

Kalová problematika úpraven pitných vod

Miroslav Kyncl

Severomoravské vodovody a kanalizace Ostrava a.s.

Úvod

V procesech úpravy pitné vody vznikají značná množství odpadních vod a kalů, jejichž vzniku lze jen ztěžší zabránit. Stále většího významu proto nabývá problematika omezení vzniku těchto odpadů, jakož i jejich možné zhodnocení a využívání, a to nejen z hlediska ochrany životního prostředí, ale také v souvislosti se stále rostoucími náklady na zneškodňování a likvidaci.

Problematicke vodárenských kalů nebyla u nás věnována dostatečná pozornost. Požadavky na ochranu životního prostředí i snahy o úspory surovin a energií nutí provozovatele věnovat více pozornosti této problematice.

Likvidace odpadů a tedy i vodárenských kalů v sobě zahrnuje jak jejich zužitkování, tak i ukládání, a to včetně přepravy, manipulace a meziskladování. Součástí likvidace je také neškodné a legální vypouštění vzniklých odpadních vod.

Zužitkování odpadů přichází v úvahu v následujících případech (1):

- Je-li to technicky možné, což znamená, že existuje vhodný výrobní postup k tomuto účelu.
- Jsou-li vzniklé vícenáklady v porovnání s jinými způsoby likvidace odpadu akceptovatelné.
- Bude-li to mít za následek příznivější vliv na životní prostředí.
- Bude-li možné vyrobené produkty uplatnit tržně.

Další využívání vodárenských kalů a odpadů je u nás stále v začátcích, přičemž předpokládaná produkce kalu dosáhne u nás v r. 2000 2,75 mil.m³ (2), což znamená cca 41 300 m³ v sušině. V některých zemích, např. v Holandsku (3), je využíváno okolo 25 % vznikajícího kalu.

Vznik, složení a vlastnosti vodárenských kalů

Při úpravě surové povrchové vody mechanickými způsoby, t.j. sedimentací nebo prostou filtrací, tvoří kal odtah ode dna usazovací nádrže nebo prací vodu odpadající z regenerace filtrů. Kalová sušina obsahuje převážně látky minerálního původu, písčité i hlinité a v menší míře i látky původu organického jako huminové látky, zbytky organismů, řasy apod. Při separaci suspenze v jednom stupni odpadá prakticky všechna sušina (podle účinnosti separačního zařízení) v prací vodě při regeneraci filtračního media. Koncentrace sušiny v kalových vodách bývá při praní zrnitých filtračních materiálů průměrně 0,02 %.

Při dvoustupňových procesech se v prvním stupni separace, t.j. v usazovacích nádržích, případně v čířicích, odstraní 70 - 90 % suspenzí, zbývající množství se odstraní na filtrech při jejich praní. Koncentrace kalů vypouštěných z kalových prostorů separačního zařízení závisí na technice a způsobu odpouštění a ovšem také na konstrukci zařízení. Lze počítat s průměrnou celoroční koncentrací sušiny v odpouštěných kálech při kyselém čiření ve výši 1,5 až 2,5 %, při alkalickém čiření pak 2,0 - 4 %.

Koagulační kaly obsahují převážně hydratované oxidy hliníku nebo železa. Dále obsahují různá množství organických i anorganických látek odstraněných z upravované vody. Z rozpuštěných látek jsou přítomny barevné vysokomolekulární látky jako huminové látky, dále pak řasy, prvoci a bakterie.

Kaly z odželezování a odmanganování obsahují převážně hydratované oxidy, případně karbonáty železa a manganu a často také uhličitán vápenatý.

Složení běžných vodárenských kalů uvádí tabulka 1.

Tabulka 1 Základní složení vodárenských kalů

Složka kalu		hlinité kaly			železité kaly	
		min	max.	prům.	min	max
ztráta žíháním	%	19,7	46,6	30	21,9	22,0
Al ₂ O ₃	%	14,5	44,6	26	0,08	0,17
Fe ₂ O ₃	%	1,3	10,4	3,8	53,0	64,0
MnO	%	0,13	2,0	0,2	0,35	2,2
CaO	%	1,0	3,4	1,9	2,5	6,2
MgO	%	0,25	1,3	0,7	0	1,0
Ostatní anorg.látky	%	19,8	51,5	37,4	7,0	18,0

Železité kaly se vzhledem k častému dávkování vápna, jakož i ke snadné zahustitelnosti vlivem rychle probíhající dehydratace kyslíčnicku železitého, zpracovávají poměrně snadno. Okrajový problém tvoří kaly ze změkčování či ztvrdování vody.

