

VYUŽITÍ SUŠENÝCH ČISTÍRENSKÝCH KALŮ K PRODUKCI REGISTROVANÉHO ORGANICKÉHO HNOJIVA

Ševčík J. ^{1*}, Hájek V. ²

¹ Centrum AdMaS, Fakulta stavební, Vysoké učení technické v Brně, Purkyňova 139, 612 00 Brno,

² ProPelety, s.r.o., Strojírenská 341/16, 59101 Žďár nad Sázavou

*autor pro korespondenci, email: js@beaver.cz

ABSTRAKT

Aplikace čistírenských kalů (dále ČK) na zemědělskou půdu se může vzhledem k obsaženým polutantům jevit jako komplikované řešení ve vztahu k legislativním požadavkům, které se navíc v čase vyvíjí. Mezi odbornou veřejností je téma transformace čistírenských kalů často spojována s termickými metodami. Případná alternativní řešení zpracování kalů po jejich vysušení pak zůstávají v pozadí zájmu. Jedním z takových řešení je výroba registrovaného organického hnojiva, které pomocí technologie peletizace směsi vysušeného kalu a dalších přísad nabízí pro řadu ČOV i zemědělců technicky a ekonomicky atraktivní řešení. Provozovatelé ČOV často řeší rozhodování mezi inklinací k principu předběžné opatrnosti, nebo k principu materiálové transformace kalů. Předložený příspěvek proto popisuje jednu z variant materiálové transformace čistírenských kalů, a to na registrované hnojivo plnící požadavky vyvíjející se legislativy.

KLÍČOVÁ SLOVA

Čistírenský kal, registrované hnojivo, sušení kalu, peletizace, přísady

1. ÚVOD

Legislativa upravující nakládání s ČK se postupně vyvíjí a nejen v souvislosti s tím již dochází k rozšiřování sušáren ČK na českých ČOV. Za sušením však mohou následovat i další technologie pro zpracování sušeného ČK. Skloňovány jsou nejčastěji různé metody termické destrukce jednotlivých (nejčastěji organických) složek ČK. Alternativou je ale výroba registrovaného organického hnojiva založené na peletizaci směsi vysušeného kalu a dalších přísad. Takto produkované registrované hnojivo plní požadavky vyvíjející se legislativy, ale i principů oběhového hospodářství.

2. STÁVAJÍCÍ ZPŮSOBY ÚPRAVY ČK PRO APLIKACI NA PŮDU

Ještě do nedávné doby byla zásadním legislativním dokumentem upravujícím možnosti aplikace ČK na zemědělskou půdu vyhláška 473/2016 Sb. (Vodarenstvi.cz, 2020). Tato vyhláška mimo jiné umožňovala aplikaci pouze odvodněného ČK kategorie I., který prošel procesem hygienizace v kalové koncovce ČOV, nebo který prošel procesem kompostování v kompostárně ve směsi s bioodpadem rostlinného a živočišného původu (MŽP ČR, 2017). Kompostování je poměrně rozšířeným řešením pro zpracování ČK, které nepatří mezi termochemické metody a může se vyznačovat nevýhodami, jako je vysoká závislost na složení vstupních surovin, závislost na tepelném režimu kompostování, přežití semen plevelů, neodbourávání některých významných polutantů aj.

