2/2005 VTEI Ročník 47

VODOHOSPODÁŘSKÉ TECHNICKO-EKONOMICKÉ INFORMACE

SOUČASNÝ STAV V PROBLEMATICE POLYCHLOROVANÝCH BIFENYLŮ – PCB

Jiřina Barchánková

Klíčová slova

polychlorované bifenyly, analytické metody, odstranění PCB, evidence zařízení a látek s obsahem PCB, evidence odpadů PCB, výskyt PCB

Souhrn

PCB byly široce využívány a po zjištění rizik začala jejich likvidace. Důsledkem je jejich rozšíření v životním prostředí. V článku se vysvětluje pojem PCB z pohledu organické chemie a z pohledu zákona o odpadech. Zabývá se identifikací PCB, výskytem PCB v technických zařízeních, odpadech a starých zátěžích. Přijetím zákona o odpadech č. 185/2001 Sb. vznikla pro ČR povinnost inventarizace PCB. Je zde popsáno, jak vypadá evidence zařízení a látek s obsahem PCB a jaký je současný stav v evidenci odpadů. V ČR existují dvě navzájem nekompatibilní evidence podle dvou prováděcích předpisů k zákonu o odpadech. Stav evidence zařízení a evidence odpadů je uveden v tabulkách. Uvádí se zde také současné možnosti odstranění PCB a řešené projekty a úkoly v CEHO v oblasti PCB.

◆

Úvod

PCB patří mezi nebezpečné látky s nepříznivými účinky na životní prostředí a lidské zdraví. Jsou to teplotně i biologicky velmi stabilní sloučeniny, a to i za teploty 300 °C, nehořlavé, velmi málo rozpustné ve vodě, ale dobře se rozpouštějí v organických rozpouštědlech a tucích. K tepelné destrukci PCB dochází až při teplotách nad 1 000 °C. V průmyslovém měřítku se vyráběly více než 50 let a exportovaly se jako chemikálie nebo obsažené ve výrobcích téměř do všech zemí světa, lze je tedy považovat za globální polutanty. Jejich výroba skončila v osmdesátých letech s tím, že jejich používání pokračuje v některých výrobcích dodnes.

PCB a výrobky, které je obsahovaly, byly široce používány v různých oborech lidských činností. Používaly se jako dielektrické (izolační) kapaliny v transformátorech a kondenzátorech, v teplonosných a hydraulických systémech a v bezuhlíkovém kopírovacím papíru. Další uplatnění PCB bylo v mazivech, brusných olejích, změkčovadlech, barvách a lepidlech, v různých těsněních, nehořlavých látkách a v plastech.

Když byly zjištěny nebezpečné vlastnosti PCB a rizika plynoucí z jejich používání, začalo se s jejich likvidací, mnohdy nekontrolovanou a někdy také nelegálními způsoby. Důsledkem těchto činností je rozptýlení PCB v životním prostředí.

Výzkumu v oblasti PCB se věnuje řada projektů na celém světě. Jsou zaměřeny na způsoby jejich odstraňování, způsob chování PCB v životním prostředí, jejich přestup mezi jednotlivými složkami životního prostředí a rovněž na analytické metody stanovení PCB.

Pojem PCB

Přijetím zákona o odpadech č. 185/2001 Sb. nabyla zkratka PCB i jiného významu, než jaký má v organické chemii. Zákon totiž definuje (v souladu se směrnicí č. 96/59/ES) PCB v § 26 písm. a jako polychlorované bifenyly, polychlorované terfenyly, monometyltetrachlordifenylmetan, monometyldichlordifenylmetan, monometyldibromdifenylmetan a veškeré směsi obsahující jednu nebo více z uvedených látek v celkové koncentraci těchto látek vyšší než 50 mg/kg. Běžně se ovšem používá zkratka PCB v obou dvou významech. To vede mnohdy k určitým nedorozuměním.

Chemicky jsou polychlorované bifenyly pestrou směsí izomerů (kongenerů). Teoreticky jich existuje celkem 209. V reálných vzorcích jich dokážeme pomocí moderních analytických metod stanovit asi 150. Otázka identifikace PCB, které spadají pod právní i chemický význam zkratky PCB, je značně složitá a není vždy jasně definováno, co se myslí celkovým obsahem PCB. V bývalé ČSSR se ke stanovení celkového množství PCB používala tzv. delorová metoda, jejíž princip spočíval ve stanovení dvou průmyslově vyráběných směsí Deloru 103 a Deloru 106. Tato metoda měla řadu nevýhod a mimo to její výsledky nebyly mezinárodně srovnatelné. Proto se koncem 80. let začalo postupně i u nás přecházet na tzv. kongenerový způsob vyjadřování celkového obsahu PCB. Podstatou tohoto způsobu vyjadřování je analytické stanovení vybraných typických kongenerů a jejich součet pak formálně představuje celkovou koncentraci PCB. „Delorový" a „kongenerový" způsob stanovení porovnal Ing. V. Kužílek z Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka, výsledky jsou uvedeny v etapové zprávě VaV 720/5/01 z roku 2002. Historické údaje jsou ovšem většinou neoznačené co do použité metody, takže jsou často prakticky bezcenné.

V současné době upravuje stanovení celkového obsahu PCB zákon o odpadech č. 85/2001 Sb. v platném znění a vyhláška č. 384/2001 Sb.[1], o nakládání s PCB, které vycházejí ze směrnice Rady č. 96/59/ES. V roce 2001 nebyl výpočet celkové koncentrace PCB podle této směrnice ještě jednoznačně definován. Následně přijatou dvojicí norem ČSN EN 12766-1 a ČSN EN 12766-2 je stanovení celkového obsahu PCB v ropných výrobcích a použitých olejích stanoveno variantně, a to buď analýzou všech měřitelných kongenerů, nebo analýzou šesti indikačních kongenerů, jejichž součet se vynásobí pěti.

V ostatních matricích se v současné době přistupuje ke stanovení celkového obsahu PCB různě. Liší se i v ostatních prováděcích vyhláškách k zákonu o odpadech – ve vyhlášce č. 382/2001 Sb., o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě, a ve vyhlášce č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady. Výsledkem těchto rozdílných přístupů ke stanovení celkového obsahu PCB je nemožnost srovnání, absence rozumné bilance a vyhodnocení stavu PCB v životním prostředí, a hlavně určení, co jsou a co již nejsou PCB z hlediska definice zákona o odpadech.

Výskyt PCB

Vzhledem k tomu, že v nedávné minulosti bylo používání PCB velmi rozšířeno v mnoha průmyslových odvětvích, lze je nalézt nejen v **zařízeních** (provozovaných nebo záložních), kam byly přidávány nebo jimi byla zařízení plněna, nebo v **odpadech** (včetně vyřazených zařízení), ale i v kontaminovaných zeminách, omítkách a jiných stavebních hmotách, říčních sedimentech a jinde. Za PCB se podle zákona označují tehdy, pokud v nich koncentrace překročí 50 mg/kg.

Inventarizace PCB

Převzetím směrnice Rady č. 96/59/ES ke zneškodňování polychlorovaných bifenylů a polychlorovaných terfenylů do zákona o odpadech č. 185/2001 Sb. vznikla pro Českou republiku

1 Zatímco zákon č. 185/2001 Sb. byl významně novelizován zákonem č. 188/2004 Sb., do vyhlášky se dosud tyto změny nepromítly.

povinnost inventarizace PCB a zařízení s nimi a jejich odstranění do konce roku 2010. Odbor odpadů MŽP pověřil VÚV T.G.M. – jeho specializovanou složku CeHO – zajišťováním činností vedoucích k jejich inventarizaci. Přestože zákon o odpadech, který stanovuje podmínky pro tuto inventarizaci, platí již od 1. 1. 2002, není inventarizace zařízení dosud ukončena a inventarizace PCB (tj. kontaminovaných zemin a omítek splňujících koncentrační podmínku zákona) prakticky ještě nezačala. Důvody spočívají zejména v nejasnostech stávajících právních předpisů, jejich nejednotném výkladu a s tím související nedostatečné kontroly.

Současný stav evidence zařízení a látek s obsahem PCB

Zařízení s obsahem náplně větším než 5 litrů PCB (tedy kapaliny obsahující více než 50 mg/kg) jsou evidována podle vyhlášky č. 384/2001 Sb., přílohy č. 2. Stav k 31. 8. 2004 je uveden v *tabulce 1*. Tato evidence se provádí podle § 39 odstavce 8 zákona.

Současný stav evidence odpadů PCB

Evidence odpadů se provádí podle zákona č. 185/2001 Sb., § 39 odstavce 1. Podrobnosti stanoví další prováděcí právní předpis, kterým je vyhláška č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady. Odpady jsou evidovány podle katalogových čísel uvedených ve vyhlášce č. 503/2004 Sb., kterou se stanoví „Katalog odpadů". Stav evidence odpadů PCB i s PCB[2] za rok 2003 je uveden v *tabulce 2*. V *tabulce 3* jsou odpady z *tabulky 2* rozděleny podle způsobů nakládání.

Porovnání evidencí

Z výše uvedeného vyplývá, že existují dva druhy evidence. Jeden pro odpady PCB a s obsahem PCB, druhý pro zařízení a látky s PCB[3]. Na rozdíl od evidence PCB a zařízení s obsahem PCB podle vyhlášky č. 384/2001 Sb., která je založena na stanovení koncentrace přítomných PCB, je evidence odpadů založena na údajích o jejich celkovém množství. Tento údaj však neinformuje o obsahu nebezpečné látky, nebilancuje se kontaminant, ale hmotnost odpadů celkem.

Zde se výrazně projevuje již výše zmíněná nejasnost právní základny. Podle ní by měly být dva druhy evidence. Jeden, založený vyhláškou č. 384/2001 Sb. a speciálně určený pro PCB, by měl zahrnovat veškeré PCB, tj. v provozních zařízeních, ve vyřazených zařízeních[4], v dalších odpadech (pokud obsah PCB v nich převyšuje hranici 50 mg/kg) a – při dodržení stejné podmínky – ve starých zátěžích (zeminy, horniny, konstrukční materiály). Tato evidence by umožnila získat informaci o PCB skutečně v ČR přítomných (kromě určitého podílu v malých zařízeních). Druhá evidence – obecně odpadová – by měla zahrnovat odpady, ve kterých jsou přítomny PCB.

Tabulka 1. Evidence zařízení a látek s obsahem PCB, stav k 31. 8. 2004

		Zařízení obsahuje PCB: Ano			Zařízení obsahuje PCB: ???		
Druh zařízení	Kód druhu zařízení	Počet kusů	Hmotnost náplně [kg]	Hmotnost náplně [t]	Počet kusů	Hmotnost náplně [kg]	Hmotnost náplně [t]
Výkonový transformátor	10	136	294914	294,914	1561	2380104	2380,104
Tlumivka	11	4	10541	10,541	54	65410	65,41
Reaktor	12	0	0	0	2	29920	29,92
Transformátor elektrofiltru (odlučovač)	13	0	0	0	63	44289	44,289
Průchodka	14	0	0	0	0	0	0
Přepínač odboček (v transformátoru)	15	0	0	0	2	2000	2
Přístrojový (měřicí) transformátor napětí (PTN)	16	0	0	0	22	3221	3,221
Přístrojový (měřicí) transformátor proudu (PTP)	17	0	0	0	16	2588	2,588
Přístrojový (měřicí) transformátor kombinovaný (PTK) – napětí + proud	18	0	0	0	0	0	0
Kondenzátor **(DZ)**	20	10446	135879,1	135,8791	2715	29543,5	29,5435
Kondenzátor "malý" **(DZ)**	20	10245	45947,07	45,94707	13	65	0,065
Kondenzátorová baterie **(MZ)**	21	0	0	0	0	0	0
Motor **(MZ)**	22	0	0	0	0	0	0
Rozvaděčová skříň **(MZ)**	23	0	0	0	0	0	0
Vypínač	25	0	0	0	1712	66476,88	66,47688
Ostatní elektrická zařízení s kapalným dielektrikem	30	0	0	0	1608	617781,1	617,7811
Vakuové čerpadlo	50	0	0	0	0	0	0
Průmyslové zařízení s ohřevem teplonosnou kapalinou (duplikátor, obalovna drti apod.)	60	2	7000	7	2	1000	1
Jiné zařízení	70	0	0	0	246	76049	76,049
Nádrž s provozní kapalinou s PCB	81	0	0	0	3	2093	2,093
Cisterna s provozní kapalinou s PCB	82	0	0	0	0	0	0
Sud s provozní kapalinou s PCB	83	0	0	0	1	200	0,2
Jiný způsob uskladnění provozní kapaliny s PCB	90	0	0	0	0	0	0
Celkem		**20833**	**494281,17**	**494,28117**	**9077**	**3564847,98**	**3564,84798**

Tabulka 2. Stav evidence odpadů PCB i s PCB v roce 2003 podle vyhlášky č. 383/2001 Sb.

Kód	Název	Množství (t)
070109	Halogenované filtrační koláče, upotřebená absorpční činidla	11,57
080111	Odpadní barvy a laky obsahující organická rozpouštědla nebo jiné nebezpečné látky	3 868,68
080117	Odpady z odstraňování barev nebo laků obsahujících organická rozpouštědla nebo jiné nebezpečné látky	1 581,88
130101	Hydraulické oleje obsahující PCB	9,29
130301	Odpadní izolační nebo teplonosné oleje s obsahem PCB	49,32
160209	Transformátory a kondenzátory obsahující PCB	252,65
160210	Jiná vyřazená zařízení obsahující PCB nebo těmito látkami znečištěná neuvedená pod číslem 160209	5,69
170902	Stavební a demoliční odpady obsahující PCB (např. těsnicí materiály obsahující PCB, podlahoviny na bázi pryskyřic obsahující PCB, utěsněné zasklené dílce obsahující PCB, kondenzátory obsahující PCB)	122,71

Je pochopitelné, že tyto evidence by se určitým způsobem překrývaly, jejich výsledky by však byly jasné a použitelné.

Možnosti odstranění PCB v ČR

V současné době existuje v České republice prakticky jediná možnost odstranění PCB a tou je vysokoteplotní spalování. Jediná spalovna, která vyhovuje požadavkům pro spalování perzistentních organických látek, mezi které PCB patří, je spalovna SPOVO, s. r. o., v Ostravě. Je vybudována jako jednoproudá s kapacitou 1,5 t/hod odpadů a provozní disponibilitou cca 7 000 hod/rok. Umožňuje spalovat kapalné, kašovité, pastovité i pevné odpady. Zařízení je z hlediska obsahu škodlivin určeno, při dodržení určitých technologických podmínek, pro zneškodňování všech nebezpečných odpadů, včetně odpadů s obsahem chlóru, vysokým obsahem síry a vysoce stabilních organických látek (patří tam také PCB). Kapacita spalovny je pro kapaliny s obsahem PCB asi 156 t/rok. Pro malé kondenzátory se počítá přibližně s 1 560 tunami odpadu za rok.

2 „Odpadem PCB" se zde rozumí odpad obsahující více než 50 mg/kg PCB (tedy podle zákona „PCB"), „odpadem s PCB" odpad s nižší koncentrací. Do vydání novely vyhlášky č. 381/2001 Sb. (Katalog odpadů), tj. vyhlášky č. 503/2004 Sb., nebyly „odpady s PCB" kategorizovány, do bilancí však patří.

3 Pojem „látka s PCB" se sice užívá, je však dost nepřesný a novela zákona o odpadech ho v § 39 již nepoužívá. Tento pojem v podstatě naplňují pouze dvě kategorie odpadů (odpady PCB a odpady s PCB) a dále PCB, které není odpadem, protože není věcí movitou.

4 Tato zařízení jsou samozřejmě odpadem.

Řešení problematiky PCB ve VÚV T.G.M. – CeHO

Projekty řešené na pracovišti CeHO VÚV T.G.M., které se zabývají problematikou PCB, jsou jednak projekty vědy a výzkumu (VaV) a jednak úkoly podporující odbor odpadů MŽP.

Projekt VaV PCB/PCT 720/5/01 je řešen od roku 2001 a byl ukončen v prosinci 2004. Jeho cílem bylo stanovit návrh kontrolních mechanismů při odstraňování PCB/PCT, návrh na spolupráci orgánů státní správy, sledování odstraňování PCB/PCT, zajišťování „supervize" nad dodržováním prováděcího předpisu pro evidenci látek a zařízení a prováděcího předpisu k zákonu o odpadech o nakládání s PCB. Vyhodnocuje také účinnost a ekonomickou nákladnost jednotlivých způsobů nakládání s odpady s obsahem PCB/PCT a zařízeními, která je obsahují. Projekt je řešen ve třech dílčích úkolech.

DÚ 01 – je zaměřen na problémy chemických analýz spojené s evidencí PCB v zařízeních, materiálech a odpadech. Byly zde provedeny práce na ověřování analytických metod stanovení PCB v různých matricích, stanovení koncentrace PCB ve vybraných reálných vzorcích a na organizaci a vyhodnocení mezilaboratorních porovnávání zkoušek (MPZ).

Srovnává používané metody stanovení, zejména s uzanční metodou stanovení šesti kongenerů. V rámci úkolu se vyvíjí metoda, která stanovuje celkový obsah PCB na základě přesně definovaného výběru 56 kongenerů, z nichž každý se musí stanovit, a jejich součet tvoří celkový obsah PCB (v reálných vzorcích). Toto stanovení je možné provést běžnou laboratorní technikou, získané výsledky přinášejí hodnoty o celkovém obsahu PCB s 90% účinností.

DÚ 02 – týká se starých zátěží i skládek kontaminovaných PCB, které představují starou zátěž. V tomto úkolu byly posouzeny stávající databáze, archivní materiály a další podklady, které byly podrobeny analýze. Nejkompletnější databází týkající se starých zátěží v ČR je Systém evidence starých ekologických zátěží (SESEZ). Jde o program, který propojuje prostředí databáze s prostředím GIS a od roku 2000 je součástí Hydroekologického informačního systému VÚV T.G.M. Z databáze SESEZ byly identifikovány lokality kontaminované PCB. Seznam lokalit uvedených v SESEZu není však úplný, příkladem jsou průzkumy (např. v Milevsku), kde se v zeminách vyskytují koncentrace v řádu gramů PCB na kg zeminy, přesto tato lokalita nebyla v uvedeném seznamu zachycena. Kromě toho jsou informace neúplné, chybí například informace o tom, jakou metodou byla analýza PCB provedena. Na základě zjištěných skutečností je možno odborně odhadnout, že vybrané lokality s PCB představují méně než 10 % skutečných lokalit starých ekologických zátěží s PCB.

DÚ 03 – zabývá se analýzou právní základny v oblasti PCB, možnostmi dekontaminace a odstranění PCB a zhodnocení situace v ČR. Výsledkem tohoto úkolu je návrh úprav právních předpisů jako podkladu pro zlepšení kontroly plnění povinností při nakládání s PCB včetně vypracování plánů dekontaminace zařízení a odstranění PCB.

Odborná sekce VÚV T.G.M. – Centrum pro hospodaření s odpady – byla pověřena odborem odpadů MŽP ČR zajišťováním organizačních činností pro inventarizaci a evidenci PCB. V důsledku toho jsou dlouhodobě řešeny úkoly „Výzkum pro OODP v oblasti problematiky PCB" a „Evidence zařízení a látek s obsahem PCB". V rámci těchto úkolů byl připraven systém inventarizace zařízení a látek s obsahem PCB spočívající v odborné přípravě pro odběry vzorků, analytické činnosti a evidenčních listů pro vedení evidence podle vyhlášky č. 384/2001 Sb.

Vyplněné evidenční listy v elektronické podobě jsou přijímány na adrese inventarizacepcb@vuv.cz, **evidence listinná** je přijímána na pracovišti VÚV T.G.M. – CeHO. Evidenční listy jsou kontrolovány, zpracovávány a na požádání jsou ministerstvu poskytovány aktuální výsledky výskytu PCB v ČR.

Pro zajištění plynulého chodu procesu evidence PCB jsou dále provozovány internetové stránky http://ceho.vuv.cz, kde pod odkazem PCB/PCT jsou evidenční pokyny a další informace pro členy systému evidence, jako např.:

- seznam laboratoří oprávněných k provádění analýz v rámci inventarizace PCB a jejich identifikačních kódů přidělených resortním pracovištěm (CeHO ve VÚV T.G.M.),
- seznam osob pověřených prováděním odběrů v rámci inventarizace PCB a jejich identifikačních čísel přidělených resortním pracovištěm (CeHO ve VÚV T.G.M.) po získání personální certifikace.