U kalů nutno sledovat i jejich hygienické vlastnosti a případná zdravotní rizika spojená s jejich likvidací a při manipulaci s nimi.

Současné úvahy jsou zaměřeny zejména na prvky *Cryptosporidium parvum*. Během úpravy vody je pravděpodobné, že většina oocyst *Cryptosporidia*, které jsou ve vodě přítomny, bude zadržena v různých kalech. Badenochova zpráva (4) doporučuje, aby kal, o němž je známo, že je takto kontaminován, byl upravován jako mikrobiologický nebezpečný odpad, což by vážně ovlivnilo jak likvidaci těchto kalů, tak i možnost použití v zemědělství.

Likvidace vodárenských kalů a jejich odvodňování

Likvidací vodárenských kalů rozumíme postupy, kdy se kal vypouští přímo do toků, ukládá se bez úpravy do volných prostorů případně se odvádí do čistíren odpadních vod. Přímé vypouštění kalů, případně kalových vod, což ovšem nepřichází v úvahu.

Dalším možným řešením je ukládání kalu do volných prostorů, jako jsou opuštěné lomy, doly, pískovny, štěrkovny nebo uměle vybudované nádrže. Toto řešení naráží na pochopitelné zájmy ochrany přírody a málokdy jsou poblíž úpraven vody k dispozici vhodné prostory.

Uvedená řešení mají ještě jednu závažnou nevýhodu, a to skutečnost, že se kal pod vodou špatně zahušťuje. Pod hladinou vody dosahuje zahuštění kalů 6 maximálně 8 %. Jsou zde myšleny nejběžnější hlinité vodárenské kaly. Takové nízké zahuštění má za následek rychlé zaplnění objemu prostor určených k ukládání kalů.

Možnosti likvidace vodárenských kalů jsou značně omezené, proto se řešení kalové problematiky dnes ve většině případů přesouvá do úpraven vody. Cílem je upravit vznikající kaly do takové formy, která by umožnila další zpracování a využití, případně skládkování v co nejmenším objemu.

Kal, jehož sušina se pohybuje v rozmezí 0,02 - 0,2 %, vyžaduje několikasupňovou separaci. V podstatě se jedná o zahušťování s cílem vyprodukovat kal o koncentraci asi 1,5 - 4 %. Dalším zahušťováním pak získat zahuštěný kal o koncentraci sušiny 7 - 10 % vysušením získat kal v rypném stavu, případně kal vysušený.

Dosud převažujícími metodami je zpracování kalů usazováním a zahušťováním a vysušením v kalových polích nebo lagunách, kde se využívají přirozené procesy odvodňování, probíhající často v dlouhých časových obdobích.

Použití strojních odvodňovacích zařízení je převážně ve stádiu, kdy se začínají používat standardní odstředivky, resp. kalolisy.

Perspektivní způsoby řešení kalového hospodářství

Neškodná likvidace kalů produkovaných úpravárenskými procesy je proces obtížný a nákladný. Jak se zvyšují ceny spojené s úpravou vody, tak ještě výše porostou náklady potřebné k čištění odpadních vod a k likvidaci vodárenských kalů. Jsou proto hledány další cesty a metody k řešení.

Pro zahušťování kalů přichází v úvahu flotace, která má výhody v menší ploše a objemu zahušťovacího zařízení. Suspendované látky jsou mnohem rychleji zahušťovány než při použití gravitačního zahušťování. Provoz je však dražší.

Laboratorní zkoušky flotace kalů (pracích vod) z úpraven pitné vody v Podhradí ve Vítkově a Nové Vsi u Frýdlantu ukázaly možnosti zahušťování těchto kalů flotací (5). Ve flotoflokulačním režimu nejlépe elektrolytickou flotací se podařilo prací vodu vyčistit s dostatečnou účinností. Ve flotační pěně byl získán kal o obsahu sušiny 1 – 2,5 %, který bylo možno dále mechanicky, případně gravitačně odvodňovat.

