

VYSOKÉ UČENÍ FAKULTA
TECHNICKÉ STAVEBNÍ
V BRNĚ

AdMaS
Děláme světový výzkum
pro praktické využití



Zemský



Úroveň hygienizace kalu solární sušárnou v rozdílných lokalitách

Jan Ševčík* , Marco Carnevale Miino**, Tomáš Chorazy*, Jakub Raček*, Petr Hlavínek*,
Absar A. Kazmi***

* VUT v Brně, Stavební fakulta, výzkumné centrum AdMaS, Purkyňova 651/139, 612 00 Brno, jansvck@gmail.com

** Department of Theoretical and Applied Sciences, University of Insubria, Via J.H. Dunant 3, 21100, Varese, Italy, 3

*** Department of Civil Engineering, Indian Institute of Technology Roorkee Roorkee-247667, Uttarakhand, India, absarakazmi@yahoo.com

Úvod

Sledované ukazatele

Sušárna na ČOV Mariánské lázně

Metodika řešení a odběr vzorků

Výsledky

Závěr

Solární sušení atraktivní řešení

- energie zdarma
- redukce množství ČK až např. na 25%
- na rozdíl do tepelných pásových sušáren nelze garantovat hygienizaci ČK solárním sušením
- mikrobiologie závislá na podílu sušiny v ČK = při minimální vlhkosti mikrobiologické procesy ustávají
- případná hygienizace solárním sušením = atraktivní +

HYGIENIZUJE TEDY SOLÁRNÍ SUŠÁRNA?

Sledované ukazatele

Lokální legislativní požadavky silně rozdílné:

*mnoho států převzalo ukazatele od americké EPA

Country	Pathogene	Limit	Units
Austria	Enterococci	<103	CFU gDM ⁻¹
(selected regions)	Escherichia Coli	100	CFU gDM ⁻¹
	Helminth eggs	none	kgDM ⁻¹
	Salmonella	no occurrence in 1 g	
Bulgaria	Salmonella	no occurrence	MPN 20 ⁻¹ gWW ⁻¹
	Escherichia Coli	100	MPN gWW ⁻¹
	Clostridium perfringens	300	MPN gWW ⁻¹
	Helminth eggs (surviving)	1	egg kgDM ⁻¹
Czech republic	Salmonella Escherichia coli or	no occurrence	CFU gDM ⁻¹
	Enterococi	<103	CFU gDM ⁻¹
Denmark	Salmonella	no occurrence	g ⁻¹
(treated SS only)	Faecal streptococi	<100	
Finland	Salmonella	not detected in 25 g	CFU g ⁻¹
	Escherichia Coli	1 000	
Italy	Salmonella	1 000	MPN gDM ⁻¹
	Escherichia Coli	1 000	CFU g ⁻¹
Lithuania	eggs helminth	none	kg ⁻¹
	Enterobacteria	none	CFU g ⁻¹ CFU g ⁻¹
	Clostridium perfringens	100 000	
Luxembourg	Enterobacteria	<100	g ⁻¹
	Helminth eggs	no eggs probably infectious	
Malta	Salmonella	no occurrence	CFU 50 ⁻¹ gWW ⁻¹
Poland	Salmonella	no agriculture use if present in 100 gDM	
	Helminth eggs	none	eggs kgDM ⁻¹
Portugal	Salmonella	no occurrence in 50 g	CFU g ⁻¹
	Escherichia Coli	1 000	
Slovakia	Termotolerant coliform bacterias	2×10 ⁶	CFU gDM ⁻¹
	Faecal streptococi	2×10 ⁶	CFU gDM ⁻¹
France	Salmonella	8	MPN 10 ⁻¹ gDM ⁻¹
	Enteroviruses	3	MPN 10 ⁻¹ gDM ⁻¹
	Helminth eggs	3	eggs 10 ⁻¹ gDM ⁻¹
USA	Salmonella	3	MPN 10 ⁻¹ gDM ⁻¹
	Enteroviruses	1	PFU per 4g
	Helminth eggs	1	eggs 10 ⁻¹ gDM ⁻¹

AdMaS

POKROČILÉ STAVEBNÍ MATERIÁLY,
KONSTRUKCE A TECHNOLOGIE

Sledované ukazatele



Salmonella

Metoda CZ_SOP_D06_04_307 mimo kap. 9.1.2 (ČSN EN ISO 6579, AHEM č. 1/2008). Průkaz bakterií rodu Salmonella kultivací, metoda S-SALM

Escherichia coli Metoda CZ_SOP_D06_04_324 (AHEM č. 1/2008, ČSN ISO 16649-2). Stanovení počtu termotolerantních koliformních bakterií a Escherichia coli kultivací, metoda S-EC

