

Testování vzorků kalů z čištění komunálních odpadních vod odebraných v rámci Doškolovacího semináře Manažerů vzorkování odpadů 14. 10. 2021 v ČOV Hrdějovice společnosti ČEVAK a.s.

Úvod

Společnost Forsapi, s.r.o. společně se společností UNIVERZA-SoP, s.r.o. zajišťují 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 ČEVAK a.s. byl dne 14. 10. 2021 uspořádán doškolovací seminář zaměřený na problematiku nakládání s kaly z čištění komunálních odpadních vod, zejména při použití kalů na zemědělské půdě.

Cílem semináře bylo seznámit účastníky s novinkami v legislativních předpisech v odpadovém hospodářství a problematikou nakládání s kaly z čištění odpadních vod. Přednášky uskutečněné při úvodní části semináře byly věnovány hygienizaci kalů (Ing. Ladislava Matějů – Státní zdravotní ústav se sídlem v Praze), schvalování programů použití kalů na zemědělské půdě (Ing. Jakub Kovářík, ÚKZÚZ Praha), možnostmi použití kalů jako hnojiva (RNDr. Zdenka Boháčková – Vodárenská akciová společnosti a.s.), vzorkování kalů (RNDr. Petr Kohout, Forsapi s.r.o.) a legislativním předpisům (Ing. Renata Nováková, ProfiOdpady s.r.o.). Při praktické části semináře měli účastníci možnost seznámit se provozem zařízení ČOV společnosti ČEVAK.

Součástí praktické části semináře bylo mezilaboratorní porovnání zkoušek mikrobiologických ukazatelů v upraveném kalu zaměřené ověření srovnatelnosti výsledků stanovení mikrobiologických ukazatelů podle požadavků Vyhlášky č.273/2021 Sb. (o podrobnostech nakládání s odpady) mezi zúčastněnými akreditovanými laboratořemi.

Účast na praktickém testování laboratoří přijalo 5 laboratoří, které poskytují akreditované zkoušky uvedených ukazatelů. Velice těmto laboratořím děkujeme za jejich spolupráci a zejména za jejich velmi vstřícný přístup, který svědčí o snaze těchto laboratoří po trvalém zlepšování jejich služeb.

Postup praktického testování

Rozsah testování

Obsahem testování stanovení mikrobiologických ukazatelů v kalech byly následující úkoly:

- odběr prostých terénních vzorků a příprava laboratorních vzorků odpadu: *kaly z čištění komunálních odpadních vod (kat.č.19 08 05)* vzorkovací skupinou participující laboratoře a následným stanovením mikrobiologických ukazatelů (enterokoky, Escherichia Coli a Salmonella) v těchto vzorcích participujícími laboratořemi,

- mikrobiologické stanovení ukazatelů (v rozsahu enterokoky, Escherichia Coli a Salmonella) v uměle připravených vzorcích (připravených Státním zdravotním ústavem se sídlem v Praze, Laboratoř hygieny půdy a odpadů) participujícími laboratořemi.

Odběr a úprava vzorků

Pro účely testování laboratoří pro stanovení mikrobiologických ukazatelů připravili spoluorganizátoři ze společnosti ČEVAK, a.s. deponii odvodněného kalu z čištění komunálních odpadních vod (vzorkovaný objekt), představující přibližný objem 5 m³. Deponie kalu byla připravena krátce před vzorkováním a reprezentovala identickou šarži materiálu. Technologie čištění odpadních vod na zařízení je prakticky neměnná a nedochází k jejím častým změnám, podobně mají vstupní odpadní vody stálý charakter, a proto lze předpokládat, že vznikající odpad je víceméně homogenní. Přesto ale upravený kal vykazoval barevnou heterogenitu – cca pětina objemu deponie byla zbarvena do hnědočerné barvy, zatímco zbylý objem byl černý.



Obrázek 1: Vzorkovaný soubor upraveného kalu z čištění komunálních odpadních vod

Každá vzorkovací skupina zúčastněných laboratoří z deponie odebrala 5 prostých vzorků podle standardních operačních postupů svých laboratoří. Vzorky byly označeny: VZOREK č.1 až VZOREK č. 5. Podle domluvy na místě byl vzorek č.1 odebrán z části deponie zbarvené do hnědočerné barvy, ostatní vzorky byly odebrány z části kalu zbarveného černě. Na rozdíl od ostatních laboratoří laboratoř v rámci vyhodnocení označená číslem 4 vzorek odebraný z hnědočerné části deponie označila jako VZOREK č.5 (zbylé vzorky byly odebrány z části černého kalu).

Laboratorní analýzy

Testování se účastnilo 5 zkušebních laboratoří akreditovaných ČIA.

V tabulce 1 je uveden přehled zúčastněných laboratoří (v této tabulce jsou laboratoře seřazeny v abecedním pořadí).

Název laboratoře	Adresa laboratoře
ABITEC, s.r.o.	Radiová 1182/7, 102 31 Praha 10
ALS Czech Republic s.r.o.	Na Harfě 336/9, 190 00 Praha 9
Aquatest a.s.	Geologická 4, 152 00 Praha 5
Vodárenská akciová společnost, a.s.	Soběšická 820/156, Lesná, 638 00 Brno
Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě	Partyzánské náměstí č.7, 702 00 Ostrava

Účastníci rovněž obdrželi dvojici uměle připravených vzorků pro kontrolu kvality mikrobiologických stanovení.

