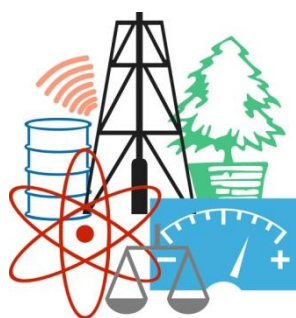


# WASTE FORUM



RECENZOVANÝ ČASOPIS PRO VÝSLEDKY VÝZKUMU A VÝVOJE  
PRO ODPADOVÉ HOSPODÁŘSTVÍ

ROČNÍK 2014

číslo 4  
strana 148 – 166

**Patron čísla  
CEMC ETV CZ**

***jediný akreditační orgán v ČR a SR  
pro ověřování inovativnosti environmentálních technologií  
a dalších technologií přínosných pro životní prostředí***

<b>OBSAH</b>	
<b>Úvodní slovo šéfredaktora</b>	<b>150</b>
<b>Pro autory</b>	<b>150</b>
<b>Štúdium optimálnych podmienok prevodu zinku do roztoku z nebezpečného odpadu – salmiakového steru</b>	<b>151</b>
Study of optimal conditions of zinc extraction into solution from hazardous waste – sal ammoniac skimming <i>Jana PIROŠKOVÁ, Jarmila TRPČEVSKÁ, Emília SMINČÁKOVÁ</i>	
<b>Nerecenzované, redakční a komerční příspěvky</b>	
<b>Symposium ODPADOVÉ FÓRUM 2015 bude již v březnu</b>	<b>161</b>
<i>Ondřej Procházka</i>	
<b>Veřejné zakázky a ETV</b>	<b>162</b>
<i>Evžen Ondráček, zprávy z CEMC ETV CZ</i>	
<b>Matematický model proudění v okolí cirkulačního vrtu pro sanaci kontaminovaných podzemních vod</b>	<b>163</b>
<i>Jakub ŠINDELÁŘ, Jiří MLS, Jan KUKAČKA</i>	
<b>Badger Meter Czech Republic, s. r. o.</b>	<b>165</b>
<i>Komerční prezentace</i>	
<b>Multifunkční poloprovodní jednotka pro snižování polutantů z odpadního plynu</b>	<b>166</b>
<i>Komerční prezentace Centra transferu technologií VUT v Brně</i>	

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

ISSN: 1804-0195; [www.WasteForum.cz](http://www.WasteForum.cz). Vychází čtvrtletně. Vychází od roku 2008

Časopis je na Seznamu neimpaktovaných recenzovaných periodik vydávaných v ČR.

Ročník 2014, číslo 4

Vydavatel: CEMC – České ekologické manažerské centrum, IČO: 45249741, [www.cemc.cz](http://www.cemc.cz)

Adresa redakce: CEMC, ul. 28. pluku 25, 100 00 Praha 10, ČR, fax: +420/274 775 869

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

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

Web-master: Ing. Vladimír Študent

Redakční uzávěrka: 8. 10. 2014. Vychází: 8. 12. 2014



## Úvodní slovo šéfredaktora

*K datu redakční uzávěrky jsem do redakce obdržel pouze tři příspěvky a z toho dva neprošly redakčním „sítím“. Výsledkem je, že číslo obsahuje pouze jediný recenzovaný příspěvek. Aby nebylo tak chudé, rozhodl jsem se jej doplnit nerecenzovanými, případně komerčními příspěvky, které vyšly v rubrice Z vědy a výzkumu v prosincovém čísle Odpadového fóra.*

*Pokles zájmu o publikování v recenzovaném časopisu, který ale nemá žádný impakt-faktor, je po letošní změně hodnocení výsledků projektů VaV pochopitelný. S tím zřejmě souvisí i pokles kvality většiny článků, které přeci jen do redakce autoři pošlou. Jak však dál?*

*Všichni členové redakční rady, ale i další zástupci vědecké obce, se kterými jsem o tom jednal, se shodují, že v Česku i na Slovensku žádný impaktovaný časopis v našem oboru není a měl by být a že stojí za to, o impakt-faktor usilovat.*

*První podmínkou pro to je, aby se WF dostalo do některé významné vědecké databáze, nejlépe do SCOPUSu. Již jednou jsem se o to pokusil, bez úspěchu s odůvodněním, že se časopis zabývá především tématy lokálního dosahu. V polovině listopadu se konal seminář Databáze SCOPUS od firmy Elsevier, který byl určen pro vydavatele vědeckých časopisů. Na programu byly tři prezentace: Podpora Elsevier českému výzkumu (Lucie Vavříková, zástupce Elsevier pro ČR), Výběr obsahu do databáze Scopus – strategie a pravidla (Dr. Wim Meester, vedoucí manažer pro výběr textů do SCOPUSu) a Dobrá praxe – český časopis a jeho cesta do databáze SCOPUS (Zuzana Židlická, MM Publishing, s. r. o.).*

*Osobně jsem se semináře nemohl zúčastnit, nicméně materiály ze semináře pečlivě prostuduji a učiním vše, co pro to může udělat redakce. Ovšem bez spolupráce s odbornou veřejností, která by měla nejvíce mít na tom zájem a z toho profit, se neobejdeme. V první řadě to jsou kvalitní články, aby bylo co publikovat. Nejblíží příležitost k tomu je již 8. ledna 2015, kdy je redakční uzávěrka prvního čísla již 8. ročníku.*

**Ondřej Procházka**

## Pro autory

Do redakce se příspěvky zasílají v kompletně zalomené podobě i se zabudovanými obrázky a tabulkami, tak zvaně „**printer-ready**“. Pokyny k obsahovému členění a grafické úpravě příspěvků spolu s přímo použitelnou **šablonou grafické úpravy** ve WORDu jsou uvedeny na www-stránkách časopisu v sekci **Pro autory**. Ve snaze dále rozšiřovat okruh možných recenzentů žádáme autory, aby současně s příspěvkem napsali tři tipy na možné recenzenty, samozřejmě z jiných pracovišť než je autor či spoluautoři. Je vždy dobré mít rezervu.

Publikační jazyk je čeština, slovenština a angličtina, přičemž ve snaze, aby se časopis WASTE FORUM dostal do mezinárodních databází vědeckých časopisů, což je nezbytný předpoklad, aby mohl získat časem i impakt-faktor, je upřednostňována angličtina. V tomto případě však je nezbytnou součástí článku na konci název, kontakty a abstrakt v českém či slovenském jazyce, přičemž rozsah souhrnu není shora nijak omezen. U článků v českém či slovenském jazyce je samozřejmou součástí název, kontakty a souhrn v anglickém jazyce.

