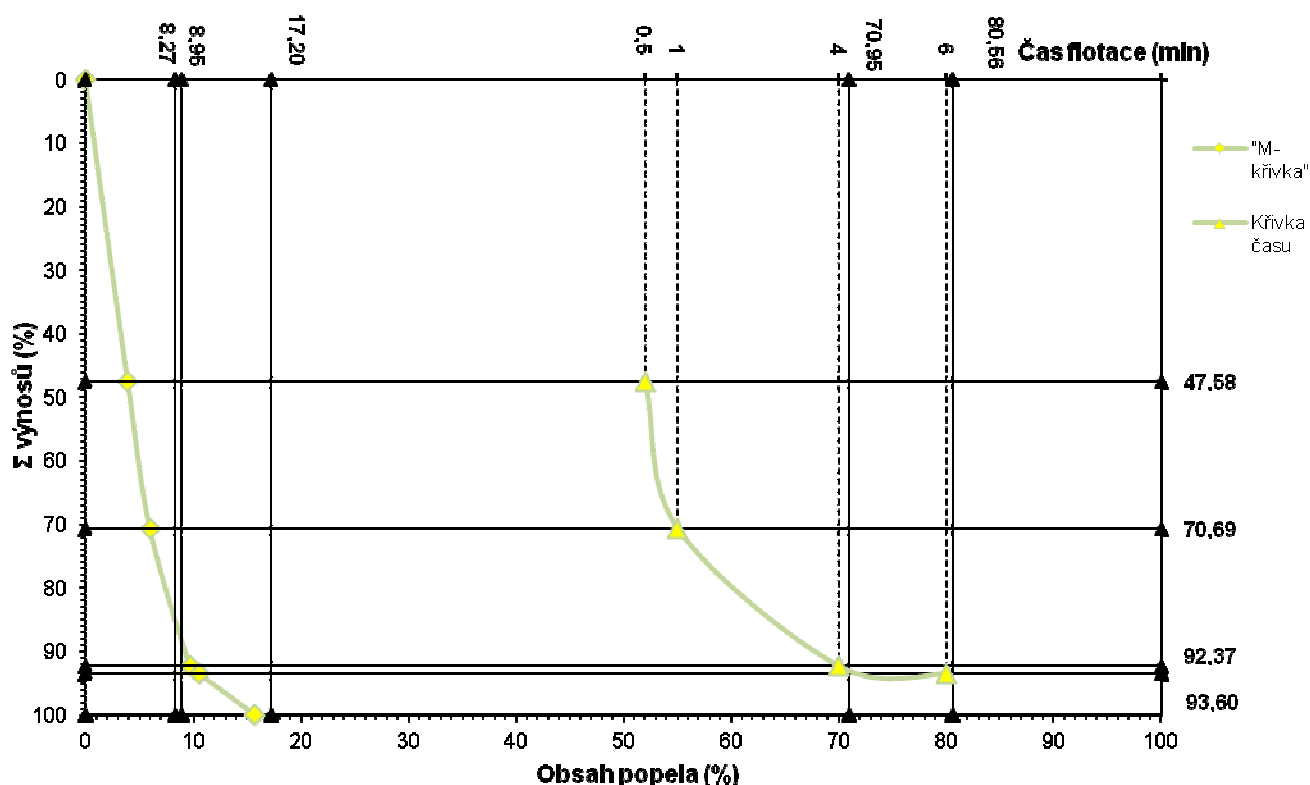


Flotační činidlo Totalbio X

Tabulka 4: Tabulka flotovatelnosti uhelných kalů úpravny dolu Karviná, závodu ČSA, zrnitost 0 – 0,5 mm, flotační činidlo Totalbio X, dávka činidla 1kg/t.