Enterokoky CZ_SOP_D06_04_325 (AHEM č. 1/2008, ČSN EN ISO 7899-2). Stanovení počtu enterokoků kultivací, metoda S-ENTCO

Ostatní dle EPA 503 (kooperace s Institute of Technology Roorkee, Indie)

- Helmitt ova (vajíčka tasemnic) v jednotkách ks / g sušiny
- Enteric viruses PFU/g (plag forming units/g)
- Fecal coliforms MPN/g or Salmonella MPN/4g (most propable nr./g)



Sušárna na ČOV Mariánské lázně

ČOV Mariánské lázně

- anaerobie, plynové hospodářství

- cca 20 000 EO

Sušárna

- 2000 t/r
- 20 → 85% suš.
- 2 haly po 10 x 110 m
- stroje WendeWolf

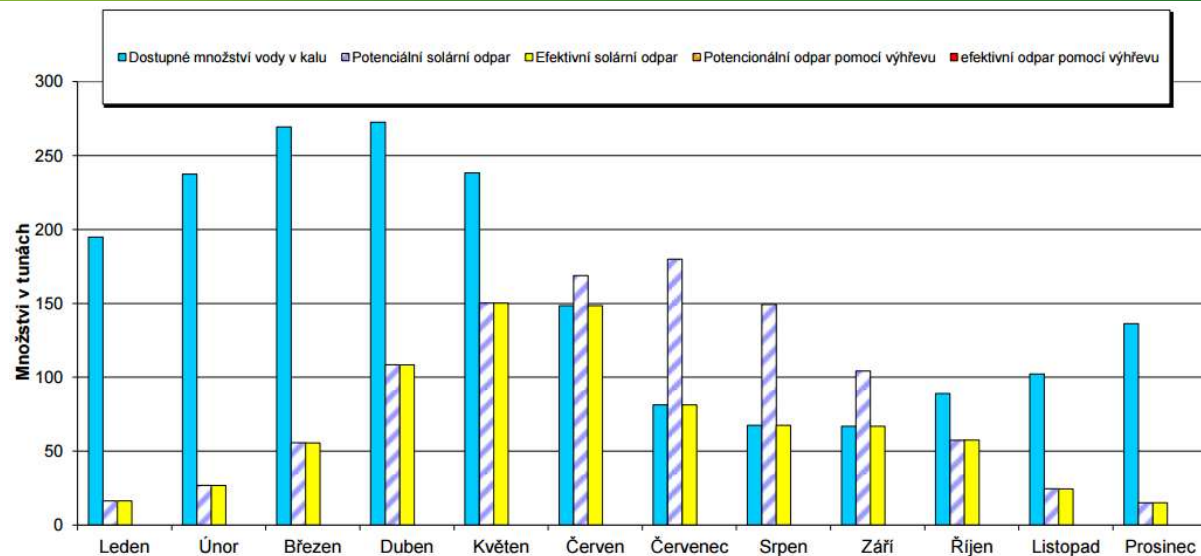


AdMaS

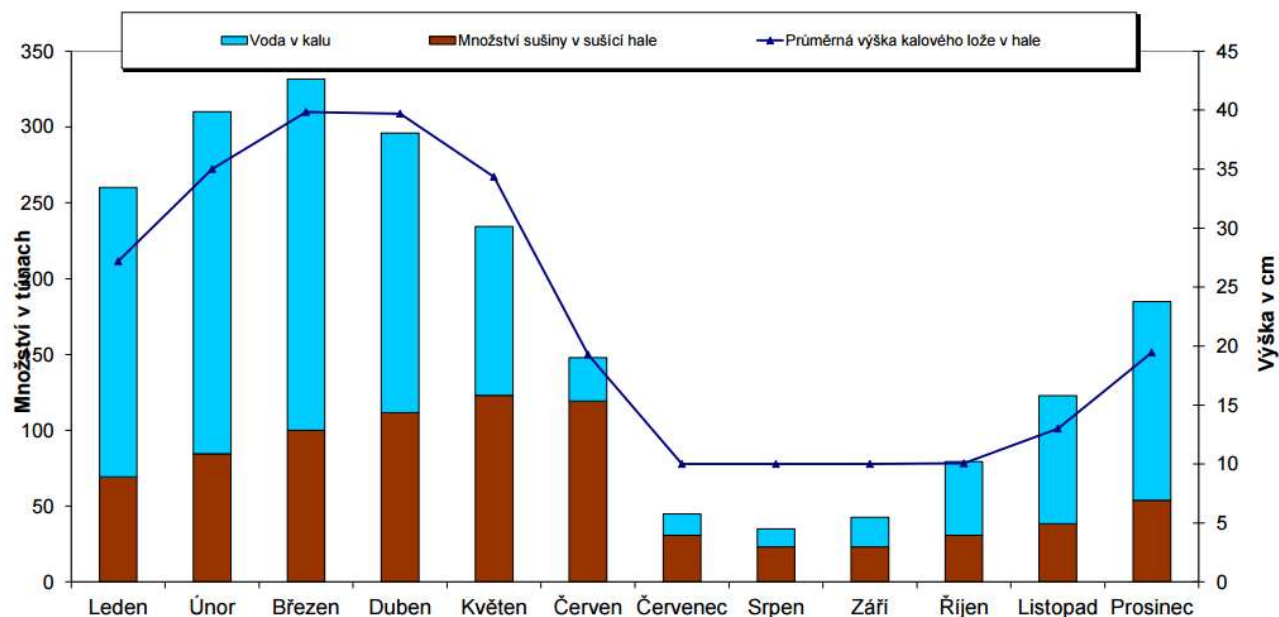
POKROČILÉ STAVEBNÍ MATERIÁLY,
KONSTRUKCE A TECHNOLOGIE

Sušárna na ČOV Mariánské lázně

Porovnání mezi
potenciálním a
efektivním odparem



Měsíční kolísání výšky
kalového lože v hale





Metodika řešení a odběr vzorků

solární sušení = roční pracovní cyklus



prostup ČK sušárnou a nerovnoměrné sezónní sušení



prostá analýza vzorku vysušeného ČK nedostačující



nutnost určit procesní limity hygienizace



návrh pokročilé metodiky pro navazující výzkum

časové omezení → zjednodušená metodika

Metodika řešení a odběr vzorků

Odběry vzorků

- ze sušárny i z lisu
- do sterilních vzorkovnic
- každý příčný profil zvláštní lopatka
- příčně 1 m od krajů + střed
- hloubka cca 0,1 m





Metodika řešení a odběr vzorků

Navrhovaná metodika

- vstup ČK sušárnou
- označení sledované dávky ČK
- pozice odběrů (příčně, podélně)
- množství a četnost vzorků
