

Testování recyklátů odebraných v rámci Doškolovacího semináře Manažerů vzorkování odpadů 13. 11. 2025 v areálu společnosti Chládek&Tintěra Havlíčkův Brod a.s.

Úvod

Společnost Forsapi, s.r.o. zajišťuje vzdělávání pracovníků laboratoří a konzultačních společností zabývajících se odběrem a vyhodnocením zkoušek vzorků odpadů. Jednotlivé vzdělávací semináře jsou věnovány vzorkování a zkoušení vybraných druhů odpadů. V průběhu seminářů jsou testovány rozličné postupy vzorkování odpadů a v návaznosti na ně i praxe laboratoří s cílem postupné optimalizace a sjednocování metodiky (postupů) vzorkování a laboratorních prací tak, aby se zvyšovala spolehlivost informací o vlastnostech odpadů pro konečné uživatele.

Ve spolupráci se společností Chládek & Tintěra Havlíčkův Brod a.s. byl dne 13. 11. 2025 uspořádán doškolovací seminář zaměřený na problematiku vzorkování odpadů a na dokumentaci při odběrech vzorků odpadů.

Úvodní přednáška (Ing. Renaty Novákové, ProfiOdpady s.r.o.) byla věnována *novinkám v legislativních předpisech*. RNDr Petr Kohout (Forsapi s.r.o.) v následující přednášce představil *návrh evropské směrnice pro ukončení statusu odpadu pro minerální stavební a demoliční odpady* včetně návrhu chemických kritérií pro výstupní materiál a způsobu jeho vzorkování (návrh je připravován pracovištěm Evropské komise – Joint Research Centre (JRC)). Další přednášky byly věnovány tématu *nedostatky v dokumentaci z odběru vzorků a nejčastějším chybám v protokolech o odběrech* – 1. přednášku připravil Ing. Pavel Bernáth a ve druhé Ing. Pavlína Dvořáková (ředitelství ČIŽP) informovala o nedostacích v dokumentaci vzorkování odpadů z pohledu ČIŽP. Její přednášku následně doplnil Mgr. Martin Marko (rovněž z ředitelství ČIŽP), který účastníky seznámil s technickými novinkami ČIŽP používanými při kontrolách a práci ČIŽP. Zástupci 3 akreditovaných laboratoří - Ing. Bláha (EMPLA AG), Ing. Petr Jankovský (Monitoring s.r.o.) a Pavel Zbirovský (ALS CR s.r.o.) účastníky seznámili se *zkušenostmi akreditovaných laboratoří se vzorkováním odpadů*.

Praktická část semináře byla zaměřena na ověření postupu odběru recyklátu navrženého JRC pro připravovanou směrnici o ukončení statusu odpadu pro minerální stavební a demoliční odpady. Tato část semináře proběhla v areálu společnosti Chládek&Tintěra Havlíčkův Brod a.s.. V dalším textu jsou popsány cíle, postup a výsledky praktického zkoušení.

Praktické zkoušení výstupů z recyklace stavebních demoličních odpadů

Cíl testování

Návrh evropské směrnice po ukončení statusu odpadu pro minerální stavební a demoliční odpady doporučuje následující postup přípravy vzorků pro ověření splnění chemických kritérií pro výstup z úpravy stavebních a demoličních odpadů, aby mohly ukončit status odpadů:

- Pro recykláty připravené z nevhodných šarží stavebních surovin při jejich výrobě a recykláty jedno druhových stavebních odpadů (např. pouze beton, nebo pouze cihly apod.) bude na

každých 5000 tun vyrobeného recyklátu odebrán 1 reprezentativní vzorek sestavený z 10 dílčích vzorků, určený k následné zkoušce,

- pro recykláty připravené z více druhových stavebních a demoličních odpadů, v nichž lze očekávat vyšší riziko znečištění, a pro recyklaci vytěžené zeminy bude **1 reprezentativní vzorek, sestavený z 10 dílčích vzorků, připraven z každých 2000 tun** vyrobeného recyklátu.

Cílem praktického zkoušení bylo ověřit, jak spolehlivé je navržené schéma pro odběr vzorků a zda počet 10 dílčích vzorků umožňuje minimalizovat náhodné chyby výsledku způsobené heterogenitou zkoušeného vzorkovaného souboru.

Postup odběru a přípravy terénních a laboratorních vzorků

V areálu Sběrného dvora společnosti Chládek & Tintěra Havlíčkův Brod a.s. vybral spolupořadatel z této společnosti po domluvě s organizátorem deponii recyklátu stavebního odpadu o frakci 0 – 10 mm od přibližném objemu 500 m³, tj. cca 1 000 tun, určenou pro přípravu zkušební vzorku. Úmyslně byl zvolen recyklát nejmenší frakce 0 – 10 mm, s převládající velikostí částic <3 mm, aby bylo možné testovaný materiál dobře v terénu (ale i v laboratoři) homogenizovat, a byl tak odstraněn významný zdroj náhodných chyb pro stanovení nepolárních organických ukazatelů (C10-C40 a PAU).

Pro účely testování byla jako vzorkovaný soubor vybrána pouze část deponie, tvořená pásem 2 m od paty deponie vzhůru po jejím svahu, ze které byly do hloubky 0,2 m odebírány rovnoměrně dílčí vzorky. Velikost dílčího vzorku se pohybovala okolo 1 kg. Dílčí vzorky byly odebrány účastníky semináře (držiteli personálního certifikátu manažer vzorkování odpadů).