FRAKCE (INTERVAL) [minut]		VÝNOS [%]	OBSAH POPELA [%] A^d	MNOŽSTVÍ POPELA [%]	Σ VÝNOSŮ [%]	Σ MNOŽSTVÍ POPELA [%]	Σ MNOŽSTVÍ POPELA / 100
Minimum	Maximum						
1		2	3	$4 = 2 * 3$	$5 = \Sigma 2$	$6 = \Sigma 4$	$7 = 6 / 100$
pod	0,5	47,58	8,27	393,4866	47,58	393,4866	3,93
0,5	1	23,11	8,95	206,8345	70,69	600,3211	6,00
1	4	21,68	17,20	372,896	92,37	973,2171	9,73
4	6	1,23	70,95	87,2685	93,60	1060,4856	10,60
nad	6	6,40	80,56	515,584	100,00	1576,0696	15,76
		100		1576,07			

Obrázek 4: M – diagram flotovatelnosti uhelných kalů úpravny dolu Karviná, závodu ČSA, zrnitost 0 – 0,5 mm, flotační činidlo Totalbio X, dávka činidla 1kg/t.

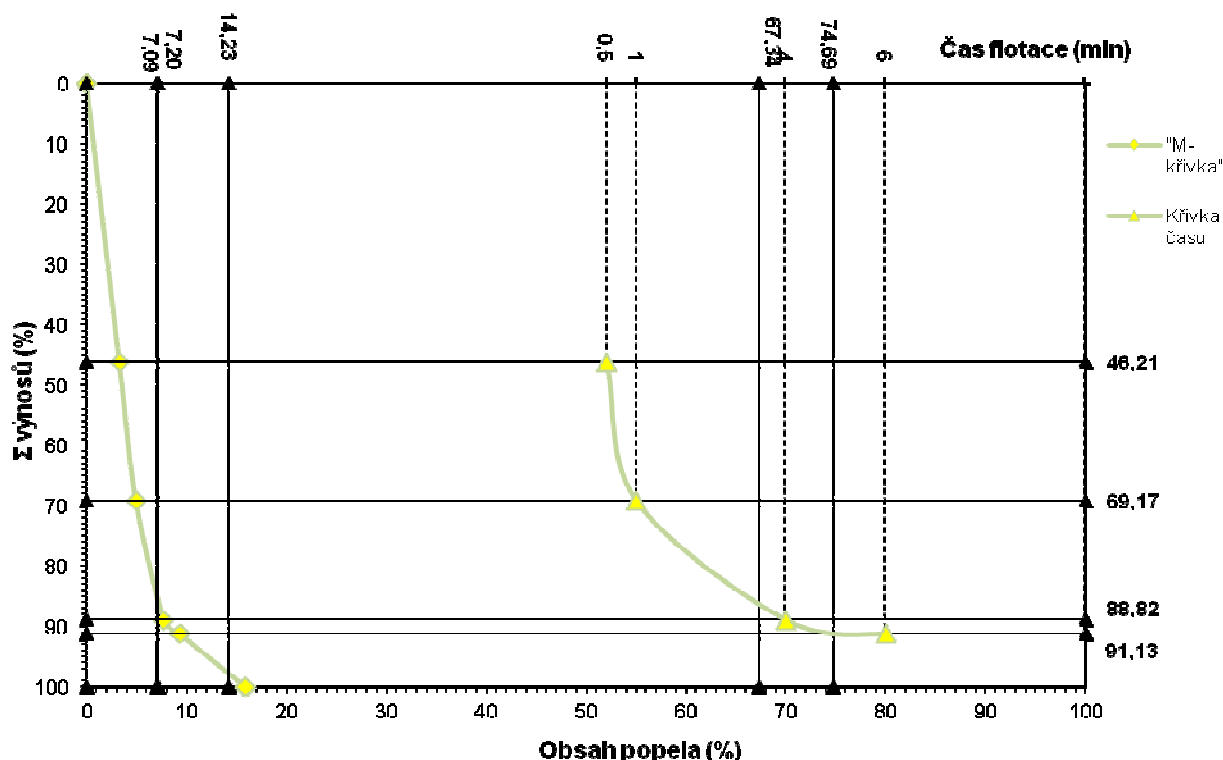


Flotační činidlo Totalbio X

Tabulka 5: Tabulka flotovatelnosti uhelných kalů úpravny dolu Karviná, závodu ČSA, zrnitost 0 – 0,5 mm, flotační činidlo Totalbio X, dávka činidla 0,6 kg/t.

