

Prehľad problematických požiadaviek na kvalitu druhotného paliva z pyrolýznych technológií

Juraj Musil^{1,2}, Emília Hroncová¹, Juraj Ladomerský¹

¹Fakulta prírodných vied Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici, Tajovského 40, 974 01 Banská Bystrica, e-mail: emilia.hroncova@umb.sk, juraj.ladomersky@umb.sk

²INECO, s.r.o., Mladých budovateľov 2, 974 11 Banská Bystrica

Souhrn

From 2015 onwards, the parameters of the end-of-waste status for waste-derived fuels are defined in Slovak environmental legislation. These parameters were adopted with regard to the increasing number of pyrolysis and gasification technologies producing liquid and gaseous energy carriers from different types of waste. The aim of this article is to provide an overview of the extent of these end-of-waste parameters for gaseous and liquid fuels produced from waste as well as the levels of thresholds values defined for each of these parameters. The review also includes the identification of parameters for which there are no threshold value defined. The main part of the article is the comparison of the values of these parameters available from the existing pyrolysis-type facilities (only for liquid secondary fuels) as well as values of these parameters for both liquid and gaseous fuels from upcoming pyrolysis-type facilities, (currently under development) with the threshold values defined in the first part of the article. In the final section, problem parameters are identified (those, whose actual values most often exceed the thresholds values defined in the first part of the article) and summarization of all parameters, for which the current legislative definition needs to be critically adjusted, is given.

Key words: *pyrolysis, gasification, technologies, waste*

1. Legislatívny rámec druhotných palív pre pyrolýzne technológie v rámci SR a jeho dôsledky

3. novembra 2015 vstúpila do platnosti novela Vyhlášky č. 228/2014 Z.z. ktorou sa ustanovujú požiadavky na kvalitu palív a vedenie prevádzkovej evidencie o palivách. Táto novela (č. 367/2015 Z.z.) nadobudla účinnosť k 1.1.2016 (niektoré ustanovenia mali účinnosť odloženú až do 1.1.2017) a okrem iného, ustanovuje podrobné požiadavky na stav konca odpadu pre palivá vyrobené z odpadových materiálov.

V zmysle § 2 písm. t) novelizovanej Vyhlášky bol do slovenskej environmentálnej legislatívy zavedený pojem „druhotné palivo“. Ide o palivo vyrobené z odpadu, ktoré spĺňa požiadavky § 6b a 9 ods. 11 písm. c), dosiahlo stav konca odpadu podľa osobitného predpisu (zákon č. 79/2015 Z.z. o odpadoch) a ďalej sa nebude považovať za odpad, ale za látku, zmes alebo výrobok a na spaľovanie druhotných palív platia požiadavky pre spaľovacie zariadenia.

1.1 Požiadavky na kvalitu kvapalných druhotných palív

Pre dosiahnutie stavu konca odpadu pre kvapalné výstupy, ktoré pyrolýzne zariadenia v rámci SR produkujú za účelom ich komerčného umiestňovania na trh s energonosičmi, musia tieto spĺňať legislatívne stanovené požiadavky, vyjadrené ako hraničné hodnoty obsahu znečisťujúcich látok, ktoré sú uvedené v bode č. 2, časti I, Prílohy č. 3 vyhlášky MŽP SR č. 228/2014 Z. z. (viď tab. 1).

V prípade ak niektorá z hodnôt znečisťujúcich látok v kvapalnom druhotnom palive je v rozpore s požiadavkou § 6b ods. 6 písm. b) uplatňuje sa § 6b ods. 8 vyhlášky MŽP SR č. 228/2014 Z.z. v ktorom sa uvádza:

„Palivo vyrobené z odpadov, ktoré nespĺňa požiadavky podľa odsekov 1 až 6, zostáva odpadom a nesmie sa miešať s vyhovujúcim druhotným palivom. Na jeho spaľovanie platia požiadavky platné pre spaľovne odpadov alebo pre zariadenia na spoluspaľovanie odpadov.“

Tabuľka 1 Požiadavky na tuhé druhotné palivá alebo kvapalné druhotné palivá (hraničné hodnoty) [1]

Znečisťujúca látka		Hraničné hodnoty pre obsah ZL [mg/MJ] ¹⁾		
		Medián	80. percentil	
Sb		0,5	0,75	
As		0,8	1,2	
Pb		4	6	
Cd		0,05	0,075	
Cr		1,4	2,1	
Co		0,7	1,05	
Ni		1,6	2,4	
Hg		0,02	0,03	
Polycyklické uhľovodíky (PAH)		1,5	2,5	
Cl	Druhotné palivá okrem RVO	100	150	
S	Kvapalné druhotné palivá	Trieda A	< 0,1 % hmotnosti	-
		Trieda B	≥ 0,1 % a < 1 % hmotnosti	-
		Trieda C ²⁾	≥ 1 % a < 3 % hmotnosti	-

¹⁾ Hraničné hodnoty sú vzťahované k výhrevnosti vyrobeného druhotného paliva.

²⁾ Predmetné palivo má obmedzené použitie podľa § 6 ods. 2.vyhl. 228/2014 Z.z.