Vzorky byly odebrány dne 14.10.2021, po vzájemné dohodě účastníků byly zkoušky zahájeny 18.10.2021.

Kontrolní vzorky pro mikrobiologická stanovení byly tvořeny 10 g vzorku vysterilizovaného čistírenského kalu naspikovaného 1 ml inokula o definovaném obsahu mikroorganismů. Při přípravě kontrolních vzorků pro stanovení enterokoků byl do 10 g naočkován 1 ml *Enterococcus faecium* v množství $4,3 \cdot 10^4$ KTJ a pro stanovení Escherichia coli bylo množství bakterií E.c. v 10 g $7,4 \cdot 10^5$ KTJ. Všechny kontrolní vzorky pro stanovení enterokoků a Escherichia coli byly bez ohledu na různé značení připraveny identicky.

Při stanovení mikroorganismu Salmonella byly naočkovány v kontrolním vzorku: *Salmonella Enterica* (v množství 33 000 KTJ do 50 g), resp. *Salmonella Senftenberg* (v množství 29 000 KTJ na 50 g).

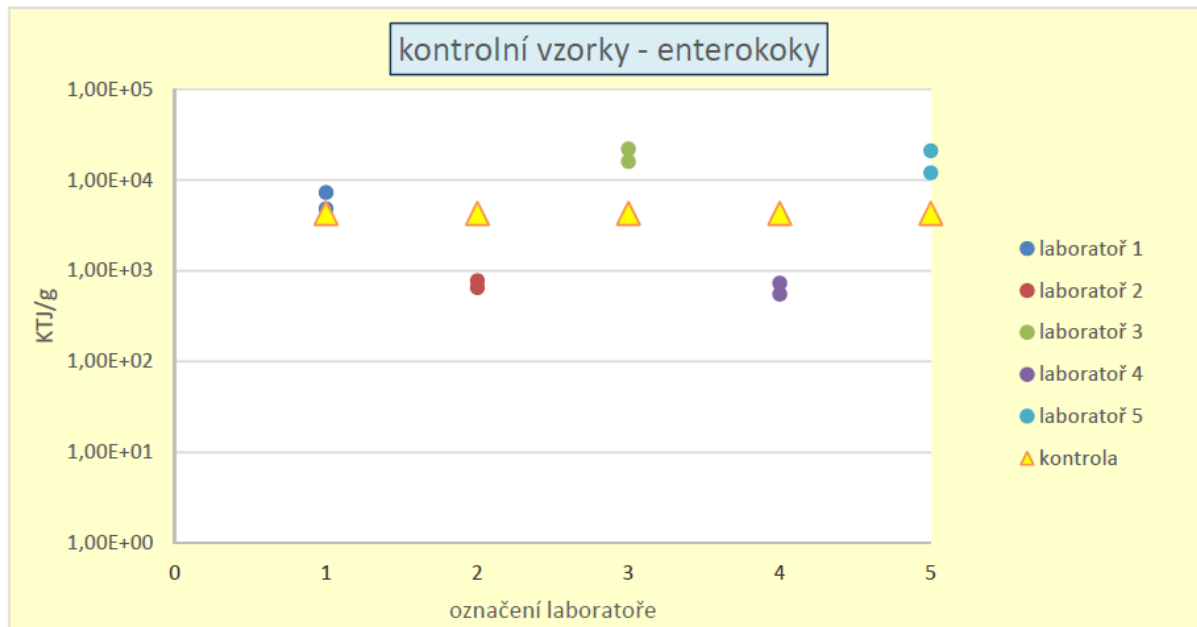
Přehled výsledků stanovení je uveden v tabulce 2. Laboratoře jsou v tabulkách označeny čísly v náhodném pořadí. Ve všech následujících tabulkách má konkrétní laboratoř stejné označení.

[illegible]