Celkem byly připraveny 3 dvojice terénních vzorků ze vzorkovaného souboru:

- **Vzorek 1A a replicitní vzorek 1B** – každý připravený z **deseti dílčích vzorků** (body odběru dílčích vzorků se neshodovaly),
- **Vzorek 2A a replicitní vzorek 2B** – každý připravený z **dvaceti dílčích vzorků** (body odběru dílčích vzorků se neshodovaly),
- **Vzorek 3A a replicitní vzorek 3B** – každý připravený z **třiceti dílčích vzorků** (body odběru dílčích vzorků se neshodovaly).

Jednotlivé terénní vzorky byly samostatně v terénu upravovány následujícím postupem:

- Homogenizace terénního vzorku – několika násobné přehazování a míchání terénního vzorku na plastové podložce lopatkou a vzorkovacími lopatkami,
- kvartace terénního vzorku – z 2 protilehlých čtvrtin byl připraven 1 laboratorní vzorek, ze zbylých protilehlých čtvrtin byl připraven záložní druhý laboratorní vzorek.

Terénní úpravu vzorků a přípravu laboratorních vzorků řídili akreditovaní pracovníci zúčastněných laboratoří (ALS CR, EMPLA AG, Monitoring).

Celkem takto bylo připraveno 12 laboratorních vzorků.

- **Laboratorní vzorky připravené z 10 dílčích vzorků:**
 - vzorky 1A a 1A-2 (dělené vzorky z terénního vzorku 1A),
 - replicitní vzorky 1B a 1B-2 (dělené vzorky z terénního vzorku 1B),

- Laboratorní vzorky připravené z 20 dílčích vzorků:
 - vzorky 2A a 2A-2 (dělené vzorky z terénního vzorku 2A),
 - replicitní vzorky 2B a 2B-2 (dělené vzorky z terénního vzorku 2B),
- Laboratorní vzorky připravené z 30 dílčích vzorků:
 - vzorky 3A a 3A-2 (dělené vzorky z terénního vzorku 3A),
 - replicitní vzorky 3B a 3B-2 (dělené vzorky z terénního vzorku 3B).

Na obrázku jsou zachyceni účastníci praktické části semináře, připravující vzorky. Na obrázcích 2 a 3 pak úprava vzorků a podoba laboratorního vzorku.



Obrázek 1: Účastníci praktické části semináře



Obrázky 2 a 3: Úprava terénního vzorku a laboratorní vzorek

S ohledem na cíl zkoušení (ověření opakovatelnosti jednotlivých schémat odběru vzorků) byly zúčastněným laboratořím předány laboratorní vzorky připravené dle stejného schématu přípravy terénního vzorku:

- laboratoři ALS CZ – vzorky 1A a 1B (vzorky připravené z 10 dílčích vzorků),
- laboratoři EMPLA AG – vzorky 2A a 2B (vzorky připravené z 20 dílčích vzorků),
- laboratoři LABTECH – dělené vzorky 2A-2 a 2B-2 (2. sada vzorků připravených z 20 dílčích vzorků),
- laboratoři Monitoring – vzorky 3A a 3B (vzorky připravené z 30 dílčích vzorků).

Zástupci laboratoří byli instruováni, aby k přípravě analytického vzorku byl použit vždy celý laboratorní vzorek (hmotnosti laboratorních vzorků se pohybovaly o 5,42 kg do 9,38 kg) a před úpravou vzorku, aby byly ze vzorku odstraněny případné částice převyšující 10 mm.

Rozsah analytických zkoušek

Rozsah analytických zkoušek pro splnění cíle zkoušení zahrnoval následující ukazatele stanovené v sušině vzorku:

- kovy a polycyklické aromatické uhlovodíky PAU (v rozsahu přílohy č. 5 tabulka č. 5.1 k Vyhlášce č.273/2021 Sb. o podrobnostech nakládání s odpady) a
- ropné uhlovodíky C10-C40.

Zúčastněné laboratoře

Testování se účastnily 4 zkušební laboratoře akreditovaných ČIA.

V tabulce 1 je uveden přehled zúčastněných laboratoří.

Tabulka 1: Přehled zúčastněných laboratoří

Název laboratoře	Adresa laboratoře
ALS Czech Republic s.r.o.	Na Harfě 336/9, 190 00 Praha 9
EMPLA AG spol. s r.o.	Za Škodovkou 305/5, 503 11 Hradec Králové
LABTECH s.r.o.	Vítězná 422, 284 01 Kutná Hora
Monitoring s.r.o.	Radiová 1122/1, 102 00 Praha 15 - Hostivař

Výsledky analytických zkoušek

Jak je patrné z níže uvedených tabulek, výsledky neumožňují splnění plánovaného cíle, tj. ověřit, zda počet 10 dílčích vzorků umožňuje minimalizovat náhodné chyby výsledku způsobené heterogenitou zkoušeného vzorkovaného souboru, resp. zda s rostoucím počtem dílčích vzorků lze získat spolehlivější charakterizaci testovaného vzorkovaného souboru.

Z důvodu zvýšení počtu analýz, které by umožnily splnit cíl praktického zkoušení, byly dodatečně předány zbylé dělené vzorky (1A-2, 1B-2, 3A-2 a 3B-2) do laboratoře ALS CR s.r.o. V tabulce 2 je opakovaně uveden přehled, jaké laboratorní vzorky byly zpracovány v jednotlivých laboratořích.