1.2 Požiadavky na kvalitu plynných druhotných palív

Za účelom dosiahnutia stavu konca odpadu pre plynné výstupy ktoré pyrolýzne prevádzky v rámci SR štandardne využívajú ako zdroj tepla pre potreby pyrolýzneho procesu, musia tieto spĺňať legislatívne stanovené požiadavky, vyjadrené ako hraničné hodnoty obsahu znečisťujúcich látok, ktoré sú uvedené bode č. 3, časti I, Prílohy č.3 vyhlášky MŽP SR č. 228/2014 Z. z. (viď tab. 2).

Tabuľka 2 Požiadavky v zmysle prílohy č. 3a, časť I, vyhl. 228/2014 Z.z. na plynné druhotné palivá (hraničné hodnoty) [1]

Znečisťujúca látka	Hraničné hodnoty pre obsah ZL [mg/m ³] ¹⁾
Častice/aerosóly	analýza ²⁾
Celková síra	10
Sulfán (H ₂ S)	5
Oxidosulfid uhličitý (COS)	5
Zlúčeniny chlóru vyjadrené ako HCl	1
Zlúčeniny fluóru vyjadrené ako HF	1
Hg a jej zlúčeniny	0,05
Cd + Tl a ich zlúčeniny	0,05
Iné kovy a ich zlúčeniny	analýza ²⁾
Perzistentné organické zlúčeniny (POP's)	analýza ²⁾

1) Štandardné stavové podmienky: teplota 0 °C, tlak 101,3 kPa.

2) Ak výsledok merania je ≤ LOD, uviesť metodiku a medzu stanoviteľnosti (LOD); štandardné technické normy pre analýzu čistoty plynov pre vykurovacie plyny, technické plyny, technické normy pre analýzu ovzdušia v pracovnom prostredí alebo oprávnené metodiky pre meranie emisií podľa § 20 ods. 13 zákona o ovzduší (137/2010 Z.z.).

V prípade ak niektorá z hodnôt znečisťujúcich látok v plynnom druhotnom palive je v rozpore s požiadavkou § 6b ods. 6 písm. b) uplatňuje sa §6b ods. 8 vyhlášky MŽP SR č. 228/2014 Z.z. v ktorom sa uvádza:

„Palivo vyrobené z odpadov, ktoré nespĺňa požiadavky podľa odsekov 1 až 6, zostáva odpadom a nesmie sa miešať s vyhovujúcim druhotným palivom. Na jeho spaľovanie platia požiadavky platné pre spaľovne odpadov alebo pre zariadenia na spoluspaľovanie odpadov“ [2].

1.2.1 Nedefinované parametre a problematcky navrhnuté parametre

Hraničné hodnoty pre maximálne prípustné koncentrácie znečisťujúcich látok v kvapalných druhotných palivách sú, s výnimkou síry, ustanovené ako medián a 80-ty percentil. Jedná sa o formuláciu totožnú so spôsobom akým sú hraničné hodnoty pre palivo z odpadu navrhnuté v rakúskej vyhláške č. 389/2002 o spaľovaní odpadu (Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft und des Bundesministers für Wirtschaft, Familie und Jugend über die Verbrennung von Abfällen, AVV StF. BGBl. II Nr. 389/2002), z ktorej slovenská legislatívna norma čiastočne vychádza [3]. Slovenská norma definuje hraničné hodnoty celkovo pre 9 parametrov (viď Tab.1).

Príslušné časti vyhlášky ďalej ustanovujú, že „hraničná hodnota obsahu znečisťujúcej látky sa považuje za dodržanú ak žiadna hodnota mediánu a žiadna hodnota 80.percentilu zo série výsledkov meraní reprezentatívnych vzoriek z piatich po sebe nasledujúcich priebežne hodnotených šarží neprekročí ustanovenú hodnotu“ [1].

Uvedená formulácia je zmätočná z nasledujúcich dôvodov:

- v prípade že sa hodnota mediánu a 80-teho percentilu vzťahujú na súbor výsledkov meraní piatich po sebe nasledujúcich priebežne hodnotených šarží, je výsledkom jedna hodnota mediánu a jedna hodnota 80-teho percentilu, pričom formulácia používa pojem medián a 80-ty percentil v množnom čísle,
- v prípade, že sa hodnota mediánu a 80-teho percentilu vzťahujú na výsledok merania každej jednej šarže (len v takom prípade je možné použiť formuláciu „žiadna hodnota mediánu a 80-teho percentilu“), musí výsledok merania každej reprezentatívnej vzorky mať podobu súboru výsledkov, z ktorých je následne možné odvodiť medián a 80-ty percentil pre danú reprezentatívnu vzorku. V tomto prípade ale vyhláška nestanovuje početnosť týchto súborov (podotýkame, že špecifikácie tohto typu rovnako nedefinujú ani relevantné normy).

