

ODBORNÝ ČASOPIS PRE PODNIKATEĽOV, ORGANIZÁCIE, OBCE, ŠTÁTNU SPRÁVU A OBČANOV

1. MINIMALIZÁCIA, ZHODNOCOVANIE A ZNEŠKODŇOVANIE

- **VÝSKYT PRVKOV VZÁCNÝCH ZEMÍN VO SVETELNÝCH ZDROJOCH A MOŽNOSTI ICH RECYKLÁCIE**
Anna Kochmanová, Andrea Miškuťová, Marek Palenčár
- **KRUHOVÁ EKONOMIKA (CIRCULAR ECONOMY)** *Ing. Anna Darnadyová*
- **VÝBER ZO SPOLOČNÉHO POH OBCÍ OKRESU STARÁ ĽUBOVŇA** *Ing. Juraj Špes*
- **AJ MALÉMU ELEKTROODPADU TREBA VENOVAŤ VEĽKÚ POZORNOSŤ** *Kolektív*
- **Z ODPADOVÉHO HOSPODÁRSTVA SLOVENSKÝCH MIEST A OBCÍ** *Kolektív*
- **POROVNANIE VÝŠKY POPLATKOV ZA SKLÁDKOVANIE KOMUNÁLNEHO ODPADU V EURÓPSKEJ ÚNII**
Michal Stričík, Monika Čonková
- **ANTIVIBRAČNÉ A PROTIHLUKOVÉ CLONY VYROBENÉ Z TEXTILNÉHO ODPADU V KRAJNOM ZAUJALI ČIŇANOV** *Kolektív*
- **ZELENÁ HLIADKA A MAGISTRÁT BRATISLAVY BOJUJÚ PROTI NELEGÁLNYM SKLÁDKAM** *Kolektív*

2. PREDPISY, DOKUMENTY, KOMENTÁRE

- **RECYKLAČNÝ FOND SKONČÍ A ČO ĎALEJ?** *h. prof. Ing. František Máteľ, CSc.*
- **NOVELA ZÁKONA O POSUDZOVANÍ VPLYVOV NA ŽIVOTNÉ PROSTREDIE REAGUJE NA NEDOSTATKY, KTORÉ NÁM VYTÝKA EÚ OHĽADNE ZABEZPEČENIA PRÁV DOTKNUTEJ VEREJNOSTI** *Kolektív*
- **INFORMÁCIA O ZMENE INDIKATÍVNEHO ZOZNAMU VEĽKÝCH PROJEKTOV V RÁMCI OPERAČNÉHO PROGRAMU ŽIVOTNÉ PROSTREDIE** *Kolektív*
- **NOVÝ ZÁKON A TRENDY ENERGETICKEJ EFEKTÍVNOSTI** *Kolektív*
- **EKOLOGICKÉ ASPEKTY V NOVELÁCH ZÁKONOV O MIESTNYCH DANIACH, O DANÍ Z MOTOROVÝCH VOZIDIEL A O OBCHODOVANÍ S EMISNÝMI KVÓTAMI** *Kolektív*
- **POKUTY ZA PORUŠENIE PREDPISOV Z OBLASTI ODPADOVÉHO HOSPODÁRSTVA, OCHRANY OVZDUŠIA A OCHRANY PRÍRODY ZA I. POLROK** *Kolektív*
- **ZATIAĽ SME VYČERPALI LEN POLOVICU ZELENÝCH EUROFONDOV NA ROKY 2007 – 2013** *Kolektív*

3. SPEKTRUM

- **MULTIFUNKČNÉ IHRISKÁ PRE ŠKOLY V TRNAVE A MICHALOVCIACH, KTORÉ V EKOHRE ODOVZDALI NAJVIAC PET-FLIAŠ** *Kolektív*
- **DO TRETIEHO ROČNÍKA OLIMPIÁDY SA DOPOSIAL PRIHLÁSIL 17 850 DETÍ** *Kolektív*
- **ZELENÉ BUDOVY NEZAŤAŽUJÚ ŽIVOTNÉ PROSTREDIE A ŠETRIA ZDROJE** *Kolektív*
- **POZVÁNKA NA KONFERENCIU SAMOSPRÁVA A TRIEDENÝ ZBER 2014** *Kolektív*
- **ENERGETICI A OCHRANÁRI SPOLOČNE PRI RIEŠENÍ PROBLÉMU ELEKTRICKÝCH VEDENÍ USMRČUJÚCICH VTÁKY** *Kolektív*
- **VLÁDA SCHVÁLILA „AKČNÝ PLÁN NA IMPLEMENTÁCIU OPATRENÍ VYCHÁDZAJÚCICH S AKTUALIZOVANEJ NÁRODNEJ STRATÉGIE OCHRANY BIODIVERZITY DO ROKU 2020“** *Kolektív*
- **ZAUJÍMAVOSTI ZO ZAHRANIČIA** *Kolektív*



epos

ISSN 1335-7808



9 771335 780004

80

OBSAH

1. MINIMALIZÁCIA, ZHODNOCOVANIE A ZNEŠKODŇOVANIE

- **VÝSKYT PRVKOV VZÁCNÝCH ZEMÍN VO SVETELNÝCH ZDROJOCH A MOŽNOSTI ICH RECYKLÁCIE** 3
Anna Kochmanová, Andrea Miškufová, Marek Palenčár
- **KRUHOVÁ EKONOMIKA (CIRCULAR ECONOMY)** 11
Ing. Anna Darnadyová
- **VÝBER ZO SPOLOČNÉHO POH OBCÍ OKRESU STARÁ ĽUBOVŇA** 13
Ing. Juraj Špes
- **AJ MALÉMU ELEKTROODPADU TREBA VENOVAŤ VEĽKÚ POZORNOSŤ** 20
Kolektív
- **Z ODPADOVÉHO HOSPODÁRSTVA SLOVENSKÝCH MIEST A OBCÍ** 22
Kolektív
- **POROVNANIE VÝŠKY POPLATKOV ZA SKLÁDKOVANIE KOMUNÁLNEHO ODPADU V EURÓPSKEJ ÚNII** 24
Michal Stričík, Monika Čonková
- **ANTIVIBRAČNÉ A PROTIHLUKOVÉ CLONY VYROBENÉ Z TEXTILNÉHO ODPADU V KRAJNOM ZAUJALI ČÍŇANOV** 29
Kolektív
- **ZELENÁ HLIADKA A MAGISTRÁT BRATISLAVY BOJUJÚ PROTI NELEGÁLNYM SKLÁDKAM** 30
Kolektív

2. PREDPISY, DOKUMENTY, KOMENTÁRE

- **RECYKLAČNÝ FOND SKONČÍ A ČO ĎALEJ?** 31
h. prof. Ing. František Máteľ, CSc.
- **NOVELA ZÁKONA O POSUDZOVANÍ VPLYVOV NA ŽIVOTNÉ PROSTREDIE REAGUJE NA NEDOSTATKY, KTORÉ NÁM VYTÝKA EÚ OHĽADNE ZABEZPEČENIA PRÁV DOTKNUTEJ VEREJNOSTI** 33
Kolektív
- **INFORMÁCIA O ZMENE INDIKATÍVNEHO ZOZNAMU VEĽKÝCH PROJEKTOV V RÁMCI OPERAČNÉHO PROGRAMU ŽIVOTNÉ PROSTREDIE** 34
Kolektív
- **NOVÝ ZÁKON A TRENDY ENERGETICKEJ EFEKTÍVNOSTI** 36
Kolektív
- **EKOLOGICKÉ ASPEKTY V NOVELÁCH ZÁKONOV O MIESTNYCH DANIACH, O DANÍ Z MOTOROVÝCH VOZIDIEL A O OBCHODOVANÍ S EMISNÝMI KVÓTAMI** 38
Kolektív
- **POKUTY ZA PORUŠENIE PREDPISOV Z OBLASTI ODPADOVÉHO HOSPODÁRSTVA, OCHRANY OVZDUŠIA A OCHRANY PRÍRODY ZA I. POLROK** 39
Kolektív
- **ZATIAĽ SME VYČERPALI LEN POLOVICU ZELENÝCH EUROFONDOV NA ROKY 2007 – 2013** 41
Kolektív