Tabulka 2: Přehled vzorků analyzovaných zúčastněnými laboratořemi

Název laboratoře	Analyzované vzorky
ALS Czech Republic s.r.o.	1A, 1A-2, 1B, 1B-2, 3A-2, 3B-2
EMPLA AG spol. s r.o.	2A, 2B
LABTECH s.r.o.	2A-2, 2B-2
Monitoring s.r.o.	3A, 3B

Laboratoř LABTECH stanovení C10-C40 a PAU provedla duplicitně v druhé své laboratoři v Paskově.

Výsledky stanovení v jednotlivých vzorcích jsou uvedeny v tabulce 3.

Tabulka 3: Přehled výsledků ve vzorcích recyklátu

parametr	jednotka	1A	1B	1A-2	1B-2	2A	2B	2A-2		2B-2		3A	3B	3A-2	3B-2
sušina	%	86,4	87,1	86,3	87,2	85,9	86,9	85,4	-	86,6	-	87,5	87,5	87,9	87,6
As	mg/kg suš.	30,4	38,6	38	43,3	8,55	34,4	29,9	-	63,7	-	24	9,8	79,4	30,3
Ba	mg/kg suš.	158	73,7	155	161	112	78,7	186	-	158	-	110	130	119	133
Be	mg/kg suš.	0,889	0,555	0,925	0,977	<0,5	<0,5	1,2	-	1,15	-	0,36	0,25	0,8	0,832
Cd	mg/kg suš.	0,41	<0,4	0,7	0,45	<0,4	0,53	0,573	-	0,878	-	0,68	0,41	0,41	0,56
Cr	mg/kg suš.	38,5	30,4	50,9	40,3	34,2	41,4	51,4	-	64,5	-	40	43	37,7	37,7
Cu	mg/kg suš.	29,7	28,5	57,9	34,9	39	55	39	-	63,5	-	41	27	43	47
Hg	mg/kg suš.	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,0894	0,055	0,121	-	0,0953	-	<0,1	<0,1	<0,2	<0,2
Ni	mg/kg suš.	23,7	20,3	32,5	24,6	8,55	55	26	-	35	-	27	25	23,4	25,2
Pb	mg/kg suš.	58,9	23	33,9	51,1	38,1	39,7	190	-	56	-	52	38	36,1	42,3
V	mg/kg suš.	46,5	32,7	54,5	48,1	72	77	58,3	-	62,6	-	44	46	42,9	45,1
Zn	mg/kg suš.	135	92,5	135	140	133	129	166	-	196	-	140	120	121	128
naftalen	mg/kg suš.	0,083	0,157	1,82	0,139	0,002	N	0,0755	0,0663	0,0796	0,0725	0,064	0,044	0,145	0,079
fenanthren	mg/kg suš.	1,64	2,13	12,3	1,76	0,348	0,565	2,81	3,13	2,69	2,58	0,98	0,98	2,11	1,36
anhtracen	mg/kg suš.	0,459	0,587	2,87	0,42	0,045	0,107	0,365	0,316	0,412	0,448	0,26	0,26	0,497	0,378
fluoranthen	mg/kg suš.	3,23	3,59	14,4	3,64	0,979	1,71	5,49	5,34	4,99	4,68	2	2,3	3,5	2,59
pyren	mg/kg suš.	2,49	2,83	10,7	2,9	1,46	1,58	4,39	4,11	3,63	3,64	1,5	1,8	2,75	2,12
benzo(a)anthracen	mg/kg suš.	1,6	1,59	<0,01	1,67	0,377	0,774	2,71	2,8	2,4	2,41	0,81	0,95	1,68	1,27
chrysen	mg/kg suš.	1,25	1,23	4,07	1,27	0,737	0,598	2,57	2,55	2,26	2,16	0,96	1,1	1,68	1,34
benzo(b)fluoranthen	mg/kg suš.	1,75	1,68	4,46	2,08	1,6	1,53	2,37	2,44	2,2	2,14	1	1,2	1,87	1,53
benzo(k)fluoranthen	mg/kg suš.	0,73	0,642	1,61	0,836	0,638	0,507	1,24	1,15	1,13	0,976	0,44	0,48	0,703	0,632
benzo(a)pyren	mg/kg suš.	1,32	1,29	3,34	1,62	0,814	0,891	2,48	2,35	2,19	2,07	0,72	0,76	1,41	1,23
indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg suš.	0,876	0,875	2,01	0,918	0,447	0,921	1,87	1,73	1,66	1,5	0,58	0,61	0,878	0,632
benzo(g,h,i)perylene	mg/kg suš.	0,762	0,697	1,46	1,03	0,269	0,447	1,97	2,03	1,74	1,83	0,66	0,71	0,757	0,737
suma PAU	mg/kg suš.	16,2	17,3	59,0	18,3	7,7	9,6	28,3	28,0	25,4	24,5	10,0	11,2	18,0	13,9
C10-C40	mg/kg suš.	64	95	94	52	209	141	93,2	83,8	63,6	56,1	<100	<100	100	82

Ověření opakovatelnosti jednotlivých schémat odběru vzorků

Testování vycházelo ze základního předpokladu – rostoucí počet dílčích vzorků pro přípravu směsného vzorku snižuje velikost náhodné chyby způsobené nerovnoměrným rozložením sledovaných ukazatelů v deponii recyklátu. V takovém případě by relativní chyba mezi výsledky replikátů (vzorků odebraných se stejným počtem dílčích vzorků, ale z jiných bodů odběru) měla klesat s rostoucím počtem dílčích vzorků.

V tabulce 4 jsou pro jednotlivé sady replicitních vzorků vypočteny průměrné hodnoty z výsledků vzorků XA a XB (kde X je označení vzorku podle počtu dílčích vzorků), dále hodnoty relativní směrodatné chyby stanovené z rozpětí naměřených hodnot XA a XB.

