

Příloha 4

Metody řešení – monitoring malých spalovacích zdrojů

1. ZPŮSOB MĚŘENÍ

Popis měřicího místa.

Označení měřicího místa	komín	
Rozměry měřicího místa – D	0,14	m
Plocha měřicího profilu	0,0154	m ²
Délka rovného úseku potrubí před MM	0,7	m
Délka rovného úseku potrubí za MM	0,5	m
Počet vzorkovacích přímek	1	-
Počet vzorkovacích bodů	2	-
Pro měření byl použit nástavec na komín, vyrobený speciálně pro tento zdroj. Měřicí místo splňuje požadavky norem ČSN ISO 10780 a ČSN ISO 9096.		

Rychlost a objemový průtok plynu v potrubí, vlhkost plynu

Metoda ČSN ISO 10780		
Rychlostní profil	Prandtlova sonda typu „L“	ev.č. 104528
Teplota odpadního plynu + Diferenční tlak	Převodník tlaku a teploty GREISSINGER	ev.č. 108029 termočlánek ev.č. 108022
Atmosférický tlak	Elektronický barometr	ev.č. 104502
Vlhkost odpadního plynu	kondenzačně	
Nejistota stanovení	odhad 5 %	
Citlivost metody	5 m.s ⁻¹	

Hmotnostní koncentrace tuhých znečišťujících látek (TSP)

Metoda ČSN ISO 9096		
Odběrová aparatura	Gravimetrická aparatura TESO GTE	
	Externí zachycovač	
	Plynoměr	ev.č. 102310
	Rotametr	ev.č. 102311
	Termoelektrický teploměr	teploměr ev.č. 108008 termočlánek ev.č. 101038
	Sonda	ev.č. 89
	odběrová hubice průměr 15 mm	
Teplota sušení filtru	105 °C	
Analytické stanovení	gravimetrie – analytické váhy citlivost 0,1 mg (ev.č. 500007)	
Nejistota stanovení	odhad 10 %	
Citlivost metody	5 mg.m ⁻³	

Hmotnostní koncentrace plynných složek

Odběr vzorku pro automatizované stanovení hmotnostních koncentrací plynných složek			
Metoda	ČSN ISO 10396		
Odběrová sonda	sonda s topným keramickým filtrem		
Odběrová trasa	topný teflonový svod – 25 metrů		
Úprava vzorku	kompresorová lednice Hartmann & Braun		
Regulace průtoku	odběrový modul TESO konti		
Analyzátorová sestava Hartmann & Braun			
Měřená veličina	Použitý přístroj	Princip	Metoda
Oxid siřičitý (SO ₂)	Uras 3G (ev.č. 101014)	IR spektrofotometrie	ČSN ISO 7935
Oxid uhelnatý (CO)	Uras 3G (ev.č. 101009)	IR spektrofotometrie	SOP – M 05
Oxidy dusíku (NO _x) konvertor NO ₂ – NO	Radas 1G (ev.č. 101007)	UV spektrofotometrie	ČSN ISO 10849
Kyslík (O ₂)	Magnos 5T (ev.č. 101006)	paramagnetický	CEN/TC 264 N 621
Oxid uhličitý (CO ₂)	Infralyt 4 (ev.č. 101070)	IR spektrofotometrie	SOP – M 05
Organické látky (TOC)	Fidas 3E (ev.č. 101005)	plamenoionizační	EN 12619
Rozsahové možnosti a použité rozsahy			
Složka	Použitý měřicí rozsah	Nejistota [% z rozsahu]	
SO ₂	0 – 1500, 0 - 500 ppm	2	
CO	0 – 4762 ppm	2	
NO _x	0 – 250 ppm	2	
O ₂	0 – 21 %	2	
CO ₂	0 – 50 %	2	
TOC	0 – 20000 ppm	2	
	Použité kalibrační plyny	Číslo certifikátu	
SO ₂	440 ppm SO ₂ v dusíku	Linde 2380/05	
NO	219 ppm NO v dusíku	Linde 2380/06	
CO	375 ppm CO v dusíku	Linde 1735/05	
O ₂	upravený vzduch	--	
CO ₂	45,2 % CO ₂ v dusíku	Linde 1721/03	
nulovací plyn	dusík 99,99 %	--	
TOC	169 ppm CH ₄ v dusíku	Linde 2357/05	
Sběrový a vyhodnocovací systém			
Proudové signály 0 – 20 mA jsou snímány ústřednou TESO TRM-16J, spojenou sériovou linkou s počítačem. Počítač měřená data snímá každou vteřinu a ukládá jako střední hodnotu ze šedesáti měření (průměrné minutové hodnoty) na HD. Data jsou vyhodnocena programem TESO WDAT 2.03			