3. SPEKTRUM

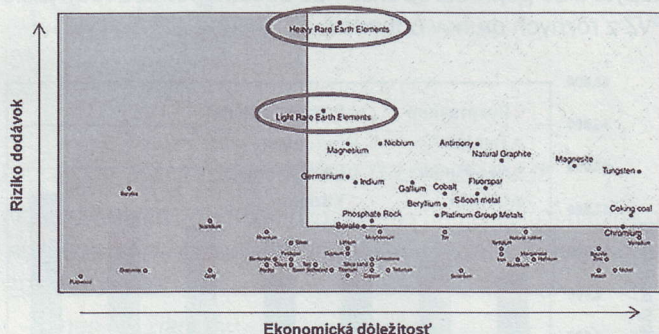
- **MULTIFUNKČNÉ IHRISKÁ PRE ŠKOLY V TRNAVE A MICHALOVCIACH, KTORÉ V EKOCHRE ODOVZDALI NAJVIAC PET-FLIAŠ** 42
Kolektív
- **DO TRETIEHO ROČNÍKA OLOMPIÁDY SA DOPOSIAL' PRIHLÁSILO 17 850 DETÍ** 43
Kolektív
- **ZELENÉ BUDOVY NEZAŤAŽUJÚ ŽIVOTNÉ PROSTREDIE A ŠETRIA ZDROJE** 43
Kolektív
- **POZVÁNKA NA KONFERENCIU SAMOSPRÁVA A TRIEDENÝ ZBER 2014** 45
Kolektív
- **ENERGETICI A OCHRANÁRI SPOLOČNE PRI RIEŠENÍ PROBLÉMU ELEKTRICKÝCH VEDENÍ USMRCUJÚCICH VTÁKY** 46
Kolektív
- **VLÁDA SCHVÁLILA „AKČNÝ PLÁN NA IMPLEMENTÁCIU OPATRENÍ VYCHÁDZAJÚCICH S AKTUALIZOVANEJ NÁRODNEJ STRATÉGIE OCHRANY BIODIVERZITY DO ROKU 2020“** 47
Kolektív
- **ZAÚJÍMAVOSTI ZO ZAHRANIČIA** 47
Kolektív

Anna Kochmanová¹⁾, Andrea Miškufová¹⁾, Marek Palenčár¹⁾

VÝSKYT PRVKOV VZÁCNÝCH ZEMÍN VO SVETELNÝCH ZDROJOCH A MOŽNOSTI ICH RECYKLÁCIE

1. ÚVOD

V súčasnosti, keď panuje snaha o čoraz väčšiu miniaturizáciu zariadení a zvyšovanie výkonnosti všetkých typov technológií, sa do popredia dostávajú aj prvky vzácnych zemín (PVZ), ktoré sa v minulosti nevyužívali až v takom rozsahu ako dnes. V dôsledku vysokého dopytu po PVZ a ovplyvňovania dodávok PVZ do ostatných krajín Čínou sa v poslednom období extrémne zvýšili ceny PVZ. V najbližšom období sa očakáva nedostatok terbia, dysprózia, prazeodýmu, ale aj neodýmu, lantánu, európie a yttria. Náleziská, ktoré by Európskej únii (EÚ) umožnili ťažbu a výrobu PVZ z primárnych surovín, nie sú otvorené a Európa je významne závislá od dovozu surovín a high – tech kovov, teda aj PVZ [1].



Obr. 1: Kritické suroviny pre EÚ [3]

Problém nedostatku surovín a nedostatočného využívania surovínových zdrojov postupne vyústil do novej iniciatívy EÚ v oblasti surovínovej politiky. Európska komisia v oznámení z roku 2011 vytýčila 3 piliere iniciatív v oblasti surovín, pričom tretí z pilierov hovorí o zvýšení efektívneho využívania zdrojov a recyklácie [2].

V roku 2014 EÚ rozšírila zoznam z hľadiska dostupnosti v Európe kritických surovín (do ktorého patria aj PVZ), a to zo 14 na

20 surovín (obr. 1), pričom PVZ rozdelila na ľahké PVZ a ťažké PVZ. Ťažké PVZ, ku ktorým patrí aj yttrium, sú v tomto zozname na poprednom mieste [3]. Tieto kovy sa používajú napríklad v magnetoch, optických kábdoch, vo veterných turbínach, v automobiloch a pod. Jednou z dôležitých aplikácií PVZ sú aj luminofóry v zobrazovacích a osvetľovacích technológiách.

Cieľom príspevku je popísať vybrané prvky vzácnych zemín – yttrium a európieum, ich použitie v najčastejšie využívaných svetelných zdrojoch a možnosti získavania týchto kovov z odpadov zo spomínaných technológií.

2. VŠEOBECNÁ CHARAKTERISTIKA VYBRANÝCH PVZ

Do skupiny 17 prvkov vzácnych zemín patria lantanoidy (lantán až lutécium), syntetické prométium a na základe podobných vlastností sa sem radia aj yttrium a skandium.

Nakoľko sa príspevok venuje najmä obsahu a možnostiam získavania Y a Eu z fluorescenčných lúčov, v ďalšej časti sa budeme zaoberať vybranými vlastnosťami práve týchto PVZ.

Yttrium sa na základe podobných vlastností (tab. 1) zaraďuje do skupiny ťažkých PVZ. Ľahko sa rozpúšťa v zriedených kyselinách, takmer sa nerozpúšťa v koncentrovanej kyseline sírovej. Alkalické rozpúšťadlá naň nepôsobia. Yttrium sa vznečuje na vzduchu pri 470 °C a pri horení sfarbuje plameň na červeno. Práškové yttrium veľmi rýchlo podlieha samovoľnej oxidácii. Vytvára viaceré chemické zlúčeniny (hydroxidy, sily, halogenidy, šľaveľany). Reaguje aj s oxidmi dusíka za vzniku dusičnanu ytritného $Y(NO_3)_3$ [4].

Európieum patrí k ľahkým PVZ. V kovovej forme je mäkké a kujné, má nízku pevnosť v ťahu. Vyskytuje sa v oxidačných stavoch Eu^{2+} , Eu^{3+} a Eu^{4+} , pričom Eu^{2+} je silné redukčné činidlo. Ión Eu^{3+} je bezfarebný. Európieum vytvára anorganické zlúčeniny (napr. oxidy, halogenidy, hydroxidy, soli oxokyselín) [5].

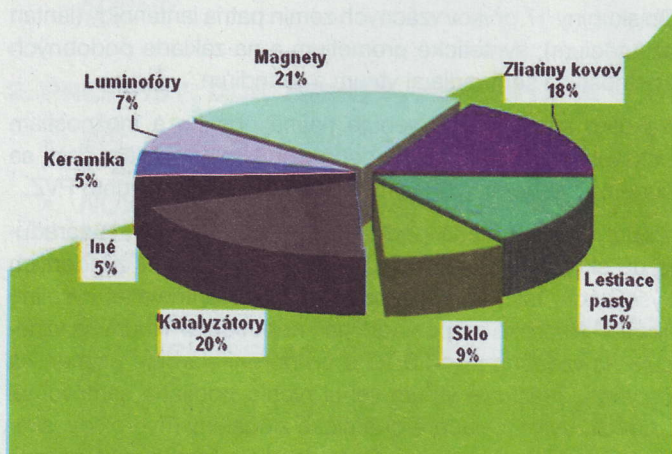
Tab. 1: Rozdelenie a použitie PVZ [6]

Ľahké PVZ	Chemická značka	Použitie	Ťažké PVZ	Chemická značka	Použitie
Lantán	La	luminofóry hybridné motory zliatiny kovov	Terbium	Tb	luminofóry permanentné magnety
Cér	Ce	luminofóry autokatalyzátory rafinácia ropy zliatiny kovov	Dyspróziu	Dy	permanentné magnety hybridné motory
Prazeodým	Pr	magnety	Erbium	Er	luminofóry

