

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Posouzení kvality organických hnojiv a kalů
z čistíren odpadních vod a možnosti jejich využití
v ekologickém zemědělství**

Bakalářská práce

Autor práce: Mojmír Koščo

Studijní program: Ekologické zemědělství

Vedoucí práce: prof. Ing. Pavel Tlustoš, CSc., dr. h. c.

© 2021 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci " Posouzení kvality organických hnojiv a kalů z čistíren odpadních vod a možnosti jejich využití v ekologickém zemědělství" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 29.4.2021

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval panu prof. Ing. Pavlovi Tlustoši, CSc., dr. h. c. za vedení mé bakalářské práce, cenné rady a odborný dohled.

Posouzení kvality organických hnojiv a kalů z čistíren odpadních vod a možnosti jejich využití v ekologickém zemědělství

Souhrn

Hledání možností využití čistírenských kalů v České republice je aktuální téma. V posledním desetiletí došlo v Evropské Unii i v České republice k legislativním krokům, které stanovují podmínky, za kterých lze čistírenské kaly využívat nebo likvidovat. V České republice kolísají odborné názory na využití čistírenských kalů od jejich energetického využití pro spalování, přes přímou aplikaci na zemědělskou půdu až po využití jako materiálu k výrobě kompostů. Zároveň probíhají v rámci odborné a věcné diskuze varování před tzv. dehumifikací zemědělského půdního fondu zejména na nejintenzivněji využívaných orných půdách pro rostlinnou výrobu. Jako jedním z důvodů postupujícího úbytku organické hmoty v půdě je uváděn nedostatečný přísun organických hnojiv do půdy. Čistírenské kaly po minimalizaci rizik s nimi spojených by mohly sloužit jako stabilní zdroj organických látek a živin. Zároveň pro čistírenské kaly platí, že o množství kvalitě a využití čistírenských kalů si rozhodujeme jako lidé sami. Ekologické zemědělství se snaží nalézt cestu, které povede k dlouhodobému a udržitelnému zemědělství. Jedním z hlavních cílů ekologického zemědělství a zároveň prostředků je zdravá živá půda. V ekologickém zemědělství se daří osevními postupy využitím mezplodin, zeleným hnojením zvyšovat biologickou aktivitu půdy. V ekologickém zemědělství jsou však hlavním zdrojem živin organická hnojiva a preferovaným druhem organických hnojiv jsou hnojiva statková. Produkce statkových hnojiv bohužel za uplynulých 30 let výrazně poklesla. Ekologické zemědělství v nížinách na kvalitních půdách, kde se převažuje rostlinná potravinářská produkce, nemá organické zdroje hnojiv ze živočišné produkce a obnova živočišné produkce je nepravděpodobná. I proto je z celkové výměry ploch v ekologickém zemědělství pouze 20 % zaměřeno na potravinářskou rostlinnou produkci. Moje bakalářská práce se snaží najít budoucí možnosti za kterých nedostatek statkových hnojiv jako zdroje živin pro ekologické zemědělství bude moci být saturován čistírenskými kaly jako stabilním organickým hnojivem.

Klíčová slova: čistírenské kaly, ekologické zemědělství, využití čistírenských kalů

Assessment of the quality of organic fertilizers and sludges from wastewater treatment plants and the possibility of their use in organic farming

Summary

Searching for the possibility of using sewage sludge in the Czech Republic is a current topic. In the last decade, legislative steps have been taken in the European Union and in the Czech Republic, determining the conditions under which and how sewage sludge can be used or disposed.. In the Czech Republic, expert opinions on the use of sewage sludge vary from its energy use by the incineration through direct application to agricultural land and its use as composting material. At the same time, within the framework of professional and factual discussions, brewing takes place before the dehumification of the agricultural land , especially on the most intensively used arable lands for plant production. One of the reasons for the progressive soil organic matter degradation is the lack of organic fertilizers resources for soil application. Sewage sludge, after eliminating the risks associated with it, can be one of the important sources of organic fertilization. At the same time, it applies to sewage sludge that we decide on the amount of quality and the use of sewage sludge as people ourselves. Organic farming is trying to find a way that will lead to long-term and sustainable agriculture. One of the main goals of organic farming and at the same time resources is healthy living soil. In organic farming, it is possible to increase the biological activity of the soil by specific crop rotations using intermediate crops and green manure . In organic farming, however, the main sources of nutrients are organic fertilizers and the preferred type of organic fertilizers are of animal origin. Unfortunately, manure production has fallen sharply over the past 30 years. Organic farming operating in the lowlands on fertile soils, with crops for food production , does not have organic sources of fertilizers from animal production and renewal of animal production is unlikely, therefore only 20% of the total area in organic farming is focused on food plant production. My bachelor thesis tries to find future possibilities under which the lack of livestock fertilizers as a sources of nutrients for organic farming will be substituted by sewage sludge as a stable organic fertilizer.

Keywords: organic farming, sewage sludge, organic matter, nutrients

Obsah

Obsah	6
1 Úvod	7
2 Cíl práce	9
3 Literární rešerše	10
3.1 Ekologické zemědělství – definice	10
3.2 Význam organické hmoty pro ekologické zemědělství.....	10
3.3 Zdroje organické hmoty a makro živin v konvenčním a EZ	12
3.4 Makro živiny	13
3.5 Čistírenské kaly – definice	19
3.6 Postavení čistírenských kalů v zemědělství	19
3.7 Důvod využití čistírenských kalů v zemědělství	21
3.8 Rizika spojená s využitím čistírenských kalů.....	23
3.9 Monitoring čistírenských kalů	26
3.10 Možnosti využití čistírenských kalů pro EZ.....	27
4 Hodnocení a schvalování hnojiv v EZ	29
4.1 Legislativa	29
5 Závěr	32
6 Seznam použité literatury	33
Zdroje informací a použité zkratky	37
Seznam tabulek a obrázků	38

1 Úvod

Nutnost hledání nových zdrojů organické hmoty v ekologickém zemědělství

Kvalitní zemědělská půda s dostatkem organického podílu, spojená se zaváděním nových agrotechnických postupů (Salusová 1998), umožnila vyšší produkci potravin a mezi 17st. a přelomem 19/20 století na našem území čtyřnásobný nárůst obyvatel. Důležitost hnojení je známá již od římských dob, a to na základě generačních zkušeností a pozorování. Nedostatek organických hnojiv je ovšem celou dobu zemědělství jedním z hlavních limitujících faktorů zemědělské produkce. Raný novověk začal uplatňovat norfolkský osevňovací postup, zelené hnojení, statková hnojiva, lidské exkrementy a všechny dostupné organické zdroje. Došlo to tak daleko že se využíval opravdu každý organický materiál od mořských i říčních řas přes staroegyptské mumie po padlé vojáky. Ještě v roce 1874 napsal britský *The Observer* "Může se zdát bezohledné, že pozůstatky hrdinů minulosti slouží komerčním účelům. Ale obchod je obchod.". Od konce 19st. se zdál problém s výživou rostlin vyřešen nejprve dovozem chilského ledku a zejména po vynálezu Haber-Boschova procesu, průmyslového postupu syntézy amoniaku z plynného dusíku a plynného vodíku se zdálo, že hnojení polí je vyřešeno. Uplynulo 120 let a dnes naše orná půda potřebuje organické hnojení stále víc. To si uvědomují zemědělští odborníci z praxe, z akademické obce a výkonné moci. Proto stát ve svém Strategickém rámci Česká republika 2030 v kapitole Odolné ekosystémy v sekci péče o půdu zdůrazňuje nutnost zvyšování podílu humusu na zemědělské půdě (MŽP 2017).

Stokrát potvrzený pozitivní vliv organické složky půdy na půdní úrodnost nikdo nepochybně. Dlouhodobé polní pokusy, potvrzují důležitost organické složky v půdě, dokládají, že omezování organické hmoty přímo vede k snížení výnosu. Nejznámější dlouhodobé pokusy – The International Organic Nitrogen Long-term Fertilisation Experiment (IOSDV) Vienna od roku 1938, Halle/S. Eternal Rye od roku 1878 u nás Praha – Ruzyně/od roku 1955, dokládají, že výnosy plodin jsou rovnocenné v případě, porovnání polního pokusu hnojeného dostatkem organických hnojiv, s výnosy, kdy je alespoň základní organické hnojení v kombinaci s rychlorozpuštěnými minerálními hnojivy, a lepší v případě hnojení pouze umělými hnojivy což je důležité zjištění pro ekologické zemědělství i zemědělství jako takové. (Madaras et al., 2017). Jedním z moderních směrů zemědělské výroby je ekologické zemědělství.

Ekologické zemědělství se snaží zvyšovat organický podíl v půdě a tím zvyšovat půdní úrodnost. Ekologické zemědělství vyloučilo minerální hnojiva nepocházející z přírodních zdrojů, minerální hnojiva využívá pouze z přírodních zdrojů. Tím je ekologické zemědělství závislé na dostatku a dostupnosti biologického materiálu vhodného ke hnojení. Proto jedním z výrazných produkčních omezení ekologického zemědělství je dostatek vhodných hnojiv. Ekologické zemědělství má jako hlavní zdroj organického hnojení statková hnojiva, a to především z vlastního hospodářství bohužel to zejména pro farmy zaměřené na potravinářskou rostlinnou výrobu nestačí. (Lampkin 1990) Velkou výzvou pro ekologické zemědělství je tak využití tradičních ale dnes zavrhaných organických hnojiv kam patří i čistírenský kal.

Příkladem tradičního dnes opětovně zkoumaným organickým hnojivem přijatelným pro ekologické zemědělství je komunální biologický odpad a odpad ze zahrad. Výzkumný

projekt "STIKO" - Stickstoff Kompost, který provádí společnost Bio Forschung Austria běží od roku 1992 a je zaměřen na vytríděný komunální odpad a odpad ze zahrad, který je následně použit v režimu ekologického zemědělství (STIKO 2021). Přitom tradičním, i když pro ekologické zemědělství problematickým, avšak dostupným v množství stabilním často nepříliš vzdáleným zdrojem organické hmoty jsou lidské exkrementy. Dnes soustředěné v čistírenských kalech /Tab 2 Obr.2/. Čistírenské kaly obsahují dostatek živin pro ekologické zemědělství (dále též EZ) i organické složky nedostávající se naší orné půdě /kapitola 2.8/ Bohužel zároveň se v čistírenských kalech soustřeďují i nežádoucí látky. /kapitola2.9/

Je ovšem třeba připomenout, že využití čistírenských kalů v EZ, kromě definovatelných výhod i nevýhod čistírenského kalu jako takového je značně individuální a závislé, na specifických cílech, které sleduje ekologický farmář. Ekologický farmář stále je především zemědělec a je jeho snahou dosáhnout takové množství produkce, která v požadované kvalitě a na udržitelné úrovni umožní vytvořit model, který v Česku živí obyvatelstvo do přelomu 19/20st.

2 Cíl práce

Cílem bakalářské práce je vypracovat literární rešerši zabývající se možným využitím čistírenských kalů v ekologickém zemědělství. Práce se zabývá postavením organických hnojiv a jejich dostupností pro ekologické zemědělství. V další části se zabývám možnými výhodami čistírenských kalů a shrnuji informace o kontaminujících látkách., Poslední částí je legislativní rozbor využití organických hnojiv a čistírenských kalů v ekologickém zemědělství

3 Literární rešerše

3.1 Ekologické zemědělství – definice

IFOAM – mezinárodní federace hnutí ekologických zemědělců, nejvyšší světový orgán a autorita na ekologické zemědělství, po třech letech hledání správné formulace, přijala na valném shromáždění následující definici ekologického zemědělství.

„Ekologické zemědělství je zemědělský produkční systém, který zachovává zdraví půd, ekosystémů a lidí. Místo využívání vstupů s nepříznivými dopady, spoléhá na ekologické postupy, rozmanitost a koloběhy přizpůsobené místním podmínkám. Ekologické zemědělství spojuje tradice, inovace a vědecký výzkum s cílem prospívat společnému prostředí a podporovat spravedlivé vztahy a dobrou kvalitu života všech zúčastněných.“ (IFOAM 2005)

Legislativně v České republice je ekologické zemědělství vázáno především právní úpravou, kterou je zákon o Ekologickém zemědělství č.242/2000 Sb. – kde se praví *Ekologické zemědělství (EZ) je takový druh zemědělství, který dbá na ochranu životního prostředí. Principem EZ je omezení nebo zákaz používání látek a postupů, které znečišťují a zatěžují životní prostředí. Ekologické zemědělství dále dbá na správné zacházení s hospodářskými zvířaty a jejich welfare.* (PS 2000)

Dobře stanovená definice IFOAM je shrnutím filozofie ekologického zemědělství, zároveň zákon stanovuje jasné podmínky, po jejichž splnění se jedná o ekologické zemědělství. Výzkum čistírenských kalů jako dostupného dlouhodobého organického hnojiva může být pomocníkem k trvalé udržitelnosti ekologického zemědělství, proto toto zkoumání a monitorování pro EZ hodí.