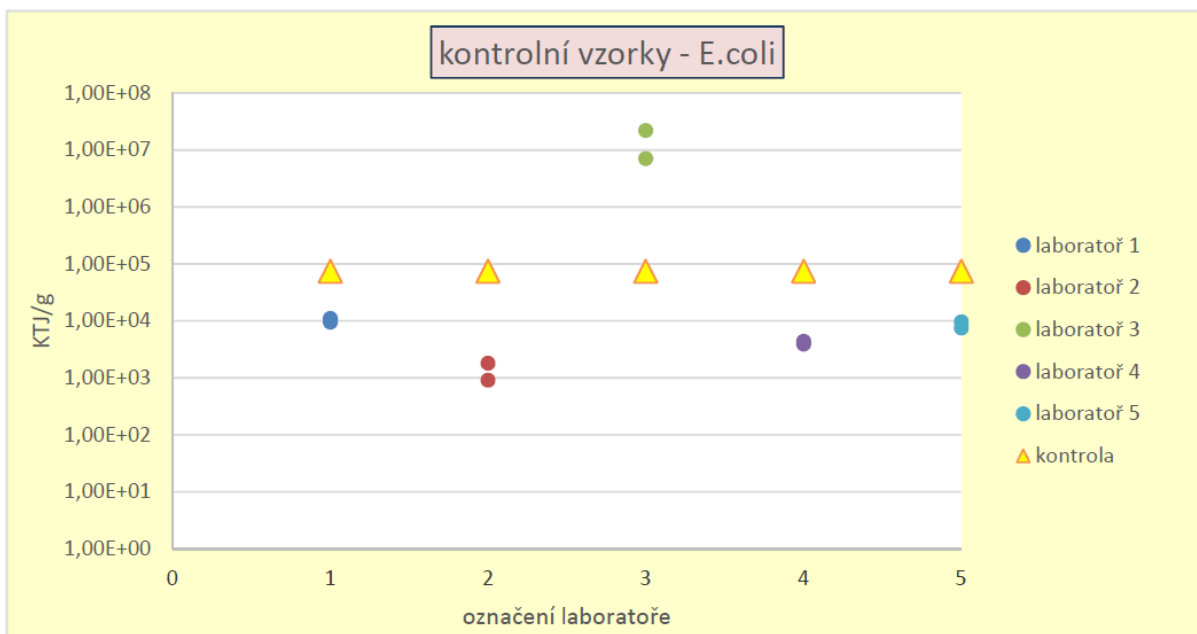
Posouzení odlehlosti od vztažné hodnoty

Enterokoky a Escherichia coli

Grafické znázornění výsledků jednotlivých laboratoří od kontrolních vzorků pro stanovení enterokoků a E.c. je uvedeno na obrázcích 2 a 3.



Obrázek 2: Grafické znázornění výsledků ke vztažné hodnotě - enterokoky



Obrázek 3: Grafické znázornění výsledků ke vztažné hodnotě – Escherichia coli

Tabulkové zpracování odchylek jednotlivých měření od vztažných hodnot kontrolních vzorků je uvedeno v tabulce 3. V tabulce je uvedeno pořadí laboratoří podle odchylky výsledků.

Tabulka 3: Odlehlost výsledků mikrobiologických stanovení od vztažné hodnoty

parametr	typ vzorku	Kontrolní vzorek - SZU									
	označení laboratoře	1	2	3	4	5					
enterokoky											
odchylka od kontroly	KTJ/g	3000	500	-3650	-3520	17700	11700	-3750	-3570	16700	7700
relativní odchylka	%	69,8%	11,6%	-84,9%	-81,9%	411,6%	272,1%	-87,2%	-83,0%	388,4%	179,1%
průměrná relativní odchylka		40,7%		-83,4%		341,9%		-85,1%		283,7%	
průměrné pořadí dle odchylky		1		2		5		3		4	
Escherichia coli											
odchylka od kontroly	KTJ/g	-63000	-64500	-73090	-72200	21926000	6926000	-69600	-70100	-64400	-66500
relativní odchylka	%	-85,1%	-87,2%	-98,8%	-97,6%	29629,7%	9359,5%	-94,1%	-94,7%	-87,0%	-89,9%
průměrná relativní odchylka		-86,1%		-98,2%		19494,6%		-94,4%		-88,4%	
průměrné pořadí dle odchylky		1		4		5		3		2	

Pro stanovení enterokoků se průměrná relativní odchylka od vztažné hodnoty pohybovala od 40,7% (laboratoř 1) až k 341% (laboratoř 3). Laboratoře 2 a 4 dosahovaly obdobnou relativní odchylku od vztažné hodnoty – 80 až 85%.

Výsledky stanovení *Escherichia coli* dosahovaly laboratoře 1, 2, 4 a 5 blízké shody (relativní odchylka od vztažné hodnoty dosahovala mezi 86,1% až 98,2%), laboratoř 3 stanovila množství *E.coli* od 2 řády vyšší, než byla vztažná hodnota kontrolních vzorků.

Identifikace mikroorganismů *Salmonella*

Všechny zúčastněné laboratoře shodně ve všech kontrolních prokázaly pozitivní nález obou mikroorganismů - *Salmonella Senftenberg* i *Salmonella Enterica*.

Posouzení vzájemné shody a preciznosti výsledků stanovení - Enterokoky a *Escherichia coli*

Výsledky stanovení byly dále hodnoceny bez vztahu ke vztažné hodnotě (kontrolního vzorku) podle dosažené preciznosti stanovení ve dvojici uměle připravených vzorků a podle vzájemné shody výsledků mezi zúčastněnými laboratořemi.

Preciznost výsledků stanovení

Preciznost stanovení byla určena z výsledků stanovení ve dvojici kontrolních vzorků (x_2 a x_1) pomocí relativní směrodatné odchylky určené z rozpětí R .

$$R = x_2 - x_1, \text{ kde } x_2 \geq x_1$$

Odhad směrodatné odchylky se vypočítá podle vztahu:

$$s = k_2 R, \text{ kde } k_2 = 0,8862$$

Odhad relativní směrodatné odchylky se stanoví podle vztahu:

$$RSD = s/\bar{x}, \text{ kde } \bar{x} \text{ je aritmetický průměr výsledků } x_2, x_1.$$

Zhodnocení preciznosti stanovení je uvedeno v tabulce 4 společně s určením pořadí laboratoří z hlediska dosažené preciznosti výsledků.

Tabulka 4: Preciznost výsledků mikrobiologických stanovení

parametr	typ vzorku	Kontrolní vzorek - SZU				
	označení laboratoře	1	2	3	4	5
enterokoky						
rozpětí výsledků	KTJ/g	2500	130	6000	180	9000
průměr výsledků	KTJ/g	6050	715	19000	640	16500
preciznost stanovení		36,6%	16,1%	28,0%	24,9%	48,3%
průměrné pořadí dle preciznosti		4	1	3	2	5
Escherichia coli						
rozpětí výsledků	KTJ/g	1500	890	15000000	500	2100
průměr výsledků	KTJ/g	10250	1355	14500000	4150	8550
preciznost stanovení		13,0%	58,2%	91,7%	10,7%	21,8%
průměrné pořadí dle preciznosti		2	4	5	1	3

Při stanovení enterokoků dosáhla nejlepší preciznosti stanovení laboratoř č.2 (relativní odchylka výsledků byla 16,1%), naopak nejnižší preciznost stanovení byla u laboratoře č.5 (48,3%).