Z provedených laboratorních testů možno vyvodit tyto závěry :

1. Flotace dobře nahradí zahušťování kalů (pracích vod) sedimentací se srovnatelnou účinností.
2. Tyto kaly jsou flotovatelné v režimu flotoflokulace s použitím organických flokulantů.
3. Vhodný druh flokulantu, hydrofobizačního činidla a reagenční režim nutno pro každý druh kalu stanovit na základě laboratorních flotačních pokusů.

Perspektivní metodou pro odvodňování je japonský peletizační proces. Jedná se o separační proces, kdy přímo ze suspenze za pomoci flokulantů dochází k tvorbě pelet. Je znám také pod názvem "mokrý" peletová flokulace (6). Vychází z aplikace polymerních flokulantů, kdy je polymer vhodné přidat ve stádiu zahušťování a další malé množství dávkovat až před odvodněním. Zvětšením velikosti agregované vločky se tvoří velké vnitropórové (sekundární) kanály, umožňující velmi snadné odvodnění vnitropórní vody. Pomalé míchání polymerů s kalem po dostatečnou dobu vede k tvorbě kuliček (pelet). Provádí se v horizontálně se otáčejícím bubnu, kdy dochází k vytlačení vnitropórové vody odstředivými silami vznikajícími při rotaci bubnů.

V laboratorních podmínkách byly prováděny zkoušky s peletizací vodárenských hlinitých kalů (5) z ÚV Podhradí a Nová Ves u Frýdlantu. Ke zkouškám schopnosti peletizace byl použit vodárenský kal primárně zahuštěný flotoflokulací a získaný ve formě flotační pěny. Použita byla flotační pěna z elektroflotoflokulace.

Provedené zkoušky potvrdily zásadní možnost zahušťování suspenzí peletizací. Bylo dosaženo zahuštění kalu na sušinu přesahující 10 % z původní hodnoty cca 2,5 %.

Zahušťování železitých kalů peletovou flokulací ověřoval Vidlář (7). V laboratorních podmínkách bylo dosaženo 5,5 % sušiny.

Zajímavou možností laboratorně i provozně ověřovanou je rekuperace (zpětné získávání) hliníku z hlinitých vodárenských kalů. Za autora je považován Fulton (8), který je držitelem patentu na znovuzískávání hliníku (9).

Při rekuperaci se na zahuštěný kal působí kyselinou sírovou. Tím se značná část hliníku převede do rozpustné formy a po oddělení od původního kalu se znovu používá jako koagulant v procesu úpravy. Původně byl tento proces ověřován s cílem snížit náklady na koagulant celkem bez úspěchu. Nyní se znovu dostává do popředí zájmu s cílem snížit objem kalů.

Rekuperace síranu hlinitého dávkováním kyseliny sírové k zahuštěným hlinitým odpadům je od r. 1994 provozována na úpravě vody v Durhamu, USA (10). Kyselina sírová snižuje pH,

rozpouští nerozpuštěné hlinité látky do zředěného roztoku síranu hlinitého. Zbývající nerozpuštěné látky, které tvoří kyselé odpady, se usazují. Regenerovaný síran hlinitý se čerpá do zásobní nádrže pro další využití. Kyselé odpady se odvodňují na odstředivce, mísí se s vápnem a ukládají se na deponie. Regenerovaný síran hlinitý se znovu používá jako koagulant při úpravě vody. Celý proces je automatizován.

V laboratorním měřítku byly ověřovány postupy vedoucí k rekuperaci hliníků z vodárenských kalů z úpravny vody Podhradí. Pozornost byla zaměřena na možnost použití flotace k oddělení kalů od regenerátu (5).

Výsledky ukázaly možnost použití flotoflokulace k oddělení nerozpustných podílů. Pro tuto metodu hovoří jednoduchost zařízení a nízké investiční náklady ve srovnání s kalolisy a odstředivkami uváděnými v literatuře, ovšem za cenu nižší účinnosti.

Využití kalů v procesu odvádění a čištění odpadních vod

Jako perspektivní aplikace se jeví využití železitých, příp. hlinitých kalů v procesech čištění městských odpadních vod.

Využití železitých kalů při čištění městských odpadních vod je přehledně uvedeno v následující tabulce č. 2. (11).