Tabulka 3. Evidované odpady z tabulky 2 rozdělené podle způsobu nakládání

Kód podle katalogu odpadů	Odstraňování, využívání, ostatní	Množství (t)
070109	D1	9,96
080111	D1	2 728,73
080117	D1	1 171,17
160209	D1	–
160210	D1	–
080111	D10	523,69
080117	D10	82,25
130301	D10	54,37
160209	D10	330,57
160210	D10	1,11
080111	D13	86,25
080117	D13	38,46
160209	D13	4,87
080111	D14	2,06
080117	D14	–
080111	D8	77,31
070109	D9	2,26
080111	D9	664,79
080117	D9	136,28
160209	D9	52,02
080111	R1	267,61
080117	R1	70,21
080117	R11	–
080111	R12	2,71
080117	R12	0,40
160209	R12	–
160210	R12	–
080117	R2	50,86
080111	R5	–
080111	R9	0,05
070109	N1	–
080117	N1	114,84
080111	N5	350,59
080117	N5	108,97
130101	N5	50,86
130301	N5	90,54
160209	N5	890,50
160210	N5	2,84
160209	N7	–

Zdroj: ISOH 21. 10. 2004

Způsoby nakládání s odpady použité v tabulce 3 (vyhláška č. 383/2001 Sb., příloha 20, Hlášení o produkci a nakládání s odpady)

Kód Způsob nakládání s odpady

Odstraňování odpadů

D1 Ukládání v úrovni nebo pod úrovní terénu (např. skládkování apod.)
D8 Biologická úprava jinde v této příloze nespecifikovaná, jejímž konečným produktem jsou sloučeniny nebo směsi, které se odstraňují některým z postupů uvedených pod označením D1 až D12
D9 Fyzikálně-chemická úprava jinde v této příloze nespecifikovaná, jejímž konečným produktem jsou sloučeniny nebo směsi, které se odstraňují některým z postupů uvedených pod označením D1 až D12 (např. odpařování, sušení, kalcinace)
D10 Spalování na pevnině
D13 Úprava složení nebo smíšení odpadů před jejich odstraněním některým z postupů uvedených pod označením D1 až D12
D14 Úprava jiných vlastností odpadů (kromě úpravy zahrnuté do D13) před jejich odstraněním některým z postupů uvedených pod označením D1 až D13

Využívání odpadů

R1 Využití odpadu způsobem obdobným jako paliva nebo jiným způsobem k výrobě energie
R2 Získání/regenerace rozpouštědel
R5 Recyklace/znovuzískání ostatních anorganických materiálů
R9 Rafinace použitých olejů nebo jiný způsob opětného použití olejů
R11 Využití odpadů, které vznikly aplikací některého z postupů uvedených pod označením R1 až R10
R12 Předúprava odpadů k aplikaci některého z postupů uvedených pod označením R1 až R11

Ostatní

N1 Využití odpadů na rekultivace, terénní úpravy apod.
N5 Zůstatek na skladu k 31. 12. vykazovaného roku
N7 Vývoz odpadu

V roce 2003 byl řešen projekt VaV/720/9/03 – „Návrh technických požadavků a postupů při shromažďování zařízení, která obsahují PCB nebo jsou jimi kontaminována, před jejich následnou úpravou". Výstupy z tohoto projektu byly následující:

- Aktuální stav inventarizace ke dni 24. 11. 2003;
- Návrh postupů při dekontaminaci zařízení s PCB;
- Návrh technického předpisu pro shromažďování zařízení s PCB.

Pracovníci CeHO dále zpracovali „Realizační program pro dekontaminaci a odstranění zařízení s obsahem PCB", jehož cílem je plnění nařízení vlády č. 197/2003 Sb., o Plánu odpadového hospodářství ČR – tj. odstranění odpadů PCB a zařízení s obsahem PCB nebo jejich dekontaminaci do roku 2010.

Realizační program popisuje současný stav inventarizace zařízení s obsahem provozní kapaliny s PCB, reálné možnosti odstraňování v České republice, legislativní problémy, které s nakládáním a odstraňováním odpadů PCB souvisejí. Obsahuje rovněž návrh novel právních předpisů jako podkladů pro zlepšení kontroly plnění povinností při nakládání s PCB, včetně povinnosti vypracování plánů dekontaminace a odstranění PCB, což v současných právních předpisech není stanoveno.

Závěr

Jaký je tedy současný stav v problematice PCB?

Převzetím požadavků směrnice č. 96/59/ES do našich právních předpisů se PCB opět dostaly do popředí zájmu odborné veřejnosti a zdálo by se, že je vytvořen předpoklad pro splnění hlavního cíle – odstranění PCB do konce roku 2010. Úsilím pracovníků CeHO a externích spolupracovníků byla nastartována inventarizace PCB, která v oblasti inventarizace zařízení s obsahem PCB probíhá a dá se předpokládat, že bude dokončena.

Jiná situace je v oblasti inventarizace PCB. Sem patří zeminy, omítky, kontaminované provozy (tj. staré zátěže), splňují-li limitní koncentraci 50 mg/kg definičních látek (v tomto případě PCB). Informace o těchto případech jsou pouze nahodilé a jejich evidence prakticky neexistuje, přestože evidenční povinnost je daná zákonem. Stejně tomu tak je u odpadů PCB, kde kvantitativní evidence nebezpečné látky (PCB) neexistuje. To znamená, že úplná evidence PCB v ČR neexistuje a ani se o ni neusiluje. Evidenci zařízení s obsahem PCB byla a dosud je věnována ze strany pracovníků státních orgánů značná pozornost, ale dodržování a vymáhání práva v ostatních oblastech je zásadním způsobem opomíjeno.

Zdá se, že PCB v zařízeních budou odstraněny v termínu daném zákonem, ale s výjimkou některých markantních, všeobecně zn. mých případů hrozí vážné nebezpečí, že se časem zapomene, kd. všude se PCB kdysi vyskytovaly (a stále tam ještě jsou).

Ing. Jiřina Barchánková,
VÚV T.G.M. – CeHO
tel. 220 197 331

Recenzoval doc. Ing. Jiří Burkhard, CSc., 4. 3. 2005

Key words

polychlorinated biphenyls, analytical methods, PCB removal, survey of facilities and substances containing PCB, survey of PCB wastes, PCB occurrence

Current State of the Polychlorinated Biphenyls (PCB) Issue (Barchánková, J.)

The polychlorinated biphenyls (PCB) were widely used, and after their risks had been ascertained, the process of their liquidation was launched, which has resulted in their spreading in the environment. In the article the term 'PCB' is explained by means of organic chemistry and from the viewpoint of the Act on Wastes. The text deals with PCB identification as well as PCB occurrence in technical facilities, wastes and old loads. By adopting the Act on Wastes, No. 185/2001, a duty has arisen for the Czech Republic to take stock of the PCB. Described is here the survey of facilities and substances containing PCB, and the present state of wastes survey. In the Czech Republic there are two incompatible surveys, owing to two procedural regulations for the Act on Wastes. The state of the surveys of facilities and wastes is given in Tables. Presented are also the current possibilities of PCB removal and the PCB projects and tasks solved by the Centre for Waste Management (CeHO) at the T. G. Masaryk Water Research Institute, Prague.

SROVNÁNÍ METOD STANOVENÍ CELKOVÉHO OBSAHU PCB VE VZORKU – NÁVRH MODIFIKACE METODY A PODLE ČSN EN 12766-2

Vladimír Kužílek, Václav Tolma, Libor Jech, Roman Grabic

Klíčová slova

polychlorované bifenyly (PCB), celkový obsah PCB, kongener PCB, plynová chromatografie

Souhrn

Studie se zabývá problematikou stanovení celkového obsahu PCB v souvislosti s příslušnými legislativní podklady (směrnice Rady 96/59/ES z r. 1996, zákon o odpadech č. 185/2001 Sb. a navazující vyhláška MŽP č. 384/2001 Sb.) a analytickými normami (především ČSN EN 12766-2). Obě metody stanovení celkového obsahu PCB uvedené v ČSN EN 12766-2 (označené metoda A a metoda B) jsou podrobeny kritickému zhodnocení se závěrem, že ani jedna z nich neřeší uspokojivě daný problém. Proto je navržena modifikace metody A vycházející z následujících úprav:

- **nahrazení jednokolonového uspořádání plynového chromatografu uspořádáním dvoukolonovým, včetně duálního nástřiku vzorku a dvou detektorů ECD;**
- **nahrazení neurčitě definovaného požadavku na „stanovení všech přítomných kongenerů PCB" požadavkem na stanovení přesně definovaného výčtu 56 kongenerů PCB.**

Modifikovaná metoda A byla experimentálně ověřena a srovnána s metodou B, přičemž byla prokázána její významně lepší robustnost (nezávislost na typu vzorku) a věrohodnost. Bylo prokázáno, že sumární koncentrace uvedených 56 kongenerů PCB se velmi blíží parametru „celkový obsah PCB" a může ho proto vhodně charakterizovat s platností pro všechny typy vzorků. Je navrženo, aby modifikovaná metoda A byla pro účely stanovení celkového obsahu PCB používána jako metoda rozhodčí, kdežto metoda B pouze jako metoda orientační (screening), přičemž k hodnocení obsahu PCB v technologicky přepracovaných materiálech by neměla být používána vůbec.

◆

Úvod

Polychlorované bifenyly (PCB) patří mezi zdravotně a toxikologicky nebezpečné látky a jejich obsah je proto nutno zjišťovat v různých typech vzorků životního prostředí, odpadů, čistírenských kalů a dalších. Při stanovení obsahu PCB v libovolné matrici (oleje, pevné vzorky sedimentů či zemin, voda atd.) je nutno mít na zřeteli, že pojem „PCB" není možno chápat jako chemické individuum, neboť se jedná o velmi složitou směs tzv. kongenerů (izomerů). Je to vlastně směs sloučenin, u nichž je na bifenylový skelet navázáno různé množství atomů chlóru, a navíc v různém izomerickém uspořádání. Teoretické množství kongenerů (izomerů) PCB je 209, některé z nich se však ve vyráběných směsích nevyskytovaly v měřitelných množstvích. S použitím dostatečně citlivé analytické metody lze v reálných vzorcích zasažených kontaminací PCB prokázat až cca 150 kongenerů a součtem jejich koncentrací tak stanovit celkový obsah PCB v dané matrici. Stanovení všech přítomných kongenerů PCB ve vzorku s dostatečně nízkou mezí stanovitelnosti je však natolik obtížný, pracný a finančně náročný postup, že jeho aplikace je možná pouze v omezeném počtu špičkově vybavených laboratoří. Přirozeným vývojem se proto problematika stanovení PCB zužovala na stanovení pouze vybraných kongenerů PCB. Jde především o skupinu šesti tzv. indikačních kongenerů PCB (28, 52, 101, 138, 153 a 180), z nichž každý indikuje určitou skupinu kongenerů podle míry jejich chlorace a většinou v ní bývá dominantní. Tento přístup se odrazil i v příslušné legislativě (např. pro vodu, čistírenské kaly a další), kde je požadováno stanovení uvedených šesti kongenerů PCB, a nikoliv stanovení celkového obsahu PCB. V některých legislativních materiálech je tento výčet dále rozšiřován o další kongenery, např. PCB 118 nebo 194. Jiný

způsob výběru kongenerů PCB je odvozen od jejich toxických účinků a stanovuje se přítomnost především tzv. planárních kongenerů PCB (např. PCB 77, 126 a 169, popř. další).

Existují však oblasti (a z toho vyplývající sledované matrice), kde je potřeba stanovit skutečně celkový obsah PCB ve vzorku. Jde především o provozní kapaliny, elektroizolační kapaliny, minerální oleje a obecně všechny matrice s koncentrací PCB vyšší než 50 mg/kg, které jsou podle směrnice Rady 96/59/ES z r. 1996, zákona o odpadech č. 185/2001 Sb. a na něj navazující vyhlášky MŽP č. 384/2001 Sb. povinny podrobit se evidenci a postupně mají být odstraněny. Metodické normy týkající se stanovení obsahu PCB v těchto matricích jsou následující:

- ČSN EN 61619 „Izolační kapaliny – Kontaminace polychlorovanými bifenyly – Stanovení metodou kapilární plynové chromatografie"
- ČSN EN 12766-1 „Ropné výrobky a použité oleje – Stanovení PCB a příbuzných produktů – Část 1: Separace a stanovení vybraných PCB kongenerů plynovou chromatografií (GC) použitím detektoru elektronového záchytu (ECD)"
- ČSN EN 12766-2 „Ropné výrobky a použité oleje – Stanovení PCB a příbuzných produktů – Část 2: Výpočet obsahu PCB"

První dvě normy popisují vlastní analytický postup kvantitativního stanovení jednotlivých kongenerů PCB, který je založen na kapilární plynové chromatografii s detektorem ECD v jednoduchém jednokolonovém uspořádání. Norma ČSN EN 12766-2 se pak zabývá dvěma metodami jak z výsledků stanovení jednotlivých kongenerů PCB stanovit celkový obsah PCB.

Metody stanovení celkového obsahu PCB podle ČSN EN 12766-2

ČSN EN 12766-2 uvádí dvě následující metody stanovení celkového obsahu PCB ve vzorku:

Metoda A

Určuje, že celkový obsah PCB je součet všech kongenerů, které se měřitelně podílejí na celkovém obsahu PCB. Tento přístup je logický a správný, neboť se snaží zahrnout všechny příspěvky přítomnosti PCB, v praxi však velmi obtížně dosažitelný. Bohužel je nutno navíc konstatovat nesoulad mezi instrumentací popsanou v uvedených normách (ČSN EN 61619, ČSN EN 12766-1 a ČSN EN 12766-2) a požadavkem na stanovení všech přítomných kongenerů PCB. Instrumentace založená na kapilární plynové chromatografii s detektorem ECD v tzv. jednokanálovém provedení (jeden nástřik vzorku, jedna kolona, jeden detektor) není pro řešení tak komplikovaného požadavku dostatečná. I s použitím velmi kvalitní kolony dochází k překrytí detekčních odezev (píků) řady kongenerů PCB a jejich individuální kvantifikace je tedy znemožněna. Obecně lze dokonce konstatovat, že stanovení všech kongenerů PCB přítomných ve vzorku je pro laboratoř disponující pouze uvedenou instrumentací a standardním technickým zázemím téměř neřešitelný problém. Dosažení záměru metody A podle ČSN EN 12766-2, tj. kvalitativní prokázání skutečně všech přítomných kongenerů PCB s následujícím stanovením jejich koncentrace, je možné pouze za předpokladu použití podstatně vyspělejší laboratorní techniky, materiálů, standardů a celého laboratorního zázemí a prostor. V praxi to znamená disponovat špičkovou vysokorozlišovací kapilární plynovou chromatografií, speciálním hmotnostním detektorem s výjimečně vysokou rozlišovací schopností, v podstatě celým spektrem standardů jednotlivých kongenerů PCB včetně izotopově značených, a dalšími nadstandardními požadavky. Je však zřejmé, že finanční zatížení, celková pracnost a časová náročnost metody se tímto přístupem významně zvyšuje.

Metoda B

Určuje, že celkový obsah PCB se rovná pětinásobku sumy šesti indikačních kongenerů, tj. PCB 28, 52, 101, 138, 153 a 180. Stanovení těchto šesti indikačních kongenerů PCB není s použitím jednokolonové plynové chromatografie a detektorem ECD technický problém, což je hlavní výhoda ve srovnání s metodou A. Na druhou stranu je však metoda B postavena na předpokladu, že celkový obsah PCB lze stanovit jako pětinásobek sumy uvedených šesti kongenerů PCB s obecnou platností, tj. pro různé typy vzorků. Je však dobře známo, že průmyslové směsi PCB byly vyráběny pro různé účely a často s velmi odlišným zastoupením jednotlivých kongenerů. Přes svou relativní stálost mohou PCB také časem za určitých podmínek podléhat některým změnám, které poměry v zastoupení kongenerů ovlivní. Významné změny v zastoupení jednotlivých kongenerů PCB lze očekávat tam, kde materiály či zařízení s PCB byly podrobeny technologickým procesům za účelem snížení jejich obsahu. Lze si tedy jen obtížně představit, že uvedený předpoklad může mít obecnou platnost.

Modifikace metody A podle normy ČSN EN 12766-2

Důvody a cíle modifikace metody A

Jak bylo v předchozím uvedeno, ani jedna z metod podle normy ČSN EN 12766-2 není bezproblémově použitelná pro stanovení celkového obsahu PCB ve vzorku. Protože metodu A lze považovat za principiálně správnější, je v této studii předložen návrh její modifikace, která má za cíl odstranění rozporu mezi normativně stanovenou instrumentací a požadavkem na „stanovení všech přítomných kongenerů PCB". Modifikace spočívá ve dvou korekturách:

1. Nahrazení jednokolonového uspořádání plynového chromatografu uspořádáním dvoukolonovým, včetně duálního nástřiku vzorku a dvou detektorů ECD.
2. Nahrazení neurčitě definovaného požadavku „stanovení všech přítomných kongenerů PCB" požadavkem na stanovení přesně definovaného výčtu kongenerů PCB.

Korektura podle bodu 1 je běžné, komerčně dostupné doplnění techniky plynové chromatografie. Ani pro standardně vybavené laboratoře by tento krok neměl přinést technické, provozní či významné finanční problémy a není třeba se zde touto otázkou detailněji zabývat.

Naproti tomu korektura podle bodu 2 je nový pohled v této problematice a vlastně klíčový moment návrhu modifikace metody A. Přesně definovaný výčet kongenerů PCB by měl být dostatečně rozsáhlý a reprezentativní, aby mohl být oprávněně považován za ekvivalentní nebo velmi se blížící k „celkovému obsahu PCB" a současně analyzovatelný technikou plynové chromatografie v dvoukolonovém uspořádání, včetně duálního nástřiku vzorku a dvou detektorů ECD. Jde tedy o optimalizaci výběru a počtu kongenerů PCB, které by s univerzální platností (tj. nezávisle na typu matrice a osudu vzorku) tvořily výrazně dominantní většinu z celkového obsahu PCB a přitom byly ještě analyzovatelné uvedenou instrumentací. Při požadované mezi stanovitelnosti se tak zajistí širší použitelnost v laboratořích i mezilaboratorní srovnatelnost výsledků.

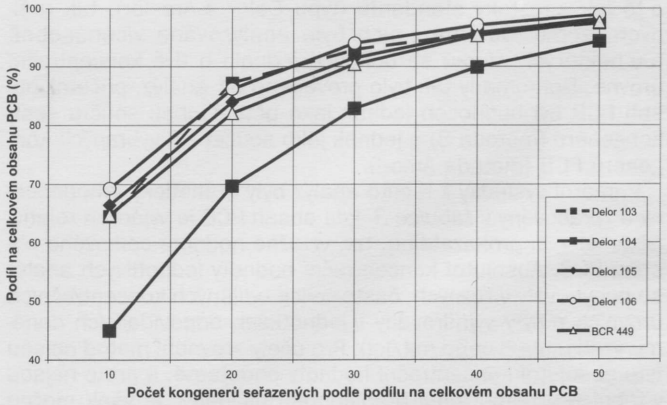
Experimentální ověření modifikace metody A

Cílem experimentálního ověření modifikace metody A (dále jen Amod) byly následující kroky:

- nalezení skupin kongenerů s dominantním podílem pro jednotlivé typy směsí PCB;
- definice výčtu kongenerů PCB s obecně platným dominantním podílem pro různé typy směsí PCB a reálných vzorků;
- srovnání metod Amod a B včetně závěrečných doporučení.

Experimentální práce byly prováděny jednak v laboratoři VÚV Praha, jednak ve spolupracujících laboratořích Axys Varilab a SZÚ Ostrava.

Analytický postup použitý ve VÚV Praha je založen na kapilárním plynovém chromatografu (Agilent 6890N) vybaveném dvěma kolonami s různou polaritou stacionární fáze (DB-XLB a DB-5), duálním nástřikem vzorku a dvěma detektory ECD. Tím je v zásadě řešen problém překrývajících se odezev (píků) kongenerů PCB, které není možno v jednokolonovém uspořádání chromatograficky rozdělit.



Obr. 1. Podíl kongenerů na celkovém obsahu PCB

Analytické postupy laboratoří Axys Varilab a SZÚ Ostrava jsou založeny na technice vysokorozlišovací plynové chromatografie s hmotnostní detekcí (HR GC-MS). V případě Axys Varilab jde o chromatograf HP 6890 s kolonou DB-5 a hmotnostním detektorem Autospec Ultima NT, v případě SZÚ Ostrava byl použit přístroj PolarisQ (ThermoElectron) s detekcí MS/MS a k dělení byly použity kolony DB-5ms a DB-17.

Vztažné, tj. prokazatelné hodnoty celkového obsahu PCB, byly určeny jedním ze tří následujících způsobů:

1. Přímá navážka čistého standardu (použito pro analýzy standardních roztoků typu Delor a Aroclor provedených ve VÚV Praha).
2. Komplexní analýzy 130, resp. 103 kongenerů PCB (použito pro všechny analýzy provedené laboratořemi Axys Varilab, resp. ZÚ Ostrava).
3. Průměr z více komplexních analýz uvedených v bodě 2 (použito pro hodnocení analýz vybraných reálných vzorků ve VÚV Praha).

V první fázi byly hledány skupiny dominantních kongenerů PCB pro jednotlivé technické směsi PCB či typy vzorků. Z *obrázku 1* je patrné, že u jednotlivých vzorků je zcela dominantní část (90 až 98 % z celkového obsahu PCB) tvořena 40 až 50 kongenery. Na druhé straně je pravdou, že pro různé vzorky se výběr těchto „dominantních kongenerů" liší a výběr provedený na jednom typu směsi PCB tak nelze automaticky přenést na typ jiný. Proto se přistoupilo k detailnějšímu hodnocení, tj. nalezení takové skupiny kongenerů PCB, která by dominovala univerzálně a nezávisle na různých typech vzorků (směsi typu Delor, Aroclor, reálné vzorky kontaminovaných matric). Současně však bylo s použitím dostupné odborné literatury [2] a vlastních zkušeností ověřeno, že maximální počet kongenerů v takto nalezené skupině může být 55–60, neboť analýzy vyšších počtů kongenerů PCB jsou již s uvedenou instrumentací těžko proveditelné.