Při stanovení Escherichia coli dosahovaly laboratoře č.1 a č.4 obdobnou preciznost (relativní odchylku 10,7% až 13%), naopak nejnižší preciznost stanovení byla u laboratoře č.3 (91,7%).

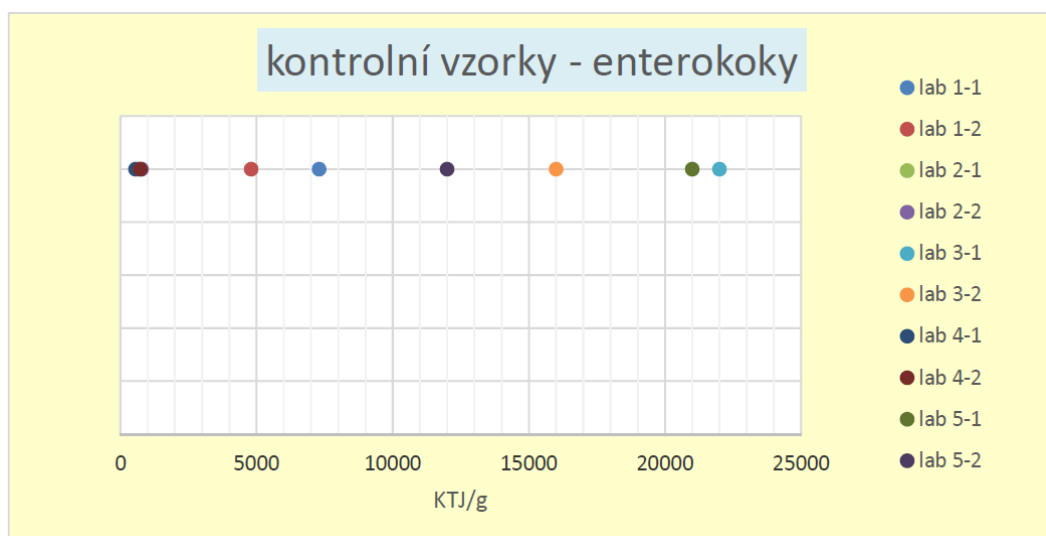
Vzájemná shoda výsledků stanovení mezi zúčastněnými laboratořemi

Výsledky stanovení mikrobiologických ukazatelů uvedené v tabulce 2 pro mikroorganismy enterokoky a Escherichia coli byly hodnoceny podle jejich odlehlosti od průměrné hodnoty výsledků při zohlednění celkové směrodatné odchylky souboru výsledků dle parametru Z-skóre.

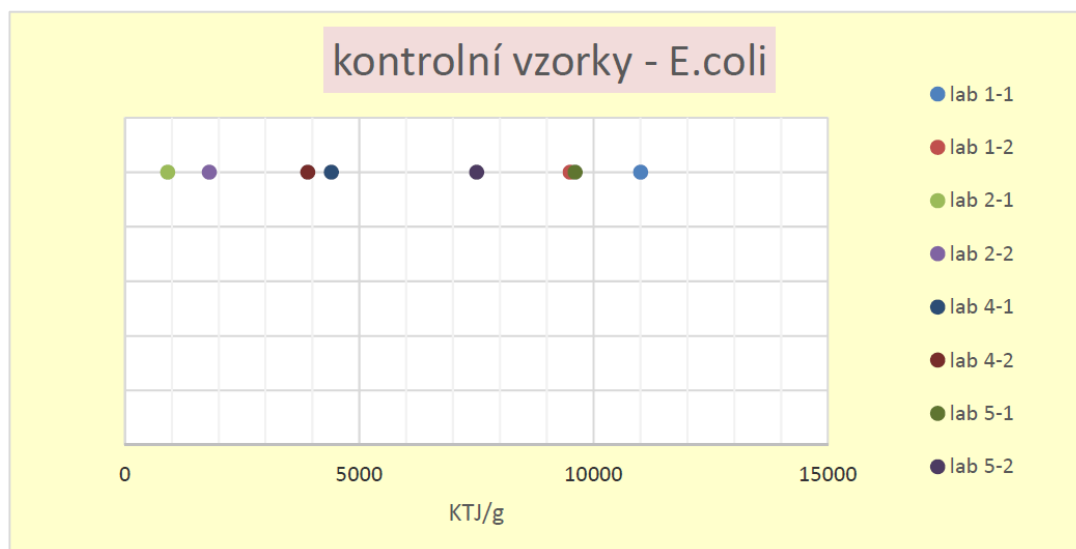
$$Z\text{-skóre}_i = (\text{naměřené koncentrace}_i - \text{průměrná hodnota jednotlivých stanovení}) / \text{celková směrodatná odchylka souboru dat}$$

kde i – je označení laboratoře.

Rozložení naměřených hodnot je znázorněno pro stanovení enterokoků na obrázku 4, pro stanovení Escherichia coli na obrázku 5.