3.2 Význam organické hmoty pro ekologické zemědělství

Organická hmota je důležitou složkou půdní úrodnosti půdy, řadí se k organickým a biologickým faktorům. Mimo organickou hmotu ovlivňuje půdní úrodnost soubor fyzikálních, agrochemických podmínek a vodní režim. Pro organickou hmotu platí, že se jedná o složku zemědělské půdy, kterou člověk svojí činností nejvýrazněji ovlivňuje. Organická hmota je důležitým zdrojem živin pro polní plodiny i zdrojem živin pro udržení vysoké úrovně biologické aktivity půdy. Půdní edafon se podílí na klíčových biologických procesech, jako je dynamika uhlíku a cyklování živin. Konkrétně, žížaly a mikroorganismy hrají řadu užitečných rolí, včetně mineralizace organické hmoty, tvorby a stabilizace půdních agregátů a stimulace uvolňování živin). Faktory prostředí (klíma), jakož i antropogenní aktivity, zejména zemědělské, ovlivňují populace půdních organismů a jejich funkce na různých úrovních. Ve většině půd je více než 90 % celkového dusíku a síry spolu s více než 50 % celkového fosforu spojeno s mikrobiální biomasou a organickou hmotou. Proto cyklování a biologická dostupnost těchto živin jsou primárně řízeny transformací organické hmoty půdními mikroorganismy. Pro ekologické zemědělství se důležitost organické hmoty znásobuje. Ekologické zemědělství má zásadu, že výživa rostlin je zajištěna pouze pomocí organických hnojiv a minerálních hnojiv přírodního původu. Živiny tak nelze dodávat ve formě rychle působících koncentrovaných minerálních hnojiv vyrobených člověkem. Z tohoto důvodu

má velký význam množství a kvalita organické složky v zemědělské půdě a její součástí je půdní humus (IFOAM 2005),(Urban 2013).

Organická hmota v zemědělských půdách tvoří oproti minerální části 2-3 (5) % tuhé složky půdy. Organická hmota v půdě se dělí na živou složku a neživou složkou půdy. (Pavel 1984).

Živá složka: (mikro, mezo a makro edafon) tvoří cca 4 % organické složky půdy- jedná se o přírodní dynamický systém se schopností zabezpečit růst a vývoj rostlin. Živé půdní organismy zahrnují nejrůznější formy a stupně od virů, archeí, bakterií, (mikroedafon) mikroskopických hub, sinic a řas, prvoky (mezoedafon) a nižší živočichy až po drobné obratlovce (makroedafon). Živé organismy půdy (edafon) pocházejí jak z říše rostlinné (fytoedafon), tak i živočišné (zooedafon). Biomasa edafonu na hektar se může pohybovat kolem 10 i více tun. Půdní mikroorganismy v interakcích s půdními živočichy zabezpečují nepřetržitý tok látek a energie půdou zejména rozkladné a syntetické procesy, procesy přeměn jednotlivých prvků a živin, interakce mezi půdou a jejím okolím a neživou složku půdy (Šimek 2019) (Bioinstitut 2015).

Neživá složka půdy: je tvořena především humusem 50-80 %, odumřelou organickou hmotou do 10 % a humusotvorným materiálem. Odumřelou organickou hmotu tvoří hlavně neživé části rostlin a půdní mikroflóry, nacházející se v půdě nebo se do půdy dostávají zapravením zbytků rostlin nebo aplikací organických hnojiv. Odumřelá organická hmota v půdě podléhá mineralizaci, která je hlavním rozkladným procesem. Pouze malá část primární organické hmoty podléhá humifikaci. To je dáno aktivitou půdních mikroorganismů čím vyšší tím větší podíl mineralizace. Tato vlastnost vychází z potřeby živých organismů energií pro svůj život přijímat. Mineralizace primární organické hmoty je proces rozkladný a endotermický. Se stoupající nadmořskou výškou se snižuje mineralizace půdní organické hmoty i humifikace a organická hmota se v půdě hromadí. Ve vlhkých, studených a kyselých půdách může odumřelá organická hmota mineralizovat jen nepatrně a humifikovat nemusí vůbec. V těchto podmínkách se pak kořinky, opad listů i ostatní posklizňové zbytky v půdě hromadí (Černý 2019).

Humusotvorný materiál je mezistupněm mezi odumřelou organickou hmotou a humusem. Proces tvorby humusu humifikace je proces oproti mineralizaci proces dlouhodobý, při němž se postupnými transformacemi humusotvorného materiálu (biodegradace, biosyntéza, rozklad, resyntéza, kondenzace, polymerace) vytváří v půdě specifické, dusík obsahující látky, tmavě zbarvené, převážně koloidního charakteru, s více či méně vyjádřeným aromatickým jádrem, s vysokou molekulovou hmotností, s charakterem polyelektrolytu, což je vysokomolekulární látka, která obsahuje postranní skupiny schopné elektrolytické disociace. Převažují kyselé funkční skupiny původně jednodušších organických látek. (Valla 1984).

Organická hnojiva vedle toho, že zabezpečují přísun organických látek, plní další funkce, jsou zdrojem energie a uhlíku pro půdní mikroorganismy, a tím pozitivně ovlivňují biologickou činnost půdy. Zlepšují v půdě hospodaření s vodou (zvyšují však dešťové vody, vododržnost půdy, umožňují gravitační a kapilární pohyb vody aj.) omezují působení vodní a větrné eroze v půdě, příznivě ovlivňují obsah přístupného fosforu v půdě, mohou působit na vyvázání (imobilizaci) cizorodých prvků. Chrání humus před rozkladem (degradací) dodáním primární organické hmoty, příznivě působí na řadu fyzikálně-chemických vlastností půdy. Organická

hnojiva jsou hnojivy univerzálními, obsahují všechny živiny potřebné pro rostliny a to uhlík (C) vodík (H) kyslík (O) dusík (N), fosfor (P), draslík (K), vápník (Ca), hořčík (Mg), síra (S), obsahy jednotlivých prvků v živé hmotě. Obsahy jednotlivých prvků v jednotlivých organických hnojivech vycházejí ze složení živé hmoty. Různými postupy redukuje kyslík a vodík, kteří se v živé hmotě nacházejí zejména ve formě vody (70-99 %). Organická hnojiva zbavujeme vody snažíme se o hmotnostního zvýšení podílů dusíku, fosforu a draslíku. Komplikovanou záležitostí u organických hnojiv je poměr uhlíku ku dusíku. Poměr mezi C:N v organické hmotě ovlivňuje pohyblivost dusíku. Při širším poměru C:N než 25:1 trpí rostliny nedostatkem dusíku proto, že většina je spotřebována mikroorganismy (imobilizace dusíku resp. biologická fixace dusíku mikroorganismy). Při užším poměru C:N než 20:1 dochází k mineralizaci organické hmoty a uvolnění dusíku ve formě čpavku. (Moudrý 2021)

3.3 Zdroje organické hmoty a makro živin v konvenčním a EZ

Zemědělci mohou používat pouze ta organická hnojiva, které jim umožňuje zákon, který praví že „*organickým hnojivem je hnojivo, v němž jsou deklarované živiny obsaženy v organické formě* „(156/1998 Sb.) Hlavní složkou organických hnojiv tvoří látky pocházející z rostlin nebo živočichů a jsou ve formě organických sloučenin zejména sacharidů, celulózy, hemicelulózy, ligninu, lipidů, aminokyselin, proteinů, fytohormonů. Organická hnojiva v zemědělství dělíme podle druhu na statková hnojiva (chlévkový hnůj, kejda, močůvka hnojůvka) ostatní (komposty ze zemědělských zdrojů, sláma zelené hnojení, digestát, fugát, a průmyslová (průmyslové komposty, upravené čistírenské kaly) (Richter & Kubát 2003)

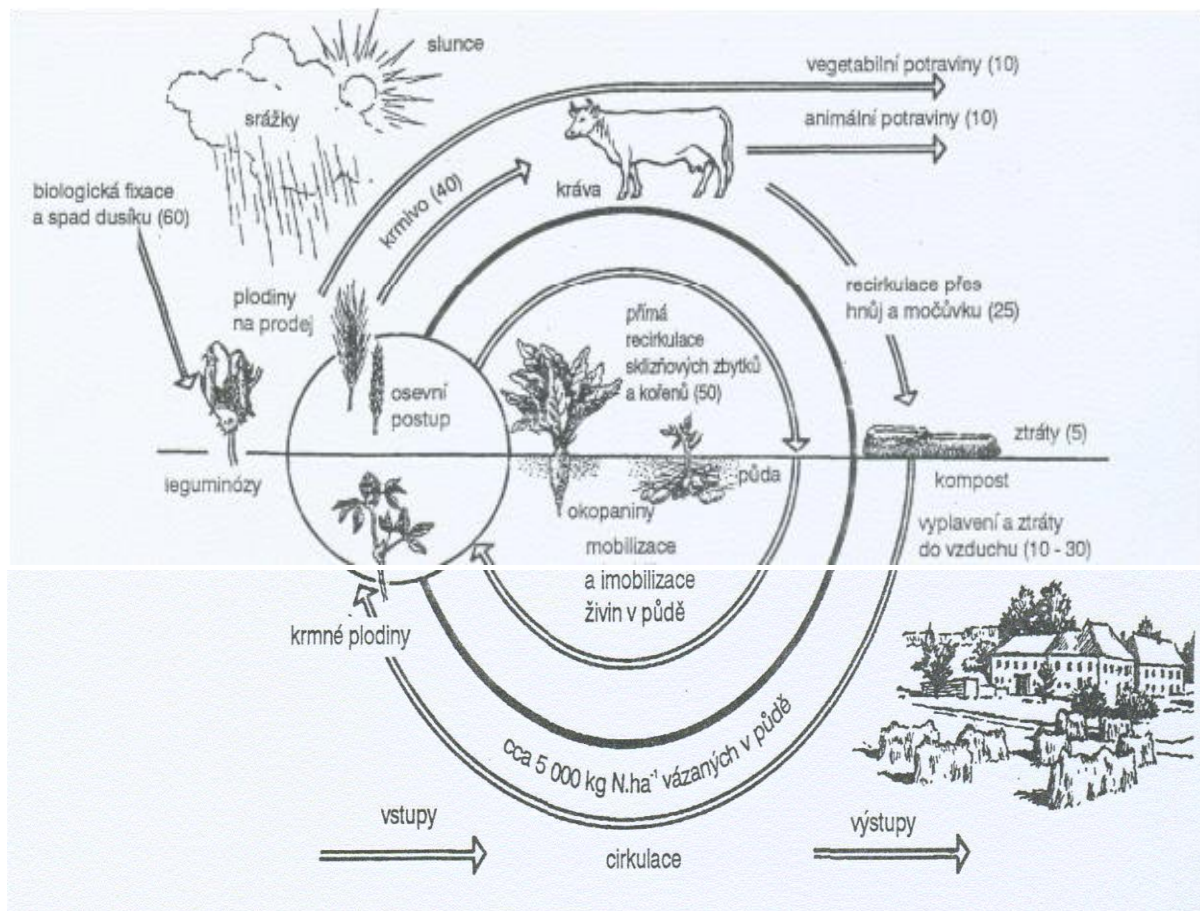
Ekologické zemědělství má zásady k využití hnojiv stanovené Nařízením rady Evropy č. 834/2007 kde v článku 4 obecné zásady, je vymezení použití hnojiv pro ekologického zemědělství. Ekologické zemědělství dále uplatňuje svůj deklarovaný přístup (filozofii) k půdě kdy odmítá zcela minerální hnojivo vyrobené člověkem a odmítá organická hnojiva která mohou obsahovat znečišťující látky s důrazem na předběžnou opatrnost. (IFOAM 2021) (Dvorský 2014)

V ekologickém zemědělství je snaha, aby hlavním vstupem organického hnojení byla využívána vlastní statková hnojiva. Za ideální stav se považuje, když alespoň 50 % a více rostlinné produkce farmy slouží jako krmění pro vlastní chov a tím je vytvořen dostatek statkových hnojiv k udržení půdní úrodnosti a dostatek živin v půdě. Toto doporučení vychází s dlouhodobých statistických ukazatelů poměru živočišné a rostlinné produkce v ČR (ČSU 2021). (Sedláková 2015)