Uveřejnění příspěvků v časopisu WASTE FORUM je v zásadě bezplatné. Nicméně abychom příjmově pokryli alespoň nezbytné externí náklady spojené s vydáváním časopisu (poplatky za webhosting, softwarová podpora atd.), vybíráme symbolický poplatek za uveřejnění poděkování grantové agentuře či konstatování, že článek vznikl v rámci řešení určitého projektu. Tento poplatek činí 200 Kč za každou stránku u příspěvků v anglickém jazyce, u ostatních je 500 Kč za stránku.

**Uzávěrka dalšího čísla časopisu WASTE FORUM je 8. ledna 2015, další pak 8. dubna.**

# Štúdium optimálnych podmienok prevodu zinku do roztoku z nebezpečného odpadu – salmiakového steru

Jana PIROŠKOVÁ<sup>a</sup>, Jarmila TRPČEVSKÁ<sup>a</sup>, Emília SMINČÁKOVÁ<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Katedra neželezných kovov a spracovania odpadov,

<sup>b</sup> Katedra chémie,

Hutnícka fakulta, Technická univerzita v Košiciach, Letná 9/a, 042 00 Košice

e-mail: [jana.piroskova@tuke.sk](mailto:jana.piroskova@tuke.sk), [jarmila.trpcavska@tuke.sk](mailto:jarmila.trpcavska@tuke.sk),

[emilia.smincakova@tuke.sk](mailto:emilia.smincakova@tuke.sk)

## Zhrnutie

Predkladaný príspevok stručne opisuje produkciu nebezpečného odpadu – salmiakového steru v procese mokrého zinkovania.

Zameraný je na hydrometalurgické spracovanie uvedeného odpadu. Prezентuje výsledky z laboratórných testov vylúhovateľnosti zinku z nebezpečného odpadu. Ako lúhovacie médium bola použitá destilovaná voda a roztok kyseliny chlorovodíkovej. V experimentoch bol študovaný vplyv rýchlosti miešania, vplyv pomeru K:P (kvapalná : pevná fáza), koncentrácia HCl, vplyv teploty a vplyv doby lúhovania s cieľom prevodu zinku do roztoku.

Zo získaných experimentálnych výsledkov možno dospieť k záveru, že optimálne podmienky prevodu zinku do roztoku sú: rýchlosť otáčania miešadla 200 ot / min., pomer K:P = 80:1, teplota lúhovacieho média 313 K, maximálna doba lúhovania 30 minút a koncentrácia HCl max. 0,25M.

**Kľúčové slová:** lúhovanie, zinok, nebezpečný odpad, salmiakový ster, destilovaná voda, kyselina chlorovodíková

## Úvod

V oblasti povrchovej úpravy je technológia žiarového zinkovania (ŽZ) veľmi rozšíreným spôsobom protikorózneho ochrany ocelových výrobkov. Je to metalurgický proces, kedy vzájomnou reakciou medzi roztaveným zinkom a ocelovým dielcom dochádza k tvorbe rovnomerného zinkového povlaku pri teplote od 450 do 470 °C. Žiarové zinkovanie podľa spôsobu používanej technológie rozdeľujeme na *kontinuálne* a *kusové*. Kusové žiarové zinkovanie v závislosti od spôsobu nanášania tavidla na ocel, ktoré je súčasťou jeho predúpravy, rozdeľujeme na *suché* a *mokrú*.

Pri *mokrom kusovom žiarovom zinkovaní* (MKŽZ) ocelové diely postupujú na zinkovanie ešte mokré z procesu morenia<sup>1, 2, 3</sup>.

V procese ŽZ vznikajú aj vedľajšie produkty – odpady, ktoré môžu mať kvapalnú, plynnú alebo tuhú charakter. V najväčšom objeme vznikajú kvapalné odpady (oplachové vody, moriace a odmasťovacie roztoky). Zaujímavou skupinou sú tuhé odpady (zinkový popol, spodný ster a zinkové úlety<sup>2, 3</sup>), ktoré obsahujú značné množstvá zinku. Preto je dôležité zaoberať sa ich spracovaním s cieľom získania zinku.

Nakoľko v súčasnosti absentuje laboratórny výskum v oblasti hydrometalurgického spracovania salmiakového steru, je nevyhnutné zaoberať sa touto problematikou. Preto cieľom tejto štúdie bolo experimentálne zistiť:

- mineralogické a chemické zloženie dodaného odpadu s obsahom zinku,
- optimálny pomer tuhej a kvapalnej fázy v procese lúhovania zinku,
- vplyv teploty na prevod zinku do roztoku,
- závislosť výťažnosti zinku od koncentrácie kyseliny chlorovodíkovej,
- vplyv rýchlosti miešania na výťažnosť Zn,
- vplyv doby lúhovania na výťažnosť zinku, ak je lúhovacím médium destilovaná voda a kyselina chlorovodíková.

## Funkcia tavidla a vznik špecifického odpadu

Pri mokrom procese zinkovania sa na hladine roztaveného zinku v oddelenej časti vane nachádza napenené tavidlo. Hlavnou úlohou tavidla je rozpúšťať povrchové oxidy tvoriace sa na oceli po morení a aktivovať povrch ocele pre reakciu s roztaveným zinkom. Tavidlo je tvorené  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , do ktorého sa pridáva malé množstvo peniaceho činidla<sup>4,5</sup>.

V procese zinkovania dochádza k tvorbe odpadov s charakterom kvapalným, plynným a tuhým. Medzi odpady, ktoré obsahujú značné množstvá zinku, patria tuhé odpady, a to konkrétne: zinkový popol, spodný ster a zinkové úlety<sup>2,3</sup>.

Špecifickým odpadom vznikajúcim len pri MKŽZ je *salmiakový ster*. Ide o opotrebované, neaktívne tavidlo vznikajúce na hladine zinkového kúpeľa v oddelenej časti vane.  $\text{NH}_4\text{Cl}$  sa v procese zinkovania stráca odparovaním, ale aj reakciami medzi zinkom, oxidom zinku a železom<sup>4</sup>.

Salmiakový ster podľa autorov Kunhalmi<sup>5</sup>, Krištofová<sup>6</sup> je vo forme chloridu amónneho, oxidov, sulfidov a pod. Okrem pôvodných solí:  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{ZnCl}_2$  a  $\text{ZnCl}_2 \cdot 2\text{NH}_4\text{Cl}$ , obsahuje aj 18 – 22 % Zn v kovovej forme, 30 – 35 % ZnO a nečistoty, hlavne  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

Sjoukes<sup>7</sup> uvádza, že chemické zloženie salmiakových sterov je: 48,1 %  $\text{ZnCl}_2$ ; 5,6 % Zn v kovovej forme; 27,4 % ZnO; 3,1 % chloridy hliníka a iné chloridy, oxidy hliníka, železa a kadmia. Literárny zdroj<sup>8</sup> uvádza, že celkový obsah zinku v salmiakovom stere je približne 40 %.

Podľa vyhlášky MŽP SR 284/2001 Z.z., ktorou sa ustanovuje „Katalóg odpadov“, je salmiakový ster zaradený do kategórie „N - nebezpečný odpad“<sup>9</sup>.