- čas zahájení vzorkování
- konkrétní vzorkovací plán
- analýza mikrobiol. dle lokálně platných předpisů

Metodika řešení a odběr vzorků

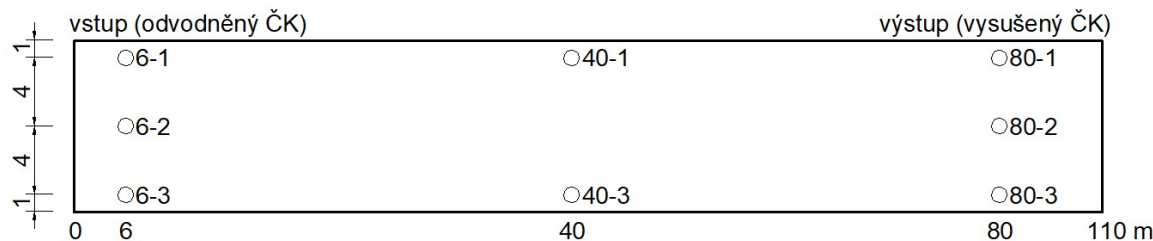
Uplatněná metodika

- časové omezení = 3 odběry 23.2., 9.5. a 5.6.
- dle Vyhlášky MŽP č. 273/2021 Sb.

Kal	Salmonella	Enterokoky	Termotolerantní koliformní bakterie
kategorie	sp. v 50g		
I.	Negativní	< 10 ³ KTJ/g (4 vzorky z 5)	Nehodnotí se
		< 5.10 ³ KTJ/g (1 vzorek z 5)	
II.	Nehodnotí se	< 10 ⁶ KTJ/g sušiny (5 vzorků)	< 10 ⁶ KTJ/g sušiny (5 vzorků)



Hala 2 - H2



Výsledky

Mikrobiologie

Datum	vzorek	Salmonella / 50g	enterokoky	Escherichia coli
		[·]	[KTJ/g]	[KTJ/g]
23.2.	OK	n/a	n/a	n/a
	H1 102	pozitivní	<50	360
	H1 95	negativní	<50	<10
	H2 6-1	negativní	5 300	14 000
	H2 6-2	n/a	n/a	n/a
	H2 6-3	negativní	9 000	20 000
	H2 40-1	pozitivní	4 600	9 000
	H2 40-3	negativní	3 900	19 000
	H2 80-1	pozitivní	950	700
	H2 80-2	n/a	n/a	n/a
	H2 80-3	pozitivní	2 500	1 400
9.5.	OK	pozitivní	40 000	9 600
	H1 102-2	negativní	<50	<10
	H1 95-2	negativní	<50	<10
	H2 6-1	negativní	550	60
	H2 6-3	negativní	450	<10
	H2 40-1	negativní	1 700	<10
	H2 40-3	negativní	650	<10
	H2 80-1	negativní	<50	<10
	H2 80-3	negativní	1 200	20
	H2 98-2	negativní	<50	<10
5.6.	OK	negativní	130 000	140 000
	H2 6-1	negativní	<50	<10
	H2 6-2	negativní	<50	<10
	H2 6-3	negativní	<50	<10
	H2 40-1	negativní	<50	<10
	H2 40-2	negativní	<50	130
	H2 40-3	negativní	<50	<10
	H2 80-1	negativní	<50	<10
	H2 80-2	negativní	<50	<10
	H2 80-3	negativní	<50	<10
	H2 98-2	negativní	<50	<10