* Technická univerzita v Košiciach, Hutnícka fakulta, Katedra neželezných kovov a spracovania odpadov, Letná 9, 042 00 Košice

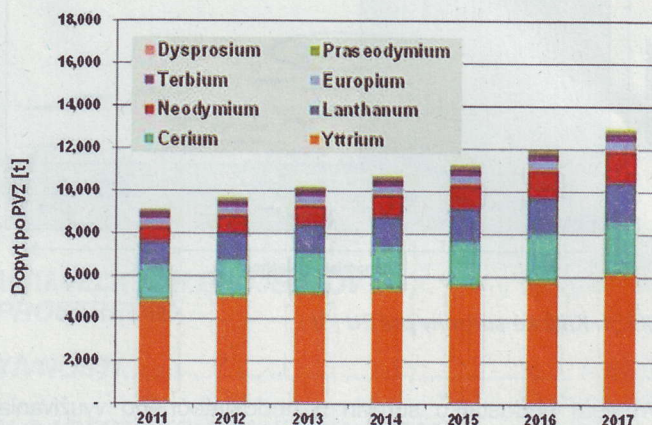
Neodým	Nd	autokatalyzátory rafinácia ropy pevné disky slúchadlá hybridné motory	Ytrium	Y	luminofóry keramika zliatiny kovov
Samárium	Sm	magnety	Holmium	Ho	pigmentácia skla lasery
Európium	Eu	luminofóry	Túlium	Tm	röntgeny
Gadolínium	Gd	magnety	Lutécium	Lu	katalyzátory pri rafinácii ropy
Skandium	Sc	letecký priemysel	Yterbium	Yb	lasery zliatiny ocele
Prométium	Pm	nukleárne (jadrové) batérie			

PVZ sa v najväčšom zastúpení využívajú v magnetoch, zliatinách a katalyzátoroch, pričom najväčšie množstvo yttria a európie sa používa vo forme luminofórov v elektrozaariadeniach, keramike a priemyselných katalyzátoroch (obr. 2 a tab. 2).



Obr. 2: Možnosti použitia PVZ [7]

Z dôvodu pomerne širokého spektra využitia PVZ a neustále narastajúcej spotreby týchto kovov (obr. 3) produkcia Číny ako majoritného výrobcu PVZ nepostačuje na uspokojovanie dopytu a do popredia sa stále viac dostáva potreba recyklácie PVZ z rôznych druhov odpadov.



Obr. 3: Dopyt po PVZ 2011-2017 [10]

Tab. 2: Výskyt yttria v elektrických a elektronických zariadeniach [8, 9]

Druh OEEZ	Ytrium [mg/zariadenie]
Prenosné videohry	3
Herné konzoly	25
Videokamery	88
Digitálne kamery	2 – 36
Dialkové ovládania	0.1 – 0.2
Bezdrôtové domáce telefóny	3
Kalkulačky	0.08 – 2
LCD monitory	16
LED monitory	3.2
LCD televízory	110

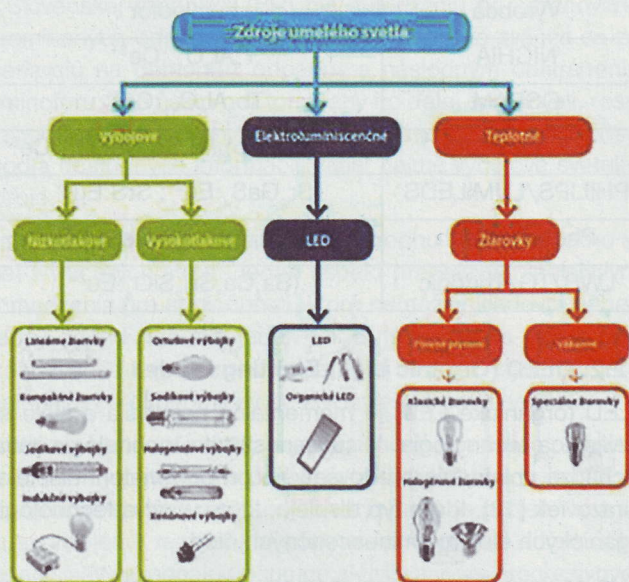
3. OSVETĽOVACIE TECHNOLOGIE AKO ZDROJ PVZ

Nakoľko veľká časť luminofórov sa používa v osvetľovacích technológiách, tento príspevok sa zameriava na popisovanie možnosti získavania PVZ práve z odpadov z osvetľovacích technológií.

Podľa vyhlášky MŽP SR č. 315/2010 Z.z. o nakladaní s elektrozaariadeniami a s elektroodpadom patria svetelné zdroje do kategórie číslo 5: Osvetľovacie zariadenia. Táto kategória sa ďalej delí na 7 skupín, pričom vybrané svetelné zdroje s obsahom luminofóru sa zaraďujú do nasledovných skupín:

- 5.2 Lineárne žiarivky,
- 5.3 Kompaktné žiarivky,
- 5.6 Iné osvetľovacie zariadenia alebo telesá na šírenie a usmerňovanie svetla s výnimkou žiaroviek s wolfrámovým vláknom a
- 5.7 Iné [11].

Ďalšia z možností, ako rozdeliť svetelné zdroje, je zobrazená na obr. 4.



Obr. 4: Rozdelenie svetelných zdrojov [12]

3.1. VÝBOJOVÉ SVETELNÉ ZDROJE

Výbojové svetelné zdroje rozdeľujeme podľa tlaku a náplne na nízkotlakové a vysokotlakové výbojové zdroje. K nízkotlakovým zdrojom patria:

- lineárne žiarivky,
- kompaktné žiarivky,
- nízkotlakové sodíkové výbojky a
- indukčné výbojky.

K vysokotlakovým výbojovým zdrojom patria nasledovné výbojky:

- vysokotlakové ortuťové a sodíkové,
- halogenidové,
- xenónové a
- zmesové [13].

Podľa vyhlášky MŽP SR č. 284/2001 Z.z., ktorou sa ustanovuje Katalóg odpadov, je možné zaradiť použité svetelné zdroje:

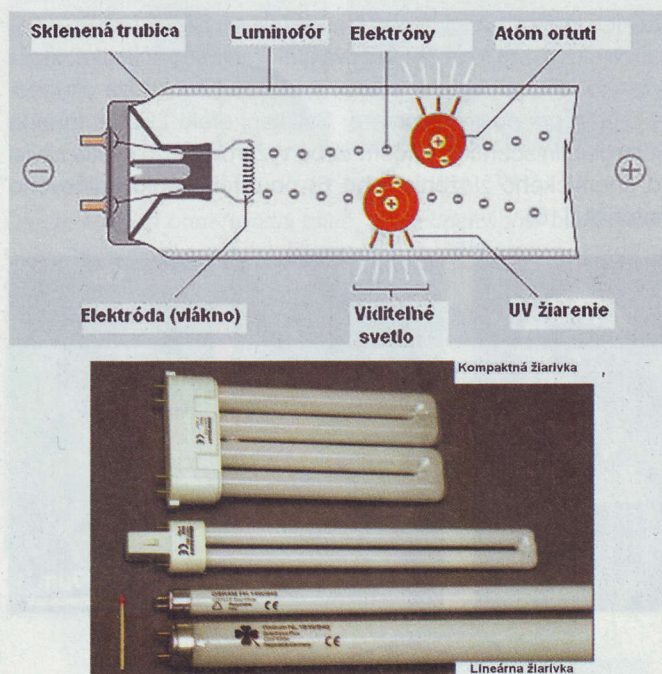
- do skupiny 20 ako druh odpadu 20 01 21 – Žiarivky a iný odpad obsahujúci ortuť alebo
- do skupiny 16 ako druh odpadu 16 02 15 – Nebezpečné časti odstránené z vyradených zariadení.

V oboch prípadoch ide o nebezpečný odpad [14].