## Experimentálna časť

### Materiál a metodika experimentu

Vzorka dodaného salmiakového steru o hmotnosti 6 kg bola upravená úpravníckymi metódami: drvením (+1.25 mm) a mletím na vibračnom mlyne typu VM 4 na zrnitosť pod 1.25 mm. Po homogenizácii vzorky nasledovala kvartácia s cieľom získania reprezentatívnej vzorky o hmotnosti 100 g. Získaná vzorka bola podrobená chemickej analýze metódou atómovej absorpčnej spektrometrie s plameňovou atomizáciou na prístroji fy Varian, model Spectr AA-20 Plus (Austrália).

Pre analýzu zinku boli použité tieto parametre:

- napájací prúd 5 mA,
- vlnová dĺžka 213.9 nm,
- štrbina 1 nm a rozsah intervalu kalibrácie 0.01 – 2  $\mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ .

Chloridy boli stanovené titračnou metódou pomocou roztoku  $\text{AgNO}_3$  s 5% indikátorom  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ . Chemická analýza vzorky používanej pri experimentálnom štúdiu je uvedená v **tabuľke 1**. Uvedené hodnoty sú priemerom z piatich opakovaných meraní.

**Tabuľka 1: Chemické zloženie salmiakového steru**

Vzorka salmiakového steru	Obsah stanovených prvkov [hm. %]				
	Zn	Fe	Al	Cl <sup>-</sup>	Zvyšok
	46.8	0.03	0.12	22.7	30.35

Röntgenová difrakčná fázová analýza (R DFA) študovaných vzoriek bola realizovaná použitím difraktometra SEIFERT XRD 3003/PTS (Nemecko) za nasledovných podmienok:

radiácia Co, 35 kV, 40 mA, krok 0.02 theta, meraný rozsah: podľa požiadaviek – štandardne 10 – 130° 2θ (2theta). Meranie R DFA sa realizovalo s cieľom stanovenia fázového zloženia *študovanej vzorky odpadu*.

Návažok vzorky odpadu bol 1 g, 5 g, 10 g a 20g. Na lúhovacie experimenty bol použitý sklenený reaktor o objeme 1 000  $\text{cm}^3$ . Miešanie vzorky v lúhovacom roztoku o objeme 400  $\text{cm}^3$  bolo zabezpečené skleneným miešadlom s konštantnou rýchlosťou miešadla v intervale 150 ot/min. až 350 ot/min. Vo vopred stanovených časových intervaloch (1, 3, 5, 10, 20 min.) boli z výluhov odoberané vzorky

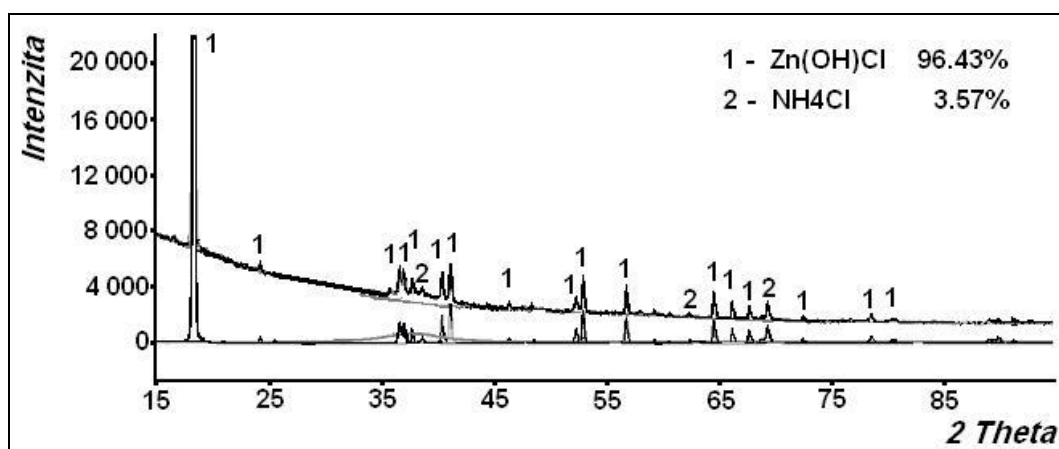
o objeme 10 cm<sup>3</sup> pre analýzu rozpusteného zinku metódou AAS. Pomer kvapalnej a tuhej fázy bol K:P = 80:1 a 100:1.

Lúhovacie experimenty, pri ktorých sa sledoval prevod zinku do roztoku, boli uskutočnené v destilovanej vode a pri rôznych koncentráciách HCl. Teploty, pri ktorých sa uskutočnili lúhovacie experimenty, boli nasledovné: 295 K, 313 K, 333 K, 353 K a udržiavané na konštantnej úrovni pomocou vodného termostatu. Maximálna doba lúhovania bola 90 minút.

Vo všetkých experimentoch boli použité chemikálie analytickej čistoty a destilovaná voda.

## Výsledky a diskusia

Kvalitatívnu RTG difrakčnú fázovú analýzu bola zistená v študovanom odpade prítomnosť dvoch fáz, a to: hydroxid - chlorid zinočnatý Zn(OH)Cl a chlorid amónny NH<sub>4</sub>Cl (salmiak). Prítomnosť inej fázy nebola zistená. Difraktogram je uvedený na **obrázku 1**.



**Obrázok 1: Kvalitatívna RTG difrakčná fázová analýza salmiakového steru**

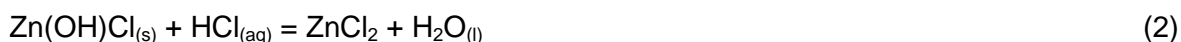
Na študovanej vzorke okrem kvalitatívnej RTG difrakčnej fázovej analýzy bola uskutočnená aj kvantitatívna RTG difrakčná fázová analýza. Tá určila, že prítomné fázy sú vo vzorke v zastúpení: Zn(OH)Cl – 96.43 hm. % a NH<sub>4</sub>Cl – 3.57 hm. %.