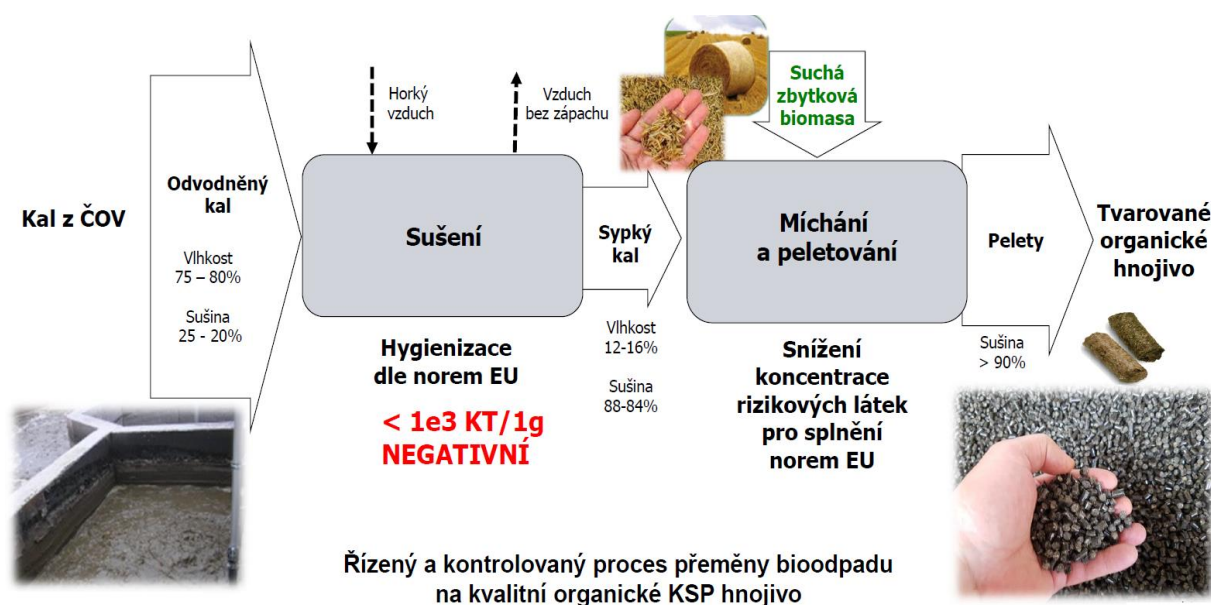
Tyto způsoby jsou dlouhodobě známy, mají své výhody a také výše uvedené nevýhody, kvůli kterým se hledají další možnosti a postupy. Jedním z výsledků tohoto hledání je proces výroby KSP hnojiva ve formě suchého granulátu lisovaného do pelet průměru 6, 8, nebo 10 mm. Tento granulát obsahující dostatečné množství postupně uvolňujících se živin mohou zemědělci aplikovat na půdu stejnými mechanismy jako uměle vyráběná hnojiva.

Aktuálně platným legislativním dokumentem, který je prakticky vyhláškou 437/2016 Sb. nadřazen a jehož zjednodušeně řečeno přílohou se stala právě zmíněná vyhláška, je Zákon o odpadech 541/2020. Dle něj jsou mezi jeho zrušovacími ustanoveními zahrnuty vyhláška č. 437/2016 Sb., o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě a vyhláška č. 305/2019 Sb., kterou byla původní 437/2016 Sb. pozměněna. Přitom se ale zákon 541/2020 na zmíněnou vyhlášku odkazuje (Zakonyprolidi.cz, 2021).

3. VÝROBA REGISTROVANÉHO KSP HNOJIVA

Jednou z možností, jak nakládat s ČK po jeho vysušení je výroba granulovaného hnojiva. Oproti kompostování nabízí registrované hnojivo eliminaci výše uvedených nevýhod, jistou hygienizaci, dostatečné množství živin, důležitých prvků (N, P, K, Mg, Ca...) a bezproblémovou manipulaci s granulátem, který postupně uvolňuje obsažený amoniakální dusík. Pro zachování objektivitu je ale nutné uvést i nevýhody produkce certifikovaného hnojiva. Jedná se o nutnou dostupnost příměsí, především zbytkové biomasy, investice do sušárny, mícháreny a peletárny a také ovlivnění produkce ročními sezónami (Fuchs a kol., 2019).