Zjednodušený příklad hodnocení dominance a výběru kongenerů je uveden v *tabulce 1*. Příklad zahrnuje hodnocení 12 kongenerů PCB v šesti typech vzorků, ve skutečnosti však byly tímto způsobem hodnoceny podklady o výskytu skoro 150 kongenerů PCB v mnoha typech vzorků. K hodnocení byl použit program MS Office–Excel 2000.

Výsledkem kompromisu mezi kombinačně-aritmetickými procedurami hodnotícími dominanci všech přítomných kongenerů PCB v různých matricích a analytickými možnosti použité instrumentace je výběr 56 kongenerů PCB uvedený v *tabulce 2*. Jak prokazují dále popsané experimentální výsledky, lze konstatovat, že tento výběr 56 kongenerů PCB splňuje požadovaná kritéria (cíle) modifikace metody A, neboť bylo ověřeno:

- schopnost kvalitativního prokázání a kvantitativního stanovení takto vybraných kongenerů PCB technikou kapilární plynové chromatografie se dvěma detektory ECD v plně dvoukolonovém uspořádání, přičemž pro kalibrace je možno použít běžné standardy jednotlivých kongenerů PCB,
- dominantní podíl takto vybrané skupiny kongenerů PCB na celkovém obsahu PCB s univerzální platností, tj. pro všechny analyzované vzorky.

Pro ověření modifikované metody A a srovnání s metodou B podle ČSN EN 12766-2 bylo použito celkem 21 typů vzorků, a to jak s roztoky standardů (typu Delor a Aroclor), tak reálných vzorků. Většina z nich byla analyzována vícenásobně a u některých vzorků se dokonce jednalo o dvě koncentrační úrovně. Dohromady tak bylo provedeno 61 analýz, přičemž obsah PCB byl hodnocen jednak jako pětinásobek součtu šesti kongenerů (metoda B) a jednak jako součet 56 vybraných kongenerů PCB (metoda Amod).

Primární výsledky z těchto analýz byly statisticky vyhodnoceny a zpracovány v *tabulce 3*, kde obsah PCB je vyjádřen relativně (v %) vůči prokazatelné, tzv. vztažné hodnotě celkového obsahu PCB. Absolutní koncentrační hodnoty jednotlivých analýz se pohybovaly v různých, často velice odlišných koncentračních úrovních a byly vyjadřovány v jednotkách odpovídajících danému vzorku (ng/l nebo mg/kg). Pro účely srovnání metod nejsou tyto absolutní koncentrační hodnoty podstatné, a proto nejsou v tabulce v zájmu lepší přehlednosti uváděny. Je však možno konstatovat, že pro uvedené tři laboratoře byly mezilaboratorní

Tabulka 1. Příklad hodnocení dominance kongenerů PCB v jednotlivých matricích

Číslo kongeneru PCB	Sledovaná matrice (vzorek) a pořadí z hlediska dominance						Průměrné pořadí z hlediska dominance	Možnost zařazení do obecně dominantnější skupiny cca 55–60 kongenerů PCB
	Delor 103	Delor 104	Delor 105	Delor 106	BCR 449	ORG1 (olej)		
17	1	26	72	71	72	18	43	ANO
52	12	5	11	26	7	8	12	ANO
31	11	15	53	62	50	2	32	ANO
49	8	10	26	63	26	13	24	ANO
66	3	1	15	36	18	4	13	ANO
100	100	96	80	103	79	91	92	NE
105	30	35	7	31	11	32	24	ANO
119	68	92	50	106	59	75	75	NE
123	63	69	46	35	45	71	55	Nutno rozhodnout na dalších matricích
149	54	17	9	5	8	45	23	ANO
170	42	30	17	8	22	60	30	ANO
183	53	31	33	14	36	66	39	ANO

Tabulka 2. Přehled 56 vybraných kongenerů PCB s obecně vyšším zastoupením

Skupina kongenerů PCB podle stupně chlorace	Vybrané kongenery PCB	
	Číselné označení	Chemický název
Dichloro-bifenyly	5	2,3 - Dichlorobiphenyl
	8	2,4´ - Dichlorobiphenyl
	15	4,4´ - Dichlorobiphenyl
Trichloro-bifenyly	16	2,2´,3 - Trichlorobiphenyl
	17	2,2´,4 - Trichlorobiphenyl
	18	2,2´,5 - Trichlorobiphenyl
	20	2,3,3´ - Trichlorobiphenyl
	28	2,4,4´ - Trichlorobiphenyl
	31	2,4´,5 - Trichlorobiphenyl
	32	2,4´,6 - Trichlorobiphenyl
	33	2´,3,4 - Trichlorobiphenyl
	37	3,4,4´ - Trichlorobiphenyl
Tetrachloro-bifenyly	42	2,2´,3,4´ - Tetrachlorbiphenyl
	44	2,2´,3,5´ - Tetrachlorbiphenyl
	47	2,2´,4,4´ - Tetrachlorbiphenyl
	48	2,2´,4,5 - Tetrachlorbiphenyl
	49	2,2´,4,5´ - Tetrachlorbiphenyl
	52	2,2´,5,5´ - Tetrachlorbiphenyl
	56	2,3,3´,4´ - Tetrachlorbiphenyl
	60	2,3,4,4´ - Tetrachlorbiphenyl
	61	2,3,4,5 - Tetrachlorbiphenyl
	64	2,3,4´,6 - Tetrachlorbiphenyl
	66	2,3´,4,4´ - Tetrachlorbiphenyl
	70	2,3´,4´,5 - Tetrachlorbiphenyl
	74	2,4,4´,5 - Tetrachlorbiphenyl
	76	2´,3,4,5 - Tetrachlorbiphenyl
	77	3,3´,4,4´ - Tetrachlorbiphenyl
Pentachloro-bifenyly	87	2,2´,3,4,5´- Pentachlorbiphenyl
	95	2,2´,3,5´,6 - Pentachlorbiphenyl
	99	2,2´,4,4´,5- Pentachlorbiphenyl
	101	2,2´,4,5,5´- Pentachlorbiphenyl
	105	2,3,3´,4,4´- Pentachlorbiphenyl
	110	2,3,3´,4,´6 - Pentachlorbiphenyl
	118	2,3´,4,4´,5 - Pentachlorbiphenyl
	126	3,3´,4,4´,5 - Pentachlorbiphenyl
Hexachloro-bifenyly	138	2,2´,3,4,4´,5´- Hexachlorobiphenyl
	141	2,2´,3,4,5,5´- Hexachlorobiphenyl
	148	2,2´,3,4´,5,6´- Hexachlorobiphenyl
	149	2,2´,3,4´,5´,6 - Hexachlorobiphenyl
	151	2,2´,3,5,5´,6 - Hexachlorobiphenyl
	153	2,2´,4,4´,5,5´- Hexachlorobiphenyl
	156	2,3,3´,4,4´,5 - Hexachlorobiphenyl
	158	2,3,3´,4,4´,6 - Hexachlorobiphenyl
	163	2,3,3´,4´,5,6 - Hexachlorobiphenyl
	167	2,3´,4,4´,5,5´- Hexachlorobiphenyl
	168	2,3´,4,4´,5´,6 - Hexachlorobiphenyl
	169	3,3´,4,4´,5,5´- Hexachlorobiphenyl
Heptachloro-bifenyly	170	2,2´,3,3´,4,4´,5 - Heptachlorobiphenyl
	171	2,2´,3,3´,4,4´,6 - Heptachlorobiphenyl
	174	2,2´,3,3´,4,5,6´ - Heptachlorobiphenyl
	177	2,2´,3,3´,4´,5,6 - Heptachlorobiphenyl
	180	2,2´,3,4,4´,5,5´ - Heptachlorobiphenyl
	182	2,2´,3,4,4´,5,6´ - Heptachlorobiphenyl
	183	2,2´,3,4,4´,5´,6 - Heptachlorobiphenyl
	187	2,2´,3,4´,5,5´,6 - Heptachlorobiphenyl
Oktachloro-bifenyly	194	2,2´,3,3´,4,4´,5,5´- Octachlorobiphenyl

Tabulka 3. Srovnání metod stanovení celkového obsahu PCB podle ČSN EN 12766-2

Typ vzorku			Počet měření	Zjištěný obsah PCB (relativně vůči vztažné hodnotě, tj. celkovému obsahu PCB) (%)	
Poř. číslo	Označení	Typ		Metoda B	Metoda Amod
1	Delor 103	stand. roztok	7	82	93
2	Delor 104	stand. roztok	3	113	93
3	Delor 105	stand. roztok	3	164	93
4	Delor 106	stand. roztok	7	202	95
5	Delor 103 + 106	stand. roztok	2	138	92
6	Aroclor 1242	stand. roztok	3	69	88
7	Aroclor 1260	stand. roztok	3	159	85
8	BCR 449	ref. mat. – olej	5	144	90
9	ORG 1	miner. olej	1	78	87
10	ORG 2	miner. olej	1	105	77
11	ORG 3	miner. olej	1	190	91
12	Dordrecht	miner. olej	4	177	85
13	Trans 1	transform. olej	1	88	83
14	Trans 2	transform. olej	4	91	90
15	Trans 3	transform. olej	4	15	88
16	Trans 4	transform. olej	1	18	82
17	Orgrez č. 2037	transform. olej	3	189	91
18	Holostřevy č. 1453	kontam. sediment	1	100	84
19	Holostřevy č. 1455	kontam. zemina	3	88	96
20	Milevsko	kontam. sediment	1	103	79
21	Spolana Ner. 629	kontam. zemina	3	198	90

Statistické vyhodnocení:

Průměr	**126,8**	**89,6**
Medián	**128,9**	**89,2**
Směrodatná odchylka	**57,5**	**6,3**
Relativní směrodatná odchylka (%)	**45,3**	**7,1**
Minimální hodnota	**11,5**	**74,8**
Maximální hodnota	**230,6**	**103,2**

odchylky koncentračních nálezů stejných vzorků v přijatelném rozmezí. Shoda mezi jednotlivými laboratořemi tak byla shledána dostatečná a potvrzující zjištěné nálezy.

Porovnání metody B a Amod – celkové hodnocení

Z výsledků v *tabulce 3* a jejich statistického vyhodnocení lze odvodit některé významné rozdíly v robustnosti (a tedy i použitelnosti) obou srovnávaných metod dané velmi odlišným rozptylem nalézaných hodnot pro různé typy matric.

Hodnocení metody B

Hodnoty obsahu PCB zjištěné metodou B jsou v relativním vyjádření vůči vztažným hodnotám celkového obsahu PCB velmi rozptýlené v intervalu řádově se lišících hodnot, přičemž tato rozptýlenost se týká jak standardů, tak reálných vzorků. Významně nadhodnocené jsou výšechlorované směsi PCB (především Delor 106 a Aroclor 1260), významně podhodnocené nálezy naopak mohou být v případě některých technologicky přepracovaných materiálů. U nich patrně může být řada kongenerů, včetně indikačních, relativně potlačena a naopak řada kongenerů jiných nikoliv. Tyto procesy pak mohou vést k odlišnému zastoupení kongenerů PCB ve výsledné směsi a předpoklad o dominanci indikačních kongenerů se tím pádem stává nevěrohodným.

Rozptýlenost nálezů obsahu PCB metodou B ukazuje jejich statistické vyhodnocení. Průměrná, resp. mediánová hodnota celého souboru není sice dramaticky odlišná od vztažných hodnot, ale relativní směrodatná odchylka téměř 50 % a interval nálezů 11,5–230,6 % jsou hodnoty absolutně nepřijatelné pro uznání validity metody.

Zjištěné výsledky dobře korespondují s údaji z odborné literatury [1] zabývající se komplexní kongenerovou analýzou technických směsí Delor 103, 104, 105 a 106. Podle těchto údajů bylo v uvedených směsích identifikováno a kvantifikováno celkem 99 kongenerů PCB, což je dostatečný počet na předpoklad, že jejich součet lze považovat za celkový obsah PCB. Pochopitelně bylo analyzováno všech šest indikačních kongenerů, takže dalšími matematickými operacemi bylo možno použít i tyto literární podklady k hodnocení metody B.

Jak vyplývá z údajů uvedených v citované odborné literatuře, obsahy PCB zjištěné metodou B a vyjádřené relativně vůči skutečně zjištěným celkovým obsahům PCB jsou pro jednotlivé směsi PCB následující:

Delor 103 – 67,2 % Delor 104 – 103,7 %
Delor 105 – 166,8 % Delor 106 – 223,4 %

Jak z experimentálních dat získaných v této studii, tak z údajů příslušné odborné literatury tedy vyplývá, že metoda B by měla sloužit pouze jako metoda orientační (tzv. screening) a vůbec by neměla být používána k hodnocení obsahu PCB v technologicky přepracovaných materiálech, kde poskytuje až pětinásobně nižší výsledky než je skutečnost.

Hodnocení metody Amod

Modifikovaná metoda A se z hlediska rozptylu nálezů pro různé typy matric jeví naopak jako dostatečně robustní. Průměrná, resp. mediánová hodnota celého souboru leží zhruba v 90 % vztažných hodnot, přičemž výsledky stanovení v různých typech vzorků jsou si velice blízké a vliv matrice je téměř zanedbatelný. Relativní směrodatná odchylka a interval nálezů jsou řádově nižší než u metody B. Modifikovaná metoda A se tak jeví jako věrohodnější pro stanovení celkového obsahu PCB, a pro tento účel by tedy měla být používána jako metoda rozhodčí.

Modifikovanou metodu A lze charakterizovat jako dobře použitelnou v praxi, tj. ve standardně až mírně nadstandardně vybavených analytických laboratořích. Také finanční náklady na jednu analýzu nejsou ve srovnání s klasickou analýzou šesti kongenerů PCB jednokolonovou variantou GC/ECD (metoda B) dramaticky vyšší.

Literatura

[1] Taniyasu, S., Kannan, K., Holoubek, I., et al. Isomer-specific analysis of chlorinated biphenyls, naphthalenes and dibenzofurans in Delor: polychlorinated biphenyl preparations from the former Czechoslovakia. Environmental Pollution, 2003, vol. 126, p. 169–178.

[2] Firemní aplikační literatura výrobců kapilárních kolon pro plynovou chromatografii (J&W Scientific, Agilent Technologies, Supelco a další).

Ing. Vladimír Kužílek, Václav Tolma
VÚV T.G.M. Praha, tel. 220 197 354

RNDr. Libor Jech, CSc.
Axys Varilab, s. r. o., Vrané nad Vltavou

Mgr. Roman Grabic
Státní zdravotní ústav se sídlem v Ostravě,
Národní referenční laboratoř pro analýzu POP MZ ČR

Recenzoval Ing. Jiří Brázdil, 2. 5. 2005

Key words

polychlorinated biphenyls (PCB), total PCB content, PCB congener, gas chromatography

Comparison of the methods of total PCB content determination – suggestion of a modified A method according to the ČSN EN 12766-2 (Kužílek, V., Tolma, V., Jech, L., Grabic, R.)

The determination of total PCB (polychlorinated biphenyls) content was studied from the viewpoint of the relevant legislation (Council Directive 96/59/EC, Act No. 185/2001 Coll., on Waste, and the follow-up Decree of the Ministry of Agriculture No. 384/2001 Coll.) and analytical standards (especially ČSN EN 12766-2). Both methods of the total PCB content determination described in the ČSN EN 12766-2 (A and B methods) were evaluated with the conclusion that none of them is fully satisfying or credible. A modification of the A method was therefore suggested with the following features:

- **One-column gas chromatography was replaced by the dual-column system, including dual sample injection and dual ECD detectors.**
- **Undefined requirement for the determination of 'all founded PCB congeners' was replaced by the requirement for the determination of an exactly defined listing of 56 PCB congeners.**

The modified A method was experimentally verified and compared with the B method, with the conclusion that the A method is much more credible (independent of sample type) and the sum of 56 PCB congeners is very close (90%) to the total content of PCB in a sample. The modified A method is suggested to be used for a 'verification analysis'; the B method should be used as a 'screening method' only and should not be applied to technologically treated samples.

SOUČASNÝ STAV NAKLÁDÁNÍ S ČISTÍRENSKÝMI KALY V ČR – AKTUALIZACE ZA OBDOBÍ 2002–2004 A DALŠÍ PERSPEKTIVY

Marie Michalová

Klíčová slova

čistírenský kal, současný stav nakládání s biodpady (biologicky rozložitelnými odpady), vývoj legislativy v ČR a v EU

Souhrn

Idea prioritního využití čistírenských kalů v zemědělství před ostatními způsoby nakládání s kaly jako odpady vychází hlavně z tradičního způsobu nakládání s nimi pro jejich značný obsah živin a organické hmoty.

V roce 2004 byla zpracována Komisí v souladu s 6. akčním plánem pro ŽP (Decision 1600/2002/EC) a rozpracovanou strategií o ochraně půdy další technická zpráva jako podklad k obecné dlouhodobé diskuzi mezi členskými státy na téma ochrany půdy a ani v tomto roce se nepodařilo společné závěry odsouhlasit. I v naší republice vyvstává v této souvislosti celá řada nových otázek a problémů vztahujících se k různým způsobům nakládání a odstraňování nejen kalů z komunálních ČOV, ale všech bioodpadů.

Problematiku nakládání s čistírenskými kaly je třeba proto nyní hodnotit v České republice společně jako jednu ze složek biologicky rozložitelného odpadu a současně i jako vybraný druh odpadu, a to v souvislosti se všemi relevantními předpisy, zejména se zákonem o odpadech, ale i v souvislostech se zákonem o vodách a zákonem o vodovodech a kanalizacích a v neposlední řadě se zákonem o hnojivech a dalšími zákony a předpisy. Znamená to, že se tato „odpadová" problematika velice úzce dotýká zejména provozovatelů a vlastníků ČOV a je potřeba zejména z jejich hlediska hodnocení současného stavu způsobů nakládání v ČR a vývoje věnovat zvýšenou pozornost.

◆

Podle zákona o odpadech č. 185/2001 Sb. ve znění pozdějších předpisů a v souladu se směrnicí Rady 86/278/EHS patří kaly z komunálních čistíren a jim podobných ČOV mezi vybrané jmenovitě uváděné druhy odpadu, pro které jsou pro jejich využití v zemědělství stanoveny podmínky samostatným předpisem. Idea prioritního využití čistírenských kalů v zemědělství před ostatními způsoby nakládání s kaly jako odpady vychází, a to nejen v naší republice, i přes mnohé současně diskutované výhrady zejména k jejich organickému znečištění hlavně z tradičního způsobu nakládání s čistírenskými kaly pro značný obsah živin a organické hmoty.

V současné době stále probíhá v členských státech EU intenzivní dlouhodobá diskuze k novele výše uvedené směrnice, zatím bez odsouhlasených konkrétnějších závěrů. V letech 2002 až 2003 byly zpracovány pracovní dokumenty o stavu nakládání s čistírenskými kaly v evropských zemích za poslední období let 1998 až 2002, které mají sloužit jako další důležité podklady pro společné projednání návrhu novely uvedené směrnice. V rámci diskuze jsou předkládány návrhy s přísnějšími podmínkami pro využití čistírenských kalů v zemědělství. Mluví se o způsobech nakládání se všemi dalšími druhy kalů celého vodního cyklu, nejen o kalech z komunálních ČOV, a v poslední době pak o všech biologicky rozložitelných odpadech. V roce 2003 byly Evropskou komisí (dále jen Komise) požádány kandidátské země o vypracování zprávy o stavu implementace směrnice Rady 86/278/EHS a o situaci v nakládání s čistírenskými kaly ve svých zemích. Živá diskuze na téma nakládání s veškerými biologicky rozložitelnými odpady, jejichž nedílnou, i když procentuálně méně významnou, ale soustavnou složkou čistírenské kaly jsou, doposud nebyla uzavřena žádným společným dokumentem. V roce 2004 byla zpracována Komisí v souladu s 6. akčním plánem pro ŽP (Decision 1600/2002/EC) a rozpracovanou strategií o ochraně půdy další technická zpráva jako podklad k obecné diskuzi na téma ochrany půdy a ani v tomto roce se nepodařilo společné závěry odsouhlasit. I v naší republice vyvstává nadále v této souvislosti celá řada nových otázek a problémů vztahujících se k různým způsobům nakládání a odstraňování nejen kalů z komunálních ČOV, ale všech bioodpadů.

Problematiku nakládání s čistírenskými kaly je třeba proto nyní hodnotit v České republice společně jako jednu ze složek biologicky rozložitelného odpadu a současně i jako vybraný druh odpadu, a to v souvislosti se všemi relevantními předpisy, zejména se zákonem o odpadech, ale i v souvislostech se zákonem o vodách a zákonem o vodovodech a kanalizacích a v neposlední řadě se zákonem o hnojivech a dalšími zákony a předpisy. Je třeba, aby veřejnost, a to nejen odborná, vnímala a posuzovala kalové hospodářství čistíren nejen jako koncový stupeň technologické linky odpadních vod, ale komplexně, z hlediska provozního i organizačního. To bylo a je třeba promítnout po zpracování POH ČR a krajů následně i do POH původců.

Znamená to, že se tato „odpadová" problematika velice úzce dotýká zejména provozovatelů a vlastníků ČOV a je potřeba zejména z jejich hlediska věnovat jí zvýšenou pozornost.