### A: Lúhovanie vzorky v destilovanej vode

Takmer všetky amónne soli sú vo vode dobre rozpustné a sú úplne ionizované. Kation NH<sub>4</sub><sup>+</sup> má kyslý charakter, čo sa prejavuje protolytickou reakciou s vodou<sup>10</sup>:



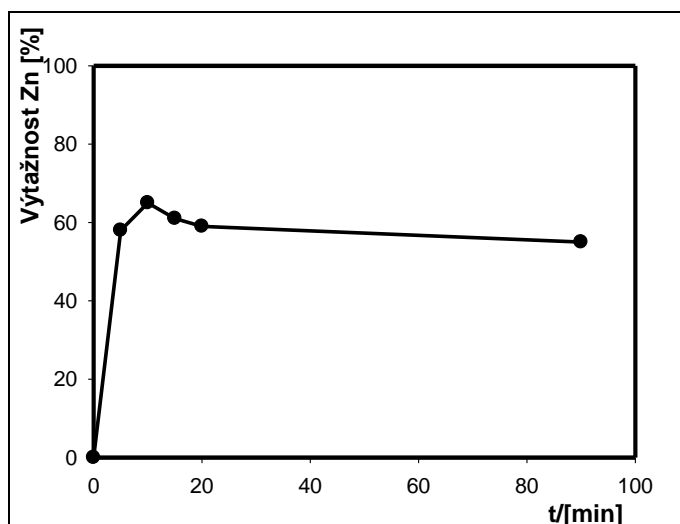
Vodný roztok chloridu amónneho je kyslý. Ak produktom rozpúšťania chloridu amónneho je iba malý obsah NH<sub>3</sub> a HCl<sup>11</sup>, potom v kyslom prostredí môžeme predpokladať priebeh reakcie:



#### a) Vplyv doby lúhovania

Vplyv doby lúhovania na výťažnosť zinku pri agitačnom lúhovaní vzorky v destilovanej vode znázorňuje grafická závislosť na **obrázku 2**. Všetky hodnoty výťažnosti zinku v tomto článku boli vypočítané ako priemerné hodnoty z minimálne dvoch nezávislých meraní.





**Obrázok 2: Vplyv doby lúhovania na výtlačnosť Zn s použitím destilovanej vody**  
(Experimentálne podmienky: destil. voda, doba lúhovania 90 min., 295 K, K:P = 80:1)

Z hodnôt výtlačností Zn v jednotlivých časových intervaloch vyplýva (**obrázok 2**), že výtlačnosť Zn po 5 minútach lúhovania v destilovanej vode pri teplote 295 K, rýchlosti miešania 200 ot/min. dosahuje 58 % a po 10 minútach 65 %. Ďalším predĺžovaním doby lúhovania nedochádza k výraznému zvyšovaniu prevodu zinku do roztoku. Jednou z možných príčin poklesu výtlačnosti zinku môže byť aj jeho spätné vylučovanie.

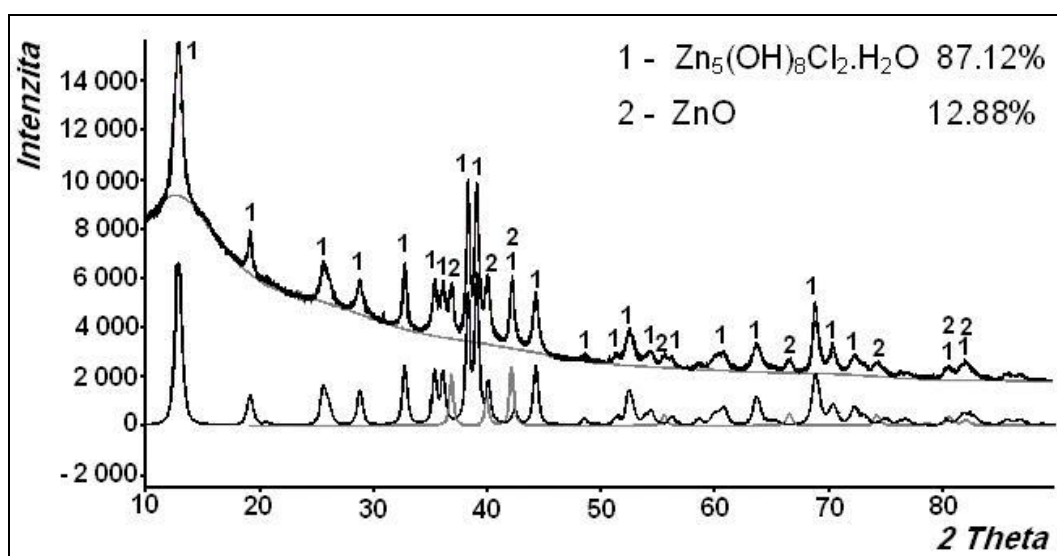
Pri lúhovaní študovanej vzorky v destilovanej vode možno predpokladať reakciu :



Počas 10 minút lúhovania bol vizuálne pozorovaný biely rôsolovitý hydroxid zinočnatý, ktorý je amfotérnej povahy<sup>12</sup>.

Po prefiltrovaní rmutu a po jeho následnom vysušení bol lúženec podrobený RTG difrakčnej fázovej analýze (**obrázok 3**) s cieľom zistenia prítomných fáz.

Po 90 minútach lúhovania dodaného odpadu (salmiakového steru) v destilovanej vode boli určené vo filtračnom koláči dve fázy s obsahom zinku:  $\text{Zn}_5(\text{OH})_8\text{Cl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  (simonkolleit) a ZnO (zinkit).



**Obrázok 3: Kvalitatívna RTG difrakčná fázová analýza filtračného koláča**

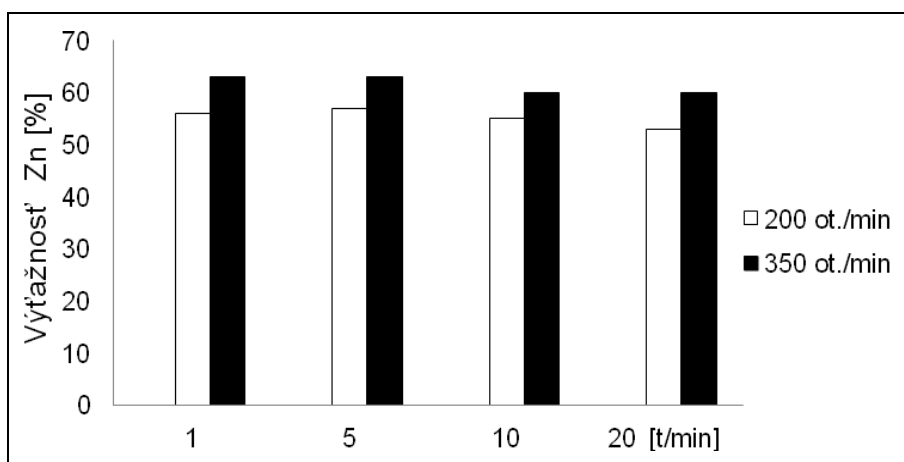
Kvantitatívnu RTG digfrakčnou fázovou analýzou bol stanovený tento podiel jednotlivých fáz:  $Zn_5(OH)_8Cl_2 \cdot H_2O$  - 87.12 % a ZnO - 12.88 %.

### b) Vplyv rýchlosti miešania

S cieľom maximálneho prevodu Zn do roztoku bolo nutné určenie optimálnych otáčok pri lúhovaní daného odpadu v závislosti od času. Pri zvolených rýchlostiach otáčania miešadla boli zachované nasledovné konštantné podmienky:

- lúhovací roztok - destilovaná voda (pH = 6,35),
- pomer kvapalnej a tuhej fázy – K:P = 100:1,
- teplota lúhovacieho roztoku – T = 295 K,
- doba lúhovania – 0 až 20 minút.