Hmotnostní koncentrace PM₁₀, PM_{2,5}

Odběr vzorku pro tříděné odběry	
Odběrová aparatura	Odběrová aparatura VAPS
	Čerpadla: ev.č. 101069/1
	ev.č. 101069/2
	ev.č. 101069/3
	odběrová hubice průměr 8 mm
Matrice	Quartzový filtr
Analytické stanovení	gravimetrie – analytické váhy citlivost 0,1 mg (ev.č. 500007)
Nejistota stanovení	odhad 10 %
Citlivost metody	5 mg.m ⁻³

Hmotnostní koncentrace PCDD/F, PCB

Odběr vzorku pro tříděné odběry	
Odběrová aparatura	Odběrová aparatura VAPS
	Čerpadla: ev.č. 101069/1
	ev.č. 101069/2
	ev.č. 101069/3
	odběrová hubice průměr 8 mm
Matrice	Quartzový filtr + polyuretanová patrona
Analytické stanovení	GC - HRMS
Nejistota stanovení	40 %
Citlivost metody	TeCDD/F - 1pg.odběr ⁻¹ ; PeDD/F - 1pg.odběr ⁻¹ HxDD/F – 1pg.odběr ⁻¹ ; HpDD/F - 1pg.odběr ⁻¹ ODD/F – 1pg.odběr ⁻¹ PCB – 1ng.odběr ⁻¹

Hmotnostní koncentrace PAH, OCP

Odběr vzorku pro tříděné odběry	
Odběrová aparatura	Odběrová aparatura VAPS
	Čerpadla: ev.č. 101069/1
	ev.č. 101069/2
	ev.č. 101069/3
	odběrová hubice průměr 8 mm
Matrice	Quartzový filtr + polyuretanová patrona
Analytické stanovení	GC / MS
Nejistota stanovení	40 %
Citlivost metody	PAH- 70 ng.odběr ⁻¹ hexachlorbenzen– 60 ng.odběr ⁻¹ ; HCH gama– 70 ng.odběr ⁻¹ ; pentachlorfenol– 1000 ng.odběr ⁻¹ ;

Hmotnostní koncentrace SCCP, MCCP

Manuální odběr		
Odběrová aparatura	UNIBOX T 06	
	Mokrý plynoměr	ev.č. 103414
	Skleněný teploměr	
Analytické stanovení	GC / ECD	
Nejistota stanovení	1 µg.odběr ⁻¹	

Hmotnostní koncentrace těžkých kovů (HMs)

Odběr vzorku pro tříděné odběry		
Odběrová aparatura	Odběrová aparatura VAPS	
	Čerpadla:	ev.č. 101069/1
		ev.č. 101069/2
		ev.č. 101069/3
	odběrová hubice průměr 8 mm	
Matrice	Quartzový filtr	
Analytické stanovení	ICP/MS	
Nejistota stanovení	20 %	