Lineárne a kompaktné žiarivky, ktoré obsahujú luminofór, je možné nazvať aj fluorescenčné lampy (FL). Je to druh elektrického svetelného zdroja, ktorý na premenu elektrickej energie na svetelnú využíva žiarenie tlejivého elektrického výboja v parách ortuť. Samotný výboj vyžaruje neviditeľné ultrafialové žiarenie, ktoré ožaruje tenkú vrstvu vhodného luminofóru na-

neseného na vnútornej strane banky žiarivky. Žiarenie excituje molekuly luminofóru, ktoré následne po návrate do pôvodného energetického stavu emitujú fotóny viditeľného svetla (obr. 5). Tento jav sa nazýva fluorescencia (odtiaľ je odvodený aj anglický názov žiarivky – fluorescent lamp) [7].

Fluorescenčné lampy obsahujú od 2 do 5 % ytria a cca 15 % vápnika. Okrem týchto prvkov obsahujú vo väčšom množstve aj kremík a iné PVZ (La, Eu, Tb). Práve odpady z FL tvoria skupinu najviac spracovávaných svetelných zdrojov nielen na Slovensku, ale aj v celosvetovom meradle.



Obr. 5: Zloženie a princíp fungovania fluorescenčných lúč [7, 15]

3.2. ELEKTROLUMINISCENČNÉ SVETELNÉ ZDROJE

Ďalšou alternatívou sú svetelné zdroje využívajúce LED technológiu, ktoré postupne nahrádzajú aj úsporné žiarivky a žiarovky. Patria sem:

- Light Emitting Diode (LED) a
- Organic Light Emitting Diode (OLED).

Podľa vyhlášky MŽP SR č. 284/2001 Z.z. existuje niekoľko možností, ako možno zaradiť použité LED a OLED. Zaradenie podľa katalógu odpadov závisí najmä na zložení daného svetelného zdroja. Pokiaľ obsahuje nebezpečné zložky (napr. arzén), je možné tieto svetelné zdroje zaradiť do skupiny číslo 16:

- ako 16 02 13 – Vyradené zariadenia obsahujúce nebezpečné časti iné ako uvedené v 16 02 09 až 16 02 12 (2) alebo
- ako 16 02 15 – Nebezpečné časti odstránené z vyradených zariadení.

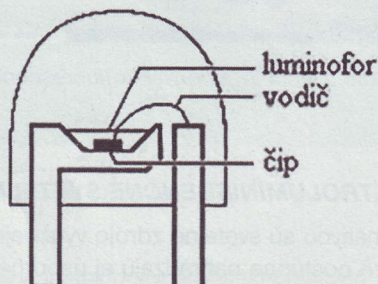
V oboch prípadoch ide o nebezpečný odpad. Pokiaľ spomínané svetelné zdroje neobsahujú nebezpečné zložky, je možné ich zaradiť:

- do skupiny 20 ako 20 03 99 – Komunálne odpady inak nešpecifikované alebo
- do skupiny 16 ako 16 02 14 – Vyradené zariadenia iné ako uvedené v 16 02 09 až 16 02 13, respektíve ako 16 02 16 – Časti odstránené z vyradených zariadení iné ako uvedené v 16 02 15.

V tomto prípade ide o ostatný odpad [14].

3.2.1. LED (Light Emitting Diode)

LED je skratka z anglického Light-emitting Diode (svetlo vyžarujúca dióda). Je to polovodičová elektronická súčiastka, ktorá vyžaruje úzkospektrálne svetlo, keď ňou prechádza elektrický prúd v priepustnom smere. Svetiaci efekt LED je formou elektroluminiscencie, pričom farba vyžarovaného svetla závisí od chemického zloženia (obr. 6) použitého polovodičového materiálu [16].



Obr. 6: Príklad zloženia LED žiarovky [17, 18]

Na výrobu luminiscenčných LED diód sa používajú polovodičové prvky, ako napr. arzenid gália GaAs, fosfid gália GaP, arzenid – fosfid gália GaAsP, karbid kremika SiC [19], nitrid gália GaN a gálium - nitrid india InGaN [17].

Rovnako ako v zobrazovacích technológiách a fluorescenčných lampách aj v LED žiarovkách sa nachádza červený, zelený a modrý luminofór [19], ktorý je nanosený na čipe a zapuzdrený napr. v epoxide, polykarbonáte a podobne [20]. Používa sa viacero druhov týchto luminofórov, záleží to od výrobcu, kvality svetelného zdroja, požadovanej farby žiarenia a použitia tohto svetelného zdroja. Zloženie LED jednotlivých výrobcov je zobrazené v tab. 3 [19].

Tab. 3: Druhy luminofórov používané rôznymi výrobcami svetelných zdrojov [19]

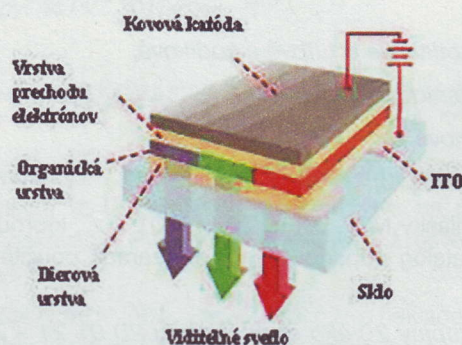
Výrobca	Luminofór
NICHIA	$\text{Y}_3\text{Al}_2\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}$
OSRAM	$\text{Tb}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}$
GE, GELcore	$(\text{Y}, \text{Lu}, \text{Gd}, \text{Tb})_3(\text{Al}, \text{Sc}, \text{Ga})_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}$
PHILIPS/LUMILEDS	$\text{Sr}_2\text{GaS}_4:\text{Eu}^{2+}$; $\text{SrS}:\text{Eu}^{2+}$
PhosphorTech	$(\text{Zn}, \text{Ca}, \text{Sr}, \dots)(\text{S}, \text{Se}, \dots):\text{Eu}^{2+}$
LWB/TG/Tridonic	$(\text{Ba}, \text{Ca}, \text{Sr})_2\text{SiO}_4:\text{Eu}^{2+}$

3.2.2. OLED (Organic Light Emitting Diode)

OLED (organické LED) je momentálne najnovšia a stále sa rozvíjajúca technológia. V súčasnosti táto technológia zatiaľ nachádza uplatnenie predovšetkým pri podsvietení displejov obrazoviek [12]. Ide o typ displeja, ktorý využíva technológiu organických elektroluminescenčných diód.

Sú to dosky s definovanými rozmermi, ktoré svietia súmerným svetlom a vytvárajú tak rovnomerné svetelné plochy. Môžu tak vytvárať napríklad ilúziu denného svetla svietiaceho cez okno do izby. Ďalším využitím v domácnostiach alebo iných vnútorných priestoroch môžu byť akési OLED „tapety“, ktoré sa umiestnia vo svetelných pásach na steny izby.

OLED osvetlenie (obr. 7), na rozdiel od ostatných technológií, funguje na princípe vedenia prúdu jednou alebo viacerými tenkými organickými polovodičovými vrstvami (filmami). Tieto vrstvy sú vložené medzi negatívne nabitú vrstvu hliníka a kladne nabitú priehľadnú vrstvu oxidu india a spolu sa nanášajú na sklo alebo iný priehľadný materiál. Cez organický film sa na hliníkovú dosku privádza elektrický prúd. Vďaka tomu, že prúd prechádza filmom, film vyžaruje svetlo. Rôzne materiály použité na tento film emitujú svetlo rôznej farby [21].



Obr. 7: Princíp fungovania OLED [21]

Aj napriek pomerne vysokej cene, vysokým nárokom na výrobu a niektorým technickým obmedzeniam sa práve OLED javí ako svetelný zdroj, s ktorým treba v budúcnosti určite rátať. Minimálne v obrazovkách, kde v jednotke podsvietenia môže nahradiť FL a LED. Jeho nespornou výhodou je vysoká účinnosť pri nízkej spotrebe elektrickej energie.