Proces výroby registrovaného KSP hnojiva vychází z myšlenky snížení mikrobiologického zatížení odvodněného ČK (sušina cca 20 – 25 %) pomocí vysušení (sušina např. 80 – 95 %) a z myšlenky jeho následného směšování s dalšími surovinami (se suchou zbytkovou biomasou a popelem). Pomocí těchto kroků se zlepšují hnojící parametry a tuto sypkou směs tvarovaných pelet (o sušině přes 92 %) lze snadno skladovat a aplikovat na půdu bez dodatečných investic (Fuchs a kol., 2019).



Obr. 1 Schéma procesu výroby registrovaného hnojiva z ČK (Fuchs a kol., 2019)

Výše uvedený Obr. 1 znázorňuje řízený a kontrolovaný proces přeměny bioodpadu na kvalitní organické hnojivo, který využívá know-how a patentovaný postup vlastního výrobního procesu umožňujícího plnit požadované limity dle norem EU, týkající se hygienizace a dalších ukazatelů (Fuchs a kol., 2019).

Ukazuje se, že o KSP hnojivo mají zemědělci zájem, protože umožňuje aplikovatelnost běžnou technikou na umělá hnojiva, má vyšší podíl suché organiky = nasákavost, zadržuje

vodu po aplikaci na půdu a přináší vysoký podíl amoniakálního N = pomalé a postupné uvolňování živin do půdy tak, jak rostliny potřebují.

4. SUŠENÍ KALU

Pouze několik typů sušáren je ale běžně užíváno pro sušení ČK. Rozdíl mezi nimi je především ve způsobu dodávky energie potřebné k sušení a ve způsobu prostupu ČK sušárnou. Rozlišovány jsou tak mimo jiné sušárny kontaktní, konvekční a solární (Ševčík, 2012).

Pro výrobu registrovaného hnojiva připadá v úvahu využití hlavně solární a nízkoteplotní pásové sušárny.

Pásová sušárna

Návrh sušárny obvykle cílí na využití stávajícího zdroje tepla na ČOV, v úvahu tak přichází především teplo z chladicího okruhu kogenerační jednotky. Mimo jiné z tohoto důvodu značný podíl pásových sušáren ČK suší teplotou cca 75 – 90 °C (Ševčík, 2012). Sušárna na výstupu může produkovat hygienizovaný kalový granulát. Sušící proces využívá sušení prouděním vzduchu skrz ČK rozmístěný po prodyšném sušícím pásu. Odvodněný ČK je ve formě kalových nudlí s velkým kontaktním povrchem dávkován pomocí extrudéru po celé šířce pomalu běžícího pásu tak, aby nedocházelo k tvorbě prachu a tím i nebezpečného výbušného prostředí. V samotném zařízení ČK přepadá z jednoho pásu na druhý, čímž se zároveň obrací a následně je vysušen na přesně určený obsah sušiny (např. 60 – 90 %).



Obr. 2 Nízkoteplotní pásová sušárna ČOV Drahovice (Suez WTS, 2019)