Nejsnadnějším postupem, kdy lze dosáhnout soběstačnosti v krmivech (objemových i jadrných) pro živočišnou výrobu a zároveň dlouhodobě udržet produkci na obhospodařované půdě s dostatkem organických hnojiv u ekologického hospodaření v ČR jsou farmy, zaměřené na živočišnou výrobu, hospodářící na TTP (trvalém travním porostu) a to jak v produkci masa, tak v produkci mléka. V ČR se jedná o 82% veškeré výměry orné půdy v ekologickém zemědělství – stav v roce 2019. Tyto farmy jsou v oblastech, kde je dlouhodobě udržitelný pastevní způsob chovu hospodářských zvířat geograficky podhorské a horské oblasti, zemědělské oblasti bramborařská a píceňářská. (ČSU, 2019). Podle Obr.1 ekologická farma zaměřená na živočišnou produkci a expedicí bioproduktů animálního původu ztrácí čisté živiny z jednoho hektaru půdy v průměrné výši cca 5-10 % ročně ze základní zásoby. Tyto ztráty

lze kompenzovat využitím pozemků mezi pastviny a louky a i proto se jedná o preferovanou formu ekologického hospodaření. (Moudrý 1997)

U ekologických farem se zemědělskou produkcí zaměřenou na rostlinné bioprodukty zejména obiloviny určené k potravinářskému účelům, které nemají dostatečnou živočišnou výrobu a hospodaří v kukuřičné cukrovarské a obilnářské zemědělské oblasti na základě probíhajícího výzkumného úkolu je konstatováno, že deficit živin je roven přímo odebraným produktům a dostatek organických hnojiv je jedním z limitujících faktorů ekologické zemědělské produkce (Šlapanská 2021). V zemědělských farmách podle Bieleka a Jurčové (1999) se deficit pohybuje v rozmezí 2,25-5,05 t C/ha. Náhrada tohoto deficitu v hnojivech je jedním z důvodů, proč je ekologických farem zaměřených na potravinářskou zemědělskou produkci pouze 8,2 % z celkového počtu (ČSU 2019) (UZEI 2017)



Obrázek 1: Koloběh živin na ekologické farmě, která je soběstačná v krmivech (čísla v závorkách udávají kg čistých živin na 1 hektar ročně)

Zdroj: Moudrý 1997

3.4 Makro živiny

Dusík (N)

Prvotním zdrojem dusíku v EZ je biologická fixace vzdušného molekulárního dusíku, která probíhá souběžně se spotřebou, tj. s růstem biomasy rostlin. Rostliny čeledi (Fabaceae)

žijící v symbióze s půdními bakteriemi zejména s rody *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Sinorhizobium*, Teprve druhotným zdrojem dusíku jsou statková hnojiva, komposty, digestáty. Zdrojem dusíku nemůže být lehce rozpustné, dusíkaté hnojivo, tzn. ledky, včetně ledku chilského, i když je přírodního původu, síranu amonného a močoviny, která je sice organickou sloučeninou, avšak pro účely hnojení se ve velkém měřítku vyrábí synteticky. Důvodem je, aby se nevytvořila umělá nerovnováha v půdním roztoku a rostliny nebyly jednostranně vyživovány (přehnojovány). Při potřebě rychlého dodání dusíku lze použít močůvku, hnojůvku. Funkcí zeleného hnojení – meziplodin je především udržení stálého vegetačního pokryvu půdy, poutá ve své biomase půdní dusík a další živiny, čímž zabraňuje jejich vyplavení a ohrožení podzemních vod. (Urban 2003)

Fosfor (P)

Fosfor patří mezi makroprvky a je druhým nejdůležitějším prvkem ve výživě rostlin. Ve vzduchu se nachází jen v nepatrném množství, a proto je jeho hlavním zdrojem matečná hornina. Nejvíce se ho nachází v primárním minerálu – apatitu. Ke ztrátám fosforu v půdě dochází převážně povrchovým smyvem a odběrem rostlinných produktů při sklizni. Přirozený obsah je dán půdotvorným substrátem, přičemž orientačně lze konstatovat, že půdy například na spraších mají vyšší obsahy fosforu než půdy na písčitéch substrátech. V ekologickém zemědělství jsou výborným zdrojem fosforu statková a organická hnojiva. Z minerálních hnojiv je povolena např. Thomasova moučka či přírodní měkký fosforit použitelné pouze na kyselých půdách, což však jsou hnojiva s fosforem velmi málo rozpustným. Lze s nimi tedy hnojit do zásoby a vhodnou agrotechnikou (kypření, vápnění atd.) napomáhat uvolňování fosforu. Mohou se také přidat do povolených kompostů či statkových hnojiv, kde se dá i pomocí speciálních mikrobiálních preparátů poměrně významně zlepšit podíl dostupnějšího fosforu. Lze využít i kostní a z masokostní moučky. Tato organická hnojiva mají především vysoký obsah fosforu (a masokostní i zajímavý obsah dusíku), navíc v přístupných formách.

Draslík(K)

Primárním zdrojem draslíku pro rostlinu je přirozený obsah v půdě. Kvalitním zdrojem draslíku jsou všechna organická hnojiva. V ekologickém zemědělství do půdy se dostává dostatek draslíku ve statkových hnojivech, zbytcích rostlin (zvláště draslomilných – jeteloviny, brambory, cukrovka a ve slámě obilnin, popř. kukuřice). Při akutním nedostatku lze doporučit z organických hnojiv močůvku nebo hnojůvku. Z minerálních hnojiv, je povoleno používat pomaleji rozpustný síran draselný, surovou draselnou sůl, síran draselný s hořčíkem a také síran draselný s kieseritem. Při hnojení draslíkem je vedle výsledků agrochemického zkoušení zemědělských půd nutné brát do úvahy poměr draslíku a hořčíku v půdě a podle toho korigovat dávky živin. Draselná hnojiva se podobně jako fosforečná zapravují do půdy přednostně s organickými hnojivy.

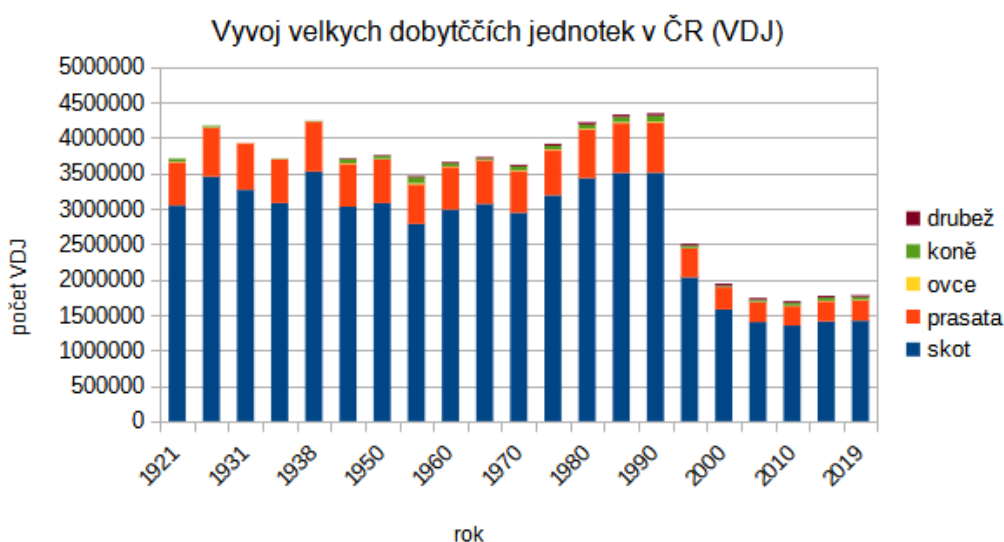
Hořčík (Mg)

Pro hořčík platí stejně jako pro fosfor a draslík že primárním zdrojem je půda. Základním hnojivem jsou všechna organická hnojiva. Minerálními zdroji jsou přírodní soli kieserit a kainit a dále dolomitické vápence a dolomity.

Statková hnojiva

Ideálním hnojivem pro zemědělství jsou statková hnojiva. Na ekologické farmě lze použít statková hnojiva (všechny druhy hnoje, kejdu, močůvku, hnojůvku pocházející z ekologického zemědělství ale i ze zemědělství konvenčního. V případě statkových hnojiv pro ekologickou farmu platí, že musí prokázat původ statkového hnojiva a v případě že statkové hnojivo pochází z konvenčního statku doložit, že použité statkové hnojivo nemá původ z velkochovu. (Urban 2003). Statkové hnojivo doložené původem nemusí být uvedeno v registru hnojiv.

Pro zhodnocení dostupnosti statkových hnojiv jsou rozhodující stavy hospodářských zvířat přepočítané na jednu dobytčí jednotku. Potřeba hnojení organickými hnojivy je vysoce individuální. Všeobecně se dá říct, že v rámci České republiky by množství hnoje na jeden hektar orné půdy mělo odpovídat produkci jedné dobytčí jednotky. V současnosti se stav hospodářských zvířat ustálil cca na polovičním stavu oproti roku 1980 a činí průměrně 0,42 dobytčí jednotky na hektar zemědělského půdního fondu Obr.2. Ministerstvo zemědělství se sice snaží navýšit živočišnou produkci, a to prostřednictvím dotačních podpor. Výstavba zemědělských kapacit pro živočišnou výrobu však naráží na odpor obyvatel, takže se nedá očekávat zvýšení dostupnosti statkových hnojiv. (Jančák&Gotz 1997)



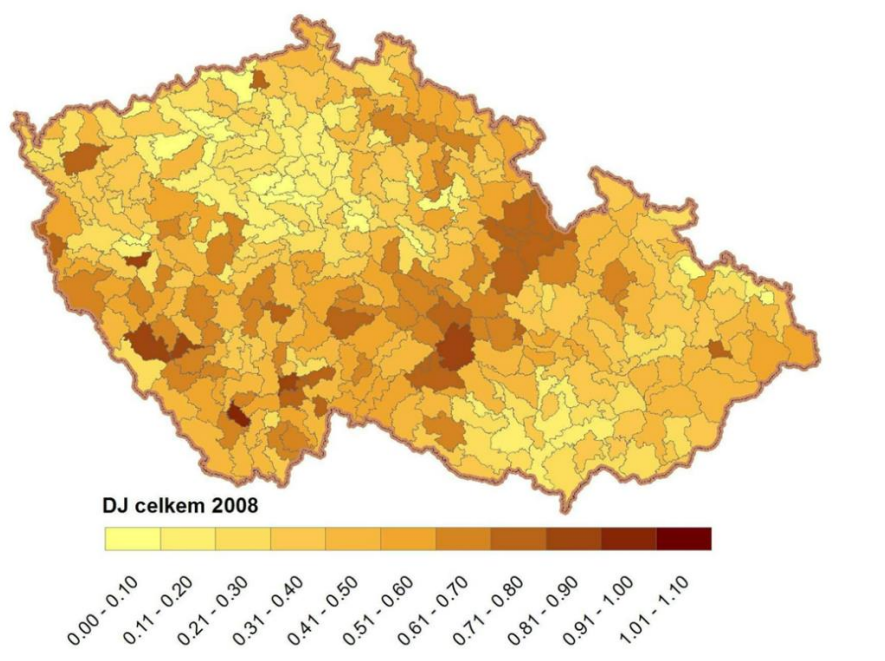
Obrázek 2: Vývoj velkých dobytčích jednotek v ČR (VDJ)

Zdroj ČSU Statistická šetření v zemědělství

DJ – dobytčí jednotka (500 kg živé váhy) 1ks skot =1 DJ, 1ks Kůň =1 DJ, 1ks ovce =0,2 DJ, 1ks prase 0.2 DJ; 1ks drůbež= 0,003DJ

V rozložení hospodářských zvířat dle oblastí je patrná malá dostupnost statkových hnojiv ve vysoce produkčních zemědělských oblastech, kde jsou ovšem nejvíc potřeba (Obr.3).

Většina zemědělských podniků v režimu ekologické zemědělství hospodaří v horských a podhorských oblastech na TTP. Tyto podniky jsou zaměřeny převážně na píceinářství a živočišnou výrobu a tomu odpovídají i stavy hospodářských zvířat kdy 90 % DJ v EZ tj. 238 tis DJ se chová v těchto podhorských a horských oblastech. To poukazuje na skutečnost, že většina výkalů hospodářských zvířat v EZ končí přímo na pastvinách případně se jimi hnojí orná půda určená pro jadrná krmiva, pšenice, žito, triticales, ječmen a oves, v rámci ekologické farmy. (ČSU 2019) Počty hospodářských zvířat Obr. 1 poukazují na nedostatek statkových hnojiv pro zemědělské podniky hospodařící v kukuřičné řepařské a obilnářské oblasti s převládající rostlinou produkcí. V ekologickém režimu v těchto oblastech činí výměra 90tis ha v roce 2019. Tyto podniky ovšem mají k dispozici 10% DJ.(ČSU,2019) Nelze předpokládat ani transfer v těchto vysoce produkčních oblastech statkových hnojiv z jiných farem, které rovněž pocítují nedostatek organických hnojiv. Na základě statistického šetření lze odhadnout, že v rámci ekologického zemědělství chybí v těchto zemědělských oblastech pro udržitelnost produkce ekologického zemědělství 76tis. DJ při stávající výměře zemědělského půdního fondu v ekologickém režimu s jejich produkcí statkových hnojiv.