4. MOŽNOSTI SPRACOVANIA FLUORESCENČNÝCH LÁMP

V Slovenskej republike (SR) má autorizáciu na spracovanie spomínaných odpadov 6 spoločností [22], no zväčša sa zameriavajú na demontáž odpadov s následným odstránením luminofóru, a to často bez toho, aby ho ďalej spracovali, resp. poskytli na spracovanie. V súčasnosti sa v SR spracúvajú (podľa dostupných informácií) zatiaľ najmä výbojové svetelné zdroje.

Na druhej strane, problém je však trochu širší a treba ho vidieť z viacerých strán. Jeden aspekt predstavujú legislatívne obmedzenia pre spoločnosti, ktoré nemôžu skladovať nebezpečný odpad viac ako jeden rok a následne ho musia odovzdať zväčša len na zneškodnenie aj napriek tomu, že jeho materiálový a ekonomický potenciál je extrémne vysoký.

Druhým aspektom je fakt, že v súčasnosti neexistuje potrebný vedomostný potenciál v oblasti recyklácie PVZ a nakoniec aj dostatočné spracovateľské kapacity. Preto je potrebné sa tomuto problému venovať komplexne a podporovať jednak úpravu legislatívy a jednak výskumné aktivity a vývoj progresívnych recyklačných procesov v tomto smere.

Čo sa týka moderných spôsobov spracovania a recyklácie svetelných zdrojov, rozoznávame dva základné postupy, a to

- chemický a
- termický.

Chemický spôsob využíva schopnosť ortuti vytvárať so sírou prakticky nerozpustnú a netoxickú zlúčeninu, sulfid ortuťnatý (HgS). Od tohto spôsobu spracovania sa postupne upúšťa, nakoľko nerieši otázku recyklácie ortuti ako takej a ďalších dôležitých kovov.

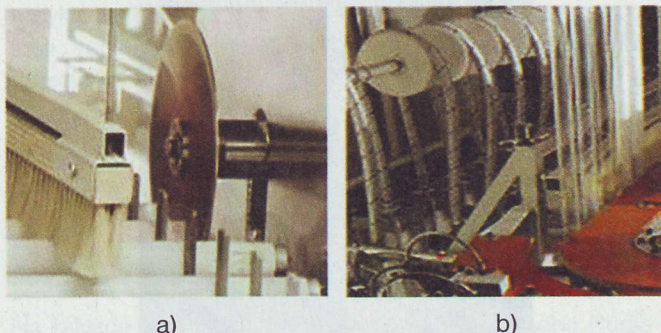
Z environmentálneho hľadiska je najvhodnejší druhý postup spracovania, teda termický, ktorý využíva napríklad aj spoločnosť ELEKTRO RECYCLING, s.r.o., Banská Bystrica. Tento pozostáva z

- oddeľovania päťíc a
- drvenia a separácie jednotlivých zložiek lámp (sklo, kovy, plasty, luminofór, ortuť) [13].

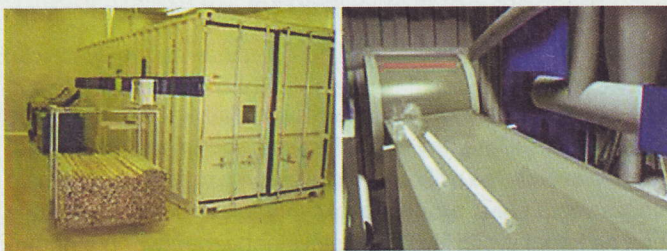
Podľa typu svetelných zdrojov sa rozlišujú dve metódy termickej recyklácie:

- a) **Metóda oddeľovania päťíc (obr. 8) – recyklácia lineárnych a nízkotlakových žiaroviek.** Tento postup umožňuje získať pri recyklácii lineárnych žiaroviek mimoriadne čisté sklo. V prvom kroku sú žiarivky manuálne ukladané na dopravníkový pás, kde sú následne zrezané ich konce (päťice). V druhom kroku sa pomocou tlaku vzduchu vyfukuje fluorescenčný prach z trubíc. Na dosiahnutie čistej sklenej frakcie je dôležité zachovanie vysokej presnosti v tomto kroku. Konce žiaroviek, sklo a fluorescenčný prach sú následne separované. Výhodou tohto procesu je možnosť opätovného použitia fluorescenčného prachu [23, 24].
- b) **Metóda drvenia (obr. 9 až 11) – recyklácia nízkotlakových a vysokotlakových svetelných zdrojov.** Pri

tomto procese sú svetelné zdroje drvené v rotačných valcoch a následne putujú do tzv. bubnového systému, v ktorom dochádza k separácii jednotlivých komponentov, t. j. skla, luminofóru, kovov a ortuti. Tieto komponenty sa spracovávajú osobitne. Materiálové zhodnotenie pri tejto metóde dosahuje 80 až 98 % [23, 24].

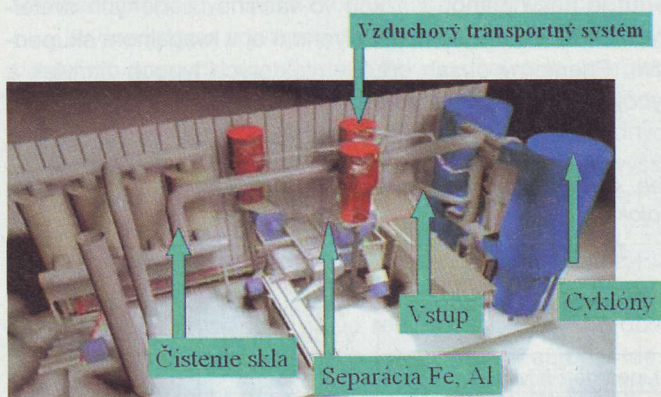


Obr. 8: Metóda oddeľovania päťíc, a) – oddeľovanie päťíc lineárnych žiaroviek, b) – vyfúknutie fluorescenčného prachu z trubice [24]



Obr. 9: Kompaktná drviaca a separačná linka MRT [24]

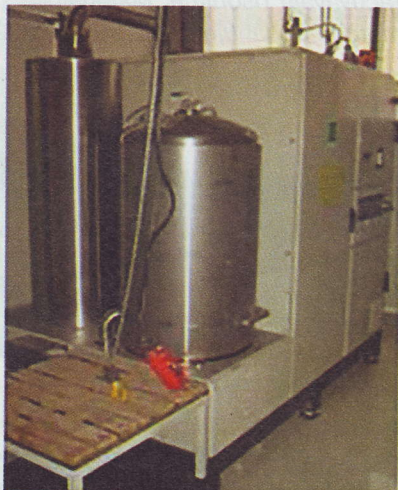
Obr. 10: Drvenie FL [13]



Obr. 11: Proces spracovania FL, pohľad zvnútra [13]

V odseparovanej frakcii fluorescenčného prachu sa ďalej zhodnocuje destiláciou. Vsádzka je umiestnená vo vákuovej komore. Podľa typu spracovávaného odpadu sa navolí príslušný program, ktorý spracuje materiál v úplne automatickom procese. Destilácia ortuti sa spúšťa teplom (elektrické vyhrievanie), ortuťové pary sa následne zachytávajú na chladiacich prvkoch (kondenzátoroch) a získava sa kvapalná ortuť s vysokou čistotou až 99,99 %. Ortuť je určená na opätovné využitie, luminofór z destilácie sa odváža na skládku [25]. Destilátor ortuti je zobrazený na obr. 12.

V destilátore ortuti je možné zhodnotiť viaceré typov odpadov s obsahom ortuti, teda nielen svetelné zdroje (napr. gombíkové batérie, teplomery, dentálny amalgám a pod.) [26].



Obr. 12: Destilátor ortuti [26]

Zatiaľ čo množstvo ortuti v úsporných žiarivkách je pomerne malé (do 10 miligramov na žiarivku) a neporušené žiarivky nepredstavujú žiadne riziko, no ak sa žiarivka rozbije, aj toto malé množstvo sa stáva problematické. Výbojový svetelný zdroj sa teda na konci svojej životnosti stáva nebezpečným odpadom, pretože pri prípadnom rozbití tohto odpadu dochádza k nežiaducemu úniku ortuti do prostredia [23].