Výsledky získané pri lúhovaní zinku v závislosti od rýchlosti otáčania miešadla v destilovanej vode v časovom intervale od 0 do 20 minút sú zaznamenané na nasledujúcom **obrázku 4**.



**Obrázok 4: Závislosť výťažnosti zinku od doby lúhovania pri dvoch rýchlostiach otáčania miešadla 200 otáčok/min. a 350 otáčok/min.**

(Experimentálne podmienky: destil. voda, doba lúhovania 20 min., 295 K, K:P = 100:1 )

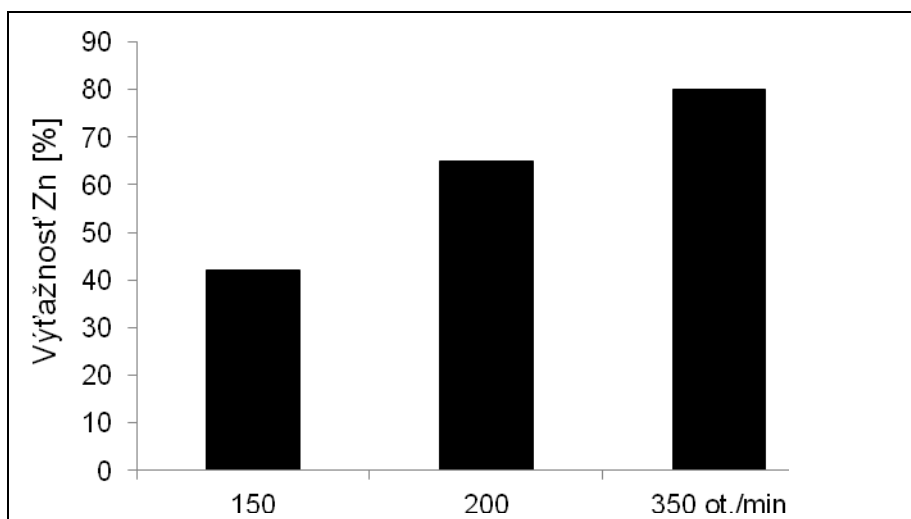
Z uvedeného grafického zobrazenia (**obrázok 4**) je zrejmé, že pri použití vyššej rýchlosti otáčania miešadla, t.j. 350 ot/min., sú dosiahnuté vyššie výťažnosti zinku ako pri rýchlosti otáčania miešadla 200 ot/min. vo všetkých časových intervaloch, a to naznačuje, že limitujúcim krokom lúhovania zinku v destilovanej vode je vonkajšia difúzia.

V tejto časti lúhovacích testov bol sledovaný aj vplyv rýchlosti otáčania miešadla na výťažnosť zinku pri použití kyseliny chlorovodíkovej za týchto konštantných podmienok:

- koncentrácia lúhovacieho roztoku – 0,01M HCl,
- teplota lúhovacieho roztoku T= 295 K,
- doba lúhovania - 5 minút,
- K:P = 80:1.

Namerané výťažnosti zinku získané za vyššie uvedených podmienok sú znázornené na **obrázku 5**.





**Obrázok 5: Závislosť výťažnosti zinku od rýchlosti otáčania miešadla 150 ot/min, 200 ot/min a 350 ot/min.**

(Experimentálne podmienky: 0.01M HCl, doba lúhovania 5 min., 295 K, K:P = 80:1 )

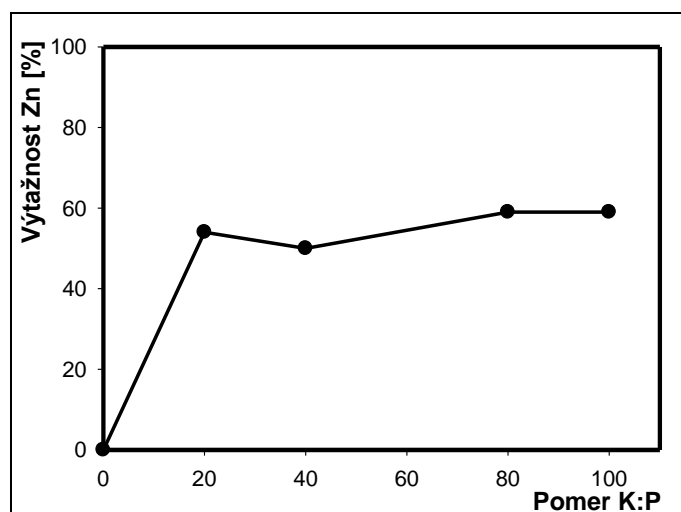
Z uvedeného **obrázka 5** možno pozorovať, že najvyššia výťažnosť Zn do roztoku pri daných podmienkach bola dosiahnutá aj v tomto prípade pri najvyššej rýchlosti otáčania miešadla (350 ot/min.) ako v prípade vody.

Napriek dosiahnutým výsledkom v predchádzajúcich experimentoch sa pri nasledujúcom lúhovaní v H<sub>2</sub>O a HCl v ďalších experimentoch použila rýchlosť otáčania miešadla 200 ot/min., a to z dôvodu toho, že pri vyššej rýchlosti otáčania miešadla (nad 200 ot/min.) dochádzalo ku rozstrekovaniu roztoku so vzorkou na steny skleneného reaktora.

### c) Vplyv kvapalnej a tuhej fázy na výťažnosť Zn v prostredí destilovanej vody

Vplyv pomeru K:P na výťažnosť zinku pri agitačnom lúhovaní vzorky v destilovanej vode znázorňuje grafická závislosť na **obrázku 6**. Experimenty prebiehali pri konštantných podmienkach:

- lúhovací roztok – destilovaná voda,
- teplota lúhovacieho roztoku T= 295 K,
- doba lúhovania - 20 minút.



**Obrázok 6: Vplyv pomeru K:P na výťažnosť Zn v prostredí destilovanej vody**

(Experimentálne podmienky: destil. voda, doba lúhovania 20 min., 295 K, 200 ot./min.)

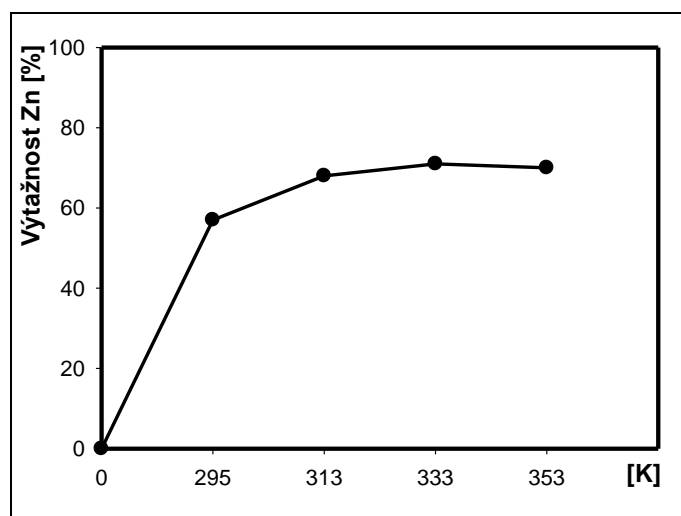
Z dosiahnutých výsledkov výťažnosti zinku (**obrázok 6**) pri vyššie uvedených podmienkach vyplýva, že optimálnym pomerom kvapalnej a pevnej fázy je pomer 80:1, pri ktorom bola dosiahnutá najvyššia výťažnosť zinku do roztoku. Ďalšie zvyšovanie pomeru K:P nemá výrazný vplyv na zvyšovanie výťažnosti zinku. V nasledujúcich experimentoch bol používaný pomer K:P = 80:1.