Obrázek 3: Počty hospodářských zvířat v oblastech ČR (DJ/ha zemědělské půdy.)

Zdroj: MZe Integrovaný registr zvířat

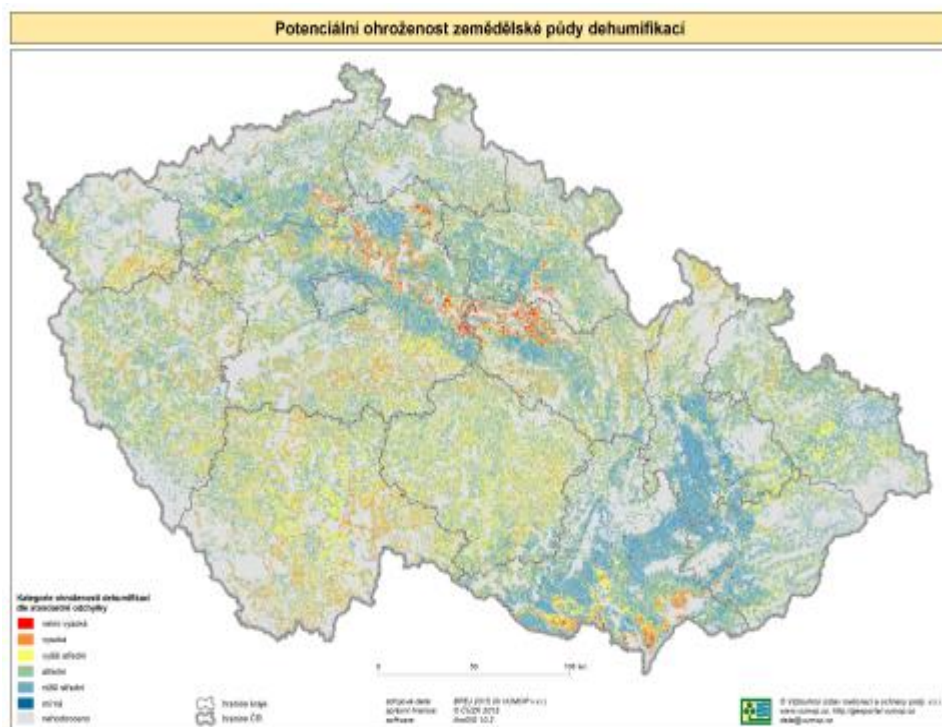
Naproti tomu Obr.4 ukazuje že produkce čistírenských kalů je v převážné míře soustředěná tam kde je největší ohrožení dehumifikací půd obr.4 na zemědělském půdním fondu. Produkce čistírenských kalů je největší v místech z nejvyšší populací.



Vysvětlivky: Produkce kalu v tunách, vhodnost půd nejvíce vhodná – tmavá nevhodná bílá nehodnoceno.

Obrázek 4: Čistírenské Kaly

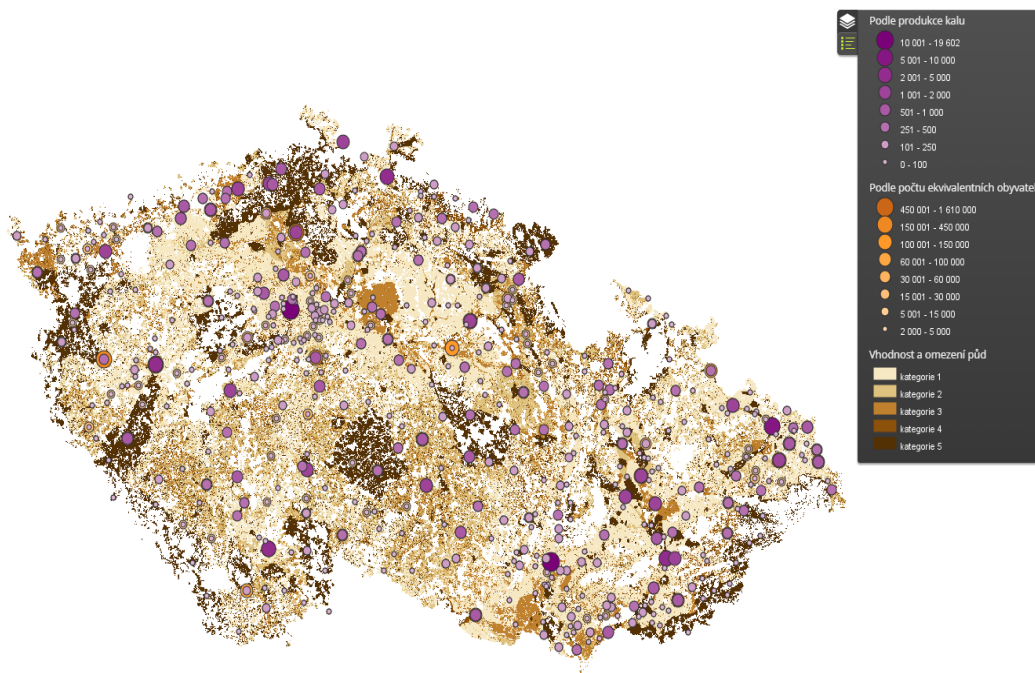
Zdroj: VÚMOP 2021



Vysvětlivky: červená barva – půda nejvíce ohrožena dehumifikací

Obrázek 5: Potenciální ohroženost zemědělské půdy dehumifikací

VÚMOP 2021



Komposty

Projektovaná kapacita kompostáren podle šetření v roce 2015 Výzkumného ústavu zemědělské techniky v.v.i. pro výrobu kompostu v ČR je kolem 1×10^6 tun ročně. V současnosti se vyrábí 5×10^5 tun akreditovaného kompostu uváděného do oběhu prodejem a 200 tis. tun kompostu pro vlastní potřebu. Základním materiálem je komunální bioodpad a čistírenské kaly. Každoročně se kompostuje 100-200 tis. tun průmyslového bioodpadu (papírenské odpady, odpady ze zpracování dřeva, konzervářský odpad apod.). Dále je kompostováno každoročně 300-550 tis. tun zemědělského bioodpadu (zvířecí fekálie, rostlinný odpad). (Plíva 2006) (Váňa 1997) (ČSU 2019) V registru hnojiv je uvedeno 13 hnojiv typu kompost použitelných v ekologickém zemědělství pocházejí z městských kompostáren a od menších producentů. Podle příbalových letáků jsou tyto komposty vyrobeny dvěma způsoby, a to zpracováním biologicky rozložitelných odpadů technologií aerobního kompostování, bez specifikace původů organické hmoty nebo aerobním procesem přeměny rostlinných materiálů kompostu na humus vlivem mikrobiální aktivity bakterií a enzymů, které se nacházejí v zaživacím ústrojí žížal (vermikompostování). (MZE 2021)

Digestát

Zbytek po fermentačním procesu, vznikající anaerobní fermentací při výrobě bioplynu v bioplynových stanicích /BPS/ se nazývá digestát. Fugát je oddělená kapalná část z digestátu. V ČR pro rok 2018 je odhadována produkce Výzkumným ústavem rostlinné výroby v.v.i. digestátu ve výši $7,4 \times 10^6$ tun. Ekologičtí farmáři přímo mohou použít digestát a fugát z certifikované ekologické BPS na základě evidence a doložení, že použitý materiál pochází z ekologické farmy nebo z konvenčního hospodářství ne však z velkochovu. V ČR žádná bioplynová stanice v režimu ekologického zemědělství není evidována. V registru hnojiv je pro použití v EZ registrováno 44 hnojiv typu digestát z komerčních a zemědělských BPS, které vyrábějí bioplyn ze zemědělské produkce a komunální rostlinné produkce. (MZE 2021)

Ostatní zdroje

V registru hnojiv je 87 registrovaných organických hnojiv použitelných v EZ. Z toho je převážná většina 99 % určena hlavně pro drobné spotřebitele. Dovozy organických hnojiv typu guáno jsou v současnosti příliš nákladné na to, aby se dalo s nimi počítat ve větší míře, a v evidenci registru hnojiv se nenachází. (MZe 2021)

3.5 Čistírenské kalý – definice

Definice kalů platné ve všech členských zemích EU vychází ze směrnice Rady EU 86/278/EHS ze dne 12. června 1986 o ochraně životního prostředí a zejména půdy při používání kalů z čistíren odpadních vod v zemědělství. V této směrnici se pod pojmem kal v článku 2 rozumí:

- i. *zbytkový kal z čistíren městských odpadních vod nebo odpadních vod z domácností, popřípadě z jiných čistíren zpracovávajících jiné odpadní vody složením podobné městským odpadním vodám nebo odpadním vodám z domácností;*
- ii. *zbytkový kal ze septiků a jiných podobných zařízení určených k nakládání s odpadními vodami;*
- iii. *zbytkový kal z čistíren jiných, než je uvedeno v bodech i) a ii);*
- iv. *b) "upraveným kalem" rozumí kal, který byl podroben biologické, chemické nebo tepelné úpravě, byl dlouhodobě skladován nebo jinak zpracován tak, že došlo k významnému snížení jeho schopnosti zkvasitelnosti a následně snížena možnost ohrožení zdraví jeho využíváním (EUR-lex;2021).*

Pro účely této práce budu vycházet ze zákonné definice čistírenského kalu tak je uvedeno v § 32 zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech:

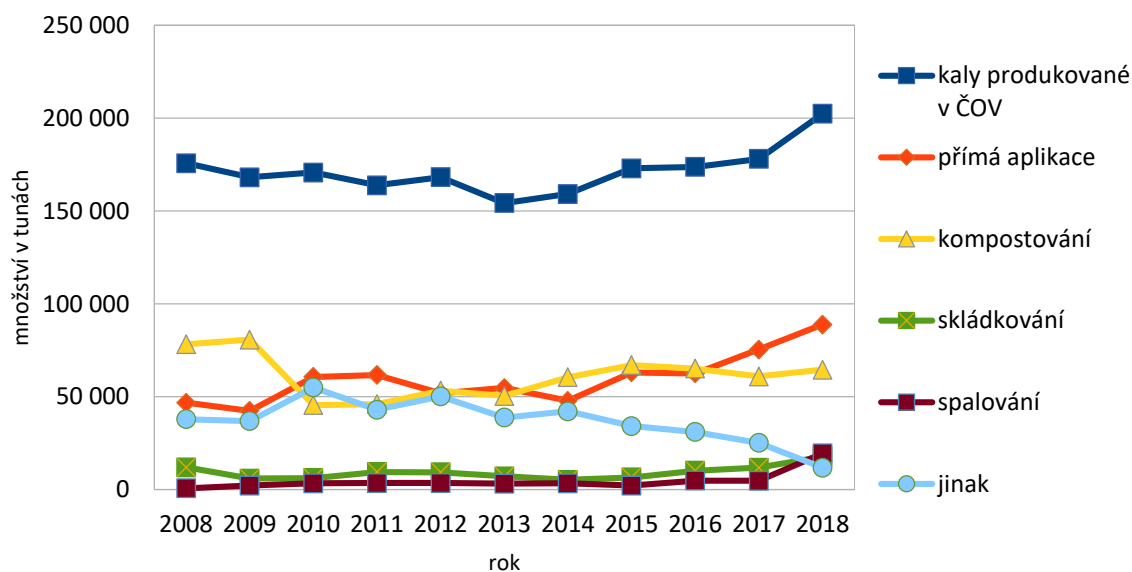
- 1) *kal z čistíren odpadních vod zpracovávajících městské odpadní vody nebo odpadní vody z domácností a z jiných čistíren odpadních vod, které zpracovávají odpadní vody stejného složení jako městské odpadní vody a odpadní vody z domácností, a to i v případě, že čistírny odpadních vod zpracovávají také biologicky rozložitelné odpady na základě rozhodnutí krajského úřadu, kterým je udělen souhlas k provozování zařízení pro nakládání s odpady a s jeho provozním řádem, nebo biologicky rozložitelné odpady spadající do působnosti nařízení o vedlejších produktech živočišného původu;*
- 2) *kal ze septiků sloužících k čištění odpadních vod z domácností před jejich vypouštěním do vod povrchových nebo podzemních;*
- 3) *kal z čistíren odpadních vod zpracovávajících odpadní vody a materiály, které svými vlastnostmi odpovídají odpadním vodám a materiálům podle bodu 1, zejména odpadní vody a materiály, které mají původ v potravinářském průmyslu a zemědělství (PS 2021).*

3.6 Postavení čistírenských kalů v zemědělství

V Plánu odpadového hospodářství ČR 2015–2024 z nařízení Vlády České republiky č.352/2014 Sb. jsou vymezeny základní strategické přístupy k nakládání s kalý z čistíren

odpadních vod. (MZe 2014) V posledních letech proběhly legislativní úpravy, které by měly zabezpečit, aby se aplikace kalů z ČOV na zemědělskou půdu prováděla způsobem, který neohrozí kvalitu půdy, a naopak přispěje k doplnění organické hmoty do půdy. Legislativními změnami nedošlo k zákazu využití kalů na zemědělské půdě, vyhláška č. 437/2016 Sb., o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě pouze specifikuje povinnosti pro provozovatele čistírny odpadních vod a zařízení na úpravu kalů, stanovuje nové podmínky pro skladování kalů a zavádí požadavky pro uložení upravených kalů u zemědělce a jejich použití na zemědělské půdě.