Soustavný rozbor dané problematiky v komplexní šíři za celou ČR vyžaduje stálý přísun aktualizovaných informací, bez nichž lze těžko cokoli posuzovat. Spolu s posouzením nových právních předpisů a jejich dopadu na dosavadní způsob využití čistírenských kalů v praxi je třeba se zaměřit zejména na specifikaci podílu produkce využitého kalu v zemědělství jako na jeden z ekonomicky velice přijatelných způsobů nakládání s kaly u nás, i když ve světle současných předpisů ne zrovna jeden z nejjednodušších. Dále je třeba se zaměřit i na podrobný postup kontrolních mechanismů, a to nejen při využití kalů v zemědělství, spolu s jeho vyhodnocením v praxi. Proto byl zpracován v průběhu řešení projektu v roce 2004 aktualizovaný přehled současně platných předpisů včetně změn týkajících se kalové problematiky se stručným komentářem a vysvětlivkami.

V současné době je v platnosti zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech ve znění pozdějších předpisů (zatím poslední úprava je zákon č. 7/2005 Sb.). Tyto základní předpisy jsou doplněny soustavou prováděcích předpisů. V poslední době velice naléhavě vyvstává potřeba zpracování a uvedení do praxe nového předpisu – vyhlášky o zpracování bioodpadů jako materiálu pro rekultivace a další způsoby jejich využití, neboť výsledky dlouhotrvající diskuze vedou k závěrům, že bude vhodné, aby si každý členský stát takovýto předpis odpovídající svým specifickým požadavkům a poměrům sám vypracoval. Všechny předpisy by měly být trvale zpřesňovány a aktualizovány v souladu s mezinárodním vývojem a v souladu s novými poznatky vědy a výzkumu v dané oblasti. Zároveň musí respektovat zásady ochrany životního prostředí a udržitelného rozvoje, spolu s uplatňováním hierarchie nakládání s odpady – prevence, minimalizace, využití, odstranění.

Současný stav v diskuzi o výhledovém nakládání s kaly a bioodpady v EU(*)

Požadovaná hierarchie nakládání s odpady stanovená Rámcovou směrnicí o odpadech 75/442/EHS (prevence, recyklace, zhodnocení a odstranění) se odráží v 6. akčním programu pro ŽP (Decision 1600/2002/EC). V současné době na to navazuje návrh sedmi tematických strategií. Těchto sedm tematických strategií je vlastně způsob přístupu k řešení sedmi klíčových environmentálních otázek. Jedná se o ochranu ovzduší, půdy, moří, ŽP v městech, udržitelné využívání pesticidů, udržitelné využívání a nakládání s přírodními zdroji a o prevenci a recyklaci odpadů. Jejich vzájemná provázanost a potřeba najít jednodušší inovační řešení vyžaduje k řešení komplexní přístup. Strategie se zaměřují na prostředky podpory udržitelného hospodářství prostřednictvím minimalizace vlivu odpadů na ŽP a zároveň se snaží brát ohled na ekonomická a sociální hlediska.

Co se týče ochrany půdy, v působnosti EU není dosud k dispozici rámcový dokument zabývající se komplexně daným problémem. V současném období odborníci identifikují celou řadu potenciálních ohrožení trvale udržitelného využívání půdy a rizikových faktorů půdních produkčních vlastností. Půda je při aplikaci biologicky zpracovaných biologicky rozložitelných odpadů – dále jen bioodpadů (kaly z čistíren odpadních vod mezi nimi tvoří stálou složku) – jejich příjemcem a neměla by se stát nejlacinější skládkou odpadů. Proto je potřebné důsledně komplexně zvažovat

(*) *Použito příspěvku pracovníků VÚVH Bratislava (Šumná a kol.), který byl přednesen na konferenci o kalech konané v Tatranských Zrubech v říjnu 2004 „Perspektivy při nakládání s kaly".*

vliv těchto odpadů na půdu, a proto také došlo v rámci EU k integraci těchto procesů pod tematickou strategii o ochraně půdy. Samozřejmě se tady neuvažuje s přímou aplikací biologicky rozložitelných odpadů, ale až po jejich odpovídající úpravě. Pod obvyklou úpravou je myšleno obyčejně kompostování. S ohledem na ustanovení článku 5 směrnice Rady 99/31/ES o skládkách odpadů, které pojednává o povinnosti vytvořit v členských státech národní strategii pro snížení množství biologicky rozložitelného komunálního odpadu (BRKO) ukládaného na skládky, se aktivity spojené se zpracováním a využíváním biologicky rozložitelných odpadů znásobily. Cíle tohoto snížení byly promítnuty do právních předpisů ČR následovně: jedná se o snížení na 75 % do roku 2010, na 50 % do roku 2013 a do roku 2020 na 35 % celkového množství (hmotnosti) biologicky rozložitelného komunálního odpadu vzniklého v roce 1995.

Rozhodnutí o přípravě tematické strategie o ochraně půdy bylo přijato v roce 2002. Následně v roce 2003 byl navržen a zveřejněn požadavek integrace všech do půdy vstupujících materiálových toků pod Strategii o ochraně půdy, včetně novelizace směrnice Rady 86/278/EHS o aplikaci kalů do zemědělské půdy formou 3. verze pracovního dokumentu z dubna 2000 (3. draft) a rovněž i návrh směrnice o biologickém zpracování biologicky rozložitelných odpadů z února 2001 (2. draft). Samotná strategie měla být zpracována do konce roku 2004, odložila se však na rok 2005 a rozhodovat o ní bude již nová Komise. Nová Komise má rozhodnout i o způsobu její právní závaznosti, bude-li realizována jako strategický rámcový dokument formou směrnice, nebo zůstane-li na komunikační úrovni jako relativně nezávazný dokument. V každém případě by součástí dokumentu měly být problematiky týkající se monitoringu půd a výše uvedené směrnice o kalech a biologicky rozložitelných odpadech.

V lednu roku 2004 se konalo v Bruselu společné jednání týkající se začlenění kalů a bioodpadů do sféry působnosti tematické strategie o ochraně půdy. Zúčastnilo se ho 130 odborníků jednak z pracovního fóra pro strategii o ochraně půdy, jednak experti, kteří se podíleli na zpracování Revize směrnice Rady 86/278/EHS a tvorbě nové směrnice o bioodpadech. Předmětem jednání byla diskuze k pracovnímu materiálu „Kaly a bioodpady", který kromě všeobecné charakterizace produkce a managementu kalů a bioodpadů, pozitivních a negativních aspektů jejich recyklace v půdním prostředí obsahoval i dvě přílohy s doporučeními pro zdokonalení managementu bioodpadů a revizi kalové směrnice. V kontextu s revizí kalové směrnice jejich obsah směřuje k dosažení dlouhodobého cíle – 75 % produkce kalů z čištění odpadních vod má být a priori vhodných pro použití do půdy v celé už rozšířené EU v průběhu dvaceti let. Doporučuje se snížení limitní hodnoty těžkých kovů v kalech. Předcházení jakýmkoliv nárůstům koncentrací těžkých kovů v půdě nad současné hodnoty má být neoddělitelným opatřením a zároveň i cílem v preventivní ochraně půdy. Dále se požaduje doplnění limitních hodnot pro organické polutanty s cílem jednak zajistit co nejvyšší míru ochrany zdraví lidí a zvířat ve spojení s procesem pěstování plodin na zemědělské půdě ošetřované čistírenským kalem, na druhé straně se tento přístup volí s ohledem na všeobecné veřejné mínění a vnímání vlastností kalu a obzvlášť kalu z komunálních čistíren odpadních vod jako vysoko znečištěného média. Z těchto důvodů se zdůrazňuje potřeba hygienizace kalu.

Tato stanoviska jsou potvrzována v diskuzi spolu s doplněním požadavku na možnost rozšířit aplikaci kalu i na nezemědělské půdy. Zdůrazňuje se i otázka agronomické hodnoty kalu – bilance výhod (organická hmota, N, P, K, Ca, Mg atd.) a nevýhod (kontaminace). Prosazuje se holistický princip ke všem zdrojům difuzního znečištění půd včetně hnojiv a živočišných exkrementů. Požaduje se jednotný přístup – harmonizace vzorkování, zpracování vzorků a standardních analytických metod stanovení jednotlivých ukazatelů v kalech a ve všech formách bioodpadů, i v půdě. Evropská komise udělila mandát CEN pro vývoj horizontálních standardů pro oblast kalů, bioodpadů a půdy. S tímto účelem byla ustanovena horizontální pracovní skupina CEN/BT Task Force „Horizontal Standards in the fields of sludge, biowaste and soil".

V průběhu roku 2004 je na základě uváděné diskuze navrhováno pozměnění směrnice 86/278/EHS o používání čistírenských kalů v zemědělství. Návrh směřuje k rozšíření možnosti využívání čistírenských kalů v lesnictví a při sanaci půdy. Předpokládá se také revize definice čistírenského kalu a rozšíření možnosti využívání kalů nejen z čistíren komunálních odpadních vod, ale i z čistíren odpadních vod z některých odvětví průmyslu, zejména potravinářského. Měly by být zvýšeny požadavky na předběžnou úpravu kalů (chemickou, biologickou nebo tepelnou podle způsobu použití), zavedeny přísnější limity pro obsah těžkých kovů a rozšířen jejich seznam; kromě kadmia, mědi, niklu, olova, zinku a rtuti byl měl být limitován i obsah chromu. Nově by měly být zavedeny mezní hodnoty pro obsah dioxinů a určitých organických sloučenin v těchto kalech. Některé z těchto přísnějších požadavků však naše vyhláška č. 382/2001 Sb., o použití kalu na zemědělské půdě, již akceptuje (např. jsou sledovány ukazatele obsahu Cr, AOX a PCB včetně mikrobiologických ukazatelů).

Biologické zpracování biologicky rozložitelného odpadu a použití kompostu a digestátu dosud není předmětem předpisů EU. Diskuzní dokument ad hoc setkání o bioodpadech a kalech, které se konalo v lednu 2004 v Bruselu, je zatím posledním návrhem řešení problematiky biologicky rozložitelných odpadů s tím, že ani na úrovni EU dosud není tato problematika jednoznačně vyřešena. Tento dokument se zabývá zpracováním biologicky rozložitelných odpadů a navrhuje podporu kompostování. Recyklace kompostovaných kalů a biologicky rozložitelného odpadu v zemědělství je považována za způsob udržování nebo obnovování kvality půdy vzhledem k hnojivým a zlepšovacím vlastnostem organické hmoty obsažené v těchto materiálech.

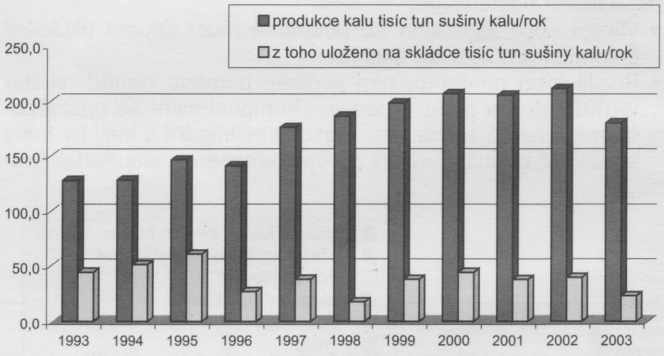
Současný stav nakládání s čistírenskými kaly v ČR – aktualizace za rok 2003 až 2004

Produkce kalů v České republice v roce 2003

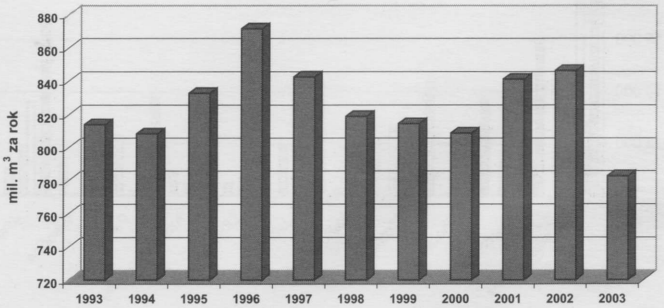
V ČR bylo podle výkazu ČSÚ Vodovody a kanalizace v roce 2003 7,928 mil. obyvatel, tj. 77,7 % celkového počtu obyvatelstva, napojeno na kanalizaci, z toho na ČOV 7,033 mil. obyvatel, tj. 68,9 %, a z toho 6,86 mil. obyvatel bylo napojeno kanalizací na biologickou čistírnu. Celkem se v uvedených ČOV vyčistilo v roce 2003 820 mil. m^3 odpadní vody za rok, čemuž odpovídá i vykazovaná produkce kalů. Oproti roku 2002 kleslo množství čištěných odpadních vod stejně jako produkce kalu.

Podle stejného výkazu ČSÚ Vodovody a kanalizace v roce 2003 se vyprodukovalo 186 tis. tun sušiny kalu, což je oproti roku 2002 poměrně značné snížení ve vykazovaných hodnotách, přesto podle našeho odhadu je tento údaj v odpovídajících mezích.

Časový průběh množství čištěných odpadních vod a produkce kalu v ČR v letech 1993–2003 podávají následující grafy na *obr. 1* a *2*.



Obr. 1. Produkce kalu v letech 1993–2003



Obr. 2. Množství čištěných odpadních vod v ČR celkem; vývoj v letech 1993–2003 *(údaje za rok 2004 nejsou dosud k dispozici)*

Nakládání s kaly

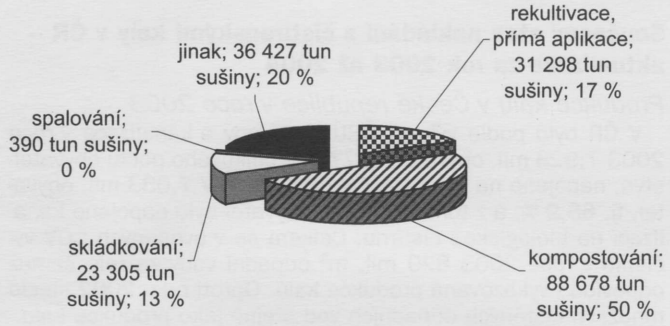
V roce 2002 byly hlavní způsoby nakládání s kaly v procentním vyjádření z celkové produkce v ČR následující:

1. 56 % stabilizovaných kalů bylo uplatněno v zemědělství, z toho: 0 % přímá aplikace na půdu (podle zaslaných evidenčních listů a v rámci přesnosti statistického vykazování), 8 % rekultivace, 48 % kompostování;
2. 19 % produkce kalů je ukládáno na skládky;
3. 25 % nespecifikováno.

V roce 2003 bylo vykázáno celkem 67 % celkového uplatnění produkce kalu v zemědělství, z toho přímá aplikace podle zaslaných výkazů o využití kalů v zemědělství v rámci přesnosti statistického vykazování byla prakticky opět nulová. Jednotlivé hlavní způsoby nakládání s kalem v roce 2003 v ČR jsou též znázorněny na *obr. 3.*

1. 67 % zemědělství,
   z toho: 0% přímá aplikace, 17 % rekultivace, 49 % kompostování;
2. 13 % ukládání na skládky;
3. 20 % nespecifikováno.

Oproti roku 2002 nastal v roce 2003 podle výkazu ČSÚ Vodovody a kanalizace nárůst u využití kalů pro rekultivace a pokles v ukládání kalu na skládky, ostatní způsoby nedoznaly podstatných změn.



Obr. 3. Způsoby nakládání s kalem ČR

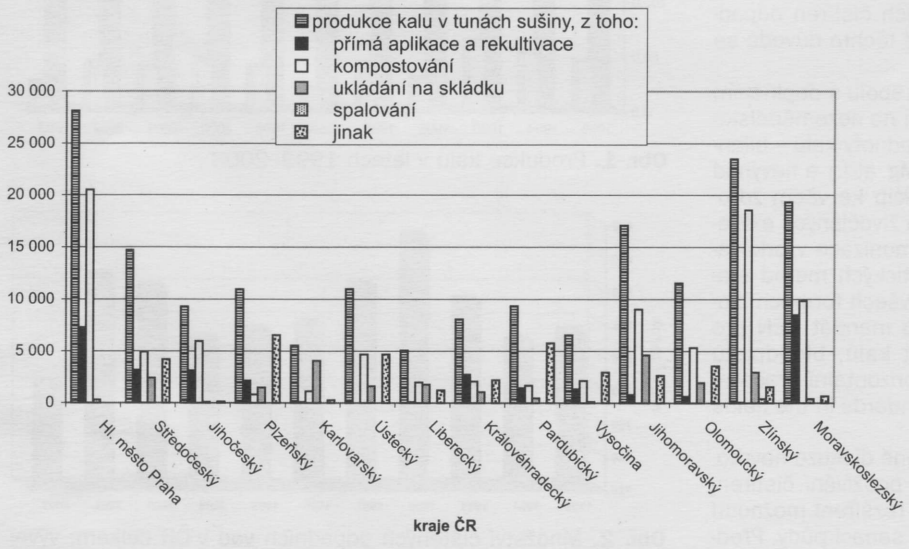
Obdobný vývoj v nakládání s kaly probíhal pravděpodobně i v roce 2004.

Graf na *obr. 4* udává produkci kalů a jednotlivé hlavní sledované způsoby nakládání s kaly v ČR v členění po krajích v roce 2003.

Na základě hodnocení současného stavu v ČR vývoj ve výhledových způsobech nakládání s kaly lze pro ČR odhadovat pravděpodobně následovně:

- Vlivem nové legislativy se postupně musí utlumit ukládání čistírenských kalů na skládky.
- Rozdíl mezi procentuálním podílem přímého zemědělského využití kalu na půdu a podílem kompostování se pravděpodobně vyrovná a oba tyto způsoby nakládání s kaly by měly směřovat k současnému předpokládanému dlouhodobému cíli v rámci EU – tj. k dosažení využití 75 % celkové produkce kalu zapracováním do půdy v průběhu příštích 20 let.
- Spalování kalu se bude vyvíjet způsobem podle ekonomických možností.
- Bude nezbytné hledat zcela nové organizační formy a způsoby zpracování kalu z malých čistíren odpadních vod.

Nedořešeným problémem je v poslední době otázka nakládání s kuchyňským odpadem a s tím související použití kuchyňských drtičů. Tady vyvstává potřeba komplexnějšího řešení. Z pohledu odpadového hospodaření je třeba se zaměřit kromě požadavků na provozovatele kanalizace a ČOV i na vazby mezi technologií ČOV, množstvím a složením kalu a možnostmi finálního nakládání s kalem.



Obr. 4. Způsoby nakládání s kalem v roce 2003 v krajích ČR *(upozorňujeme, že v uvedeném rozboru nebyly použity údaje z ISOH)*

Literatura

[1] Draft Discussion Document for the ad hoc meeting on biowastes and sludges 15-16 January 2004, Brussels Working Group on Organic Matter, Interim Report, October 2003.

[2] ŠUMNÁ, J. aj. Perspektivy při nakládání s kaly – VÚVH Bratislava, příspěvek z 3. konference o kalech s mezinárodní účastí Odpadové vody, Tatranské Zruby, říjen 2004.

[3] COM(2002) 179: Towards a thematic strategy for Soil Protection.

[4] COM(2003) 301: Towards a thematic strategy on prevention and recycling of waste.

[5] Výkaz ČSÚ Vodovody a kanalizace, 2003.

Ing. Marie Michalová
VÚV T.G.M. Praha
tel. 220 197 247

Key words

sewage sludge, current state of the biowaste (biodegradable waste) treatment methods, legislation development in the Czech Republic and European Union

Current State of the Waste Water Treatment Sludge Issue in the Czech Republic – Updating the 2002-2004 Period and Further Perspectives (Michalová, M.)

Idea of prior agricultural use of the waste water treatment sludge preferred in front of the other methods of sludge treatment as waste comes out mainly from the traditional treatment method due to considerable content of nutrients and organic matter.

The Commission elaborated in the year 2004 another technical report in compliance with the 6th Action Plan (Decision 1600/2002/EC) and with developed strategy of soil protection. The report serves as a background of the general long-term discussion among member countries about soil protection, but not even this year succeeded to reconcile common conclusions. Also in the Czech Republic in this connection there occur many new questions regarded to various methods of treatment and disposal not only of the municipal waste water treatment sludge but also of all biowaste.

That is the reason why it is necessary to assess at present the issue of the waste water treatment sludge in the Czech Republic together as one of the components of the biodegradable waste and in unison as the chosen kind of waste in connection with all relevant regulations, particularly with the Waste Law, but also with the Water Law, the Water Supply and Sewerage Law and with last but not least, the Fertilizers Law and with other acts and regulations. It means that the "waste issue" covers very closely mainly operators and owners of the waste water treatment plants and that it is necessary mainly from the point of view of the current state of the treatment methods assessment and its development in the Czech Republic give the increased consideration to the issue.

FINANCOVÁNÍ PROJEKTŮ OCHRANY VOD

Helena Grünwaldová

Klíčová slova
projekty ochrany vod, čistírny odpadních vod, kanalizace

Souhrn

Česká republika se zavázala splnit požadavky směrnice 91/271/EHS o čištění městských odpadních vod do konce roku 2010. Aktualizaci strategie financování implementace této směrnice přijala vláda České republiky usnesením č. 1268 z roku 2003; bude aktualizována každoročně. Zdroje finanční podpory pro projekty ochrany vod (čistírny odpadních vod, kanalizace) se skládají z prostředků Státního fondu životního prostředí (SFŽP) a zdrojů státního rozpočtu posuzovaného přes Ministerstvo zemědělství (MZe), Ministerstvo životního prostředí (MŽP) a Agenturu ochrany přírody a krajiny (AOPK).