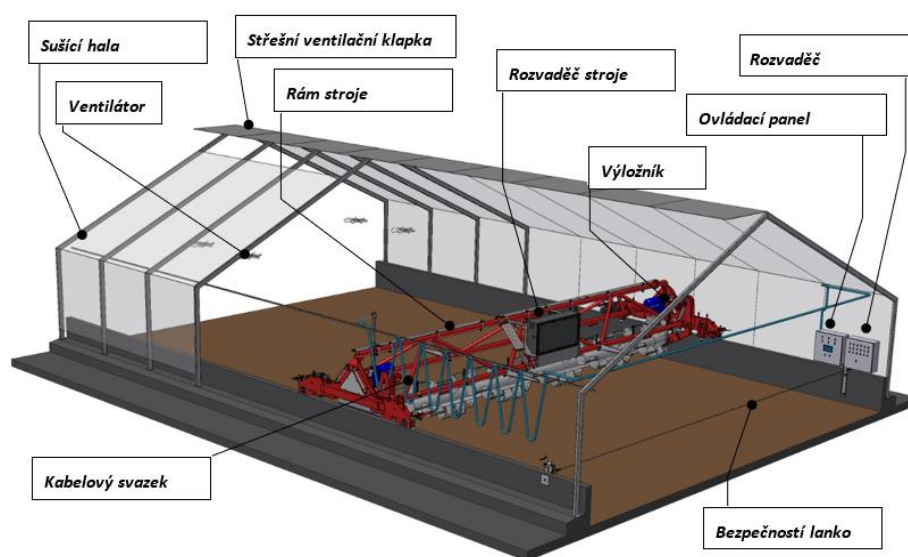
Nízkoteplotní pásové sušárny bývají některými výrobci nabízeny buď v jednodušším provedení bez kondenzace brýdových par, nebo v pokročilejším provedení zahrnujícím vybavení kondenzačními výměníky. Obr. 2 výše znázorňuje nízkoteplotní pásovou sušárnu modulární konstrukce s kondenzačními výměníky přímo integrovanými v každém z bloků. Pokročilý systém recirkulace vzduchu vyžaduje odsávání pouze jeho minimálního podílu (v řádech jednotek procent) za účelem zajištění mírného podtlaku v systému. Tento odsávaný použitý vzduch pak prochází systémem čištění odpadního vzduchu (kyselinový a alkalický / alkalicko-oxidační + filtr) (Ševčík, 2012). Zásadní výhodou nízkoteplotní pásové sušárny je konstantní produkce vysušeného ČK během ročních sezón umožňující investiční úspory v případě budování navazujícího zařízení pro výrobu registrovaného granulovaného hnojiva.

Solární sušárna

Prostorová náročnost solárních sušáren umožňuje efektivně využívat solární energii, která je zdarma. Prostorovou náročnost pak kompenzují nízké provozní náklady, které zahrnují hlavně náklady na ventilaci vzduchu v prostoru sušárny a na provoz zařízení pro prohrabávání sušené vrstvy ČK (Ševčík, 2012). Pro oblast ČR (podobně i SR) se dá uvažovat s intenzitou slunečního záření okolo 800 W/m^2 , průměrnou dobou slunečního svitu 1600 – 2200 h/rok, což odpovídá hodnotě $1045 \text{ kWh/m}^2/\text{rok}$ (Raček a kol., 2019). Díky tomu se dá zjednodušeně říci, že jsou často využívány sušárny se specifickou kapacitou odvodněného ČK vztahenou na plochu sušící haly přes $1,1 \text{ t/m}^2/\text{rok}$.

Solární sušárny mohou kombinovat 3 druhy přestupu tepla: přestup zářením, konvekční přestup a přestup kontaktní. (Ševčík, 2012) Solární sušárna by z teoretického hlediska mohla být zařazena mezi konvekční sušárny, neboť je zde ČK sušen v podstatě také kontaktem s proudem teplého vzduchu, který je na něj hnán pomocí ventilátorů. (Ševčík, 2012)

Z konstrukčního hlediska je sušárna (Obr. 3 níže) velkým skleníkem, kde dochází k odpaření povrchové a objemově vázané vody do okolního vzduchu ve skleníku. V něm se v podélném směru pohybuje speciální příčné rotační prohrabávací zařízení, které ČK prohrabává, a přitom současně rozprostírá a transportuje po podkladní desce od vstupu k výhozu. Jednotlivé druhy solárních sušáren se často liší způsobem obracení a transportu ČK.