Zatiaľ čo parametre pre stav konca odpadu pre kvapalné druhotné palivá vyrobené z odpadu majú definované hraničné hodnoty v plnom rozsahu, tri parametre pre stav konca odpadu pre plynné druhotné palivá vyrobené z odpadu sú definované nasledovne:

Tabuľka 3 Parametre definujúce stav konca odpadu pre plynné druhotné palivá s explicitne neuvedenými hraničnými hodnotami

Znečisťujúca látka	Hraničné hodnoty pre obsah ZL [mg/m ³]
Častice/aerosóly	analýza ²⁾
Iné kovy a ich zlúčeniny	analýza ²⁾
Perzistentné organické zlúčeniny (POP's)	analýza ²⁾

²⁾ Ak výsledok merania je \leq LOD, uviesť metodiku a medzu stanoviteľnosti (LOD); štandardné technické normy pre analýzu čistoty plynov pre vykurovacie plyny, technické plyny, technické normy pre analýzu ovzdušia v pracovnom prostredí alebo oprávnené metodiky pre meranie emisií podľa § 20 ods. 13 zákona o ovzduší (137/2010 Z.z.).

Z uvedenej formulácie nie je zrejmé či sa má za hraničnú hodnotu považovať LOD (v zmysle poznámky ²⁾ pod tabuľkou), v prípade parametra „Iné kovy a ich zlúčeniny“ dokonca nie je ani explicitne zrejmé v akom rozsahu sa má tento parameter stanovovať (t.j. ktoré konkrétne kovy a ich zlúčeniny) rovnako ani to, či sa jedná o skupinovú formu stanovenia (a ak áno v akých skupinách).

2. Prehľad jestvujúcich a pripravovaných pyrolýznych zariadení vo vzťahu k definovaným požiadavkám na DP

V rámci Slovenskej republiky sa projekty, uvažujúce s využitím tzv. alternatívnych termických metód a zariadení (medzi ktoré sa riadia aj pyrolýzne technológie, ktorým sa venuje tento článok), začali objavovať zhruba pred 10 rokmi, pričom záujem o tieto technológie odvtedy významne narástol. Historicky, s platnosťou pre územie celej SR platí, že z celkového počtu 32 takýchto projektov, ktoré obdržali súhlasné Záverečné stanovisko z procesu EIA, len 7 z nich získalo povolenie na prevádzku (skúšobnú, t.j. s časovým obmedzením alebo trvalú, bez časového obmedzenia).

Z uvedených 7 prevádzok sú v súčasnosti prevádzkované len zariadenia uvedené v nasledujúcej tabuľke 4.

Tabuľka 4 Aktuálne prevádzkované pyrolýzne technológie [4]

Prevádzkovateľ	Rok dosiahnutia prevádzkovej fázy	Druh prevádzky	Technológia Typ procesu	Krajina pôvodu	Vstupný odpad Kapacita
Dron Industries, s.r.o. (Dron Sklady, s.r.o.)	2009	trvalá	DSSC/SCA pyrolýza (termický rozklad bez katalyzátora)	Slovensko (Slovenská Technická Univerzita)	pneumatiky, odpadová guma 15 000 t/r
RDB, s.r.o.	2011	trvalá	PCP700/EUREX EKO pyrolýza (katalytická depolymerizácia)	Maďarsko/Poľsko/ Slovensko (PINTÉR & TOKARZ T-TECHNOLOGY/PCP Invest)	odpadové plasty (PE, PP, zmiešané plasty?) 13 500 t/r
PWR, a.s. (MILENIUN TRADING, a.s.)	2012	trvalá	PCP700 pyrolýza (katalytická depolymerizácia)	Maďarsko/Poľsko/ Slovensko (PINTÉR & TOKARZ T-TECHNOLOGY/PCP Invest)	odpadové plasty (PE, PP) 17 280 t/r
PCP Invest, s.r.o.	2013	trvalá	PCP700/PCP1000 AMPLE /EUREX EKO pyrolýza (katalytická depolymerizácia)	Maďarsko/Poľsko/ Slovensko (PINTÉR & TOKARZ T-TECHNOLOGY/PCP Invest)	odpadové plasty (PE, PP, zmiešané plasty?) 8 400 t/r

Berúc do úvahy požiadavky, ustanovené v citovanej Vyhláške č. 228/2014 Z.z., majú prevádzkovatelia týchto jestvujúcich zariadení k dispozícii dva možné módy prevádzky:

- zariadenie produkuje palivo z odpadu, ktoré preukázateľne dosahuje parametre pre stav konca odpadu. Na použitie takéhoto paliva v následných spaľovacích zariadeniach sa vzťahujú rovnaké environmentálne požiadavky ako na použitie štandardného paliva (najmä s dôrazom na rozsah ustanovených emisných limitov aplikovaných na takéto spaľovacie zariadenie, s určitými obmedzeniami vo vzťahu k ich menovitému tepelnému príkonu),
- zariadenie produkuje „palivo“, ktoré nedosahuje parametre pre stav konca odpadu. Takýto výstupný „produkt“ ostáva odpadom a na jeho následné využitie v spaľovacích zariadeniach sa vzťahujú rovnaké požiadavky ako na spaľovne odpadu.