Klesající velikost RSD s rostoucím počtem dílčích vzorků byla pozorována pouze ve stanoveních:

- kovů Ba, Cr, V a Zn.

Z tabulky 4 vyplývá, že **předpoklad** - rostoucí počet dílčích vzorků pro přípravu směsného vzorku snižuje velikost náhodné chyby způsobené nerovnoměrným rozložením sledovaných ukazatelů v deponii recyklátu, **nelze ve většině stanovení prokázat**.

V tabulce 5 jsou **statistické charakteristiky** – průměrná hodnota, relativní směrodatná odchylka (vypočtené jednak z rozpětí naměřených hodnot a dále z výběrové směrodatné odchylky), **uvedeny samostatně ze všech výsledků stanovení vzorku 1, vzorku 2 a vzorku 3**.

Klesající velikost relativní směrodatné odchylky (RSD) byla pozorována pouze ve stanovení:

- kovů Cd, Cu, V, a Zn (kromě stanovení V a Zn se neshodují s pozorováním v tabulce 4),
- polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU) – v tomto ukazateli ale velikost chyby souvisí s odlehlým výsledkem stanovení PAU ve vzorku 1A-2 (vzorek 1) a systematickou chybou mezi výsledky laboratoří EMPA AG a LABTECH ve vzorku 2.

Tabulka 4: Vyhodnocení výsledků – Ověření opakovatelnosti jednotlivých schémat odběru vzorků I

parametr	jednotka	vzorek 1		vzorek 1 - 2		vzorek 2		vzorek 2-2		vzorek 2-2 (B)		vzorek 3		vzorek 3-2	
		průměr	RSD	průměr	RSD	průměr	RSD	průměr	RSD	průměr	RSD	průměr	RSD	průměr	RSD
sušina	%	86,8	0,72%	86,75	0,9%	86,4	1,0%	86	1,2%	-	-	87,5	0,0%	87,75	0,3%
As	mg/kg suš.	34,5	21,1%	40,7	11,6%	21,5	106,7%	46,8	64,0%	-	-	16,9	74,5%	54,85	79,3%
Ba	mg/kg suš.	115,9	64,5%	158,0	3,4%	95,4	30,9%	172,0	14,4%	-	-	120	14,8%	126	9,8%
Be	mg/kg suš.	0,722	41,0%	1,0	4,8%	<0,5	N	1,175	3,8%	-	-	0,305	32,0%	0,816	3,5%
Cd	mg/kg suš.	<0,41	N	0,6	38,5%	<0,46	N	0,7255	37,3%	-	-	0,545	43,9%	0,485	27,4%
Cr	mg/kg suš.	34,5	20,8%	45,6	20,6%	37,8	16,9%	57,95	20,0%	-	-	41,5	6,4%	37,7	0,0%
Cu	mg/kg suš.	29,1	3,7%	46,4	43,9%	47,0	30,2%	51,3	42,4%	-	-	34	36,5%	45	7,9%
Hg	mg/kg suš.	<0,2	N	<0,2	N	0,0722	42,2%	0,10815	21,1%	-	-	<0,1	N	<0,1	N
Ni	mg/kg suš.	22	13,7%	28,6	24,5%	31,8	129,5%	30,5	26,2%	-	-	26,0	6,8%	24,3	6,6%
Pb	mg/kg suš.	41,0	77,7%	42,5	35,9%	38,9	3,6%	123	96,5%	-	-	45,0	27,6%	39,2	14,0%
V	mg/kg suš.	39,6	30,9%	51,3	11,1%	74,5	5,9%	60,45	6,3%	-	-	45,0	3,9%	44,0	4,4%
Zn	mg/kg suš.	113,8	33,1%	137,5	3,2%	131	2,7%	181	14,7%	-	-	130	13,6%	124,5	5,0%
suma PAU	mg/kg suš.	16,7	5,9%	38,7	93,4%	8,7	19,5%	26,9	9,6%	26,25	11,8%	10,6	10,0%	15,939	22,7%
C10-C40	mg/kg suš.	79,5	34,6%	73	51,0%	175	34,4%	78,4	33,5%	69,95	35,1%	<100		91	17,5%
stanovení, v nichž neplatí předpoklad - pokles RSD s rostoucím počtem dílčích vzorků															

Tabulka 5: Vyhodnocení výsledků – Ověření opakovatelnosti jednotlivých schémat odběru vzorků II