Hmotnostní koncentrace rtuti

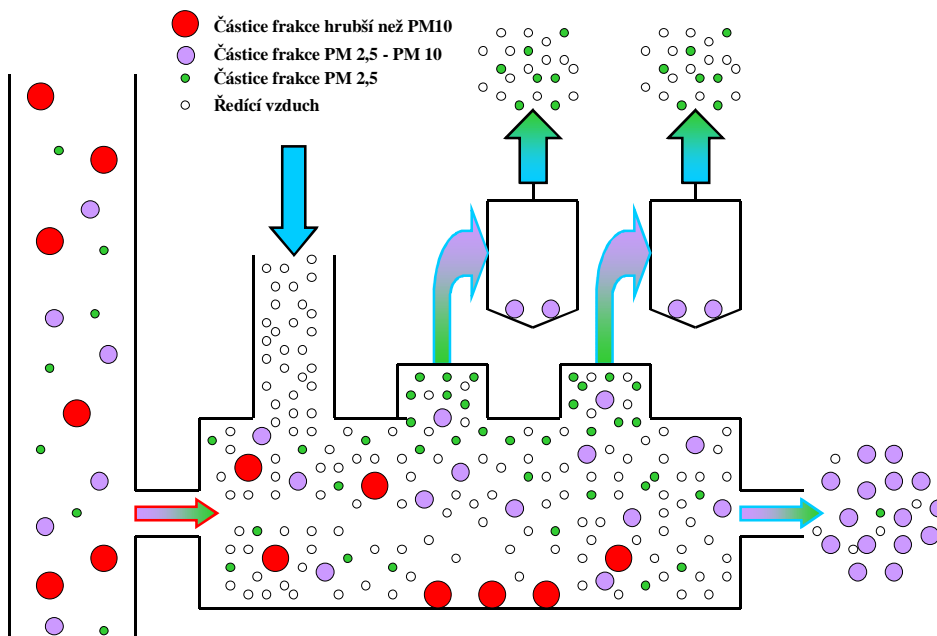
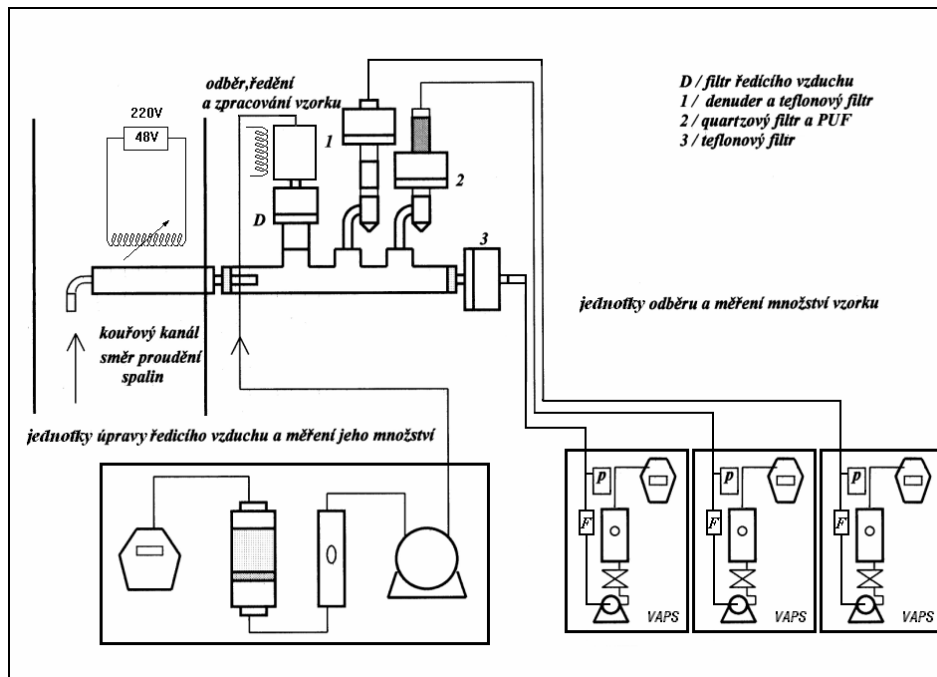
Odběr vzorku pro tříděné odběry		
Odběrová aparatura	Odběrová aparatura VAPS	
	Čerpadla:	ev.č. 101069/1
		ev.č. 101069/2
		ev.č. 101069/3
	odběrová hubice průměr 8 mm	
Matrice	Quartzový filtr + externí amalgamátor	
Analytické stanovení	bezplamenná atomová absorpční spektrofotometrie (flameless-AAS)	
Nejistota stanovení	30 %	
Citlivost metody	--	