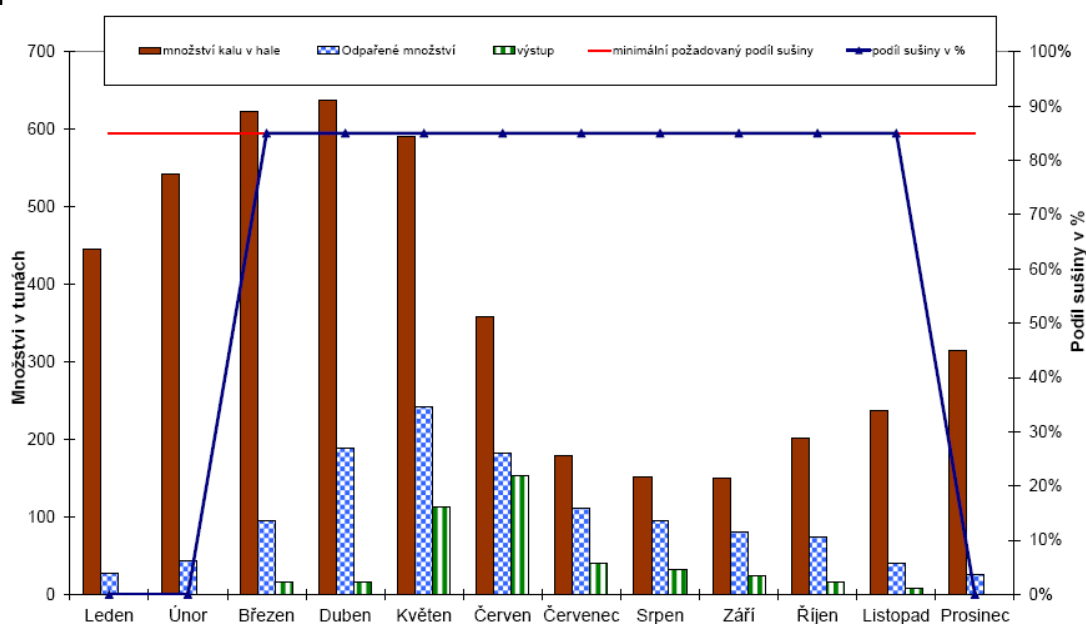


Obr. 3 Solární sušárna (IST Anlagenbau, 2020)

Celé zařízení je vybaveno soustavou ventilátorů a ventilačních klapek, které zajišťují optimální proudění vzduchu v prostoru skleníku tak, aby bylo dosaženo efektivního sušení. V případě, že to umožňují lokální sezónní podmínky, je velmi vhodné v průběhu roku kombinovat dostupné zdroje tepelné energie a využít je jako dodatečné pro ohřev podloží ČK, nebo vzduchu v hale. Výchozím produktem je kalový granulát, který je optimálně suchý, takže může být bezzápachový, ale přitom neprašný. (Ševčík, 2012)

Nejen spotřeba energií a jiné s financemi související náklady hrají při výběru a návrhu sušícího systému roli. Systém čištění použitého vzduchu, bezpečnost (nebezpečí výbuchu) (Hlavínek a kol., 2019), spolehlivost a ověřenost sušícího systému, provozní doba, stabilní parametry výstupního ČK, know-how dodavatele a množství jeho referencí jsou také důležitými faktory. Např. pásové sušení by se mohlo zdát do budoucna být hojně užívaným

řešením. Jedná se o jednoduchý, prostorově nenáročný a poměrně lehký stroj při srovnání s některými sušárnami, které mohou při stejné kapacitě působit dojmem instalace těžkého průmyslu. Jejich výhodou je říditelný a energeticky předvídatelný provoz nezávislý na počasí. Nevýhodou solární sušárny je požadavek na dostatek nezastíněného půdorysného prostoru a závislost kvality sušícího procesu na specifických klimatických podmínkách místa instalace. Proto je obtížné objektivně porovnat investice do solární sušárny s ostatními typy. Nicméně na výstupu je možné získávat vysušený ČK se sušinou až 90 %. Podstatnou vlastností solární sušárny je také nerovnoměrná produkce vysušeného ČK během ročních sezón zapříčiněná proměnným úhrnem slunečního záření, přičemž návrh zařízení na výrobu granulovaného hnojiva musí být dimenzován na maximální produkci. Příklad kolísání produkce výstupního sušeného ČK ze solární sušárny během roku znázorňuje obr. 4 níže pomocí šrafovaných sloupců.