parametr	jednotka	vzorek 1			vzorek 2			vzorek 3		
		průměr	RSD-rozpětí	RSD-výběrová	průměr	RSD-rozpětí	RSD-výběrová	průměr	RSD-rozpětí	RSD-výběrová
sušina	%	86,8	0,5%	0,5%	86,2	0,8%	0,8%	87,6	0,2%	0,2%
As	mg/kg suš.	37,6	16,7%	14,2%	34,1	78,5%	66,5%	35,9	94,2%	84,3%
Ba	mg/kg suš.	136,9	31,0%	30,8%	133,7	39,0%	35,7%	123,0	9,1%	8,6%
Be	mg/kg suš.	0,84	24,5%	22,8%	1,18	2,1%	3,0%	0,56	50,4%	53,3%
Cd	mg/kg suš.	0,52	27,1%	30,2%	0,66	25,6%	28,7%	0,52	25,5%	25,4%
Cr	mg/kg suš.	40,0	24,9%	21,1%	47,9	30,7%	27,4%	39,6	6,5%	6,3%
Cu	mg/kg suš.	37,8	37,8%	36,3%	49,1	24,2%	24,8%	39,5	24,6%	22,0%
Hg	mg/kg suš.	<0,2			0,09	35,5%	30,1%	<0,2		
Ni	mg/kg suš.	25,3	23,4%	20,4%	31,1	72,5%	62,1%	25,2	7,0%	5,9%
Pb	mg/kg suš.	41,7	41,8%	39,0%	81,0	91,1%	90,4%	42,1	18,3%	16,8%
V	mg/kg suš.	45,5	23,3%	20,2%	67,5	13,5%	12,7%	44,5	3,4%	3,0%
Zn	mg/kg suš.	125,6	18,4%	17,7%	156,0	20,9%	20,1%	127,3	7,6%	7,2%
suma PAU	mg/kg suš.	27,70	75,1%	75,5%	20,59	39,4%	45,5%	13,27	29,2%	26,7%
C10-C40	mg/kg suš.	76,3	27,4%	28,4%	107,8	56,0%	53,7%	N		
stanovení, v nichž neplatí předpoklad - pokles RSD s rostoucím počtem dílčích vzorků										

Hodnocení kvality terénní úpravy terénních vzorků a přípravy laboratorních vzorků

O kvalitě úpravy terénních vzorků a o kvalitě přípravy laboratorních vzorků vypovídají hodnoty relativních směrodatných odchylek stanovení replicitních vzorků – XA a XB, přestože mohou být zatíženy nevhodně navrženým počtem dílčích vzorků (tabulka 4), resp. relativních směrodatných odchylek dělených vzorků (pokud byly analyzovány stejnou laboratoří – tj. u vzorků 1A a 1A-2, resp. 1B a 1B-2) – ty jsou uvedeny v tabulkách 6 a 7.

Tabulka 6: Výsledky analytických zkoušek replicitních a v terénu dělených vzorků

parametr	jednotka	1A	1A-2	1B	1B-2
sušina	%	86,4	86,3	87,1	87,2
As	mg/kg suš.	30,4	38	38,6	43,3
Ba	mg/kg suš.	158	155	73,7	161
Be	mg/kg suš.	0,889	0,925	0,555	0,977
Cd	mg/kg suš.	0,41	0,7	<0,4	0,45
Cr	mg/kg suš.	38,5	50,9	30,4	40,3
Cu	mg/kg suš.	29,7	57,9	28,5	34,9
Hg	mg/kg suš.	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Ni	mg/kg suš.	23,7	32,5	20,3	24,6
Pb	mg/kg suš.	58,9	33,9	23	51,1
V	mg/kg suš.	46,5	54,5	32,7	48,1
Zn	mg/kg suš.	135	135	92,5	140
suma PAU	mg/kg suš.	16,2	59	17,3	18,3
C10-C40	mg/kg suš.	64	94	95	52

Tabulka 7: Statistické charakteristiky zkoušek v terénu dělených vzorků

parametr	jednotka	vzorek 1A		vzorek 1B	
		průměr	RSD	průměr	RSD
sušina	%	86,35	0,10%	87,15	0,1%
As	mg/kg suš.	34,2	19,7%	40,95	10,2%
Ba	mg/kg suš.	156,5	1,7%	117,35	65,9%
Be	mg/kg suš.	0,907	3,5%	<0,5	N
Cd	mg/kg suš.	<0,41	N	<0,46	N
Cr	mg/kg suš.	44,7	24,6%	35,35	24,8%
Cu	mg/kg suš.	43,8	57,1%	31,7	17,9%
Hg	mg/kg suš.	<0,2	N	<0,2	N
Ni	mg/kg suš.	28,1	27,8%	22,45	17,0%
Pb	mg/kg suš.	46,4	47,7%	37,05	67,2%
V	mg/kg suš.	50,5	14,0%	40,4	33,8%
Zn	mg/kg suš.	135	0,0%	116,25	36,2%
suma PAU	mg/kg suš.	37,62	101,0%	17,7905	4,9%
C10-C40	mg/kg suš.	79	33,7%	73,5	51,8%

V tabulce jsou žlutě zvýrazněny ukazatele, v nichž relativní směrodatná odchylka překračuje nejistotu měření dané zkoušky deklarované laboratoří.

Nejistoty analytických zkoušek pro jednotlivé laboratoře jsou uvedeny v tabulce 8.

Tabulka 8: Nejistoty analytických zkoušek pro jednotlivé laboratoře

parametr	jednotka	ALS	EMPLA	LABTECH		Monitoring
				Kutná Hora	Pacov	
sušina	%	5	-	10	-	-
As	%	20	12	15	-	30
Ba	%	20	20	15	-	30
Be	%	20	16	15	-	30
Cd	%	20	20	15	-	30
Cr	%	20	10	15	-	30
Cu	%	20	6	10	-	30
Hg	%	20	10	20	-	30
Ni	%	20	8	15	-	30
Pb	%	20	12	15	-	30
V	%	20	16	15	-	30
Zn	%	20	10	10	-	30
suma PAU	%	30	-	20	30	40
C10-C40	%	30	-	20	20	-

Ze srovnání hodnot RSD replikátů v tabulce 4 a nejistot měření (tabulka 8) vyplývá:

- v sadě vzorků 1A a 1B překračuje RSD nejistoty měření ve stanoveních Ba, Be, Pb, V, Zn a C10-C40,
- v sadě vzorků 1A-2 a 1B-2 ve stanoveních Cd, Cu, Pb, sumy PAU a C10-C40,
- v sadě vzorků 2A a 2B jsou nejistoty měření překročeny ve stanovení As, Ba, Cr, Cu, Hg, Ni a C10-C40,
- v sadě vzorků 2A-1 a 2B-2 ve stanoveních As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn a C10-C40,
- v sadě vzorků 3A a 3B ve stanoveních As, Be, Cd, Cu,
- v sadě vzorků 3A-2 a 3B-2 ve stanoveních As a Cd.