Obrázek 4: Rozložení výsledků - enterokoky



Obrázek 5: Rozložení výsledků – Escherichia coli

Naměřené výsledky laboratoře 3 stanovení Escherichia coli jsou odlehlé vůči výsledků ostatních laboratoří, proto byly vyloučeny při výpočtu parametru z-skóre.

Pro přehlednost jsou v tabulce 5 barevně rozlišeny výsledky Z-skóre v intervalech (<-3;-3; -2; -1; 1; 2; 3; >3).

Tabulka 5: Přehled hodnot Z-skóre v kontrolním vzorku

parametr	typ vzorku	Kontrolní vzorek - SZU									
	označení laboratoře	1		2		3		4		5	
enterokoky											
Z-skóre naměřené		-0,15	-0,44	-0,92	-0,91	1,56	0,86	-0,93	-0,91	1,44	0,40
Z-skóre průměr		-0,29		-0,91		1,21		-0,923		0,920	
Pořadí dle Z-skóre		1		2		5		4		3	
Escherichia coli											
Z-skóre naměřené		1,28	0,89	-1,35	-1,12	odlehlé	odlehlé	-0,44	-0,57	0,92	0,37
Z-skóre průměr		1,09		-1,23				-0,50		0,65	
Pořadí dle Z-skóre		3		4		5		1		2	
Vysvětlivky:		z-skóre v intervalu (-1, 1)									
		z-skóre v intervalu (-2, -1> a <1, 2)									

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

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

Z výsledků tabulky 5 vyplývá, že hodnoty z-skóre u žádného stanovení (při vyloučení výsledků laboratoře č.3 stanovení *Escherichia coli*) nepřekročily hodnotu $|z| \leq 2$ u žádné další zúčastněné laboratoře, tzn. výsledek porovnání mikrobiologických stanovení v kontrolním vzorku lze z pohledu parametrů z-skóre považovat **za uspokojivý**.

Stanovení mikrobiologických ukazatelů v odebraných vzorcích kalu

Výsledky mikrobiologických stanovení ve vzorcích odebraných jednotlivými laboratořemi z deponie upraveného kalu v ČOV ČEVAK a.s. byly posuzovány z hlediska shody zařazení odpadu podle požadavků legislativních předpisů a z pohledu shody vlastních mikrobiologických stanovení.

Výsledky mikrobiologických stanovení jsou uvedeny pro stanovení enterokoků v tabulce 6, pro stanovení *Escherichia coli* v tabulce 7 a pro stanovení *Salmonelly* v tabulce 8.

Tabulka 6: Přehled výsledků stanovení enterokoků ve vzorcích kalu

parametr	ukazatel	Enterokoky				
	označení laboratoře	1	2	3	4	5
vzorek č.1	KTJ/g	<50	300	105000	400	11000
vzorek č.2	KTJ/g	<50	130	1000	440	1300
vzorek č.3	KTJ/g	<50	150	80000	460	4600
vzorek č.4	KTJ/g	<50	100	30000	520	700
vzorek č.5	KTJ/g	<50	0	5500	110	36000

*Tabulka 7: Přehled výsledků stanovení *Escherichia* ve vzorcích kalu*

parametr	ukazatel	E.coli				
	označení laboratoře	1	2	3	4	5
vzorek č.1	KTJ/g	<50	0	<50	0	930
vzorek č.2	KTJ/g	<50	0	<50	0	<10
vzorek č.3	KTJ/g	800	0	<50	0	<10
vzorek č.4	KTJ/g	<50	0	<50	0	20
vzorek č.5	KTJ/g	<50	0	<50	0	<10

*Tabulka 8: Přehled výsledků nálezů *Salmonelly* ve vzorcích kalu*

parametr	ukazatel	Salmonella				
	označení laboratoře	1	2	3	4	5
vzorek č.1	/50 g	negativní	pozitivní	pozitivní	pozitivní	negativní
vzorek č.2	/50 g	negativní	pozitivní	negativní	negativní	negativní
vzorek č.3	/50 g	negativní	negativní	negativní	negativní	negativní
vzorek č.4	/50 g	negativní	negativní	negativní	negativní	negativní
vzorek č.5	/50 g	negativní	negativní	negativní	negativní	negativní

Zhodnocení homogenity testovaného souboru upraveného kalu

Každá vzorkovací skupina zúčastněné laboratoře odebrala 5 prostých vzorků z odlišných bodů vzorkovaného objektu (deponie 5 m³). Podle domluvy při organizaci odběrů byly vzorky označené jako VZOREK č.1 odebrány z části deponie zbarvené do hnědočerné barvy, ostatní vzorky byly odebrány z části kalu zbarveného černě. Na rozdíl od ostatních laboratoří laboratoř č. 4 vzorek odebraný z hnědočerné části deponie označila jako VZOREK č.5 (zbylé vzorky byly odebrány z části černého kalu).

Posouzení homogenity kalu z hlediska rozložení mikroorganismů bylo ověřeno na základě relativní směrodatné odchylky naměřených výsledků stanovení enterokoky (tabulka 9). Naměřené výsledky 5 vzorků každé laboratoře byly dekadicky logaritmovány, z nich byl stanoven aritmetický průměr (geometrický průměr souboru 5 výsledků) a stanovena směrodatná odchylka zlogaritmovaných hodnot měření.