Popis odběrové aparatury VAPS

1. Popis odběrové aparatury

Emisní modifikace odběrové aparatury VAPS URG Co. USA je sestavena ze součástí umožňujících současné odběry pro analytické stanovení různých parametrů znečištěného plynu.

2. Schéma aparatury a princip třídění



3. Popis funkce aparatury

Znečištěný odpadní plyn je ve směru proudnic plynu, zjištěných sondáží profilu rychlostní Prandtlovou sondou, odebírán z potrubí (proudově správný odběr) skleněnou nebo titanovou vytápěnou odběrovou sondou s výměnnou odběrovou hubicí. Množství odebíraného plynu musí být takové, aby byla zajištěna rychlost odsávání v ústí odběrové hubice v intervalu 95 až 115 % rychlosti proudění v okolí hubice (izokinetické odsávání).

Odpadní plyn je dále veden vytápěným nástavcem do skleněného, temperovaného rozdělovače, do kterého je přes čistící filtr s identickými mechanickými vlastnostmi jako mají expoziční filtry, zaústěn přívod venkovního, upraveného (vysušeného a vyčištěného) vzduchu. V manifoldu dochází k naředění plynu odebraného z potrubí takovým množstvím ředicího vzduchu, aby teplota rosného bodu vodní páry obsažené v plynu byla spolehlivě nižší než je teplota třídění (cca 30 - 40°C) a současně aby charakteristický objemový průtok směsi plynu a vzduchu za normálních termodynamických podmínek (n.p.) byl cca 32 l/min \pm 10%, při zachování izokinetických podmínek odsávání.

V rozdělovači dochází ke zpomalení proudění a ke gravitačnímu třídění částic dle jejich hybnosti, při teplotě nad rosným bodem vodní páry obsažené v plynu, přičemž hrubé částice nad PM 10 sedimentují a jsou z dalšího zpracování vyloučeny.

Centrální proud je odebírán ve směru kolmém k působení gravitační síly v množství 2 l/min n.p.. Částice v intervalu PM 2,5 – PM 10, vzhledem ke své hybnosti procházejí rozdělovačem beze změny směru proudění a jsou zachyceny na filtru hrubých částic. Malé množství jemných částic si zachová směr proudění centrálního proudu (v poměru objemu centrálního proudu a součtu objemů dílčích proudů). O tuto hodnotu musí být výsledná veličina opravena (viz. výpočet - korekce na průnik frakce PM 2,5 do frakce PM 10).

Zbývajících 30 l/min za n.p. je odsáváno proti směru působení gravitační síly a rozděleno na dva stejné proudy. Jemné částice menší než PM 2,5 sledují dráhu obou dílčích proudů plynu (15 l/min n.p.) a procházejí cyklonovými odlučovači, kde jsou odloučeny proniklé částice v intervalu PM 2,5 až PM 10.

Všechny části vzorkovače přicházející do styku s odebíraným vzduchem jsou vyrobeny ze skla, titanu nebo potaženy teflonem.

První větev (15 l/min) dílčího proudu plynu prochází křemenným filtrem podepřeným teflonem potaženým sítkem z nerezové oceli, kde jsou zachyceny částice PM 2,5. Křemenný filtr je použit pro analýzu těžkých kovů

Druhá větev (15 l/min) dílčího proudu vzduchu prochází křemenným filtrem podepřeným teflonem potaženým sítkem z nerezové oceli, kde jsou zachyceny částice PM 2,5. Vyfiltrovaný vzduch s obsahem organických par prochází patronou z polyuretanové pěny (PUF), která účinně zachycuje volatilní vícemolekulární organické látky. Křemenný filtr a PUF patrona musí být do analýzy uloženy za speciálních teplotních podmínek, PUF patrona musí být před expozicí extrahována. Zachycovač pro organické látky stejně jako PUF patrona jsou vyrobeny tak, aby je bylo možno spojit bezprostředně před odběrem párovými spojkami.