Obr. 4 Balance ČK v sušící hale během ročních sezón (IST Anlagenbau, 2021)

5. MÍCHÁNÍ A PELETOVÁNÍ

Jak bylo zmíněno, vysušený ČK lze použít pro výrobu registrovaného hnojiva. Základem tohoto procesu je monitoring a znalost všech sledovaných vlastností vstupních surovin, jejich směšování dle předepsané receptury a následné lisování do podoby pelet. Vlastní výroba KSP hnojiva se provádí následovně:

Vstupní materiály jsou dováženy a skladovány ve skladu vstupních surovin pod přístřeškem tak, aby do nich nevnikala vlhkost při deštivém počasí (Obr. 5).



Obr. 5 Manipulace a uskladnění vstupních surovin v suchém stavu (ProPelety.cz, 2020)

Balíky jsou pomocí manipulační techniky naváženy na vstupní dopravník výrobní linky, kde obsluha odstraní ochrannou síť nebo vázací provázky. Následně jsou balíky rozduženy a nadrceny do podoby jemné frakce vhodné pro peletování. Tato frakce je řízeně dávkována do míchací části, kde je smíchána s ČK a s popelem v předepsaném poměru (Obr. 6). Promíchaná a homogenizovaná sypká směs (o sypké hustotě cca 500 kg/m³) následně vstupuje do peletovacího lisu.



Obr. 6 Rozdužení, drcení a míchání směsi pro výrobu pelet (ProPelety.cz, 2020)

V peletovacím lisu vznikají pelety pod tlakem a teplotou, a to na základě tření a uvolnění pojivových látek obsažených v zamíchané frakci. Jedná se o komplexní proces, při němž homogenní připravená směs prochází přes protlačovací nástroj (tzv. matici). Nejprve dochází ke stlačení objemu frakce a při následném pohybu v kanálu matrice se vlivem tření vytvoří teplo (80 – 115 °C), které uvolní obsažené přírodní pojivé látky (na bázi ligninu, škrobů, cukrů, pryskyřic, apod.). Tyto pojivé látky propojí stlačenou frakci do podoby soudržné granule s vysokým stupněm slisování. Hlavním fyzikálním mechanismem při vzniku pelety je tření a schopnost materiálu při dané teplotě uvolnit pojivo v sobě obsažené. Je-li vstupní směs z agromateriálů, dřeva, ČK, separátů apod., pak víme, že kvalitní pelety vznikají, pokud má vstupní směs vlhkost okolo 14%. (Fuchs a kol., 2019)

Vyrobené pelety (o sypké hustotě více jak 800 kg/m³) vypadávají z peletovacího lisu na čistící vibrační dopravník a na chladič dopravník, kde jsou vychlazeny na teplotu okolí (Obr. 7). Pelety končí v Big-Bagu, který lze uskladnit, nebo použít jako vstup do balící linky.

Doprava materiálu mezi jednotlivými technologickými zařízeními v lince probíhá v uzavřeném bezprašném obvodu (obvodech). Nezbytná je filtrace vzduchu a eliminace zápachu. Výsledný výrobek je podroben závěrečným monitorovacím testům předepsaným pro kontrolu kvality registrovaného hnojiva.