Tabulka 9: Zhodnocení homogenity vzorkovaného souboru podle výsledků stanovení enterokoků

parametr	ukazatel	Enterokoky				
	označení laboratoře	1	2	3	4	5
průměr logaritmů naměřených hodnot	KTJ/g	1,70	2,09	4,23	2,53	3,64
výběrová směrodatná odchylka logaritmů naměřených hodnot	KTJ/g	0,00	0,28	0,85	0,28	0,69
relativní směrodatná odchylka logaritmů naměřených hodnot	KTJ/g	0,0%	13,5%	20,1%	11,0%	19,0%

Z pohledu výsledků stanovení enterokoků laboratoří č.1 byl vzorkovaný kal zcela homogenní (všechny výsledky stanovení laboratoř byly <50 KTJ/1 g). U ostatních laboratoří se relativní směrodatná odchylka výsledků stanovení enterokoků pohybovala mezi 11% až 20,1%.

V souboru všech 25 výsledků stanovení Escherichia coli byly zjištěny pouze 2 vzorky, ve kterých byly stanoveny odlehlé výsledky stanovení E.c. vůči souboru dat. Laboratoř č.1 naměřila ve vzorku VZOREK č.3 hodnotu 830 KTJ/1 g, zatímco ve zbylých vzorcích byl nález E.c. <50 KTJ/1 g. Laboratoř č.2 a laboratoř č.4 ve všech vzorcích stanovily počet E.c. 0 KTJ/1 g. Laboratoř č.3 ve všech vzorcích naměřila počet E.c. <50 KTJ/1 g. Stanovení E.c. provedená laboratoří č.5 byla ve 4 vzorcích <50 KTJ/1 g a ve vzorku VZOREK č.1 byla hodnota 900 KTJ/1 g.

Zařazení upraveného kalu podle požadavků vyhlášky č. 273/2021 Sb. pro použití na zemědělské půdě

V tabulkách 10 až 12 jsou uvedeny výsledky mikrobiologických ukazatelů zjištěných jednotlivými laboratořemi v laboratorních vzorcích kalů porovnané s mikrobiologickými kritérii pro použití kalů na zemědělské půdě dle přílohy č. 28 k vyhlášce č. 273/2021 Sb. o podrobnostech nakládání s odpady.

Tabulka 10: Přehled výsledků stanovení enterokoků ve vzorcích kalu porovnaných s požadavky přílohy č.28 k vyhlášce č. 273/2021 Sb.

parametr	ukazatel	Enterokoky					Vyhláška 273/2021 Sb. příloha č.28		
	označení laboratoře	1	2	3	4	5	minimálně 4 vzorky	maximálně 1 vzorek	nevyhovující
vzorek č.1	KTJ/g	<50	300	105000	400	11000	<10 ³	<5.10 ³	>5.10 ³
vzorek č.2	KTJ/g	<50	130	1000	440	1300			
vzorek č.3	KTJ/g	<50	150	80000	460	4600			
vzorek č.4	KTJ/g	<50	100	30000	520	700			
vzorek č.5	KTJ/g	<50	0	5500	110	36000			
hodnocený upravený kal							vyhovující		nevyhovující

Tabulka 11: Přehled výsledků stanovení Escherichia coli ve vzorcích kalu porovnaných s požadavky přílohy č.28 k vyhlášce č. 273/2021 Sb.

parametr	ukazatel	E.coli					Vyhláška 273/2021 Sb. příloha č.28		
	označení laboratoře	1	2	3	4	5	minimálně 4 vzorky	maximálně 1 vzorek	nevyhovující
vzorek č.1	KTJ/g	<50	0	<50	0	930	<10 ³	<5.10 ³	>5.10 ³
vzorek č.2	KTJ/g	<50	0	<50	0	5			
vzorek č.3	KTJ/g	800	0	<50	0	5			
vzorek č.4	KTJ/g	<50	0	<50	0	20			
vzorek č.5	KTJ/g	<50	0	<50	0	5			
hodnocený upravený kal							vyhovující		nevyhovující

Tabulka 12: Přehled výsledků stanovení salmonelly ve vzorcích kalu porovnaných s požadavky přílohy č.28 k vyhlášce č. 273/2021 Sb.

parametr	ukazatel	Salmonella					Vyhláška 273/2021 Sb. příloha č.28	
	označení laboratoře	1	2	3	4	5		
vzorek č.1	/50 g	negativní	pozitivní	pozitivní	pozitivní	negativní	negativní	pozitivní
vzorek č.2	/50 g	negativní	pozitivní	negativní	negativní	negativní		
vzorek č.3	/50 g	negativní	negativní	negativní	negativní	negativní		
vzorek č.4	/50 g	negativní	negativní	negativní	negativní	negativní		
vzorek č.5	/50 g	negativní	negativní	negativní	negativní	negativní		
hodnocený upravený kal							vyhovující	nevyhovující