Ortuť je nevyhnutnou zložkou vo väčšine uvedených svetelných zdrojov. Je prítomná v plynnom aj v kvapalnom skupenstve. Priemerný obsah ortuti v niektorých typoch žiariviek a výbojok je uvedený v tab. 4 [23].

Tab. 4: Priemerný obsah ortuti v niektorých typoch žiariviek a výbojok [23]

Typ svetelného zdroja	Množstvo ortuti	
	Priemerne v zdroji [mg]	Celkovo v EÚ za rok [kg]
Lineárne žiarivky	15	4 500
Kompaktné žiarivky	5	200
Vysokotlakové ortuťové výbojky	30	300
Halogenidové výbojky	30	80
Vysokotlakové sodíkové výbojky	25	160
Spolu	-	5 240

Problematika recyklácie jednotlivých frakcií zo spracovania FL je v súčasnosti v značnej miere doriešená, ale s výnimkou frakcie luminofóru. Spracovanie tejto zložky FL predstavuje problém, ktorému je potrebné venovať sa najmä z dôvodu opätovného získania strategických a kritických surovín pre EÚ.

5. MOŽNOSTI RECYKLÁCIE LUMINOFÓRU Z FLUORESCENČNÝCH LÁMP VO VÝSKUMNOM MERADLE

Fluorescenčné lampy ako jeden z najčastejších odpadov s obsahom PVZ si taktiež zasluhuje pozornosť. Napríklad, v roku 2007 bolo v Európe predaných okolo 288 miliónov kompaktných fluorescenčných lámp [27], čo pri životnosti týchto lámp znamená, že v najbližšom období môžeme očakávať zodpovedajúce množstvo odpadu z FL.

Za predpokladu, že jedna takáto lampa obsahuje 1,5 g luminofóru [28], po spracovaní vyradených lámp by sa mohlo získať približne 432 000 kilogramov luminofóru, čo by pri priemernom obsahu yttria (3 %) mohlo znamenať približne 13 000 kg yttria. Samozrejme, len za predpokladu, že účinnosť zberu a recyklácie FL bude 100 %, čo však v súčasnosti z viacerých dôvodov nie je dosiahnuteľné.

Čo sa týka úrovne recyklácie, v súčasnosti sa recykluje len zhruba 1 % odpadov s obsahom PVZ. Spoločnosti ako Solvay, Rhodia a Umicore majú eminentný záujem o získavanie PVZ a recykláciu odpadov s obsahom PVZ [1], ale najväčšiu pozornosť luminoforom venujú najmä výskumné kolektívy a organizácie.

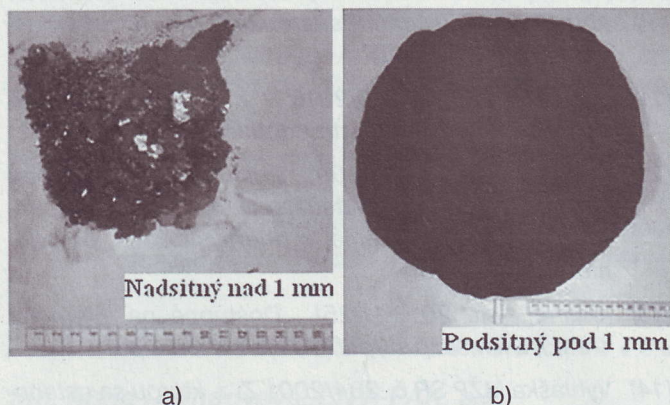
Možnostiam spracovania tohto nebezpečného odpadu v laboratórnych podmienkach sa vo svojej práci venovala aj Innocenzi V. a kolektív z University of L'Aquila v Taliansku. Luminofór obsahoval 4,57 % Y, 0,05 % Zn a 14,57 % Ca. Sledovaný proces pozostával z kyslého lúhovania v roztoku kyseliny sírovej a čistenia roztoku po lúhovaní použitím NaOH a Na₂S. V konečnom kroku sa použitím roztoku kyseliny šľaveľovej (40 g/l) vyprecipitovali šľaveľany yttria, ktoré sa kalcinovali po dobu 1 hodiny pri 600 °C za vzniku oxidu yttritého. Výťažnosť daného procesu dosiahla 55 % a čistota finálnych produktov predstavovala viac ako 95 % [29].

Ďalším autorom, ktorý sa venoval spracovaniu FL, bol Tunsu C. a kolektív z Chalmers University of Technology vo Švédsku. V odpade sa identifikovala prítomnosť týchto PVZ: Ce, Eu, Gd, La, Tb a Y s priemerným obsahom 8,4±0,4 g/kg suchého odpadu. Najväčšiu časť zo skúmaného odpadu tvorilo ytrium a európium. Vápnik predstavoval cca 70 g/kg odpadu. Skúmali sa viaceré lúhovacie činidlá, pričom ako najvhodnejšie médium sa zvolil roztok kyseliny dusičnej. Pri optimálnych podmienkach sa dosiahlo vylúhovanie 97 % yttria a 95 % európie. Kovy z roztokov je možné následne získať iónovou výmenou. Samotným získavaním PVZ z roztokov pomocou uvedených činidiel sa autori bližšie nezaoberali [27].

Rabah M. (Central Metallurgical R&D Institute v Egypte), vo svojej práci popisuje získavanie PVZ z lámp tlakovým lúhovaním. Obsah yttria vo vzorke bol 1,65 %. Luminofór sa lúhoval pri zvýšenom tlaku v zmesi H₂SO₄ a HNO₃. Vápnik sa z vyluhu odstránil precipitáciou vo forme šľaveľanu. Sírany Y a Eu sa transformovali na tiokyanáty, ktoré sa následne z roztoku získavali pomocou organických rozpúšťadiel [30].

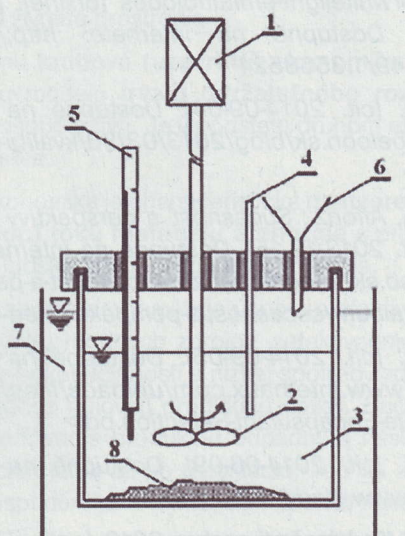
Spomínanej problematike sa na Slovensku venuje aj Katedra neželezných kovov a spracovania odpadov (KNKaSO; www.tuke.sk/hf-knkas) na Hutníckej fakulte, Technickej univerzite

v Košiciach. KNKaso vo svojich laboratóriách CENSO (www.censo.sk) a LSPO (www.lspo.sk) realizuje okrem iného aj výskum zameraný na získavanie strategických a zároveň vysoko deficitných prvkov vzácnych zemín z odpadov. Pre účely štúdia možnosti spracovania a recyklácie luminofórov z použitých fluorescenčných lúčov a získavania PVZ sa vzorka luminofóru najprv upravila sitovaním. Dôvodom úpravy bola vysoká heterogenita materiálu. Z luminofóru sa sitovaním na síte o veľkosti oka 1 mm (obr. 13) odstránili väčšie kusy skla a následne sa kvartáciou podsitnej časti (pod 1 mm) pripravila vzorka, ktorá sa použila na vstupné analýzy (chemické a fázové zloženie) a pre ďalšie spracovanie. Luminofór obsahoval cca 3 % PVZ.



Obr. 13: Luminofór: a) nadsitný podiel (nad 1 mm), b) podsitný podiel (pod 1 mm)

V prvom kroku sa skúmali podmienky hydrometalurgického spracovania luminofóru použitím viacerých lúhovacích médií využitím lúhovacej laboratórnej aparatúry (obr. 14). Ako najvhodnejšie sa zatiaľ ukazuje použitie H_2SO_4 pri zvýšenej teplote.