FRAKCE (INTERVAL) [minut]		VÝNOS [%]	OBSAH POPELA [%] A ^d	MNOŽSTVÍ POPELA [%]	Σ VÝNOSŮ [%]	Σ MNOŽSTVÍ POPELA [%]	Σ MNOŽSTVÍ POPELA / 100
Minimum	Maximum						
1		2	3	4 = 2 * 3	5 = Σ 2	6 = Σ 4	7 = 6 / 100
pod	0,5	46,31	7,09	328,3379	46,31	328,3379	3,28
0,5	1	22,96	7,20	165,312	69,27	493,6499	4,94
1	4	19,65	14,23	279,6195	88,92	773,2694	7,73
4	6	2,31	67,34	155,5554	91,23	928,8248	9,29
nad	6	8,77	74,69	655,0313	100,00	1583,8561	15,84
		100		1583,86			

Obrázek 5: M – diagram flotovatelnosti uhelných kalů úpravny dolu Karviná, závodu ČSA, zrnitost 0 – 0,5 mm, flotační činidlo Totalbio X, dávka činidla 0,6 kg/t.



Shrnutí experimentálních výsledků

Pro uhelné kaly zrnitosti 0 – 0,5 mm i zrnitosti 0 – 0,25 mm z úpravny Dolu ČSM platí, že činidlo Totalbio X ve srovnání s činidly užívanými vykazuje vyšší flotační účinek, tj. podstatně vyšší popelnatost flotačních hlušin při poněkud nižší selektivitě procesu, tj. zvýšené popelnatosti koncentráту.

Pro uhelný kal z úpravny Dolu Karviná, závodu ČSA vykazuje biologické flotační činidlo Totalbio X technologické výsledky prakticky srovnatelné s činidly referenčními.

Každý důl OKD má individuální požadavky na popelnatost produktů flotace. Požadovaná popelnatost koncentráту je zejména závislá na deklarované kvalitě expedovaných produktů (např. praného uhlí), kterých je flotační koncentrát součástí. Jen výjimečně je flotační koncentrát expedován samostatně. Pro Důl Karviná, kde se připravuje odzkoušení činidla Totalbio X v provozu úpravny, je vyhovující rozsah popelnatosti flotačního koncentráту 7 – 10 %, popelnatost hlušin by neměla být nižší než 70 %. Laboratorní testy prokázaly, že tato kvalitativní kritéria flotační činidlo Totalbio X splňuje. Vyhodnocení provozní zkoušky flotace na úpravně Dolu Karviná při použití flotačního činidla Totalbio X bude součástí doktorské disertace prvního autora této publikace.

Závěr

Výsledky laboratorních flotačních testů předmětných uhelných kalů s nově vyvíjeným biologickým flotačním činidlem Totalbio X prokazují, že dosažené parametry sledované v provozu, tj. výnos a popelnatost koncentráту a popelnatost flotačních hlušin, jsou vyhovující. Také další sledované technologické vlastnosti činidla (hustota, viskozita a stabilita směsného činidla a jeho dispergovatelnost ve vodě) jsou srovnatelné s referenčními činidly. Přijatelnými se jeví i senzorické vlastnosti. Z uvedených výsledků laboratorního výzkumu vyplývá, že nové biologické činidlo lze doporučit k odzkoušení na provozní flotační lince úpravny Dolu Karviná, závod ČSA.