Třetí větev prochází přežíhaným quartzovým filtrem podepřeným teflonem potaženým sítkem z nerezové oceli. Za ním je doplněna skleněnou odbočkou, vybavenou restriktorem s napojeným evakuovaným pasivovaným kanistrem, pro odběr těkavých organických látek. Trasa je doplněna skleněnou odbočkou, vybavenou kritickou dýzou a výkonným čerpadlem. Před čerpadlem je zařazen externí amalgamátor pro záchyt volné rtuti.

VAPS je instalován v boxu, který je teplotně stabilizován s cirkulací vzduchu pro teplotu. Odběrový systém obsahuje tři samostatná čerpadla, každé z nich má samostatný rotametr s regulačním ventilem pro kontrolu nastaveného průtoku a tlakoměr pro kontrolu expozice filtru. Výstup každého čerpadla je zaveden do vlastního kalibrovaného suchého plynoměru s teploměrem, který slouží pro stanovení celkového objemu odebraného vzduchu a k přepočtu objemu na stavově nezávislé vyjádření.

4. Odběr znečišťujících látek aparaturou VAPS

Těžké kovy (HMs):	matrice – křemenný filtr, I. větev, frakce PM 2,5
PCDD/F, PCB, OCP, PAH:	matrice – křemenný filtr (Quartz), polyuretanová patrona (PUF), II. větev, frakce PM 2,5
Rtuť:	matrice – křemenný filtr, externí amalgamátor, III. větev, frakce PM 10 (pevná fáze) III. větev, odběr z trasy frakce PM 10 po odloučení částic (plynná fáze)
VOC:	matrice – pasivované evakuované kanystry, III. větev, odběr z trasy frakce PM 10 po odloučení částic
PM 2,5:	matrice – křemenný filtr, I. a II. větev
PM 10:	matrice – křemenný filtr, III. větev

2. PROVOZ ZDROJE

Zdroj byl provozován na 80 % jmenovitého výkonu, tedy na 27,84 kW po dobu šesti hodin pro každý druh paliva.

Použitá paliva:

- 29.11.2005 Severočeské hnědé uhlí (Komořanské), zrnitost 20 – 40 mm
Výhřevnost: 21,95 MJ/kg
Množství použitého paliva: 35,6 kg
- 30.11.2005 Palivové dřevo (dub, buk), délky polen 40 cm
Výhřevnost: 17,13 MJ/kg
Množství použitého paliva: 45,6 kg
- 1.12.2005 Palivo z obnovitelných zdrojů – brikety z tvrdého dřeva, průměr 100 mm
Výhřevnost: 16,9 MJ/kg
Množství použitého paliva: 46,2 kg
- 2.12.2005 Domácí palivová směs:
- | | | |
|--------------------------------|-------|----|
| hnědé uhlí: | 3,13 | kg |
| palivové dřevo: | 8,0 | kg |
| brikety: | 2,45 | kg |
| stavební dřevo: | 25,63 | kg |
| karton: | 2,94 | kg |
| noviny: | 0,07 | kg |
| PET
(polyetylentereftalát): | 0,19 | kg |
| polystyren: | 0,05 | kg |
| dřevotříska: | 2,22 | kg |
- Výhřevnost směsi: 17,48 MJ/kg
Množství použitého paliva celkem: 44,7 kg

Použitá paliva pocházejí z veřejných distribučních zdrojů pro maloobdoběratele, stavební odpadní dřevo pochází ze sběrového dvora v Praze.

3. PRŮBĚH MĚŘENÍ

Dne 29.11.2005 v 11:51 hod – zahájeno měření, v 18:10 – ukončeno měření.