Využití čistírenských kalů v zemědělství je dlouhodobé a přirozené. Se změnou životního stylu obyvatelstva vstupují do odpadních vod látky, které se stoupajícími znalostmi dnes hodnotíme jako rizikové. To vede k přísnější regulaci a kontrole při přímé aplikaci čistírenských kalů na ornou půdu či zprostředkované využití čistírenských kalů přes kompost, digestát na ornou půdu. (Zagorová 2017). Produkce čistírenských kalů má stoupající tendenci oproti jiným organickým zdrojům. Přibližně polovina je použita přímo na ornou půdu kolem 60×10^6 kg je zpracováno kompostováním. Ukládání čistírenských kalů je zákonem zakázáno Vysloveně negativní průběh z hlediska zemědělského využití je nárůst spalování čistírenských kalů. (Tab. 2.)



Obrázek 6: Využití kalů

Zdroj: ČSU Životní prostředí

Ekologičtí zemědělci jednotlivě i prostřednictvím svých zájmových skupin vědí o kladech čistírenských kalů zejména obsahu živin stejně jako i obsahu organických látek. Oprávněně se však obávají znečišťujících látek produkovaných lidskou populací a následně spláchnutou do odpadních vod (EWG 2018).

Využití čistírenských kalů v EZ lze doporučit po splnění podmínek:

- Uzavřený cyklus, kdy jsou lidská moč a výkaly pouze ve skutečně uzavřeném zemědělském systému, kde je nulová pravděpodobnost kontaminace tohoto přírodního hnojiva. To přichází v úvahu v rámci přísně kontrolovaných komunit;
- Separace živin a organické hmoty technologickým nebo biologickým procesem. Nejdál je otázka separace živin z čistírenských kalů u fosforu, kdy může být konečným produktem minerální hnojivo např. struvit vytěžující kromě fosforu i dusík a je doporučeno Výborem pro životní prostředí Evropského parlamentu v roce 2017 i pro využití v zemědělství. Tomuto návrhu bylo částečně vyhověno Nařízením Evropského parlamentu a Rady č.2019/1009 ze dne 5. června 2019, kterým se stanoví pravidla pro dodávání hnojivých výrobků EU se po splnění podmínek umožní využití struvit v rámci hnojiv a otevře cestu k možnému využití i v ekologickém zemědělství (EUR.lex 2021);
- Eliminace, kdy jsou vyloučeny čistírenské kaly, které nesplňují platné nebo požadované limity nebo technologiemi odbourání případně zničení znečišťujících zejména biologických látek.

3.7 Důvod využití čistírenských kalů v zemědělství

Důvodem pro využití upravených čistírenských odvodněných a hygienizovaných čistírenských kalů (Němec 2010) je obsah všech makroživin a mikroživin potřebných pro výživu rostlin (Tesař 2009) to se týká i ekologického zemědělství (Barker 2010)

Porovnáním obsahu živin v rámci organických hnojiv a to statkových Tab. 3. s čistírenským kalem Tab.4. se ukazuje že čistírenský kal je v obsahu N a P srovnatelný s drůbežím trusem u P a N má větší obsah, a to až čtyřnásobně oproti hnoji skotu, ovcí a koz a koní. Pouze v K vykazují čistírenské kaly průměrných hodnot. Proto je snaha o maximální využití čistírenských kalů na orné půdě, a to jak z hlediska konvenčního zemědělství kde je nedostatek organické hmoty tak pro vysoký obsah živin kde střeďá ekologické zemědělství a to zejména N a P. (Kosour 2019)

Tabulka 1: Průměrný přívod živin ve statkových a organických hnojivech

Hnojiva	Průměrný obsah sušiny	Průměrný přívod živin		
		N	P2O5	K2O
	%	kg/t č.h.		
Statková hnojiva				
Hnůj skotu	22	6,5	4	7,6
Močůvka skotu a hnojůvka		1,3	1,5	0,2
Hnůj prasat	24	5,5	8,8	7
Močůvka prasat a hnojůvka		1,2	2,2	0,5
Hnůj koňský	30	5,2	3,5	8,7
Hnůj ovcí a koz	32	8,9	5,4	17,7
Kejda skotu	5,9	3,7	1,5	3
Kejda prasat	4,7	3,1	2,5	2
Drůbeží trus	28	18,5	12,8	8,9
Hnůj králíků	29	7,9	6,2	10,4
Silážní šťávy ředěné	2,1	1,3	0,7	2,5
Organická hnojiva				
Kompost ze statkových hnojiv	40	5,5	4,5	6,1
Digestát ze zemědělské bioplynové stanice	5,8	5,3	1,6	3,5
Tekutá část po separaci digestátu (fugát)	3,9	5,1	1,4	3,4
Tuhá část po separaci digestátu (separát) nebo tuhý digestát	23	6,8	3	4,5

Zdroj: Vyhláška 377/2013 Sb.(PS.2021)

Tabulka 2: Obsahy živin v čistírenských kalech přepočtené na sušinu kalu

Živina	1)	2)	3)	4)	5)	6)	průměr
N (%)	3,3	2,8	4,8	2,8	2,2	3,7	3,3
P (%)	2,5	1,6	2,2	0,8	1,7	2,2	1,8
K (%)	0,4	0,3	0,2	0,4	0,47	0,6	0,4
Ca (%)	4,9	3,5	3,1	5,7		3	4,0
Mg (%)		0,5	0,4	2,3		0,8	1,0
Fe (%)	1,3			1,5			1,4
Mn (mg/kg)		321		270	226		272,3
Zn (mg/kg)	1202	1819	705	1807	731	800	1177,3
Cu (mg/kg)	741	652	511	270	205	263	440,3
Ni (mg/kg)	42,7	90	22	64	<25	39,2	51,6
Mo (mg/kg)	9,2	12,7	8,2				10,0

Zdroj: Biom

1) Sommers (1977), 2) Wang (1997) 3) Stehouver (1999) 4) Bozkurt et Yarilgac (2003), 5) Antolín et al. (2005), 6) Černý et al. (2009)

Na zemědělskou půdu lze použít upravený čistírenský kal to je čistírenský kal, který byl podroben biologické, chemické nebo tepelné úpravě nebo jakémukoliv jinému vhodnému procesu tak, že se významně sníží obsah patogenních organismů v kalu, a tím zdravotní riziko spojené s jeho oá je určen k dalšímu využití. Upravený čistírenský kal podle použité technologie vykazuje odlišné množství sušiny v rozmezí 3 sedimentace až 95 % vysušení. Nejběžněji používaná technologie zvýšení obsahu sušiny v čistírenském kalu v ČR je v současnosti odvodňování, které zejména za pomoci kalolisů zvýší obsah sušiny až na 45%. (Raclavská 2007)

3.8 Rizika spojena s využitím čistírenských kalů

Orná půda jako hlavní složka ekosystémů, koloběhu organických a anorganických látek i vody, je prvotním záchytem všech látek použitých v zemědělství. Bohužel lidstvo si teprve v posledních letech začíná uvědomovat souvislosti mezi člověkem využívanými látkami a životním prostředím (Ondrová ;2013). Výhodou ekologického zemědělství je, že nevnaší další znečišťující látky ve formě příměsí u minerálních hnojiv nebo složek chemické ochrany rostlin, a protože zvyšuje podíl organické hmoty zlepšuje i schopnost regenerace půdy a remediační potenciál. Pro budoucí využití čistírenských kalů v rámci EZ je rozhodující doložení, že organické hnojivo využívající čistírenských kalů, nepocházející z kontrolovaného uzavřeného zemědělského cyklu, nepřekračuje limity znečišťujících látek. V současnosti však s využitím čistírenských kalů v rámci EZ není počítáno a pro případné využití organických hnojiv v ekologickém zemědělství se přejímají zákonné hodnoty platné pro konvenční a integrované zemědělství, případně platné celoevropské limity vyhlášené nařízením Rady Evropy (MZE 2012). Dá se předpokládat zejména s doporučení PRO-BIO, že lze uvažovat, že limity pro případné využití organických hnojiv včetně čistírenských kalů budou poloviční oproti požadavku při využití v rámci zákonných limitů (Tab. 5.)

Tabulka 3: Orientační přehled limitů znečišťujících látek v organických hnojivech

Vyhláška 474/2000 Sb. Organická hnojiva, substráty, statková hnojiva									
mg/kg sušiny	Cd	Pb	Hg	As	Cr	Cu	Mo	Ni	Zn
substráty	2	100	1	20	100	100	5	50	300
substráty pro zeleninu	1	100	1	20	100	100	5	50	300
organická a statková hnojiva se sušinou nad 13 %	2	100	1	20	100	150	20	50	600
organická a statková hnojiva se sušinou nejvýše 13 %	2	100	1	20	100	250	20	50	1200
organická hnojiva a substráty, při jejichž výrobě byly použity odpady z čistíren odpadních vod									
Salmonella sp. (v 50 g vzorku)					Escherichia coli nebo enterokoky (v 1 g - 5 zkoušených vzorků)				
negativní					4 vzorky		1 vzorek		
					10000		50000		
Nařízení vlády č. 75/2015 Sb. - integrovaná produkce Mezní hodnota celkového obsahu chemické látky v půdě (mg.kg-1)									
	0,4	100	1	30	100				
Produkční směrnice svazu Gäa/PRO-BIO/-2017 přípustné využití v EZ /max. mg/kg v suš./									
komposty	0,7	45	0		70	70		25	200

Zdroj: Sbírka zákonů, PRO-BIO;2021

Rizika spojená s využitím čistírenských kalů lze rozdělit do několika kategorií (Hejlová 2019) (Kos 2017)

Těžké kovy: (Cu, Mo, Ni, Zn, Pb, Cd, Cr) a polokovový prvek As některé jsou nízkých koncentracích nezbytná pro životní pochody organismů a jsou potřebným základním prvkem Cu, Zn. Ve vysoké koncentraci jsou však prokazatelně toxické. U rostlin jsou potřebnými esenciálními prvky Zn a Cu, kde se podílejí na tvorbě proteinu a enzymů – zinek a fotosyntéze – měď. Hlavními zdroji těžkých kovů v komunálních čistírenských kalcích je lidská činnost přenos do vody pomocí prachových částic. To se týká i dopravy přes splaškovou kanalizaci a drobné řemeslnické výroby.

Nejrizikovějšími a toxicky nejnebezpečnějšími prvky je kadmium (Cd), olovo (Pb) a rtuť (Hg). I když tyto prvky jsou běžnou součástí půdy, vlivem člověka jejich množství se v půdě zvyšuje. Tyto prvky, které jsou dlouhodobě monitorovány a v současnosti jsou stanoveny limity přípustnosti ve všech součástech zemědělsko-potravinářského cyklu. Tím představují, známe riziko, a jsou snadnou detekovatelné a v případě překročení limitu je čistírenský kal z využití na zemědělské půdě vyloučen. (Tab. 5)

Perzistentní organické znečišťující látky, kam patří:

Polycyklické aromatické uhlovodíky /PAH, PAU/ v integrovaném registru znečišťování se PAHs měří jako benzo(a)pyren, benzo(b)fluoranthen, benzo(k)fluoranthen a indeno(1,2,3-cd) pyren benzo(a)pyren. PAHs jsou jedny z nejběžnějších polutantů. Původ PAHs je především ze spalování fosilních paliv. Typicky se tyto látky uvolňují při nedokonalém spalovacím procesu. Může také docházet k endogenní kontaminaci při některých technologických úpravách potravin nebo krmiv.

Polychlorované bifenyly (PCB) jsou skupinou perzistentních látek vznikajících chlorací bifenyly PCB, typickým zástupcem je např. bifenyl, Hexachlor, Lidé jsou vystaveni PCB zejména v důsledku konzumace tučných živočišných potravin (mléko, máslo, maso, ryby, vejce atd.) a pak následně se dostávají do odpadních vod. Dioxiny, pod zkráceným termínem dioxiny se skrývají dvě rozsáhlé skupiny chemických látek: polychlorované dibenzo-p-dioxiny (PCDD) a polychlorované dibenzofurany (PCDF). Dioxiny nemají žádný užitek a nebyly nikdy cíleně vyráběny. Jako nechtěný produkt vznikají při spalování fosilních paliv a odpadu, do prostředí se uvolňují rovněž při lesních požárech. (Masníková, 2009)

Obsahy PAH jsou legislativně limitovány.