#### d) Vplyv teploty na výťažnosť Zn pri agitačnom lúhovaní salmiakového steru v destilovanej vode

Cieľom týchto experimentov bolo experimentálne overenie vplyvu teploty 295 K; 313 K; 333 K; 353 K na výťažnosť zinku do roztoku pri týchto podmienkach:

- lúhovacie médium – destilovaná voda,
- doba lúhovania – 30 minút,
- pomer K:P = 80:1,
- rýchlosť otáčania miešadla – 200 ot/min.

Výsledky lúhovacích experimentov pri daných teplotách sú uvedené na **obrázku 7**.



**Obrázok 7: Vplyv teploty na výťažnosť Zn s použitím destilovanej vody**  
(Experimentálne podmienky: destil. voda, doba lúhovania 30 min., 200 ot./min.)

Z dosiahnutých výsledkov lúhovania vzorky v destilovanej vode a pri vyššie uvedených podmienkach (**obrázok 7**) vyplýva, že na maximálny prevod zinku do roztoku (68%) po 30 minúte lúhovania postačuje teplota 313 K.

Ďalšie zvyšovanie teploty (333 K a 353 K) nemá výrazný vplyv na výťažnosť zinku do roztoku.

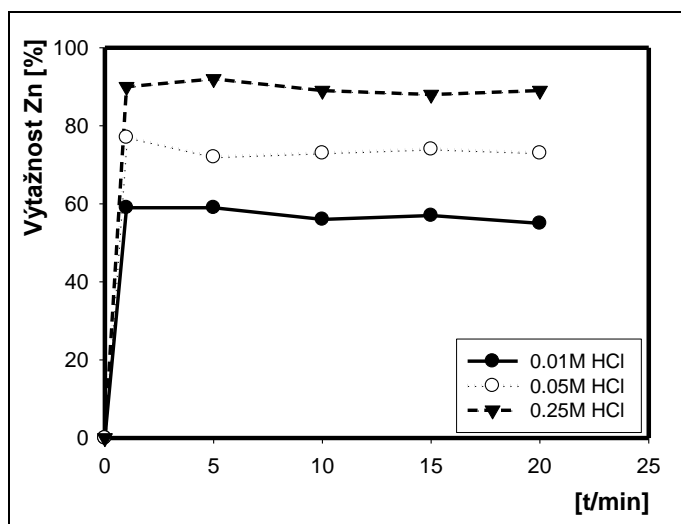
## B: Lúhovanie vzorky v kyseline chlorovodíkovej

### a) Vplyv koncentrácie HCl a doby lúhovania

V tejto experimentálnej časti bol sledovaný vplyv koncentrácie roztoku HCl na výťažnosť Zn pri týchto podmienkach:

- teplota 295 K,
- rýchlosť miešania = 200 ot/min.,
- pomer K:P = 80:1.

V tejto experimentálnej časti boli použité tieto koncentrácie HCl (0.01; 0.05 a 0.25M HCl), nakoľko výťažnosti zinku pri použití vyšších koncentrácií HCl (0.5; 1 a 2M HCl) sú uvedené v publikácii<sup>13</sup>. Výsledky týchto lúhovacích experimentov v časovom intervale od 0 do 20 minút sú uvedené na **obrázku 8**.



**Obrázok 8: Vplyv koncentrácie lúhovacieho roztoku HCl na výťažnosť Zn v závislosti od doby lúhovania**

(Experimentálne podmienky: doba lúhovania 20 min., 295 K, 200 ot./min.,)

Priaznivý vplyv rastúcej koncentrácie roztokov kyseliny chlorovodíkovej na výťažnosť zinku je vidieť na **obrázku 8**, a to vo všetkých časových intervaloch. Maximálna výťažnosť Zn (92 %) bola dosiahnutá už po 5 minútach lúhovania vzorky v kyseline chlorovodíkovej s koncentráciou 0.25 mol.dm<sup>-3</sup>. Následným predlžovaním tejto doby lúhovania už nedochádza k zvýšeniu výťažnosti zinku. Lúhovacie zvyšky (z lúhovania v 0.01 a 0.05M HCl) boli podrobené RTG difrakčnej fázovej analýze, ktorou bola potvrdená prítomnosť fázy Zn<sub>5</sub>(OH)<sub>8</sub>Cl<sub>2</sub>·H<sub>2</sub>O (simonkolleit). Ide o fázu, ktorá je nelúhovateľná v destilovanej vode a v kyseline s nízkou koncentráciou.

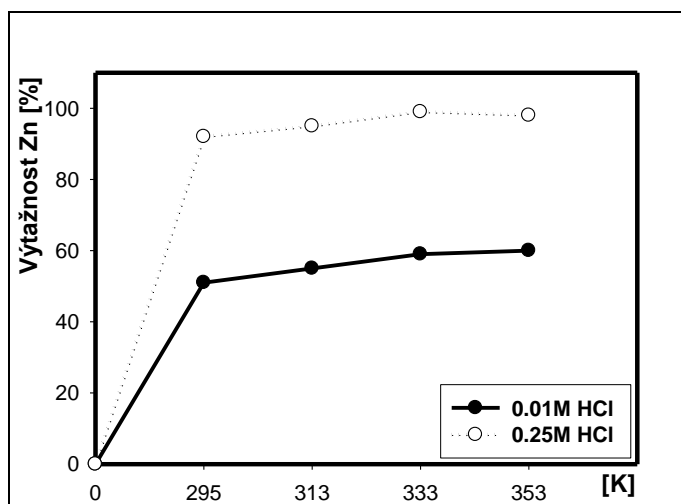
#### **b) Vplyv teploty na výťažnosť zinku v 0.01M HCl a 0.25M HCl**

Nasledujúce experimenty prebiehali pri dvoch zvolených koncentráciách HCl (0.01M a 0.25M HCl). Cieľom experimentu bolo určenie optimálnej teploty s najvyššou výťažnosťou zinku do roztoku po 5 minútach lúhovania. Pri určovaní optimálnej teploty boli zachované nasledujúce konštantné podmienky:

- lúhovací roztok – 0.01M HCl; 0.25M HCl,
- pomer K:P = 80:1,
- rýchlosť miešania – 200 ot./min.,
- doba lúhovania – 5 min..