Opakovaně byla v sadách replikátů nejistota překračována ve stanoveních:

- C10-C40 - 5krát ze 7 analýz,
- As, Cd, Cu - 4krát z 6 analýz,
- Pb - 3krát z 6 analýz,
- Ba, Be, Cr, Hg, Ni, Zn - 2krát z 6 analýz.

Je nutné upozornit, že dílčí vzorky replikátů XA a XB nebyly odebrány z identických bodů, ale každý replikát měl jiné body odběru (což může být zdrojem náhodné chyby). A dále, že koncentrace některých kovů (Be, Cd, Hg) a C10-C40 jsou nízké (na hranici mezi stanovitelností) lze předpokládat, že skutečné nejistoty měření mohou být vyšší než deklarované.

Z hodnot RSD dělených vzorků stanovených jednou laboratoří (tabulka 7) vyplývá:

- dělený vzorek 1A a 1A-2 – nejistota měření je překročena ve stanoveních Cr, Cu, Ni, Pb, suma PAU a C10-C40.
- dělený vzorek 1B a 1B-2 – nejistota měření je překročena ve stanoveních Ba, Cr, Pb, V, Zn a C10-C40.

Hodnocení shody zkoušek – odběru a přípravy laboratorního vzorku (terénní zkoušky), přípravy zkušební vzorku a analýzy (analytické zkoušky)

Hodnocení shody procesu odběru a přípravy laboratorního vzorku (terénní zkoušky), přípravy zkušební vzorku a analýzy (analytické zkoušky) nebylo původním cílem praktického zkoušení.

A) Vzorky 1, 2, 3 jsou rovnocenné

Protože testováním nebylo prokázáno, že počet dílčích vzorků ovlivňuje spolehlivost charakterizace vzorkovaného úseku testované deponie, lze všechny výsledky zkoušek brát za rovnocenné pro vyjádření kvality zkoušeného materiálu.

Pomocí všech změřených výsledků můžeme hodnotit průměrné koncentrace testovaného souboru a pomocí parametru z-skóre identifikovat vzorky a ukazatele, které vybočují z hodnoceného souboru dat.

V tabulce 9 jsou uvedeny statistické charakteristiky hodnoceného vzorkovaného souboru.

Tabulka 9: Statistické charakteristiky vzorkovaného souboru recyklátu získané z výsledků zkoušení

parametr	jednotka	počet stanovení	průměr	SD	RSD	rozpětí (maximum - minimum)	relativní rozpětí (rozpětí/průměr)
sušina	%	12	86,9	0,8	0,9%	2,5	2,9%
As	mg/kg suš.	12	35,9	20,0	55,8%	70,85	197,6%
Ba	mg/kg suš.	12	131,2	34,3	26,1%	112,3	85,6%
Be	mg/kg suš.	12	0,7	0,31	41,2%	0,95	127,5%
Cd	mg/kg suš.	12	0,5	0,15	28,7%	0,478	89,6%
Cr	mg/kg suš.	12	42,5	9,16	21,6%	34,1	80,2%
Cu	mg/kg suš.	12	42,1	11,8	28,1%	36,5	86,6%
Hg	mg/kg suš.	12	0,1	0,03	30,1%	0,066	73,2%
Ni	mg/kg suš.	12	27,2	10,9	40,0%	46,45	170,9%
Pb	mg/kg suš.	12	54,9	43,8	79,7%	167	304,1%
V	mg/kg suš.	12	52,5	12,9	24,6%	44,3	84,4%
Zn	mg/kg suš.	12	136,3	25,3	18,5%	103,5	75,9%
suma PAU	mg/kg suš.	14	20,5	13,02	63,4%	51,32	250,0%
C10-C40	mg/kg suš.	14	93,8	40,0	42,6%	157	167,3%
Vysvětlivky:			RSD - 0 až 30%				rel. rozptyl - 0 - 100%
			RSD >30%				rel. rozptyl - 100 - 300%
							rel. rozptyl -> 300 %

Za nejproblematictější parametry z hlediska provedení terénních a analytických zkoušek je možné označit:

- stanovení Pb, sumy PAU, As, Ni, C10-C40.

V tabulce 10 jsou znovu uvedeny veškeré hodnoty změřené v průběhu testu a barevně jsou zvýrazněny hodnoty rozdělené podle hodnot z-skóre do 4 kategorií.

Pro vyhodnocení parametru z-skóre používá Metodický list 5 (EURACHEM-ČR, 2009) následující kritéria:

$ z \leq 2$	uspokojivý
$2 < z < 3$	sporný
$ z > 3$	neuspokojivý.

Z hlediska hodnocení shody zkoušek – odběru a přípravy laboratorního vzorku (terénní zkoušky), přípravy zkušebního vzorku a analýzy (analytické zkoušky) lze za neuspokojivé považovat:

- zkoušky pro stanovení PAU ve vzorku 1A-2,
- zkoušky pro stanovení Pb ve vzorku 2A-2.

Za sporné výsledky lze považovat:

- zkoušky pro stanovení C10-C40 ve vzorku 2A,
- zkoušky pro stanovení Ni ve vzorku 2B,
- zkoušky pro stanovení Cd, Cr, Zn ve vzorku 2B-2,
- zkoušky pro stanovení As ve vzorku 3A-2.

