
EMPLA AG spol. s r. o

Ing. Vladimír Bláha

**PROBLEMATIKA INTERPRETACE
VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ V ODPADOVÉM
HOSPODÁŘSTVÍ**





EMPLA

Problematika interpretace výsledků měření kritických parametrů v odpadovém hospodářství (zejména pro vypracování ZPO nebo jako potvrzení souladu přijatelnosti odpadu s legislativními požadavky) je velmi častá.

Velmi často jde o

- recykláty vyrobené z reálných sutí (C10-C40)
- asfaltové recykláty s možným relikty uhelných dehtů (PAU)
- zeminy či sedimenty s obsahem arsenu



EMPLA



- **Zejména u parametrů, jejichž výskyt je**
- **A) nereálně limitován s ohledem na průměrné pozadí v ČR (např. zmíněný arsen, tato otázka již byla mnohokrát diskutována a je v „legislativním řešení“)**
- **B) nebo jde o environmentálně velmi rozšířený parametr, který nacházíme téměř všude okolo nás (např. uhlovodíky, které jsou však například vázány jen na některé části odpadů – viz má poslední přednáška v minulosti, nebo**
- **C) jedná se o parametr environmentálně poměrně rozšířený, jež může být velmi heterogenně obsažen v hodnocení matici, např. zbytky lepenky s uhelnými dehty, obsahující PAU a degradující kvalitativně hodnocený odpad a limity má s nízkým prahem**



EMPLA



- V odpadovém hospodářství (nakládání s odpady) jak všichni víme je **limitace téměř striktní**, omezující se často na konstatování shody s limitem **ano / ne**. To vznáší mnoho otázek, na které je však obtížné odpovědět a odpověď nemůžeme očekávat od úředníka.
- Inspirovat nás může.....



EMPLA



- *u monitoringu odpadních vod (jako jistě také velmi důležité matrice) známe „m“ a „p“ limitace, tedy přípustnost podmíněného překročení definovaného limitu za zachování shody přípustností vypouštění těchto OV*
- *interpretace výsledku měření se započtením **nejistoty stanovení** (viz obvykle protokol laboratorních měření s vyjádřením nejistoty stanovení měření, vyjádření nejistoty odběru vzorků již tak časté není)*
- *jedná se u odpadů o **normální** rozdělení kritického parametrů?*
- *Ize využít sdělení, které se zabývá vyjádřením **konfidenčního intervalu** přijatelnosti naměřené hodnoty s limity. Posouzení rozptylu je však mnohdy mnohem složitější.*



EMPLA



- **ZPĚT K ODPADŮM.** Při sledování množství určité látky (kritického parametru) v nějakém objemu (odpadu) (budeme dále označovat V) máme několik možností:

- 1) první naprosto přesná a v praxi málokdy použitelná z mnoha důvodů spočívá v tom, že **otestujeme celý objem a zjistíme množství sledované látky.**

- 2) druhá spočívá v tom, že **provedeme jedno testování a podle výsledku rozhodneme, zda celý objem V obsahuje určité množství sledované látky. Možnost rozhodnout bez odběru vzorků předem vylučujeme.**



EMPLA

Po odběru jednoho vzorku a jeho porovnáním se stanoveným limitem (dále budeme označovat μ_0), nastávají tři možnosti:

1) Množství sledované látky ve vzorku je menší než je stanovený limit.

Zde rozhodneme, že množství látky v celém objemu je méně než norma * V. V tomto případě jsou všechny zúčastněné strany většinou spokojeny, pokud nemají pochybnosti nad objektivitou vzorkování nebo se nejedná o zaujatý spor.