Patogeny – (též etiologické agens, patogenní agens, choroboplodný zárodek nebo původce nemoci) je biologický faktor (činitel), který může zapříčinit onemocnění hostitele.) Jedna se o historicky nejdéle působící činitel působící v organických odpadech jeho detekce a odstranění jak technologií pracovním postupem a dostatečnou hygienický zejména (CaO) je zvládnutelné a zvládnuté v rámci vlastního čištění odpadních vod. (Ondrová 2019) (Staňková 2007)

Následuje celá škála vysoce problematických látek, kde je jejich detekce a působení v životním prostředí teprve předmětem zkoumání a a zároveň je největší obava z negativních projevů v rámci ekologického zemědělství, škodlivé látky pesticidy, retardéry hoření, drogy, povrchově aktivní látky, metabolity atd. Velké nejistoty trvají ohledně různosti (počtu) a negativním vlivu, rozkladu v půdě a přetrvání v prostředí. A je to aktuální otázka pro výzkumnou činnost (Zubac 2013). Diskutovaným tématem je přítomnost farmak v životním prostředí je v posledních letech, neboť farmaka jsou používána stále a ve velkém množství. Léčiva a farmaceutické přípravky se v organismu metabolizují nebo zůstávají v nezměněné podobě. Po vyloučení z organismu se dostávají do odpadních vod a v případě nedokonalého odstranění při procesu čištění jsou vypouštěny do životního prostředí, V České republice se každoročně spotřebuje kolem 50 000 léčivých přípravků a přibližně 1000 druhů účinných látek léčiv. Nejčastějšími používanými účinnými látkami jsou ibuprofen, paracetamol, diklofenak, diazepam, naproxen, sulfomethoxazol, karbamazepin či warfarin (Halešová 2015)

Škodlivé látky pesticidy, retardéry hoření, drogy, povrchově aktivní látky, metabolity atd. Velké nejistoty trvají ohledně různosti (počtu) a negativním vlivu, rozkladu

v půdě a přetrvání v prostředí. A je to aktuální otázka pro výzkumnou činnost (Zubabc 2013). Naším cílem by mělo v rámci agrochemických postupů v zemědělství nepřidávat a nenavyšovat koncentraci těchto polutantů a k tomu jsou vhodné zejména postupy používané v ekologickém zemědělství, a to zejména ve dvou rovinách EZ nepracuje s umělými pesticidy a výrazně omezuje až vstup lidských polutantů. Zároveň často na úkor produkce zvyšuje podíl organické hmoty v půdě čímž lepší schopnost odbourávat polutanty zejména na bázi organických sloučenin.

Je v tom rozpor na jedné straně existuje zemědělský systém EZ, které svým přístupem zvyšuje schopnost orné půdy odolávat stresovým faktorům v celé šíři. Na druhé straně se snaží, aby těmto stresovým faktorům nebylo v žádném případě vystaveno a aby tuto problematiku řešil a vyřešil někdo jiný.

3.9 Monitoring čistírenských kalů

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský se sídlem v Brně (Odbor agrochemie, půdy a výživy rostlin) provádí v návaznosti na programy monitoringu půd a atmosférické depozice také bilancování látek a hodnocení vstupů rizikových látek do půdy prostřednictvím aplikace kalů ČOV. Každoročně se sleduje přibližně 200 ČOV veřejných kanalizací na území celé ČR, z jednotlivých ČOV je v průběhu roku odebráno 1-4 vzorky kalů, které se analyzují na rizikové prvky. Sledován je obsah olova, kadmia, chrómu, rtuti, niklu, mědi, molybdenu a arsenu. Kontrola je zaměřena především na ty ČOV, u nichž je předpoklad, že určitá část produkce kalů je směřována v konečné fázi na zemědělskou půdu. U vytipovaných čistíren s vyšší produkcí se navíc stanovuje obsah hlavních živin, pH, obsah organické hmoty, obsah PCB, PAH a AOX (ÚKZÚZ, 2019).

Výsledky kontrol jsou zahrnuty ve výroční zprávě. Kontroly jsou prováděny od roku 2003 stejnou metodikou. Sledování rostlin odebíraných na půdách po aplikaci kalů probíhá od roku 2003. Od tohoto roku do roku 2017 bylo odebráno 376 vzorků zemědělských plodin. Vzorkuje se hlavní produkt plodiny. Nejčastěji vzorkována byla pšenice ozimá (25 %), řepka ozimá (17 %) a kukuřice na siláž (14 %). Ve vzorcích byla provedena prvková analýza (As, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, V, Zn). Obsahy As, Be, Co, Pb a V leží pod mezí stanovitelnosti. Největším množstvím byly v plodinách obsaženy prvky Zn a Cu, které dohromady zaujímají 93 %, ostatní rizikové prvky zbylých 7 %; z nich je nejvíce zastoupen Ni 3% a Cr 2%. Nejvyšší obsahy prvků byly u hlavních rostlinných produktů nalézány ve vegetativních částech rostlin, tzn. u produktů ke krmným účelům (píce, senáže, siláže). Kukuřice na siláž obsahovala 28 mg.kg⁻¹ sušiny Zn a Cu 7,01 mg.kg⁻¹ sušiny pšenice na zrno 29,2 mg.kg⁻¹ Zn a 4,56 mg.kg⁻¹ sušiny. Příkladem prvku obsaženého více v semenech a zrnu oproti zelené hmotě je Zn. Chrom byl nejvíce obsažen v zrnu ovsa; Cd a Cu v semenech máku a slunečnice. Statisticky bylo porovnáváno 6 nejčastěji vzorkovaných plodin (ječmen, kukuřice na siláž, kukuřice na zrno, pšenice, řepa cukrová, řepka) a mák. Obsahy sledovaných prvků v plodinách pěstovaných na pozemcích po aplikaci kalů byly téměř vždy nižší než v plodinách z kontaminovaných ploch bazálního monitoringu půd, přičemž průkazné rozdíly se týkaly především As, Cd a Zn

Podle platné legislativy vyhlášky MŽP č. 437/2016 Sb., o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě, byly hodnoceny obsahy čtyř prvků – As, Cd, Hg, Pb.

K překročení platných limitů pro potraviny došlo u 14 vzorků, překročení platných limitů pro krmiva bylo zjištěno u 1 vzorku. Nejvíce překračovaným prvkem bylo Pb. Porovnání nadlimitních vzorků plodin odebraných z pozemků po aplikaci kalů neukázalo zvýšený výskyt nadlimitních vzorků, naopak vyskytovaly se v nižším procentu než z půd Bazálního monitoringu půd (základního i kontaminovaného). Rovněž se nepotvrdila domněnka, že po aplikaci kalů na půdu bude v semenech máku vyšší obsah sledovaných limitovaných prvků, než je v semenech máku z půd Bazálního monitoringu půd. Pomocí modelových krmných směsí byl vypočten vnos vybraných rizikových prvků (As, Cd, Hg, Pb) do těl hospodářských zvířat. Krmná dávka čerstvé hmoty na 1 den je počítána pro jedno zvíře; v případě skotu je myšlena dojnice o hmotnosti 600 kg a byla tvořena na jeden den kukuřice na siláž 21Kg, vojtěška senáž 12 Kg, pšenice zrno 2,5 kg kukuřice zrno 2,0 kg ječmen zrno 1,5 kg řepka semeno 1,5 kg slunečnice semeno 1,5 kg Největší množství vybraných prvků vstupuje do těl zvířat prostřednictvím objemových krmiv (kukuřice na siláž, senáž vojtěšky). V případě ročního krmení skotu se jedná o vstup 296 mg As, 358 mg Cd, 43 mg Hg a 4101 mg Pb ze silážní kukuřice spolu se senáží vojtěšky z celkových obsahů za krmnou dávku, které byly 401 mg As, 585 mg Cd, 55 mg Hg a 4607 mg Pb. Jedná se o vysoké hodnoty, nicméně v porovnání s limitními obsahy, kterých může plodina podle legislativy dosáhnout (směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/32/ES, která udává maximální obsahy čtyř rizikových prvků As, Cd, Hg, Pb v krmivu), jsou tyto hodnoty plodin odebíraných z pozemků po aplikaci kal.

A proto závěr pro roky 2003–2017 je že „*Plodiny vypěstované na pozemcích po aplikaci kalů lze považovat z hlediska obsahů sledovaných rizikových prvků za bezpečné*“

3.10 Možnosti využití čistírenských kalů pro EZ

V současnosti lze využít v EZ všechna organická hnojiva, která splňují zákonné podmínky. Prvotním základem pro využití čistírenských kalů pro ekologické zemědělství jsou podmínky pro použití upravených čistírenské kalů (dále jen kalů) na zemědělské půdě tak jak je stanovuje vyhláška č. 437/2016 Sb. Další podmínky pro případné využití se odrážejí od hlavních obav ekologického zemědělství především je třeba doložit nezávadnosti takto využitého kalu na půdu a následně bioprodukty. Přímá aplikace čistírenských kalů tak v rámci ekologického zemědělství v současnosti není možná. Hlavní důvodem je že ekologické zemědělství si zakládá na tom, že je nejčistší metodou pěstování plodin, rostlin, ovoce a zeleniny bez vnosu znečišťujících látek z konvenčního zemědělství i z lidské činnosti. Většina EZ farem ani vzhledem ke svému zaměření, tj. pastevní systémy a živočišná produkce nepotřebuje dodávat živiny do orné půdy. Přesto existuje cca 10% farem, kdy se zvyšuje pomocí agrotechnických zásahů podíl organické hmoty v půdě, ale zároveň klesá množství živin pro pěstované plodiny.

Rozdílné jsou i požadavky na čistírenské kaly mezi konvenčním a ekologickým zemědělství. Zatímco konvenční zemědělství očekává od použití čistírenských kalů v první řadě přínos ve formě organického materiálu tak pro ekologické zemědělství je třeba uvažovat o čistírenských kalech jako o zdroji živin.

Proto přístup k zpracování čistírenských kalů vhodných k použití na orné půdě, tj. těch, které splňují zákonné předpoklady může být odlišný. Ekologické zemědělství nemusí stavět

na přímou aplikaci čistírenských kalů na ornou půdu, naopak vzhledem k jinému nastavení ekonomiky a priorit může uvažovat o delší době, kdy čistírenský kal po zpracování lze využít na půdu.

Pro případné využití lze uvažovat o takových postupech, které umožní zachovat živiny a zároveň snížit zejména nespécifikované hrozby.

Jedna z cest, jak splnit podmínky pro využití čistírenského kalu je vytvoření uzavřeného cyklu. To se jeví vzhledem k běžné populaci jako značně problematické. Úspěšně lze uvažovat u komunitních společenstev a případně u obci do 500–2 000 EO (100–400 m³ /den).

U většiny dalších možných postupů vhodných ke zkoumání je vstupní surovinou upravený čistírenský kal již dnes vhodný pro využití na zemědělské půdě.