Ostatní výsledky terénních a analytických zkoušek lze z pohledu Metodického listu 5 (EURACHEM-ČR, 2009) považovat za uspokojivé a výborné.

B) Vzorky 1, 2, 3 nejsou rovnocenné

Pokud připustíme možnost, že počty dílčích vzorků ovlivňují spolehlivost celkové charakterizace vzorkovaného objektu, můžeme výsledky jednotlivých vzorků XA a XB připravených ze stejného počtu dílčích vzorků hodnotit samostatně.

Pak hodnota parametrů z-skóre umožňuje v případě vzorků sady XA a XB:

- A. identifikovat nevhodnou úpravu terénního vzorku při přípravě laboratorního vzorku společně s nevhodnou přípravou zkušebního vzorku **za předpokladu analýz všech vzorků sady XA a XB jednou laboratorní** (případ vzorku 1 – analýza ALS CR),
- B. nevhodnou úpravu terénního vzorku při přípravě laboratorního vzorku společně s nevhodnou přípravou zkušebního vzorku a vlastní analytickou zkouškou, **pokud analýzy provedly rozdílné laboratoře** (vzorky 2 a vzorky 3).

Parametr z-skóre byl vypočten podle vztahu:

$$z\text{-skóre}_i = (\text{koncentrace vzorků } X_i - \text{průměr všech stanovení vzorku } X) / \text{celková směrodatná odchylka souboru všech dat vzorků } X$$

kde X – vzorky 1, 2, 3, i – označení vzorků X (A, A-2, B, B-2).

Hodnoty průměru všech stanovení vzorku X a celková směrodatná odchylka souboru všech dat vzorků X jsou uvedeny v tabulce 5.

V tabulkách 11 až 13 jsou uvedeny výsledky analýz vzorků připravených z různých počtů dílčích vzorků s barevným zvýrazněním kategorií řazených podle hodnot z-skóre.

Tabulka 11: Naměřené výsledky ve vzorcích recyklátu připraveného z 10 dílčích vzorků kategorizované podle parametru z-skóre

parametr	jednotka	vzorek 1			
		1A	1B	1A-2	1B-2
sušina	%	86,40	87,10	86,30	87,20
As	mg/kg suš.	30,40	38,60	38,00	43,30
Ba	mg/kg suš.	158,00	73,70	155,00	161,00
Be	mg/kg suš.	0,89	0,56	0,93	0,98
Cd	mg/kg suš.	0,41	<0,4	0,70	0,45
Cr	mg/kg suš.	38,50	30,40	50,90	40,30
Cu	mg/kg suš.	29,70	28,50	57,90	34,90
Hg	mg/kg suš.	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Ni	mg/kg suš.	23,70	20,30	32,50	24,60
Pb	mg/kg suš.	58,90	23,00	33,90	51,10
V	mg/kg suš.	46,50	32,70	54,50	48,10
Zn	mg/kg suš.	135,00	92,50	135,00	140,00
suma PAU	mg/kg suš.	16,19	17,30	59,04	18,28
C10-C40	mg/kg suš.	64,00	95,00	94,00	52,00
Vysvětlivky:		z-skóre	(-1,1)		
		z-skóre	(-2,-1>	<1, 2)	

Modře zbarvené výsledky zvýrazňují vzorky, připravené s odlišnou úpravou terénního vzorku při přípravě laboratorního vzorku společně s odlišnou (popř. nevhodnou) přípravou zkušební vzorku.

Tabulka 12: Naměřené výsledky ve vzorcích recyklátu připraveného z 20 dílčích vzorků kategorizované podle parametru z-skóre

parametr	jednotka	vzorek 2					
		2A	2B	2A-2		2B-2	
sušina	%	85,90	86,90	85,40	-	86,60	-
As	mg/kg suš.	8,55	34,40	29,90	-	63,70	-
Ba	mg/kg suš.	112,00	78,70	186,00	-	158,00	-
Be	mg/kg suš.	<0,5	<0,5	1,20	-	1,15	-
Cd	mg/kg suš.	<0,4	0,53	0,57	-	0,88	-
Cr	mg/kg suš.	34,20	41,40	51,40	-	64,50	-
Cu	mg/kg suš.	39,00	55,00	39,00	-	63,50	-
Hg	mg/kg suš.	0,09	0,06	0,12	-	0,10	-
Ni	mg/kg suš.	8,55	55,00	26,00	-	35,00	-
Pb	mg/kg suš.	38,10	39,70	190,00	-	56,00	-
V	mg/kg suš.	72,00	77,00	58,30	-	62,60	-
Zn	mg/kg suš.	133,00	129,00	166,00	-	196,00	-
suma PAU	mg/kg suš.	7,72	9,63	28,30	28,00	25,40	24,50
C10-C40	mg/kg suš.	209,00	141,00	93,20	83,80	63,60	56,10
Vysvětlivky:			z-skóre	(-1,1)			
			z-skóre	(-2,-1>	<1, 2)		

Modře zbarvené výsledky zvýrazňují vzorky, připravené s odlišnou úpravou terénního vzorku při přípravě laboratorního vzorku společně s odlišnou (popř. nevhodnou) přípravou zkušební vzorku a vlastní analytickou zkouškou.