Harmonogram jednotlivých odběrů :

11:51 – 18:10	kontinuální měření vzduchotechnických parametrů
11:51 – 18:10	kontinuální odběr pro stanovení koncentrací SO ₂ , NO _x , CO, TOC, CO ₂ a O ₂
11:51 – 17:51	diskontinuální odběr pro stanovení těžkých kovů, PM _{2,5} , PM ₁₀ , PAH, PCDD/F, PCB, OCP
11:52 – 17:51	diskontinuální odběr pro stanovení rtuti
11:56 – 17:51	diskontinuální odběr pro stanovení VOC
11:51 – 12:18	diskontinuální odběr č. 1 pro stanovení TSP
12:20 – 12:57	diskontinuální odběr č. 2 pro stanovení TSP
13:07 – 14:30	diskontinuální odběr č. 3 pro stanovení TSP
14:36 – 15:49	diskontinuální odběr č. 4 pro stanovení TSP
15:55 – 17:51	diskontinuální odběr č. 5 pro stanovení TSP

Harmonogram provozu zdroje :

11:51	zatopení (PE-PO + měkké dřevo + papír + hnědé uhlí), 1,33 kg přiložení 8,15 kg uhlí
12:20	teplota vody 30 °C přiložení 7,82 kg uhlí
12:40	teplota vody 40 °C
14:10	teplota vody 50 °C přiložení 7,82 kg uhlí, roštování
15:00	teplota vody 65 °C, roštování
15:30	teplota vody 60 °C, roštování, přiložení 7,82 + 3,99 kg uhlí
16:00	bafnul kotel, kouř
16:20	teplota vody 65 °C
17:00	teplota vody 68 °C, plamen
17:20	roštování, v kotli jsou pouze žhavé uhlíky
18:10	vyhasnutí kotle

Celkem spáleno 35,6 kg uhlí.

Dne 30.11.2005 v 11:51 hod – zahájeno měření, v 18:10 – ukončeno měření.

Harmonogram jednotlivých odběrů :

10:15 – 16:32	kontinuální měření vzduchotechnických parametrů
10:15 – 16:32	kontinuální odběr pro stanovení koncentrací SO ₂ , NO _x , CO, TOC, CO ₂ a O ₂
10:15 – 16:15	diskontinuální odběr pro stanovení těžkých kovů, PM _{2,5} , PM ₁₀ , PAH, PCDD/F, PCB, OCP
10:15 – 16:15	diskontinuální odběr pro stanovení rtuti
10:15 – 15:12	diskontinuální odběr č.1 pro stanovení VOC

15:12 – 16:15	diskontinuální odběr č.2 pro stanovení VOC
10:15 – 11:45	diskontinuální odběr č. 1 pro stanovení TSP
11:51 – 13:48	diskontinuální odběr č. 2 pro stanovení TSP
14:03 – 16:15	diskontinuální odběr č. 3 pro stanovení TSP

Harmonogram provozu zdroje:

10:11	zatopení (PE-PO + noviny+ tvrdé dřevo 8,115 kg), teplota vody 20 °C
11:00	přiložení 7,08 kg dřeva, teplota vody 30 °C
11:30	přiložení 9,10 kg dřeva, teplota vody 38 °C
12:30	přiložení 9,552 kg dřeva, teplota vody 50 °C
13:05	teplota vody 55 °C
13:27	přiložení 6 kg dřeva, teplota vody 58 °C
14:15	přiložení 5,753 kg dřeva, teplota vody 62 °C

Celkem spáleno 45,6 kg dřeva.

Dne 1.12.2005 v 9:58 hod – zahájeno měření, v 18:12 – ukončeno měření.