V tejto experimentálnej časti boli použité tieto teploty lúhovania: 295 K, 313 K, 333 K, 353 K. Výsledky týchto lúhovacích experimentov sú uvedené na **obrázku 9**, z ktorého evidentne vyplýva priaznivý vplyv rastúcej koncentrácie roztoku HCl na výťažnosť zinku.

Už po 5 minútach lúhovania pri teplote 295 K v 0.25M HCl bola dosiahnutá 92% výťažnosť Zn do roztoku a v 0.01M HCl bola výťažnosť zinku 65 %.



**Obrázok 9: Vplyv teploty na výtťažnosť Zn do roztoku v 0.01M HCl a 0.25M HCl**  
(Experimentálne podmienky: K:P = 80:1, doba lúhovania 5 min., 295 K, 200 ot./min.,)

Z uvedeného **obrázka 9** ďalej vyplýva, že s rastúcou teplotou nedochádza k výraznému zvyšovaniu výtťažnosti Zn do roztoku. Napríklad pri zvýšení teploty z 295 K na 313 K pri lúhovaní v 0.01M HCl došlo k miernemu zvýšeniu výtťažnosti Zn z 51 % na 55 %. K obdobnej situácii dochádza aj pri lúhovaní v 0.25M HCl.

## Záver

Vo vzorke odpadu – salmiakového steru s približným obsahom zinku 47 hm. % boli RTG difrakčnou metódou stanovené dve základné fázy:  $Zn(OH)Cl$  a  $NH_4Cl$ . Následne po procese lúhovania vzorky, boli vo filtračnom koláči po 90 minútach lúhovania salmiakového steru v destilovanej vode stanovené tieto fázy: simonkolleit ( $Zn_5(OH)_8Cl_2 \cdot H_2O$ ) a zinkit ( $ZnO$ ).

Pre proces lúhovania steru z hľadiska určenia prevodu zinku do roztoku bol stanovený optimálny pomer kvapalnej a tuhej fázy K:P = 80:1, a to pri použití kyseliny chlorovodíkovej ako aj destilovanej vody. Ďalším znižovaním tohto pomeru už nedochádzalo k zvyšovaniu výtťažnosti zinku.

Optimálna doba lúhovania pri použití destilovanej vody je cca 30 minút.

Experimenty preukázali priaznivý vplyv rastúcej koncentrácie kyseliny chlorovodíkovej v intervale od 0,01M do 0,25M HCl na výtťažnosť zinku. Napr. po 5 minútach lúhovania v 0.01M HCl bola výtťažnosť zinku 51 % a v 0.25M HCl 92 %.

Získané výsledky potvrdili, že teplota nemá výrazný vplyv na prevod zinku do roztoku. Napr. pri zvýšení teploty z 295 K na 313 K pri lúhovaní v 0.25M HCl výtťažnosť zinku vzrástla z 92 % na 95 %, a to po 5. minúte lúhovania. Optimálna rýchlosť miešania je 200 ot/min.

## Pod'akovanie

Tento príspevok vznikol za úplnej podpory Slovenskej grantovej agentúry v rámci projektu VEGA 1/0421/14.

## Literatúra

1. Kuffa, T. v knihe: *Hutníctvo neželezných kovov.*, s. 314-37, VŠT Košice (1982).
2. Mass, P., Peissker P. v knihe: *Handbuch Feuerverzinken.*, ISBN: 978-3-527-31858-2, s. 475, Germany, (2008).

- Eriksson, H., Hirnová A.: *Příručka žárového zinkování*, s.9 – 12, Ostrava (2009).
- Wilfred S.: *Technologie šetrící životní prostředí čelí legislativie EU v průmyslu žárového zinkování*, 11.konference žárového zinkování, Nové Město na Moravě (október 2005), s.48 – 54
- Kunhalmi G.v knihe: *Hutníctvo druhotných nežeľezných kovov*, Košice, s. 136, 85-632-84, (1984).
- Krištofová D.: *Recyklace nežeľezných kovů*. Ostrava, s. 24-26, ISBN 80-248-0485-9, (2003).
- Sjoukes, F.: *Chemical reactions in fluxes for hot dip galvanizing.*, s.12 – 13, (1990).
- ZACLON Incorporated. Galvanizing wet. [online]. [cit. 11. 08. 2010]. Dostupné na internete: <[http://www.zaclon.com/pdf/zaclon\\_galvanizing\\_handbook.pdf](http://www.zaclon.com/pdf/zaclon_galvanizing_handbook.pdf)>
- Vyhláška MŽP SR 284/2001 Z.z., z 11. júna 2001 ktorou sa ustanovuje Katalóg odpadov.
- Gažo J. a kol. v knihe: *Všeobecná a anorganická chémia*, Alfa, Bratislava (1974).
- Remi H. v knihe: *Anorganická chemie II*, SNTL, Praha (1962).
- Stankoviansky S., *Analytická chémia kvalitatívna*. Slovenské vydavateľstvo technickej literatúry, Bratislava (1965).
- Pirošková J. a kol.: *Acid leaching of Top Dross Generated During Wet Batch Hot-Dip Galvanizing Process*. In: METALL, s.302 – 306, Clausthal (2014).

## Study of optimal conditions of zinc extraction into solution from hazardous waste – sal ammoniac skimming

Jana PIROŠKOVÁ<sup>a</sup>, Jarmila TRPČEVSKÁ<sup>a</sup>, Emília SMINČÁKOVÁ<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Department of Non-Ferrous Metals and Waste Treatment,

<sup>b</sup>Department of Chemistry,

Faculty of Metallurgy, Technical University of Košice, Košice, Slovakia

### Summary

*This paper presents the results of laboratory tests of leaching of zinc form hazardous waste – sal ammoniac skimming. Leaching medium was distilled water and a solution of HCl. In experiments was studied: the influence of stirring speed, the effect of the ratio L:S, HCl concentration, effect of temperature and the effect of leaching time for recovery of zinc.*

*From the obtained experimental results it can be concluded that the optimal conditions for the extraction of zinc in the solution are:*

- rotational speed of the stirrer = 200 rev / min.,
- the ratio of L: S = 1:80,
- temperature of the leaching medium = 313 K,
- leaching time = 30 minutes max.,
- HCl concentration of max. = 0.25M HCl.