Ke zdrojům financování z Evropské unie patří Fond soudržnosti a strukturální fondy ERDF.

◆

Úvod

Česká republika se zavázala splnit požadavky směrnice Rady 91/271/EHS o čištění městských odpadních vod do konce roku 2010. Aby ČR dostála svým závazkům, je nezbytná příprava dostatečného množství kvalitních projektů, které budou financovány z prostředků fondů ES. Pro využití podpory z fondů ES je nutné zajistit potřebné množství finančních prostředků z národních zdrojů.

Základním předpokladem pro úspěšné splnění požadavků směrnice je vytvoření funkční organizační struktury pro výběr a přípravu projektů a zajištění finančních zdrojů. Aktualizaci strategie financování implementace této směrnice přijala vláda České republiky usnesením č. 1268 z roku 2003. Strategie bude aktualizována každoročně.

Zdroje financování projektů ochrany vod v české legislativě

Usnesení vlády č. 1268 z roku 2003 uložilo ministrům zemědělství, životního prostředí a pro místní rozvoj koordinovat a prosazovat ve spolupráci s ministrem financí naplňování Aktualizované strategie financování implementace směrnice Rady 91/271/EHS o čištění městských odpadních vod. Rozhodujícím krokem ke splnění požadavků směrnice bude finanční a organizační zabezpečení přípravy a realizace projektů zaměřených na provedení potřebné výstavby, dostavby a rekonstrukcí kanalizačních sítí a čistíren odpadních vod (ČOV). Cílem výstavby je zajistit řádné odvádění a čištění městských odpadních vod, zejména z aglomerací o velikosti 2 000–10 000 ekvivalentních obyvatel (EO). Další investiční výdaje k naplnění směrnice si vyžádají rekonstrukce a intenzifikace ČOV v aglomeracích nad 10 000 EO z důvodů splnění limitů pro dusík a fosfor ve vypouštěných vodách a přiměřené čištění městských odpadních vod vstupujících do sběrných systémů v aglomeracích s méně než 2 000 EO (výstavba ČOV). Přehled potřeb výstavby a rekonstrukcí kanalizací a čistíren odpadních vod je uveden v *tabulce 1*. Česká republika se zavázala do konce roku 2006 zajistit řádné čištění odpadních vod ve 36 zbývajících aglomeracích nad 10 000 ekvivalentních obyvatel a do konce roku 2010 ve všech 536 aglomeracích s počtem ekvivalentních obyvatel nad 2 000. Aktuální odhady předpokládají, že k naplnění požadavků uvedené směrnice v oblasti komunálních odpadních vod bude třeba v letech 2003–2010 vynaložit asi 75 miliard korun v běžných cenách, to znamená zhruba 10 miliard korun ročně [1].

Tabulka 1. Přehled potřeb výstavby a rekonstrukcí kanalizací a čistíren odpadních vod

Aglomerace	Počet aglomerací	EO v %	Počet EO v mil.	Dokončení
Aglomerace nad 10 000 EO	36	20	2,23	konec r. 2006
	121	53	5,70	konec r. 2010
Aglomerace 2 000–10 000 EO	415	15	1,68	
CELKEM	572	88	9,61	

V červnu 2004 bylo přijato usnesení vlády České republiky č. 617 ke Koncepci vodohospodářské politiky Ministerstva zemědělství (dále jen Koncepce) pro období po vstupu do Evropské unie (2004–2010). S ohledem na uspořádání a strukturu vodohospodářských činností je členěna na koncepční záměry v oblasti vodních zdrojů (tzv. přirozeného oběhu vod) a na problematiku oboru vodovodů a kanalizací (prostředí tzv. umělého oběhu vod) [2].

Zpracování Koncepce je podpořeno v nové vodohospodářské právní úpravě, v ustanovení § 24 vodního zákona č. 254/2001 Sb., které ukládá Ministerstvu zemědělství ve spolupráci s Ministerstvem životního prostředí zpracovat strategický dokument státní politiky v oblasti vod – Plán hlavních povodí České republiky, který musí být schválen vládou do konce roku 2006.

Projekty ochrany vod, zdroje a mechanismy financování

Zdroje podpory pro projekty ochrany vod (čistírny odpadních vod, kanalizace) se skládají z prostředků Státního fondu životního prostředí (SFŽP) a zdrojů státního rozpočtu posuzovaného přes Ministerstvo zemědělství (MZe), Ministerstvo životního prostředí (MŽP), Agenturu ochrany přírody a krajiny (AOPK). Ke zdrojům financování z Evropské unie patří Fond soudržnosti a strukturální fondy ERDF.

Státní fond životního prostředí

Státní fond životního prostředí ČR jako významný finanční zdroj na podporu ochrany a zlepšování životního prostředí je jedním ze základních ekonomických nástrojů státní politiky životního prostředí.

Základní přístupy k poskytování finančních prostředků ze SFŽP jsou definovány směrnicí Ministerstva životního prostředí o poskytování finančních prostředků ze Státního fondu životního prostředí České republiky (dále jen Fond) [3]. Formu a zaměření podpory stanoví v souladu s obecně závaznými právními předpisy a podle vnějších a vnitřních ekonomických podmínek Přílohy k výše uvedené směrnici [4]. Podpora z Fondu je poskytována v rámci jednotlivých vyhlášených programů, které jsou vymezeny technickými a ekologickými podmínkami.

Programy, jejichž realizací jsou priority výdajové politiky SFŽP ČR naplňovány, jsou podrobně specifikovány v Přílohách I směrnice MŽP, o poskytování finančních prostředků ze SFŽP ČR, platných od 1. 1. 2004, a jsou zaměřeny na oblast ochrany vod, ovzduší, přírody, krajiny, půdy, na oblast nakládání s odpady a oblast technologií a výrobků.

Program „Střední zdroje". Opatření u zdrojů znečištění velikosti 2 000 až 10 000 EO, u nichž dosud není vybudována čistírna odpadních vod, nebo kde bude stávající čistírna odpadních vod rozšířena na kapacitu uvedené velikosti (vztahuje se i na vybudování veřejné části kanalizace). Žádosti o podporu na vybudování společného zařízení (jedna společná ČOV) splňující uvedenou kapacitu, která bude sloužit k odstranění znečištění z několika bodových zdrojů velikosti do 2 000 EO od žadatelů – účelově vytvořených svazků nebo sdružení obcí pro dosažení produkovaného znečištění nad 2 000 EO – budou posuzovány odděleně a s posouzením jejich významu v porovnání s akcemi v ostatních programech podpory v oblasti ochrany vod.

Program „Ochrana zdrojů pitné vody, nebo přírodních léčivých zdrojů a zdrojů přírodních minerálních vod, nebo opatření u zdrojů znečištění na území národních parků (NP) a chráněných krajinných oblastí (CHKO) a jejich ochranných pásem". Opatření u komunálních zdrojů znečištění do 2 000 EO, které leží v ochranných pásmech zdrojů pitné vody, nebo přírodních léčivých zdrojů a zdrojů přírodních minerálních vod, či na území národních parků a chráněných krajinných oblastí a jejich ochranných pásem.

Program „Rozšíření, intenzifikace a rekonstrukce stávajících obecních čistíren odpadních vod". Opatření u obecních čistíren odpadních vod formou rozšíření kapacity, intenzifikace čistírenského provozu nebo rekonstrukce ČOV na kapacitu velikosti 10 000 až 50 000 EO. Stanovená výše EO představuje přiváděné znečištění splaškovými odpadními vodami.

Program „Rozšíření kanalizačních systémů". Opatření u zdrojů znečištění, kde se na vybudovanou kanalizaci (týká se oddílné splaškové nebo jednotné kanalizace), jejíž součástí je kapacitně vyhovující čistírna odpadních vod, připojuje další zdroj znečištění velikosti od 300 do 10 000 EO.

Kritéria pro výběr akcí k podpoře v rámci programů v oblasti ochrany vod jsou stanovena takto:

- měrná finanční náročnost vypočítaná z nákladů na realizaci opatření, požadované celkové podpory z Fondu a podpory požadované formou dotace, vztažená na jednotku odstraněného přepočteného znečištění, které se stanoví z hodnot odstraněného znečištění BSK_5, $CHSK_{Cr}$, NL, N, P,
- vyhodnocení ekonomických parametrů příjemce podpory, zejména ekonomické způsobilosti, dále zajištění celkového financování předmětu podpory po celou dobu výstavby (včetně obdržení zahraniční grantové podpory či podpory formou výhodné půjčky poskytované EBRD, EIB, WB, popřípadě jinou mezinárodní finanční institucí apod., pokud nejsou řešeny podle jiné směrnice), ekonomika předmětu podpory,
- priority regionálních politik ochrany životního prostředí krajských úřadů a priority z hlediska usnesení vlády č. 1236/2002 o opatření k plnění směrnice Rady 91/271 ES,
- ekologická naléhavost ochrany území z hlediska ochrany vod, v němž je akce realizována (tj. zejména ochrana zdrojů pitné vody s přihlédnutím k významu vodního zdroje, chráněných oblastí přirozené akumulace vod, národních parků, chráněných krajinných oblastí),
- úroveň technického řešení,
- zajištění vyššího využití již vybudovaných kapacit a kompletace systému likvidace odpadních vod.

Zásady pro poskytování finančních prostředků ze Státního fondu životního prostředí [4]

Podpory se poskytují na základě „Rozhodnutí ministra životního prostředí ČR" (dále jen „Rozhodnutí") o poskytnutí podpory ze Státního fondu životního prostředí ČR a řádně uzavřených smluv mezi Fondem a příjemcem podpory.

„Rozhodnutí" s bližšími pokyny k uzavření smlouvy zašle Fond příjemci podpory do 15 dnů po jeho podpisu ministrem životního prostředí.

Obvyklou formou zajištění bude zástava nemovitostí formou notářského zápisu s doložkou vykonatelnosti nebo ručení třetí osobou, dále kombinace zástavy nemovitostí a ručení budoucími příjmy (pouze u statutárních měst).

Předběžně bude zajištění pohledávky Fondu projednáno ještě před vydáním „Rozhodnutí". Součástí dokladů pro vyhodnocení žádosti o podporu je i předběžný návrh na zástavu či jinou formu zajištění půjčky.

Podpora bude poskytnuta až po kompletním vyřešení zajištění půjčky. U zajištění zastavením nemovitosti to znamená, že finanční prostředky budou uvolněny kromě jiných náležitostí až po předložení výpisu z katastru nemovitostí, ve kterém bude zaznamenán vklad zástavního práva.

Pro účely směrnice Ministerstva životního prostředí o poskytování finančních prostředků ze Státního fondu životního prostředí ČR a jejích Příloh platných od 1. 1. 2004 se za den zahájení realizace stavby považuje den, kdy je objednatelem předáno dodavateli staveniště se zpracováním zápisu (protokolu) o předání staveniště. Za den ukončení stavby se považuje den, kdy je na stavbu vydáno rozhodnutí o kolaudaci podle příslušných ustanovení stavebního zákona v aktuálním znění.

Typy žadatelů o podporu

A – právnické osoby, které jsou založeny k nepodnikatelským účelům, zejména
- obecně prospěšné organizace (zákon č. 248/1995 Sb. v platném znění),
- nadace a nadační fondy (zákon č. 227/1997 Sb. v platném znění, o nadacích a nadačních fondech),
- územní samosprávné celky,
- občanská sdružení (zákon č. 83/1990 Sb., o sdružování občanů) a církve,
- svazky obcí (podle zákona č. 128/2000 Sb., o obcích – obecní zřízení),
- právnické osoby založené nebo zřízené územními samosprávnými celky (příspěvkové organizace a organizační složky),
- další organizace, které budou postaveny na stejnou úroveň obecně závazným právním předpisem;

P – podnikatelské subjekty, zejména
- obchodní společnosti,
- státní podniky,
- družstva,
- fyzické osoby – podnikatelé;

E – obyvatelstvo (fyzické osoby nepodnikající).

Podpora formou dotace

Dotace na realizaci opatření může podle typu subjektu dosáhnout maximální hranice dotace v procentuálním vyjádření ze základu pro výpočet podpory uvedené v předcházejících tabulkách podle vyhlášených programů.

Maximální výše dotace je stanovena u jednotlivých programů nejen procentem, ale současně je limitována i pevnou maximální částkou. Fond má právo změny požadovaného procenta poměru a finančního objemu dotace v rámci podmínek daného programu podpor. Změna požadovaného poměru a výše dotace vychází vždy i z finanční analýzy a zejména dluhové služby žadatele a technicko-ekonomické analýzy předloženého opatření. O případnou změnu bude upravena i výše vlastních zdrojů.

Dotace se uvolňují procentním podílem až do výše 90 % celkově přiznané výše dotace, zbytek finančních prostředků do výše 10 % celkové dotace uhradí Fond po konečném přiznání dotace v rámci závěrečného vyhodnocení, které žadatel předkládá v termínu podle smlouvy.

Podpora formou půjčky

Fond má právo změny požadovaného procenta poměru a finančního objemu půjčky v rámci podmínek daného programu podpor. Změna požadovaného poměru a výše půjčky vychází vždy i z finanční analýzy a zejména dluhové služby žadatele a technickoekonomické analýzy předloženého opatření. O případnou změnu bude upravena i výše vlastních zdrojů.

Doba splatnosti půjčky se řídí jednotlivými programy, přičemž tato lhůta nabíhá rokem následujícím po posledním roce zaslání finančních prostředků příjemci půjčky.

Odklad splatnosti se řídí podmínkami stanovenými pro jednotlivé programy a započítává se do celkové doby splatnosti.

Půjčka na realizaci opatření může podle typu subjektu dosáhnout nejvýše maximální hranice v procentuálním vyjádření ze základu pro výpočet podpory, případně maximální částky v Kč stanovené podle jednotlivých programů.

V případě jiných než podnikatelských subjektů činí maximální výše úroku 30 % základní úrokové sazby, v případě podnikatelských subjektů pak 90 % základní úrokové sazby.

Podpora ve formě kombinované dotace a půjčky

V případě kombinované podpory je možno nahradit dotaci nebo její část půjčkou nebo navýšením půjčky s podmínkou, že nebude překročena maximální výše celkové podpory stanovená pro daný program.

Nepřímé finanční podpory

Příspěvky na částečnou úhradu úroků z investičního úvěru budou poskytovány pouze na základě Fondem odsouhlasené úvěrové smlouvy, a to po dobu maximálně pěti let – počínaje rokem, kdy byl příspěvek na částečnou úhradu úroků žadateli přiznán. Výše příspěvku je omezena pevnou částkou 50 mil. Kč. Fond vyplatí v daném roce příspěvek na úhradu úroků odpovídající skutečně zaplaceným úrokům. Souběh přímé a nepřímé finanční podpory je vyloučen.

Souběh podpory z Fondu a ze státního rozpočtu. Podporu z Fondu lze poskytovat i na opatření individuálně dotovaná ze státního rozpočtu. Společná podpora z Fondu a státního rozpočtu bude poskytována pouze žadatelům, kteří současně splní kritéria všech poskytovatelů podpory.

Typickým příjemcem podpory ze SFŽP ČR je komunální sféra, města a obce, jimž připadá největší procento z celkově poskytnutých prostředků SFŽP ČR, dále podnikatelská sféra a organizace rozpočtové, příspěvkové a ostatní.

Výdaje Fondu dosáhly v letech 1992–2003 celkem 41,51 miliardy Kč, v roce 2003 dosáhly 4,76 miliardy Kč (z toho dotace činily 3,92 mld. Kč, půjčky 0,71 mld. Kč). Z prostředků Fondu bylo v letech 1992–2003 finančně podpořeno a realizováno 1 236 čistíren odpadních vod a kanalizací a 225 akcí k odstranění povodňových škod (povodně v srpnu 2002).

Dotace na Program 1 Oblast ochrany vod činily z prostředků Fondu 1 753 736 Kč a na Program 11.1 Program obnovy nebo výstavby kanalizační sítě a ČOV 875 424 Kč [5].

Ministerstvo zemědělství

V roce 2003 byla v rámci programů Ministerstva zemědělství 329 030 „Výstavba a technická obnova vodovodů a úpraven vod" a 329 040 „Výstavba a technická obnova čistíren odpadních vod a kanalizací" zaměřených na realizaci opatření k naplňování směrnic EU poskytnuta podpora v celkové výši cca 2 mld. Kč.

V rámci programu MZe 329 030 bylo v roce 2003 podpořeno ze státního rozpočtu celkem 300 akcí v celkové výši 734 mil. Kč a v rámci programu MZe 329 040 bylo v roce 2003 podpořeno celkem 56 akcí v celkové výši cca 579 mil. Kč. V rámci programu 229 810 „Státní pomoc při obnově území postiženého povodní 2002" (poskytovaná MZe) byla udělena podpora ve formě dotace celkem na 54 akcí v celkové výši cca 224 mil. Kč [6].

Program 329 040 „Výstavba a technická obnova čistíren odpadních vod a kanalizací" slouží k podpoře výstavby kanalizací za účelem dosažení potřebného vybavení měst a obcí České republiky sběrným kanalizačním systémem a k zajištění potřebné úrovně čištění městských odpadních vod [7].

Finanční zdroje Programu mohou tvořit vlastní zdroje investorů, systémově určené výdaje státního rozpočtu poskytované Českou republikou – Ministerstvem zemědělství, úvěry se státní zárukou, výjimečně návratné finanční výpomoci.

Do Programu mohou být zařazeny akce:

a) výstavba, dostavba, rekonstrukce a intenzifikace čistíren odpadních vod (ČOV), které mají projektovanou kapacitu vyšší než 3 000 EO a po realizaci budou splněny ukazatele jakosti vypouštěné vyčištěné vody stanovené příslušným vodoprávním úřadem,
b) výstavba hlavních kanalizačních sběračů spojených s výstavbou ČOV podle předchozího bodu,
c) dostavba kanalizačních systémů minimálně pro 300 EO ve městech a obcích, kde jsou ČOV již vybudovány a realizací akce dojde ke zvýšení množství odpadních vod přivedených na ČOV.

Investorem akcí mohou být:

a) města a obce,
b) svazky měst a obcí (dobrovolné svazky a sdružení obcí),
c) vodohospodářské akciové společnosti s více než 2/3 většinou kapitálové účasti měst a obcí.

Akce mohou být zařazeny, pokud celková výše podpory z Programu 329 040 nepřekročí 80 % nákladů.

Program 229 810 „Státní pomoc při obnově území postiženého povodní v roce 2002 poskytovaná MZe, zaměřená na obnovu a zabezpečení vodohospodářské infrastruktury vodovodů a kanalizací" byl přijat v souvislosti s touto povodní. Cílem bylo zajistit co nejrychleji obnovu základních funkcí této infrastruktury pro veřejnou potřebu. Finanční zabezpečení tohoto programu činilo 2 mld. Kč [6].

Program 229 110 „Odstranění následků povodně na státním vodohospodářském majetku" – podprogram 229 113 „Odstranění následků povodně roku 2002". Na tento program připadá celková částka 4,3 mld. Kč [6].

V rámci **Programu 229 060 „Prevence před povodněmi"** bylo v roce 2003 realizováno nebo rozestavěno 137 investičních staveb [6].

Agentura ochrany přírody a krajiny

V roce 2004 vydalo Ministerstvo životního prostředí směrnici MŽP č. 9/2004 o vydání Pravidel pro poskytování finančních prostředků v rámci Programu revitalizace říčních systémů – **Program Isprofin 215 110** [8].

Program je převážně zaměřen na obce, které nemohou řešit problémy s čištěním odpadních vod prostřednictvím Státního fondu životního prostředí nebo prostřednictvím Ministerstva zemědělství. Pravidla Programu řeší problémy obcí s počtem ekvivalentních obyvatel nižším než 2 000.

Cílem Programu je kromě řešení problémů s odkanalizováním a čištěním odpadních vod dosažení komplexní provázanosti krajinotvorných programů ministerstva i komplexní přístup k řešení ekologické stability území.

Žadateli mohou být obce, svazky obcí a akciové společnosti vodovodů a kanalizací (VaK, a. s.) zajišťující odvádění a čištění odpadních vod z obce s omezenou převoditelností akcií.

Předmětem poskytování finančních prostředků z Programu je výstavba, případně rekonstrukce kanalizace a čistíren odpadních vod v obcích:

- do 150 ekvivalentních obyvatel v případě, že se jedná o mimořádný zájem ochrany vod nebo ochrany přírody,
- do 1 000 ekvivalentních obyvatel pouze v případě, že v obci je vybudovaná kořenová čistírna odpadních vod (KČOV), nebo je ve výstavbě a žádostí bude vybudování kanalizace v obci,
- od 150 do 500 ekvivalentních obyvatel v případě mimořádného zájmu ochrany vod nebo ochrany přírody; předmětem žádosti musí být zajištěno nové napojení nejméně 100 EO,
- od 501 do 2 000 ekvivalentních obyvatel nebo i větší, pokud se akce týká jejich místních částí s méně než 2 000 EO a celkový počet EO obce je nižší než 3 000. Předmětem žádosti musí být zajištěno nové napojení nejméně 300 ekvivalentních obyvatel.