Výnimkou z tohto pravidla je použitie plynnej fázy na ohrev vlastných reaktorov u prakticky všetkých v súčasnosti povolených pyrolýznych prevádzok, keďže boli uvedené do prevádzky ešte pred tým, ako vstúpili do platnosti požiadavky na kvalitu druhotného paliva v zmysle vyhlášky č. 228/2014 Z.z. Každá z nich má v platnom, udelenom súhlase na prevádzku zdroja znečistenia ovzdušia pre spaľovanie plynnej fázy ustanovenú kombináciu emisných limitov pre spaľovanie „štandardného“ paliva (najčastejšie pre NO_x a CO) a emisných limitov pre spaľovanie odpadu (zvyšné znečisťujúce látky vrátane ťažkých kovov, PCDD/DF, HCl, HF ai), bez toho aby bola prevádzke uložená povinnosť na preukazovanie kvality

plynnej fázy ako druhotného paliva. V odbornej obci momentálne prevláda názor, že až do momentu, kedy uvedené súhlasy nezmenia miestne príslušné Okresné úrady (ako orgány štátnej správy na úseku ochrany ovzdušia) z vlastného podnetu, nevzťahuje sa na tieto prevádzky povinnosť preukazovať stav konca odpadu pre plynnú fázu (využívanú na ohrev vlastných zariadení).

Z uvedeného dôvodu žiadne jestvujúce a prevádzkované pyrolýzne zariadenie zatiaľ v praxi nepreukazovalo splnenie hraničných hodnôt pre kvalitu plynného druhotného paliva z odpadu.

O niečo odlišná situácia platí pre nové pripravované technológie na báze alternatívnych termických metód, pre ktoré okrem toho, že sú povinné preukázať súlad kvapalnej aj plynnej zložky s požiadavkami citovanej vyhlášky, sa navyše v súčasnosti štandardne vyžaduje preukázanie tohto súladu v čo najväčšom možnom rozsahu už v štádiu EIA, teda pred tým ako sú predmetné zariadenia povolené a uvedené do prevádzky. Preukázanie plnenia týchto požiadaviek v štádiu EIA sa vyžaduje na vhodnom referenčnom zariadení, v prípade že takéto existuje a je to v možnostiach navrhovateľa.

S prihliadnutím na túto požiadavku povolujuúcich orgánov sú teda už v súčasnosti k dispozícii rozbor pre niektoré pripravované (a ešte neprevádzkované) pyrolýzne technológie v rozsahu ako pre kvapalnú tak aj pre plynnú zložku. Prehľad navrhovaných pyrolýznych technológií, pre ktoré sú k dispozícii tieto rozbor, uvádzame nižšie:

- Leitner Technologies, s.r.o.

Spoločnosť so sídlom v Novom Meste nad Váhom vyvíja zariadenie na depolymerizáciu plastov, postavenú na pyrolýznom princípe, bez použitia katalyzátora. Jedná sa o dvojstupňovú termálnu degradáciu bez použitia katalyzátora, s prvým stupňom operujúcim pri teplotách do 300°C a druhým stupňom v tepelnom rozmedzí 300 – 420°C [5].

- WP Tech, s.r.o.

Spoločnosť od roku 2015 prevádzkuje v obci Iža pri Komárne výskumné a testovacie zariadenie na pyrolýzu rôznych druhov odpadov s typovým označením WP. Jedná sa o dvojstupňovú katalytickú depolymerizáciu, s prvým reaktorovým stupňom operujúcim v tepelnom rozmedzí 200 – 300 °C a slúžiacim na odstránenie prchavých, predovšetkým halogénových zlúčenín [5].

2. Prehľad dostupných údajov o plnení parametrov

V tabuľke 5 sú súhrnne uvedené dostupné údaje o skutočných hodnotách parametrov definujúcich stav konca odpadu pre kvapalné druhotné palivá vyrobené z odpadu pre vybrané jestvujúce pyrolýzne zariadenia v rámci SR, spolu s ich porovnaním s definovanými hraničnými hodnotami.

V Tabuľke 6 sú súhrnne uvedené dostupné údaje o skutočných hodnotách parametrov definujúcich stav konca odpadu pre kvapalné druhotné palivá vyrobené z odpadu pre vybrané pripravované pyrolýzne zariadenia uvedené na konci predchádzajúcej kapitoly, spolu s ich porovnaním s definovanými hraničnými hodnotami.

V tabuľke 7 sú súhrnne uvedené dostupné údaje o skutočných hodnotách parametrov definujúcich stav konca odpadu pre plynné druhotné palivá vyrobené z odpadu pre vybrané pripravované pyrolýzne zariadenia uvedené na konci predchádzajúcej kapitoly, spolu s ich porovnaním s definovanými aj navrhovanými hraničnými hodnotami.

Pre všetky skutočne namerané hodnoty kvapalného druhotného paliva platí, že sú uvádzané ako hodnoty jedného stanovenia (a teda nie je pre ne stanovený ani medián ani 80-ty percentil). Všetky skutočné hodnoty prekračujúce ustanovené hodnoty hraničné sú zvýraznené hrubým písmom.

Vzhľadom na skutočnosť, že sa jedná o citlivé údaje, sú údaje uvedené vo všetkých tabuľkách anonymizované (t.j. bez uvedenia o ktorú konkrétnu prevádzku, resp. pripravované zariadenie sa jedná).