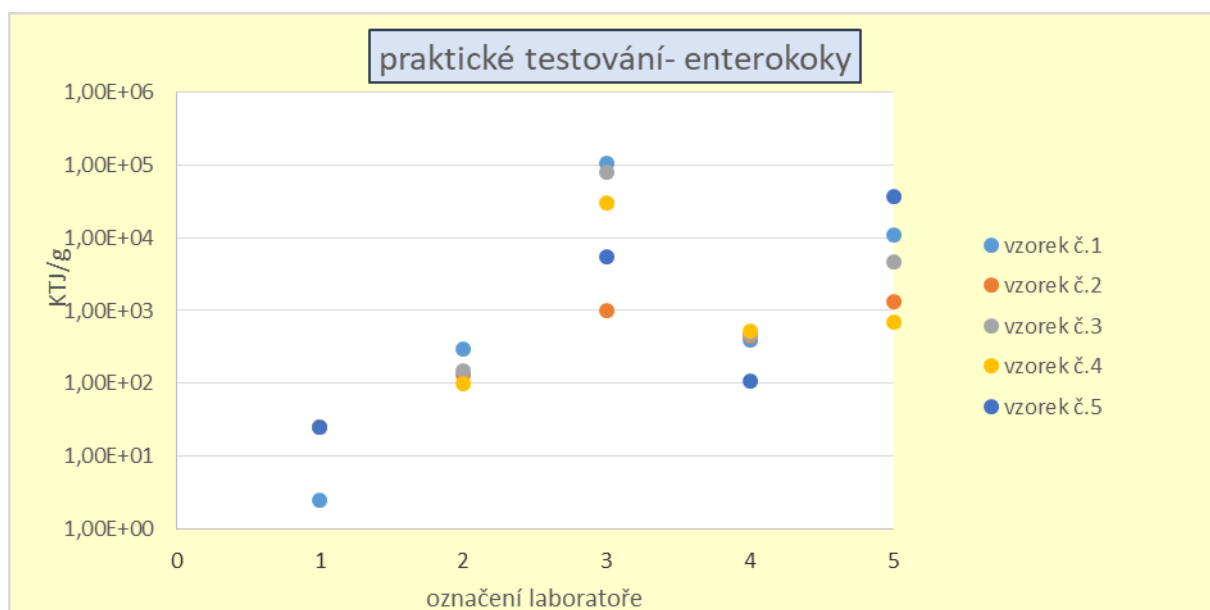
Ze srovnání výsledků s požadavky stanovenými v příloze č.28 k vyhlášce č.273/2021 Sb. vyplývá:

- stanovení enterokoků: podle výsledků **laboratoře č.1, č.2 a č.4** vzorkovaný kal **vyhovuje** požadavkům pro použití na zemědělskou půdu (všechny výsledky stanovení enterokoků byly pod limitní hodnotou 10⁵ KTJ/1g). Výsledky **laboratoře č.2 a č. 5** zařazují vzorkovaný kal odlišně jako **nevyhovující** pro použití na zemědělskou půdu (laboratoř č.3 stanovila 1 vzorek v intervalu 10⁵ až 5. 10⁵ KTJ/1 g a 4 vzorky nad limitem 5. 10⁵ KTJ/1 g. Laboratoř č.5 stanovila 1 vzorek pod limitní hodnotou 10⁵ KTJ/1g, 2 vzorky v intervalu 10⁵ až 5. 10⁵ KTJ/1 g a 2 vzorky nad limitem 5. 10⁵ KTJ/1 g).
- stanovení Escherichia coli: vzorkovaný kal je možné na základě výsledků zkoušek **všech laboratoří** zařadit shodně – **upravený kal je možné použít na zemědělskou půdu**.

- stanovení Salmonelly: laboratoře č.1 a č.5 v žádném odebraném vzorku **neidentifikovaly pozitivní nález Salmonelly** – na základě těchto výsledků by upravený kal vyhověl požadavkům pro použití na zemědělskou půdu. Laboratoře č.3 a č.4 našly **pozitivní nález Salmonelly ve VZORKU č.1** (vzorek odlišně zbarvené z části deponie), v ostatních vzorcích nález nezjistily. Laboratoř č. 2 identifikovala **pozitivní nález Salmonelly ve 2 vzorcích** - VZOREK č. 1 a VZOREK č.2. Zkoušený upravený kal by na základě stanovení laboratoří č.2, č.3 a č.4 **nevyhověl požadavkům pro použití na zemědělskou půdu**.

Posouzení shody mikrobiologických stanovení v upraveném kalu mezi zúčastněnými laboratořemi

Rozložení výsledků stanovení enterokoků je graficky znázorněno na obrázku 6.



Obrázek 6: Rozložení výsledků v upraveném kalu - enterokoky

Pro výsledky stanovení mikrobiologických ukazatelů enterokoky uvedené v tabulce 6 byl pro každou zúčastněnou laboratoř stanoven geometrický průměr stanovení, dále byl pro celý soubor výsledků (výsledky stanovení enterokoků všech zúčastněných laboratoří) vypočten geometrický průměr. Zhodnocení shody výsledků bylo provedeno pomocí odchylky geometrického průměru stanovení získaného pro jednotlivou laboratoř od geometrického průměru všech naměřených stanovení enterokoků v tetovaném souboru upraveného kalu (geometrický průměr je využíván pro stanovení průměrného oživení upravených kalů ve vyhlášce č. 273/2021 Sb.).

Přehled geometrických průměrů dosažených jednotlivými laboratořemi, geometrický průměr všech výsledků a odchylky geometrického průměru jednotlivých laboratoří od geometrického průměru všech naměřených dat enterokoků uvádí tabulka 13.