V případě, že naměřená hodnota u jednoho vzorku je jen o málo větší než stanovený limit, vede nás to k tomu, odběr provedeme ještě jednou na jiném místě a potom případně rozhodujeme znovu. K tomuto účelu lze využít mimo jiné i sdělení, které tuto problematiku řeší za pomoci konfidenčního intervalu. Pomocí definovaného množství doplňkových měření lze většinou „nakonec“ dojít na hladině nastavené jistoty k relevantnímu podkladu pro rozhodnutí. **Tato data však mohou hodnotit i variantními přístupy, jak uvidíte dále.**



EMPLA



- 2) Další možností je když naměřená hodnota je **výrazně vyšší** než je stanovený limit, rozhodneme, že množství látky v celém objemu je větší než limit * V. Odpad lze v tomto případě vyřadit z dalšího použití, vůči němuž bylo hypoteticky testován.
- 3) možností je **použít metody matematické statistiky**, které nám dovolí problém řešit exaktně. Při tom si současně ukážeme na problémy, které nastávají při použití druhé výše uvedené metody. Jako příklad použijeme hodnocení množství PAU a jeho srovnání se stanoveným maximálním limitem (teoretických 100 mg/kg sušiny, hodnota z návrhu novely vyhlášky č. 294/2005 Sb., 10 – jen orientační hodnoty pro presentaci.). **O TÉTO PROBLEMATICE UVEDU VÍCE.**



EMPLA



Tabulka č. 10.1 Nejvýše přípustné koncentrace škodlivin v sušině odpadů

Ukazatel	Jednotka	I	II	III	IV
		Limitní hodnota	Limitní hodnota	Limitní hodnota	Maximální limitní hodnota
PAU	mg/kg sušiny	6	50	80	100



EMPLA



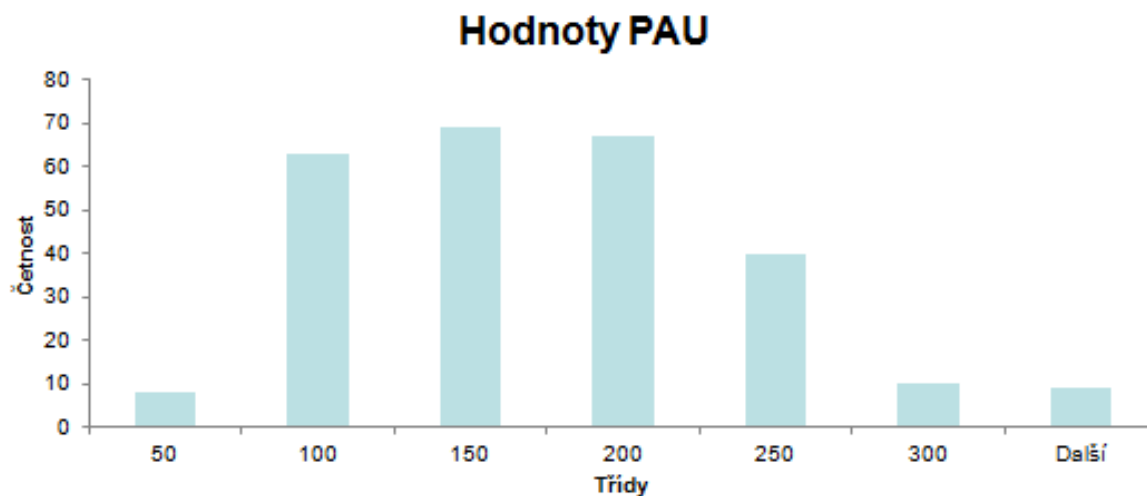
Hodnocení množství PAU v zemině znečištěné sludge

Při hodnocení množství PAU v sušině v zemině jsme zjistili, že hodnoty PAU (mg/kg sušiny) mají **přibližně normální rozdělení** viz. následující histogram. Normální rozdělení má směrodatnou odchylku $\sigma=70$ mg/kilogram sušiny. To je velmi zásadní skutečnost, kdy můžeme přijmout hypotézu o normálním rozdělení naměřených hodnot. **Volba limitace je zde zcela náhodná a tendenční.** Pokud by totiž platil současný limit (tabulky č. 10.1), jednalo by zcela rozhodně o prokázané nesplnění limitu (vůči 6 mg/kg sušiny).