Tabulka 13: Naměřené výsledky ve vzorcích recyklátu připraveného z 30 dílčích vzorků kategorizované podle parametru z-skóre

parametr	jednotka	vzorek 3			
		3A	3B	3A-2	3B-2
sušina	%	87,50	87,50	87,90	87,60
As	mg/kg suš.	24,00	9,80	79,40	30,30
Ba	mg/kg suš.	110,00	130,00	119,00	133,00
Be	mg/kg suš.	0,36	0,25	0,80	0,83
Cd	mg/kg suš.	0,68	0,41	0,41	0,56
Cr	mg/kg suš.	40,00	43,00	37,70	37,70
Cu	mg/kg suš.	41,00	27,00	43,00	47,00
Hg	mg/kg suš.	<0,1	<0,1	<0,2	<0,2
Ni	mg/kg suš.	27,00	25,00	23,40	25,20
Pb	mg/kg suš.	52,00	38,00	36,10	42,30
V	mg/kg suš.	44,00	46,00	42,90	45,10
Zn	mg/kg suš.	140,00	120,00	121,00	128,00
suma PAU	mg/kg suš.	10,00	11,20	17,98	13,90
C10-C40	mg/kg suš.	<100	<100	100,00	82,00
Vysvětlivky:			z-skóre	(-1,1)	
			z-skóre	(-2,-1>	<1, 2)

Modře zbarvené výsledky zvýrazňují vzorky, připravené s odlišnou úpravou terénního vzorku při přípravě laboratorního vzorku společně s odlišnou (popř. nevhodnou) přípravou zkušební vzorku a vlastní analytickou zkouškou. Princip výpočtu parametru z-skóre nemusí zohledňovat reálný význam rozdílnosti výsledků (např. odlišení výsledků stanovení Ni a V – výsledky jsou prakticky shodné).

Diskuze a závěr

Praktická část doškolovacího semináře manažerů vzorkování odpadů se konala dne 13. 11. 2025 v areálu společnosti Chládek & Tintěra Havlíčkův Brod a.s. a byla zaměřena na ověření postupu odběru recyklátu navrženého JRC pro připravovanou EU směrnici o ukončení statusu odpadu pro minerální stavební a demoliční odpady. Návrh směrnice v současné podobě (z listopadu 2025) definuje přípravu laboratorního vzorku pro hodnocení výstupu z úpravy stavebního a demoličního odpadu jako směsný vzorek připravený z 10 dílčích vzorků z množství 2 000 t (pro recykláty vzniklé z odpadů s vyšším rizikem znečištění), resp. z množství 5 000 t (pro recykláty vzniklé z odpadů s nižším rizikem znečištění). Zatímco v případě přípravy vodného výluhu je v návrhu JRC vymezen odkaz na příslušnou technickou normu, v přípravu zkušební vzorku a vlastní stanovení parametrů v sušině návrh tyto činnosti ponechává zcela na odpovědnosti akreditované laboratoře a nijak provedení analytické zkoušky nevynechává.

Při praktické části doškolovacího semináře jsme ověřovali vzájemnou shodu výsledků analytických rozborů pro ukazatele kovy, polycyklické aromatické uhlovodíky, ropné uhlovodíky C10-C40 v sušině vzorků, připravených s různým počtem dílčích vzorků – vzorky 1 vytvořené z 10 dílčích vzorků, vzorky 2 vytvořené z 20 dílčích vzorků a vzorky 3 vytvořené z 30 dílčích vzorků. Cílem bylo zjistit, zda počet dílčích vzorků navržený JRC je do hodnocení výstupu z recyklátu dostatečný, resp. zda je potřeba počet navýšit. Pro potřeby ověření byl úmyslně zvolen recyklát nejmenší frakce 0 – 10 mm,

s převládající velikostí částic <3 mm, aby bylo možné testovaný materiál dobře v terénu (ale i v laboratoři) homogenizovat. Tak byl odstraněn významný zdroj náhodných chyb pro stanovení nepolárních organických ukazatelů (C10-C40 a PAU) projevující se různým rozdělením koncentrací na částicích odlišné velikosti.

Odběr dílčích vzorků a přípravu laboratorních vzorků provedli účastníci doškolovacího semináře (vesměs vzorkaři odpadů s osobním certifikátem manažer vzorkování) a pracovníci laboratoří s akreditovaným odběrem vzorků odpadů. Analytické zkoušky byly provedeny v akreditovaných laboratořích ALS CR, s.r.o., EMPLA AG spol. s r.o., LABTECH s.r.o. a Monitoring s.r.o. Velice těmto laboratořím děkujeme. Jejich účast na testování odráží jejich maximální snahu o dosahování spolehlivých dat pro jejich klienty a neustálé zdokonalování vlastních procesů.

Výsledky realizovaného testu přinesly následující závěry:

- provedenými terénními a analytickými zkouškami se nepodařilo prokázat, že rostoucí počet dílčích vzorků zlepšuje spolehlivost výsledků.

Tento závěr je zcela v rozporu s obecnými předpoklady a dokládá, že **úroveň postupů při úpravě terénních vzorků a přípravě laboratorních vzorků (terénní zkoušky), ale stejně také postupy vedoucí k přípravě zkušební vzorku a vlastní analýzy (analytické zkoušky) jsou pro potřeby hodnocení výstupů z recyklace stavebních a demoličních odpadů pro ukončení statusu odpadů nedostatečné a vyžadují zlepšení** (jak na straně přípravy návrhu směrnice – např. zvýšení počtu analyzovaných vzorků, případně upřesněním technických postupů pro odběr vzorků a analýzu, tak při praktické realizaci terénních a analytických zkoušek).

Zpracoval dne 5. 1. 2026

Petr Kohout