Tabuľka 5 Skutočné hodnoty parametrov definujúcich stav konca odpadu kvapalných druhotných palív pre vybrané jestvujúce pyrolýzne zariadenia

Znečisťujúca látka	Hraničné hodnoty pre obsah ZL [mg/MJ]		Zariadenie č.1 Analýza 11/2014	Zariadenie č.1 Analýza 03/2015	Zariadenie č.2 Analýza 02/2016	Zariadenie č.5 Analýza 02/2017
	Medián	80. percentil				
Sb	0,5	0,75	0,0263	0,3997	<0,0120	<0,012
As	0,8	1,2	-	-	<0,0240	<0,0073
Pb	4	6	0,0525	0,0014	<0,0014	<0,073
Cd	0,05	0,075	0,0158	0,0000	<0,0007	<0,012
Cr	1,4	2,1	0,0788	0,0680	<0,0014	<0,049
Co	0,7	1,05	-	-	<0,0014	<0,073
Ni	1,6	2,4	-	-	<0,0014	<0,12
Hg	0,02	0,03	-	-	0,0001	0,0003
Polycyklické uhľovodíky (PAH)	1,5	2,5	-	-	528,73	3 202
Cl	100	150	2,63	<2,27	1,56	2,50
S	< 0,1 % hm. ≥ 0,1 % a < 1 % hm. ≥ 1 % a < 3 % hm.	-	0,78 hm.%	0,42 hm.%	0,0054 hm.%	0,83%
Vstupný materiál			odpadové pneumatiky	odpadové pneumatiky	neurčený plastový odpad	odpadové pneumatiky

Tabuľka 1 Skutočné hodnoty parametrov definujúcich stav konca odpadu kvapalných druhotných palív pre vybrané pripravované pyrolýzne zariadenia

Znečisťujúca látka	Hraničné hodnoty pre obsah ZL [mg/MJ]		Zariadenie č.3 Analýza 05/2015	Zariadenie č.3 Analýza 09/2015	Zariadenie č.3 Analýza 10/2015	Zariadenie č.3 Analýza 4/2017	Zariadenie č.4 Analýza 02/2017	Zariadenie č.4 Analýza 04/2017
	Medián	80. percentil						
Sb	0,5	0,75	<0,2	-	-	<0,1	<0,1	<0,1
As	0,8	1,2	<0,05	-	-	<0,05	<0,05	<0,05
Pb	4	6	<0,05	-	-	<0,05	<0,05	<0,05
Cd	0,05	0,075	<0,01	-	-	<0,01	<0,01	<0,01
Cr	1,4	2,1	<0,05	-	-	<0,02	<0,02	<0,02
Co	0,7	1,05	<0,05	-	-	<0,05	0,05	0,05
Ni	1,6	2,4	<0,1	-	-	<0,08	<0,08	<0,08
Hg	0,02	0,03	<0,03	-	-	<0,01	<0,01	<0,01
Polycyklické uhľovodíky (PAH)	1,5	2,5	-	-	-	20	29,28	19,51
Cl	100	150	28	<1,42	-	4	3,7	<1,0
S	< 0,1 % hm. ≥ 0,1 % a < 1 % hm. ≥ 1 % a < 3 % hm.	-	0,0003 hm. %	0,0061 hm. %	0,0012 hm. %	0,022 hm. %	0,014 hm. %	0,018 hm. %
Vstupný materiál			RDF	neurčený plastový odpad	sterilizovaný nemocničný odpad	odpadový plast (zmes HDPE+PP)	sterilizovaný nemocničný odpad	odpadový plast (zmes PE+PP)

Tabuľka 2 Skutočné hodnoty parametrov definujúcich stav konca odpadu plyných druhotných palív pre vybrané pripravované pyrolýzne zariadenia

Znečisťujúca látka	Hraničné hodnoty pre obsah ZL [mg/m ³] ¹⁾	Zariadenie č.3 Analýza 05/2015	Zariadenie č.3 Analýza 4/2017	Zariadenie č.4 Analýza 04/2017	Zariadenie č.4 Analýza 04/2017
Častice/aerosóly	nestanovená	1,30	1,90	< 1,0	< 1,0
Celková síra	10	8,70	7,06	70,27	6,73
Sulfán (H ₂ S)	5	2,30	1,41	9,00	0,63
Oxidosulfid uhličitý (COS)	5	-	<1	100,07	<1,00
Zlúčeniny chlóru vyjadrené ako HCl	1	140,86	351,84	536,91	122,21
Zlúčeniny fluóru vyjadrené ako HF	1	-	1,579	0,105	0,105
Hg a jej zlúčeniny	0,05	-	<0,001	<0,001	<0,001
Cd + Tl a ich zlúčeniny	0,05	0,01 + <0,01	<0,010 + <0,010	< 0,01 + < 0,01	< 0,01 + < 0,01
Iné kovy a ich zlúčeniny (Sb + As + Pb + Cr + Co + Cu + Mn + Ni + V)	nestanovená	-	< LOD	< LOD	< LOD
Perzistentné organické zlúčeniny (POP's) (PCDD + PCDF)	nestanovená	-	<0,008	-	-
Vstupný materiál		RDF	odpadový plast (zmes HDPE+PP)	sterilizovaný nemocničný odpad	odpadový plast (zmes PE+PP)

4. Zhodnotenie plnenia hraničných hodnôt a zhrnutie problematicky definovaných parametrov

4.1 Problematické parametre pre kvapalné druhotné palivá

Z dostupných rozborov preukazujúcich mieru plnenia hraničných hodnôt kvapalných druhotných palív z odpadu sú zrejmé problémy s plnením nasledovných parametrov:

- polycyklické uhľovodíky
- celkový obsah síry vyjadrený ako hm. %

4.1.1 Polycyklické uhľovodíky

Parameter, ustanovujúci maximálny povolený obsah polycyklických aromatických zlúčenín (diaromáty, triaromáty a vyššie aromáty) v kvapalnom druhotnom palive. Hraničná hodnota je vyhláškou č. 228/2014 Z.z. určená na úrovni 1,5 mg.MJ⁻¹ (medián) a 2,5 mg.MJ⁻¹ (80-ty percentil). Odhliadnuc od problematickej definície v podobe mediánu a 80-teho percentilu (ako je o tom pojednané v kapitole 1.2.1 tohto článku), je z dostupných skutočných hodnôt tohto parametra, uvedených v tabuľke 5 zrejmé, že hraničné hodnoty sú výrazným spôsobom prekročené vo všetkých prípadoch.

K uvedeným prekročeniam je ale potrebné poznamenať, že hraničná hodnota toho istého parametra je pre motorovú naftu ustanovená na úrovni 8 hm.% (v zmysle prílohy č. 2 vyhlášky č. 228/2014 Z.z.)

Ak prepočítame skutočné hodnoty pre druhotné palivá na hmotnostné percentá, tak aby boli porovnateľné s hraničnou hodnotou stanovenou pre motorovú naftu dostaneme nasledujúcu tabuľku 8.

Tabuľka 8 Porovnanie nameraných hodnôt parametra PAH s platnou hraničnou hodnotou pre motorovú naftu

Zariadenie Dátum rozboru	Polycyklické uhľovodíky [mg/MJ]	Polycyklické uhľovodíky [hm. %]	Hraničná hodnota pre motorovú naftu [hm. %]	Hraničná hodnota pre testované kvapalné druhotné palivo – počítané pre medián [hm. %]
Zariadenie č.2 Analýza 02/2016	528,73	2,20	8	0,0062
Zariadenie č.3 Analýza 02/2017	3 202	13,20	8	0,0062
Zariadenie č.3 Analýza 4/2017	20	0,08	8	0,0057
Zariadenie č.4 Analýza 02/2017	29,28	- ^{*1}	8	- ^{*1}
Zariadenie č.4 Analýza 04/2017	19,51	0,09	8	0,0067

^{*1} uvedenú nameranú hodnotu nebolo možné prepočítať, z dôvodu neuvedenia výhrevnosti druhotného paliva v dostupnom protokole

Z hodnôt v tabuľke 8 je zrejmé, že hraničné hodnoty pre kvapalné druhotné palivo vyrobené z odpadu sú v porovnaní s obdobnou hraničnou hodnotou pre naftu ustanovené na viac ako 1 000 násobne prísnejšej úrovni. Z Tabuľky je tiež zrejmé, že skutočné hodnoty tohto parametra pre jednotlivé kvapalné druhotné palivá sú, s jedinou výnimkou týkajúcou sa kvapalného druhotného paliva vyrobeného z odpadových pneumatík) hlbokou pod hraničnou hodnotou pre naftu.

Keďže testované kvapalné druhotné palivá z odpadu sú jednotlivými prevádzkovateľmi zámerne produkované a upravované takým spôsobom, aby sa svojimi vlastnosťami priblížili práve vlastnostiam motorovej nafty, máme za to, že takto nastavená hraničná hodnota parametra PAU nie je adekvátna a je potrebné ju, pri najbližšej novelizácii dotknutej Vyhlášky č. 228/2014 Z.z., upraviť na úroveň ktorá bude zohľadňovať skutočný charakter produkovaných kvapalných druhotných palív (hlavne ich príbuznosť s klasickými palivami na báze nafty).

4.1.2 Celkový obsah síry

Parameter, ktorého hraničná hodnota pre kvapalnú druhotnú palivú z odpadu je definovaná v troch triedach (trieda A s celkovým obsahom síry pod 0,1 hm.%, trieda B s celkovým obsahom síry od 0,1 hm.% do 1 hm. % a trieda C s celkovým obsahom síry nad 1 hm. %), pričom obmedzenia vzťahujúce sa na použitie palív triedy B a C sú v plnom súlade so všeobecnými obmedzeniami pre palivá v zmysle § 6 Vyhlášky č. 228/2014 Z.z. a Vyhlášky č. 410/2012 Z.z.

Konkrétne sa jedná o nasledujúce obmedzenia:

- Trieda A – V zmysle Vyhlášky č. 410/2012 Z.z., Prílohy č.4, častí III.5.1.2, IV.4.1.2 a V.5.1.2 je možné v stacionárnych spaľovacích motoroch spaľovať len plynné palivá a kvapalnú palivú s obsahom síry $\leq 0,1$ % hmotnosti.
- Trieda B – Pre ostatné stredne veľké a stredné spaľovacie zariadenia (iné ako plynové turbíny a piestové spaľovacie motory), platí v zmysle Vyhlášky č. 410/2012 Z.z., Prílohy č.4, častí IV.2.1.3 a V.2.1.2 obmedzenie na maximálny obsah síry na úrovni 1 % hmotnosti.
- Trieda C – Hraničnú hodnotu 1 hm. % pre parameter Celkový obsah síry je v zmysle Vyhlášky č. 228/2014 Z.z. povolené prekročiť len pri ťažkom vykurovacom oleji a lodných palivách [5].