Literatura

1. Vidlář, J., Kwaczek, M.: Závěrečná zpráva Projektu MPO ČR-TP, č. 2A-1TP/099 „Výzkum složení a vlastností činidel pro flotaci černouhelných kalů a suspenzí nepolárních nerostů a látek na bázi biologických komponent“, HGF, VŠB-TU Ostrava, 2008.
2. Kmeť, S.: Flotacia, Vydavateľstvo Alfa, Bratislava 1992.
3. Podniková norma OKD, PN-FČ-1-97 „Flotační činidla“.

The development of agent for flotation of coal sludge based on biological components

Radim PAVLÍK^a, Jiří VIDLÁŘ^b

^aOKD, a.s., Důl Karviná, závod Lazy, Karviná – doly, ul. Čs. armády č. p. 1,
CZ-73506 Czech Republic

^bFaculty of Mining and Geology, VSB-Technical University of Ostrava 17. listopadu 15,
CZ-708 33 Ostrava-Poruba, Czech Republic

E-mail: radim.pavlik@okd.cz, jiri.vidlar@vsb.cz

Summary

The article states experimental results connected with the research possibilities of the substitution of the existing petrochemical agents, used for flotation of black coal sludge in OKD plc., for a new agent, compound of biological components, i.e. components of renewable sources. The obtained results extend previously obtained and copyrighted findings. The new biological flotation agent consists of components, which are intermediate products or byproducts of the methyl ester production of rape-oil, bio ethanol. Based on the evaluated laboratory tests of flotation of many coal sludge samples taken from preparation plants of coal mine Karviná and coal mine ČSM, it can be stated that the new flotation agent provides the needed flotation efficiency. New composition of the biological flotation agent (marked Totalbio X) will be operationally tested in OKD, plc. coal mine Karviná, preparation plant facility of coal mine ČSA.

Keywords: flotation, agent, sludge

**České ekologické manažerské centrum
a redakce odborného měsíčníku ODPADOVÉ FÓRUM
zvou na**

7. ročník česko-slovenského symposia

**Výsledky výzkumu a vývoje
pro odpadové hospodářství**

ODPADOVÉ FÓRUM 2012

**25. – 27. dubna 2012,
Kouty nad Desnou,
hotel Dlouhé stráně, Jeseníky**

Informace a program na www.odpadoveforum.cz/symposium2012.

Dotazy na symposium@cemc.cz.

Generálním partnerem symposia je EPS, s. r. o. (www.epssro.cz)





INTERAKTIVNÍ SBORNÍK (ARCHIV) ODPADOVÉHO FÓRA 2006 – 2010 **zdarma !**

Redakce Odpadového fóra připravila Interaktivní sborník, nebo chcete-li archiv, pěti ročníků časopisu 2006 až 2010. Tento sborník je umístěn na DVD, obsahuje plná znění všech čísel vydaných v tomto období a jejich příloh a je opatřen software, který **umožňuje pokročilé vyhledávání v celém jejich obsahu.**

Toto DVD bylo připraveno a vyrobeno za finančního přispění Ministerstva životního prostředí.

Tento sborník je pro školy, veřejné výzkumné organizace, veřejnou správu a neziskové organizace **ZDARMA**. Školy si sborníků mohou pro pedagogické účely objednat i (přiměřeně) více.

Objednávky v redakci Odpadového fóra: forum@cemc.cz.

Roční předplatné časopisu ODPADOVÉ FÓRUM pro školy, v.v.i. a další nepodnikatelské subjekty a také studenty činí 390 Kč/11 čísel (včetně DPH a poštovného), na Slovensku 39,84 eur. V ČR navíc poskytujeme na každý další výtisk zasílaný na stejnou adresu 50% slevu z předplatného.

Distribuce: ČR: DUPRESS, dupress@seznam.cz

SR: Mediaprint-Kapa Pressegrasso, a. s., predplatne@abomkapa.sk