**Keywords:** leaching, zinc, hazardous waste, sal ammoniac skimming, destilerten waser, hydrochloric acid

## Symposium **ODPADOVÉ FÓRUM 2015** bude již v březnu! UZÁVĚRKA PŘIHLÁŠEK PŘÍSPĚVKŮ JIŽ 15. PROSINCE!

**Ing. Ondřej Procházka, CSc.**

České ekologické manažerské centrum, 101 00 Praha 10, 28. pluku 25,

E-mail: [prochazka@cemc.cz](mailto:prochazka@cemc.cz)

Jubilejní 10. ročník česko-slovenského symposia Výsledky výzkumu a vývoje pro odpadové hospodářství **ODPADOVÉ FÓRUM 2015** se bude tentokrát konat v termínu **18. – 20. března 2015**. Nové místo konání v Hustopečích se loni osvědčilo, jak pokud jde o kvalitu služeb hostičího hotelu Centro, tak z hlediska dobré dopravní dostupnosti (kousek od dálnice, téměř „za humny“ Brna a Bratislavy).

Cílem symposia je poskytnout prostor řešitelům projektů VaV k prezentaci svých výsledků, ovšem formou stručnou a srozumitelnou širší odborné veřejnosti, pro kterou jsou jejich výsledky určeny. Jako pasivní účastníci jsou zváni především zástupci podnikatelské sféry, aby se seznámili s řešenými tématy a dosaženými výsledky a tyto případně využili ve své činnosti, nebo navázali spolupráci. V neposlední řadě je cílem tohoto odborného setkání zprostředkování dialogu mezi oběma stranami a poskytnout výzkumným pracovníkům inspiraci při hledání nových, prakticky potřebných témat výzkumu. Naším cílem je rovněž mezi těmito projekty vytipovat ty, které budou vhodné pro evropský pilotní projekt hodnocení inovací EU ETV.

Symposium se koná jako už tradičně v rámci **Týdne výzkumu a inovací pro praxi (TVIP)**, jehož pořadatelem je České ekologické manažerské centrum (CEMC). Dalšími konferencemi v rámci TVIP budou konference APROCHEM a EU ETV (viz níže). **Konference APROCHEM** je nově zaměřena na nové materiály, produkty a inženýrská řešení a jejich přínosy pro snižování dopadů na životní prostředí a také na rizikový management, vč. předcházení a řešení průmyslových havárií. **Konference EU ETV** přiblíží systém podpory inovací z pohledu evropské komise, zkušenosti úspěšných držitelů certifikace ETV a roli CEMC a systému ETV při hodnocení výsledků projektů VaV. Vstupní poplatek je společný na všechny tři akce v rámci TVIP 2015. Znamená to, že účastníci registrovaní na symposiu Odpadové fórum 2015 mají volný vstup na ostatní akce (a obdrží příslušné materiály) a platí to i naopak.

Program symposia ODPADOVÉ FÓRUM 2015 by měl mít tradiční strukturu. Předběžně: První den (středa 18. 3. 2015 odpoledne) bude plenární sekce společná pro všechny tři konference. Ve čtvrtek 19. 3. 2015 celý den a v pátek 20. 3. 2015 dopoledne pak bude jednání pokračovat blokem krátkých sdělení a ve dvou či více paralelních odborných sekcích (podle počtu přihlášených příspěvků). Prezentace formou vývěsek (posterů) je možná, pro autorskou prezentaci je vyhrazena hodina ve čtvrtek po obědě. Společenský večer bude jako obvykle ve čtvrtek. Předběžný program bude zveřejněn v průběhu ledna.

Mediálním partnerem symposia ODPADOVÉ FÓRUM 2015 je odborný měsíčník Odpadové fórum, elektronický recenzovaný časopis WASTE FORUM a internetový portál [Tretiruka.cz](http://Tretiruka.cz). Příspěvky prezentované na symposiu, které doporučí redakční rada, budou následně bezplatně uveřejněny v časopisu WASTE FORUM.

Veškeré potřebné informace k symposiu, respektive celému Týdnu výzkumu a inovací pro praxi, včetně přihlášek příspěvků, účasti i komerční prezentace, najdete na portálu [Tretiruka.cz](http://Tretiruka.cz) v sekci TVIP, přímý přístup z adresy [www.tvip.cz](http://www.tvip.cz). Případné dotazy směřujte na [tvip@cemc.cz](mailto:tvip@cemc.cz).

### **Důležité termíny:**

Přihlášky příspěvků (včetně anotací): 15. 12. 2014

Zveřejnění předběžného programu: leden 2015

Plné texty příspěvků do sborníku: 15. 2. 2015

Přihlášky účasti: 28. 2. 2015



## Veřejné zakázky a ETV

**Evžen Ondráček**

České ekologické manažerské centrum, Praha

E-mail: [ondracek@cemc.cz](mailto:ondracek@cemc.cz)

Veřejné instituce po celém světě si stanovují ve veřejných zakázkách stále vyšší závazek snižování dopadů na životní prostředí. Na technologie, služby, stavební práce se pohlíží z pohledu celého životního cyklu. Hlavním průkopníkem v této oblasti jsou země, kde kvalita životního prostředí jde ruku v ruce s kvalitou života, Kanada a Korea.



Kanadský ETV program zajišťuje na základě licence kanadského ministerstva životního prostředí „Globe Performance Solutions“. Rozvíjí koncept ověřování jako součást politiky veřejných zakázek, hlavními cíli této iniciativy jsou:

- Zařazení ETV programu do veřejných zakázek vlády Kanady.
- Širší uznání a přijetí zásady „hodnota za peníze“ v rámci procesu zadávání veřejných zakázek, přesahující zásadu „nejnižší cena“.
- Včasné přijetí a využívání inovativních technologií s ověřeným výkonem.



V Koreji existují dva typy programů ETV: Nové vynikající technologie (NET) a Ověření technologie (ET). NET se skládá z kontroly na místě a z přezkumu technologie. ET zahrnuje ověření technologie na místě a revizi dokumentů. Certifikované nebo ověřené technologie získávají benefit v podobě extra bodů ve veřejných zakázkách, uznání dostatečné reference a samozřejmostí je reklama na webových stránkách programu a konferencích. Korejské ministerstvo životního prostředí poskytuje podporu až do výše 50% nákladů na ověření na podporu komercializace vyvinutých environmentálních technologií.



V Evropě jsme stále ve stádiu příprav. Předpokládá se, že EU ETV program bude hrát důležitou roli v procesu zadávání veřejných zakázek. Nová směrnice bude podporovat veřejné instituce, aby zvážily při jejich nákupních rozhodnutích celý životní cyklus produktů. To bude zahrnovat jak interní náklady, tak náklady přičítané environmentálním externalitám (včetně tzv. uhlíkové stopy).

Programy a projekty místního, regionálního a národního charakteru se zaměřením na trvalou hodnotu by měly věnovat mimořádnou pozornost ETV. Veřejní zadavatelé mohou vyžadovat zkušební zprávy nebo osvědčení od orgánu posuzování shody, jak o shodě s požadavky a kritérii stanovenými v technické specifikaci, v kritériích pro zadání zakázky nebo v podmínkách plnění zakázky.

ETV je vhodný nástroj k prokázání splnění podmínek veřejné zakázky.

*Nerecenzované, redakční a komerční příspěvky*