Legenda
1 – pohon miešadla, 2 – miešadlo,
3 – lúhovací rmut, 4 – otvor na vsypanie vzorky,
5 – teplomer, 6 – otvor na vsypanie vzorky,
7 – term. osla, 8 – vzorka

Obr. 14: Lúhovacia laboratórna aparatúra [1]

Výťažnosť ytria použitím 1 M H_2SO_4 pri teplote 60 °C bola 30 % a európie 70 %, a to v priebehu 60 minút. Ďalším skúmaním sa však zistilo, že teplota má významný vplyv na výťažnosť ytria a európie do roztoku, keďže pri vyššej teplote sa dosiahla vyššia výťažnosť PVZ až do 100 %.

Ukázalo sa, že chemické spracovanie je vhodnou metódou recyklácie PVZ, avšak je potrebné hlbšie preskúmať zákonitosti procesu lúhovania kovov a objasniť mechanizmus prevodu kovov do roztoku.

Okrem toho sa ďalej skúmajú aj možnosti čistenia výluhov a získavania PVZ z roztokov precipitáciou vo forme hydroxidov/štravčanov PVZ. Tento krok sa ukazuje ako kľúčový pri získavaní zlúčenín PVZ o požadovanej čistote. PVZ je možné z roztoku získavať napríklad aj kvapalinovou extrakciou a iónovou výmenou, čo je taktiež predmetom výskumu.

Na základe výsledkov dôkladného experimentálneho štúdia je následne možné navrhnúť optimálne podmienky spracovania a recyklácie PVZ z týchto odpadov s najnižšími možnými nákladmi a otestovať proces v poloprevádzkovom meradle v Centre spracovania odpadov (CENSO) na KNKaso (TUKE HF).

Čo sa týka získavania Y a ďalších PVZ z odpadov, treba mať na zreteli aj iné odpady, ako sú napríklad CRT obrazovky. Aj napriek tomu, že ich výroba a podiel na trhu zobrazovacích technológií je už niekoľko rokov na ústupe, množstvo tohto odpadu je stále vysoké a nepochybne je v ňom skrytý potenciál v podobe PVZ a iných zaujímavých zložiek.

6. ZÁVER

Rozmach moderných technológií v posledných rokoch spôsobil aj zvýšený dopyt po viacerých kovoch vrátane PVZ. Tieto sa dostali do popredia najmä vďaka tlaku na šetrenie energiami (neodýmové magnety vo veterných turbínach, ytrium a európie v energeticky úsporných žiarivkách, lantán v hybridných automobiloch a pod.). Zvýšený dopyt po PVZ znamenal vyššiu záťaž na primárnu ťažbu týchto kovov. V súvislosti s tým sa PVZ dostali v roku 2010 na zoznam kritických kovov stanovený EÚ. V novom zozname (jún 2014) sa medzi najviac deficitné PVZ zaradili práve ťažké PVZ, kde patrí aj ytrium [31]. V tomto smere nadobúda na vážnosti práve recyklácia odpadov s obsahom PVZ. V prípade vybraných kovov, ytria a európie ide o recykláciu luminofórov z osvetľovacích technológií. Princíp ich fungovania a možnosti spracovania sme popísali vyššie.

Ako najviac perspektívnym z hľadiska obsahu ytria sa javia FL. Luminofór z týchto zdrojov osvetlenia momentálne síce väčšinou končí na skládkach odpadu, ale jeho spracovanie v laboratórnych podmienkach sa v súčasnosti venuje stále väčšia pozornosť. Výskum recyklácie luminofórov motivuje nielen stále sa zvyšujúce množstvo nebezpečného odpadu v podobe FL, ale aj narastajúci dopyt po PVZ, ktoré sa (okrem iného) vyskytujú aj v spomínaných svetelných zdrojoch.

Z hľadiska charakteru odpadu sa ako najvhodnejší spôsob spracovania luminofórov javí hydrometalurgia. Skúmali sa viaceré lúhovacie médiá pri rôznych podmienkach a vo väčšine prípadov sa sledovalo správanie práve ytria a európie. Ukázalo sa, že pri dodržaní vhodných parametrov tieto PVZ do roztoku prechádzajú,

avšak problémom je, že zároveň do roztoku prechádzajú aj iné kovy obsiahnuté v luminofóre a tým ho znečisťujú. Úzkym miestom v spracovaní luminofórov je aj krok, ktorý nasleduje po lúhovaní, a to získavanie PVZ v požadovanej čistote z roztoku, nakoľko ide o heterogénne odpady s vysokým podielom rôznych nečistôt.

Z predchádzajúcich experimentálnych výsledkov výskumu vyplynulo aj ďalšie smerovanie činnosti v oblasti získavania PVZ z výluhov na Katedre neželezných kovov a spracovania odpadov, ktorá sa zameriava práve na štúdium problematiky hydrometalurgického spracovania tohto odpadu a na získanie PVZ o požadovanej čistote.

Podakovanie:

Táto práca vznikla v rámci riešenia grantu VEGA MŠ SR 1/0293/14 a za jeho finančnej podpory. Tento príspevok vznikol vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a vývoj, pre projekt: Univerzitný vedecký park TECHNICOM pre inovačné aplikácie s podporou znalostných technológií, kód ITMS: 26220220182, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Literatúra:

- [1] MIŠKUFOVÁ, Andrea et. al.: Spracovanie odpadov s obsahom prvkov vzácnych zemín. Medzinárodná konferencia, WASTE – SecondaryRawMaterials 5, [online]. s. 193-199, Jún 2013, Košice, Equilibria s.r.o., ISBN 978-80-8143-094-7 [cit. 2014-04-28]. Dostupné na internete: <http://www.censo.sk/clanky/Waste_Miskufova.pdf>
- [2] [online]. [cit. 2014-09-04]. Dostupné na internete: <<http://www.ipex.eu/IPEXL-WEB/dossier/document/COM20140297.do>>
- [3] [online]. [cit. 2014-09-04]. Dostupné na internete: <http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-14-377_en.htm>
- [4] REMY, Heinrich: Anorganická chemie II, 1962, 04-626-62
- [5] Etapová správa čiastkovej úlohy ŠPZV III-1-7/05: „Štúdium fyzikálno-chemických podmienok izolácie prvkov vzácnych zemín a jeho chemometrické zaistenie. Košice, 1987.
- [6] [online]. [cit. 2014-04-02]. Dostupné na internete: <http://www.usa.lighting.philips.com/pwc_li/us_en/lightcommunity/trends/phosphor/assets/philips_reo_brochure_p-6281.pdf>
- [7] KOCHMANOVÁ, Anna – MIŠKUFOVÁ, Andrea: Možnosti získavania yttria z odpadov. [online] In: Metalurgia Junior 2014: Faculty of metallurgy, PhD students day. 1. vydanie. Košice: Technická univerzita v Košiciach, 2014. S. 12 – 16. ISBN 978-80-553-1707-6 [cit. 2014-06-15]. Dostupné na internete: <<http://web.tuke.sk/hf/data/doktorandske/Zbornik-MJ-2014-cd.pdf>>
- [8] KUČHTA, Kerstin: Handlingelectricwaste [online]. [cit. 2014-05-07]. Dostupné na internete: <http://www.recobaltic21.net/downloads/Public/Conferences/BUP%20Summer%20Course%20on%20Sustainability%20and%20Waste%20Management%20in%20the%20Baltic%20Making%20Waste%20Work/kerstin_kuchta_electric_waste.pdf>
- [9] BUCHERT, Matthias: Recyclingcriticalrawmaterialsfromwastelectronicequipment [online]. Darmstadt: 2012. [cit. 2014-04-25]. Dostupné na internete: <<http://www.resourcefever.org/publications/reports/Recycling%20critical%20raw%20materials%20from%20waste%20electronic%20equipment.pdf>>
- [10] [online]. [cit. 2014-04-22]. Dostupné na internete: <<http://www.navigantresearch.com/tag/smart-industry-practice?page=3>>
- [11] Vyhláška MŽP SR 315/2010 Z. z. o nakladaní s elektrozariadeniami a s elektroodpadom
- [12] [online]. [cit. 2013-10-09]. Dostupné na internete: <http://www.siea.sk/materials/files/poradenstvo/publikacie/letaky/osvetlenie_v_priemysle/SIEA_osvetlenievpriemysle.pdf>
- [13] [online]. [cit. 2013-11-25]. Dostupné na internete: <<http://www.sazp.sk/pdf/COH/elektrorec.pdf>>
- [14] Vyhláška MŽP SR č. 284/2001 Z. z. ktorou sa ustanovuje Katalóg odpadov
- [15] [online]. [cit. 2014-03-13]. Dostupné na internete: <http://www.osram.com/osram_com/news-and-knowledge/fluorescent-lamps/professional-knowledge/low-pressure-gas-discharge/index.jsp>
- [16] [online]. [cit. 2014-06-18]. Dostupné na internete: <<http://www.enel-x.sk/o-je-led>>
- [17] SMET, Philippe et. al.: Selectingconversionphosphorsforwhitelight-emittingdiodes [online]. [cit. 2013-11-18]. Dostupné na internete: <http://dx.doi.org/10.1149/1.3568524>
- [18] [online]. [cit. 2014-09-04]. Dostupné na internete: <<http://beloon.sk/blog/2013/03/30/kvalita-svetla-led-diody/>>
- [19] SMOLA, Alfonz.: Súčasnosť a perspektívy LED [online]. [cit. 2013-12-15]. Dostupné na internete: <http://www.asb.sk/fotogalerie/tzb/sucasnost-a-perspektivy-led-fotoalbum/sucasnost-a-perspektivy-led-4>
- [20] [online]. [cit. 2014-09-05]. Dostupné na internete: <<http://www.intematix.com/uploads/files/Intematix-App-Note-Encapsulant-Selection.pdf>>
- [21] [online]. [cit. 2014-06-09]. Dostupné na internete: <<http://www.oledosvetleni.cz/>>
- [22] EKOLAMP: Výročná správa 2012 [online]. [cit. 2014-04-22]. Dostupné na internete: <http://www.ekolamp.sk/files/vyrocná_správa_2012.pdf>
- [23] Koncepcianakladania s odpadmi v Košickom kraji. [online]. [cit. 2014-04-22]. Dostupné na internete: <http://web.vucke.sk/files/dokumenty/pub/regionalny_roz>