EMPLA

Při hodnocení množství PCB v sušině v lagunách jsme zjistili, že hodnoty PCB (mg/kg sušiny) mají přibližně normální rozdělení viz. následující histogram. Normální rozdělení má směrodatnou odchylku $\sigma=70$ mg/kilogram sušiny





EMPLA



Počet pozorování v pokusu (označujeme n) měl by být určen před jeho provedením. Při statistickém vyhodnocení pokusu je rozhodnutí zamítnout či přijmout **nulovou hypotézu** určeno s jistou pravděpodobností (vždy může být správné či nesprávné).

Nulová hypotéza H_0 : V případě, že sledujeme náhodnou veličinu s normálním rozdělením nulová hypotéza zapisuje **$H_0: \mu = \mu_0$** .

Alternativní hypotézu H_A : V případě, že sledujeme náhodnou veličinu s normálním rozdělením alternativní hypotézu zapisujeme **$H_A: \mu = \mu_1$** .



EMPLA

Schéma porovnání rozhodnutí a skutečnosti

SKUTEČNOST

LIŠÍ SE

NELIŠÍ SE

Platí H_A

Platí H_0

ROZHODNUTÍ

LIŠÍ SE

Platí H_A

Správné rozhodnutí
(true-positive)

Chybné rozhodnutí
CHYBA 1 druhu
(false-positive)

NELIŠÍ SE

Platí H_0

Chybné rozhodnutí
CHYBA 2 druhu
(false-negative)

Správné rozhodnutí
(true-negative)

Naše rozhodování musí být takové, aby nedošlo k CHYBÁM, ale protože při statistickém vyhodnocení pokusu pracujeme s pravděpodobnostmi, chceme pravděpodobnosti těchto chyb minimalizovat



EMPLA

Chyby jsou rozdílné:

CHYBA 1 druhu: Rozhodneme, že rozdíl mezi procentem komplikací nebo hodnotou sledované náhodné veličiny existuje, když ve skutečnosti neexistuje. Rozhodnutí je chybně pozitivní falsely positive.

$$P(\text{Chybné rozhodnutí CHYBA 1 druhu (false-positive)}) = \alpha$$

α obvykle volíme 0,05 (5%)

CHYBA 2 druhu: Rozhodneme, že rozdíl mezi procentem komplikací nebo hodnotou sledované náhodné veličiny neexistuje, když ve skutečnosti existuje. Rozhodnutí je chybně negativní falsely negative.

$$P(\text{Chybné rozhodnutí CHYBA 2 druhu (false-negative)}) = \beta$$

1 - β se označuje jako síla testu

β obvykle volíme 0,20 (20%)



EMPLA

Stanovili jsme α a β .

Nyní musíme stanovit pro jaký rozdíl parametru μ budeme posuzovat spolehlivost? Ve vztahu k poškození životního prostředí a dalším komplikacím... **$\mu_1 - \mu_0$ je 20% hodnoty μ_0**

μ_0 a μ_1 tak, že rozdílem parametru bude rozdíl těchto hodnot
 μ_0 je hodnota limitu předem známá z norem

parametr σ ukazující rozptýlení hodnot náhodné veličiny s normálním rozdělením kolem jejího průměru a **je znám předem**

Je zřejmé, že zmenšuje-li se α i β zvyšuje se n .

Zmenšuje-li se rozdíl μ_0 a μ_1 zvyšuje se n .

Zvětšuje-li se parametr σ u náhodné veličiny s normálním rozdělením, zvyšuje se n .



EMPLA



- **IV. Stanovení počtu odebraných vzorků**
-
- Jako náhodnou veličinu, která má přibližně normální rozdělení (viz. histogram) sledujeme množství PAU (mg/kg sušiny). Dále známe, že $\sigma=0.105$. Chceme znát, jaké množství odebraných vzorků n potřebujeme, abychom s předem danou spolehlivostí $\alpha =0.05$, $\beta =0.20$ dokázali rozhodnout, že množství PAU přesahuje normu. Norma je $\mu_0=100$ mg/kg sušiny. Rozdílem je pro nás 20% zvýšení limitu. $\mu_1=120$ mg/kg sušiny.