Harmonogram jednotlivých odběrů :

9:58 – 18:12	kontinuální měření vzduchotechnických parametrů
9:58 – 18:12	kontinuální odběr pro stanovení koncentrací SO ₂ , NO _x , CO, TOC, CO ₂ a O ₂
10:02 – 16:16	diskontinuální odběr pro stanovení těžkých kovů, PM _{2,5} , PM ₁₀ , PAH, PCDD/F, PCB, OCP
10:02 – 16:16	diskontinuální odběr pro stanovení rtuti
10:05 – 16:16	diskontinuální odběr č.1 pro stanovení VOC
10:02 – 12:00	diskontinuální odběr č. 1 pro stanovení TSP
12:04 – 14:04	diskontinuální odběr č. 2 pro stanovení TSP
14:09 – 16:14	diskontinuální odběr č. 3 pro stanovení TSP

Harmonogram provozu zdroje:

9:57	zatopení (PE-PO + noviny + měkké dřevo), přiložení 14,17 kg briket, teplota vody 20 °C
11:19	přiložení 9,43 kg briket, teplota vody 58 °C
12:33	přiložení 10,04 kg briket, teplota vody 60 °C
14:26	přiložení 6,87 kg briket, teplota vody 56 °C
15:15	přiložení 5,69 kg briket, teplota vody 65 °C
16:10	v kotli žhavé uhlíky, teplota 60 °C
17:00	v kotli žhavé uhlíky, teplota 50 °C

Celkem spáleno 46,2 kg briket.

Dne 2.12.2005 v 8:26 hod – zahájeno měření, v 14:52 – ukončeno měření.

Harmonogram jednotlivých odběrů :

8:26 – 14:52	kontinuální měření vzduchotechnických parametrů
8:26 – 14:52	kontinuální odběr pro stanovení koncentrací SO ₂ , NO _x , CO, TOC, CO ₂ a O ₂
8:26 – 14:26	diskontinuální odběr pro stanovení těžkých kovů, PM _{2,5} , PM ₁₀ , PAH, PCDD/F, PCB, OCP
8:26 – 14:26	diskontinuální odběr pro stanovení rtuti
8:41 – 14:26	diskontinuální odběr pro stanovení VOC
8:26 – 9:26	diskontinuální odběr č. 1 pro stanovení TSP
9:31 – 11:05	diskontinuální odběr č. 2 pro stanovení TSP
11:09 – 13:19	diskontinuální odběr č. 3 pro stanovení TSP
13:23 – 14:26	diskontinuální odběr č. 4 pro stanovení TSP

Harmonogram provozu zdroje:

8:24	zatopení (PE-PO + noviny + měkké dřevo), přiložení 8,11 kg stavebního dřeva + 1/3 kartonu
8:44	přiložení 1/3 polystyrenu, teplota vody 45 °C
8:51	přiložení 1/3 tvrdého dřeva
9:00	přiložení 1/3 PET, teplota vody 45 °C
9:32	přiložení 1/3 kartonu + 1/3 briket, teplota vody 48 °C
9:50	přiložení hnědého uhlí, teplota vody 52 °C
10:07	přiložení 1/3 tvrdého dřeva, teplota vody 58 °C
10:12	přiložení 1/3 polystyrenu
10:30	přiložení 1/3 kartonu, teplota vody 56 °C
10:42	přiložení 7,95 kg stavebního dřeva, teplota vody 58 °C
11:15	přiložení 1/3 PET, teplota vody 60 °C
11:41	přiložení 1/3 briket, teplota vody 58 °C
11:53	přiložení 1/3 PET
12:21	přiložení 1/3 tvrdého dřeva
12:40	přiložení 1/3 polystyrenu, teplota vody 60 °C
13:00	přiložení 11,79 kg stavebního dřeva, teplota vody 58 °C
14:09	roštování, teplota vody 66 °C
14:37	roštování, v kotli žhavé uhlíky, teplota vody 66 °C

Celkem spáleno 44,7 kg směsi paliv.

Měřený zdroj byl provozován obvyklým způsobem obsluhou odběratele a v souladu s technickými podmínkami. V průběhu měření se nevyskytly mimořádné situace v provozu zdroje.