Poskytování finančních prostředků

Podpora financování vodohospodářských staveb ze státního rozpočtu se poskytuje formou:

- přímé dotace v maximální výši do 80 % celkových rozpočtových nákladů pouze v případě výstavby KČOV a kanalizace ke KČOV (z dotace mohou být hrazeny pouze náklady stavební a technologické části stavby),
- přímé dotace v maximální výši do 65–70 % nákladů stavební a technologické části.

Program drobných vodohospodářských ekologických akcí v roce 2004

V roce 2004 bylo celkem na 24 rozestavěných akcí z předcházejících let potřeba objem finančních prostředků ve výši 76,186 mil. Kč.

Výhled na rok 2005 je zatím orientační, na 13 rozestavěných akcí se počítá se 42,302 mil. Kč [9].

Fond soudržnosti

Mezi fondy Evropského společenství, které se zapojily do financování vodohospodářské struktury ČR, patří fondy ISPA, PHARE a Sapard. Tyto předvstupní fondy byly v souvislosti s naším vstupem do Evropské unie nahrazeny fondy strukturálními a Fondem soudržnosti.

Fond soudržnosti je zaměřen na financování velkých infrastrukturních projektů v oblastech životního prostředí a dopravy. Poskytování finanční pomoci je podmíněno tím, že HDP na obyvatele státu nesmí překročit 90 % průměru EU.

Podle finančního rámce rozšíření bude na projekty financované z Fondu soudržnosti vyčleněna více než třetina celkového objemu strukturální pomoci pro ČR.

Na rozdíl od strukturálních fondů neposkytuje Fond soudržnosti spolufinancování programů, ale přímo spolufinancuje jasně definované projekty. Kumulovat finanční prostředky na jeden projekt z různých fondů EU není možné, a proto se vylučuje financování projektů z Fondu soudržnosti a strukturálních fondů současně.

Státní fond životního prostředí ČR na základě směrnice č. 13/2003 o spolufinancování projektů zařazených do Fondu soudržnosti poskytuje finanční podporu na přípravu žádosti o podporu, na zpracování dokumentace i vlastní realizaci projektu.

Projekty musí mít výrazný pozitivní vliv na životní prostředí a musí být v souladu se všemi relevantními směrnicemi Evropského společenství.

Celkové náklady na projekty či skupiny projektů musí činit minimálně 10 mil. EUR. Na projekty či skupiny projektů s náklady nižšími lze podporu poskytnout pouze ve výjimečných případech a na základě objektivního zdůvodnění.

Závazné podmínky pro předkládání žádostí o podporu z Fondu soudržnosti stanovuje směrnice č. 6 a 7/2004 Ministerstva životního prostředí.

V rámci Fondu soudržnosti v období 2004–2006 bude využito na projekty v oblasti vodního hospodářství 425 mil. EUR [1].

Strukturální fondy

S cílem posílit hospodářskou a sociální soudržnost EU se strukturální fondy zaměřují na snižování rozdílů v úrovni rozvoje různých regionů a snižování zaostalosti nejvíce znevýhodněných regionů včetně venkovských oblastí. V oblasti životního prostředí se jedná o Evropský fond regionálního rozvoje – ERDF.

V rámci zlepšování infrastruktury ve vodním hospodářství jsou projekty financované z ERDF určeny také na zásadní zlepšení kvality vod, a to zejména na omezení bodových zdrojů znečištění.

Hlavními prostředky pro realizaci opatření prostřednictvím ERDF je budování a modernizace čistíren odpadních vod (ČOV) v aglomeracích nad 2 000 ekvivalentních obyvatel, dostavba kanalizačních systémů a rekonstrukce a modernizace ČOV v aglomeracích nad 10 000 EO a jejich doplnění o technologie na odstraňování nutrientů (dusíku a fosforu).

Závěr

Usnesení vlády České republiky č. 1268 z roku 2003 uložilo naplňovat Aktualizovanou strategii financování implementace

směrnice Rady 91/271/EHS o čištění městských odpadních vod. Pro období po vstupu do Evropské unie (2004–2010) bylo přijato usnesení vlády České republiky č. 617 ke Koncepci vodohospodářské politiky Ministerstva zemědělství.

Zdroje financování projektů ochrany vod (ČOV, kanalizace) se skládají z prostředků Státního fondu životního prostředí a zdrojů státního rozpočtu posuzovaného přes Ministerstvo zemědělství, Ministerstvo životního prostředí, Agenturu ochrany přírody a krajiny.

Ke zdrojům financování z Evropské unie patří Fond soudržnosti a strukturální fondy ERDF.

Literatura

[1] Usnesení vlády České republiky č. 1268 ze dne 17. 12. 2003 k Aktualizaci strategie financování implementace směrnice Rady 91/271/EHS o čištění městských odpadních vod.

[2] Usnesení vlády České republiky č. 617 ze dne 16. 6. 2004 ke Koncepci vodohospodářské politiky Ministerstva zemědělství pro období po vstupu do EU na léta 2004–2010.

[3] Směrnice MŽP o poskytování finančních prostředků ze Státního fondu životního prostředí České republiky. Aktuální znění včetně dodatků s účinností od 16. 1. 2004

[4] Přílohy I a II směrnice MŽP o poskytování finančních prostředků ze SFŽP ČR, platných od 1. 1. 2004.

[5] Státní fond životního prostředí ČR – Výroční zpráva za rok 2003.

[6] Zpráva o stavu vodního hospodářství České republiky 2003. Stav k 31. 12. 2003. Vydalo MZe v r. 2004.

[7] Pravidla České republiky – Ministerstva zemědělství čj. 32086/2002-6000 pro poskytování a čerpání státní finanční podpory v rámci programu 329 040 „Výstavba a technická obnova čistíren odpadních vod a kanalizací" ve znění dodatku č. 1/2003 čj. 8339/2003-6000.

[8] Směrnice MŽP č. 9/2004 o vydání Pravidel pro poskytování finančních prostředků v rámci Programu revitalizace říčních systémů – Program 215 110 v roce 2004.

[9] Vyhodnocení Programu revitalizace říčních systémů, Podprogram F) Výstavba a obnova ČOV a kanalizací včetně zakládání umělých mokřadů v roce 2003. AOPK ČR, březen 2004.

Ing. Helena Grünwaldová, CSc.
VÚV T.G.M. Praha
tel. 220 197 376

Key words

projects of water protection, wastewater treatment plants, sewerage

Funding the Projects of Water Protection (Grünwaldová, H.)

The Czech Republic has undertaken to comply, by the end of 2010, with the requirements of the Directive 91/271/EHS, on treating urban wastewaters. An updated strategy of funding the implementation of this Directive was adopted by the Czech government through the Resolution No. 1268 from 2003. The strategy will be updated every year. The sources of financial support for water protection projects (wastewater treatment plants, sewerage) are comprised of means from the State Environmental Fund and from the State Budget as assessed by the Ministry of Agriculture, the Ministry of the Environment and the Agency for Nature Conservation and Landscape Protection.

Among the financial sources from the European Union are the Cohesion Fund and the structural funds of the European Regional Development Fund (ERDF).

OVĚŘENÍ VYUŽITÍ ANAEROBNĚ-AEROBNÍ TECHNOLOGIE

Eva Mlejnská

Klíčová slova

anaerobně-aerobní čištění, odpadní vody z pivovaru

Souhrn

V rámci výzkumného projektu Integrovaný přístup při návrhu, rekonstrukci a modernizaci ČOV byly zkoumány efekty kombinovaného anaerobně-aerobního čištění koncentrovaných průmyslových a běžných komunálních odpadních vod na konkrétním příkladu čistírny odpadních vod z pivovaru. Podrobnými měřeními odstraňování znečištění v průběhu celého procesu bylo potvrzeno, že pro silně znečištěné odpadní vody z potravinářského průmyslu je anaerobní předčištění vod výhodné a výsledná jakost vyčištěné vody vyhoví vysokým požadavkům.

◆

Úvod

Legislativa v EU nutí organizace zabývající se čištěním odpadních vod přecházet na stále vyšší úrovně čištění. Hlavními cíli je zejména větší úspora energie, nižší produkce kalu a v neposlední řadě zvýšení kvality odtoku. Také problémy s aplikací kalů na zemědělskou půdu způsobují, že ubývá tradičních cest jak s těmito odpady dále nakládat. Jedním z možných řešení pro budoucnost je využití anaerobních technologií.

Anaerobie je využitelná především tam, kde nemůžeme požadovaných výsledků snadno dosáhnout aerobní technologií. Podle způsobu využití ji můžeme rozdělit na anaerobní předčištění či samotné čištění, anaerobní stabilizaci kalu (tzv. vyhnívání) a anaerobně-anoxicko-aerobní zónu s cílem odstranit nutrienty.

Všechny tři postupy se dostávají v poslední době do popředí jednak v souvislosti se zpřísňováním limitů pro nutrienty na odtoku z čistíren do povrchových vod a jednak nově vylepšenými prvky anaerobního čištění odpadních vod, jehož výsledkem je ekologický bioplyn.

Anaerobní procesy mohou nabízet mnohá řešení. Ve srovnání s aerobními procesy produkují jen malé množství stabilizovaného kalu, zatímco většina odstraněného organického materiálu je přeměněna na metan, který (v závislosti na výkonech systému) může být vhodný i pro výrobu energie.

Nedostatkem aerobních technologií je vyšší produkce kalu, vyšší CHSK (způsobeno nerozložitelností některých látek v aerobním prostředí) a vyšší energetická náročnost. Nevýhodou anaerobních technologií je pak vyšší BSK_5 (většinou více než 50 mg/l) a vyšší obsah amoniaku v odtoku.

Výhody anaerobního čištění:

- možnost vysokého organického i hydraulického zatížení,
- nižší provozní náklady,
- vhodné pro širokou škálu odpadních vod (BSK_5 nad 1 000 mg/l),
- anaerobní biomasu lze uchovat po dlouhé periody bez přísunu substrátu,
- významně snížená produkce kalu,
- produkce energie ve formě bioplynu.

Anaerobní procesy nedokáží vyčistit odpadní vodu na úroveň požadovanou k přímému vypouštění, proto je podle evropských norem nutné dočištění. Jako nejvhodnější metoda pro dočištění anaerobního odtoku bývá uváděn aktivační proces nebo biofiltr. Tyto závěry potvrzuje i zkušební provoz anaerobně-aerobní čistírny ve VÚV T.G.M.

Anaerobně-aerobní technologie a průmyslové odpadní vody

Obecně

Charakteristickým rysem průmyslových odpadních vod je vysoká koncentrace organického znečištění a často vyšší teplota, což jsou dva parametry, které velmi zvýhodňují použití anaerobní technologie pro čištění takových odpadních vod.

Mimořádnou předností anaerobního čištění odpadních vod je, že zhruba 90 % energie, kterou v sobě nese odpadní voda, se uvolňuje ve formě dále využitelného bioplynu.

V řadě průmyslových odvětví je již dnes anaerobní rozklad organického znečištění uznávaný jako nezastupitelná součást optimální čistírenské linky (cukrovary, pivovary, škrobárny, lihovary apod.). Anaerobní technologie se uplatňují při čištění stále širšího spektra průmyslových odpadních vod. Po prvních relativně snadných aplikacích v cukrovarech, pivovarech a dalších oblastech potravinářského průmyslu se dnes anaerobní technologie prosazují i v takových průmyslových odvětvích, která produkují „obtížnější" odpadní vody, jako např. farmaceutický, chemický a petrochemický průmysl.

Aplikace anaerobního čištění u průmyslových odpadních vod je výhodná z energetického hlediska, ale má i další, v poslední době velmi ceněnou výhodu – minimalizuje produkci přebytečných kalů vznikajících v procesu čištění.

Anaerobně předčištěné vody představují specifický druh odpadních vod a vyžadují i v aerobním stupni specifické zacházení. Anaerobní předčištění zpravidla odstraní převážnou část organického znečištění, úkolem aerobního stupně je pak zejména odstranění zbytkových organických látek, rozpuštěných i suspendovaných, a odstranění amoniakálního dusíku, popř. fosforečnanů, sulfidů, patogenních mikroorganismů apod. Optimalizace uspořádání anaerobního a aerobního stupně někdy naráží na protichůdné požadavky vzhledem k různým technologickým a ekonomickým optimům.

Odpadní vody z výroby piva

Kvalita a množství odpadních vod z potravinářského průmyslu, výroby nápojů a mléka se značně liší od běžných odpadních vod. Je zde velký podíl tekutých a tuhých produktů, které je třeba oddělit (melasa, celulóza, pivní mláto, droždí atd.), a také významně kolísá pH (čisticí louh z myček lahví). Tyto odpadní vody obvykle obsahují organické sloučeniny, které jsou dobře biologicky rozložitelné.

Při výrobě piva vznikají jednak silně zatížené odpadní vody z technologického procesu, jednak splaškové vody ze sociálních zařízení. Vody z technologického procesu jsou znečištěny zvýšeným obsahem BSK_5 a zbytky sanačních prostředků (hydroxid sodný). Průměrné složení je uvedeno v *tabulce 1.*

Tabulka 1.
Složení odpadních vod z pivovaru

pH	–	5–7
NL	mg/l	100–500
Ztráta žíháním	mg/l	50–500
CHSK	mg/l	750–4 000
BSK_5	mg/l	500–3 000
$N_{celkový}$	mg/l	25–45

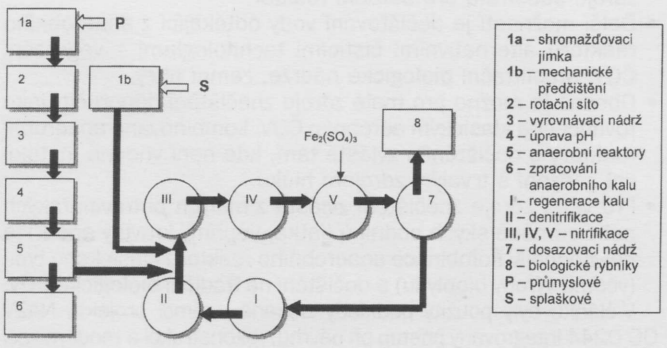
Tabulka 2. Parametry sledované ČOV

Anaerobní stupeň		**Aerobní stupeň**		**Objem nádrží [m^3]**	
	objem [m^3]		[m]	dosazovací	270,0
Reaktor	200	Nádrže		I	239,4
Předacidifikace	175	průměr	9,9	II	239,5
Vyrovnávací nádrž	100	hloubka	3,7–4	III	231,7
Nádrž na granulovaný kal	30			IV	227,9
				V	224,0

Výroba piva je výroba relativně energeticky náročná, se značnými nároky na potřebu vody i na odpovídající zneškodňování odpadních vod. Čistírna pro pivovarské vody bývá téměř standardně řešena s dvoustupňovou biologií (anaerobní a aerobní stupeň) a dočištěním ve třetím stupni (biologické rybníky, mikrosíta, ...). Celkové množství odpadních vod je asi 0,6–1,2 m^3/hl piva.

Popis sledované ČOV *(obr. 1)*

V rámci řešeného projektu byla sledována mechanicko-biologická anaerobně-aerobní čistírna, kde hlavní podíl tvoří odpadní vody z místního pivovaru (70 %). Počet EO (pivovar) ≈ 19 600, počet EO (obec) ≈ 720. Průměrné BSK_5 pro odpadní vody z pivovaru je 2 100 mg/l, pro odpadní vody z obce 180 mg/l.



Obr. 1. Schéma ČOV

Technologická linka

Na čistírnu jsou přiváděny dva druhy odpadních vod – průmyslové (pivovar) a splaškové (obec). Přítok z obce je nárazově ředěn proplachovací vodou z podnikové úpravny pitné vody. Tato voda způsobuje bílé zabarvení a kolísání pH (vápnění). Mechanické předčištění pro obecní odpadní vody sestává z ručně stíraných hrubých česlí, vírového lapáku písku a strojně stíraných jemných česlí. Pro pivovarské vody sestává z ručně stíraných hrubých česlí a jemných česlí, část odpadních vod (tzv. mláto) je vedena na rotační síto.

Hlavní technologická linka je rozdělena na část anaerobní a část aerobní. Anaerobní část, do které je vedena většina pivovarských vod, tvoří vyrovnávací nádrž s úpravou pH a dva anaerobní reaktory. Odtok z anaerobního stupně je zaústěn do směšovacího objektu před nádrží č. 3. Aerobní část tvoří pět kruhových aktivačních nádrží. Pro odstraňování fosforu je dávkováno sráželo $Fe_2(SO_4)_3$ do nádrže č. 5.

Z nádrže č. 5 je aktivační směs vedena do dosazovací nádrže. Odtok z ČOV je osazen Parshallovým žlabem s ultrazvukovou sondou pro měření průtoku. Za odtokovým žlabem následuje malý a velký rybník, kterým protéká recipient. Malý rybník je možno v případě potřeby provzdušňovat osazeným provzdušňovacím zařízením.

Pro zpracování přebytečného kalu je vybudováno kalové hospodářství, které sestává z kalové jímky, do které je přepouštěn zahuštěný kal z dosazovacích nádrží. Kal je dále veden do anaerobního stupně a po vyhnití je zahuštěn na pásovém lisu. Kalová voda odchází do nádrže č. 1. Vzniklý bioplyn je skladován v plynojemu a následně spalován v hořáku.

Odběry VÚV

ČOV byla sledována v pravidelných intervalech po dobu dvou dní (dva 24hodinové odběry). Vzorky byly odebírány jednou za dvě nebo čtyři hodiny a slévány na konci každého odběrového cyklu rovným dílem. Odběr byl prováděn automatickými vzorkovači i ručně. Na místě bylo měřeno pH, vodivost a red-ox potenciál. V nádrži I, II, III, IV a V byla navíc měřena koncentrace rozpuštěného kyslíku. Průtok byl měřen na odtoku z anaerobních reaktorů a na odtoku z ČOV. Sledováno bylo celkem 10 profilů s různou hustotou odběru vzorků (po dvou nebo čtyřech hodinách). V prostých i směsných vzorcích byly stanoveny následující parametry: CHSK, pH a NL, u některých fosforečnany, amoniakální dusík, u směsných navíc dusíková a fosforová bilance.

Výsledky měření

Průměrný denní přítok z obce byl 3 m^3, z pivovaru 22 m^3 (téměř 90 % celkového přítoku). Maximální denní přítok z obce se pohyboval kolem 22 m^3, z pivovaru kolem 78 m^3. Maximální přítok průmyslových odpadních vod byl ve tři hodiny odpoledne, minimální potom ve tři hodiny ráno. Maximální přítok splaškových odpadních vod byl v pět hodin ráno, minimální mezi jednou a sedmou hodinou večer.

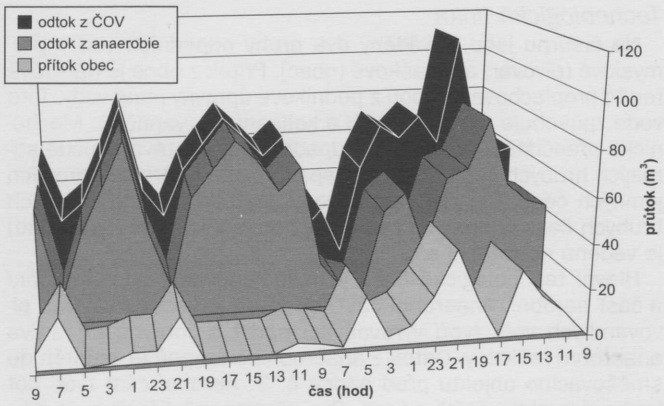
Kolísání pH splaškových i průmyslových odpadních vod je značné, $pH_{max} \approx 12$, $pH_{min} \approx 2{,}5$, $pH_{průměr} \approx 8{,}5$. Na odtoku z anaerobního reaktoru je již hodnota pH poměrně stálá, $pH_{anaerobie} \approx 7$, to platí i pro odtok z čistírny, $pH_{odtok} \approx 8$.

Předčištění v anaerobním reaktoru významně přispívá ke snížení přitékajícího znečištění (CHSK) do aerobní části ČOV. Účinnost tohoto stupně se pohybuje kolem 90 % podle CHSK. V souladu s kritickými předpoklady se poměr CHSK/N-NH_4^+ snižuje (více než 25krát), tato skutečnost však nemá nepříznivý vliv na aerobní stupeň čištění. Celková účinnost podle odstraněného CHSK se pohybuje kolem 96 %.

Vysoká teplota odpadní vody z pivovaru přispívá k optimalizaci efektu anaerobního stupně čištění. V budově mechanického předčištění dochází k drobným únikům průmyslové odpadní vody do vod splaškových; je tak zajištěno dostatečné množství substrátu pro aerobní stupeň čištění, i když tato skutečnost není úmyslná.

Biologický rybník používaný jako terciální stupeň čištění vykazuje příznivý vliv nejen na odtékající znečištění (*tabulka 3*), ale i na odtékající mikrobiální znečištění (*tabulka 4*).

Z celkového pohledu se využití anaerobního reaktoru jako prvního stupně čištění jeví pro silně znečištěné odpadní vody z pivovaru jako příznivé. Pokud je ČOV provozována s dostatečnou péčí, jsou hodnoty ukazatelů na odtoku velmi dobré.