voj/phsr/koncepcia_nakladania_s_odpadmi_analyza.pdf>

- [24] KRUPA M., KRÁLIKOVÁ R.: Recyklácia kompaktných a lineárných žiaroviek s obsahom ortuti. [online]. [cit. 2014-05-25]. Dostupné na internete: <http://mazp2007.emap.sk/doc/b_23%20Krupa%20-%20Kralikova.pdf>
- [25] Záverečné stanovisko - Recyklačná linka Slovenská Ľupča. [online]. [cit. 2014-05-25]. Dostupné na internete: <http://www.google.sk/url?sa=t&rc=t=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0CD0QFjQF&url=http%3A%2F%2Fwww.enviroportal.sk%2Ffea%2Fdokument%2F1337&ei=aaaLXUrXUHJ-H7AaDuYG4Cw&usq=AFQjCNEquwLX0okSSk_pc-g3ASvnhDHOSXA&sig2=zbBD5diGuopMmTFix0R9-sA&bvm=bv.59568121,d.ZGU>
- [26] ELEKTRO RECYCLING, s.r.o. [online]. [cit. 2013-05-25]. Dostupné na internete: <<http://www.elektrorecycling.sk/technologie/ziarovky-ziarovky-vybojky/zhodnocovanie-elektroodpadov-s-obsahom-ortuti.html>>
- [27] TUNSU, C. - RETEGAN, T. - EKBERG, Ch.: Characterization and leaching of real fluorescent lamp waste for the recovery of rare earth metals and mercury [online]. Elsevier, 2014. [cit. 2014-04-12]. Dostupné na internete: www.sciencedirect.com
- [28] [online]. [cit. 2014-04-28]. Dostupné na internete: <http://www.gelighting.com/LightingWeb/na/images/msds-compact-fluorescent-lamps_tcm201-42474.pdf>
- [29] INNOCENZI et. al: Recovery of yttrium from cathode ray tubes and lamp fluorescent powders: experimental results and economic simulation [online]. Elsevier, 2013. [cit. 2013-10-13]. Dostupné na internete: <www.sciencedirect.com>
- [30] RABAH, M.: Recyclables recovery of europium and yttrium metals and some salts from spent fluorescent lamps [online]. USA: Elsevier, 2007. [cit. 2013 - 12 - 7]. Dostupné na internete: <www.sciencedirect.com>
- [31] [online]. [cit. 2014-06-19]. Dostupné na internete: <http://ec.europa.eu/enterprise/policies/raw-materials/files/docs/crm-report-on-critical-raw-materials_en.pdf>

Ing. Anna Darnadyová, ENVI-PAK, a.s.

KRUHOVÁ EKONOMIKA (CIRCULAR ECONOMY)

Tradičná (lineárna) ekonomika je charakteristická jednosmerným lineárnym procesom „zdroje - produkty - odpad“, zameraným na maximalizáciu spoločenského bohatstva a zisku, ktorý nadmerne spotrebovávajú prírodné zdroje, produkuje nekontrolovateľné množstvo odpadov s negatívnym vplyvom na prírodné zdroje a životné prostredie.

Naproti tomu **kruhovú (uzavretú) ekonomiku** je vedeckou koncepciou modelu **trvalo udržateľného rozvoja** ekonomického hospodárstva. Je v podstate druhom **ekologického hospodárstva**.

Kruhovú ekonomiku je charakteristická **uzatvoreným cyklom (closed-loop) toku materiálu a energie** s prihliadnutím na prírodné a ľudské zdroje, vedu a technológiu.

Prioritou kruhovej ekonomiky je úspora a efektívne využívanie obmedzených prírodných zdrojov, zefektívnenie výroby produktov za vysokej účinnosti a nízkej spotreby zdrojov a nízkej (alebo dokonca nulovej) produkcie emisií. Súčasťou je prevencia a znižovanie produkcie odpadov a následne zdrojov znečisťujúcich látok až po recykláciu, keď sa zdroje vracajú späť do hospodárskeho cyklu, čo má stále naliehavejší praktický význam.

Počiatky koncepcie kruhovej ekonomiky sa datujú od roku 1960, keď bol zaznamenaný zvýšený záujem o ochranu životného prostredia a touto problematikou sa začalo zaoberať viacero ekologov, ekonómov a iných odborníkov. Rozvoj znalostnej a kruhovej ekonomiky v medzinárodnom meradle

zaznamenal **výrazný vzostup** po roku 1990. Napríklad Nemecko predstavilo svoju koncepciu kruhovej ekonomiky v roku 1998.

Kruhovú ekonomiku je založené na troch princípoch „**3R**“ (**Reduce – Reuse – Recycle**), ktoré sú ekonomickým kódexom správania sa.

Princíp zníženia (Reduce) predstavuje:

- orientáciu ekonomiky na vedecký a technologický pokrok a inovácie za účelom zefektívnenia využitia zdrojov pri čo najmenšom používaní suroviny a spotreby energie,
- využívanie high-tech technológií v maximálnej možnej miere,
- identifikovanie vstupov, ktorými možno nahradiť materiálové vstupy za účelom dosiahnutia ekonomickej, sociálnej a ekologickej harmónie výroby a životného prostredia v prospech ľudstva,
- uprednostňovanie výroby menších a ľahších výrobkov,
- uprednostňovanie jednoduchých a praktických obalov pred luxusnými obalmi, ktoré vytvárajú viac odpadov a podobne.

Spotrebiteľské segmenty spoločnosti by mali dôrazne presadzovať využívanie alternatívnej „zelenej“ energie, ako sú solárna a veterná energia, biologický odpad a podobne, a tým významne znižovať znečistenie životného prostredia.