Kompostování

Kompostování je biologická přeměna organických odpadů živočišných i rostlinných za předem stanovených a přímo kontrolovaných podmínek na stabilní produkt – kompost, který má vysoký podíl humusu, který pozitivně ovlivňuje úrodnost půdy. Cílem je výroba stabilizovaného produktu, tedy takového produktu, který lze bez další úpravy skladovat a používat jako prostředek na zlepšení kvality půdy. Kompost, i když je vyroben z odpadů, je výrobkem a jeho využití podléhá legislativě zákona o hnojivech č. 156/1998 Sb

Ekologická udržitelnost využívání kompostu již byla doložena v mnoha studiích. A to pro všechny druhy zemědělských, sadařských i zahradnických procesů. Pro kompost platí, že všechny zlepšuje zásobování humusem, akumulace vody, ochranu před erozí, úrodnost půdy atd. Kromě přímého užítku lze kompost také označit jako produkt, který šetří zdroje. Organické hnojení kompostem často používá lokální zdroje a pomáhá šetřit hnojiva z primárních surovin a může a často i zpracovává čistírenské kaly. V registru hnojiv u některých kompostů registrovaných pro využití v ekologickém zemědělství lze na etiketě se dočíst že pro výrobu kompost je použito bioodpadů – kompostárna Husinec, rozložitelné organické látky – město Sušice. Používání kompostu s podílem čistírenských kalů by mohlo, díky vyššímu podílu fosforu, přispět ke zvýšení účinnosti postupů hnojení a stát se tak udržitelnou variantou konvenčních a biologických hnojiv. Formy fosforu vyskytující se v čistírenských kálech mohou být obtížně dostupné pro rostliny. Tuto dostupnost by ale bylo možné zvýšit mikrobiální aktivitou v kompostu, neboť při procesu kompostování vznikají na základě rozkladu lehce metabolizovatelné substráty, organické kyseliny jako intermediární produkty aerobní (i anaerobní) látkové výměny. (Foller 2020)

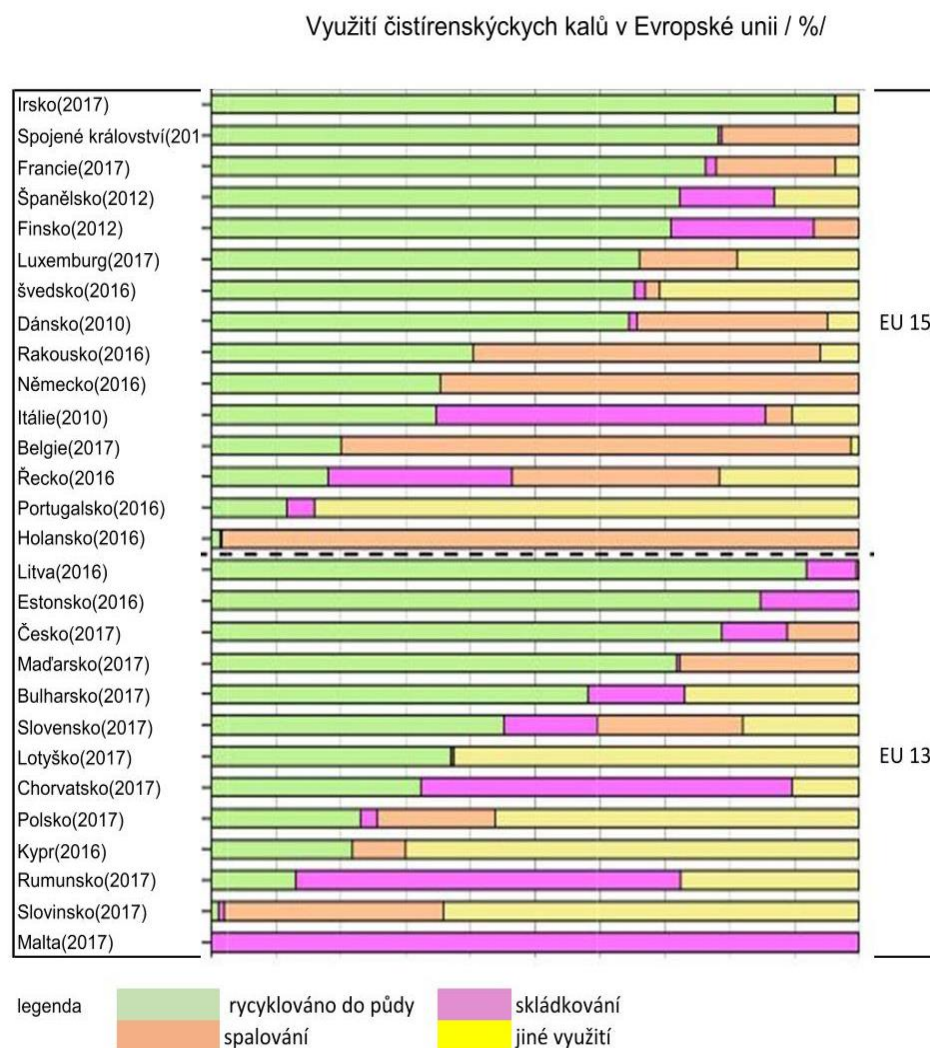
Biochar (Biouhel)

Zuhelněná biomasa je tradiční univerzální prostředek pro zlepšení úrodnosti půdy v rozvojových zemích. V posledních letech se ale biouhel stává velkým tématem i ve vyspělých zemích. Pozitivní účinky již byly dostatečně prokázány. Objevují se technologie například mikrovlnná pyrolýza čistírenských kalů, která zlikviduje biologické polutanty a umožní tak být základem k dalšímu zpracování do biouhlu nebo kompostu. Nevýhodou je velká energetická náročnost (Major 2009)(Štastný 2019)

4 Hodnocení a schvalování hnojiv v EZ

4.1 Legislativa

Přístup k čistírenským kalům v EU je různý. Jak je patrné je využití čistírenských kalů v zemědělství se pohybuje od 0% Malta, 2% Holandsko po 98% Irsko a Lotyšsko. Je to dáno specifickými podmínkami té, které země. V průměru v zemích Evropské unie je recyklováno 40 – 45 % čistírenských kalů, z nichž je většina využívána v zemědělství. Zbývající část kalů je ukládána na skládkách (30 – 35 %), spalována (15 – 20 %) či jinak využívána (5 – 10 %), zejména ve stavebnictví. ale dá Tab. 6



Obrázek 7: Využití čistírenských kalů v EU

Zdroj: Collivignarelli, M.C 2019

Základními právními předpisy pro hnojiva a jejich využití na zemědělské půdě jsou Zákon č. 242/2000 Sb., o ekologickém zemědělství a o změně zákona č. 368/1992 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů,

Úplné znění nařízení Rady (ES) 834/2007 o ekologické produkci a označování ekologických produktů a zákon č. 185/2001 Sb. Zákon o odpadech v platném znění.

Nařízení komise (ES) č. 889/2008 (PS 2021)

V současné době je možné uvádět do oběhu na území České republiky hnojiva několika způsoby.

Kromě hnojiv, která jsou registrována na základě zákona o hnojivech (1. možnost), lze uvádět do oběhu typová hnojiva na základě tzv. ohlášení (2. možnost). Vyhláškou č. 474/2000 Sb., ve znění pozdějších předpisů, jsou stanovena typová hnojiva, která mohou být ohlašována nebo registrována bez přezkušování.

Třetí možností je pak uvádět hnojiva do oběhu jako tzv. HNOJIVA ES – podle Nařízení EP a Rady č. 2003/2003 o hnojivech (dále jen „nařízení“) a konečně existuje čtvrtý způsob – tzv. vzájemné uznávání.

Všechny 4 režimy uvádění do oběhu existují vedle sebe – v distribuční síti se tedy můžeme setkat s totožným výrobkem, jednou uváděným do oběhu na základě národních pravidel (registrace, resp. ohlášení dle zákona), jednou na základě právních pravidel Evropské unie. Hnojivo však musí splnit všechny požadavky nařízení nebo zákona, není možné požadavky obou norem jakkoli kombinovat, např. použitím stávající etikety registrovaného hnojiva a přidáním označení HNOJIVO ES. Výrobek označený jako HNOJIVO ES může být umístován na trhy všech zemí EU bez dalších překážek (ovšem opatřen etiketami v národních jazycích příslušných států), registrace, resp. ohlášení umožňuje uvádění do oběhu pouze v ČR. (EUR-Lex 2021)

Pro všechny druhy hnojiv platí dodržování povinnosti zásad správné zemědělské praxe. Zejména evidence a postupy sloužící k ochraně vod a před erozí.

Pro použití hnojiv pro využití v rámci Ekologického zemědělství platí zejména ustanovení nařízení Komise (EU) 889/2008

K hnojení lze použít na ekologické farmě přímo bez dalšího schvalovacího procesu, vlastní i cizí statková organická hnojiva (vlastní hnůj zelené hnojení posklizňové zbytky digestát z bioplynové stanice), pocházející z ekologické produkce s platným certifikátem.

Z konvenční produkce lze v ekologickém zemědělství přímo bez schvalovacího procesu využít (chlévký hnůj, sušený chlévký hnůj a dehydrovaný drůbeží trus,

kompostované živočišné výkaly, včetně drůbežního trusu a kompostovaného chlévkého hnoje). Farmař, musí prokázat, že tyto hnojiva nepocházejí z velkochovu. MZe vymezilo pojem „velkochov“ následovně:

Velkochovem (intenzivním, průmyslovým chovem) se v tomto smyslu rozumí koncentrované provozy intenzivní živočišné výroby, které jsou značně závislé na vnějších vstupech (např. veterinární přípravky a krmiva), které nejsou povoleny v ekologickém zemědělství. Jedná se o podnik, nebo uzavřenou provozní jednotku, který/á splňuje alespoň 1 z těchto kritérií: 1) chová více jak 150 VDJ a zároveň má zatížení zemědělské půdy hospodářskými zvířaty vyšší než 3 VDJ/ha; 2) chová více než a) 40 000 kusů drůbeže, a/ nebo

b) 2 000 kusů prasat na porážku (nad 30 kg), a/nebo c) 750 kusů prasnic; 3) používá klecové technologie nebo více než polovina podlahové plochy sestává z roštové podlahy nebo mřížové konstrukce. Tato definice velkochovu se nevztahuje na chovy koní, ovcí a koz a na chov skotu s volným ustájením na hluboké podestýlce. (MZe, 2012)

Pokud se nedaří uspokojovat nároky produkce na obsah živin v půdě správným osevním postupem, používáním statkových hnojiv či organických materiálů z EZ, je možné zařadit je do systému externími vstup tyto externí vstupy jsou (komposty ze směsi dřeva a kůry, které nebyly chemicky ošetřeny po kácení, komposty z tříděného komunálního odpadu, který je produkován v kontrolovaném a uzavřeném systému komposty a který nepřekračují následující omezení pro těžké kovy (v mg /kg suché hmoty) Cd 0,7,Cu 70,Ni 25,Pb 45.Zn 200,Hg 0.4,Cr 0.průmyslové komposty, digestáty humáty) podléhají schvalovacímu procesu certifikovanou autoritou a musí být po schválení uvedeny v registru hnojiv provozovaném na portálu MZe Ústředním kontrolním a zkušebním ústavem zemědělským.

Zákaz využití čistírenských kalů v ekologické produkci vychází z Nařízení rady (ES) 834/2007 ze dne 28. června 2007 o ekologické produkci a označování ekologických produktů a o zrušení nařízení (EHS) č. 2092/91.

Ta výslovně čistírenské kaly nezmiňuje, v článku 12, ve kterém jsou uvedena pravidla rostlinné produkce a odstavce

- *1 b) „úrodnost a biologická aktivita půdy se udržuje a zvyšuje víceletým střídáním plodin, včetně luštěnin a jiných plodin využívaných jako zelené hnojivo a používáním chlévské mrvy či organických materiálů, pokud možno kompostovaných, z ekologického zemědělství“.*

Všeobecně se toto ustanovení vykládá tak že aplikace čistírenských kalů v rámci EZ není povoleno.

Avšak tento výklad je mylný až zavádějící, neboť již v daném odstavci daného nařízení je napsáno v čl. 12 "

- *1d)kromě toho se hnojiva a půdní látky mohou používat jen za předpokladu, že byly schváleny pro použití v ekologické produkci podle článku 16;*

Článek 16 v bodě 2b. nakonec stanoví, že v EZ lze využít í:

- *všechny produkty a látky jsou rostlinného, živočišného, mikrobiálního nebo minerálního původu, s výjimkou případů, kdy produkty či látky z těchto zdrojů nejsou v dostatečném množství či dostatečné jakosti dostupné nebo kdy nejsou dostupné alternativy.(EUR-Lex 2021)*

V ČR pro hnojiva použitelná v EZ platí, že musí být zapsaná v registru hnojiv, když nejsou původem z ekologického zemědělství. V případě že čistírenské kaly proběhnou transformací pomocí kompostování nebo výrobou metanu (digestát) nebo spalováním (Biochar) a po splnění zákonných limitů lze je zapsat do registru a na ornou půdu v EZ použít. Zatím se nikdo touto cestou podle dostupných zdrojů však nevydal.

5 Závěr

Obrovskou výhodou čistírenských kalů je že se jedná o stabilní zdroj suroviny, která je přímým důsledkem evolučního vývoje člověka, a je počítáno v rámci biosféry s jejím opětovným využitím. To že je v současnosti brán často, jako biologicky nebezpečný odpad není vlastností čistírenského kalu, nýbrž přístupem k němu a vlastnostmi žití a kontaminací polutanty skrze odpadní vody následně se vyskytující v čistírenských kálech. To se však mění jednat stupněm znalosti o jednotlivých polutantech jednak technologiemi čistíren odpadních vod i snahou vyloučit známe nebezpečné látky z běžného života.

Legislativa apriori nezakazuje využití po zpracování čistírenských kalů v ekologickém zemědělství. Ekologičtí farmaři, mají k danému využití odpor a to jak oprávněný, protože čistírenské kaly skutečně mohou polutanty koncentrovat a rovněž je platná námitka, že o spoustě látek nevíme, jak se v rámci půdy chovají. Zároveň se ale jedná se o jeden z mála organických materiálů, který má do budoucna potenciál k nárůstu produkce. Většinu problémů, které vzbuzují oprávněné obavy, umíme v již v současnosti identifikovat a takový čistírenský kal vyřadit, nebo máme technologie, které umí zejména biologické hrozby zcela eliminovat.