EMPLA



- $\mu_0 = 100$ mg/kg sušiny
- $\mu_1 = 120$ mg/kg sušiny
- $\alpha = 0.05$
- $\beta = 0.20$
- $\sigma = 70$ mg/kg sušiny

$n=76$ pro 1 skupinu (one sided nebo single sided je jednostranná varianta testu)

- $n=97$ pro 1 skupinu (two sided oboustranná oboustranná varianta testu, kterou nepoužíváme)
-



EMPLA



- Výpočet je uveden například na následujících třech web stránkách:

<http://www.quantitativeskills.com/sisa/.....Calculations/Sample Size>

<http://www.dssresearch.com/toolkit/.....Researcher's toolkit / Sample size calculator />

Averages One sample počítá pro jednostrannou variantu testu (single sided). To znamená, že nás zajímá pouze překročení normy, nikoliv různost od normy.

<http://www.stat.ubc.ca/~rollin/stats/ssize/n1.html>

Vlastní provedení testu spočívá ve vypočtení hodnoty

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{s} \sqrt{n}$$

a jejím porovnáním s kritickou hodnotou t-rozdělení s (n-1) stupni volnosti $t_{75}(0,10)=1,66$

\bar{x} označuje vypočtený průměr
s směrodatnou odchylku

$t=3,43$ a výsledek je, ten, že přijímáme hypotézu že limit je překročen. Pozorování, ze kterých jsou spočteny \bar{x} a s musí náhodně vybrány a být navzájem nezávislé. To, že pocházejí z normálního rozdělení je splněno.



EMPLA

Zde jsou uvedena data, ze kterých je spočítán t-test

244	92	218	192
347	74	94	140
258	66	69	142
126	177	55	54
92	175	111	100
50	75	83	174
157	102	64	124
301	149	58	148
73	92	47	157
95	70	47	89
131	72	193	119
89	157	148	318
90	67	146	173
72	105	109	
49	83	103	
69	76	135	
168	75	130	
185	35	198	
200	64	234	
190	44	157	
95	154	164	



EMPLA

■ Závěr

- Je jasné, že vyhodnocení výsledků tohoto typu naráží v odpadovém hospodářství na velmi specifické a konkrétní akce. Aplikovatelnost by byla možné jako kontrolní parametr u vypracování plánu odběru vzorků pro monitoring odpadu ve smyslu Osvědčení o vyloučení nebezpečných vlastností odpadů a to v případě, kdy se kritický parametr pohybuje v okolí závazného a nezpochybnitelného limitu. Takových případů však není mnoho a tvoří jen část řešených laboratorních
- Aplikace modelu pro jiné hodnoty (jiná měření) i limity je možná.



EMPLA



- Tak jak je v přírodě obvyklé, tak i u mnoha matric (i odpadů) je výskyt kritických parametrů variabilní. Pokud je k dispozici dostatečný počet měření, je možné vyjádřit shodu hypotézy s chráněným zájmem (limitem). Obvykle však narazíme na komplikace
- - **kdy se nejedná o normální rozdělení a PAU jsou např. u sutí vázány na úlomky lepenek (rozdíly i o několik řádů) nebo na jemné podsítné sutí (kam se snáž dostanou)**
- - **nebo není dostupný dostatečný popis hodnot a je nereálné více hodnot pro statistické vyhodnocení získat (zejména ekonomické důvody)**



EMPLA



- Řešením je tedy z mého pohledu spíše nastavení možností „m“ a „p“ hodnoty z řady měření při monitoringu odpadů, což je i dnes možné ve formě podmínek například u Osvědčení o vyloučení nebezpečných vlastností odpadů. **Jakékoliv odstranění odlehlé hodnoty (která pro přímý výpočet průměru může např. u dehtových lepenek hrát zásadní roli) je bez I SE STATISTICKÉM přístupu k řešení problematický!**
- Na druhou stranu extrémní hodnota (hodnoty) v mnoha případech zkreslují skutečný stav odpadu a obsahu kritického parametru v něm.



EMPLA

Děkuji za pozornost

EMPLA AG spol. s r. o.

Za Škodovkou 305

503 11 Hradec Králové

Tel: 606 069 930

Fax: 495 217 499

E-mail: empla@empla.cz

<http://www.empla.cz>