Z tabuľky 5 a 6 je zrejmé, že z hľadiska plnenia ustanovenej hraničnej hodnoty sú problematické najmä pyrolýzne zariadenia využívajúce na výrobu kvapalného druhotného paliva odpadové pneumatiky a odpadovú gumu, kde je, vzhľadom na vysoký obsah síry vo vstupnom materiáli vysoký obsah síry v neupravenom kvapalnom produkte prirodzený.

Vzhľadom na skutočnosť, že kvapalnú druhotnú palivú vyrábanú v pyrolýznych zariadeniach v rámci Slovenskej republiky sú v našich podmienkach využívané prakticky výlučne na spaľovanie v kogeneračných jednotkách (t.j. piestových spaľovacích motoroch), je energetické využitie palív z výroby odpadových pneumatík a gumy, v rámci slovenského trhu, bez aplikácie vhodného spôsobu čistenia prakticky vylúčené.

4.2 Problematické parametre pre plynnú druhotnú palivú

Z dostupných rozborov preukazujúcich mieru plnenia hraničných hodnôt plynných druhotných palív z odpadu sú zrejmé problémy prakticky len s plnením parametra „Zlúčeniny Cl vyjadrené ako HCl“.

V prípade jedného identifikovaného prekročenia parametra „Zlúčeniny F vyjadrené ako HF“ sa s veľkou pravdepodobnosťou jednalo o kontamináciu testovacieho zariadenia predchádzajúcimi testovanými dávkami odpadov, nakoľko dotknutý testovaný vstupný materiál neobsahoval fluór v detekovateľnom množstve.

V prípade jedného identifikovaného prekročenia parametrov „celková síra“, „H₂S“ a „COS“ sa zasa jedná výlučne o špecifikum testovaného nemocničného odpadu a štandardné plastové odpady pochádzajúce z komunálneho odpadu (resp. plastové odpady príbuzného pôvodu) s prekračovaním hraničných hodnôt pre uvedené parametre problém nemajú.

4.2.1 Zlúčeniny Cl vyjadrené ako HCl

Vzhľadom na skutočnosť, že prevažná väčšina jestvujúcich aj pripravovaných pyrolýznych zariadení v rámci SR spracúva alebo uvažuje so spracovaním odpadových plastov s rôznym stupňom separácie a čistoty je oprávnený predpoklad, že prítomnosť významného množstva chlóru vo vstupnom odpade bude skôr pravidlom ako výnimkou.

V nadväznosti na uvedené, ako aj vzhľadom na skutočnosť, že

- v pyrolýznom procese prechádza väčšina chlóru prítomného v plastovom odpade do plynnej fázy (prevažne v podobe HCl) [6],
- chlór v plynnom druhotnom palive zvyšuje riziko výskytu znečisťujúcich látok na báze PCDD/PCDF vo vypúšťaných spalinách a prispieva k zvýšenej miere korozívneho opotrebovania používaných spaľovacích zariadení,
- hraničná hodnota pre tento parameter je v duchu princípu „znečistenie na úrovni zemného plynu“ nastavená na extrémne prísnej úrovni,

je plnenie parametra „Zlúčeniny Cl vyjadrené ako HCl“ jedným z najdôležitejších problémov, ktorým pyrolýzne zariadenia na Slovensku, od platnosti legislatívy upravujúcej stav konca odpadu pre druhotné palivá čelia.

Z údajov uvedených v tabuľke 7 je zrejmé, že všetky dostupné rozbery plynného druhotného paliva vyrobeného z plastových odpadov bez výnimky výrazne prekračujú ustanovenú hraničnú hodnotu. Na zmiernenie závažnosti tejto skutočnosti je možné uviesť, že v oboch dostupných prípadoch sa jedná o testovacie, referenčné zariadenia, ktoré nedisponujú adekvátnym spôsobom čistenia vznikajúceho plynu, zameraným na odstraňovanie halogénových zložiek, ako aj skutočnosť, že (vzhľadom na skutočnosť, že Cl v plynnom druhotnom palive by sa mal nachádzať prakticky výlučne vo forme HCl) odstraňovanie anorganického Cl v plynnej fáze je relatívne bezproblémovou záležitosťou.

5. Záver

Aj napriek skutočnosti, že súčasná „oficiálna“ línia Slovenskej environmentálnej politiky na úseku odpadového hospodárstva podporuje akékoľvek projekty na energetické zhodnocovanie odpadov len veľmi opatrne, ostáva energetické zhodnocovanie odpadov neoddeliteľnou a významnou súčasťou akéhokoľvek trvalo udržateľného a ekonomicky zmysluplného systému odpadového hospodárstva. V situácii, keď akékoľvek projekty energetického zhodnocovania odpadov v tzv. „klasických spaľovniach“ (ako pravdepodobne environmentálne aj ekonomicky najúčinnějších spôsobov energetického zhodnotenia odpadu) sú v podmienkach Slovenskej republiky prakticky nepriechodné, je oprávnené považovať projekty na báze alternatívnych termických metód úpravy odpady (a teda aj projekty na báze pyrolýznych procesov) za potenciálne zaujímavú a významnú súčasť hierarchie odpadového hospodárstva. S ohľadom na registrované environmentálne aj technické problémy jestvujúcich prevádzok tohto typu je ale uvedený potenciál možné naplniť len pod podmienkou, že zariadenia jestvujúce, ako aj pripravované zariadenia novej generácie sa dokážu úspešne vysporiadať s najdôležitejšími environmentálnymi problémami, ktorým v súčasnosti čelia.