Očekávání spojené z využití čistírenských kalů v ekologickém a konvenčním zemědělství jsou různá. V konvenčním zemědělství je podstatná organická část a výživová ji následuje a v ekologickém zemědělství je podstatný výživový podíl a organická složka jí následuje.

Využití čistírenských kalů v ekologickém zemědělství v současnosti se zdá jako málo pravděpodobné, ale deficit živin v rámci ekologického zemědělství je záhodno zkoumat a vytýčit možnou cestu, která v rámci ekologického zemědělství přinese nové zdroje živin. Čistírenské kaly jednoznačně mezi takové zdroje patří.

6 Seznam použité literatury

1. Abbà, A., Frattarola A., Padovani S., Katsoyiannis I., Torretta .V., Legislation for the Reuse of Biosolids on Agricultural Land in Europe: Overview. *Sustainability* [online] . 2019, **11**(21), 1 ISSN edsrep. Available from <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/21/6015> (accessed December 2020)
2. BIOM Aplikace kalů z čistíren odpadních vod na zemědělské půdě a související legislativa BIOM Půda a organická hmota ročník 1/2019 MZe Praha ISSN 1801-4038 DOI: https://czbiom.cz/wp-content/uploads/%C4%8Dasopis-Biom_2019_01_20190404_FINAL_WEB_AFILIACE.pdf
3. Balík, J., Vliv hnojení na půdní vlastnosti a půdní úrodnost. Racionální použití hnojiv - sborník z konference, ISBN 978-80-213-2006-2
4. Bio Forschung Austria, Project STIKO], Available from <https://www.bioforschung.at/projects/78/> (accessed December 2020)
5. Černý J., Balík, J., Kulhánek M., – Sedlář, O., Využití čistírenských kalů jako zdroje organických látek. In Racionální použití hnojiv, Praha. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2019. s. 67-72.
6. Duras, J. 2019. Česká fosforová platforma. In: Fosfor – aktuální otázky a řešení. Povodí Moravy, Brno. ISBN 978-80-907141-1-3 Fosfor: aktuální otázky a řešení = Phosphor: aktuelle Fragen und Lösungen: 14.-15.5.2019, Brno.. Available from <http://www.pmo.cz/download/sbornik-fosfor-2019-pro-web.pdf> (accessed December 2020)
7. Dvorský J., Urban J., Základy ekologického zemědělství: podle nařízení Rady (ES) č. 834/2007 a nařízení Komise (ES) č. 889/2008 s příklady. 2., aktualizované vydání. Brno: ÚKZÚZ, 2014. ISBN 978-80-7401-098-9.
8. Halešová T., Sledování farmaceutických látek na výstupu z čistírny odpadních vod Konference analytika odpadů IV 2015 DOI: http://www.life2water.cz/dwnld/Analytika_2015.pdf
9. Hradil L, Radomil R.,. Půda: zdravá, živá, úrodná. Olomouc: Bioinstitut, 2015. ISBN 978-80-87635-31-5.
10. Ifoam head office principles of organic agriculture IFOAM 2005 IFOAM HEAD OFFICE Charles-de-Gaulle-Str. 5 53113 Bonn, Germany .2005 Available from <https://www.ifoam.bio/why-organic/organic-landmarks/definition-organic> accessed April 2020
11. Jančák V., Götz.A. Územní diference českého zemědělství a její vývoj. Praha, Česko: Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, katedra sociální geografie a regionálního rozvoje, 1997. Jarolímová V.,
12. Kalinová, J., Půdní úrodnost, výživa a hnojení rostlin v ekologickém zemědělství: odborná monografie. V Českých Budějovicích: Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 2007. ISBN 978-80-7394-029-4.

13. Kos M., Výhled přístupů k využívání kalů z ČOV Vodovody a kanalizace 2017 přednáška dostupné Available from: <https://www.sovak.cz/sites/default/files/MWnpy7fQxtgPm6X6/06%20-%20Kos.pdf> (accessed December 2020)
14. Lehmann, J., Stephen J., Biochar for Environmental Management: science and technology. Abingdon: Earthscan, 2006. ISBN 978-1-84407-658-1.
15. Madaras, M., Mayerová M., Menšík L., Dlouhodobé polní pokusy a jejich přínos k výzkumu půdní kvality: Sborník abstraktů semináře a workshopu Plodinové a půdní simulační modely [online]. 2018 Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2018. ISBN 978-80-7427-303-2.
16. Major J., Biochar for Environmental Management, Earthscan, 2009 ISBN: 978-1-84407-658-1
17. Marada P., Příručka pro nakládání s digestátem a fugátem MZe BRNO 2018 Available from https://agri.cz/public/web/file/32326/ETAPA_IV_Metodika_digestt_FV.pdf
18. Masníková, J.. 2009 Biodegradace PAU a PCB. Dostupné Available from z: <https://theses.cz/id/tgpbdx/> . Bakalářská práce. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, Ostrava (accessed December 2020)
19. Mercl, F., Košnář Z., Najmanová J., Hanzlíček T., Száková J., Tlustoš .P., Hodnocení obsahů minerálních živin a rizikových prvků v anaerobní stabilizovaných kalech z ČOV. Waste Forum 2018, (1), 78-84]. ISSN 12127779.
20. Ministerstvo zemědělství České republiky Situační a výhledová zpráva půda kol. Praha 2018 MZe ISBN 978-80-7434-476-Available from : http://eagri.cz/public/web/file/611976/SVZ_Puda_11_2018.pdf
21. Moudrý J. Přechod na ekologické hospodaření, Institut výchovy a vzdělávání 1997 MZe ČR v Praze
22. Němec J. 2010 Způsoby předúpravy kalu k dalšímu využití . Bakalářská práce Vysoké učení v Brně BRNO
23. Novák , P., , Čížek V., Voplakal K., Vopravil J., Obsah, kvalita, změny a možné úbytky půdní organic. hmoty - ovlivnění podmínek rovnováž. stavu zeměděl. aktivitou v půdách ČR. 2000 16s. Výzkumný ústav meliorací Praha 2020
24. Ondrová J., Hodnocení kalů a sedimentů pomocí testů ekotoxicity Diplomová práce Vysoké učení technické v Brně BRNO 2013
25. Parlament České republiky /online/ Praha Poslanecká sněmovna Sbirka zákonů, online dostupné Available from z WWW: <https://www.psp.cz/sqw/sbirka.sqw> (accessed December 2020)
26. Plíva, P., Zakládání, průběh a řízení kompostovacího procesu, 1. vydání, Výzkumný ústav zemědělské techniky UZT Praha, 2006., ISBN 80 – 86884 – 11– 2.
27. Prášková L., Sledování kvality zemědělských plodin na pozemcích po aplikaci kalů 2003–2017 Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský v Brně, 2017 Brně, 2017 dostupné online: Available from https://eagri.cz/public/web/file/640777/Zprava_R_po_kalech_final.pdf
Právní předpisy pro ekologické zemědělství a produkci biopotravin. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2012. ISBN 978-80-7434-059-8.

28. Raclavská, H.,. Technologie zpracování a využití kalů z ČOV. ISBN 9788024816005.
29. Richter R., Kubát J., Organická hnojiva, jejich výroba a použití 2003. ISBN 8072711334.
30. Sálusová, D. Historie a současnost zemědělství očima statistiky. Český statistický úřad, Praha, 1998. ISBN 80-7223-066-2.
31. Sedláková, L.,. Ekologické zemědělství v ČR (geografické analýzy) Diplomová práce. 2015 Jihočeská Univerzita, České Budějovice
32. Smith , S. R., Agricultural recycling of sewage sludge and the environment. Wallingford: CAB International, 1996. ISBN 0-85198-980-2.
33. Staňová I., 2007 Riziko kontaminace travní píce kadmíem, mědí a zinkem po aplikaci čistírenského kalu [Diplomová práce] Mendelova univerzita v Brně, Brno
34. Svoboda J., Upravené kaly a jejich využití v zemědělství Odbor kontroly zemědělských vstupů ÚKZÚZ – přednáška Available from http://www.ekomonitor.cz/sites/default/files/filepath/prezentace/23__svoboda.pdf
35. Šimek, M., Živá půda. Praha: Academia, 2019. ISBN 978-80-200-2976-8.
36. Šlapanská R., Gruber M., Porovnání různých systémů hnojení v podmínkách ekologického zemědělství, Výroční zpráva ze stacionární polní zkoušky za rok 2019 Available from http://eagri.cz/public/web/file/674539/Vyrocní_zpráva_ze_stacionární_polní_zkoušky_za_rok_2019.pdf
37. Šťastný, V. Biouhel – nová perspektiva v technologii dočišťování odpadních vod, nebo slepá ulička?. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace, 2019, roč. 61, č. 3, str. 40–43. ISSN 0322-8916
38. Tesař, S., Vaněk, V., . Výživa rostlin a hnojení. Vysoká škola zemědělská v Praze. Praha 1992. ISBN 80-213-0147-3.
39. Urban, J., Šarapatka A., Ekologické zemědělství: učebnice pro školy i praxi. I. díl, Základy ekologického zemědělství, agroenvironmentální aspekty a pěstování rostlin. Praha: MŽP, 2003. ISBN 80-7212-274-6.
40. Ústav zemědělské ekonomiky a informací Statistická šetření ekologického zemědělství Základní statistické údaje (2017) Praha 2018 online Available from na http://eagri.cz/public/web/file/611801/Statistika_ekologickeho_zemedelstvi_2017.pdf
41. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Zpráva o činnosti sekce zemědělských vstupů SZV za rok 2019 Praha 2019 Available from <http://eagri.cz/public/web/ukzuz/portal/hnojiva-a-puda/publikace/zpravy-o-cinnostech/>
42. Váňa, J., Výroba a využití kompostů v zemědělství. Vyd. 2. Praha: Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR, 1997. ISBN 80-7105-144-6.
43. Vojtkůvková Zdeňka Bc., 2012 Možnosti využití kalů z čištění odpadních vod [Diplomová práce] Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc
44. Wagner A., Illmer, P., Kompostierung - Neue Betrachtung einer alten Technik. Berichte des Naturwissenschaftlich Medizinischen Vereins Innsbruck (2004).

45. Willer, H., Kilcher, L. @The world of organic agriculture – Statistics and emerging trends 2012.@ Bonn: Research Institute of Organic Agriculture (FiBL), Frick and International Federation of Organic Agricultural Movement (IFOAM), 2012 ISBN 978-3-940946-90-4.
46. Zágorová, M. Životní prostředí: vodní hospodářství, ochrana přírody a krajiny, zemědělský půdní fond, horninové prostředí, odpadové hospodářství, obaly, posuzování vlivů na životní prostředí, chemické látky, geneticky modifikované organismy a produkty, prevence závažných havárií, integrovaná prevence znečištění, ekologická újma, ukládání oxidu uhličitého Sagit, 2017. ISBN 978-80-7488-216-6.

Zdroje informací a použité zkratky

Bioinstitut	Institut pro ekologické zemědělství a udržitelný rozvoj krajiny
Biom	České sdružení pro biomasu
BPS	Bioplynová stanice
ČSU	Český statistický úřad
ČUZK	Český úřad zeměměřický a katastrální
EUR-Lex	Právní databáze Evropské unie
EUROSTAT	Statistický úřad EU
EZ	Ekologické zemědělství
FAO	Food and Agriculture Organization (Organizace OSN pro výživu a zemědělství)
Gäa	Vereinigung ökologischer Landbau (Sdružení pro ekologické zemědělství)
IFOAM	International Federation of Organic Agriculture Movements (Mezinárodní federace hnutí ekologického zemědělství)
MZe	Ministerstvo zemědělství
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
Pro-Bio	Svaz ekologických zemědělců
PS	Poslanecká sněmovna
RE	Rada Evropy a komise
TTP	Trvalý travní porost
UKZÚZ	Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský
VÚMOP	Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.
ZPS	Zemědělský půdní fond

Seznam tabulek a obrázků

Seznam tabulek

Tabulka 1: Průměrný přívod živin ve statkových a organických hnojivech	22
Tabulka 2: Obsahy živin v čistírenských kalech přepočtené na sušinu kalu	23
Tabulka 3: Orientační přehled limitů znečišťujících látek v organických hnojivech.....	24

Seznam obrázků

Obrázek 1: Koloběh živin na ekologické farmě, která je soběstačná v krmivech (čísla v závorkách udávají kg čistých živin na 1 hektar ročně	14
Obrázek 2: Vývoj velkých dobytčích jednotek v ČR (VDJ)	16
Obrázek 3: Počty hospodářských zvířat v oblastech ČR (DJ/ha zemědělské půdy.)	17
Obrázek 4: Čistírenské Kaly	18
Obrázek 5: Potenciální ohroženost zemědělské půdy dehumifikací	18
Obrázek 6: Produkce čistírenských kalů ČR	19
Obrázek 7: Využití kalů.....	21
Obrázek 8: Využití čistírenských kalů v EU	29