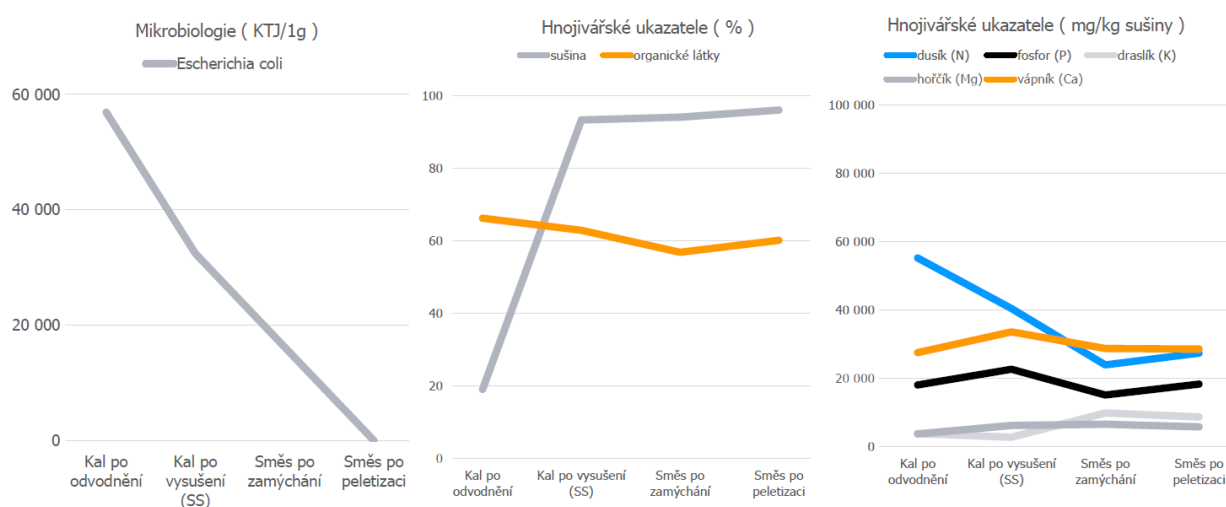


Obr. 7 Peletování, očištění a ochlazení vyrobených pelet (ProPelety.cz, 2020)

Systémové komponenty pro míchání ČK s přísadami a pro peletizaci lze doplnit jak za pásovou, tak za solární sušárnu ČK, pokud je cílem produkovat registrované hnojivo. U solární sušárny, která obvykle sama o sobě neprodukuje hygienizovaný sušený ČK se jedná o duplikovanou výhodu. Při peletizaci materiálu totiž dochází ke zmíněné hygienizaci, které může být za solárním sušením jinak dosahováno např. pomocí energeticky náročného prostého ohřevu ČK.

6. VLASTNOSTI REGISTROVANÉHO HNOJIVA KSP

Díky teplotě (uvedeno výše), která je při procesu peletizace dosahována, dochází k úplné hygienizaci ČK, nebo lépe řečeno k hygienizaci připraveného registrovaného hnojiva. Dosažené hodnoty ukazatelů (nejen mikrobiologie / hygienizace) uvádí graficky znázorněné výsledky z akreditované laboratoře níže na Obr. 8 (Fuchs a kol., 2019).



Obr. 8 Kvalita registrovaného hnojiva, výsledky z akreditované laboratoře (Fuchs a kol., 2019)

Aplikační dávka registrovaného hnojiva (suchý granulát o průměru pelet 6, 8, nebo 10 mm) je 8 t/ha/rok a v případě uvažovaného pilotního projektu je ve shodě s dotčenou legislativou v ČR, tedy: vyhláška č. 474 / 2000 Sb. - o stanovení požadavků na hnojiva, vyhláška č. 377 / 2013 Sb. - o skladování a způsobu používání hnojiv, vyhláška č. 437 / 2016 Sb. – o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě a vyhláška č. 341/2008 Sb. - o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady. (Fuchs a kol., 2019).

7. ZÁVĚR

Dosavadní praxe odstraňování ČK poukazuje na skutečnost, že pravděpodobně v nejbližší době nedojde k přijmutí a k aplikaci jednotného systému nakládání s ČK v ČR. Je pravděpodobné, že tak zůstanou ve hře jak metody pro energetické, nebo materiálové využití ČK, tak i kombinace těchto metod. Jedna z atraktivních alternativ využití ČK formou produkce granulovaného registrovaného hnojiva představuje realizovatelnou možnost, jak živiny z ČK vracet zpět na zemědělskou půdu především v oblastech, kde se zemědělská půda vyznačuje nedostatkem organických látek a humusu. Na druhou stranu je nutné pamatovat na to, že je třeba zajistit přísun přísad (hlavně zbytkové biomasy), odběr samotného hnojiva u zemědělců a že každý individuální případ výroby vyžaduje zvláštní proces schválení a

registrace hnojiva z důvodu rozdílných koncentrací polutantů v ČR od jednotlivých producentů.