Medzi kľúčové požiadavky a nedoriešené environmentálne problémy patrí práve povinnosť preukázať dosiahnutie stavu konca odpadu pre produkované plynné a kvapalné druhotné palivá, tak ako je to prezentované v tomto článku. Výsadné postavenie týchto požiadaviek v rámci všetkých environmentálnych požiadaviek a obmedzení vyplýva najmä z nasledovných skutočností:

- jedná sa o podrobne zadefinované, konkrétne požiadavky vzťahujúce sa na každé ATT zariadenie (so zohľadnením výnimiek uvedených vyššie) automaticky, bez potreby možnosti subjektívneho výkladu a aplikácie ako je to pri zväčša strategických obmedzeniach ustanovených v legislatívnom rámci odpadového hospodárstva,
- plnenie resp. neplnenie požiadaviek má priamy vplyv na intenzitu negatívneho environmentálneho vplyvu jednotlivých ATT zariadení,
- požiadavky sú svojou povahou prepojené na inherentné technologické schopnosti jednotlivých ATT technológií a plnia tak čiastočne aj funkciu indikátorov ich celkovej technickej kvality a dlhodobej udržateľnosti,
- v nadväznosti na predchádzajúci bod, neplnenie týchto požiadaviek implikuje potrebu výrazných technologických zásahov do zariadení a do navrhnutých procesov, v miere ktorá zároveň významne prispieva k celkovej kvalite výstupov konkrétnej technológie [5].

Preukázanie plnenia týchto požiadaviek pre jestvujúce ako aj pre všetky pripravované pyrolýzne technológie sa tak stáva jednou z prioritných problémov, s ktorým sa musia prevádzkovatelia jestvujúcich a dodávatelia nových technológií vysporiadať.

V tomto duchu bolo hlavným cieľom tejto práce identifikovať najproblémovjšie parametre stavu konca odpadu pre plynné a kvapalné palivá produkované pyrolýznymi technológiami v rámci SR.

Logickým následným krokom, ktorému sa chceme venovať v budúcnosti je:

- návrh konkrétnych hraničných hodnôt pre parametre, ktoré v súčasnosti platnej verzii vyhlášky č. 228/2014 Z.z. nie sú explicitne definované (pri rešpektovaní základných princípov, na ktorých boli parametre stavu konca odpadu pre druhotné palivá navrhnuté),
- vyčlenenie identifikovaných prekračovaných parametrov, ktorých legislatívne ustanovená hraničná hodnota je nevyhovujúca a mala by (pri najbližšej novelizácii dotknutej Vyhlášky č. 228/2014 Z.z.)

prejsť kritickou úpravou aj s návrhom tejto úpravy tak aby nové hraničné hodnoty reflektovali povahu produkovaných druhotných palív,

- overenie uskutočniteľnosti technologických úprav na jednotlivých pyrolýznych zariadeniach s cieľom dosiahnuť plnenie hraničných hodnôt pre ostatné neplnené parametre identifikované v tejto práci.

PodĎakovanie

Táto práca bola podporovaná Kultúrnou a edukačnou grantovou agentúrou Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu SR KEGA č. 030UMB-4/2017 „Vzdelávacie centrum integrovanej bezpečnosti“.

6. Zoznam použitej literatúry

- [1] Ministerstvo životného prostredia SR, Vyhláška č. 228/2017 Z.z. ktorou sa ustanovujú požiadavky na kvalitu palív a vedenie prevádzkovej evidencie o palivách. Ministerstvo životného prostredia SR, 2014.
- [2] Salva, J. “Systém preukazovania kvality druhotných palív - RADIANA, s.r.o.” pp. 1–31, 2017.
- [3] Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft und des Bundesministers für Wirtschaft, Familie und Jugend über die Verbrennung von Abfällen. Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft und des Bundesministers für Wirtschaft, Familie und Jugend, 2002.
- [4] Musil, J., Hroncoová, E., Ladomerský, J. “Problematic Development of Implementation of WtE Projects in Slovakia,” in Waste Management, Volume 7, Waste to Energy, IRRRC Waste to Energy, Vienna, 2017.
- [5] J. Musil, “Porovnávací analýza environmentálnych problémov realizácie pyrolýznych a splyňovacích technológií spracovania odpadu,” Projekt dizertačnej práce. Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici, 2018.
- [6] A. López, I. De Marco, B. M. Caballero, M. F. Laresgoiti, and A. Adrados, “Dechlorination of fuels in pyrolysis of PVC containing plastic wastes,” Fuel Process. Technol., vol. 92, no. 2, pp. 253–260, 2011.