Tabulka č. 2

Aplikace	Efekty
Vypuštění do stokového systému	Vázání sulfidů kvůli omezení zápachu a koroze, odstranění fosfátů adsorpcí
Dávkování do lapáku písku nebo do usazování Dávkování do aktivační nádrže.	Odstranění fosfátů. adsorpcí. Vázání sulfidů. Zlepšené odstraňování fosfátů a usazování kalu.
Dávkování do poprecipitační fáze.	Úspora chemikálií při odstraňování fosfátů.
Dávkování do kalových vyhnívacích nádrží.	Vázání sulfidů, stabilizace vyhnívání.
Přidávání do odvodňování kalu.	Zlepšené odvodňování

Jako nejlepší způsob využití vodárenských kalů navrhuje Thole (12) jejich využití jako náhrady pro srážení fosfátů při čištění městských odpadních vod. Z jeho výzkumů prováděných přidáváním vodárenského kalu přímo do aktivací byl snížen obsah fosforečnanu pod 2 g.m^{-3} , a to při přidávání použitého vodárenského kalu s obsahem 50 g.m^{-3} Fe. Aby bylo možno dosáhnout hodnot 1 g.m^{-3} P na odtoku, bylo třeba dávky 130 g.m^{-3} Fe. Bylo také dosaženo zlepšení sedimentačních vlastností aktivovaného kalu a klesal kalový index.

Závěr

Při úpravě pitné vody vznikají značná množství odpadních vod a kalů. Požadavky na ochranu životního prostředí zvýrazňují význam problematiky omezení vzniků odpadů, jejich využívání a není-li to možné, pak jejich neškodné likvidace.

Z perspektivních metod zahušťování kalů se jeví vhodné použití flotace, kdy lze dosahovat stejných výsledků jako při gravitační zahušťování, ovšem na mnohem menší ploše, tedy i s nižšími investičními náklady. Za pozornost stojí možnost využít jako metody odvodňování kalů peletové flokulace. Toto je ovšem podmíněno dalším vývojem strojně technologického zařízení. Již dříve zkoušená metoda zpětného získávání flokulantu z kalu je opět na programu výzkumu, neboť umožňuje snížit objemy odpadních kalů. Výzkum je třeba zaměřit také na likvidaci železitých a zejména hlinitých kalů v procesu čištění městských odpadních vod.

Literatura

1. Wichmann, K. Entsorgung von Wasserwerksrückständen in Deutschland GWF – Wass.Abwass.137, 1996 č.14 Spec. s 131-136
2. Benešová,L. Vodárenské kaly – kam s nimi? Planeta, 5. 1997 č. 7 s. 32-34
3. Koppers H.M.M., Heijman S.G.J. Entsorgung von Wasserwerksrückständen in den Niederlanden GWF-Wass.Abwass., 137, 1996, č.14, Spec., s 127-130
4. The Badenoch Report on Cryptosporidia in Water Supplies. Report of a group of experts (Chairman Sir John Badenoch). Department of the Environment and Department of Health.July 1990.
5. Kyncl, M. Výzkum možnosti čištění odpadních vod a kalů z úpraven pitné vody. Disertační práce. VŠB, Ostrava 1992
6. Yusa, M., Suzuki, H., Tanaka, S. Separation Liquids From Solids by Pellet Flocculation. Journal AWWA, July 1975.
7. Vidlář, J., Fečko, P., Kedroňová, L., Pekara, s., Kyncl, M. ”Vývoj metody a testovací zařízení pro flotační čištění odpadních vod a likvidaci čištěných kalů. VŠB TÚ, Ostrava 1996
8. Bishop, S.L. Alternate Processes for Treatment of Water Plant Wastes. JAWWA, 70, 9, 1978.
9. Fulton, G.P. Alum Recovery and Waste Disposal in water Treatment. United States Patent 3 959 133, 1976.
10. Coagulant Recovery System Wins Big Award. WATER/Engineering + Management, 141, 1994, č. 7, s. 12-13
11. Sarfert, F., Jekel, M., Wichmann, K. Treatment and utilization of waterwork sludges in Germany. Wat.Supply, 12, 1994, č. 1/2, s. ss 3 : 1-11
12. Thole, S., Martin, S., Jekel, M. Verwertung von eisenhaltigen Wasserwerksschamem ä zur Phosphatelimination, Korespondenz Abwasser 41, 11/94, s.2024-2028