Obr. 2. Kolísání přítoku na ČOV

Závěr

Ze získaných literárních poznatků i z vlastního výzkumu lze shrnout tyto závěry:

- Čištění odpadních vod z malých zdrojů v anaerobním reaktoru má několik předností – menší provozní náklady (odpadá provzdušňování), stabilní výkon a relativní jednoduchost obsluhy a údržby.
- Týká se to všech reaktorů na bázi anaerobního biologického filtru.
- Obvykle uváděná přednost anaerobního postupu, energetická výhodnost způsobená doplněním bilance energetických zdrojů produkcí bioplynu, není u malých ČOV uplatněna.

Tabulka 3. Výsledky rozboru slévaných vzorků

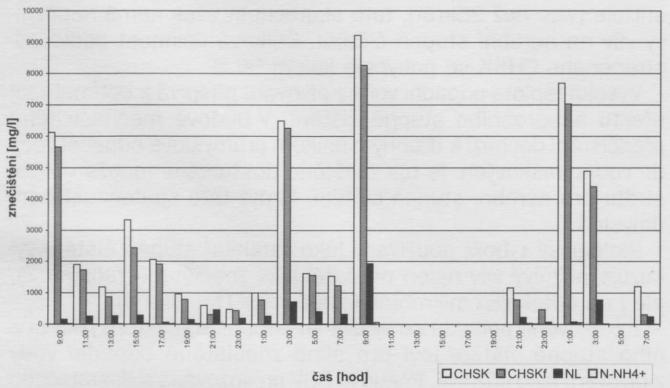
	PP mg/l	PO mg/l	$P_{prům.}$ mg/l	OAn mg/l	O mg/l	Účinnost An %	Účinnost ČOV %
CHSK	2 904	2 970	2 937	308	115	89,4	96,1
NL	735	191	463	115	24	84,4	94,8
$N\text{-}NH_4^+$	5,5	14,7	10,1	26,5	0,012	–	99,9
$N\text{-}NO_2^-$	0,11	4,7	2,4	0,03	0,04	72,7	98,3
$N\text{-}NO_3^-$	19	10	14,8	0,27	7,5	98,6	48,3
N_c	58	50	54	34	8,7	41,4	83,9
P_c	36	16	26	20	8,3	44,4	73,2
PO_4^{3-}	15	9	12	16	4,5	–	62,2

Pozn.: **PP** – přítok pivovar, **PO** – přítok obec, **OAn** – odtok anaerobie, **O** – odtok z čistírny (Parshallův žlab), **An** – anaerobie

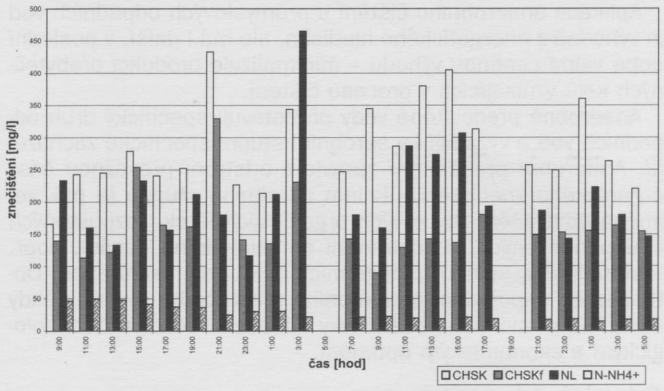
Tabulka 4. Výsledky mikrobiálního rozboru

	KOLI Ktj/ml	FKOLI Ktj/ml	ESCO Ktj/ml	ENT Ktj/ml	CLOSTR Ktj/ml
Přítok	75 000	295 454	221 591	34 545	350
Odtok	150	140	58,3	500	< 5
Účinnost [%]	99,80	99,95	99,97	98,55	> 98,57
Odtok z rybníku	150	20	< 5	35	< 5
Účinnost [%]	99,80	99,993	> 99,998	99,90	> 98,57

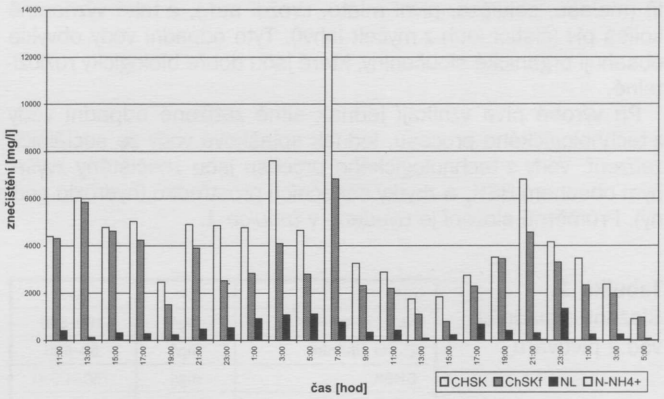
Pozn.: **KOLI** – koliformní bakterie, **FKOLI** – termotolerantní (fekální) koliformní bakterie, **ESCO** – *Escherichia coli*, **ENT** – intestinální eneterokoky, **CLOSTR** – *Clostridium perfringens*



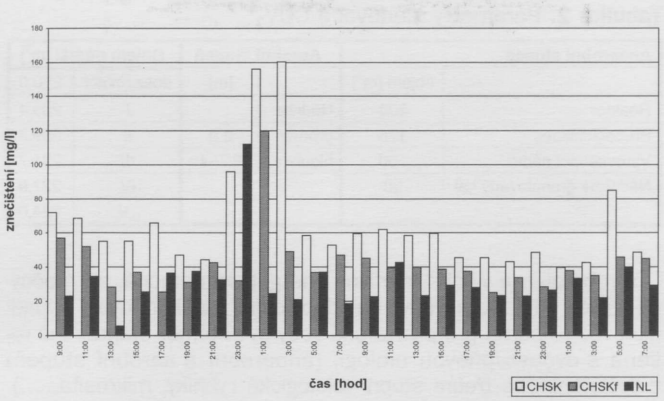
Obr. 3. Kolísání znečištění na přítoku z obce



Obr. 4. Kolísání znečištění na přítoku z pivovaru



Obr. 5. Kolísání znečištění na odtoku z anaerobie



Obr. 6. Kolísání znečištění na odtoku z ČOV

- Nevýhodou je nižší efekt čištění, než je dosahován na aerobních ČOV stejné velikosti, a (při nedokonalé obsluze) větší riziko senzorických závad a havárií.
- Kombinace anaerobního čištění s dočišťováním aerobními postupy je aplikovatelná jen v případě extrémně vysokého zatížení ČOV, a tedy dostatečného zbytkového znečištění jako zdroje substrátu pro aerobní reaktor.
- Další možností je dočišťování vody odtékající z anaerobního reaktoru alternativními čisticími technologiemi – vegetační ČOV, stabilizační biologické nádrže, zemní filtry.
- Obecně je možno pro malé zdroje znečištění doporučit, jako rovnocenné klasickým aerobním ČOV, kombinované anaerobní reaktory s dočištěním zvláště tam, kde není vhodné instalovat zařízení s trvalým zdrojem hluku.
- Pro větší zdroje znečištění zvláště z malých potravinářských nebo zemědělských podniků (jatka, vepříny, kravíny apod.) je nejvhodnější kombinace anaerobního reaktoru klasického typu (včetně výroby bioplynu) a dočištění na tradiční biologické ČOV.

V článku byly použity podklady získané v rámci projektu NAZV QC 0244 Integrovaný přístup při návrhu, rekonstrukci a modernizaci ČOV. Článek byl vypracován ze dvou výstupů tohoto projektu. V těchto výstupech je uveden i celkový seznam použité literatury.

Literatura
Mlejnská, E. a Kölbl, J. Ověřování provozu čištění odpadních vod s kombinací anaerobního a aerobního čištění. In Integrovaný přístup při návrhu rekonstrukcí a modernizací ČOV, souhrnná zpráva projektu QC0244 za rok 2003. Praha : VÚV T.G.M., 2003.
Kölbl, J. a Mlejnská, E. Ověřování provozu čištění odpadních vod s kombinací anaerobního a aerobního čištění. In Integrovaný přístup při návrhu rekonstrukcí a modernizací ČOV, souhrnná zpráva projektu QC0244 za rok 2004. Praha : VÚV T.G.M., 2004.

Ing. Eva Mlejnská
VÚV T.G.M. Praha
tel. 220 197 316
Recenzovala Ing. Iveta Růžičková, PhD., 20. 4. 2005

Key words
anareobic/aerobic treatment, brewery wastewater

Efficiency Verification of Anaerobic/Aerobic Technologies (Mlejnská, E.)

The aim of the research project „Integrated Approach to Designing, Reconstruction and Modernization of Wastewater Treatment Plants" was to study effects of combined anaerobic/aerobic treatment of concentrated industrial and municipal wastewaters. These were scrutinized on a specific case of brewery wastewater treatment plant. By detailed measurements of pollution elimination over the course of the whole process was acknowledged that for strongly polluted wastewaters from a food-processing industry the anaerobic pretreatment is adventageous and the treated waters are able to meet even very strict quality demands.

ODSTRAŇOVÁNÍ ROZPUŠTĚNÝCH ORGANICKÝCH LÁTEK Z VODY IONEXY (MIEX PROCES)

Josef Vostrčil

Klíčová slova
iontová výměna, anex, rozpustné organické látky, regenerace, recirkulace

Souhrn

Článek se zabývá novým způsobem odstraňování rozpustných organických látek z vody iontovou výměnou. Na rozdíl od zaběhnutých sloupcových filtračních způsobů se využívá úpravy na principu koagulace/flokulace.

◆

Cenově efektivní odstraňování přírodních organických látek (NOM) ze zdrojů pitné vody je jeden z klíčových problémů dnešní úpravy vody. NOM jsou heterogenní směsí organických sloučenin se širokým rozsahem molekulových hmotností a funkčních skupin. Hlavní podíl přírodních organických látek tvoří huminové látky – humusové kyseliny a huminy. Huminy prakticky neobsahují charakteristické kyselé skupiny. Humusové kyseliny zahrnují huminové kyseliny (málo rozpustné, nižší nábojové hustoty) a fulvokyseliny (rozpustné, vyšší nábojové hustoty). NOM se všeobecně kvantifikuje jako koncentrace organického uhlíku, a to buď celkového organického uhlíku (TOC), nebo rozpuštěného organického uhlíku (DOC) [1]. Rozpuštěné organické látky silně ovlivňují chuťové vlastnosti, zápach a vzhled vody, proces koagulace, jakož i tvorbu vedlejších produktů dezinfekce (DBP).

Tradičně se odstraňování NOM provádí koagulací. Konvenční úprava vody, která zahrnuje koagulaci/flokulaci, sedimentaci a filtraci, bývá zaměřena obvykle na odstraňování zákalotvorných a barvotvorných látek. Anorganické koagulanty, např. koagulanty na bázi solí Al a Fe(III), odstraňují z vody pouze část NOM (obvykle vysokomolekulární látky a ty hydrofobní látky, které mají funkční skupiny schopné reagovat se specifickými místy na vločkovitých částicích koagulantu). Termín „enhanced" (postupová) koagulace odpovídá modifikaci koagulačního procesu za účelem dosažení většího až maximálního odstranění NOM [2]. Při porovnání s podmínkami, které maximalizují odstraňování zákalu, se při „enhanced" koagulaci používají vyšší dávky koagulantu. Během stadia koagulace/flokulace bývá pH upravované vody kontrolováno (pH koagulace je jeden z důležitých faktorů kontrolujících odstraňování NOM [3]). Některé dřívější studie [1, 4] ukázaly, že použitím „enhanced" koagulace (kontrolované pH 6) se při téže dávce koagulantu docílí většího odstranění DOC než použitím konvenční koagulace (bez kontroly pH). Tradiční úspěšné odstraňování DOC z vody proto zahrnuje aplikaci složitých procesů úpravy vody, vyžadujících zvýšené investiční výdaje a významný vzrůst provozních nákladů.

Studie provedené v poslední době v rámci výzkumu úpravy vody pro pitné účely se zaměřovaly na vývoj alternativní metody, která by ekonomicky zlepšila odstraňování NOM ze zdrojů surové vody pro pitné účely. Ačkoli iontová výměna není typická metoda na úpravu vody pro pitné účely, ODEGAARD, H., et al. [5] oznámili, že v Norsku ji používá 12 ze 160 úpraven zahrnujících odstraňování NOM z vody. Syntetické organické ionexy (dále jen organické ionexy, popř. ionexy) účinně odstraňují huminové látky z vody, jestliže se velká část NOM chová jako aniontové polyelektrolyty [5, 6]. FU, P. a SYMONS, J. [7] ohlásili, že iontovou výměnou odstranili z vody s obsahem 6,5 mgl^{-1} DOC až 80 % DOC, jestliže rozpuštěné organické látky měly relativní molekulovou hmotnost < 1 000 Da, a až 95 % DOC z vody s počáteční koncentrací TOC = 9 mgl^{-1}, jestliže organické látky měly relativní molekulovou hmotnost 5 000–10 000 Da. Publikovaný výzkum [8] ukázal, že důležitým faktorem při volbě organického ionexu pro odstranění NOM je obsah vody (vlhkosti). Organické ionexy s vysokým obsahem vody odstraňují NOM účinněji, neboť jejich rozevřenější (nabobtnalejší) struktury dovolují sloučeninám s větší molekulovou hmotností proniknout k aktivním místům ve vnitřní struktuře ionexu. BRATTEBO, H., et al. [9] zjistili, že pro organické látky mají větší afinitu silně bazické ionexy než slabě bazické – účinnější jsou ty ionexy, které mají blízko výměnných míst s kvarterní amoniovou skupinou též polární skupinu [6]. Obdobné výsledky ohlásili CROUE, J. P., et al. [10]: za použití silně bazických organických ionexů odstranili z vody 70–77 % DOC, zvláště u vod s kyselým pH, zatímco pomocí slabě bazických ionexů odstranili pouze cca 42 %. Titíž autoři také zjistili, že na účinnost odstranění NOM má velký vliv molekulová hmotnost a že hydrofilní frakce NOM se z vody odstraňují účinněji než kyselé hydrofobní frakce.

V současné době se věnuje značná pozornost kontinuálnímu procesu iontové výměny pro odstranění NOM z vody, který byl vyvinut na základě získaných četných předpokladů o organických ionexech:

- pro odstraňování NOM z vody jsou účinné organické ionexy s funkčními kvarterními amoniovými skupinami [6, 11],
- nejlepší pro odstraňování NOM jsou organické ionexy s polyakrylátovou kostrou [11, 12],
- pro kontinuální procesy iontové výměny jsou vhodnější makroporézní než gelové ionexy [11],
- organické ionexy mají mít vysokou specifickou kapacitu iontové výměny [9],
- u kontinuálního procesu iontové výměny jsou účinné ionexy menšího průměru [13].

Na základě uvedených poznatků Orica Watercare (division of Orica Australia Pty Ltd., Melbourne) společně se dvěma výzkumnými organizacemi – CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation), Division of Molecular Science, a Australian Water Quality Centre (AWQC) vyvinuly jednoduchý revoluční proces, který používá organický ionex, zvaný „MIEX DOC Resin", pro odstraňování rozpuštěných organických látek (rozpuštěného organického uhlíku – DOC) z užitkové vody. South Australian Water Corporation a Water Corporation of Western Australia rozpracovaly proces pro aplikaci na velkých úpravnách [13, 14].

MIEX DOC Resin je patentovaný vysokokapacitní sférický organický ionex. Název MIEX je zkratka výrazu Magnetic Ion Exchange. Kuličky organického ionexu obsahují uvnitř své struktury magnetickou komponentu, která jim umožňuje působit jako slabé individuální magnety. Organický ionex kombinuje četné rysy anexů, má polyakrylovou, makroporézní strukturu se střední velikostí pórů, je silnou zásadou s vysokou koncentrací bázických kvarterních amoniových funkčních skupin [15]. Kuličky MIEX DOC Resin jsou mnohem menší než kuličky běžných orga-

nických ionexů. Jejich průměr je 150–180 μm. Poskytují velkou plochu, mají více aktivních míst na povrchu a vykazují vysokou rychlost výměny, která nespoléhá na pomalou mezičásticovou difuzi spojenou s aktivními místy uvnitř kuliček ionexu. MIEX DOC Resin pracuje v Cl^- cyklu. Magnetická složka napomáhá v procesu zpětného získávání ionexu. MIEX DOC Resin byla speciálně vyvinuta pro použití v kontinuálním procesu úpravy vody, má optimální velikost, výměnné vlastnosti pro DOC, magnetické vlastnosti pro tuto aplikaci a odolnost vůči smykovému napětí [10].

MIEX je kontinuální proces iontové výměny, který byl navržen k odstranění té frakce organického uhlíku, která je jinak těžko odstranitelná konvenčními procesy úpravy vody, tj. ke snížení koncentrace DOC. Odstraňování DOC v tomto kontinuálním procesu je dosaženo iontovou výměnou za použití MIEX DOC Resin. Tento organický ionex má za cíl vázat negativně nabité aniontové složky NOM výměnou za chloridové ionty Cl^- organického ionexu, což vyplývá ve snížení koncentrace DOC a v malém vzrůstu koncentrace Cl^- (cca 2–4 mg . l^{-1}) v upravené vodě [15]. V regeneračním procesu podléhá MIEX DOC Resin zpětné reakci iontové výměny, při níž se u ionexu nahrazují zachycené složky DOC chloridovými ionty:

$$\{MIEX\} - (NR_3^+Cl)^n + DOC^{n-} \underset{\leftarrow \text{regenerace}}{\overset{\text{výměna} \rightarrow}{\rightleftharpoons}} \{MIEX\} - (NR_3^+DOC)^n + nCl^-$$

Tento kontinuální proces se liší od konvenčních sloupcových procesů iontové výměny, u kterých je kapacita iontové výměny postupně vyčerpávána a zhoršuje se kvalita produkované vody. Únik nežádoucích iontů do filtrované vody dosahuje eventuálně bodu, kdy filtrovaná voda má neakceptovatelnou kvalitu. V tomto bodě je ionexová filtrace odstavena z provozu a ionex regenerován. Naproti tomu je organický ionex MIEX DOC Resin používán v procesu, kde se kontinuálně udržuje stálá kapacita iontové výměny a upravovaná voda má tak stálou kontrolovatelnou koncentraci DOC. Na rozdíl od konvenčních sloupcových procesů iontové výměny nevyžaduje tento kontinuální proces předúpravu na odstraňování zákalotvorných látek.

Zařízení na odstraňování DOC pomocí MIEX DOC Resin sestává z promíchávané reakční nádrže (kontaktor), zásobní nádrže na regenerovaný (popř. nový) ionex, regenerační nádrže, nádrže na regenerační roztok (NaCl), separátoru ionexu a čerpadel (*obr. 1*) [15, 16].

Reakční nádrž (kontaktor) je průtoková, kontinuálně promíchávaná nádrž, jejímž hlavním účelem je výměna aniontových kontaminantů za chloridové ionty Cl^- na MIEX DOC Resin. Doba zdržení v nádrži bývá 10–30 minut. Energie míchání slouží pouze k udržení ionexu v suspenzi ve vodě; oběžné kolo má mít nízké napětí ve smyku. Množství ionexu v nádrži bývá 5–20 ml usazeného ionexu na jeden litr upravené vody. Ionex je do reakční nádrže dodáván ze dvou zdrojů: recyklovaný ze separátoru (90–95 % obj.) a dávkovaný regenerovaný, popř. nový ionex (5–10 % obj.). Kontinuální náhrada 5–10 % obj. recyklovaného ionexu regenerovaným ionexem udržuje účinnost procesu při zvolených ustálených podmínkách a při konstantní aktuální výměnné kapacitě ionexu pro DOC. Odstraňování DOC závisí nejen na kvalitě surové vody, ale i na množství a regeneraci ionexu. Například při koncentraci ionexu 20 ml na 1 litr upravované vody a při jeho 5% odtahování k regeneraci upraví každý litr ionexu před regenerací 1 500 litrů surové vody. Praktický rozsah: 1 litr regenerovaného ionexu upraví 1 000–2 000 litrů vody. V provozu se adjustace aplikace ionexu a změna nových podmínek úpravy dociluje změnou regenerační četnosti ionexu odebíraného z recyklační linky, popř. změnou množství dávkovaného ionexu.

Z reakční nádrže odchází suspenze ionexu do *separační etapy*, kde se MIEX DOC Resin s obsahem DOC separuje od vody sedimentací. Magnetická složka uvnitř struktury kuliček ionexu je dispergována tak, že se jemné kuličky při vstupu do usazováku rychle aglomerují do větších, rychle sedimentujících částic; sedimentační rychlost vzniklých aglomerátů bývá až 25 m . h^{-1}. Jako sedimentační nádrž se obvykle používá nádrž s vertikálním průtokem vody zdola nahoru. Vzestupná rychlost vody bývá v rozsahu 5–15 m . h^{-1}. Ionex se kontinuálně odtahuje ze dna separátoru jako koncentrovaná břečka (20–30 % obj.). Protože tento ionex je pouze částečně vyčerpán, jeho většina (90–95 % obj.) je recyklována zpět do reakční nádrže. Malá část (5–10 % obj.) odtaženého ionexu je oddělena do lázňového regeneračního systému a nahrazena stejným množstvím čerstvě regenerovaného ionexu.