I přes to, že tento příspěvek vychází z podkladů týkajících se legislativního prostředí v ČR, je v případě ošetření výše uvedených souvislosti možné s úspěchem produkovat a využívat registrované hnojivo i v jiných zemích, a to s vědomím, že dochází k využívání „eco-friendly“ systému, který respektuje trvale udržitelný rozvoj. Díky tomu patří výroba registrovaného organického hnojiva z ČR mezi bezodpadové technologie, jejíž koncový produkt vyhovuje normám EU. Neopomenutelným přínosem je také finanční profit z úpravy ČR a prodeje organického hnojiva.

SEZNAM LITERATURY

Fuchs K., Hájek V., Hutla P., (2019) *Materiálová transformace čistírenských kalů na registrované hnojivo*, prezentace pro vstupní seminář, Vodárenská akciová společnost, divize Žďár n. S., 25.6.2019, Žďár n. Sázavou.

Hlavínek P., Zwettler O., Ševčík J., Raček J., Chorazy T., (2019) *Koncepční přístup návrhu pásových sušáren čistírenského kalu pro středně velké zdroje znečištění*. Vodovod.info - vodárenský informační portál [online]. 9.4.2019, 09/2019, [cit. 2020-02-20]. Dostupný z WWW: <http://vodovod.info>. ISSN 1804-7157.

IST Anlagenbau, (2020), Brožura společnosti IST Anlagenbau, *Informace WendeWolf - Solární sušení kalu*, 2020, Beaver Consulting, s.r.o.

IST Anlagenbau (2021) Neveřejné interní projektové podklady solární sušárny WendeWolf, IST-Analgenbau, GmbH, Rheinweg 9, 793 95, Neuenburg, SRN (www.wendewolf.com) a Beaver consulting, s.r.o., Kanice 116, 664 01, ČR (www.beaver.cz)

MŽP ČR: *Vyhláška MŽP 437/2016 Sb.*, ČESKÁ REPUBLIKA. 437 VYHLÁŠKA ze dne 19. prosince 2016 o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady a změně vyhlášky č. 341/2008 Sb., o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady a o změně vyhlášky č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady, <http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=38149> (2016). [cit. 2017-02-11].

Propelety.cz., (2020), Interní podklady společnosti ProPelety, s.r.o., Žďár nad Sázavou, Strojírenská 341/16, 59101, (www.propelety.cz)

Raček J.; Hlavínek P.; Zwettler O.; Ševčík J.; Chorazy T., (2019) *Koncepční postup návrhu sušení čistírenského kalu pro podmínky české republiky*. In *VODA 2019. Bienální konference Voda - sborník přednášek a posterových sdělení*. Brno: CzWA service s.r.o., 2019. s. 1-9. ISSN: 2694-7013.

Suez WTS, (2019) Suez Water Technologies and Solutions: *Sludge dryers*, [online], [cit. 2019-09-22], <https://www.suezwatertechnologies.com/products/biosolids/dryers>.

Ševčík J., (2012) *Solární nebo pásové sušení ČR – optimální řešení pro kalovou koncovku*, Huber CS, spol. s.r.o. Cihlářská 19, 602 00 Brno, Sborník přednášek Konference odpadové vody, Štrbské pleso 2012.

Vodarenstvi.cz: *Slovak ČR vítá novelu vyhlášky 437/2016 Sb. o použití upravených kalů na zemědělské půdě*, [online], [cit. 2020-02-22], <http://www.vodarenstvi.cz/2019/11/22/slovak-cr-vita-novelu-vyhlaskey-c-437-2016-sb-o-pouziti-upravenych-kalu-na-zemedelske-pude/>

Zakonyprolidi.cz, (2021), dostupné z: 541/2020 Sb. Zákon o odpadech (zakonyprolidi.cz), https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2020-541/zneni-20210101#p158_p158-1