AdMaS

POKROČILÉ STAVEBNÍ MATERIÁLY,
KONSTRUKCE A TECHNOLOGIE



Hygienizace solárním sušením dle EPA 503 (Indie)

- Identická metodika jako pro USA a řadu dalších zemí
- Vysoké mikrobiální zatížení kalu
- Class A - 4 ukazatele
- Class B sludge – pouze 1 ukazatel

Parameter	Limit value	
	Class A biosolids	Class B biosolids
Faecal coliforms	<1000 MPN/g DS	<2× 10 ⁶ MPN/g DS
Salmonella species	<3 MPN/4g DS	-
Helminth eggs	≤1 per 4 g of total	-
Enteric viruses *	< 1 PFU / 4g DS	-



Hygienizace solárním sušením dle EPA 503 (Indie)

tab. níže: mikrobiologie odvodněného kalu
 mikrobiologie vysušeného kalu
 limity US EPA 503

Parameters	Dewatered sludge from centrifuge	Solar dried sludge	US EPA Class A Biosolid
Faecal Coliforms (MPN/g dry solids)	43000	below detection limit	< 1000 MPN/g (dry weight basis)
Salmonella species (MPN/4g dry solids)	78	below detection limit	< 3 MPN/4g (dry weight basis)
Helminth eggs (Numbers/4g dry solids)	160	below detection limit	≤ 1 per 4 g of total solids (dry weight basis)

Sledování teplot kompostovacího procesu (Polsko)

- Nezávazné výsledky (bez oficiálního výzkumu)
- Pokusy v režii provozovatele pro vlastní představu
- Docílení kompostovacích podmínek při:
 - Vrstvě kalu cca 800 mm
 - Optimální vlhkosti
 - $> 60^{\circ}\text{C}$



Vyhodnocení výsledků

První série vzorků 23.2. nevykazovala dostatečný stupeň hygienizace → během zimního období zřejmě nedochází k hygienizaci ČK.

Vzorky z 9.5. již vykazovaly částečnou hygienizaci *Salmonella* negativní ve všech případech sušeného ČK (pozitivní pouze odvodněný). Odvodněný nadlimitní také v případě enterokoků a *Escherichia coli*. Sušený ČK podlimitní v 4 z 9 případů u enterokoků a u *Escherichia coli* dokonce v 7 z 9 případů.

U vzorků z 5.6. hygienizace ve všech případech s jedinou výjimkou (H2 40-2), a to pouze v případě ukazatele *Escherichia coli* (130 KTJ/g). Důvod = ?

Vyhodnocení výsledků

V Indii solární sušárna hygienizuje zřejmě dokonale (teplé klima je výhodou, vysoké vstupní mikrobiální zatížení je potvrzením).

Pokusy z Polska poukazují na další možnost dosažení hygienizace – kompostovacím procesem.

Žádný z výše uvedených výsledků však zatím není podkladem pro zavedení garancí hygienizace pomocí solárního sušení.

Cílem představit solární sušení ČK v kontextu legislativy a kalových koncovek ČOV, pro které je hygienizace zásadní otázkou.

Časové omezení = zjednodušená metodika. Získány slibné a atraktivní výsledky.

Úroveň hygienizace je závislá na klimatických podmínkách.

SOLÁRNÍ SUŠÁRNA HYGIENIZUJE, NE ALE VŽDY!

Případná verifikace hygienizace kalu solární sušárnou vyžaduje ještě další výzkum.

Předpoklad: většinu roku na výstupu hygienizovaný kal

Otázka: co po zbytek roku?

ALTERNATIVY ŘEŠENÍ:

- a) Peletizace a výroba registr. hnojiva (např. KSP)
- b) Pouze peletizace
- c) Kombinace s elektroosmotickým lisem ?
- d) Hygienizace vyhřívaným šnekem
- e) jiné?



Děkuji za pozornost

Ing. Jan Ševčík, Ph.D., MBA
+420 723 254 976