V *regeneračním procesu* podléhá ionex s obsahem DOC reversibilní reakci iontové výměny. K regeneraci se používá chlorid sodný NaCl. Zachycené aniontové složky DOC jsou nahrazovány ionty Cl^-. Tím se usnadňuje mnohonásobné opětné použití ionexu. Regenerace se provádí separátně od procesu úpravy. Provoz je přerušovaný, kapacita regenerační nádrže se určí z četnosti regenerace ionexu, míchání suspenze je obdobné jako u reakční nádrže. Produkce odpadu a potřeba soli je minimalizována recyklací upraveného použitého regenerantu, např. pomocí membránové filtrace.

Zásobní nádrž na regenerovaný ionex uskladňuje a dodává regenerovaný ionex do procesu. Míchání v nádrži je obdobné jako u reakční nádrže, kapacita je stanovena z četnosti regenerace ionexu, provoz je kontinuální, rozsah koncentrace ionexu 20–30 % obj.

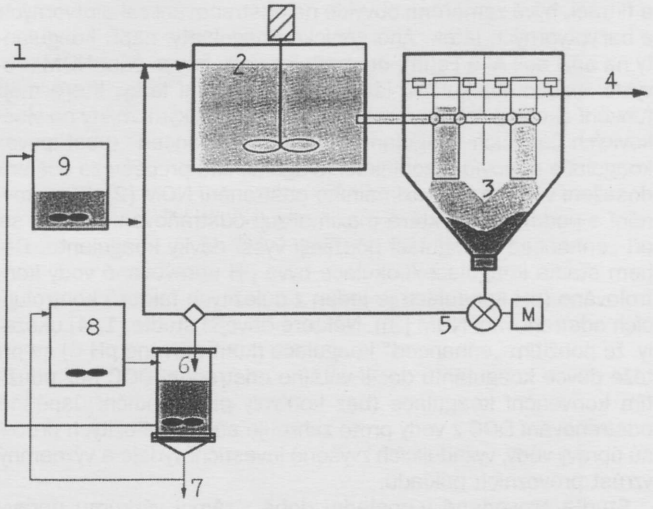
Zásobní nádrž na regenerační činidlo obsahuje koncentrovaný roztok NaCl – 120 g . l^{-1}, kapacita bývá stanovena na základě specifických požadavků, obvykle její objem bývá polovina objemu regenerační nádrže, provoz je přerušovaný, je opatřena míchadlem.

Větší stanice MIEX bývají složeny z několika modulů.

Umístění procesu MIEX v upravárenské lince: poněvadž odstraňování DOC z vody pomocí MIEX DOC Resin není ovlivněno zákalotvornými látkami, doporučuje jeho výrobce, aby tento proces byl používán jako první stadium kombinované úpravy vody. Toto zařazení poskytuje v následných etapách úpravy nižší dávku koagulantu požadovanou k dosažení cílové kvality vody, a tím i méně produkovaného kalu. MIEX DOC Resin se také může použít jako zušlechťovací etapa vody za její konvenční úpravou koagulací/filtrací před filtrací. V tomto případě vzniká méně regenerovaného ionexu na objem upravované vody, menší spotřeba regeneračních chemikálií, méně regeneračních odpadů. Avšak vlivem změněného poměru DOC k jiným aniontům, vyplývajícím z dávkovaných koagulantů – síranů nebo chloridů, se může účinnost ionexu pro odstraňování DOC měnit.

Dosažené výsledky

- Získané výsledky [15–22] podporují názor, že technologie MIEX reprezentuje jistý účinný nástroj na hlubší odstranění NOM (prekurzorů DBP) v pitné vodě, než se docílí samotnou koagulací. Tento kontinuální a flexibilní proces se může uplatnit i u surových vod se širokým kolísáním obsahu NOM. Udává se, že MIEX je cenově efektivní alternativou konvenčního koagulačního procesu na odstraňování organických látek a prekurzorů DBP; může být též efektivní alternativou k RO a NF, požadovaných v některých případech úpravy vody na zlepšené odstranění organických látek a prekurzorů DBP z vody.
- Při porovnání úpravy vody pouze koagulací sníží kombinace koagulace (např. síranem hlinitým) s procesem MIEX v předúpravě značně potenciál tvorby trihalomethanů (THMFP)



Obr. 1. Kontinuální iontovýměnný proces MIEX: 1 – surová voda, 2 – reakční nádrž, 3 – usazovák, 4 – upravená voda, 5 – recyklace pryskyřice, 6 – regenerační nádrž, 7 – odpad z regenerace, 8 – regenerant, 9 – regenerovaná pryskyřice

a halogenoctových kyselin (HAA), zvýší se odstranění celkového organického uhlíku (TOC). Tvorba THM se mnohdy sníží o více než 60 %, a to i u úpravy surové vody s nízkými koncentracemi TOC, nízkými hodnotami SUVA a vysokými $KNK_{4,5}$, tj. u vod, kde odstraňování TOC koagulací je málo efektivní.

- Předúprava surové vody procesem MIEX umožňuje snížit dávky koagulantu, tím snižuje i produkci kalu, a dávku dezinfekčního činidla.
- Proces MIEX odstraňuje rozpuštěné organické nízkomolekulární látky, které nemohou být odstraněny koagulací (*obr. 2*). Organické látky, zbývající po úpravě ve vodě, bývají rozdílného charakteru. Výsledky distribuce molekulové hmotnosti ukázaly, že se organické látky po úpravě procesem MIEX skládají ze sloučenin s nízkými hodnotami SUVA. MIEX je účinný při odstraňování NOM ve formě transfilních a hydrofilních kyselin.
- Použití technologie MIEX před ozonizací představuje efektivní prostředek pro dosažení dobré kvality vody, založené na schopnosti MIEX DOC Resin odstranit ze surové vody NOM a bromid. Odstraňování bromidů závisí na alkalitě a počáteční koncentraci bromidů ve vodě. Odstraňování bromidů klesá, když alkalita vzrůstá, a vzrůstá, když počáteční koncentrace bromidů vzrůstá. Předúprava vody procesem MIEX před ozonizací snižuje potřebu ozonu a tvorbu bromičnanu během následné ozonizace.
- Úprava vody procesem MIEX odstraňuje z vody též významné množství přírodních barvotvorných látek.
- Proces MIEX neodstraňuje zákalotvorné látky, ale vlivem úniku ionexu z usazováku zvyšuje malým množstvím jejich hodnotu.
- Kritickou etapou metody MIEX je odstraňování vyčerpaného regeneračního roztoku.
- Proces MIEX není omezen pouze na odstraňování DOC; může odstraňovat z vody i jiné ionty se zápornými náboji, např. sírany, sulfidy, chromany, dusičnany. Rozsah odstraňování těchto aniontů závisí na konkurenci jiných aniontů ve vodním zdroji.
- Provozní náklady zahrnují náklady na úpravu a doplňování ionexu, náklady na regenerační chemikálie, na odstraňování vyčerpaného regenerantu a energii. Ztráta ionexu je daná jeho fyzikálním opotřebením během míchání, čerpání a hydraulickým zatížením separátoru ionexu. Množství ztráty ionexu bývá méně než 0,1 % hmotnosti dávky ionexu do separátoru. Hodnota je stanovena při 3–5 litrech usazeného ionexu na milion litrů upravené vody při její vzestupné rychlosti v separátoru 7–10 m . h^{-1}. Potřeba NaCl je minimalizována jejím opětným použitím. Počet opakovaného použití NaCl závisí na kvalitě surové vody a na rozsahu úpravy ionexu. Množství soli bývá obvykle 30–50 kg NaCl na milion litrů upravené vody. Náklady na odstraňování odpadu jsou místně závislé; jeho množství závisí na kvalitě surové vody a na procesu MIEX upravené vody. Požadavek plochy je 40 m^2 pro úpravu 1 mil. litrů za den, 200 m^2 pro úpravu 10 mil. litrů za den, 1 300 m^2 pro úpravu 100 mil. litrů za den.

Kombinace magnetického ionexu s kontinuálním procesem iontové výměny nabízí provozovatelům vodáren cenově efektivní a životnímu prostředí příznivý proces odstraňování DOC.

Literatura

[1] Žáček, L. Úprava huminových vod čiřením. Praha : VÚV T.G.M., 1991, Práce a studie, seš. 181.

[2] While, MC., et al. Evaluating criteria for enhanced coagulation compliance. JAWWA, 1997, vol. 89, no. 5, p. 64–77.

[3] Crozes, G., et al. Enhanced coagulation: Its effect on NOM removal and chemical costs. JAWWA, 1995, vol. 87, no. 1, p. 78–89.

[4] Van Leeuwen, J., et al. Enhanced coagulation for dissolved organic carbon removal in conventional treatment with alum. In Proc. of the 18th Federal Convention, AWWA, April 1999, Adelaide (Australia) (separát).

[5] Odegaard, H., et al. Processes for the removal of humic substances from water – an overview based on Norwegian experiences. Water Sci. Technol., 1999, vol. 40, no. 9, p. 37–46.

[6] Bolto, B., et al. Removal of natural organic matter by ion exchange. Water Res., 2002, vol. 36, p. 5057–5065.

[7] Fu, PLK. and Symons, JM. Removing aquatic substances by anion exchange resins. JAWWA, 1990, vol. 82, no. 10, p. 70–77.

[8] Gottlieb, MC. Improved organic trop resin. Ind. Water Treatment, 1995, vol. 61, no. 3, p. 41–52.

[9] Brattebo, H., et al. Ion exchange for the removal of humic acids in water treatment. Water Res., 1987, vol. 21, no. 9, p. 1045–1075.

[10] Croue, JP., et al. Removal of hydrophobic and hydrophilic constituents by anion exchange resins. Water Sci. Technol., 1999, vol. 40, no. 9, p. 207–214.

[11] Singer, PC. and Bilyk, K. Enhanced coagulation using a magnetic ion exchange. Water Res., 2002, vol. 36, no. 16, p. 4009–4022.

[12] Symons, J., et al. Sorption and desorption behaviour of natural organic matter onto strong base anion exchangers. In Sengupta, A. (ed.). Ion exchange technology. Lancaster (USA) : Technomic Publishing Co Inc., 1995.

[13] Botica, Ch. and Tattersael, J. Carbon removal technology for Western Australia. Water 21, 2002, no. 6, p. 37.

[14] Smith, P., et al. Design and construction of the world's first large scale MIEX water treatment plant. In Proc. of the 19th Federal AWA Covention 2001, Canberra (Australia).

[15] Slunjski, M., et al. MIEX DOC process – a new ion exchange process. In Proc. of the 18th Federal Convention, AWA, April 1999, Adelaide (Australia).

[16] Orica Watercare (Melbourne, Australia). MIEX DOC Resin – advanced dissolved organic carbon removal. (Firemní prospekt)

[17] Singer, PC. and Bilyk, K. Enhanced coagulation using a magnetic ion exchange resin. In Proc. of AWWA WQT Conf., Nov. 5–9, 2000, Salt Lake City, USA.

[18] Delphos, P., et al. Selective DBP precursors removal with an innovative ion exchange process. In Proc. AWWA WQT Conf. 2001, Nashville (USA).

[19] Drikas, M. Operation the MIEX Process with Micro-Filtration or Coagulation. In Proc. AWWA WQT Conf. 2003, Philadelphia (USA).

[20] Singer, PC. Reduction in ozone – Demand and Bromate Formation Using a Magnetic Ion Exchange Resin. In Proc. AWWA WQT Conf. 2003, Philadelphia (USA).

[21] Fearing, PA., et al. Combination of ferric and MIEX for the treatment of a humic rich water. Wat. Res., 2004, vol. 38, no. 10, p. 2551–2558.

[22] Wert, EC. Impact of MIEX Pretreatment on Ozonization and Bromate Formation: A Pilot Plant Evaluation. In AWWA Annual Conf. 2004, June 2004, Orlando (USA).

Poznámka: Další četné literární odkazy jsou u autora.

Ing. Josef Vostrčil, CSc.
Brno

Recenzoval prof. Ing. Alexander Grünwald, CSc., 24. 2. 2005

Key words
ion exchange, anex, dissolved organic substances, regeneration, recycling

Ionex Removal of Dissolved Organic Substances from Water (MIEX process) (Vostrčil, J.)

The article deals with the new way of removing soluble organic substances from water by ion exchange. Unlike the well-tried methods of column filtration, treatment on the principle of coagulation/flocculation is applied.

JVS® a.s.

Komplexní služby v oblasti úpraven vody, vodovodních a kanalizačních sítí a ČOV

Záměr → projekt → → realizace → provozování

1. JVS a.s., Severní 8/2264, 370 10 České Budějovice
Bezplatná infolinka: 800 120 112
Tel.: 387 761 911, fax: 387 761 225
E-mail: 1.jvs@1jvs.cz, http://www.1jvs.cz

Zemřel doc. Ing. Jaroslav Skalička, CSc.

Dne 4. 1. 2005 zemřel po dlouhé nemoci ve věku 75 let doc. Ing. Jaroslav Skalička, CSc., jeden z předních vědeckých pracovníků Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka v Praze.

Doc. Skalička se narodil 4. dubna 1929 v Bohumíně. Po absolvování studia v Institutu stavebního inženýrství v Moskvě nastoupil v roce 1955 jako asistent na katedru vodních staveb Fakulty inženýrského stavitelství Vysokého učení technického v Brně. Zde zpracoval řadu skript a učebních pomůcek. Má velkou zásluhu na tom, že do výuky předmětu hydraulika byla zařazena praktická měření v laboratoři – pro tuto velice užitečnou formu výuky navrhl i metodické postupy a potřebné laboratorní vybavení. V roce 1964 obhájil kandidátskou disertační práci „Závislost místních hydraulických ztrát na Reynoldsově čísle" a byla mu udělena vědecká hodnost kandidáta věd. Tématem jeho docentské habilitační práce v roce 1966 byly „Místní hydraulické ztráty ve světle novějších poznatků".

Ve výzkumné a vědecké činnosti se doc. Jaroslav Skalička především intenzivně zabýval studiem proudění tekutin, zvláště pak problematikou tvorby hydraulických ztrát a deformace rychlostních polí. Na katedře vodních staveb založil laboratoř aerodynamického výzkumu a má lví podíl na tom, že v československém hydraulickém výzkumu došlo k praktickému využívání možnosti experimentálního výzkumu proudění vody ve stavebních objektech na vzduchových modelech. Pod jeho vedením se v této laboratoři na vzduchových modelech například uskutečnily výzkumy pro vodní elektrárnu Arges v Rumunsku a vodní elektrárnu Caraquatatuba v Brazílii.

Tvrdé personální zásahy v roce 1969 a v letech následujících, provedené v Brně po potlačení demokratizačního procesu v Československu známého jako „Pražské jaro", vedly ke zrušení katedry vodních staveb. Pro svou aktivní účast na tomto procesu musel doc. Skalička na pokyn rektora VUT v Brně v roce 1970 rozvázat pracovní poměr, a tak i náhle ukončit svou více než patnáctiletou úspěšnou pedagogickou a vědeckou dráhu na Vysokém učení technickém v Brně. Za diskriminační postup z roku 1970 se mu Stavební fakulta VUT v Brně omluvila teprve až po dvou desetiletích, v době, kdy pro návrat do Brna bylo přece jenom trochu pozdě.

Po odchodu z Brna nastoupil doc. Skalička jako vědecký pracovník do Výzkumného ústavu vodohospodářského v Praze (nyní VÚV T.G.M.). Již krátce po svém nástupu do VÚV se doc. Skalička podílel na úspěšném řešení rozsáhlého komplexního úkolu Výzkum stabilizace plavební dráhy na Labi, souvisejícího se zabezpečením optimálních podmínek pro dopravu energetického uhlí do budovaných velkých tepelných elektráren na Labi. Příchod tohoto špičkového specialisty do VÚV bezesporu významně přispěl k urychlení výstavby moderní aerodynamické laboratoře ve VÚV, jejímu vybavení špičkovou měřicí a vyhodnocovací technikou i k zabezpečení výchovy a výcviku inženýrských a technických pracovníků pro práci na vzduchových modelech.

Pod vedením doc. Skaličky se v prvé polovině sedmdesátých let uskutečnil ve vskutku moderní aerodynamické laboratoři VÚV Výzkum proudění při zaústění potrubí oteplené vody do odpadního kanálu tepelné elektrárny Mělník III a Výzkum vtoku do sací jímky čerpací stanice uvedené elektrárny.

Aerodynamická laboratoř VÚV si pod vedením doc. Skaličky získala velice rychle dobré jméno nejen mezi odborníky ze stavební praxe, ale i mezi odborníky z oboru stavby lodí a dalších oborů. A tak např. na objednávku ZTS České loděnice Praha-Libeň doc. Skalička počátkem osmdesátých let uskutečnil Modelový výzkum svařovaného sacího kolena nízkoponorové plovoucí čerpací stanice SCS 11/8, která byla významnou součástí exportního programu tohoto výrobce lodí. V aerodynamické laboratoři VÚV byla pod vedením doc. Skaličky provedena v osmdesátých letech i celá řada výzkumů pro zahraničí. Mezi ty významnější patří Výzkum výmolů kolem pilotových pilířů a jímek mostu na řece Nilu v Egyptě a Modelový výzkum výtokového objektu v dolní zdrži přečerpávací vodní elektrárny Centro na Kubě.

Výzkum vlivu dálničního mostu na charakteristiky proudění v Ohři a přilehlém inundačním území, provedený pod vedením doc. Skaličky koncem osmdesátých a počátkem devadesátých let, pak významně přispěl ke včasné realizaci zdařilého dálničního přemostění Ohře u Doksan, které bylo před několika lety uvedeno do provozu.

I ve VÚV se doc. Skalička ve své vědecké práci dále intenzivně zabýval studiem proudění tekutin se zaměřením na problematiku hydraulických ztrát a deformace rychlostních polí. V aerodynamické laboratoři realizoval velice rozsáhlý výzkum tlakového proudění v segmentových obloucích. Výsledky tohoto výzkumu byly postupně zveřejňovány v publikační řadě Práce a studie VÚV Praha a setkaly se s velkým mezinárodním ohlasem.

Za dobu svého více než 30letého působení ve VÚV doc. Skalička vychoval a přispěl k výchově řady odborníků, z nichž mnozí našli významné uplatnění v ústavu i mimo ústav. V roce 1987 byl doc. Skalička jmenován do funkce vedoucího oddělení říční a plavební hydrauliky VÚV a tuto funkci zastával až do svého odchodu do důchodu.

Přes způsobenou křivdu, která doc. Skaličku přivedla z Brna do Prahy, však doc. Skalička na své brněnské pracoviště nezanevřel. Se svou bývalou laboratoří i proti vůli vedení Fakulty stavební VUT v Brně nadále úzce spolupracoval formou konzultací, oponentních řízení i při řešení společných problémů. Zdárně se mu podařilo propojit výsledky své práce na výzkumu tlakového proudění v segmentových obloucích provedené v Praze s výsledky obdobného výzkumu provedeného v Brně. Významnou spoluprací doc. Skaličky s jeho bývalou laboratoří bylo i společné řešení projektovaného mělkého podchodu rychlodráhy pod Dunajem v Bratislavě.

Po svém odchodu do důchodu počátkem devadesátých let zůstal doc. Skalička v aktivním kontaktu i s pracovníky aerodynamické laboratoře VÚV, a to i přesto, že jej trápila nemoc.

Jeho cenné připomínky k práci aerodynamické laboratoře VÚV a jeho neformální pomoc svým následovníkům vedly až k masivnímu nasazení vzduchových modelů na řešení problémů souvisejících se zlepšením plavebních podmínek na dolním Labi v úseku Střekov–státní hranice ČR/SRN. Osobně se podílel na Výzkumu vodního díla Malé Březno na aerodynamickém modelu v roce 1998 a zdárnému Výzkumu vodního díla Prostřední Žleb na aerodynamickém modelu v letech 1999–2002 přispěl řadou cenných rad a konzultací.

Práce doc. Ing. Jaroslava Skaličky, CSc., nebude zapomenuta všemi jeho spolupracovníky, zvláště těmi, kteří si dodnes považují za čest, že s ním měli možnost spolupracovat. Zůstane nezapomenuta i v práci jeho následovníků, které vychoval, a rovněž i v práci těch mnohých, které odborně a lidsky ovlivnil.

Ing. Josef Libý, CSc.
VÚV T.G.M. Praha

VTEI VODOHOSPODÁŘSKÉ TECHNICKO-EKONOMICKÉ INFORMACE

Ročník 47 **ISSN 0322 - 8916**

Kontakt: Mgr. Sylva Garcíová – redaktorka
Tel.: 220 197 282, fax: 233 333 804
e-mail: garciova@vuv.cz

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka
Podbabská 30
160 62 Praha 6

Redakční rada: Ing. Jiřina Barchánková, RNDr. Dana Baudišová, PhD., Ing. Václav Bečvář, CSc., Ing. Šárka Blažková, DrSc., RNDr. Blanka Desortová, CSc., Ing. Jana Hubáčková, CSc., RNDr. Josef Fuksa, CSc., Ing. Ladislav Kašpárek, CSc., Ing. Ivan Koruna, CSc., Ing. Václav Matoušek, DrSc., RNDr. Hana Mlejnková, PhD., Ing. Věra Očenášková, Ing. Dagmar Sirotková, Ing. Václav Šťastný, Ing. Naďa Wannerová, Ing. Václav Zeman