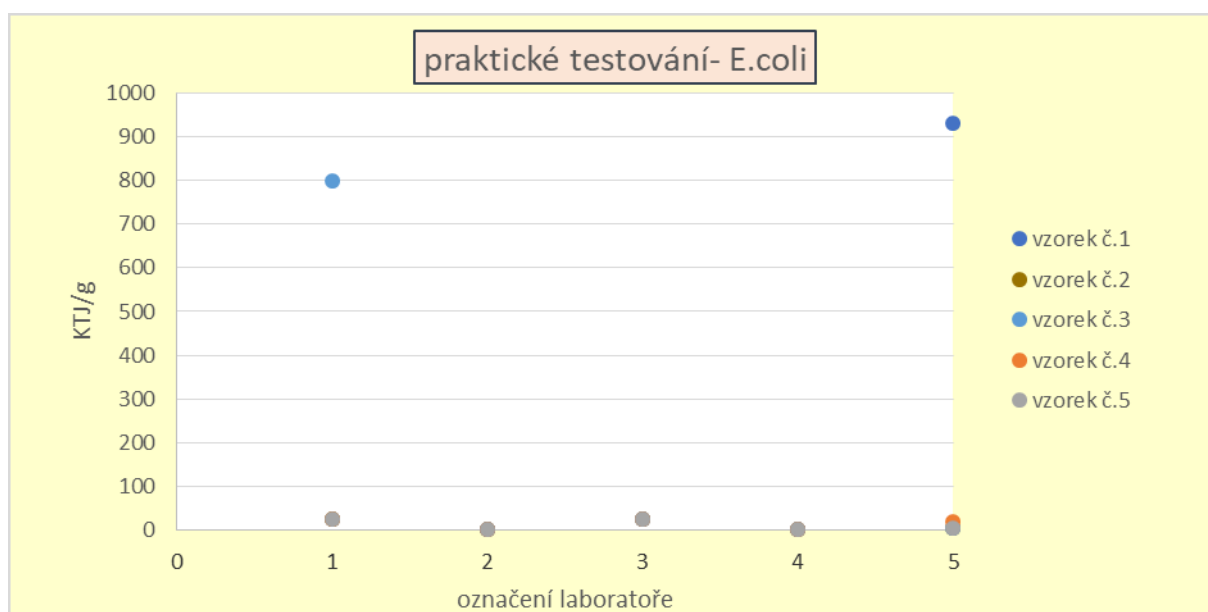
Tabulka 13: Odlehlost výsledků stanovení enterokoků od průměrné hodnoty

parametr	ukazatel	Enterokoky				
	označení laboratoře	1	2	3	4	5
geometrický průměr	KTJ/g	<50	124	16918	341	4405
geometrický průměr všech stanovení	KTJ/g	691				
odchylka	KTJ/g	>641	-567	16227	-350	3713
pořadí laboratoří dle odchylky		3	2	5	1	4

Při stanovení enterokoků byly nejbližší geometrickému průměru celého souboru naměřených výsledků výsledky stanovené **laboratoří č. 4**, následované **laboratoří č.2** a **laboratoří č.1**.

Nejodlehlejší od průměrné hodnoty byly výsledky stanovené **laboratoří č. 3**.

Rozložení výsledků stanovení Escherichia coli je graficky znázorněno na obrázku 7.



Obrázek 7: Rozložení výsledků v upraveném kalu – Escherichia coli

Při stanovení mikroorganismů Escherichia coli dosáhly zúčastněné laboratoře fakticky **shodné výsledky** (viz tabulka 7), odlehlá stanovení laboratoře č. 1 ve vzorku VZOREK č.3 (800 KTJ/1 g) a laboratoře č.5 – VZOREK č.1 (930 KTJ/1 g) jsou ojedinělá a pravděpodobně souvisejí s heterogenitou hodnoceného materiálu.

Pro stanovení mikroorganismu Salmonella **nebyla dosažena shoda** v hodnocení upraveného kalu mezi zúčastněnými laboratořemi – laboratoře č.1 a č.5 nenašly v odebraných vzorcích žádný pozitivní nález, laboratoře č.3 a č.4 zachytily 1 pozitivní nález Salmonelly a laboratoř č.2 zachytily 2 pozitivní

nálezy Salmonelly. Rozdílné hodnocení upraveného kalu pravděpodobně nesouvisí s činností laboratoří (viz shodné výsledky při hodnocení uměle připravených kontrolních vzorků), ale mohou být způsobeny heterogenitou hodnoceného materiálu, případně sekundární kontaminací.

Závěr

Praktická část doškolovacího semináře manažerů vzorkování odpadů se konala dne 14. 10. 2021 v ČOV Hrdějovice v zařízení společnosti ČEVAK a.s. a byla mimo prohlídku technologie vlastního zařízení zaměřena na ověřování postupů odběru vzorků a laboratorních stanovení mikrobiologických ukazatelů v kalech z čištění komunálních odpadních vod.

V rámci doškolovacího semináře se uskutečnilo testování 5 zúčastněných laboratoří, které prováděly odběr vzorků, jejich uchování při dopravě a před vlastním stanovením, přípravu a vlastní stanovení vybraných mikrobiologických ukazatelů ve vzorcích upraveného kalu a ve dvojici uměle připravených vzorků. Výsledky porovnání jsou uvedeny v předchozí části vyhodnocení.

Závěrem chceme poděkovat pracovníkům společnosti ČEVAK, a.s. za umožnění realizace doškolovacího semináře na jejich pracovišti, za pomoc při organizaci a zejména za vytvoření výborných pracovních podmínek v průběhu celého semináře a také všem participujícím laboratořím za účast a za jejich přínos při trvalém zvyšování kvality analytických výsledků.

Zpracoval dne 5.12.2021

Petr Kohout